



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH LAJU PUTARAN AUTOCLAVE DALAM
PROSES KARBONISASI DAN AKTIVASI PADA PROSES
PEMBUATAN KARBON AKTIF BERBAHAN DASAR
BATUBARA**

SKRIPSI

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

**CHARLES HUTABARAT
0906604691**

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

**PENGARUH LAJU PUTARAN AUTOCLAVE PADA PROSES
KARBONISASI DAN AKTIVASI PADA PROSES PEMBUATAN
KARBON AKTIF BERBAHAN DASAR BATUBARA**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir 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. Penulisan tugas akhir ini dibuat bersama **Denni Mulia Noventianus** dengan judul tugas akhir ”

**PENGARUH LAJU PUTARAN AUTOCLAVE PADA PROSES
KARBONISASI DAN AKTIVASI PADA PROSES PEMBUATAN
KARBON AKTIF BERBAHAN DASAR BATUBARA**

” sehingga tidak terdapat kata-kata atau kalimat yang sama pada judul skripsi.

Nama : Charles Hutabarat

NPM : 0906604691

Tanda Tangan : 

Tanggal : 25 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Charles Hutabarat
NPM : 0906604691
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Laju Putaran Dalam Proses Karbonisasi dan Aktivasi Pada Pembuatan Karbon aktif Berbahan Dasar Batubara

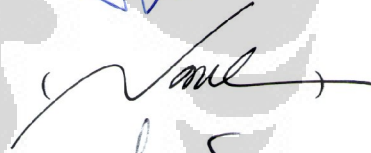
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.Ir.M.Idrus Alhamid

()

Pembimbing II : Dr.Ing.Ir.Nasruddin M.Eng

()

Penguji : Ir.Mahmud Sudibandriyo,Ph.D,MSc

()

Penguji : Dr.Ir.Awaluddin Martin,MT

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 25 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan hidayah yang diberikan kepada saya, sehingga skripsi ini dapat saya selesaikan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Selama pembuatan Skripsi ini hingga selesai, tidak sedikit kesulitan dan kendala yang penyusun hadapi, hal ini disebabkan keterbatasan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki oleh penyusun sendiri. Sungguhpun demikian penyusun telah berupaya untuk menghasilkan Skripsi ini sebaik mungkin, Oleh karena itu penyusun berharap agar Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri, maupun kepada orang lain.

Skripsi ini berjudul “Pengaruh Laju putaran dalam proses karbonisasi dan Aktivasi pada proses pembuatan Karbon aktif berbahan dasar Batubara”. Ini merupakan wujud Apresiasi dalam menerapkan ilmu pengetahuan yang telah saya dapatkan selama mengikuti perkuliahan di Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak baik bantuan moril maupun materil.

Untuk itu melalui kesempatan ini perkenankanlah saya mengucapkan terimakasih kepada:

- 1) Dr.Ir.M.Idrus Alhamid, selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- 2) Dr. Ing. Ir. Nasruddin M.Eng, selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- 3) Ir. Mahmud Sudibandriyo, M.Sc, PhD dan Dr.Ir.Awaluddin Martin,MT selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritikan untuk penyusunan skripsi ini.
- 4) Senoadi ST. MT. selaku mahasiswa S3 Teknik Mesin yang telah banyak memberikan masukan dan membantu saya dalam memperoleh data;

- 5) Yang tercinta dan terkasih kedua orang tua, Sejak ananda dilahirkan tak henti-hentinya memberikan yang terbaik kepada ananda walau dalam keadaan apapun. Ananda rasa, bagaimanapun caranya, ananda tidak mampu membalas semua kebaikan yang telah papa(Alm) dan Mama berikan. Senyuman papa dan Mama selalu menjadi motivasi terkuat ananda berjuang di sini. Ayah semoga engkau bahagia disana melihat anakmu ini. Mama terimakasih Trus memperjuangkan kami anak-anakmu. Mauliate ma inong di sude Tangiangmi.
- 6) Abang-abangku David Hutabarat, SE, Rudy Hutabarat dan Adikku Agus Hutabarat, tante Lisbet Marpaung. Terimakasih banyak segala Doa dan dukungan kalian telah menjadi penyemangat dan sumber inspirasi disaat Saya keletihan menyelesaikan skripsi ini. Besar harapan dapat memberikan yang terbaik buat keluarga kita.
- 7) Tulang (Paman) Drs. Warlen E Napitupulu, SH dan Nantulang Dra. Yohana Ginting, SH, Terimakasih tulang dan nantulang segala dukungan kalian untukku yang selalu memberikan perhatian, dorongan, dan semangat dan bantuannya serta doa dalam menyelesaikan skripsi ini.
- 8) Bapakua T. Manurung dan Inangtua D. Napitupulu, Terimakasih Bapakua dan Inangtua segala dukungan kalian untukku yang selalu memberikan perhatian, dorongan, dan semangat dan bantuannya serta doa dalam menyelesaikan skripsi ini.
- 9) Saudaraku Warhan W Napitupulu, Amd. Im, SH dan Marissa Siagian, SE, drg. Lenalia Napitupulu dan dr. Thomas Purba, Wilson W Napitupulu, ST, Joice manurung, Helen Manurung dan Erwin Tampubolon, ST, Rini Manurung, SE dan Frans Siregar, SE, Maurich manurung, bereku Grace Tampubolon, Marcello Siregar, terimakasih buat kalian yang selalu memberi dukungan dan doa untukku dalam penyelesaian skripsi ini.
- 10) Teman – teman dari Lab Pendingin: Pak Darwin, Pak Yulianto, Pak Supri, Pak Ali, Pak Marulih, Julian, Juniver, Dimas, Iswanto, Arnas, Denni Mulia, Deny, Fitriah, Hamdani, Ricky, Lucky dan yang blom saya sebutkan satu per satu terima kasih atas bantuan kerjasamanya dan banyak memberikan masukan satu sama lain;

- 11) Teman-teman kuliah dan seangkatan yang tidak bias saya sebutkan satu persatu, Terimakasih atas dukungan dan Doanya
- 12) Teman-teman NSS: fikry, febrianto, nico, prasetio, peres, kazi, budi, kris, adiwirabrata, maulana, baskoro, pandi. Terimakasih atas dukungan dan Doanya
- 13) Prof. Dr. Usman SF Tambunan, Terimakasih tulang atas dukungan dan doanya dalam menyelesaikan skripsi ini
- 14) Dan seluruh pihak yang terkait sehingga membantu kelancaran dalam penyelesaian skripsi dalam pengambilan data dan hal lainnya;

Saya menyadari bahwa “Tak ada gading yang tak retak” dan tidak ada yang sempurna dalam hidup ini serta Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik isi maupun dalam hal penyajian karena keterbatasan yang dimiliki penyusun. Oleh sebab itu penyusun mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi kesempurnaan Skripsi ini.

Akhir kata saya ucapkan banyak terimakasih semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

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 : Charles hutabarat
NPM : 0906604691
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 LAJU PUTARAN AUTOCLAVE PADA PROSES KARBONISASI DAN AKTIVASI PADA PROSES PEMBUATAN KARBON AKTIF BERBAHAN DASAR BATUBARA

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 memublikasikan 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 2011

Yang menyatakan



(Charles Hutabarat)

ABSTRAK

Nama : Charles Hutabarat
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : **Pengaruh Laju Putaran Autoclave pada Proses Karbonisasi dan Aktivasi Pada Proses Pembuatan Karbon aktif Berbahan Dasar Batubara.**

Skripsi ini dilakukan eksperimen di laboratorium teknik mesin universitas Indonesia. Dimana membahas tentang proses pembuatan *Karbon aktif* dari batubara Indonesia yaitu Kalimantan Selatan. *Karbon aktif* adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan melakukan proses oksidasi dan aktivasi. Penelitian ini adalah kelanjutan dari penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas *Karbon aktif* dengan proses karbonisasi mengalirkan gas nitrogen (N_2) sebagai gas inert konstan 1000 ml/menit dengan temperatur $300^\circ C$. Sedangkan proses aktivasi mengalirkan gas karbondioksida (CO_2) sebagai activating agent konstan sebesar 400 ml/menit dengan metode aktivasi fisika pada temperatur $850^\circ C$. Pembuatan *Karbon aktif* ini menggunakan autoclave sistem rotary dengan *putaran* 9 rpm dan 20 rpm serta menggunakan vacuum atau zet untuk mempercepat membersihkan autoclave dan menghilangkan bau pada saat proses. Pada penelitian ini selain melihat perubahan *burn off* dari variasi laju *putaran* autoclave yang berbeda juga mengetahui iodine number. Dari perubahan *putaran* autoclave tersebut hasilnya didapat nilai *burn off* 64% pada *putaran* 9 rpm dan nilai *iodine number* (*Daya serap*) 228.7805 mg/gr pada *putaran* 20 rpm dengan bahan batubara Kalimantan Selatan pada autoclave horizontal dengan sistem berputar.

Kata kunci :
Karbon aktif, putaran, burn off

ABSTRACT

Name : Charles Hutabarat
Study Program : Mechanical Engineering
Title : Influence of Autoclave Rotation Rate in Carbonization and Activation Process In Coal Base Activated Carbon Made.

This final project experiment is carried out in the laboratory of mechanical engineering University of Indonesia. Which carried out about the process of making *activated carbon* from Indonesian coal from South Kalimantan Indonesia. *Activated carbon* is a carbon compound that has been enhanced by the adsorption and activation of oxidation process. This study is continuation of previous research that aims to improve the quality of *activated carbon* with carbonization process flow of nitrogen gas (N₂) as an inert gas constant using 1000 ml/min with a temperature of 300 °C. However the gas stream activation process of carbon dioxide (CO₂) as the activating agent constant of 400 ml/min the method of activation temperature physics at 850°C. Manufacture process of *activated carbon* used a auto rotary clave system with *round* 9 rpm and 20 rpm and using a vacuum or auto clave to accelerate cleaning and deodorizing at the time of the process. In this study in addition to seeing changes in the rate of *burn-off* of the variation of different autoclave cycle also find *iodine number*. From the *autoclave* rotation changes the value obtained resulted 64% burn-off on *round* 9 rpm and the *iodine number* (absorption) 228.7805 mg/gr on *round* 20 rpm with South Kalimantan coal material in a horizontal autoclave with a rotating system.

Key word :
Activated carbon, round, burn off

DAFTAR ISI

<u>HALAMAN JUDUL</u>	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
<u>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</u>	vii
<u>ABSTRAK</u>	viii
<u>ABSTRACT</u>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
<u>BAB 1 PENDAHULUAN</u>	1
1.1. <u>Latar Belakang</u>	1
1.2. <u>Perumusan Masalah</u>	7
1.3. <u>Tujuan Penelitian</u>	7
1.4. <u>Batasan Masalah</u>	8
1.5. <u>Sistematika Penulisan</u>	8
<u>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</u>	10
2.1 <u>Batubara</u>	10
2.1.1 <u>Klasifikasi Batubara</u>	11
2.1.2. <u>Analisis Batubara</u>	13
2.2. <u>Karbon aktif</u>	14
2.2.1. <u>Bahan Dasar</u>	15
2.2.2 <u>Proses Pembuatan Karbon aktif</u>	16
2.2.3. <u>Karakteristik Karbon aktif</u>	18
2.2.4. <u>Klasifikasi Karbon aktif</u>	18
2.2.5. <u>Struktur Pori</u>	20
2.2.6. <u>Standart Pengujian Untuk Karbon aktif</u>	21
2.3. <u>Luas Permukaan (Surface Area)</u>	21
2.4. <u>karbon aktif dari batubara dengan aktivasi fisika</u>	22

<u>BAB III</u> METODE PENELITIAN	23
3.1. <u>DIAGRAM ALIR PENELITIAN</u>	23
3.2. <u>PROSEDUR PREPARASI</u>	25
3.2.1. <u>Persiapan Alat dan Bahan Dasar</u>	25
3.2.2. <u>Studi Literatur</u>	31
3.2.3 <u>Bahan Dasar</u>	31
3.3 <u>Prosedur Proses Pembuatan Karbon Aktif</u>	32
3.4. <u>Pengkodean Sampel</u>	36
3.5. <u>Pengolahan data</u>	36
<u>BAB IV</u> HASIL PENELITIAN DAN ANALISA	38
4.1. <u>Hasil Preparasi Karbon aktif</u>	38
4.1.1. <u>Persiapan Bahan Dasar</u>	38
4.1.2. <u>Proses Karbonisasi</u>	39
4.1.3 <u>Proses aktivasi</u>	39
4.2. <u>Data Hasil Penelitian</u>	39
4.2.1 <u>Burn off</u>	39
4.3. <u>Analisa Data</u>	40
4.3.1. <u>Pengaruh Laju Putaran Autoclave</u>	40
4.3.1.1. <u>Perbandingan Laju Putaran Autoclave</u>	40
4.3.1.2 <u>Perbandingan Laju Putaran pada Autoclave yaitu antanra 9 rpm</u> <u>dan 20 rpm</u>	42
4.3.2 <u>Analisa Burn Off Terhadap Putaran</u>	44
4.3.3 <u>Analisa Burn Off dan Iodine Number</u>	45
<u>BAB V</u> KESIMPULAN DAN SARAN	47
<u>DAFTAR REFRENSI</u>	49
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Peta persebaran cadangan dan sumber daya batubara di Indonesia</i>	3
Gambar 1.2	<i>Penggunaan Karbon aktif di Negara – Negara industri</i>	5
Gambar 2.1	<i>Skema Pembentukan Batubara</i>	13
Gambar 2.2	<i>Reaksi laju pemanasan batubara</i>	17
Gambar 2.3	<i>Karbon aktif bentuk bubuk</i>	19
Gambar 2.4	<i>Karbon aktif granular</i>	19
Gambar 2.5	<i>Extruded Activated Carbon</i>	20
Gambar 2.6	<i>Struktur pori dari Karbon aktif : (a) granular, (b) serat</i>	20
Gambar 2.7	<i>Burn off vs waktu pada jenis Karbon aktif dari batubara yang berbeda</i> ..	22
Gambar 3.1	<i>Diagram alir proses penelitian</i>	24
Gambar 3.2	<i>Funace (tampak depan)</i>	25
Gambar 3.3	<i>Funace (tampak Samping)</i>	25
Gambar 3.4	<i>Control Panel</i>	26
Gambar 3.5	<i>Autoclave dengan system rotary</i>	26
Gambar 3.6	<i>Timbangan</i>	27
Gambar 3.7	<i>Tabung Gas O₂ dan CO₂ Beserta Regulatornya</i>	28
Gambar 3.8	<i>Flowmeter</i>	28
Gambar 3.9	<i>Buble Soap</i>	29
Gambar 3.10	<i>Vacum</i>	30
Gambar 3.11	<i>Quick Coupling</i>	30
Gambar 3.12	<i>Motor Listrik</i>	31
Gambar 3.13	<i>Skema alat pembuatan Karbon aktif dengan inlet bottom</i>	31
Gambar 4.1	<i>Bahan Dasar</i>	38
Gambar 4.2	<i>Grafik burn off laju putaran 20 rpm</i>	41
Gambar 4.3	<i>Grafik burn off laju putaran 9 rpm</i>	42
Gambar 4.4	<i>Grafik perbandingan laju putaran</i>	43
Gambar 4.5	<i>Grafik hubungan burn off dan iodine number</i>	44
Gambar 4.6	<i>Grafik hubungan burn off terhadap iodine number</i>	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Kualitas Cadangan dan Sumber Daya Batubara Indonesia Tahun 2005.....	1
Tabel 1.2	10 Negara Dengan Produksi Batubara Terbesar diDunia Tahun 2008.....	4
Tabel 2.1	Komposisi dan Range Kandungan Batubara	12
Tabel 2.2	Nilai Kalori Batubara Berdasarkan Jenisnya	13
Tabel 2.3	Karakteristik Berbagai Macam Bahan Dasar Untuk Membuat Karbon aktif	15
Tabel 2.4	Diameter Jenis Pori Pada Adsorben	20
Tabel 3.1	Karakteristik analisis Proximate dan ultimate pada batubara Kalimantan Selatan	32
Tabel 4.1	<i>Burn off</i> batubara Kalimantan Selatan dengan laju Putaran 9 rpm	40
Tabel 4.2	<i>Burn off</i> batubara Kalimantan Selatan dengan laju Putaran 20 rpm	40
Tabel 4.3	<i>Burn off autoclave</i> pada laju Putaran 20 rpm	40
Tabel 4.4	<i>Burn off autoclave</i> pada laju Putaran 9 rpm	41
Tabel 4.5	<i>Burn off proses pembuatan karbon aktif dengan system autoclave berputar</i>	43
Tabel 4.6	<i>Iodine number</i> dengan dengan laju putaran 9 rpm dan 20 rpm....	44
Tabel 4.7	<i>Iodine number dengan autoclave berputar</i>	45

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang kaya akan sumber daya alam. 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)

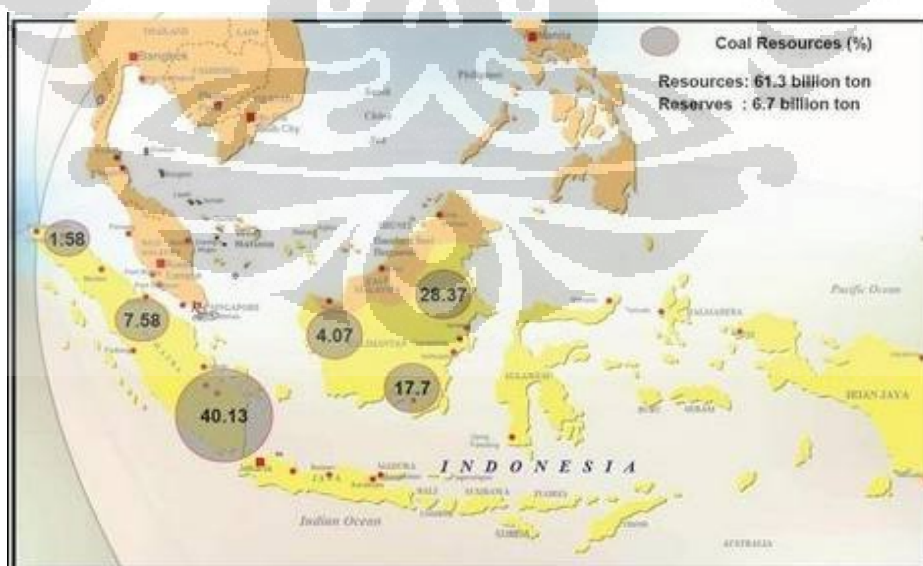
No	Provinsi	Kualitas		Sumberdaya (Juta Ton)				Cadangan (Juta Ton)
		kelas	kriteria (Kal/gr, adb)	Tereka	Tertunjuk	Terukur	Jumlah	
1	BANTEN	Kalori Sedang	5100-6400	2,78	0,00	0,00	10,34	0,00
		Kalori Tinggi	6100-7100	2,97	0,00	0,00	2,97	0,00
				5,75	0,00	0,00	13,31	0,00
2	JAWA TENGAH	Kalori Rendah	<5100	0,82	0,00	0,00	0,82	0,00
				0,82	0,00	0,00	0,82	0,00
3	JAWA TIMUR	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/gr, 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	Kalori 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	SULAWASI TENGAH	Kalori Rendah	<5100	1,98	0,00	0,00	1,98	0,00
				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 :www.binnacle.co.id, diakses 22 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 padatahun 2008

(sumber :[http://www.worldcoal.org/coal table of coal procuction.htm](http://www.worldcoal.org/coal%20table%20of%20coal%20procuction.htm) diakses pada 22 Desember 2011

Top Ten Hard Coal Producers (2010e)			
PR China	3162Mt	Russia	248Mt
USA	932Mt	Indonesia	173Mt
India	538Mt	Kazakhstan	105Mt
Australia	353Mt	Poland	77Mt
South Africa	255Mt	Colombia	74Mt

Source: International Energy Agency 2011

Mt diatas adalah kependekan dari Megaton atau juta kilogram.Dari data diatas kita bisa melihat Indonesia menempati urutan ke-tujuh yaitu sebesar 173Mt atau 173 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://insidewinme.blogspot.com/2007/12/penggunaan-batu-bara.html>)

diakses pada 22 Desember 2011 :

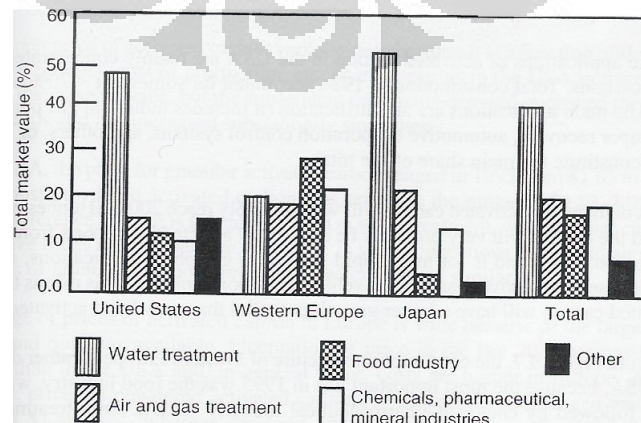
- Karbon aktif , yang menggunakan pada saringan air bersih dan pembersih udara.
- Serat karbon, bahan penguat yang sangat kuat namun ringan yang digunakan pada konstruksi pada sepeda gunung dan raket tenis.

- Metal silikon, yang digunakan untuk memproduksi silikon dan silan, yang berfungsi untuk membuat pelumas, bahan kedap air, resin, kosmetik, shampo, dan pasta gigi.

Dari aplikasi tersebut ternyata batubara bisa dimanfaatkan untuk hal yang bersifat ekonomis namun penting manfaatnya dalam kehidupan. Salah satunya adalah penggunaannya sebagai bahan dasar dari pembuatan Karbon aktif. Karbon aktif didefinisikan sebagai senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan melakukan proses karbonisasi dan aktivasi. Selain dari batubara Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai macam bahan, selama bahan itu mengandung karbon seperti tempurung kelapa, kayu, ampas kopi, sekam padi, tulang binatang, jagung, dll. Tetapi bahan dasar yang saat ini 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.



Gambar 1.2. Penggunaan Karbon aktif di Negara – Negara industri

Pada prinsipnya pembuatan Karbon aktif terdiri atas tiga proses yaitu pemilihan bahan dasar, karbonisasi, dan aktivasi (Yang R.T. 2003). Kualitas Karbon aktif itu sendiri dipengaruhi dari perlakuan-perlakuan pada saat proses pembuatannya

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 di atas dapat dilihat bahwa potensi ketersediaan batubara yang sangat besar di Indonesia bisa dimanfaatkan untuk bahan dasar Karbon aktif. Sampai saat ini batubara di Indonesia hanya digunakan sebagai bahan bakar. Sedangkan penggunaan batubara sebagai bahan bakar memiliki nilai ekonomi yang relatif lebih rendah dibanding dengan penggunaan batubara sebagai bahan dasar pembuatan Karbon aktif. 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.

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.

Karena banyak dan terbarnya serta beragam jenis batubara yang berada di Indonesia, untuk itu penelitian dengan menggunakan batubara asal sendiri yaitu dari salah satu daerah penghasil batubara terbesar di Indonesia dan menggunakan proses aktivasi fisika didalamnya perlu dilakukan. Sudah saatnya bangsa Indonesia memproduksi batubara sendiri dengan hasil dan kualitas yang terbaik.

1.2 Perumusan Masalah

Melihat banyaknya aplikasi dari Karbon aktif dan negara-negara yang menggunakannya dan memproduksinya. Namun di Indonesia Karbon aktif belum banyak digunakan dan belum banyak industri di Indonesia yang memproduksi Karbon aktif sementara bahan baku yang tersedia seperti batu bara cukup banyak tersedia di Indonesia.

Karena kedepannya kebutuhan akan Karbon aktif akan meningkat, dan juga untuk meningkatkan nilai ekonomi dari batubara Indonesia. Maka dapat dilakukan pemanfaatan batubara sebagai bahan dasar dalam pembuatan Karbon aktif. Beberapa parameter diperoleh dari analisis laboratorium untuk mengetahui kualitas Karbon aktif, dengan hasil kualitas Karbon aktif yang baik maka akan meningkatkan nilai ekonomi batubara Indonesia.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian tentang Karbon aktif dengan bahan dasar batubara ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Memproduksi Karbon aktif dari batubara Indonesia yaitu dari Kalimantan selatan
2. Melihat pengaruh putaran pada pembuatan Karbon aktif.
3. Memperoleh data *burn off* dan *iodine number* sebagai parameter kualitas Karbon aktif dengan melakukan beberapa variasi pada proses oksidasi dan aktivasi.
4. Menghasilkan Karbon aktif dengan *iodine number* yang 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 tambang Kalimantan Selatan
2. Produksi Karbon aktif :
 - Karbon aktif dibuat dalam bentuk granul dengan ukuran mesh 0,80 x 1,2 mm.
 - Proses karbonisasi yang dilakukan adalah pada temperatur 300°C dengan waktu 1 jam dan aliran gas Nitrogen(N₂) 1000 ml/menit .
 - Aktivasi dilakukan secara fisika pada temperatur 850°C dengan lama waktu 6 jam dan aliran gas karbondioksida (CO₂) sebagai *aktivating agent* 400 ml/menit.
 - Proses pembuatan menggunakan *Autoclave* berputar, jadi bagaimana pengaruh putaran terhadap proses,

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

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

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada 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 batuan sedimentari berwarna hitam, atau hitam kecoklat-coklatan yang mudah terbakar, batuan organik dengan komposisi utamanya adalah karbon, hidrogen, dan oksigen. batubara juga salah satu jenis bahan bakar fosil. 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. (The International Hand Book of Coal Petrography (1963).

Batubara terbentuk dari tumbuhan yang telah terkonsolidasi antara strata batuan lainnya dan diubah oleh kombinasi pengaruh tekanan dan panas selama jutaan tahun sehingga membentuk lapisan batubara.

Batubara memiliki unsur karbon sehingga dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan Karbon aktif. Komposisi batubara terdiri dari unsur kimia C (Karbon), H (Hidrogen), O (Oksigen), N(Nitrogen), S (Sulfur), P (Phosphor), dan unsur-unsur fisik batubara termasuk nilai kalor, kadar air (*moisture content*), bahan mudah menguap (*volatile matter*) dan abu (*ash content*). Secara horizontal maupun vertikal endapan batubara bersifat heterogen (ganesha batubara).

Perbedaan secara horizontal disebabkan oleh:

- Perbedaan kondisi lapisan tanah penutup
- Mineral pengotor yang dibawa oleh sedimen rawa

Perbedaan vertical terjadi karena :

- Pengendapan berkali-kali, endapan yang paling bawah yang paling tua dengan kualitas terbaik

- Teori berdasarkan tempat terbentuknya

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’

Klasifikasi batubara berdasarkan tingkat pembatubaraan biasanya dimaksudkan untuk menentukan tujuan pemanfaatannya. Misalnya, batubara bituminus banyak digunakan untuk bahan bakar pembangkit Listrik, pada industry baja atau genteng serta industry semen (batubara termal atau steam coal). Adapun batu bara antrasit digunakan untuk proses sintering bijih mineral, proses pembuatan elektroda listrik, pembakaran batu gamping, dan untuk pembuatan briket tanpa asap (Raharjo, 2006b).

Berdasarkan bentuk dan kandungannya batubara dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu : (Kumar et al, 2004)

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 methana 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 (CH₄), 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*) : kotoran yang tidak akan terbakar.
- Kadar air (*moisture content*): kandungan air yang terdapat pada batubara

2.2 Karbon aktif

Karbon aktif adalah bentuk dari carbon yang telah diproses dimana struktur atomnya adalah stuktur karbon amorf.karbon yang telah diproses memiliki pori-pori yang sangat banyak dan memiliki luas permukaan yang sangat luas yang digunakan untuk adsoprsi dan reaksi kimia. Dan biasanya terbuat dari batubara(<http://www.activated-carbon.com>) diakses 22 desember 2011.

Karbon aktif sangat berguna untuk berbagai macam aplikasi. Sebagai contoh pemurnian gas, pemurnian air, extrasi logam, pemulihan emas, pengobatan, sebagai saringan udara pada masker udara, perawatan saluran pembuangan dan sebagai filter pada udara bertekanan. Sebagai tambahan, Karbon aktif juga dapat berguna sebagai deodor dari tempat tertutup seperti kulkas dan gudang, adsorbsi dari *ethylene* untuk mencegah pembusukan dari buah dan sayuran, dan pelunturan dari gula, madu dan sirup. (http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Activated_carbon) diakses 22 Desember 2011

Karbon aktif dapat diproduksi dari sumber material yang mengandung karbon seperti kayu, batok kelapa, ampas kopi, batubara dan lainnya. Proses produksi Karbon aktif secara umum meliputi persiapan bahan dasar, oksidasi, karbonisasi atau aktivasi

2.2.1 Bahan Dasar

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan Karbon aktif sangat bervariasi. Umumnya bahan dasar Karbon aktif diperoleh dari bahan alami yang mengandung karbon seperti kayu, tempurung kelapa, batubara dan lain-lain. Bahan alami tersebut dipreparasi dengan cara oksidasi dan karbonisasi sehingga menghasilkan Karbon aktif dengan berbagai bentuk dan ukuran. Perbandingan berbagai macam bahan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3. 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)

<i>Raw Material</i>	<i>Carbon (%)</i>	<i>Volatile (%)</i>	<i>Density (kg/m³)</i>	<i>Ash (%)</i>	<i>Tekstur dari Karbon aktif</i>	<i>Aplikasi Karbon aktif</i>
<i>Softwood</i>	40–45	55–60	0.4–0.5	0.3–1.1	<i>Soft, large pore volume</i>	<i>Aq. phase adsorption</i>
<i>Hardwood</i>	40–42	55–60	0.55–0.8	0.3–1.2	<i>Soft, large pore volume</i>	<i>Aq. phase adsorption</i>
<i>Lignin</i>	35–40	58–60	0.3–0.4	–	<i>Soft, large pore volume</i>	<i>Aq. phase Adsorption</i>
<i>Nut shells</i>	40–45	55–60	1.4	0.5–0.6	<i>Hard, large multi pore volume</i>	<i>Vapour phase adsorption</i>
<i>Lignite</i>	55–70	25–40	1.0–1.35	5–6	<i>Hard, small pore volume</i>	<i>Waste water treatment</i>
<i>Soft coal</i>	65–80	25–30	1.25–1.50	2.12	<i>Medium hard, medium micropore volume</i>	<i>Liquid & vapour phase adsorption</i>
<i>Petroleum</i>	70–85	15–20	1.35	0.5–0.7	<i>Medium hard, coke medium volume</i>	<i>Gas–vapour micropore adsorption</i>
<i>Semi hard</i>	70–75	1–15	1.45	5–15	<i>Hard large coal pore volume</i>	<i>Gas–vapour adsorption</i>
<i>Hard coal</i>	85–95	5–10	1.5–2.0	2.15	<i>Hard large volume</i>	<i>Gas–vapour adsorption</i>

2.2.2 Proses Pembuatan Karbon aktif

2.2.2.1 Karbonisasi dan Oksidasi

Material dengan kandungan karbon dipirolisis pada temperatur antara 600-900°C, dalam keadaan tidak ada udara (biasanya pada gas inert seperti argon atau nitrogen). Pirolisis adalah proses pembakaran yang tanpa melibatkan reaksi dari oksigen atau air. Pada proses pirolisis yang sangat ekstrem akan meninggalkan karbon sebagai residu, dan hal ini disebut karbonisasi. Walaupun begitu tetap timbul adanya uap panas atau superheat. Dalam dunia industri proses pirolisis berlangsung pada suhu diatas 430°C. (wikipedia.org)

Proses karbonisasi merupakan proses dimana komponen yang mudah menguap akan terlepas dari karbon dan karbon akan mulai membentuk pori-pori. Pada proses karbonisasi banyak elemen non karbon seperti oksigen hidrogen, dan nitrogen dihilangkan sebagai volatil gas dengan dekomposisi pirolitik pada material awal. (Bansal, R.C& Goyal,M,2005)

Oksidasi merupakan proses awal untuk membentuk Karbon aktif dengan menggunakan gas oksigen (O₂) sebagai oksidatornya. Kandungan oksigen dalam suatu batubara dapat memberi pengaruh yang signifikan dalam peningkatan luas permukaan. Karena meningkatkan suatu luas permukaan dapat dilakukan dari perbandingan O/C. Proses oksidasi bertujuan untuk meningkatkan perbandingan O/C yang ada dalam material. Tahapan oksidasi pada batubara dapat menunjukkan untuk mengurani kecairan dari batubara dan meningkatkan mikropori char. (Teng et al.,1996)

Temperatur yang dipakai pada saat oksidasi adalah 300°C karena temperatur tersebut dibawah temperatur dari pembakaran spontan dari batubara (*spontaneous combustion of coal*) kalori rendah atau subbituminus yaitu diatas 250°C (Iman, 2008).

Mekanisme Terjadinya pembakaran spontan pada batubara diawali dengan terjadinya oksidasi lambat antara batubara dengan oksigen sampai dengan suhu 50°C. Selanjutnya akan terjadi proses pelepasan uap air pada batubara yang akan terjadi pada suhu 50-80°C. Setelah suhu diatas 80°C laju oksidasi batubara mulai berubah dari kondisi konstan hingga meningkatkannya

gradien kurva temperatur vs waktu yang menunjukkan semakin cepetnya reaksi antara oksigen dengan karbon pada batubara. Peningkatan tersebut terus berlanjut hingga suhu 180°C kemudian reaksi berlanjut hingga pelepasan volatile matter dari batubara tersebut dan dapat terjadi yang disebut *take off* dimana batubara telah dapat menyala dengan sempurna dimana terjadi kenaikan temperatur yang sangat tinggi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.2 Reaksi Laju Pemanasan Batubara (Iman, 2008)

2.2.2.2 Aktivasi

Merupakan proses terjadinya pembentukan pori-pori yang masih tertutup dan peningkatan ukuran serta jumlah pori-pori kecil yang telah terbentuk. (Sontheimer 1985). Dari proses inilah kualitas dari Karbon aktif ditentukan seperti luas permukaan dan daya adsorbsinya.

Pada proses aktivasi dibagi menjadi dua tipe atau cara yaitu:

- Proses fisika (*Physical reactivation*): proses ini dikembangkan pada Karbon aktif menggunakan beberapa gas. Pada dasarnya persiapan untuk Karbon aktif dengan aktivasi fisika yaitu terdiri dari karbonisasi dari bahan dasar diikuti dengan gasifikasi yang menghasilkan bara (Teng et al,1996)
- Proses kimia (*Chemical activation*): impregnasi dengan bahan kimia seperti asam fosfat atau asam hidrida dasar seperti potasium, sodium hidroxid atau garam seperti seng khlorida, diikuti oleh karbonisasi pada suhu dikisaran 450-900°C. Hal ini diyakini bahwa karbonisasi/aktifasi merupakan proses secara bersamaan dengan aktivasi kimia. Teknik ini dapat juga bermasalah pada beberapa kasus, misalnya, endapan bekas seng tetap berada didalam produk akhir yaitu Karbon aktif. Namun bagaimanapun, aktivasi kimia lebih disukai dibandingkan aktivasi fisika karena suhu yang lebih rendah dan waktu yang diperlukan lebih singkat untuk mengaktifkan bahan.

2.2.3 Karakteristik Karbon aktif

Karbon aktif terdiri dari 87-97% karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lainnya yang terbentuk dari proses pembuatan. Volume pori-pori Karbon aktif biasanya lebih besar dari 0.2 cm³/gram. Sedangkan luas permukaan internal Karbon aktif yang telah diteliti umumnya lebih besar dari 400 m²/gr dan bahkan bisa mencapai diatas 1000 m²/gr (Sudibandriyo,2003).

2.2.4 Klasifikasi Karbon aktif

Karbon aktif merupakan hasil produk yang kompleks dimana sulit diklasifikasikan berdasarkan sifat. Karakteristik permukaan dan metode pembuatannya. Namun, Karbon aktif dapat diklasifikasikan berdasarkan karakter fisiknya.(Suzuki M,1989)

Berdasarkan karakter fisiknya Karbon aktif dapat diklasifikasikan menjadi

a) *Powdered Activated Carbon* (PAC)

Secara umum karbon dibuat dalam bentuk tertentu sebagai bubuk (*powders*) atau granul dengan ukuran kurang dari 1,00 mm dengan rata-rata diameter 15 sampai 25 μ m. *Powdered activated carbon* dibuat dan digerus dari partikel karbon dengan menggunakan 95-100% ukuran mesh melalui ayakan.



Gambar 2.3. Karbon aktif bentuk bubuk

b) *Granular Activated Carbon* (GAC)

Granular Activated Carbon (GAC) mempunyai ukuran partikel relatif besar dibandingkan dengan *powdered activated carbon* tetapi mempunyai luas permukaan luar yang kecil. Karbon bentuk granular dapat digunakan untuk pengolahan air, deodourisation, dan pemisahan komponen alur system.



Gambar 2.4. Karbon aktif granular

c) *Extruded Activated Carbon* (EAC)

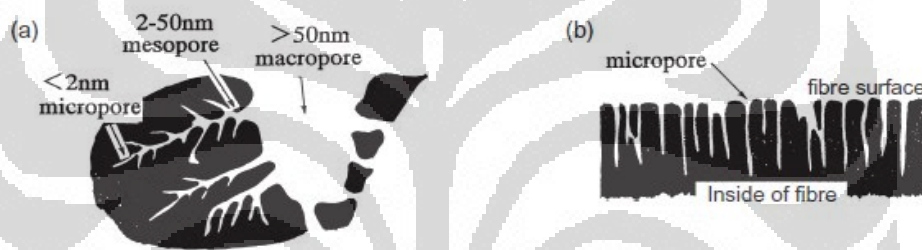
Extruded dan *cylindrical shaped* mempunyai ukuran dengan diameter dari 0.8 mm sampai dengan 5 mm. Utamanya digunakan pada fase gas.



Gambar 2.5. Extruded Activated Carbon

2.2.5 Struktur Pori

Struktur pori dari Karbon aktif dibagi menjadi beberapa range ukuran dan bentuk. Struktur pori dari Karbon aktif ada berbentuk granular dan serat seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2.6. Struktur pori dari Karbon aktif : (a) granular, (b) serat

Sedangkan ukuran dari pori pada Karbon aktif dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4. Diameter dan jenis pori pada adsorben

Diameter Pori (nm)	Jenis Pori
< 0,8	sub mikro
0,8-2	mikro
2 - 50	meso
> 50	makro

2.2.6 Standart Pengujian Untuk Karbon aktif

Karakteristik pada Karbon aktif dari luas permukaan adalah antara 300 sampai 4000 m²/gr, dengan pengujian menggunakan metode BET dan terbesar diantaranya semua adsorben (Yang, Ralp,T., 2003). Pengujian untuk Karbon aktif meliputi:

1. Bilangan Iodine (*Iodine Number*)

Iodine number didefinisikan sebagai jumlah *iodine* (dalam miligram) yang diadsorpsi oleh Karbon aktif (per gram) dari 0.02N larutan iodine (ATM D4607-94). Banyaknya karbon lebih diutamakan mengadsorpsi molekul-moleku kecil. *Iodine number* merupakan parameter pokok yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dari Karbon aktif. *Iodine number* diukur untuk mengetahui tingkatannya (bilangan yang tinggi menunjukkan derajat aktivasi yang tinggi) dan dihasilkan dalam mg/gr (biasanya pada range 500-1200 mg/g). hal tersebut diukur dari kandungan mikropori pada Karbon aktif (0 sampai 20 Å, atau sampai dengan 2 nm) oleh adsorpsi dari larutan. Hal ini setara dengan luas permukaan Karbon aktif yaitu antara 900 m²/g dan 1100 m²/g

2. *Molasses Number*

Bilangan molase dihitung dari rasio dari massa jenis optik dari filtrasi larutan melasa yang diolah dengan standart Karbon aktif dan satu lagi diolah dengan pengujian pada Karbon aktif. Bilangan melasa dikorelasikan dengan luas permukaan dari diameter pori > 28 Å. Bilangan ini sangat mengindikasikan luas permukaan pada pori yang luas karena melasa merupakan campuran dengan berbagai molekul organik

2.3 Luas Permukaan (*Surface Area*) (Marsh & Rodriguez, 2006)

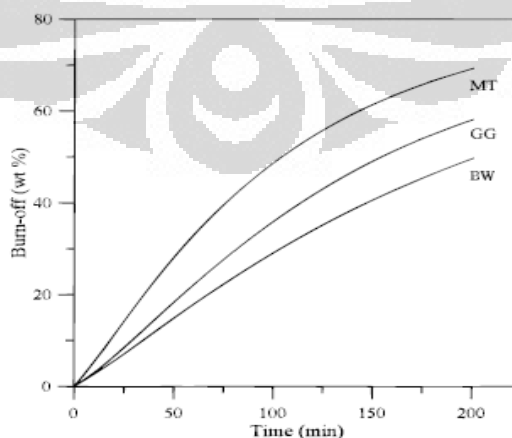
Luas permukaan merupakan suatu cara untuk menyatakan kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben atau bahan berpori material berpori. Luas permukaan adsorben secara esensial tidak dinyatakan dalam bentuk makro, disini maksudnya tidak seperti menyatakan luas permukaan suatu bidang permukaan. Hal ini dikarenakan proses adsorpsi itu sendiri terjadi pada permukaan berukuran atom/molekul.

2.4 Karbon Aktif Dari Batubara Dengan Aktivasi Fisika

Batubara merupakan material yang paling banyak digunakan sebagai bahan untuk proses pembuatan Karbon aktif. Beberapa penelitian proses pembentukan Karbon aktif dengan batubara telah banyak dilakukan salah satunya dengan menggunakan aktivasi fisika. Proses fisika ini umumnya menggunakan CO₂ sebagai aktivatornya. Secara umum preparasi Karbon aktif dari batubara terdiri dari karbonisasi dari bahan baku diikuti dengan gasifikasi pada hasil char. (Munoz-Guillena et al., 1992)

Ada beberapa pengembangan dalam memproduksi batubara dari aktivasi fisika dengan CO₂ yaitu menambahkan kandungan oksigen dalam prosesnya. Hal ini dilakukan oleh Teng et al, 1996, dengan meningkatkan kandungan oksigen didalam batubara dari prosesnya dan dapat menghasilkan luas permukaan yang bagus.

Hasil awal untuk menunjukkan kualitas karakteristik Karbon aktif dalam adalah berupa *burn off*. *Burn off* adalah presentase pengurangan massa selama proses karbonisasi dan aktivasi sampai batubara menjadi produk Karbon aktif. (Chrisman, A, 2008). *Burn off* pada Karbon aktif dapat dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu waktu proses, temperatur , agen aktivasi seperti CO₂ dan O₂. Pada penelitian oleh Teng et al., 1996 menunjukkan bahwa makin lama proses aktivasi akan memberikan nilai *burn off* yang besar. Grafik berikut ini adalah penelitian Hsisheng Teng yang memperlihatkan hubungan *burn off* dengan lamanya waktu aktivasi.

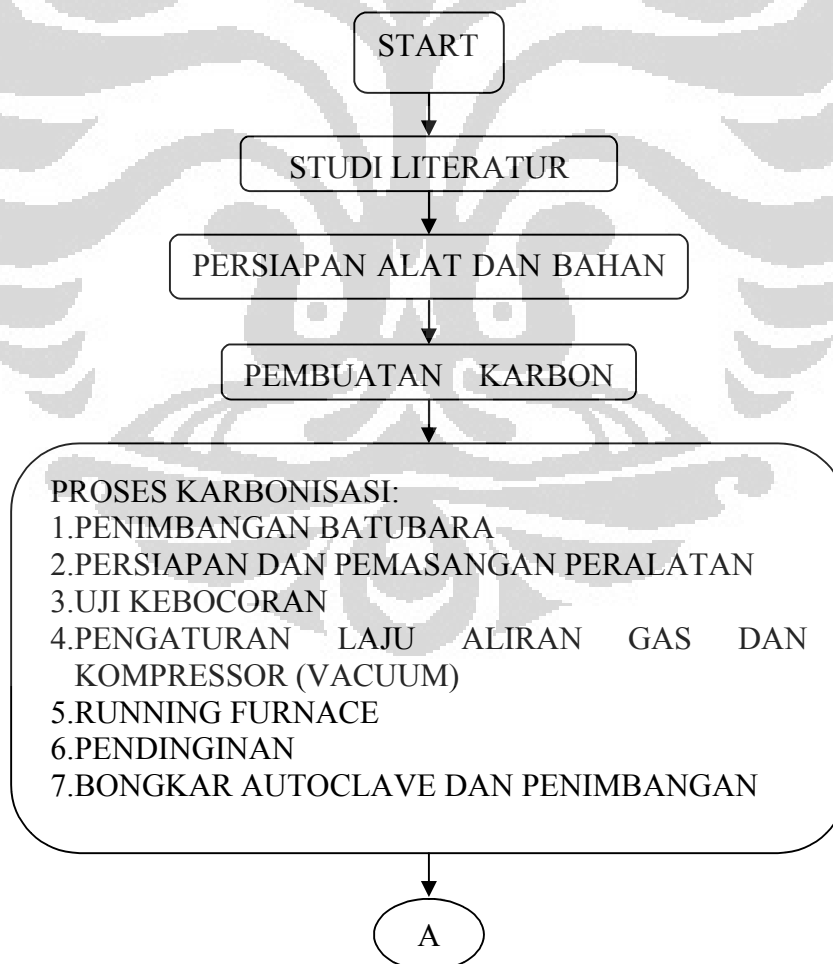


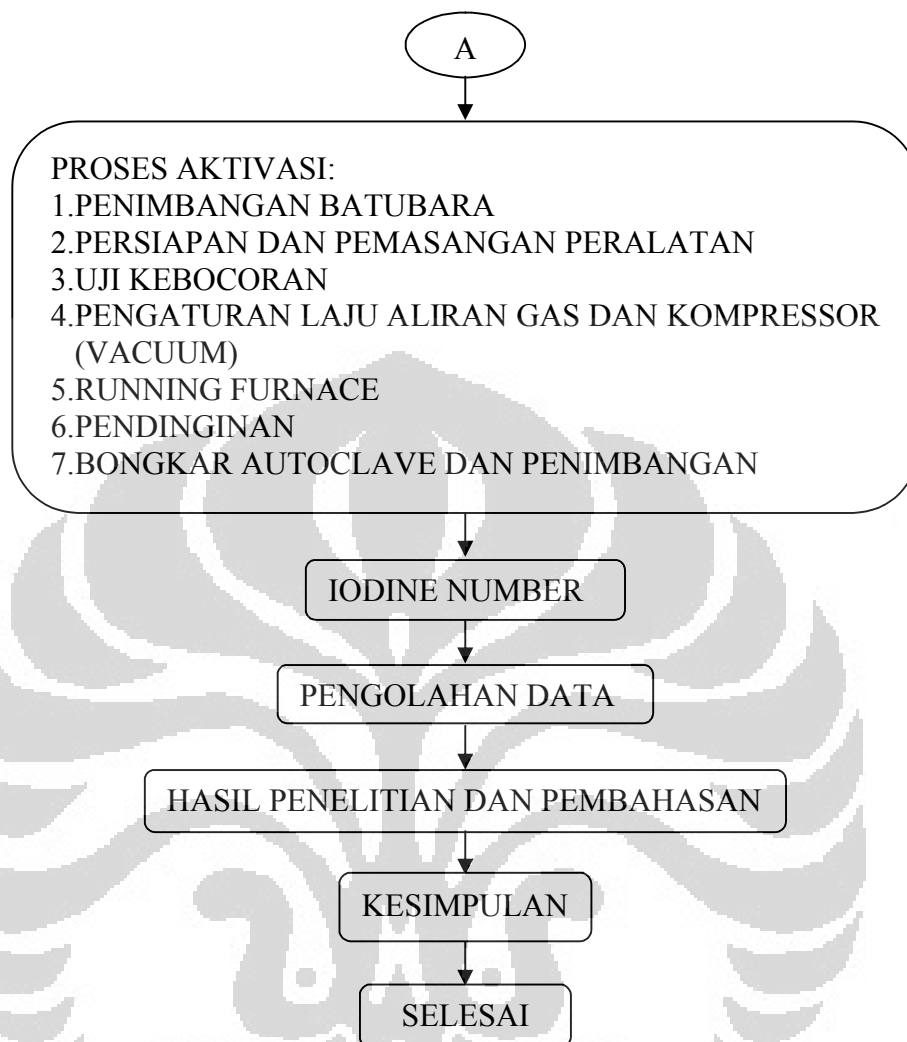
Gambar 2.7. *Burn off* vs waktu pada jenis Karbon aktif dari batubara yang berbeda (Teng Hsisheng 1996)

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang penguraian tentang diagram alir penelitian 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. Untuk pengujian seperti pengujian *iodine number* dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Indonesia.

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1. Diagram alir proses penelitian

Prosedur yang dilakukan adalah seperti yang terlihat pada gambar diatas. Berikut ini akan dijelaskan prosedur penelitian dari tahapan preparasi sampai pada tahap akhir sebelum analisa data yaitu screning dan penggerusan.

3.2 Prosedur Preparasi

3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan Dasar

Dalam penelitian kali ini digunakan beberapa alat/peralatan seperti :

1. Mesin *Furnace*

Merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk melakukan proses pembakaran / pemanasan pada batubara untuk membuat Karbon aktif dengan proses oksidasi dan aktivasi. Mesin atau alat ini didesain sendiri agar posisi dari *autoclave* horizontal, serta bias dibuka tutup dan kemudian dilakukan modifikasi agar *autoclave* dapat bergerak berputar.



Gambar 3.2 Furnace (Tampak Depan)



Gambar 3.3 Furnace (Tampak Samping)



Control
Panel Box

Gambar 3.4 Control Panel

2. Reaktor *Autoclave*

Berfungsi sebagai tempat atau wadah dari batubara selama proses pembuatan Karbon aktif dengan menggunakan *furnace* pada suhu yang tinggi.

Pada penelitian kali ini digunakan *autoclave* yaitu *autoclave* untuk sistem rotary (autoklyn),



Gambar 3.5. Autoclave dengan system rotary

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.



Gambar 3.6. Timbangan

Spesifikasi:

Timbangan Digital Merk A&D FX 350

Berat Maksimum yang dapat ditimbang 300g.

USB Port : RS-232C

100mA, 7~10V

4. Ayakan ukuran *mesh* 80 x 1,2

Berfungsi untuk pemerataan ukuran Karbon aktif yang telah dibuat.

5. Pipa untuk aliran gas

Pipa yang digunakan adalah pipa tembaga dengan ukuran 1/8 inci untuk instalasi pengaliran gas baik yang masuk menuju *autoclave*.

6. Tabung Gas Nitrogen (N₂) dengan regulatornya

Berfungsi sebagai sumber gas Nitrogen pada proses karbonisasi

7. Tabung Gas Karbon dioksida (CO₂) dengan regulatornya

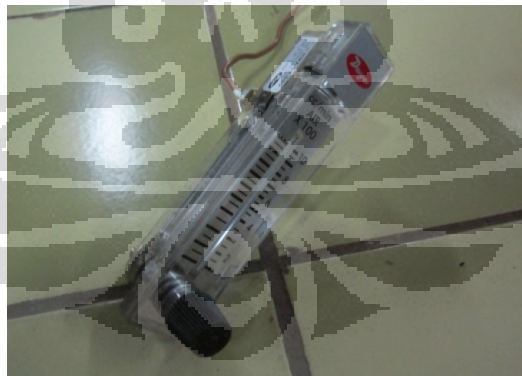
Berfungsi sebagai sumber gas carbondioksida pada proses aktivasi



Gambar 3.7 Tabung Gas CO₂ dan N₂ Beserta Regulatornya

8. Flowmeter

Berfungsi untuk mengatur laju aliran gas yang ingin digunakan. Pada penelitian kali ini digunakan jenis flowmeter yang mempunyai skala maksimal 1000 ml/menit .



Gambar 3.8 Flow Meter Skala 200ml

9. Bubble Soap

Alat ini berfungsi untuk mengkalibrasi laju aliran gas yang akan digunakan pada saat melalui *flowmeter*. Alat ini memanfaatkan gelembung busa sabun yang nantinya akan bergerak naik sesuai dengan besarnya aliran gas yang dialirkan ke dalamnya.

Bubble soap ini menggunakan gelembung busa sabun karena massanya yang dapat diabaikan sehingga tidak ada gaya yang bekerja pada saat gelembung busa sabun naik. (gaya dorong dari gas = debit aliran gas). Busa sabun ini tidak tercampur dengan CO_2 dan N_2 . Karena saat dilakukan proses kalibrasi gas yang dialirkan langsung terbuang ke udara bebas.



Gambar 3.9. Bubble Soap

10. Stopwatch

Berfungsi untuk mengukur waktu naiknya kecepatan gelembung sabun pada *bubble soap* pada saat kalibrasi laju aliran.

11. Lumpung dan Alu

Digunakan untuk menggerus sampel agar menjadi lebih kecil, karena batubara yang didapat tidak langsung tersedia dalam ukuran yang diinginkan. Selain itu juga untuk menggerus Karbon aktif agar dapat digunakan dalam proses absorpsi dan sebagai sampel untuk memperoleh luas permukaan.

12. Vacuum

Sebagai aliran kompressor guna untuk menarik kontaminasi udara pada autoclave ,dan untuk lebih cepat menghilangkan kontaminasi udara.



Gambar 3.10. Vacuum

13. Quick Coupling

Sebagai alat bantu rotasi autoclave ,agar autoclave dapat berputar dimana pipa inlet dan outletnya tidak terbelit dengan berputarnya autoclave.



Gambar 3.11. Quick Coupling

14. Pulley

Puley ini sebagai alat bantu untuk memutar autoclave dengan dibantu v-belt pulley.

15. Motor Listrik

Sebagai alat untuk memutar autoclave, yaitu antara pulley dan motor.



Gambar 3.12. Motor Listrik

16. Peralatan lainnya seperti kunci-kunci, botol plastik atau pot plastik, werpack, masker, kain lap dan lain lain.

3.2.2 Studi literatur

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

3.2.3 Bahan Dasar

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batubara yang berasal dari Kalimantan Selatan. Batubara yang berasal dari Kalimantan selatan mempunyai karakteristik sebagai berikut :

Tabel 3.1. Karakteristik analisis *proximate* dan *ultimate* pada batubara Kalimantan selatan (Hasil Uji Sampel, Geoservices october 2011)

Lab Sample ID			BDL 5735/11
Customer Sample ID			Batubara
weight of received Sample (g)			3550
Parameters	Unit	Basis	Results
Total Moisture	(%)	ar	18.03
Moisture in the analysis sample	(%)	adb	10.24
Ash Content	(%)	adb	2.68
Volatille Matter	(%)	adb	42.2
Fixed Carbon	(%)	adb	44.88
Total Sulphur	(%)	adb	0.45
Gross Calorific Value	(Cal/g)	adb	6124
Ultimate Analysis			
Carbon	(%)	adb	62.16
Hydrogen	(%)	adb	4.16
Nitrogen	(%)	adb	1.16
Sulphur	(%)	adb	0.45
Oxygen by difference	(%)	adb	19.15

ar = as received

adb = air dried basis

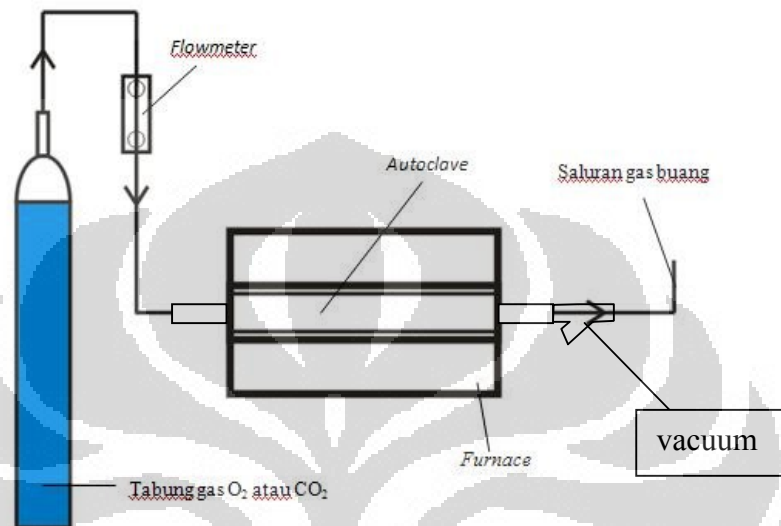
3.3 Prosedur Proses Pembuatan Karbon Aktif

Proses pembuatan Karbon aktif pada penelitian kali ini menggunakan tahapan awal proses karbonisasi di ikuti dengan proses aktivasi. Hal ini diindikasikan karena pengaruh dari kandungan karbon dalam proses karbonisasi dari batubara sangat berpengaruh terhadap pengembangan struktur pori-pori.

Prosedur untuk pembuatan Karbon aktif ini dilakukan bertahap dengan melakukan perubahan pada salah satu proses yaitu proses karbonisasi

maupun proses aktivasi sampai mendapatkan hasil Karbon aktif yang terbaik berdasarkan parameter yang diuji yaitu *iodine number*.

Berikut ini adalah gambar skema alat yang digunakan pada proses oksidasi dan aktivasi



Gambar 3.13 Skema alat pembuatan Karbon aktif dengan sistem autoclave berputar dan menggunakan vacuum.

Aliran gas masuk mengalir menuju flow meter kemudian setelah melewati flow meter gas melalui furnace dan kemudian masuk kedalam *autoclave*, pada *autoclave* tersebut dalam posisi berputar (rotary). Gas buang kemudian mengalir keluar dari *autoclave* menuju pipa gas buang pada gas buang ini dibantu oleh zet (vacuum) untuk menarik kotoran atau membersihkan pada *autoclave*. guna untuk menghilangkan bau pada *autoclave*.

Prosedur dan tahapan untuk proses pembuatan Karbon aktif yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a) Persiapan batubara

Batubara yang sudah ditumbuk berukuran granul 1.2 mm ditimbang sebanyak 50 gram. Setelah itu dimasukan kedalam *autoclave*. Selanjutnya batubara dalam *autoclave* tersebut dimasukan kedalam mesin *furnace*.

b) Kalibrasi debit aliran

Laju aliran gas yang digunakan pada penelitian atau eksperimen kali ini bervariasi, dan *flowmeter* pun belum tentu dapat menentukan 100% benar laju alirannya. Oleh karena itu perlu adanya kalibrasi debit aliran. Kalibrasi debit aliran gas pada *flowmeter* ini menggunakan *bubble soap*. Cara melakukan kalibrasi adalah dengan memasang jalur pipa dari gas yang dialirkan ke pipa *bubble soap*.

Untuk mengkalibrasinya misalkan kita akan menggunakan laju aliran sebesar 400 ml/menit. Maka untuk mendapatkan aliran gas yang sesuai kita harus mencocokkan skala yang ada untuk pembacaan *bubble soap*. Untuk menghitungnya maka kita alirkan gas dengan membuka katup pada flow meter dan membacanya pada *bubble soap* sampai gelembung busanya bergerak dari titik 0 sampai 10 selama 6 detik. Untuk mencapai waktu 6 detik inilah kita menyesuaikan dengan membuka katup di flowmeter. Jika sesuai maka pembacaan di flowmeter itulah yang digunakan untuk mengalirkan gas, dan biasanya angkanya tidak terlalu jauh dari skala yang terdapat pada *bubble soap*.

c) Pemasangan jalur pemipaan

Setelah dilakukan kalibrasi untuk debit aliran gas maka selanjutnya kita memasang jalur pemipaan dari tabung gas N_2 ke dalam *autoclave* dan dari *autoclave* ke jalur pembuangan ke udara luar agar tidak mengganggu kondisi ruangan. Pada pemipaan pembuangan disana kita pasang vacuum agar menarik kontaminasi udara dan membersihkan *autoclave* selama proses.

d) Proses Karbonisasi (Oksidasi)

Proses Karbonisasi (oksidasi) dimulai dengan mulai menyalakan furnace dan mengalirkan gas oksigen (N_2) dengan laju aliran 1000 ml/menit. Pertama ditargetkan suhu $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada thermostat. Setelah suhu sudah mencapai 250°C kemudian suhu dinaikkan sampai 300°C . Hal ini dikarenakan agar suhu furnace tidak melebihi suhu yang diinginkan dan tidak mengganggu parameter penelitian atau experiment ini. Setelah stabil pada 300°C maka kita menunggu selama 1 jam proses karbonisasi. Selama

proses karbonisasi kita ketahui Autoclave dalam posisi berputar. Selain pengaturan suhu laju aliran pun langsung dibuka dimulai dari saat pertama kali furnace dinyalakan.

e) Pendinginan

Setelah furnace menyala selama 1 jam setelah suhu stabil 300⁰ C kemudian dimatikan untuk didinginkan. Untuk Kemudian dinyalakan kembali pada ke esokan harinya. Biasanya suhunya telah turun hingga sekitar 29-30 °C. Setelah suhu sudah dingin maka akan dilakukan penimbangan massa setelah karbonisasi.

f) Proses Aktivasi

Setelah suhu dari proses karbonisasi (oksidasi) turun kemudian dilakukan proses aktivasi. Proses ini mengalirkan gas CO₂ kedalam *autoclave* yang berada pada furnace dengan laju aliran 400 ml/menit. Pada tahap ini suhu dari furnace langsung di set hingga 850 °C tanpa perlu adanya penambahan bertahap. Hal ini karena untuk sampai pada suhu tersebut furnace akan menyerap daya listrik yang lebih besar dan juga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tersebut cukup lama.

Berbeda dengan proses oksidasi, proses aktivasi ini laju aliran gas karbondioksida CO₂. Setelah Suhu mencapai 850⁰C dan dimatikan setelah 6 jam kemudian bersamaan dengan dimatikannya furnace. pada proses ini *autoclave* juga berputar.

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.

g) 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 :

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

Setelah didapatkan hasil atau nilai *burn off*, maka Karbon aktif kemudian diujikan di laboratorium teknik kimia untuk mengetahui nilai iodine number (daya serap), disini tidak dilakukan penggerusan lagi karena dari awal ukurannya sudah seragam.

Proses penelitian dan eksperimen ini dilakukan sama untuk setiap variasi putaran proses pembentukan Karbon aktif. untuk *autoclave* system berputar atau rotary. Perbedaan prosedur yang dilakukan terletak pada laju putaran.

3.4 Pengkodean Sampel

Hasil dari Karbon aktif yang telah dibuat dengan menggunakan langkah2 diatas selanjutnya diberikan pengkodean pada nama sampel. Penamaan ini bertujuan untuk memudahkan dalam penandaan untuk mengolah data dan untuk melakukan pengujian *iodine number* yang dilakukan di laboratorium uji Teknik Kimia universitas Indonesia.

Cara penamaan mengikuti pola sebagai berikut

BB-12

Keterangan dari penamaan diatas adalah :

BB : Batu bara

12 : Urutan sample yang di uji oleh teknik kimia universitas Indonesia

Sebagai contoh bisa kita ambil sampel, BB-11 yang artinya Karbon aktif ini berasal dari batubara dan ini merupakan pengujian sample yang dilakukan di laboratorium teknik kimia universitas Indonesia .tabel berikut akan lebih menjelaskan tentang penamaan pada sampel Karbon aktif yang telah dibuat

3.5 Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan untuk melakukan analisa dari penelitian yang telah dilakukan. Pengolahan data dianalisa terhadap parameter *burn off* dan *iodine number* dari pengaruh laju aliran N_2 dan laju aliran CO_2 . 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]



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Preparasi dan karakteristik Karbon aktif dari batubara dilakukan secara eksperimen di laboratorium teknik mesin universitas Indonesia. Hasil preparasi dan karakterisasi Karbon aktif tersebut dianalisa dan dibahas pada sub bab berikut ini.

4.1 Hasil Preparasi *Karbon aktif*

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 Persiapan Bahan Dasar.

Batubara sebagai bahan dasar Karbon aktif yang diperoleh dari tambang batubara yang berada di Indonesia yaitu Kalimantan selatan memang belum berbentuk granul masih dalam bongkahan, untuk itu batubara perlu digerus agar mencapai ukuran granul 1,2 mm. seperti terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 4.1 Bahan Dasar

Pembuatan batubara dengan ukuran yang lebih kecil dan seragam bertujuan agar gas N₂ dan gas CO₂ dapat terdistribusi secara merata dan mudah mengenai butiran-butiran batubara pada *autoclave* pada saat karbonisasi dan aktivasi. Sehingga dapat mencegah terjadinya reaksi pembakaran antara bahan dasar (batubara) dengan nitrogen pada saat karbonisasi yang berakibat hilang dan rusaknya struktur pori-pori dari bahan dasar (batubara).

4.1.2 Proses Karbonisasi

Batubara disiapkan sebanyak 50 gram untuk karbonisasi. Proses oksidasi dilakukan pada temperatur 300°C konstan setelah mencapai suhu tersebut maka ditunggu proses selama 1 jam. Setelah proses tersebut batubara awal akan berubah persentase kandungannya karena unsur tersebut hilang saat proses oksidasi.

4.1.3 Proses Aktivasi

Proses aktivasi dilakukan untuk memperbesar pori dari Karbon aktif yang sudah terbentuk setelah proses oksidasi. Selain itu proses aktivasi juga berguna untuk mengeluarkan unsur-unsur selain karbon yang masih ada pada batubara setelah proses oksidasi seperti tar dan hidrokarbon.

Hasil setelah proses aktivasi ini merupakan hasil akhir dari pembuatan Karbon aktif. Setelah proses aktivasi ini batubara berubah menjadi Karbon aktif yang berbentuk granul dan mengkilat.

4.2 Data Hasil Penelitian

Data yang dihasilkan pada proses pembentukan Karbon aktif ini adalah berupa *burn off* dan selanjutnya dilakukan pengujian *iodine number*. Data tersebut (*iodine number*) merupakan parameter yang sah untuk melihat seberapa baik Karbon aktif yang telah dibuat.

4.2.1 *Burn off*

4.2.1.1 *Burn off Kalimantan Selatan*

Berikut adalah data *burn off* dari hasil pembuatan Karbon aktif dari batubara Kalimantan Selatan . Variasi yang dilakukan adalah dengan membedakan laju putaran yang berbeda

Tabel 4.1. *Burn off* batubara kalimantan selatan dengan laju putaran 20 rpm

Nama Sampel	Massa (gr)	aliran N ₂ (ml/mnt)	Massa akhir karbonisasi (gr)	aliran CO ₂ (ml/mnt)	Massa akhir aktivasi (gr)	<i>burn off</i> (%)
BB-12	50	1000	39	400	24	52
BB-13	50	1000	38.92	400	23	54

Tabel 4.2. *Burn off* batubara kalimantan Selatan dengan laju putaran 9 Rpm

Nama Sampel	Massa (kg)	aliran O ₂ (ml/mnt)	Massa akhir karbonisasi (gr)	aliran CO ₂ (ml/mnt)	Masa akhir aktivasi (gr)	<i>burn off</i> (%)
BB-15	50	1000	38	400	22.39	55.22
BB-16	50	1000	34	400	18	64

Dari kedua tabel diatas kita simpulkan bahwa *burn off* yang paling besar adalah pada laju putaran 9 Rpm yaitu 68,58%. karena reaksi antara batubara dengan gas lebih optimal. dikarenakan lebih lama kontaknya dengan gas yang dialirkan, akibatnya *burn off* nya lebih besar.

4.3 Analisa Data

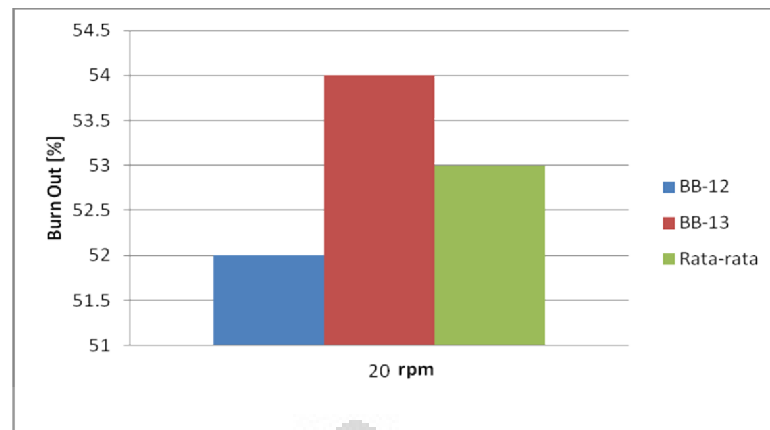
4.3.1 Pengaruh Laju putaran Autoclave

4.3.1.1 Perbandingan Laju putaran Autoclave

Hasil dari *burn off* untuk Laju putaran *autoclave* dapat kita lihat pada tabel 4.1, 4.2, dan hasil untuk *burn* pada putaran 9 rpm lebih baik dari 20 rpm.

Tabel 4.3 *Burn off* autoclave pada laju putaran 20 rpm

Nama Sampel	Massa (gr)	aliran N ₂ (ml/mnt)	Massa akhir karbonisasi (gr)	aliran CO ₂ (ml/mnt)	Massa akhir aktivasi (gr)	<i>burn off</i> (%)
BB-12	50	1000	39	400	24	52
BB-13	50	1000	38.92	400	23	54
Rata-rata						53

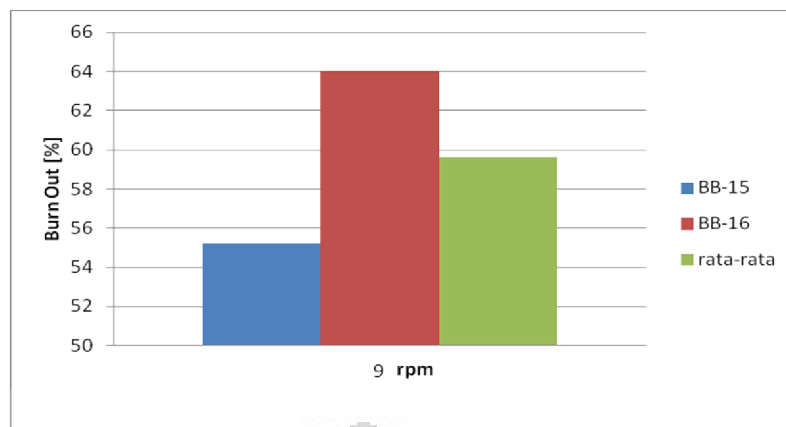


Gambar 4.2. Grafik *burn off* laju putaran 20 rpm

Gambar grafik diatas adalah *burn off* untuk batubara kalimantan selatan dengan laju putaran 20 rpm aliran gas nitrogen 1000 ml/menit dan karbondioksida 400 ml/menit jadi gas karbonisasi dan aktivasi konstan.pada laju putaran 20 rpm kita dapatkan hasil *burn off* yang baik adalah 54%.dan nilai rata-ratanya 53%.nilai *burn off* pada dua kali pengambilan sample yang sama nilai nya tidak jauh kesimpangan nilai *burn off* nya. pada tabel juga kita lihat semakin besar milai massa akhir maka nilai *burn off* nya semakin kecil.dan semakin kecil nilai massa akhir maka nilai *burn off* semakin besar.

Tabel 4.4 *Burn off autoclave* pada laju putaran 9 rpm

Nama Sampel	Massa (kg)	aliran O ₂ (ml/mnt)	Massa akhir karbonisas (gr)	aliran CO ₂ (ml/mnt)	Masaa akhir aktivasi (gr)	<i>burn off</i> (%)
BB-15	50	1000	38	400	22.39	55.22
BB-16	50	1000	34	400	18	64
rata-rata						59.61



Gambar 4.3. Grafik *Burn off* laju putaran 9 rpm

Gambar grafik diatas adalah *burn off* untuk batubara Kalimantan selatan dengan laju aliran gas Nitrogen 1000 ml/menit dan karbondioksida 400 ml/menit.jadi gas karbonisasi dan aktivasi konstan.pada laju putaran 9 rpm nilai *burn off* yang kita dapat adalah 64%.nilai rata-ratanya 59.61%.pada tabel diatas juga kita lihat semakin besar nilai massa akhir maka nilai burn off nya semakin kecil.dan semakin kecil nilai massa akhir maka nilai burn off semakin besar.

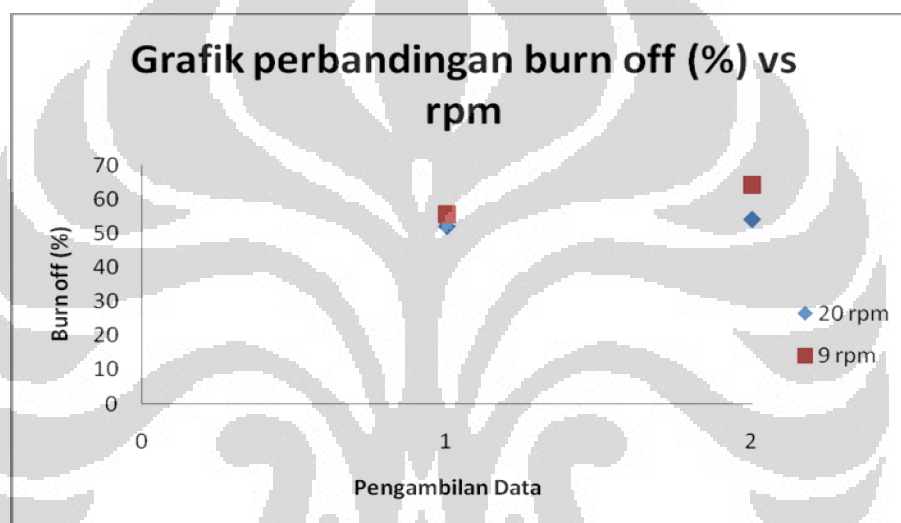
4.3.1.2 Perbandingan laju putaran pada autoclave yaitu antara 9 rpm dan 20 rpm

Kedua *putaran autoclave* tersebut berada pada posisi horizontal yang membedakannya adalah besarnya putaran yang dilakukan pada proses pembuatan Karbon aktif.

Seperti dapat dilihat pada data tabel diatas kita bisa membandingkan hasil pembuatan Karbon aktif dengan variasi perbedaan putaran pada autoclave. Data untuk putaran 9 rpm bisa dilihat pada tabel diatas dan data untuk putaran 20 rpm pada tabel diatas.

Tabel 4.5 *Burn off* proses pembuatan karbon aktif dengan system autoclave berputar

Nama Sampel	Massa (kg)	Rpm	aliran N ₂ (ml/mnt)	aliran CO ₂ (ml/mnt)	<i>burn off</i> (%)
BB-12	50	20	1000	400	52
BB-13	50	20	1000	400	54
BB-15	50	9	1000	400	55.22
BB-16	50	9	1000	400	64



Gambar 4.4. Grafik perbandingan laju putaran

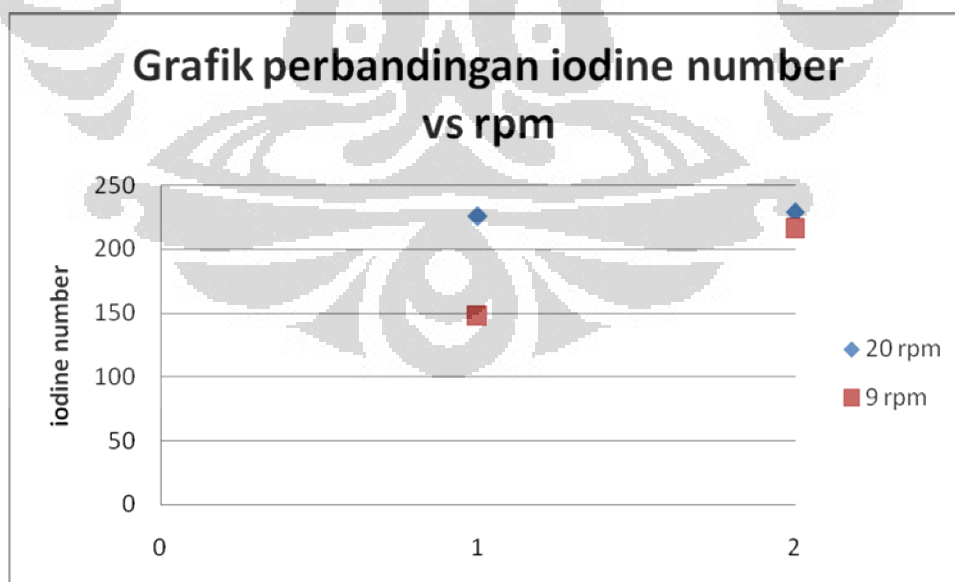
Dari grafik diatas dapat kita lihat bahwa nilai *burn off* lebih tinggi pada putaran lebih kecil yaitu 9 rpm dibandingkan putaran 20 rpm. Hal ini terjadi karena pada putaran 9 rpm proses pembakaran lebih sempurna dimana batubara yang di dalam autoclave tersebut pembakarannya lebih konstan, karena reaksi antara batubara dengan gas lebih optimal. dikarenakan lebih lama kontakannya dengan gas yang dialirkan sedangkan pada 20 rpm pembakarannya terlalu cepat. sehingga batubara yang dibakar tidak maksimal krn kecepatan putaran. jadi reaksi antara batubara dengan gas tidak optimal .jadi dapat kita asumsikan bahwa putaran dapat mempengaruhi nilai *burn off*. dimana kita lihat pada tabel dan grafik diatas pada laju putaran lebih lambat yaitu 9 rpm didapat nilai *burn off* 64%

4.3.2 Analisa *Burn off* dan Iodine Number

Data hasil uji tes *iodine number* yang dilakukan di lab Teknik kimia universitas Indonesia didapat data *iodine number* untuk sistem *autoclave rotasi* dengan laju putaran yang berbeda yaitu 9 rpm dan 20 rpm. dimana gas yang dialirkan pada saat karbonisasi dan aktivasi adalah konstan.

Tabel 4.6 *Iodine number* dengan laju putaran yang berbeda yaitu 9 rpm dan 20 rpm

Nama sampel	satuan	Hasil Uji		
		Daya serap	Daya Serap	Metode
BB-12(M aktivasi 23 gram)	mg	200.1762	225.3473	Trimetri
		250.5185		
BB-13(M aktivasi 22.39 gram)	mg	231.9599	228.7805	Trimetri
		225.601		
BB-15(M aktivasi 24 gram)	mg	138.4727	147.3372	Trimetri
		156.2018		
BB-16(M aktivasi 18 gram)	mg	273.83	215.577	Trimetri
		157.3239		



Gambar 4.5 Grafik perbandingan *iodine number* terhadap rpm

Grafik diatas adalah nilai yang didapat dari batubara Kalimantan Selatan dengan laju aliran Nitrogen dan karbondioksida konstan, yaitu untuk nitrogen 1000ml/menit dan karbondioksida 400ml/menit. Dari grafik diatas bisa kita lihat bahwa dengan metode ini kita bisa mendapatkan hasil *iodine number* dengan angka 228.7805. untuk memastikan kualitas dari Karbon aktif ada baiknya dilakukan uji tes *iodine number*.

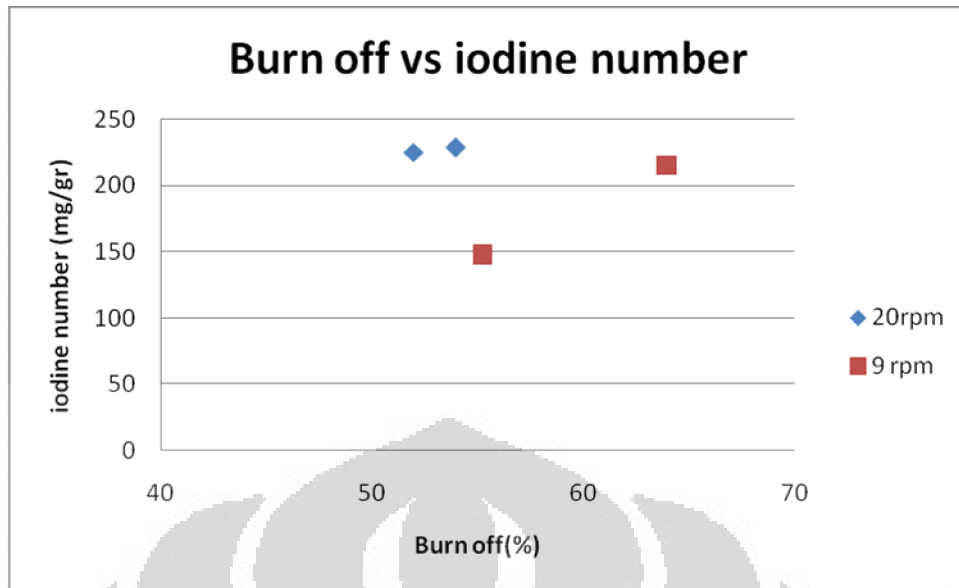
Jika kita lihat dari hasil iodine number bahwa nilai tertinggi pada putaran 20 rpm yaitu 228.7805. antara iodine number dan *burn off* berbanding terbalik jika kita lihat dari table dan grafik. pada iodine number nilai tertinggi pada putaran 20 rpm, sedangkan pada *burn off* tertinggi pada putaran 9 rpm.

4.3.3 Analisa Burn off dan Iodine Number

Data hasil uji tes iodine number yang dilakukan di lab teknik Kimia Universitas Indonesia didapat data iodine number untuk autoclave berputar adalah sebagai berikut.

Tabel 4.7 Iodine number dengan autoclave berputar

Nama sampel	satuan	Hasil Uji			Metode
		Burn off (%)	Daya serap	Daya Serap	
BB-12(M aktivasi 23 gram)	mg	52	200.1762	225.3473	Trimetri
			250.5185		
BB-13(M aktivasi 22.39 gram)	mg	54	231.9599	228.7805	Trimetri
			225.601		
BB-15(M aktivasi 24 gram)	mg	55.22	138.4727	147.3372	Trimetri
			156.2018		
BB-16(M aktivasi 18 gram)	mg	64	273.83	215.577	Trimetri
			157.3239		



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Burn Off Terhadap Iodine Number

Grafik diatas adalah nilai dari batu bara Kalimantan selatan dengan laju aliran karbonisasi menggunakan gas N_2 1000 ml/menit dan aktivasi menggunakan gas CO_2 konstan yaitu 400 ml/menit. dari grafik diatas kita lihat nilai iodine number 9 rpm tidak mengikuti trenline dari iodine number 20 rpm. pada putaran 20 rpm nilai burn off dan iodine numbernya tidak begitu jauh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

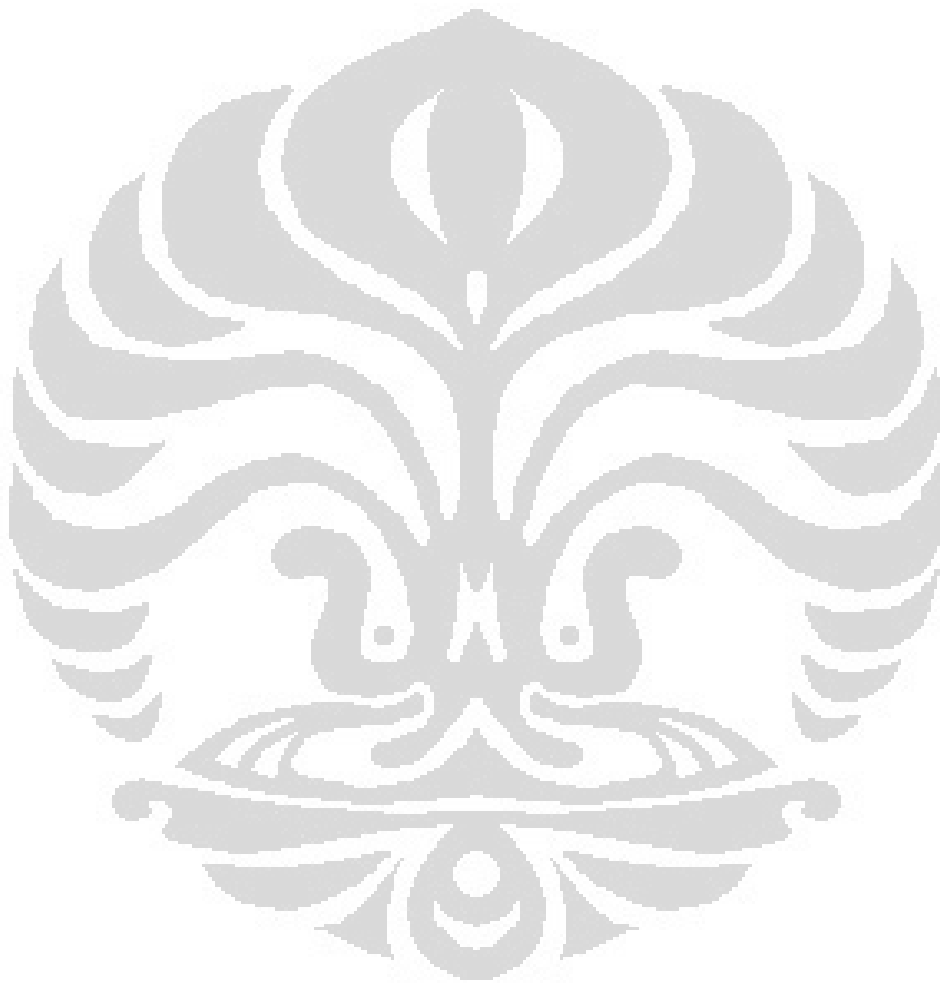
Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah

1. Dengan metode karbonisasi dengan mengalirkan gas N_2 diikuti aktivasi menggunakan CO_2 sebagai aktivating agen dan dengan laju putaran yang berbeda pada penelitian ini didapatkan nilai *burn off* yang tinggi yaitu sampai dengan 64%.hal ini dikarenakan pada saat proses pembakaran batubara pada laju putaran lebih lambat,reaksi antara gas dan pembakaran lebih optimal.dikarenakan batubara lebih lama terkontak dengan gas CO_2
2. Pada penelitian ini semakin kecil laju putaran *autoclave* , semakin besar nilai *burn off* pada Karbon aktif yang dihasilkan.
3. Pada metode sistem *autoclave* berputar didapatkan nilai *iodine number* yang cukup tinggi yaitu 228.7805 mg/g
4. Metode laju putaran memang memberikan hasil *burn off* yang lebih baik dari putaran yang lebih cepat tapi hal ini tidak meningkatkan nilai dari *iodine number*.
5. Penelitian karbon aktif disini belum sesuai nilai *iodine number* yang diinginkan sesuai nilai *iodine number* yang diinginkan.

5.2 Saran

1. Pada saat pengambilan data sebaiknya memakai safety contohnya masker,werpack,sarung tangan.dan saat pembongkaran autoclave saat penimbangan batubara sebelum dan sesudah proses agar lebih berhati-hati,karena saat memasukkan batubara maupun mengeluarkan batubara pada autoclave bisa berserakan sehingga mempengaruhi masaa.
2. Jika alat ini nantinya di modifikasi kembali sebaiknya desainnya lebih bagus. Model heater yang dipakai sebaiknya yang bulat dan mutar panjang,karena alat ini sering mengalami kerusakan.

3. Dilihat dari tempat alat ini,terlalu sempit agar diberikan tempat yang nyaman.sehingga saat proses pemasangan alat tidak terganggu, serta alat-alat untuk mengoperasikan seperti kunci-kunci tersedia khusus pada alat ini.
4. Pengujian *Iodine Number* diujikan pada laboratorium lain.



DAFTAR REFERENSI

1. Bansal, R.C., & Goyal, M. 2005, *Activated Carbon Adsorption*, Taylor & Francis Group, New York
2. Chrisman, A. (2008), Skripsi *Preparasi Karbon Aktif Sebagai Adsorbent dari Batubara Sumatera Selatan Dengan Aktivasi CO₂*, Depok : Departemen Teknik Mesin FT-UI, 2008
3. Illan-Gomez, M.J., A. Garcia-Garcia, C. Salinas-Martinez de Lecea and A. Linares-Solano, 1996, *Activated Carbon from Spanish Coals. 2. Chemical Activation, Energy & Fuels*, 1996, 10, 1108-1114
4. Iman (2008), Thesis *Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Pembakaran Spontan Batubara*, Depok : Departemen Teknik Mesin FT-UI, 2008
5. Januar PA, Hermanto (2010), Skripsi *Pengaruh Laju aliran Oksigen (O₂) dan Karbondioksida (CO₂) Dalam Proses Karbonisasi dan Aktivasi Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara*, Depok : Departemen Teknik Mesin FT-UI, 2010
6. Kumar K, Vasant, Subanandam K, Ramamurti V, Sivanesan S, 2004, *Solid Liquid Adsorption for Waste Treatment Principle Design and Operation, India, Departemen of Chemical Engineering A.C. College of Technology, Ann University*
7. Manocha, Satish. M, 2003, *Porous Carbons*, Sadhana volume 28 part 1&2 pp 335-348, India.
8. Marsh, H. & Rodriguez-Reinoso, F. 2006, *Activated Carbon*, Elsevier Ltd, Oxford UK.
9. Martin, Awaludin. 2008, *Kaji Karakteristik Karbon aktif Sebagai Adsorben Terhadap Adsorbat Pasangannya*. Depok : Departemen Teknik Mesin FT-UI, Depok
10. Ramdhani, Magribi (2009), Skripsi *Produksi Karbon aktif Sebagai Adsorben dari Batubara Riau Dengan Metode Aktivasi Fisika Pada Temperatur 950^oC Melalui Proses Oksidasi Pada Temperatur 300^oC*, Depok : Departemen Teknik Mesin FT-UI, 2009

11. Sehat Abdi Saragih (2006), Tesis *Pembuatan dan Karakteristisasi Karbon aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben*, Depok : Departemen Teknik Mesin FT-UI, 2006.
12. Sertifikat analisis *Proximate* dan *Ultimate* batubara, 2011, Laboratorium Batubara, PT. Geoservices, Bandung
13. Sudibandriyo M, 2003, *A Generalized Ono-Kondo Lattice Model for High Pressure on Carbon Adsorben*, *Ph.D Disertation, Oklahoma State University*
14. 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
15. Yang, Ralph. T, 2003, *Adsorbents: Fundamentals and Applications*, John wiley and Sons Inc, New Jersey.
16. Zou, Yong, Bu-Xing Han, 2001, *High surface Area Activated Carbon from Chinese Coal*, *Energy & Fuel*, 2001, 15, 1383-1386
17. (http://www.worldcoal.org/Indonesian_what_is_coal.htm. — diakses 22 Desember 2011)
18. www.binnacle.co.id. diakses 22 Desember 2011