



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH AKTIVASI DAN KECEPATAN PUTAR
AUTOCLAVE PADA KUALITAS KARBON AKTIF DENGAN
BAHAN DASAR BATUBARA KALIMANTAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**Edwin Handoko
0806454720**

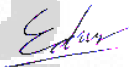
**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
Januari 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Kami menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

PENGARUH AKTIVASI DAN KECEPATAN PUTAR AUTOCLAVE PADA KUALITAS KARBON AKTIF DENGAN BAHAN DASAR BATUBARA KALIMANTAN

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang kami ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Nama : Edwin Handoko
NPM : 08006454720
Tanda Tangan : 
Tanggal : 25 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

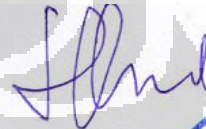
Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Edwin Handoko
NPM : 0806454720
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Aktivasi dan Kecepatan Putar Autoclave pada Kualitas Karbon Aktif dengan Bahan Dasar Batubara

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

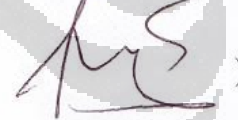
Pembimbing : Dr. Ir. M. Idrus Alhamid

()

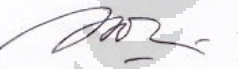
Penguji : Dr. Ing. Ir. Nasruddin, M. Eng

()

Penguji : Ir. Mahmud Sudibandriyo, MSc, PhD

()

Penguji : Dr. Awaludin Martin

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 25 Januari 2012

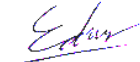
KATA PENGANTAR

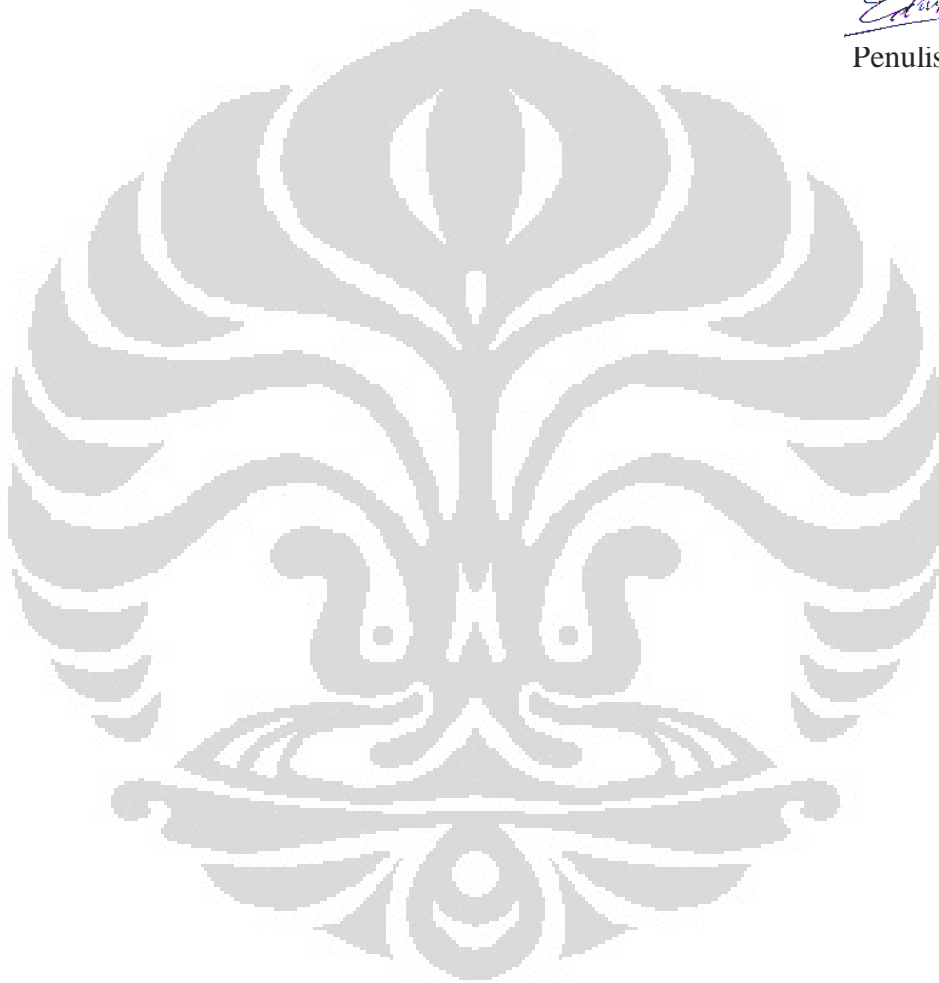
Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan keterlibatan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada:

- 1) **Dr. Ing. Ir. Nasruddin M.Eng**, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- 2) **Dr.Ir.M.Idrus Alhamid**, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- 3) **Awaludin Martin ST. MT.** selaku mahasiswa S3 Teknik Mesin yang telah banyak memberikan masukan dan membantu saya dalam memperoleh informasi dan data dari penelitian yang dilakukan
- 4) **Prof. Kim Choon Ng**, yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melakukan penelitian di Mechanical Engineering Department, National University of Singapore.
- 5) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- 6) Teman – teman dari Lab Pendingin dan Pengkondisian Udara Universitas Indonesia dan teman-teman dari Lab Pendingin dan Pengkondisian Udara Departemen Teknik Mesin, National University of Singapore (NUS), terima kasih atas bantuan, masukan dan kerja sama selama saya melakukan penelitian dan pengambilan data.
- 7) Eka Tjipta Foundation yang telah memberi dukungan berupa dana.
- 8) Dan seluruh pihak yang terkait sehingga membantu kelancaran dalam penyelesaian skripsi dalam pengambilan data dan hal lainnya;

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 25 Januari 2012


Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Edwin Handoko
NPM : 0806454720
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENGARUH AKTIVASI DAN KECEPATAN PUTAR AUTOCLAVE PADA KUALITAS KARBON AKTIF DENGAN BAHAN DASAR BATUBARA KALIMANTAN

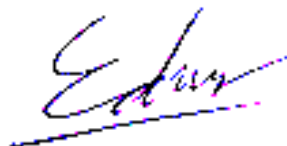
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 25 Januari 2012

Yang menyatakan



(Edwin Handoko)

ABSTRAK

Nama : Edwin Handoko
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Pengaruh Aktivasi dan Kecepatan Putar Autoclave pada Kualitas Karbon Aktif dengan Bahan Dasar Batubara

Saat ini Indonesia sedang mengalami masalah dalam pasokan energi. Selain menurunnya cadangan minyak dan semakin melambungnya harga minyak mentah sangat menguras uang negara untuk subsidi BBM. Indonesia adalah negara yang memiliki cukup banyak cadangan gas bumi. Dalam pendistribusiannya gas membutuhkan pipa atau bisa juga dikompresi ke dalam suatu tangki bertekanan tinggi. Pembuatan pipa untuk distribusi gas tentunya memakan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Penggunaan tangki bertekanan memiliki resiko karena gas dalam tangki bertekanan tinggi, selain itu dibutuhkan tangki dengan ketebalan yang cukup besar. Metode alternatif yang dapat digunakan untuk penyimpanan gas adalah adsorpsi. Dalam keadaan teradsorpsi suatu gas mempunyai densitas yang mendekati densitas cairnya. Dengan adsorpsi suatu tangki dapat menyimpan gas hingga dua kali lebih banyak dengan tekanan yang relatif kecil yaitu sekitar 1/10 nya sehingga ketebalan tangki pun dapat dikurangi. Salah satu material yang dapat digunakan untuk adsorpsi adalah karbon aktif.

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan melakukan proses oksidasi dan aktivasi. Penelitian ini berfokus pada pembuatan karbon aktif menggunakan aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Karbon aktif hasil aktivasi kimia umumnya memiliki luas permukaan yang besar yaitu sekitar 3000 m²/g, sedangkan karbona aktif hasil aktivasi fisika memiliki luas permukaan paling besar sekitar 1100 m²/g. Bahan baku yang digunakan adalah batubara.

Proses aktivasi fisika dilakukan dengan melakukan karbonisasi dan proses aktivasi. Temperatur aktivasi dapat bervariasi antara 700-850°C. Proses aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan KOH dengan perbandingan massa tertentu sebagai *activating agent*. Temperatur aktivasi dapat bervariasi antara 700-850°C. Pengembangan yang dilakukan pada aktivasi kimia adalah autoclave yang dapat berputar sehingga distribusi gas pada material akan lebih merata dan dapat menghasilkan lebih banyak tumbukan antara molekul gas dan molekul batubara.

Kata kunci :

Karbon aktif, karbonisasi aktivasi fisika, aktivasi kimia dan *burn off*

ABSTRACT

Name : Edwin Handoko
Study Program : Mechanical Engineering
Title : The Effect of Activation and Rotation Speed of the Autoclave to the Quality of Activated Carbon from Kalimantan Coal

Currently, Indonesia is experiencing problems in energy supply. In addition to the decrease of oil reserves and the soaring price of crude oil is draining state funds for fuel subsidies. Indonesia is a country that has enough natural gas reserves. In the gas distribution pipes need or it could be compressed into a high pressure tank. Manufacturing of pipes for gas distribution is time consuming and cost a lot of money. The usage of pressurized tanks are high risk because of the high-pressure gas in the tank, also it takes a tank with a large thickness. Alternative methods that can be used for gas storage is adsorption. In the adsorbed state a gas has a density that approaching the density of the liquid. In the adsorbed state, a gas tank can hold up to two times more with a relatively small pressure of about 1 / 10 so that the thickness of the tank can be reduced. One material that can be used for adsorption is activated carbon.

Activated carbon is a carbon compound that has increased capability of adsorption by activation of oxidation processes. This study focuses on the manufacture of activated carbon using physical activation and chemical activation. Chemically activated carbon usually have a large surface area of about 3000 m²/g, while the activated carbon from physical activation only can reach maximum surface area of about 1100 m²/g. The raw material used is coal.

The physical activation is done by carbonization and activation processes. Activation temperature can vary between 700-850°C. Chemical activation process is done by using a certain mass ratio KOH as activating agent. Activation temperature can vary between 700-850°C. The development that carried out on chemical activation is an autoclave which can rotate so that the gas distribution in the material will be more evenly distributed and can result in more collisions between gas molecules and the molecules of coal.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2. PERUMUSAN MASALAH.....	7
1.3 TUJUAN PENELITIAN	8
1.4. BATASAN MASALAH.....	8
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	9
BAB II.....	11
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Batubara	11
2.1.1 Klasifikasi Batubara	11
2.1.2 Analisis Batubara	14
2.2 Karbon Aktif	15
2.2.1 Bahan Dasar	16
2.2.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif	17
2.2.2.1 Persiapan Bahan Dasar.....	17
2.2.2.2 Karbonisasi.....	17
2.2.2.3 Aktivasi	17
2.2.3 Karakterisasi Karbon Aktif	19
BAB 3.....	22
3.1 AKTIVASI FISIKA	23
3.1.1 Prosedur Preparasi Aktivasi Fisika.....	23
3.1.1.1 Studi literatur.....	23

3.1.1.2 Persiapan Alat dan Bahan Dasar	23
3.1.2 Bahan Dasar	27
3.1.3 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif dengan Aktivasi Fisika.....	28
3.1.4 Pengolahan data	29
3.2 AKTIVASI KIMIA	31
3.2.1 Prosedur Preparasi Aktivasi Kimia	31
3.2.1.1 Studi literatur	31
3.2.1.2 Persiapan Alat dan Bahan Dasar	31
3.2.2 Bahan Dasar	33
3.2.3 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia	33
3.2.4 Pengolahan data	34
BAB 4.....	35
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 PRODUKSI KARBON AKTIF	35
4.1.1 Aktivasi Fisika.....	35
4.1.1.1 Persiapan Bahan Dasar.....	36
4.1.1.2 Proses Karbonisasi	36
4.1.1.3 Proses Aktivasi.....	36
4.1.2 Aktivasi Kimia	35
4.1.2.1 Persiapan Bahan Dasar.....	36
4.1.2.2 Proses Karbonisasi	36
4.1.2.3 Proses Aktivasi.....	36
4.2. Data Hasil Penelitian.....	38
4.2.1 <i>Burn Off</i>	38
4.2.1.1 <i>Burn Off</i> Karbonisasi.....	38
4.2.1.2 <i>Burn Off</i> dan Luas Permukaan Aktivasi.....	38
4.3. Analisa Data Aktivasi Fisika.....	39
4.3.1 Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Luas Permukaan.....	39
4.3.2 Pengaruh Kecepatan Putaran <i>Autoclave</i> Terhadap Luas Permukaan.....	43
4.3.3 Pengaruh Kecepatan Putaran <i>Autoclave</i> Terhadap <i>Burn off</i> Karbonisasi	46
4.3.4 Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap <i>Burn off</i> Pada Saat Aktivasi.....	47
4.3.5 Pengaruh Kecepatan Putaran <i>Autoclave</i> Terhadap <i>Burn off</i> Aktivasi	48
4.4. Analisa Data Aktivasi Kimia.....	49
BAB 5 KESIMPULAN.....	52
DAFTAR REFERENSI.....	52
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

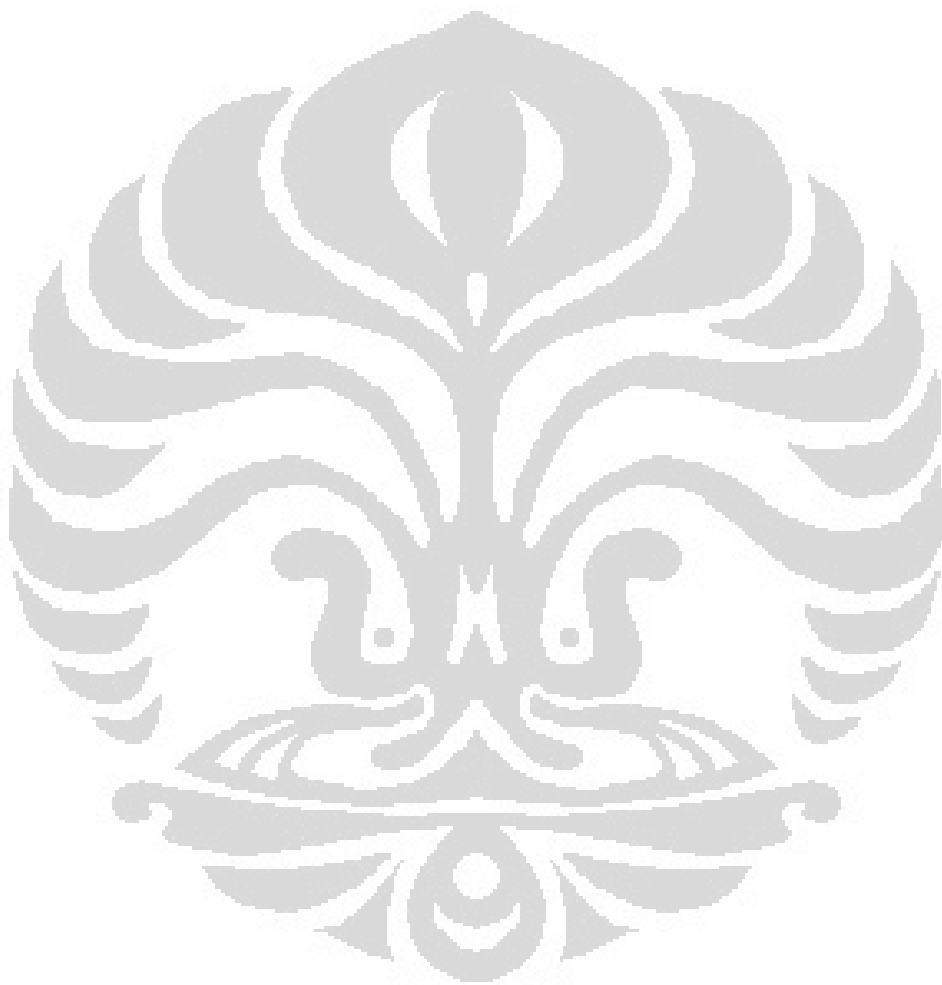
Gambar 1. 1 Peta persebaran cadangan dan sumber daya batubara di Indonesia	3
Gambar 1.2 Penggunaan Karbon Aktif di Negara – Negara industri.....	5
Gambar 2.1 Skema Pembentukan Batubara	14
Gambar 2.2 Struktur pori dari karbon aktif : (a) granular, (b) serat.....	15
Gambar 2.3 Karbon aktif bentuk <i>powder</i>	20
Gambar 2.4 Karbon aktif granular	20
Gambar 2.5 Karbon Aktif <i>Extruded</i>	21
Gambar 3.1 Mesin Furnace MTI.....	24
Gambar 3.2 Mesin Furnace Ketika Dibuka.....	24
Gambar 3.3 <i>Autoclave Quartz</i>	25
Gambar 3.4 Timbangan Digital Merk Sartorius.....	25
Gambar 3.5 Ayakan Mesh 10x20.....	26
Gambar 3.6 Tabung Nitrogen (biru) dan CO ₂ (hitam).....	26
Gambar 3.7 Flowmeter.....	27
Gambar 3.8 Mesin Furnace Aktivasi Kimia.....	32
Gambar 3.9 <i>Autoclave SS316</i>	32
Gambar 3.10 Flowmeter.....	33
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Luas Permukaan dengan Variasi Waktu Aktivasi	40
Gambar 4.2 Hasil SEM Test B.....	40
Gambar 4.3 Hasil SEM Test A.....	41
Gambar 4.4 Hasil SEM Test C.....	41
Gambar 4.5 Hasil SEM Test D.....	42
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Luas Permukaan dengan Variasi Kecepatan Putaran Autoclave	43
Gambar 4.7 Hasil SEM Test C.....	44
Gambar 4.8 Hasil SEM Test E.....	44
Gambar 4.9 Hasil SEM Test F	45
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Burnoff Karbonisasi dengan Variasi Kecepatan Putaran Autoclave	46
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Burnoff Aktivasi Fisika dengan Variasi Waktu Aktivasi	47
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Burnoff Aktivasi Fisika dengan Variasi Kecepatan Putaran Autoclave	49
Gambar 4.13 Hasil SEM Aktivasi Kimia dengan Perbesaran 500x.....	50

Gambar 4.14 Hasil SEM Aktivasi Kimia dengan Perbesaran 1000x.....50
Gambar 4.15 Hasil SEM Aktivasi Kimia dengan Perbesaran 3000x.....51



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Kualitas cadangan dan sumber daya batubara Indonesia tahun 2005 ..1	
Tabel 1.2 10 besar negara dengan produksi batubara terbesar di dunia pada tahun 2010.....4	
Tabel 2.1 komposisi dan range kandungan batubara13	
Tabel 2.2 Nilai Kalori batubara berdasarkan jenisnya (ASTM D-3302).....13	
Tabel 2.3 Klasifikasi Pori pada Karbon Aktif.....15	
Tabel 2.4. Karakteristik berbagai macam bahan dasar untuk membuat karbon aktif16	
Tabel 3.1 Proximate dan Ultimate Analysis pada Batubara Kalimantan.....27	
Tabel 4.1 Perbandingan <i>burnoff</i> karbonisasi dengan variasi RPM38	
Tabel 4.2 Data <i>burnoff</i> dan luas permukaan hasil dari Proses Aktivasi Fisika39	
Tabel 4.3 Luas permukaan hasil aktivasi fisika dengan variasi waktu aktivasi.....39	
Tabel 4.4 Luas permukaan hasil aktivasi fisika dengan variasi kecepatan putaran <i>autoclave</i>43	
Tabel 4.5 <i>Burnoff</i> hasil karbonisasi dengan variasi kecepatan putaran autoclave 46	
Tabel 4.6 <i>Burnoff</i> hasil aktivasi fisika dengan variasi waktu aktivasi47	
Tabel 4.7 <i>Burnoff</i> hasil aktivasi fisika dengan variasi kecepatan putaran autoclave.....48	



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia adalah salah satu negara di dunia yang kaya akan sumber daya alamnya. Salah satu potensi sumber daya alam yang ada di Indonesia adalah batubara. Berdasarkan data dari Pusat Daya Geologi pada tabel dibawah kita bisa lihat kualitas sumber daya dan cadangan batubara Indonesia pada tiap propinsinya.

Tabel 1. 1. Kualitas cadangan dan sumber daya batubara Indonesia tahun 2005
(Pusat Sumber daya Geologi 2006)

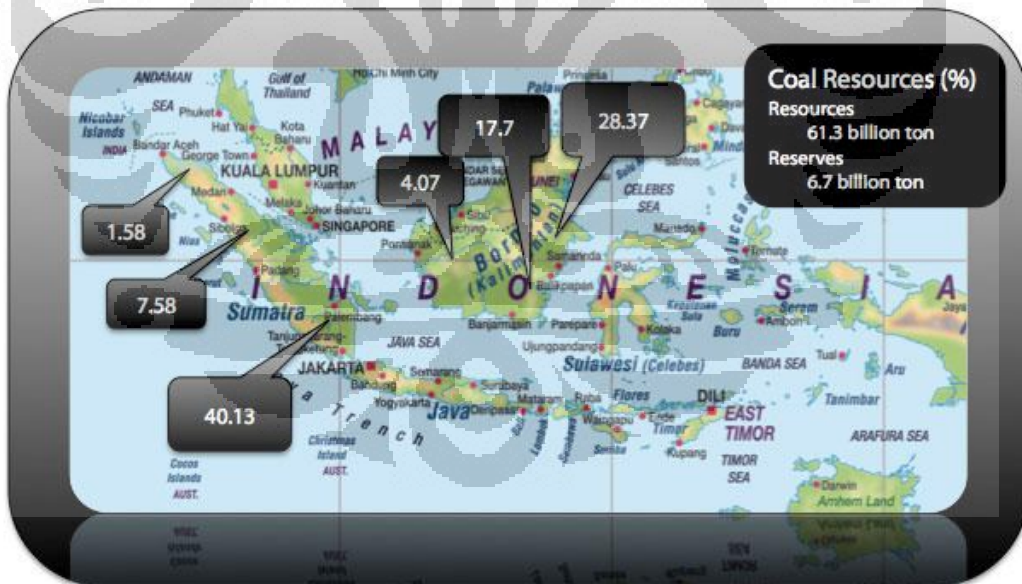
No	provinsi	Kualitas		Sumberdaya (Juta Ton)				Cadangan (Juta Ton)
		kelas	kriteria (Kal/g. adb)	Tereka	Tertunjuk	Terukur	Jumlah	
1	BANTEN	Kalori Sedang	5100-6400	2,78	0,00	0,00	10,34	0,00
		Kalori Tinggi	6100-7100	2,97	0,00	0,00	2,97	0,00
				5,75	0,00	0,00	13,31	0,00
2	JAWATENGAH	Kalori Rendah	<5100	0,82	0,00	0,00	0,82	0,00
				0,82	0,00	0,00	0,82	0,00
3	JAWATIMUR	Kalori Sedang	5100-6100	0,08	0,00	0,00	0,08	0,00
				0,08	0,00	0,00	0,08	0,00
4	NANGROE ACEH DARUSALAM	Kalori Rendah	<5100	20,92	6,70	64,14	91,76	0,00
		Kalori Sedang	5100-6100	325,43	6,70	26,26	351,69	0,00
				346,35	13,40	90,40	443,45	0,00
5	SUMATERA UTARA	Kalori Rendah	<5100	0,00	0,00	19,97	19,97	0,00
		Kalori Sedang	5100-6100	7,00	0,00	0,00	7,00	0,00
				7,00	0,00	19,97	26,97	0,00
6	RIAU	Kalori rendah	<5100	1.345,67	0,00	268,06	1.613,75	0,00
		Kalori Sedang	5100-6100	30,62	0,00	51,57	82,19	0,00
		Kalori Tinggi	6100-7100	359,60	0,00	16,99	389,38	16,54
				1.735,91	0,00	336,62	2.085,32	16,54
7	SUMATERA BARAT	Kalori Sedang	5100-6100	284,36	42,72	22,97	368,24	2,83
		Kalori Tinggi	6100-7100	164,58	0,00	144,27	314,61	19,24
		Kalori Sangat Tinggi	>7100	27,00	0,00	14,00	41,00	14,00
				475,94	42,75	181,24	724,85	36,07

No	provinsi	Kualitas		Sumberdaya (Juta Ton)				Cadangan (Juta Ton)
		kelas	kriteria (Kal/g, adb)	Tereka	Tertunjuk	Terukur	Jumlah	
8	JAMBI	Kalori Rendah	<5100	51,13	0,00	0,00	81,13	0,00
		Kalori Sedang	5100-6100	1.200,09	36,32	90,24	1.517,49	18,00
		Kalori Tinggi	6100-7100	210,81	0,00	82,96	293,77	0,00
				1.462,03	36,32	173,20	1.862,39	18,00
9	BENGKULU	Kalori Rendah	<5100	11,34	0,00	10,58	21,92	0,00
		Kalori Sedang	5100-6100	0,81	0,00	5,86	6,67	3,79
		Kalori Tinggi	6100-7100	100,62	8,11	45,94	169,37	17,33
		Kalori Sangat Tinggi	>7100	0,32	0,00	0,37	0,69	0,00
				113,09	8,11	62,30	198,65	21,12
10	SUMATERA SELATAN	Kalori Rendah	<5100	7.400,27	2.300,07	1358,00	11.384,89	2.426,00
		Kalori Sedang	5100-6100	1.629,28	9.139,87	366,01	11.334,10	186,00
		Kalori Tinggi	6100-7100	31,00	433,48	14,00	478,89	67,00
				9.060,55	11.873,83	1.738,01	23.197,88	2.679,00
11	LAMPUNG	Kalori Sedang	5100-6100	14,00	0,00	0,00	14,00	0,00
		Kalori Tinggi	6100-7100	92,95	0,00	0,00	92,95	0,00
				106,95	0,00	0,00	106,95	0,00
12	KALIMANTAN BARAT	Kalori Tinggi	6100-7100	378,60	0,00	0,00	420,72	0,00
		Kalori Sangat Tinggi	>7100	104,00	1,32	1,48	106,80	0,00
				482,60	1,32	1,48	527,52	0,00
13	KALIMANTAN TENGAH	Kalori Rendah	<5100	483,92	0,00	0,00	483,92	0,00
		Kalori Sedang	5100-6100	296,75	5,08	44,36	354,80	4,05
		Kalori Tinggi	6100-7500	262,62	0,00	72,64	449,47	0,00
		Kalori Sangat Tinggi	>5100	247,62	0,00	77,01	324,64	44,54
				1.291,01	5,08	194,02	1.612,83	48,59
14	KALIMANTAN SELATAN	Kallori rendah	<5100	370,87	0,00	600,99	971,86	536,33
		Kalori Sedang	5100-6100	4.793,13	301,36	2526,46	7.620,95	1.247,01
		Kalori Tinggi	6100-7100	336,19	33,12	109,64	478,95	44,36
		Kalori Sangat Tinggi	>7100	17,62	0,00	12,00	29,62	0,14
				5.517,81	334,48	3.249,09	9.101,38	1.846,84
15	KALIMANTAN TIMUR	Kalori Rendah	<5100	201,93	13,76	89,83	305,52	0,00
		Kalori Sedang	5100-6100	10.630,35	121,61	2.609,46	15.682,72	941,62
		Kalori Tinggi	6100-7100	2.611,07	191,77	1.558,62	4.918,92	1.064,82
		Kalori Sangat Tinggi	>7100	60,84	4,48	14,40	169,85	65,24
				13.504,19	331,62	4.272,31	21.076,98	2.071,68
16	SULAWESI SELATAN	Kalori Sedang	5100-6100	131,03	32,31	53,10	216,44	0,06
		Kalori Tinggi	6100-7100	13,90	0,78	0,00	14,68	0,00
				144,93	33,09	53,10	234,12	0,06
17	SULAWESI TENGAH	Kalori Rendah	<5100	1,98	0,00	0,00	1,98	0,00

no	provinsi	Kualitas		Sumberdaya (Juta Ton)				Cadangan (Juta Ton)
		kelas	kriteria (Kal/g, adb)	Tereka	Tertunjuk	Terukur	Jumlah	
				1,98	0,00	0,00	1,98	0,00
18	MALUKU UTARA	Kalori Rendah	<5100	2,13	0,00	0,00	2,13	0,00
				2,13	0,00	0,00	2,13	0,00
19	PAPUA BARAT	Kalori Sedang	5100-6100	30,95	0,00	0,00	120,35	0,00
		Kalori Tinggi	6100-7100	5,38	0,00	0,00	5,38	0,00
		Kalori Sangat Tinggi	>7100	25,53	0,00	0,00	25,53	0,00
				61,86	0,00	0,00	151,26	0,00
JUMLAH SUMBER BATUBARA TIAP PROPINSI				34.320,97	12.679,98	10.371,74	61.365,86	6.718,90

Berdasarkan data diatas kita mempunyai cadangan batubara indonesia pada tahun 2005 sebesar 6.758 juta ton. Dan jumlah tersebut terdiri dari batubara kalori rendah 2962,33 juta ton, batubara kalori sedang 2403,36 juta ton, batubara kalori tinggi 1229,29 juta ton dan batubara kalori sangat tinggi 123,92 juta ton.

Dan persentase persebaran batubara indonesia pada tahun 2008 dapat dilihat pada tabel dibawah ini



Gambar 1. 1. Peta persebaran cadangan dan sumber daya batubara di Indonesia

(sumber : <http://www.whiteenergyco.com/projects/indonesia/>, diakses 23 Desember 2011)

Data berikut ini menunjukkan bahwa Indonesia juga merupakan salah satu negara dengan produksi terbesar di dunia.

Tabel 1.2 10 besar negara dengan produksi batubara terbesar di dunia pada tahun 2010

(sumber : <http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/> diakses pada 23 Desember 2011)

PR China	3162Mt	Russia	248Mt
USA	932Mt	Indonesia	173Mt
India	538Mt	Kazakhstan	105Mt
Australia	353Mt	Poland	77Mt
South Africa	255Mt	Colombia	74Mt

Mt diatas adalah kependekan dari Megaton atau juta kilogram. Dari data diatas kita bisa melihat Indonesia menempati urutan ke-tujuh yaitu sebesar 248Mt atau 248 juta kilo dari sepuluh besar negara dengan produksi batubara terbesar setiap tahunnya. Artinya bahwa potensi ketersediaan batubara yang ada di Indonesia sangat mungkin bisa dimanfaatkan untuk beberapa aplikasi.

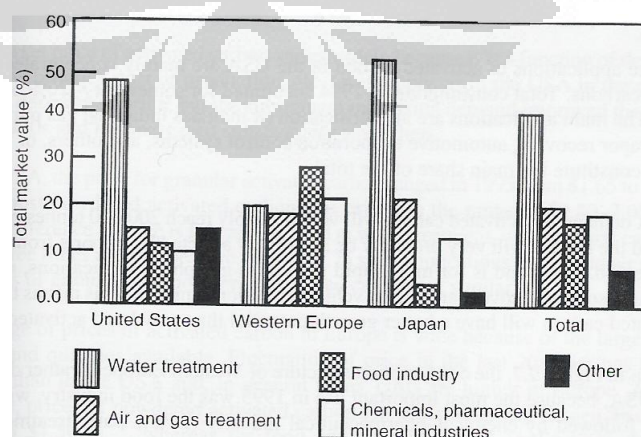
Aplikasi penggunaan batubara itu sendiri dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung, untuk menghasilkan energi listrik melalui PLTU. Tetapi selain itu batubara juga dapat digunakan sebagai bahan dasar (<http://insidewin.me.blogspot.com/2007/12/penggunaan-batu-bara.html>) diakses pada 23 Desember 2011 :

- Karbon aktif , yang menggunakan pada saringan air bersih dan pembersih udara.
- Serat karbon, bahan pengeras yang sangat kuat namun ringan yang digunakan pada konstruksi pada sepeda gunung dan raket tenis.
- Metal silikon, yang digunakan untuk memproduksi silikon dan silan, yang berfungsi untuk membuat pelumas, bahan kedap air, resin, kosmetik, shampo, dan pasta gigi.

Dari deskripsi diatas terlihat bahwa batubara memiliki banyak manfaat lain selain untuk pembangkitan listrik. Salah satu manfaatnya adalah sebagai bahan dasar karbon aktif. Karbon aktif adalah senyawa karbon yang ditingkatkan luas permukaan dan daya adsorpsinya dengan melakukan proses karbonisasi dan aktivasi. Karbon aktif tidak hanya berasal dari batubara, karbon aktif dapat dibuat dari senyawa yang mengandung karbon seperti tempurung kelapa, kayu, kulit kacang, tulang binatang, dan lain lain. Namun bahan dasar yang saat bagus sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif adalah batubara. Hal ini dikarenakan daya absorpsi dan besarnya dari luas permukaan dari karbon aktif hasil dari batubara.

Aplikasi penggunaan adsorben komersial telah banyak antara lain adalah karbon aktif, silica gel, zeolit, alumina, *selective water sorbents* (SWS). Dari banyak jenis adsorben tadi karbon aktif merupakan jenis adsorben yang paling banyak digunakan, baik dari segi aplikasi maupun penggunaannya.

Seperti ditunjukkan oleh gambar 1.2 bahwa negara-negara seperti Amerika Serikat, Eropa Barat, dan Jepang menggunakan karbon aktif paling besar untuk pemurnian air, kemudian untuk industri makanan, pemurnian udara dan gas, serta industri obat. Di Indonesia sendiri karbon aktif banyak diaplikasikan untuk pemurnian air, kosmetik, pemurnian gas, dan untuk obat sakit perut.



Gambar 1.2. Penggunaan Karbon Aktif di Negara – Negara industri

Pada prinsipnya pembuatan karbon aktif dengan aktivasi fisika terdiri atas tiga proses yaitu pemilihan bahan dasar, karbonisasi, dan aktivasi (Yang R.T. 2003). Kualitas karbon aktif itu sendiri dipengaruhi dari parameter-parameter saat proses dilakukan seperti temperatur, waktu, aliran gas, dan lain lain. Sedangkan aktivasi kimia terdiri dari persiapan bahan dasar, aktivasi, pencucian dan pengeringan

Beberapa aplikasi potensial dari karbon aktif sebagai adsorben terdapat pada sistem pendingin adsorpsi, tempat penyimpanan gas alam (*adsorbed natural gas*) dan sistem penyerapan CO₂. Karbon aktif juga merupakan salah satu alternatif pada sistem pendingin karena mempunyai sistem yang ramah lingkungan.

Berdasarkan data dan penjelasan yang ada diatas terlihat bahwa potensi ketersediaan batubara di Indonesia sangat besar dan memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif. Saat ini batubara di Indonesia mayoritas masih digunakan sebagai bahan bakar. Penggunaan batubara sebagai bahan bakar memiliki nilai ekonomi yang rendah karena didalamnya tidak terdapat unsur penambahan nilai. Hal inilah yang membuat kebutuhan terhadap karbon aktif akan semakin besar. Oleh karena itu diperlukan adanya penelitian mengenai karbon aktif sebagai adsorben dari batubara yang ada di Indonesia sekaligus memproduksinya.

Beberapa penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari batubara telah banyak dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristiknya. Penelitian tersebut antara lain oleh Teng Hsisheng et al, 1996, yang melakukan penelitian mengenai karbon aktif dari batubara bituminous yang berasal dari Australia dengan aktivasi CO₂ dihasilkan luas permukaan sampai dengan 1171 m²/g pada temperatur aktivasi antara 800-900⁰C. Sedangkan pada penelitiannya tahun 1999 Teng melakukan aktivasi dengan KOH (aktivasi kimia) dan dihasilkan luas permukaan sampai dengan 3000 m²/g dengan batubara bitominous.

Dari beberapa penelitian dan produksi tentang karbon aktif ada beberapa metode yang digunakan seperti karbonisasi dan aktivasi menggunakan kimia atau

fisika. Dalam hal ini produksi dan juga penelitian menggunakan aktivasi fisika masih kurang walaupun mempunyai keuntungan dari segi bahan dan biaya yang digunakan. Untuk memproduksi karbon aktif dengan punya nilai jual yang tinggi dan karakteristik yang baik perlu adanya suatu penelitian. Menggunakan batubara sebagai bahannya dan proses aktivasi fisika merupakan penelitian yang menguntungkan namun perlu adanya percobaan dengan proses yang berbeda dan parameter yang berbeda untuk mendapatkan karbon aktif dengan nilai dan hasil yang terbaik.

Aktivasi kimia berpotensi menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan yang jauh lebih besar namun proses pembuatannya membutuhkan bahan-bahan yang lebih mahal serta proses yang lebih kompleks.

Karena melimpahnya kandungan batubara di Indonesia perlu dilakukan penelitian menggunakan aktivasi kimia dan fisika untuk batubara yang berasal dari daerah penghasil batubara di Indonesia. Dengan begitu Indonesia dapat memproduksi karbon aktif dengan kualitas yang baik serta menggunakan bahan baku dari dalam negeri.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Melihat semakin berkembangnya aplikasi dari karbon aktif di negara lain, Indonesia perlu mulai mengembangkan penelitian dan produksi karbon aktif karena di Indonesia karbon aktif belum banyak digunakan dan diproduksi sementara bahan baku yang tersedia sangat melimpah ketersediannya.

Karena dalam jangka panjang kebutuhan karbon aktif akan meningkat maka mulai saat ini perlu dirintis industri penghasil karbon aktif agar pada saat penggunaannya sudah banyak Indonesia sudah mampu memenuhi kebutuhannya bahkan dapat mengekspornya ke negara lain. Selain itu produksi karbon aktif meningkatkan nilai ekonomi dari batubara Indonesia. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian untuk mengetahui parameter terbaik untuk memproduksi karbon aktif dengan kualitas yang tinggi.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan umum

Penelitian ini adalah untuk membuat dan mengkarakterisasi karbon aktif. Karbon aktif diproduksi dengan menggunakan metode aktivasi fisika dan kimia, dimana proses dilakukan pada temperatur tinggi (sampai dengan 850°C) dengan mengalirkan gas CO₂ sebagai *activating agent* namun sebelum proses aktivasi dilakukan proses karbonisasi pada suhu 300°C. Metode yang digunakan adalah aktivasi fisika dan kimia, aktivasi fisika merupakan metode yang lebih ekonomis namun aktivasi kimia akan menghasilkan luas permukaan yang lebih baik.

Tujuan Khusus

- Memproduksi karbon aktif berbahan dasar batubara sub bituminous Indonesia dengan menggunakan aktivasi fisika dengan menggunakan CO₂ sebagai *activating agent* .
- Memproduksi karbon aktif dengan menggunakan aktivasi kimia dengan bahan baku yang sama
- Membandingkan secara visual melalui SEM dari karbon aktif yang menggunakan aktivasi fisika dengan karbon aktif yang menggunakan aktivasi kimia
- Menemukan parameter keadaan aktivasi yang paling optimal untuk menghasilkan karbon aktif dengan kualitas paling baik.

1.4. BATASAN MASALAH

Mengingat luasnya ruang lingkup dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi masalah yang akan dibahas. Untuk lebih mengkonsentrasikan materi dan pembahasan yang dilakukan maka batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan dasar karbon aktif yang digunakan adalah batubara yang berasal dari tambang yang berada di Kalimantan

2. Produksi karbon aktif :

- Karbon aktif dibuat dalam bentuk granul dengan ukuran mesh 10 x 20
- Proses karbonisasi yang dilakukan adalah pada temperatur 300°C dengan waktu 1 jam, flow nitrogen 1000ml/menit dan variasi rpm dari 5 sampai 15 rpm.
- Aktivasi fisika dilakukan pada temperatur 850°C dengan variasi lama waktu dari 3, 4.5, 6, dan 7 jam dan variasi putaran autoclave dari 5, 10, dan 15 rpm. Aliran gas karbondioksida (CO₂) sebagai *aktivating agent* adalah sebesar 400 ml/menit.
- Aktivasi kimia dilakukan pada temperatur 850 °C dengan waktu aktivasi 1 jam, perbandingan massa KOH dengan batubara adalah 4:1 dan aliran gas nitrogen (N₂) sebanyak 100ml/menit

1.5. SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini disusun atas beberapa bab dimana latar belakang dan tujuan penulisan disampaikan pada bab pertama, kemudian pada bab kedua berisi landasan teori yang berkaitan dengan karbon aktif dan seterusnya. Berikut ini adalah sistematika penulisan karya ilmiah ini, antara lain

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian , perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tinjauan pustaka yang menguraikan landasan teori yang digunakan seperti : batubara, karbon aktif, adsorben dan teori yang diperlukan lainnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode penelitian yaitu prosedur yang dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan dari penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang data-data hasil penelitian, pengolahan, data dan analisa hasil pembahasan terhadap hasil penelitian yang diperlukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan penelitian secara keseluruhan dari analisa data pengujian dan hasil pembahasan yang telah dilakukan juga saran penelitian lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara merupakan salah satu jenis bahan bakar fosil. Komposisi utama batubara adalah karbon, hidrogen dan oksigen. Batubara adalah batuan sedimen yang mudah terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan dalam variasi tingkat pengawetan, diikuti oleh proses kompaksi dan terkubur dalam cekungan-cekungan yang diawali pada kedalaman yang tidak terlalu dangkal. Cekungan-cekungan ini pada garis besarnya dibagi atas cekungan limnik (intra continental) dan cekungan paralis yang berhubungan dengan air laut. Segera setelah lapisan-lapisan dasar turun terus-menerus, sisa-sisa tanaman yang terkubur tersebut dipengaruhi oleh proses normal metamorfosis terutama oleh temperatur dan tekanan.

2.1.1 Klasifikasi Batubara

Pembentukan batubara dimulai sejak *Carboniferous Period* (periode pembentukan karbon atau batubara) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Mutu dari setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta tahan waktu pembentukan yang disebut sebagai 'maturitas organik'

Berdasarkan bentuk dan kandungannya batubara dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu :

1. Lignite

Merupakan batubara coklat, agak lembut dan maturitas organik rendah. Jenis batubara ini memiliki mutu yang terendah dari batubara lainnya dan digunakan hampir seluruhnya untuk bahan bakar pada pembangkit tenaga listrik.

2. Subbituminus

Merupakan hasil dehidrogenasi dan metanogenesis dari lignite. Memiliki tingkat maturitas organik yang lebih tinggi, lebih keras dan warnanya lebih gelap dari lignite. Range sifat-sifatnya adalah antara bituminus dan lignite. Biasanya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit tenaga listrik, produksi semen dan penggunaan untuk industri

3. Bituminus

Merupakan reaksi lanjutan dari dehidrogenasi pada pembentukan dan pemisahan gas metana dan gas hidrokarbon lebih tinggi lainnya seperti etana, propana dan lainnya akan membentuk jenis batubara ini. Berbentuk batubara padat, biasanya hitam tapi terkadang coklat tua. Selain sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik juga digunakan untuk aplikasi panas dan tenaga pada proses manufaktur dan untuk pembuatan coke, produksi semen, penggunaan untuk industri dan pembuatan besi dan baja

4. Antrasit

Merupakan tahap terakhir dimana proses pembentukan batubara sudah sempurna akan membentuk jenis ini. Merupakan batubara dengan mutu tinggi dan banyak digunakan untuk pemanasan ruangan dan pemukiman.

Untuk melihat kadar kandungan dan komposisi serta besarnya kalori dari batubara berdasarkan jenis yang diklasifikasikan pada sub bab diatas dapat dilihat pada kedua tabel dibawah ini. Dari data dibawah inilah diketahui alasan bahwa batubara anthracite lebih baik karena batubara jenis tersebut memiliki persentase *fixed carbon* dan komposisi unsur karbon yang paling besar

Tabel 2.1 komposisi dan range kandungan batubara (G. James, Speight, *Handbook of Coal Analysis*)

	Anthracite	Bituminous	Subbituminous	Lignite
Moisture (%)	3–6	2–15	10–25	25–45
Volatile matter (%)	2–12	15–45	28–45	24–32
Fixed carbon (%)	75–85	50–70	30–57	25–30
Ash (%)	4–15	4–15	3–10	3–15
Sulfur (%)	0.5–2.5	0.5–6	0.3–1.5	0.3–2.5
Hydrogen (%)	1.5–3.5	4.5–6	5.5–6.5	6–7.5
Carbon (%)	75–85	65–80	55–70	35–45
Nitrogen (%)	0.5–1	0.5–2.5	0.8–1.5	0.6–1.0
Oxygen (%)	5.5–9	4.5–10	15–30	38–48
Btu/lb	12,000–13,500	12,000–14,500	7500–10,000	6000–7500
Density (g/mL)	1.35–1.70	1.28–1.35	1.35–1.40	1.40–1.45

Tabel 2.2 Nilai Kalori batubara berdasarkan jenisnya (ASTM D-3302)

Class	Group	Fixed Carbon Limits (% Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Volatile Matter Limits (% Dry, Mineral-Matter-Free Basis)		Calorific Value Limits (Btu/lb, Moist, Mineral-Matter-Free Basis) ^b	
		Equal to or Greater Than	Less Than	Equal to or Greater Than	Less Than	Equal to or Greater Than	Less Than
		I. Anthracitic	1. Metaanthracite	98	—	—	2
	2. Anthracite	92	98	2	8	—	—
	3. Semianthracite ^c	86	92	8	14	—	—
II. Bituminous	1. Low-volatile bituminous coal	78	86	14	22	—	—
	2. Medium-volatile bituminous coal	69	78	22	31	—	—
	3. High-volatile A bituminous coal	—	69	31	—	14,000 ^d	—
	4. High-volatile B bituminous coal	—	—	—	—	13,000	14,000
	5. High-volatile C bituminous coal	—	—	—	—	11,500	13,000
III. Subbituminous	1. Subbituminous A coal	—	—	—	—	10,500	11,500
	2. Subbituminous B coal	—	—	—	—	10,500	11,500
	3. Subbituminous C coal	—	—	—	—	9,500	10,500
IV. Lignite	1. Lignite A	—	—	—	—	8,300	9,500
	2. Lignite B	—	—	—	—	6,300	8,300



Gambar 2.1 Skema Pembentukan Batubara

2.1.2 Analisis Batubara

Ada dua metode untuk menganalisis batubara yaitu analisis *ultimate* dan analisis *proximate*. Analisis *ultimate* harus dilakukan oleh laboratorium dengan peralatan yang lengkap oleh ahli kimia yang terampil, sedangkan analisis *proximate* dapat dilakukan dengan peralatan sederhana. Analisis tersebut adalah :

- *Fixed carbon* : Bahan bakar padat yang tertinggal didalam tungku setelah bahan yang mudah menguap di distilasi. Kandungan utamanya adalah karbon tetapi juga mengandung unsur H, O, N, dan S yang tidak dapat terbawa oleh gas. *Fixed carbon* memberikan perkiraan kasar terhadap nilai kalor dari suatu batubara.
- Bahan yang mudah menguap (*volatile matter*) : seperti metana (CH_4), hidrokarbon (CH), hidrogen (H), karbon monoksida (CO), dan gas-gas yang tidak mudah terbakar. Bahan yang mudah menguap merupakan indeks dari kandungan bahan bakar bentuk gas didalam batubara.
- Kadar abu (*ash content*) : pengotor yang tidak akan terbakar.
- Kadar air (*moisture content*): kandungan air yang terdapat pada batubara

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bentuk karbon yang telah diproses dimana struktur atomnya adalah struktur atom karbon amorf (non kristalin). Karbon aktif telah diproses sehingga memiliki pori-pori dan luas permukaan yang sangat luas sehingga banyak digunakan untuk adsorpsi dan reaksi kimia. Luas permukaan yang sangat luas diperoleh karena karbon aktif memiliki permukaan dalam (internal surface) dan struktur pori yang sangat banyak.

Klasifikasi pori menurut rekomendasi IUPAC adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi Pori pada Karbon Aktif

Diameter Pori (nm)	Jenis Pori
$d < 2$	Mikropori
$2 < d < 50$	Mesopori
$d > 50$	Makropori

(Do, Duong D., 2008)

Untuk ilustrasi ukuran dan distribusi pori dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.2 Struktur pori dari karbon aktif : (a) granular, (b) serat

Karbon aktif terdiri dari 87%-97% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatan (Supramono Dijan, Sudibandriyo Mahmud, 2009). Karbon aktif yang digunakan pada dunia industri memiliki luas permukaan karbon aktif bisa di

atas 2000 m²/gr (Rouquerol, Jean, dkk, 1998) . Karbon aktif memiliki banyak aplikasi, contohnya untuk penyimpanan gas dengan metode adsorpsi, pemurnian gas, penjernihan air, ekstraksi logam, dan untuk obat.

2.2.1 Bahan Dasar

Karbon aktif dapat diproduksi dari material material yang memiliki unsur karbon seperti batubara, kayu, batok kelapa dan lain lain.

Perbandingan bahan dasar karbon aktif dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 2.4. Karakteristik berbagai macam bahan dasar untuk membuat karbon aktif
(Manocha, Satish. M, 2003, *Porous Carbons*, Sadhana volume 28 part 1&2 pp 335-348, India)

Raw materials	Carbon (%)	Volatile (%)	Density (kg/m ³)	Ash (%)	Texture of activated carbon	Application of activated carbon
Softwood	40-45	55-60	0.4-0.5	0.3-1.1	Soft, large pore volume	Aq. phase adsorption
Hardwood	40-42	55-60	0.55-0.8	0.3-1.2	Soft, large pore volume	Aq. phase adsorption
Lignin	35-40	58-60	0.3-0.4	—	Soft, large pore volume	Aq. phase adsorption
Nut shells	40-45	55-60	1.4	0.5-6	Hard, large multi pore volume	Vapour phase adsorption
Lignite	55-70	25-40	1.0-1.35	5-6	Hard small pore volume	Waste water treatment
Soft coal	65-80	25-30	1.25-1.50	2-12	Medium hard, medium micropore volume	Liquid & vapour phase adsorption
Petroleum coke	70-85	15-20	1.35	0.5-0.7	Medium hard, medium micropore volume	Gas-vapour adsorption
Semi hard coal	70-75	1-15	1.45	5-15	Hard large pore volume	Gas-vapour adsorption
Hard coal	85-95	5-10	1.5-2.0	2-15	Hard large volume	Gas-vapour adsorption

2.2.2 Proses Pembuatan Karbon Aktif

2.2.2.1 Persiapan Bahan Dasar

Dalam memilih bahan dasar yang cocok untuk karbon aktif ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan. Material dengan kadar karbon tinggi dan kadar abu rendah merupakan pilihan yang baik untuk bahan dasar karbon aktif (Manocha, Satish. M, 2003). Umumnya bahan dasar karbon aktif diperoleh dari material alami yang mengandung karbon seperti batubara, kayu dan tempurung kelapa. Bahan dasar perlu digerus dan diayak untuk mendapatkan bahan dasar dengan ukuran yang seragam dan siap untuk diproses.

Bahan dasar karbon aktif haruslah dapat dibuat untuk skala industri dan harganya tentunya tidak mahal.

2.2.2.2 Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses yang bertujuan untuk menghilangkan *moisture* dan *volatile matter* yang terdapat di dalam batubara. Terlepasnya *volatile matter* tersebut menghasilkan pembentukan pori pada karbon. Parameter yang mempengaruhi kualitas dan *yield* dari produk hasil karbonisasi adalah kecepatan pemanasan, temperatur karbonisasi, dan waktu karbonisasi (Manocha, Satish. M, 2003).

Temperatur karbonisasi menurut Manocha, Satish. M, 2003 proses karbonisasi dilakukan pada temperatur di bawah 800⁰C. Menurut Nugroho, Yulianto S., 2000, bahwa batubara dengan persentasi *volatile matter* 46,8%, *volatile matter* nya akan habis pada temperatur 900⁰C – 950⁰C dan batubara dengan persentasi *volatile matter* 39,7%, *volatile matter* akan habis pada kisaran temperatur 800⁰C

2.2.2.3 Aktivasi

Aktivasi merupakan proses pembentukan pori-pori yang masih tertutup dan peningkatan ukuran pori. Dari proses inilah didapat perluasan permukaan karbon aktif sehingga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi

Proses aktivasi dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu:

a. Aktivasi Fisika (thermal)

Aktivasi fisika dilakukan dengan melakukan pemanasan pada suhu tinggi (800-1000⁰C) selama waktu tertentu. Pada saat pemanasan dialirkan *activating agent* berupa steam atau CO₂ ke dalam *autoclave*.

Karbon aktif yang dihasilkan dipengaruhi oleh laju pemanasan, laju aliran gas dalam autoclave, temperatur aktivasi, waktu aktivasi, dan jenis *activating agent* yang digunakan. Teng, Hsisheng, et al, 1996, dalam penelitiannya menggunakan batubara bituminus yang berasal dari Australia sebagai bahan dasar dan diaktivasi dengan menggunakan CO₂ sebagai *activating agent* pada temperatur aktivasi 900⁰C mendapatkan luas permukaan 1171 m²/g dengan presentase burnoff 70%.

b. Aktivasi Kimia

Dalam aktivasi kimia bahan dasar dicampur dengan *activating agent* yang berupa cairan kimia lalu selanjutnya dipirolisis pada temperature 500-900 °C . Setelah proses pirolisis kemudian dilakukan proses pendinginan dan pencucian yang bertujuan untuk menghilangkan *activating agent* yang sebelumnya dicampur dengan bahan dasar. *Activating agent* yang digunakan antara lain H₃PO₄, NH₄Cl, AlCl₃, HNO₃, KOH, NaOH, H₃BO₃, KMnO₄, SO₂, H₂SO₄ dan K₂S (Kienle, 1986). Dengan menggunakan aktivasi kimia umumnya didapat karbon aktif dengan luas permukaan lebih besar. Subandriyo Mahmud (2009) telah melakukan penelitian dengan menggunakan batubara bituminous Ombilin menghasilkan luas permukaan sebesar 2824 m²/g dengan menggunakan KOH sebagai *activating agent*. Illan-Gomez, M.J. et al (1996) telah melakukan penelitian karbon aktif dari batubara yang berasal dari Spanyol dengan menggunakan metode aktivasi kimia 20 dan KOH serta NaOH sebagai *activating agent*. Pada temperature aktivasi 700⁰C dengan

menggunakan KOH sebagai *activating agent* diperoleh luas permukaan sampai dengan 2500 m²/gr, dan dengan menggunakan NaOH sebagai *activating agent* diperoleh luas permukaan sampai dengan 2000 m²/gr.

2.2.3 Karakterisasi Karbon Aktif

Suatu karbon aktif kualitasnya dapat ditentukan menggunakan beberapa parameter, diantaranya *iodine number* dan luas permukaan

a. Iodine Number

Iodine Number menyatakan jumlah iodine dalam miligram yang diadsorpsi oleh karbon aktif (dalam gram) dari 0.02N larutan *iodine* (ASTM D4607-94) (Yang, R.T. 2003). Semakin besar *iodine number* menunjukkan bahwa derajat aktivasinya makin tinggi, dengan kata lain kualitas karbon aktif makin baik

b. Luas Permukaan

Luas permukaan didapat dengan cara mengukur kapasitas adsorpsi yang diserap oleh adsorben. Luas permukaan didapat dengan metode adsorpsi isothermal BET. Teori BET bertujuan untuk menjelaskan adsorpsi fisik molekul gas pada permukaan padat dan berfungsi sebagai dasar untuk teknik analisis penting untuk pengukuran luas permukaan spesifik dari suatu material. Luas permukaan didapat dengan cara menghitung luas permukaan molekul gas yang terserap pada adsorben

2.2.4 Klasifikasi Karbon Aktif

Karbon Aktif berdasarkan bentuk fisiknya dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu

a. Karbon Aktif *Powder*

Karbon aktif berbentuk bubuk umumnya berukuran kurang dari 1mm dengan diameter rata-rata umumnya 0.15-0.25mm. Karbon aktif jenis ini dapat diaplikasikan pada *water treatment*.



Gambar 2. 3. Karbon aktif bentuk *powder*

(sumber: indonetnetwork.co.id)

b. Karbon Aktif *Granular*

Karbon aktif jenis *granular* memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan karbon aktif bubuk. Umumnya karbon aktif jenis ini digunakan untuk adsorpsi gas karena kecepatan difusinya tinggi. Selain itu karbon aktif jenis ini juga dapat digunakan untuk pengolahan air.



Gambar 2.4. Karbon aktif granular

(sumber: filterpenyaringair.com)

c. Karbon Aktif Extruded

Karbon aktif jenis ini dibuat dari karbon aktif bubuk ditambah dengan bahan pengikat lalu di *extrude* sehingga membentuk karbon aktif dengan bentuk silinder. Ukurannya bervariasi dari 0.8-130mm. Umumnya diaplikasikan untuk fase gas, selain itu juga dapat digunakan untuk *waste water treatment*.



Gambar 2.5. Karbon Aktif *Extruded*
(sumber:alibaba.com)

BAB 3

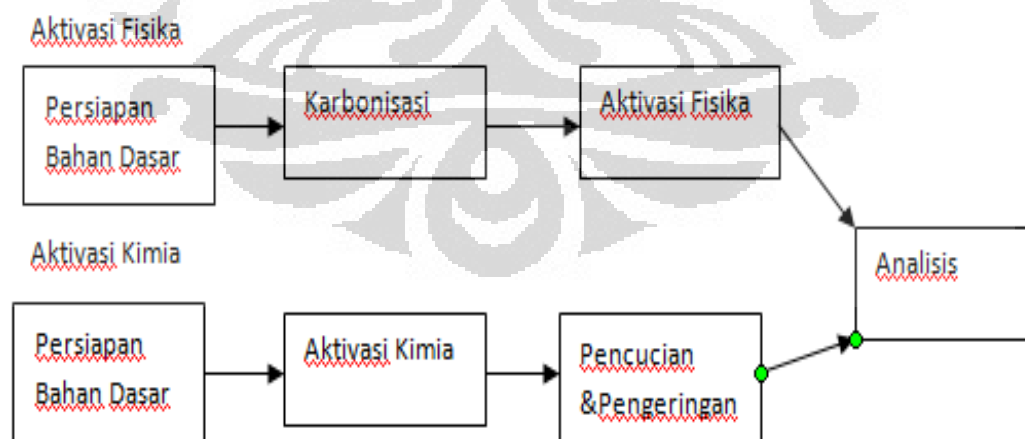
METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang prosedur penelitian yang dilakukan dan perhitungan yang diperlukan untuk mengolah data. Penelitian mengenai pembuatan karbon aktif dari batubara ini dilakukan di Laboratorium Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Prosedur pembuatan karbon aktif pada dasarnya terdiri atas: preparasi bahan dasar, karbonisasi dan aktivasi fisika atau aktivasi kimia (Yang, Ralph. T, 2003).

Pada penelitian ini karbon aktif diproduksi dengan bahan dasar batubara Indonesia dengan menggunakan aktivasi fisika dan kimia. Untuk aktivasi fisika gas karbon dioksida digunakan sebagai *activating agent*, sebelum proses aktivasi dilakukan, terlebih dahulu dilakukan proses karbonisasi dengan mengalirkan gas nitrogen (N_2). Sedangkan untuk aktivasi kimia KOH digunakan sebagai *activating agent* dan pada saat proses aktivasi dialiri gas inert yaitu N_2 .

Berikut ini adalah gambaran secara sederhana proses aktivasi fisika dan kimia



3.1 AKTIVASI FISIKA

3.1.1 Prosedur Preparasi Aktivasi Fisika

3.1.1.1 Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur untuk memperoleh teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian seperti batubara, karbon aktif dengan aktivasi fisika, adsorben, adsorpsi, kapasitas dan laju penyerapan. Sedangkan pengumpulan bahan dilakukan dengan mengumpulkan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian.

3.1.1.2 Persiapan Alat dan Bahan Dasar

Dalam penelitian kali ini digunakan beberapa alat/peralatan seperti :

1. Mesin *Furnace* merk MTI

Merupakan alat yang digunakan untuk melakukan proses pembakaran / pemanasan pada batubara untuk membuat karbon aktif dengan proses karbonisasi dan aktivasi. Posisi *autoclave* pada alat ini adalah horizontal. Alat ini menggunakan motor untuk memutar *autoclave* dengan kecepatan putaran maksimum 15 rpm, kecepatan putaran dapat dikontrol. Temperatur *furnace* dapat dikontrol dengan menggunakan komputer maupun manual melalui instrumen yang tersedia pada *furnace*. Maksimum *heat rate* dari *furnace* adalah 10°C/menit dan temperatur kerja maksimum adalah 1200°C.



Gambar 3.1 Mesin Furnace MTI



Gambar 3.2 Mesin Furnace Ketika Dibuka

2. Autoclave

Berfungsi sebagai tempat atau wadah dari batubara selama proses pembuatan karbon aktif dengan menggunakan *furnace* pada suhu yang tinggi. Posisi *autoclave* adalah horizontal. Autoclave ini terbuat dari *quartz* sehingga dapat digunakan pada suhu tinggi.



Gambar 3.3 *Autoclave Quartz*

3. Timbangan digital

Timbangan disini sangat dibutuhkan untuk menimbang massa batubara sebelum proses dan masa karbon aktif sesudah proses. Yang juga menentukan *burn off* dari karbon aktif hasil dari pembuatan. Berat maksimum yang dapat diukur adalah 220 gram dan tingkat ketelitiannya 0.1 mg.



Gambar 3.4 Timbangan Digital Merk Sartorius

4. Ayakan ukuran *mesh* 10 x 20

Berfungsi untuk pemerataan ukuran batubara sebelum diaktivasi



Gambar 3.5 Ayakan Mesh 10x20

5. Tabung Gas Nitrogen (N_2) Karbon dioksida (CO_2) dengan regulatornya

Berfungsi sebagai sumber gas Nitrogen dan karbondioksida pada proses aktivasi



Gambar 3.6 Tabung Nitrogen (biru) dan CO_2 (hitam)

6. Flowmeter

Berfungsi untuk mengatur laju aliran gas yang ingin digunakan. Flowmeter yang digunakan memiliki kapasitas maksimum 1200ml/min.



Gambar 3.7 Flowmeter

3.1.2 Bahan Dasar

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batubara yang berasal dari Kalimantan. Batubara tersebut memiliki karakteristik sebagai berikut:

Tabel 3.1 Proximate dan Ultimate Analysis pada Batubara Kalimantan (Hasil Uji Sampel, Geoservice 2011)

proximate	unsur (%)	Ultimate	unsur (%)
Total Moisture	18.03	Carbon	62.16
Moisture in the Analysis Sample	10.04	Hydrogen	4.16
Ash Content	2.68	Nitrogen	1.16
Volatile matter	42.2	Sulphur	0.45
Fixed Carbon	44.88	Oxygen By Difference	19.15
Total Sulphur	0.45		
Gross Calorific Value	6124 kal/g		

3.1.3 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif dengan Aktivasi Fisika

Prosedur dan tahapan untuk proses pembuatan karbon aktif dengan aktivasi fisika adalah sebagai berikut :

a) Persiapan batubara

Batubara yang sudah ditumbuk dan diayak dengan ukuran mesh 10x20 ditimbang sebanyak 50 gram. Setelah itu dimasukkan kedalam *autoclave quartz*. Selanjutnya *autoclave* tersebut dimasukkan kedalam mesin *furnace*.

b) Proses Karbonisasi

Proses Karbonisasi dimulai dengan mulai menyalakan *furnace* dan mengalirkan gas Nitrogen (N_2) dengan laju aliran 1000 ml/menit. Suhu yang ditetapkan adalah 300 °C dengan heat rate 10 °C/menit untuk setiap proses karbonisasi. Putaran dari *autoclave* divariasikan dari 5 RPM, 10 RPM, dan 15 RPM. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh RPM saat proses karbonisasi. Karbonisasi dilakukan selama 1 jam.

c) Pendinginan

Setelah *furnace* menyala selama 1 jam kemudian dimatikan untuk didinginkan. Untuk kemudian dinyalakan kembali pada ke esokan harinya. Biasanya suhunya telah turun hingga sekitar 30 °C

d) Proses Aktivasi

Setelah suhu dari proses karbonisasi (oksidasi) turun kemudian dilakukan proses aktivasi. Proses ini mengalirkan gas CO_2 kedalam *autoclave* yang berada pada *furnace* dengan flow sebesar 400 ml/menit. Pada tahap ini suhu dari *furnace* langsung di set hingga 850 °C dengan heat rate 10 °C/menit.

Pada proses aktivasi RPM divariasikan dari 5 RPM, 10 RPM dan 15 RPM. Selain itu waktu aktivasi juga divariasikan yaitu 3 jam, 4.5 jam, 6jam, dan 7 jam. Variasi dilakukan agar didapatkan kondisi proses yang paling optimum untuk mendapatkan karbon aktif dengan kualitas yang baik.

e) Penimbangan massa hasil proses

Setelah proses aktivasi selesai kemudian suhu *autoclave* didinginkan agar bisa disentuh dan dibuka (dibongkar). Setelah dingin batubara yang telah berubah menjadi karbon aktif dikeluarkan dari *autoclave* kemudian hasilnya ditimbang.

f) Perhitungan *burn off*

Massa hasil proses yang telah ditimbang selanjutnya dibandingkan dengan massa sebelum proses atau massa karbon aktif dibandingkan dengan massa batubara awal dan akan mendapatkan nilai *burn off* dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Burn-off} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100\%$$

g) Perhitungan *luas permukaan*

Setelah ditimbang sebagian kecil dari sampel dianalisis menggunakan mesin Autosorb yang menggunakan metode BET, tujuannya adalah untuk mendapatkan luas permukaan dari karbon aktif.

3.1.4 Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan untuk melakukan analisa dari penelitian yang telah dilakukan. Pengolahan data dilakukan dengan menganalisis *burn off* dan luas permukaan dari variasi sampel yang ada. Persamaan atau perhitungan yang digunakan adalah :

- *Burn off*

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *burn off* yaitu:

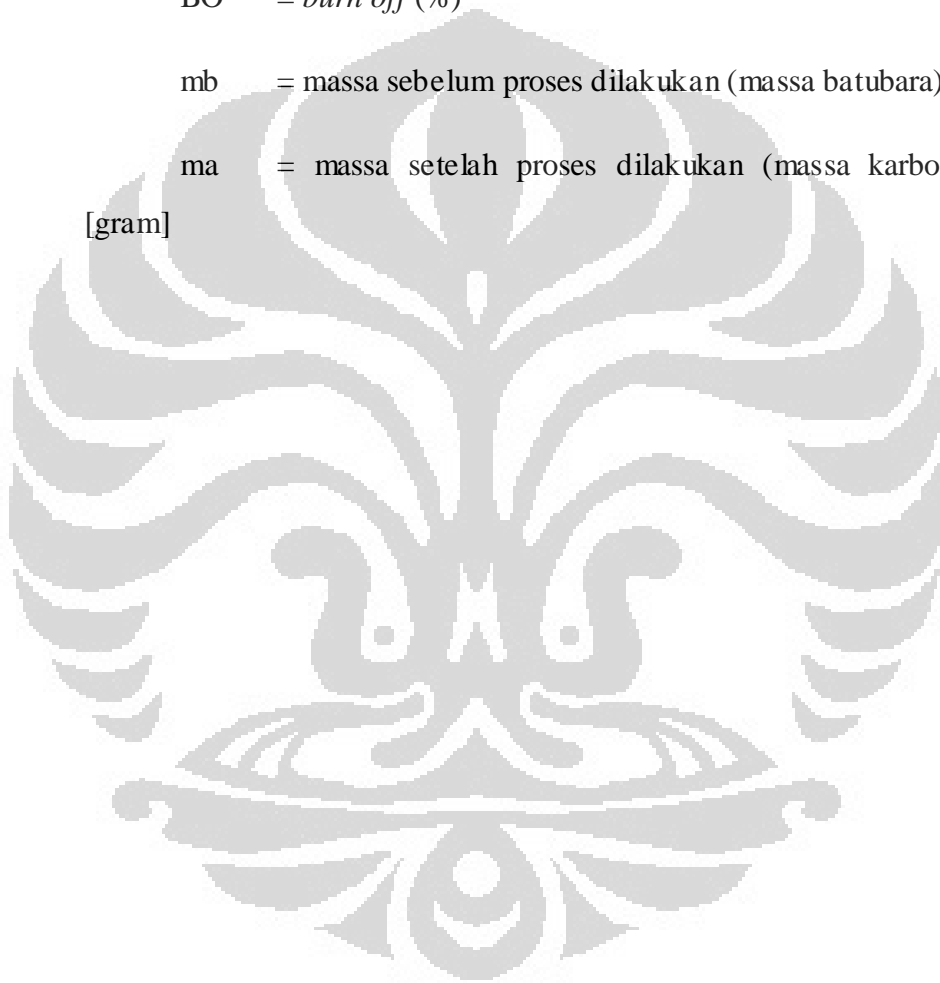
$$BO = \frac{mb - ma}{mb} \times 100\%$$

Keterangan :

BO = *burn off* (%)

mb = massa sebelum proses dilakukan (massa batubara)[gram]

ma = massa setelah proses dilakukan (massa karbon aktif)
[gram]



3.2 AKTIVASI KIMIA

3.2.1 Prosedur Preparasi Aktivasi Kimia

3.2.1.1 Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur untuk memperoleh teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian seperti batubara, karbon aktif dengan aktivasi kimia, adsorben, adsorpsi, kapasitas dan laju penyerapan. Sedangkan pengumpulan bahan dilakukan dengan mengumpulkan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian.

3.2.1.2 Persiapan Alat dan Bahan Dasar

Dalam penelitian kali ini digunakan beberapa alat/peralatan seperti :

1. Mesin *Furnace*

Merupakan alat yang digunakan untuk melakukan proses pembakaran/pemanasan pada batubara untuk membuat karbon aktif dengan proses aktivasi. Posisi *autoclave* pada alat ini adalah horizontal. Alat ini menggunakan motor untuk memutar *autoclave* dengan kecepatan putaran hingga 100rpm. Temperatur *furnace* dapat dikontrol dengan menggunakan instrumen yang tersedia pada kontrol *furnace*. Maksimum *heat rate* dari *furnace* adalah 30°C/menit dan temperatur kerja maksimum adalah 1200°C.



Gambar 3.8 Mesin Furnace Aktivasi Kimia

2. Autoclave

Berfungsi sebagai tempat atau wadah dari batubara selama proses pembuatan karbon aktif dengan menggunakan *furnace* pada suhu yang tinggi. Posisi *autoclave* adalah 32vertical. Autoclave ini terbuat dari *Stainles Steel 316* sehingga dapat digunakan pada suhu tinggi dan tidak mudah berkarat.



Gambar 3.9 Autoclave SS316

3. Flowmeter

Berfungsi untuk mengatur laju aliran gas yang ingin digunakan. Flowmeter yang digunakan memiliki kapasitas maksimum 500ml/min.



Gambar 3.10 Flowmeter

3.2.2 Bahan Dasar

Bahan dasar yang digunakan untuk aktivasi kimia sama dengan bahan yang digunakan untuk aktivasi fisika.

3.2.3 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia

Prosedur dan tahapan untuk proses pembuatan karbon aktif dengan aktivasi Kimia adalah sebagai berikut :

- a) Persiapan
Bahan Baku

Batubara dihancurkan lalu disaring menggunakan *mesh* dengan ukuran 1-2mm sehingga mendapatkan ukuran yang diinginkan, dapat juga digunakan bahan baku berupa karbon aktif yang telah diaktivasi secara fisika.

- b) Aktivasi

Batubara dicampur dengan larutan KOH 65% dengan rasio massa yang dapat divariasikan, sebagai contoh dapat digunakan variasi KOH/massa reaktan 4/1. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam reaktor, pada reaktor dialirkan gas N₂ yang *flow* nya dikontrol 100ml/menit. Kemudian reaktor dipanaskan dengan heat rate yang diinginkan. Temperatur proses yang digunakan adalah 850°C dengan waktu reaksi selama 1 jam. Setelah proses ini selesai maka telah didapatkan produk berupa karbon aktif, namun produk ini perlu diberi treatment agar didapat produk yang murni.

c) Pendinginan

Setelah proses aktivasi sampel didinginkan menggunakan gas N₂ sampai suhunya mendekati suhu ruangan.

d) Pencucian

Setelah didinginkan sampel tersebut perlu dicuci dengan larutan HCL 1,2 mol.

e) Pengeringan

Setelah dicuci sampel dikeringkan pada suhu 110°C selama periode tertentu agar didapat karbon aktif yang siap dipasarkan.

f) Analisis

Produk yang dihasilkan perlu dianalisis luas permukaan dan daya serapnya untuk mengetahui kualitas produk dan karakteristiknya. Produk yang dihasilkan dianalisis menggunakan metode BET. Alat yang digunakan adalah Autosorb.

3.2.4 Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan untuk melakukan analisa dari penelitian yang telah dilakukan. Pengolahan data dilakukan dengan menganalisis luas permukaan sampel dari percobaan yang dilakukan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil dan analisis hasil penelitian. Penelitian yang dilakukan terdiri atas dua bagian penelitian, yang pertama adalah pembuatan karbon aktif dengan bahan bakar batubara menggunakan aktivasi fisika dengan *activating agent* CO₂, dan yang kedua adalah pembuatan karbon aktif menggunakan aktivasi kimia dengan bahan baku yang sama dengan *activating agent* KOH.

4.1 PRODUKSI KARBON AKTIF

Pada prinsipnya pembuatan karbon aktif terdiri atas tiga proses utama, yaitu pemilihan bahan dasar, proses karbonisasi, dan proses aktivasi. Terdapat dua metode aktivasi dalam proses produksi karbon aktif, yaitu aktivasi kimia dan fisika (Manocha, Satish. M, 2003 dan Yang, Ralph. T, 2003).

Pada penelitian ini karbon aktif diproduksi dengan menggunakan metode aktivasi fisika dengan mengalirkan gas karbon dioksida (CO₂) sebagai *activating agent* dengan variasi putaran autoclave dan waktu proses, dimana sebelumnya dilakukan proses karbonisasi dengan mengalirkan gas nitrogen juga dengan variasi putaran autoclave.

4.1.1 Aktivasi Fisika

Preparasi karbon aktif dari batubara dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yakni tahap persiapan bahan dasar, tahap karbonisasi dan tahap aktivasi.

4.1.1.1 Persiapan Bahan Dasar

Batubara yang digunakan sebagai bahan dasar diperoleh dari tambang di Kalimantan. Batubara yang tersedia berbentuk bongkahan sehingga perlu

digerus agar memiliki ukuran yang seragam dan sesuai untuk proses aktivasi, untuk itu batubara digerus sehingga memiliki ukuran 10x20 mesh.

Pembuatan batubara dengan ukuran yang kecil bertujuan agar gas yang dialirkan sebagai activating agent dapat merata dan mengenai lebih banyak permukaan dari batubara sehingga diharapkan didapat karbon aktif dengan kualitas yang lebih baik

4.1.1.2 Proses Karbonisasi

Batubara disiapkan sebanyak 50 gram untuk karbonisasi. Proses karbonisasi dilakukan pada temperatur 300°C konstan selama 1 jam dan divariasikan RPM-nya. Setelah proses tersebut batubara awal akan berubah persentase kandungannya karena unsur tersebut hilang saat proses karbonisasi sehingga setelah ditimbang terdapat penurunan berat.

4.1.1.3 Proses Aktivasi

Proses aktivasi dilakukan menggunakan batubara yang telah dikarbonisasi. Proses ini dilakukan pada suhu tinggi yaitu sekitar 850°C dengan waktu, aliran gas, dan putaran furnace yang dapat divariasikan. Aktivasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan lain selain karbon yang terdapat pada batubara setelah karbonisasi seperti hidrokarbon dan tar.

Setelah proses aktivasi maka batubara sudah berubah menjadi karbon aktif, hal tersebut dapat dibuktikan dengan mengetes luas permukaannya. Secara fisik pun terlihat bahwa karbon aktif terlihat lebih mengkilat dibanding batubara biasa

4.1.2 Aktivasi Kimia

Preparasi karbon aktif dari batubara dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yakni tahap persiapan bahan dasar, aktivasi dan pencucian

4.1.2.1 Persiapan Bahan Dasar

Batubara yang digunakan sebagai bahan dasar diperoleh dari tambang di Kalimantan. Batubara yang tersedia berbentuk bongkahan sehingga perlu digerus agar memiliki ukuran yang seragam dan sesuai untuk proses aktivasi, untuk itu batubara digerus sehingga memiliki ukuran 1-2mm.

Pembuatan batubara dengan ukuran yang kecil bertujuan agar gas yang dialirkan sebagai activating agent dapat merata dan mengenai lebih banyak permukaan dari batubara sehingga diharapkan didapat karbon aktif dengan kualitas yang lebih baik

4.1.2.2 Proses Aktivasi

Batubara dicampur dengan larutan KOH 65% dengan rasio massa yang dapat divariasikan, sebagai contoh dapat digunakan variasi KOH/massa reaktan 4/1. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam reaktor, pada reaktor dialirkan gas N_2 yang *flow* nya dikontrol 100ml/menit. Kemudian reaktor dipanaskan dengan heat rate yang diinginkan. Temperatur proses yang digunakan adalah $850^{\circ}C$ dengan waktu reaksi selama 1 jam. Setelah proses ini selesai maka telah didapatkan produk berupa karbon aktif, namun produk ini perlu diberi treatment agar didapat produk yang murni.

4.1.2.3 Proses Pencucian

Setelah didinginkan sampel tersebut perlu dicuci dengan larutan HCL . Larutan HCL yang digunakan adalah sejumlah 1.2 mol.

4.2. Data Hasil Penelitian

Data yang dihasilkan pada proses pembentukan karbon aktif ini adalah berupa *burn off* dan selanjutnya dilakukan pengujian luas permukaan dengan metode BET menggunakan mesin Autosorb. Luas permukaan yang didapat merupakan parameter kualitas dari suatu karbon aktif

4.2.1 Burn Off

4.2.1.1 Burn Off Karbonisasi

Berikut adalah data *burn off* dari proses karbonisasi dari batubara Kalimantan, variasi yang dilakukan adalah variasi rpm

Tabel 4.1 Perbandingan *burnoff* karbonisasi dengan variasi rpm

No	Massa (g)	T Carb (h)	t Carb (hr)	Flow N ₂ (ml/min)	rpm	Burnoff (%)
Test A	50	300	1	1000	5	20,36
Test B	50	300	1	1000	10	20,97
Test C	50	300	1	1000	15	21,61

Dari tabel diatas terlihat bahwa luas burnoff tertinggi dimiliki oleh test C dengan RPM sebesar 15 yaitu 21,61%.

4.2.1.2 Burn Off dan Luas Permukaan Aktivasi

Berikut adalah data *burn off* dan luas permukaan dari hasil pembuatan karbon aktif dari batubara Kalimantan. Variasi yang dilakukan adalah dengan membedakan waktu aktivasi dan rpm.

Tabel 4.2 Data *burnoff* dan luas permukaan hasil dari Proses Aktivasi Fisika

No	Massa (g)	T Act (h)	t Act (h)	Flow CO ₂ (mL/min)	rpm	Burnoff (%)	Luas (m ² /g)
Test A	50	850	4,5	400	10	75,11	817,39
Test B	50	850	3	400	10	67,62	572,64
Test C	50	850	6	400	10	82,55	1022,48
Test D	50	850	7	400	10	87,69	878,28
Test E	50	850	6	400	15	83,29	1040,98
Test F	50	850	6	400	5	78,19	857

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa burnoff terbesar dimiliki oleh test D dengan waktu aktivasi 7 jam yaitu sebesar 87,69%, namun luas permukaan paling baik dimiliki oleh test E dengan waktu aktivasi 6 jam yaitu sebesar 1040,98 m²/g

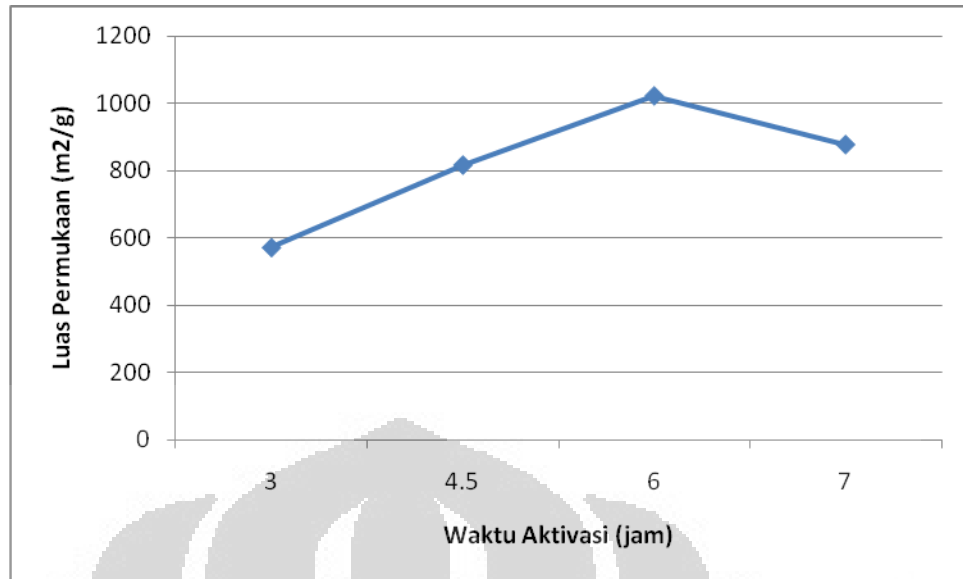
4.3. Analisa Data Aktivasi Fisika

4.3.1 Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Luas Permukaan

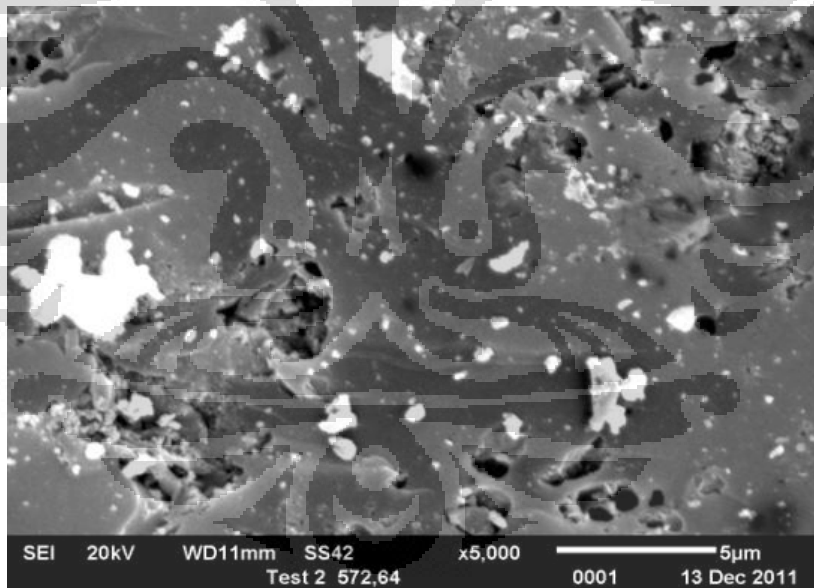
Hasil dari luas permukaan batubara dapat dilihat dari tabel dibawah ini

Tabel 4.3 Luas permukaan hasil aktivasi fisika dengan variasi waktu aktivasi

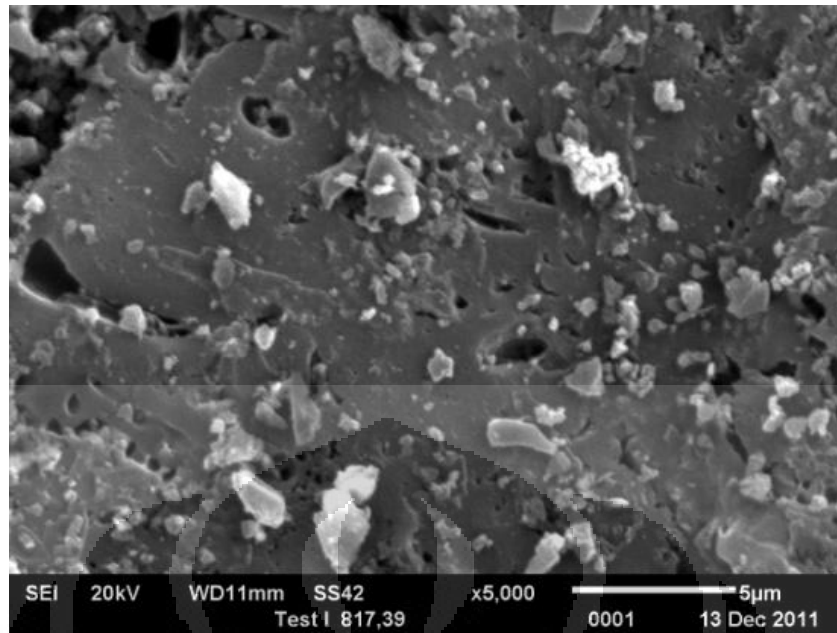
No	Massa (g)	T Carb (h)	t Act (h)	Flow CO ₂ (mL/min)	rpm	Luas (m ² /g)
Test B	50	850	3	400	10	572,64
Test A	50	850	4,5	400	10	817,39
Test C	50	850	6	400	10	1022,48
Test D	50	850	7	400	10	878,28



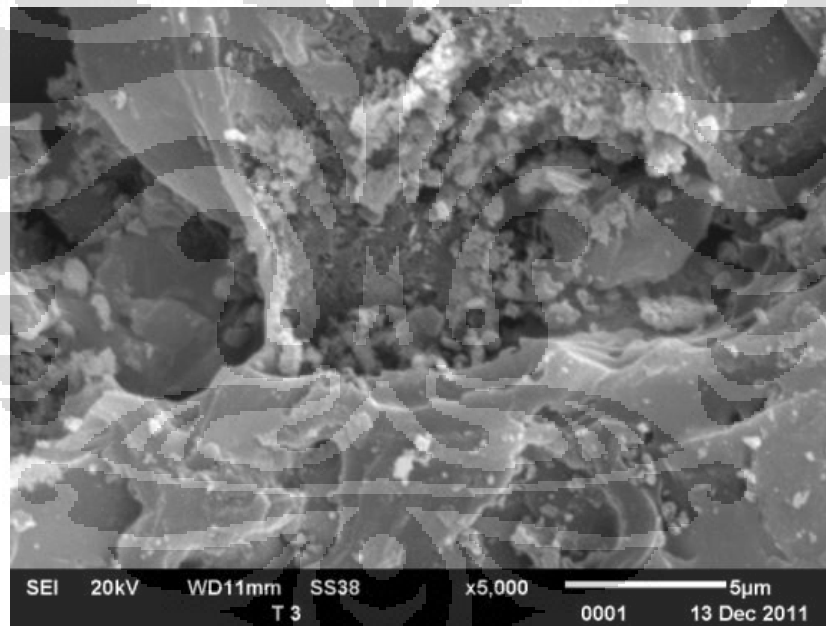
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Luas Permukaan dengan Variasi Waktu Aktivasi



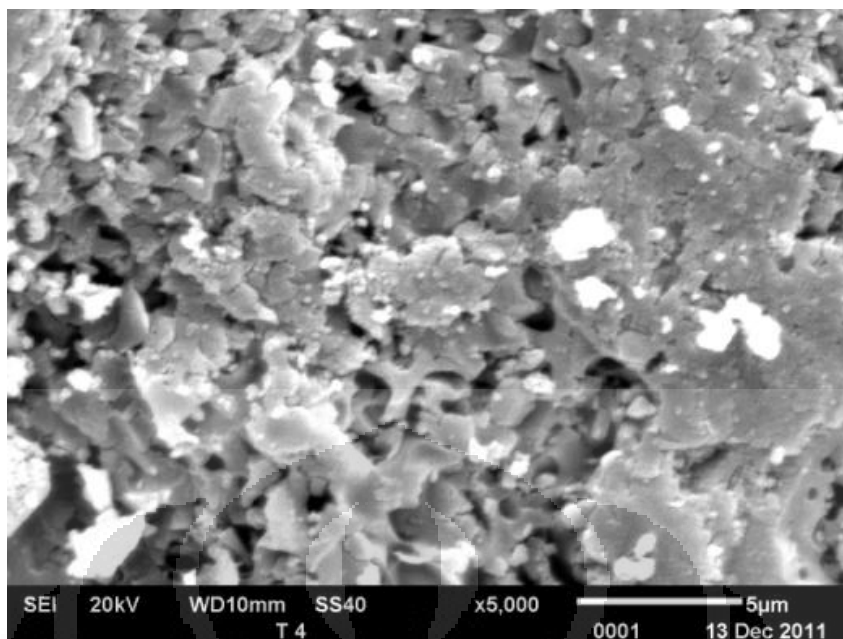
Gambar 4.2 Hasil SEM Test B



Gambar 4.3 Hasil SEM Test A



Gambar 4.4 Hasil SEM Test C



Gambar 4.5 Hasil SEM Test D

Grafik diatas menunjukkan pengaruh waktu aktivasi terhadap luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Percobaan dilakukan pada suhu 850°C dengan kecepatan aliran gas N_2 sebesar $400\text{ml}/\text{min}$ dan kecepatan putaran *autoclave* 10 rpm . Dari grafik diatas terlihat bahwa luas permukaan yang terbaik didapatkan pada waktu aktivasi 6 jam yaitu sebesar $1022,48\text{m}^2/\text{g}$.

Pada grafik terlihat dengan meningkatnya waktu aktivasi luas permukaan yang dihasilkan semakin besar, namun titik maksimum dicapai pada waktu 6 jam. Saat dicoba aktivasi dengan waktu 7 jam luas permukaan yang dihasilkan turun karena rusaknya struktur pori yang disebabkan oleh terlalu lamanya waktu aktivasi yang dilakukan. Apabila waktu aktivasi terlalu singkat pembentukan pori belum sempurna sehingga luas permukaan yang dihasilkan menjadi lebih kecil.

Dari hasil SEM dapat terlihat bahwa test A memiliki struktur pori yang lebih baik dibanding test B pada perbesaran 5000 kali. Namun Test C memiliki struktur pori yang paling baik dibanding lainnya, pada gambar Test C terlihat lebih kasar karena banyaknya pori yang dimiliki, terbukti dari hasil uji BET test C memiliki luas yang paling besar. Hasil SEM

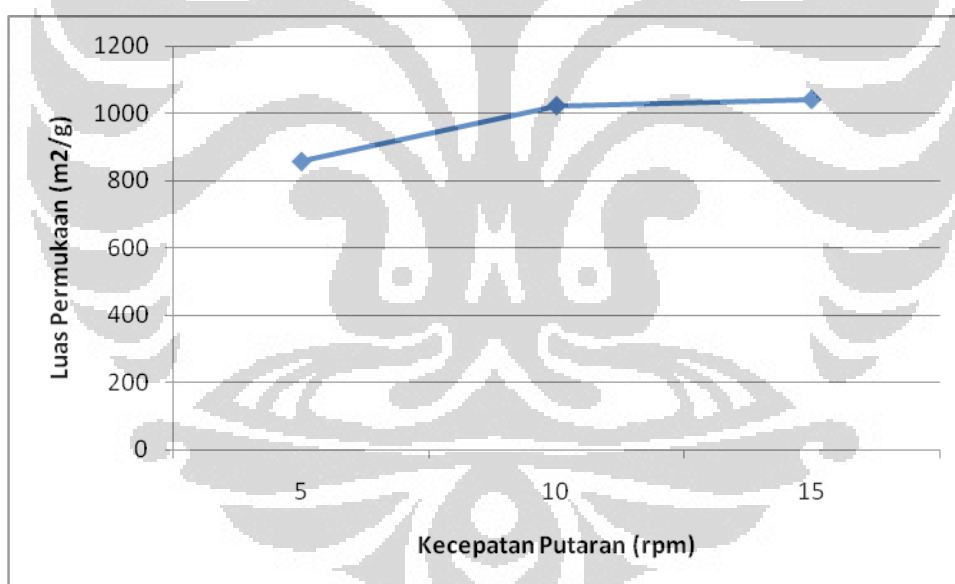
sebetulnya sangat tergantung kepada *spot* yang diambil oleh operator SEM sehingga hasil SEM lebih cocok digunakan sebagai gambaran dan karakteristik pori, bukan untuk parameter kualitas suatu karbon aktif

4.3.2 Pengaruh Kecepatan Putaran *Autoclave* Terhadap Luas Permukaan

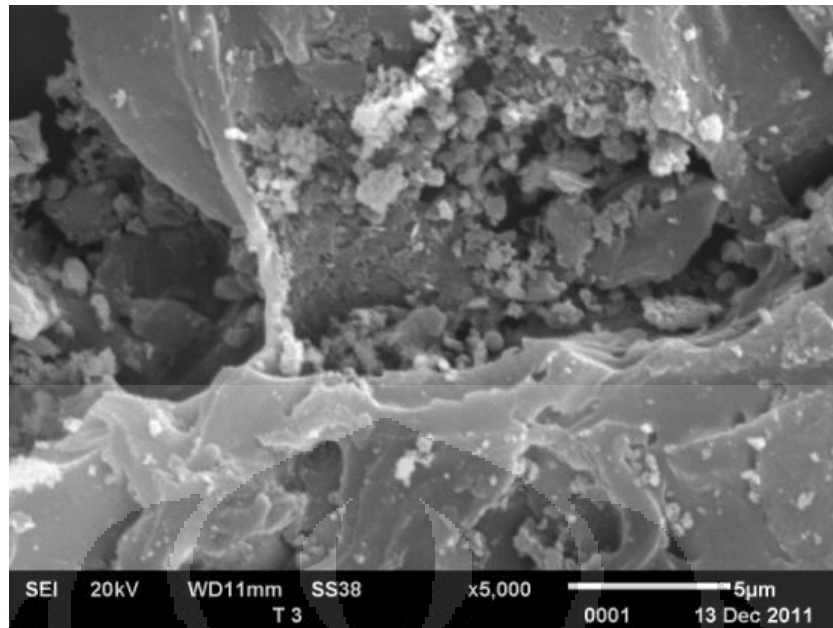
Hasil dari luas permukaan batubara dapat dilihat dari tabel dibawah ini

Tabel 4.4 Luas permukaan hasil aktivasi fisika dengan variasi kecepatan putaran *autoclave*

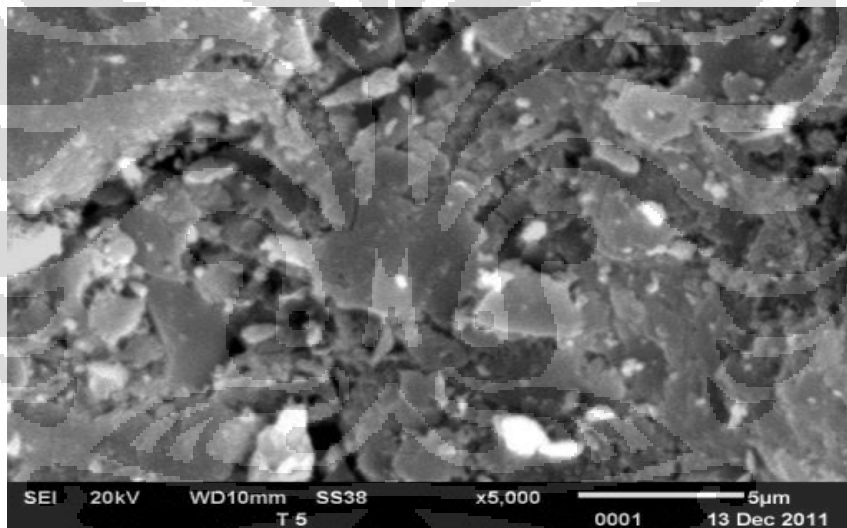
No	Massa (g)	T Carb (h)	t Act (h)	Flow CO ₂ (ml/min)	rpm	Luas (m ² /g)
Test F	50	850	6	400	5	857
Test C	50	850	6	400	10	1022,48
Test E	50	850	6	400	15	1040,98



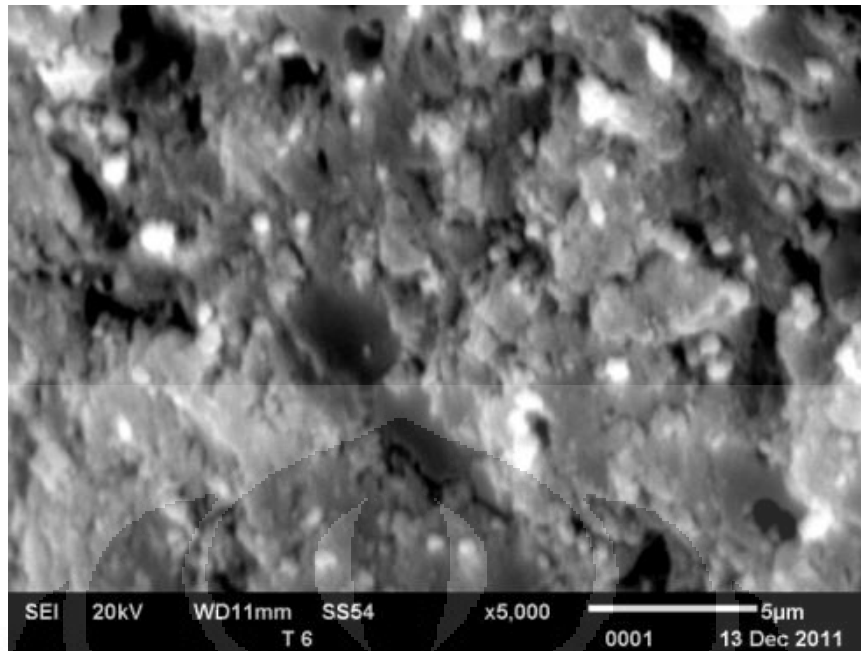
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Luas Permukaan dengan Variasi Kecepatan Putaran *Autoclave*



Gambar 4.7 Hasil SEM Test C



Gambar 4.8 Hasil SEM Test E



Gambar 4.9 Hasil SEM Test F

Grafik diatas menunjukkan pengaruh kecepatan putaran *autoclave* terhadap luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Percobaan dilakukan pada suhu 850°C dengan kecepatan aliran gas N_2 sebesar $400\text{ml}/\text{min}$ dan waktu aktivasi 6 jam. Dari grafik diatas terlihat bahwa luas permukaan yang terbaik didapatkan pada kecepatan putaran 15 rpm yaitu sebesar $1040,98\text{ m}^2/\text{g}$.

Pada grafik terlihat dengan meningkatnya kecepatan putaran autoclave maka luas permukaan yang dihasilkan semakin meningkat sehingga masih mungkin didapat hasil yang lebih baik apabila kecepatan putaran ditingkatkan. Dengan meningkatnya kecepatan putaran maka distribusi gas akan lebih merata karena batubara yang terdapat di dalam autoclave akan teraduk maka tumbukan gas CO_2 dengan batubara akan lebih tinggi frekuensinya sehingga akan didapatkan distribusi pori yang lebih baik.

Dari hasil SEM dapat terlihat bahwa test F memiliki struktur pori yang lebih buruk dibanding test C dan test E pada perbesaran 5000 kali. Namun Test E memiliki struktur pori yang paling baik dibanding lainnya, terbukti dari hasil uji BET test E memiliki luas yang paling besar. Hasil

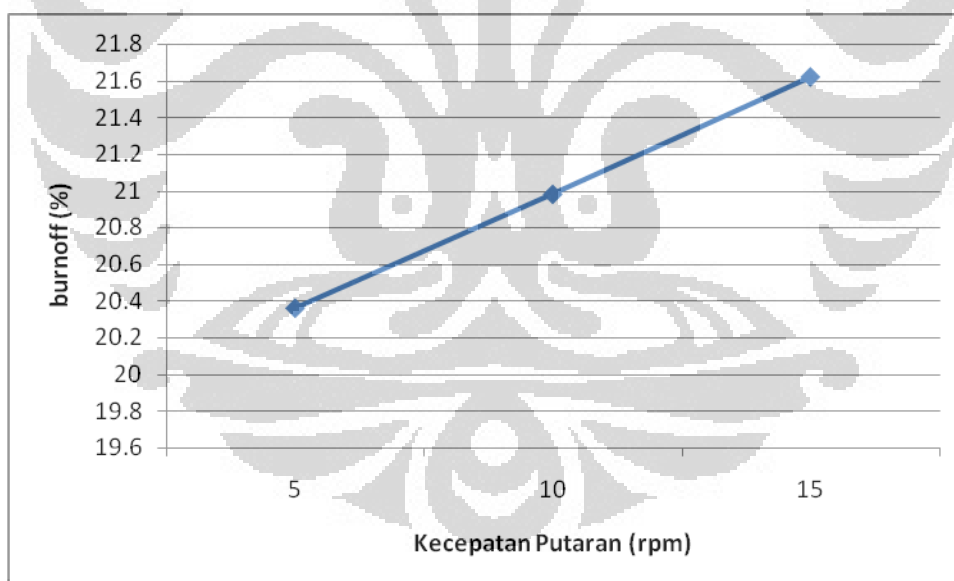
SEM sebetulnya sangat tergantung kepada *spot* yang diambil oleh operator SEM sehingga hasil SEM lebih cocok digunakan sebagai gambaran dan karakteristik pori, bukan untuk parameter kualitas suatu karbon aktif

4.3.3 Pengaruh Kecepatan Putaran *Autoclave* Terhadap Burnoff Karbonisasi.

Hasil dari burnoff batubara dapat dilihat dari tabel dibawah ini

Tabel 4.5 *Burnoff* hasil karbonisasi dengan variasi kecepatan putaran autoclave

No	Massa (g)	T Carb (h)	t Carb (h)	Flow N ₂ (ml/min)	rpm	Burnoff (%)
Test A	50	300	1	1000	5	20,36
Test B	50	300	1	1000	10	20,97
Test C	50	300	1	1000	15	21,61



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Burnoff Karbonisasi dengan Variasi Kecepatan Putaran Autoclave

Grafik diatas menunjukkan pengaruh kecepatan putaran *autoclave* terhadap burnoff saat karbonisasi. Dari grafik terlihat bahwa semakin cepat putaran autoclave burnoff yang dihasilkan juga semakin besar.

Burnoff terbesar didapat pada saat kecepatan putaran 15 rpm yaitu sebesar 21,61%.

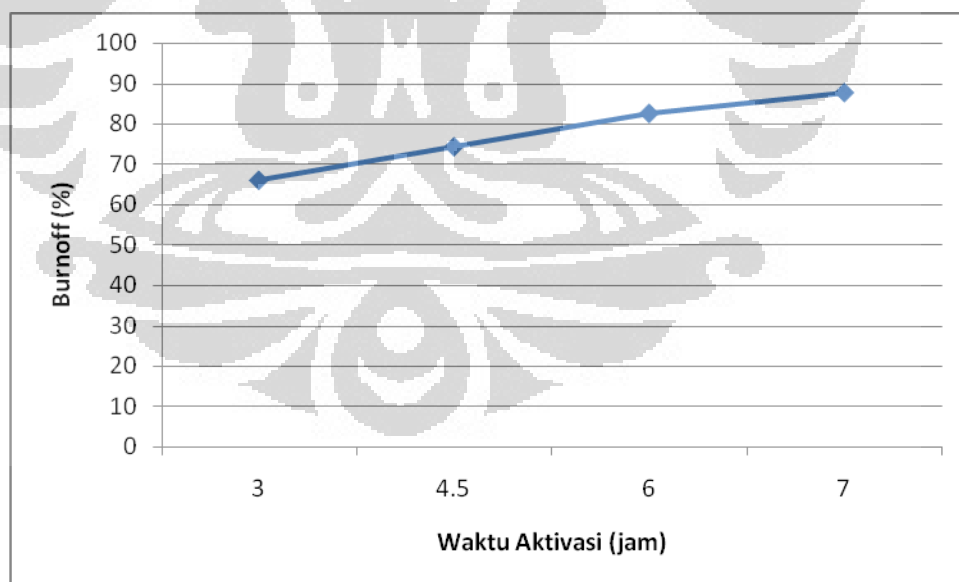
Dengan semakin cepatnya putaran autoclave maka distribusi panas akan semakin baik karena teraduknya batubara di dalam *autoclave*. Burnoff masih dapat meningkat lagi apabila kecepatan putaran ditingkatkan.

4.3.4 Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Burnoff Pada Saat Aktivasi.

Hasil dari burnoff batubara dapat dilihat dari tabel dibawah ini

Tabel 4.6 *Burnoff* hasil aktivasi fisika dengan variasi waktu aktivasi

No	Massa (g)	T Carb (h)	t Act (h)	Flow CO ₂ (ml/min)	rpm	Bumoff (%)
Test B	50	850	3	400	10	65,93
Test A	50	850	4.5	400	10	74,26
Test C	50	850	6	400	10	82,55
Test D	50	850	7	400	10	87,69



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Burnoff Aktivasi Fisika dengan Variasi Waktu Aktivasi

Grafik diatas menunjukkan pengaruh waktu aktivasi terhadap burnoff pada saat proses aktivasi. Dari grafik terlihat bahwa semakin lama waktu aktivasi maka persentase burnoff yang dihasilkan juga akan semakin besar namun apabila waktu aktivasi terlalu lama maka produk yang dihasilkan akan menjadi abu dan kualitasnya buruk. Burnoff terbesar didapat pada saat waktu aktivasi 7 jam yaitu sebesar 87,69 %.

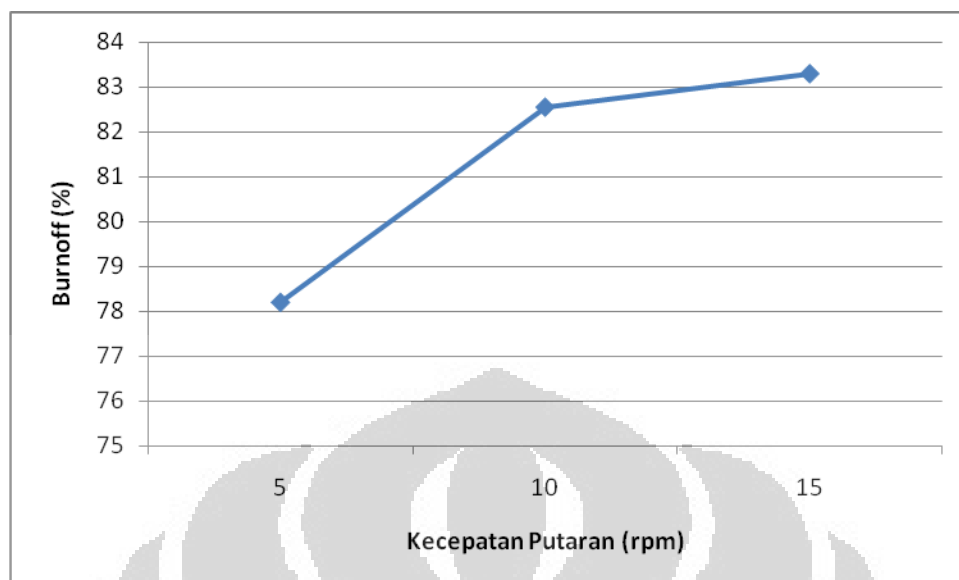
Dengan semakin lamanya waktu aktivasi maka volatile matter dan kandungan lainnya dalam batubara akan menguap, namun apabila terlalu lama aktivasinya struktur atom karbon juga akan rusak karena kecilnya ukuran partikel batubara yang diaktivasi sehingga lebih mudah terbakar hingga menjadi abu.

4.3.5 Pengaruh Kecepatan Putaran *Autoclave* Terhadap Burnoff Aktivasi

Hasil dari burnoff batubara dapat dilihat dari tabel dibawah ini

Tabel 4.7 *Burnoff* hasil aktivasi fisika dengan variasi kecepatan putaran autoclave

No	Massa (g)	T Carb (h)	t Act (h)	Flow CO ₂ (ml/min)	rpm	Burnoff (%)
Test F	50	850	6	400	5	78,19
Test C	50	850	6	400	10	82,55
Test E	50	850	6	400	15	83,29



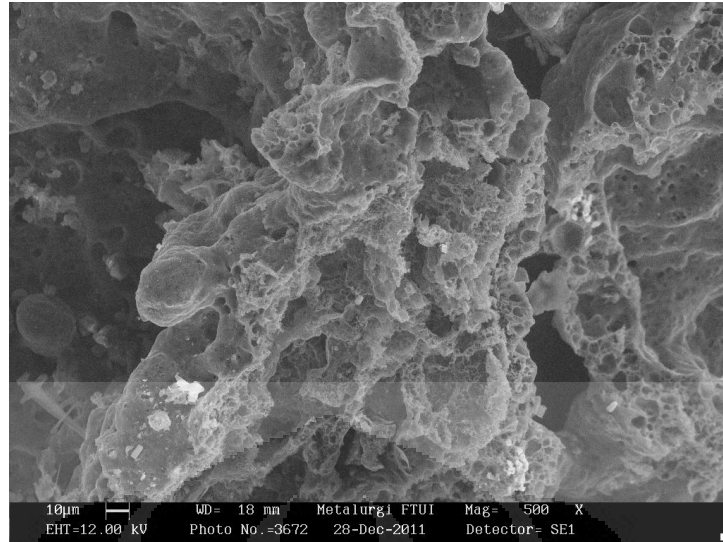
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Burnoff Aktivasi Fisika dengan Variasi Kecepatan Putaran Autoclave

Grafik diatas menunjukkan pengaruh kecepatan putaran *autoclave* terhadap burnoff pada saat proses aktivasi. Dari grafik terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan putaran *autoclave* maka semakin tinggi burnoff yang dihasilkan. Apabila kecepatan putaran dinaikkan lagi tidak tertutup kemungkinan burnoff yang dihasilkan akan semakin tinggi.

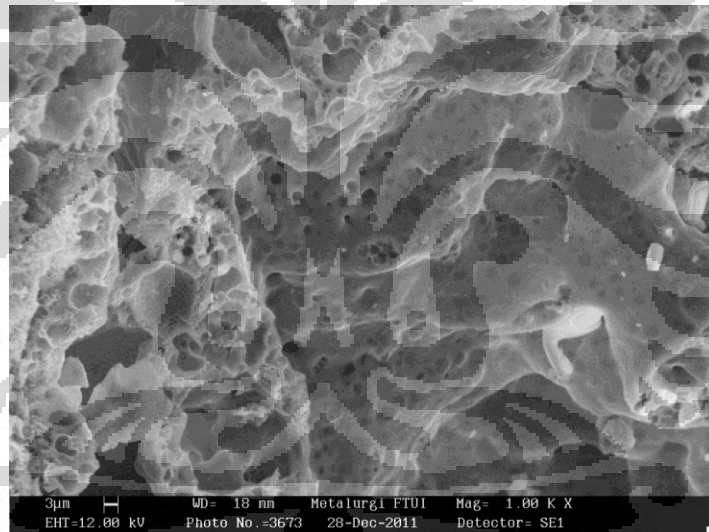
Dengan meningkatnya kecepatan putaran maka batubara di dalam autoclave akan teraduk sehingga akan dihasilkan distribusi panas yang lebih baik pada saat proses pembakaran. Akibatnya maka pembakaran batubara akan semakin baik sehingga persentase burnoffnya meningkat

4.4. Analisa Data Aktivasi Kimia

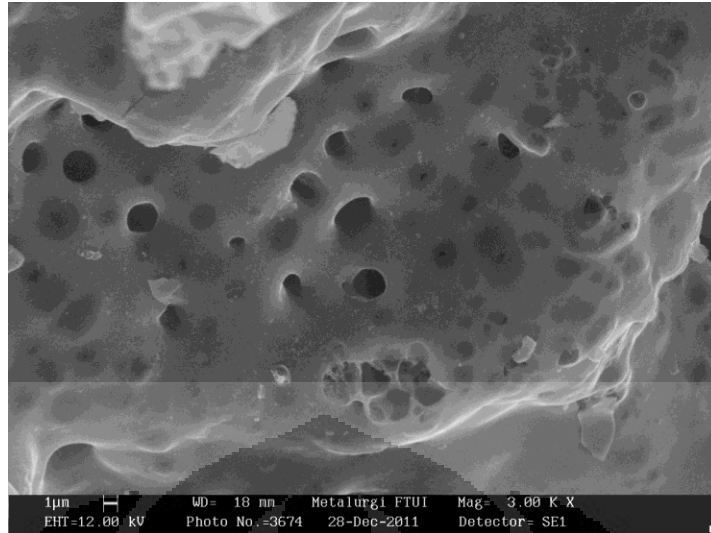
Data aktivasi kimia yang didapat berupa hasil Scanning Electron Microscope (SEM) dengan perbesaran 500, 1000, dan 3000 kali.



Gambar 4.13 Hasil SEM Aktivasi Kimia dengan Perbesaran 500x



Gambar 4.14 Hasil SEM Aktivasi Kimia dengan Perbesaran 1000x



Gambar 4.15 Hasil SEM Aktivasi Kimia dengan Perbesaran 3000x

Sekilas dari hasil SEM terlihat bahwa karbon aktif yang dihasilkan memiliki pori yang sangat banyak. Pembuatan karbon aktif dengan aktivasi kimia memang seharusnya menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan lebih besar. Untuk lebih jelasnya perlu dilakukan uji luas permukaan dengan metode BET agar didapat data luas permukaan sehingga dapat diketahui kualitas karbon aktif yang dihasilkan.

BAB 5

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Semakin lama waktu aktivasi maka luas permukaan meningkat, namun pada suatu titik struktur pori akan mulai rusak sehingga bila waktu aktivasi yang dilakukan terlalu lama luas permukaannya akan menurun. Pada percobaan yang dilakukan waktu 6 jam (luas $1022.48\text{m}^2/\text{g}$) adalah waktu optimum karena bila ditingkatkan menjadi 7 jam luas permukaan yang dihasilkan turun ($878.28\text{m}^2/\text{g}$).
2. Semakin cepat putaran *autoclave* saat aktivasi maka luas permukaan yang dihasilkan semakin tinggi.
3. Semakin cepat putaran *autoclave* saat karbonisasi maka burnoff yang dihasilkan semakin tinggi walaupun tidak terlalu signifikan perbedaannya.
4. Semakin lama waktu aktivasi yang dilakukan maka *burnoff* yang dihasilkan semakin tinggi.
5. Semakin cepat putaran *autoclave* saat aktivasi maka burnoff yang dihasilkan semakin tinggi.
6. Secara visual dari hasil SEM, karbon aktif dengan aktivasi kimia memiliki struktur pori yang lebih banyak dan lebih kompleks

DAFTAR REFERENSI

1. Marsh, H. & Rodriguez-Reinoso, F. 2006, *Activated Carbon*, Elsevier Ltd, Oxford UK.
2. Teng, Hsisheng, Jui-An Ho, Yung-Fu Hsu, and Chien-To Hsieh, 1996, *Preparation of Activated Carbons from Bituminous Coals with CO₂ Activation. 1. Effects of Oxygen Content in Raw Coals*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35 (11), 4043 -4049, American Chemical Society
3. Manocha, Satish. M, 2003, *Porous Carbons*, *Sadhana* volume 28 part 1&2 pp 335-348, India.
4. Yang, Ralph. T, 2003, *Adsorbents: Fundamentals and Applications*, John wiley and Sons Inc, New Jersey.
5. Li Zhou, Yaping Zhou. *Linearization of adsorption isotherms for high-pressure applications*. *Chemical Engineering Science*, 53(14), 2531-2536 (1998)
6. Supramono Dijan, Sudibandriyo Mahmud, *Pembuatan Karbon Aktif Super untuk Penyimpanan Gas Hidrogen dan Metana*, 2009
7. Hsisheng Teng, Hsu Li-Yeh. *High-Porosity Carbons Prepared from Bituminous Coal with Potassium Hydroxide Activation*. *Ind. Eng. Chem. Res* 38, 2947-2953 (1999)
8. Arfan, Y. (2007)., *Skripsi, Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol serta Uji Kinerjanya*, Depok, Departemen Teknik Kimia FTUI.
9. Pengkajian Energi Universitas Indonesia, "Kajian Kebijakan Energi Mix di Indonesia", Depok, (2003)
10. <http://www.whiteenergyco.com/projects/indonesia/>. (diakses 23 Desember 2011)
11. <http://www.worldcoal.org/resources/coal-statistics/> (diakses pada 23 Desember 2011)
12. <http://insidewinme.blogspot.com/2007/12/penggunaan-batu-bara.html> (diakses pada 23 Desember 2011)

