



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN PROSES *UPGRADED BROWN COAL* (UBC)
UNTUK PEMASAKAN BRIKET DI RUMAH TANGGA**

SKRIPSI

**NOVIYANI
0806368061**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM EKSTENSI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JANUARI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN PROSES *UPGRADED BROWN COAL* (UBC)
UNTUK PEMASAKAN BRIKET DI RUMAH TANGGA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik

**NOVIYANI
0806368061**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI EKSTENSI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JANUARI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Noviyani

NPM : 0806368061

Tanda Tangan :

Tanggal : 6 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Noviyani
NPM : 0806368061
Program Studi : Ekstensi Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pemanfaatan Proses *Upgraded Brown Coal*
(UBC) Untuk Pemasakan Briket di Rumah
Tangga.

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Dijan Supramono, Msc ()
Penguji : Kamarza Mulia, PhD ()
Penguji : Ir. Praswasti PDK Wulan, MT ()
Penguji : Prof. Roekmijati WS ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 06 Januari 2011

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim,

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Penulisan laporan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan laporan skripsi ini, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Dijan Supramono, MSc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA selaku ketua Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
3. Ir. Yuliusman, MT sebagai pembimbing akademis penulis
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan materil dan moral, dan
5. Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata saya berharap Tuhan yang maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga lskripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Desember 2010

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Noviyani
NPM : 0806368061
Program Studi : Ekstensi Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
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 :

**Pemanfaatan Proses *Upgraded Brown Coal* (UBC) Untuk Pemasakan Briket
di Rumah Tangga**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, 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.

Demikina pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok, Jawa Barat, Indonesia

Pada tanggal : 6 Januari 2011

Yang menyatakan

(Noviyani)

ABSTRAK

Salah satu pemanfaatan briket batubara yaitu sebagai bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga. Akan tetapi penggunaan briket batubara kurang optimal karena lamanya waktu penyalaan sehingga kurang praktis untuk digunakan. Salah satu faktor penyebabnya adalah kandungan air yang banyak terkandung dalam batubara. Salah satu Proses yang digunakan untuk mengurangi kadar air dalam batubara yaitu dengan proses *upgraded brown coal* (UBC). Penelitian ini menggunakan batubara jenis lignit yang mempunyai kandungan air 25% dan menggunakan minyak goreng bekas (jelantah) yang tujuannya untuk membuat kondisi pori batubara bersifat hidrofob, yang akan mudah mengusir air. Parameter yang divariasikan dalam proses UBC adalah temperatur pemanasan dan rasio massa batubara terhadap minyak goreng. Variabel terikat pada UBC adalah temperatur pemanasan yang divariasikan adalah 150°C, 200°C, dan 250°C, dan rasio antara batubara dengan minyak goreng yang dipakai yaitu 1:1, 1:2 dan 1:3. Sedangkan variabel bebasnya yaitu waktu penyalaan dan temperatur pembakaran. Proses penyalaan dan pembakaran briket batubara dilakukan dalam *furnace* dimana temperatur dinding *furnace* dijaga konstan pada 300°C dan kecepatan aliran udara 0,2 m/s. Dari hasil pengujian kadar air, dihasilkan bahwa pada rasio 1:1 pada proses UBC dengan temperatur pemanasan 150°C, 200°C dan 250°C masih terdapat kandungan air dengan persentase 3,84%, 3,70% dan 3,7%, sedangkan dengan rasio 1:2 dan 1:3 menunjukkan persentase kandungan air mendekati 0%. Hasil pengujian pembakaran pada rasio 1:1 menunjukkan temperatur pembakaran yang lebih rendah dibandingkan pada rasio 1:2. Hal ini dikarena masih adanya kandungan air pada 1:1 sehingga panas yang dipasok digunakan terlebih dahulu untuk menguapkan kandungan air nya, sedangkan pada rasio 1:3 temperatur maksimum yang dicapai lebih rendah dibandingkan 1:1 dan 1:2 karena pada rasio 1:3 diperkirakan sebagian kandungan *volatile matter* yang menguap dan/atau terlarut dalam jelantah pada proses UBC.

Kata kunci : *UBC, Briket Batubara*

ABSTRACT

One of the utilizations for the coal briquette is used as a fuel for household needs. But the use of coal briquette is not optimal because duration of time of it to be ignited. Therefore it is not practical to be used. One of the causing factor is the moisture content inside the coal. One of the processes to decrease the moisture content inside the coal is by using *upgraded brown coal* (UBC) process. This research uses lignite coal whose it moisture content is 25% and this research uses cooking oil which aim to create conditions of coal pore is hydrophobic, which would easily repel water. The varied parameter on the UBC process are heating temperature and the ratio of coal and cooking oil. The dependent variable of UBC is varied heating temperatures are 150°C, 200°C, and 250°C and the ratios of the coal with cooking oil are 1:1, 1:2 and 1:3. While the independent variables of time of ignition and combustion temperature. The coal briquette ignition process is conducted inside furnace which the furnace wall temperature is kept constant at 300°C and the velocity of air flow is 0.2 m/s. From the result of moisture content test, it is found that on the ratio of 1:1 for the heating temperatures of UBC process is 150°C, 200°C and 250°C that there is still moisture content with percentage of 3.84%, 3.70% and 3.7%, while the ratio of 1:1 shows that the moisture content close to 0%. The combustion test result on ratio 1:1 shows lower temperature combustion compared to ratio 1:2. This is because that there is still some moisture content on ratio 1:1. Therefore, the heat supplied is used first to vaporized its moisture content, while on ratio 1:3 the maximum temperature is lower than on the ratio 1:1 and 1:2 because on the ratio 1:3, there is a possibility that there is a volatile matter content that vaporizes first on the UBC process.

Keywords: UBC, Briquette coal

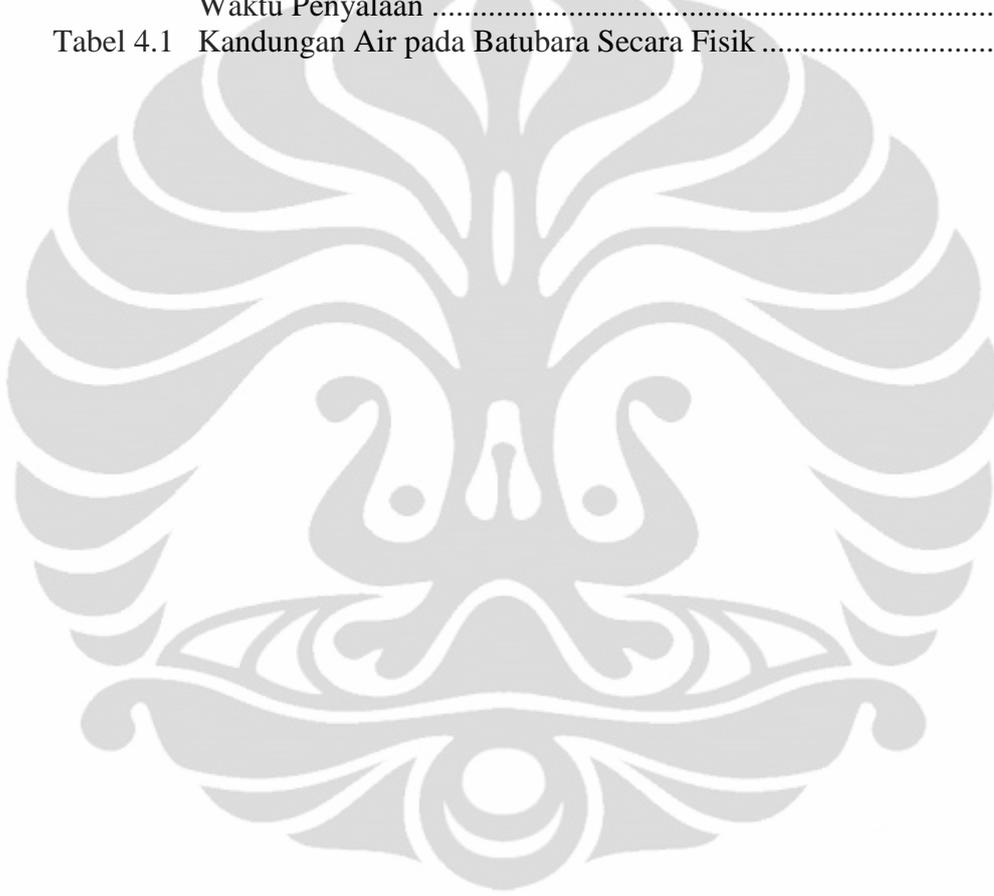
2.7.1 Pengeringan.....	30
2.7.2 Devolatilisasi.....	30
2.7.3 Pembakaran Arang.....	31
2.8 Penelitian Sebelumnya.....	32
2.8.1 Yosiki Sato (2003).....	32
2.8.2 Datin Fatia Umar, Bukin Daulay, dan Gandhi Kurnia Hudaya (2006).....	33
2.8.3 Datin Fatia Umar, Binarko Santoso, dan Hiromoto Usui (2007).....	33
2.8.4 Pengembangan dari Peneliti Sebelumnya.....	34
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Tahapan Penelitian.....	36
3.2 Prosedur Penelitian.....	37
3.2.1 Persiapan Briket Batubara.....	37
3.2.2 Pengujian Waktu dan Temperatur Penyalaan Briket.....	38
3.2.3 Pengujian Kandungan Air.....	39
3.2.4 Peralatan Uji.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Pengujian Moisture Content.....	42
4.2 Karakterisasi Uji Pembakaran.....	45
4.2.1 Karakterisasi Waktu Penyalaan dan Temperatur Pembakaran pada Rasio 1:1.....	45
4.2.2 Karakterisasi Waktu Penyalaan dan Temperatur Pembakaran pada Rasio 1:2.....	48
4.2.3 Karakterisasi Waktu Penyalaan dan Temperatur Pembakaran pada Rasio 1:3.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur molekul batubara	8
Gambar 2. 2 Proporsi kandungan karbon, moisture dan volatile matter pada berbagai jenis batubara.....	9
Gambar 2. 3 Diagram dari unsur pokok batubara: bahan organik, pecahan dari plant debris (maceral), inclusion inorganik, jaringan luas pori	11
Gambar 2. 4 Efek kerja kohesi dan adhesi liquid ke padatan pada solid <i>wettability</i>	13
Gambar 2. 5 Terbentuknya lapisan batas laminar pada permukaan briket	26
Gambar 2. 6 Terbentuknya awan volatile matter pada permukaan briket	27
Gambar 2. 7 Terbentuknya awan volatile matter pada permukaan briket	28
Gambar 3. 1 Skema Pembacaan Temperatur	35
Gambar 3. 2 Diagram tahapan penelitian.....	36
Gambar 3. 3 Briket batubara	37
Gambar 3. 4 Mortal dan stamper	40
Gambar 3. 5 Ayakan	40
Gambar 3. 6 Proses Pemanasan	40
Gambar 3. 7 <i>Magnetic stirrer</i>	40
Gambar 3. 8 Cawan keramik	41
Gambar 3. 9 Oven	41
Gambar 3.10 Furnace	41
Gambar 3.11 ADAM 4018M	41
Gambar 4. 1 Karakteristik pembakaran sebelum dan sesudah proses upgrading dengan rasio 1:1	45
Gambar 4. 2 Karakteristik pembakaran sebelum dan sesudah proses upgrading dengan rasio 1:2	48
Gambar 4. 3 Karakteristik pembakaran sebelum dan sesudah proses upgrading dengan rasio 1:3	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Batubara	7
Tabel 2.2	Perbandingan Pemakaian Minyak Tanah dengan Briket (Nilai Ekonomi).....	23
Tabel 2.3	Perbandingan antara minyak tanah dengan Briket.....	23
Tabel 2.4	Temperatur Penyalaan Beberapa Bahan Bakar.....	25
Tabel 2.5	Pengaruh perubahan beberapa parameter terhadap Temperatur dan Waktu Penyalaan	25
Tabel 4.1	Kandungan Air pada Batubara Secara Fisik	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Temperatur Pembakaran	56
Lampiran 2 Analisa Nilai Kalor	69





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang mempunyai kekayaan sumber daya energi yang sangat melimpah, salah satunya yaitu batubara. Sumber daya energi batubara diperkirakan sebesar 36.5 milyar ton, dengan sekitar 5.1 milyar ton dikategorikan sebagai cadangan terukur. Sumber daya ini sebagian besar berada di Kalimantan yaitu sebesar 61 %, di Sumatera sebesar 38 % dan sisanya tersebar di wilayah lain (Sugiyono Agus). Menurut sifatnya, batubara dapat dibagi menjadi 2 yaitu batubara berkualitas rendah atau *low rank carbon* (LRC) yang terdiri dari lignit sebesar 58.6 %, sub-bituminus sebesar 26.6 %, dan batubara berkualitas tinggi atau *high rank carbon* (HRC) yang terdiri dari bituminus sebesar 14.4 % dan sebesar antrasit 0.4 %.

Batubara yang mempunyai kualitas tinggi memiliki kandungan air yang rendah dan kandungan karbon yang tinggi, umumnya di ekspor ke luar negeri. Sedangkan batubara yang berkualitas rendah mempunyai kandungan air yang tinggi dan kandungan karbon yang rendah, umumnya mempunyai kendala dalam memanfaatkannya, karena mempunyai kandungan air bawaan (*inherent moisture*) yang tinggi sehingga kurang ekonomis dalam proses pengangkutannya/transportasi dan juga menimbulkan permasalahan dalam proses pembakaran. Selain itu adanya kandungan air yang tinggi akan mengurangi nilai kalori batubara sehingga diperlukan jumlah batubara yang banyak untuk proses pembakaran. Akibatnya, gas CO₂ yang dihasilkan akan lebih banyak juga sehingga akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dengan timbulnya efek rumah kaca yang akan berperan dalam proses pemanasan global.

Salah satu manfaat dari batubara yaitu untuk keperluan rumah tangga. Pemanfaatan batubara untuk rumah tangga yaitu dalam bentuk briket. Keunggulan dari briket batubara antara lain: mudah ditransportasi dan tidak mudah mengalami *auto-ignition*, tidak beresiko meledak. Akan tetapi permasalahan dalam pemanfaatan briket batubara untuk rumah tangga yaitu lamanya waktu yang

diperlukan untuk menyalakan briket, sehingga kurang praktis bila dibandingkan dengan bahan bakar lain. Untuk menyempurnakannya diperlukan teknologi dalam pengolahan briket batubara.

Untuk meningkatkan dan memperbaiki kualitas batubara yang memiliki kandungan air yang tinggi, salah satu prosesnya adalah dengan menggunakan *upgraded brown coal* (UBC) yaitu suatu proses penurunan kadar air dari batubara peringkat rendah menjadi menyerupai batubara peringkat tinggi (bituminus) untuk meningkatkan nilai kalori batubara peringkat rendah melalui penurunan kadar air bawaan dan air tersebut tidak kembali lagi ke dalam batubara (Datin *et al*, 2006).

Proses UBC bertujuan untuk menurunkan kadar air dalam batubara melalui proses penguapan. Penurunan kadar air yang akan diteliti tidak menggunakan proses pemanasan atau penguapan. Karena pada proses pemanasan diperlukan energi yang besar untuk mengatasi daya tarik antara molekul air dengan masing-masing lainnya dan *particulate material*. Kenyataannya, biaya untuk energi yang dibutuhkan untuk *thermall dry particulate material* lebih mahal dibandingkan dengan nilai material yang dihasilkan dan juga teknik *thermal drying* menimbulkan masalah lingkungan. (Datin *et al*, 2006)

Untuk itu diperlukan proses dewatering air yang lebih ramah lingkungan, dan lebih ekonomis yaitu dengan mengikat kandungan air dalam batubara dengan menggunakan bahan kimia. Dimana permukaan partikel yang diubah untuk membuat menjadi lebih hidrofobik. Bahan yang digunakan untuk mengikat kandungan air yaitu minyak goreng sisa penggunaan dari kegiatan rumah tangga “minyak jelantah”. Pemilihan bahan ini selain lebih ekonomis juga bisa mereduksi jumlah limbah minyak goreng sisa hasil penggorengan di rumah tangga dan mengurangi beban lingkungan dari sampah. Minyak goreng dapat mengurangi polusi karena kadar belerang yang lebih rendah. Selain itu pada proses pembakaran, minyak goreng menambah jumlah gas karbondioksida, karena minyak berasal dari tumbuhan (anomin, 2006)

Dari proses UBC dihasilkan batubara dalam bentuk briket dan diharapkan mempunyai nilai kalori yang sangat tinggi karena adanya kenaikan kadar karbon yang disebabkan berkurangnya kadar air dan juga turunnya kadar hidrogen dan oksigen sehingga akan berpengaruh terhadap temperatur penyalaan (T_{ig}) dan

waktu penyalaan (W_{ig}). Karena apabila zat volatile dan rasio Hidrogen/Carbon turun, maka ukuran partikel, abu, kandungan air, dan fixed carbon akan naik. Hal ini akan memperlambat penyalaan. Dengan adanya proses UBC diharapkan pemanfaatan briket batubara dalam sektor rumah tangga bisa lebih maksimum.

Dalam penelitian ini akan dilakukan uji pembakaran briket batubara hasil dari proses UBC yaitu dengan menitikberatkan pada pengaruh dari rasio perbandingan antara batubara dengan minyak goreng, serta pengaruh temperatur pemanasan terhadap temperatur penyalaan dan waktu penyalaan. Penelitian ini diharapkan briket hasil UBC dapat diperoleh temperatur penyalaan dan waktu penyalaan yang singkat dibandingkan dengan briket tanpa UBC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka dapat dirumuskan masalah-masalah yang perlu diteliti yaitu :

- Bagaimana pengaruh penambahan minyak goreng pada proses UBC terhadap kandungan air pada briket batubara.
- Bagaimana pengaruh temperatur pemanasan pada proses UBC terhadap kandungan air pada briket batubara.
- Bagaimana pengaruh batubara hasil proses UBC terhadap Temperatur Penyalaan (T_{ig}) dan waktu penyalaan (W_{ig}) dibandingkan dengan briket batubara tanpa menggunakan proses UBC.
- Bagaimana pengaruh batubara hasil proses UBC terhadap temperatur pembakaran.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Meneliti pengaruh penambahan minyak goreng atau minyak kelapa sawit terhadap kandungan air pada briket batubara hasil proses *Upgraded Brown Coal* (UBC) supaya waktu penyalaan < 8 menit.
2. Mengetahui sifat karakteristik dari batubara hasil proses *upgraded brown coal* (UBC) yaitu waktu penyalaan dan temperatur pembakaran.

1.4 Ruang Lingkup Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pembatasan yang berupa pembatasan peralatan, komponen dan kondisi operasi seperti berikut :

1. Batubara yang digunakan adalah batubara lignit
2. Briket batubara yang di teliti berbentuk bola dengan ukuran diameter 40 mm.
3. Rasio penambahan minyak goreng atau minyak kelapa sawit yaitu 1:1, 1:2, 1:3.
4. Variasi temperatur pemanasan yaitu 150⁰C, 200⁰C dan 250⁰C
5. Temperatur dinding *furnace* dijaga konstan yaitu 300⁰C.
6. Kecepatan aliran udara dijaga pada 0.2 m/s yang diukur di dalam *furnace* pada keadaan dingin.
7. Variabel Terikat : Temperatur pemanasan pada proses UBC dan rasio antara minyak dan batubara
8. Variabel Bebas : waktu penyalaan dan temperatur pembakaran.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan seminar penelitian ini terdiri atas 3 bab utama yaitu :

a. BAB 1 Pendahuluan

Dalam bab ini dijelaskan tentang semua hal yang mendasari dilakukannya penelitian ini, perumusan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan laporan penelitian.

b. BAB 2 Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini dijelaskan semua teori yang mendasari penelitian yang dilakukan, metode-metode yang dilakukan dari penelitian-penelitian sebelumnya.

c. BAB 3 Metode Penelitian

Dalam bab ini dijelaskan tentang urutan langkah penelitian yang dilakukan di laboratorium, yaitu mengenai bahan yang digunakan, alat yang

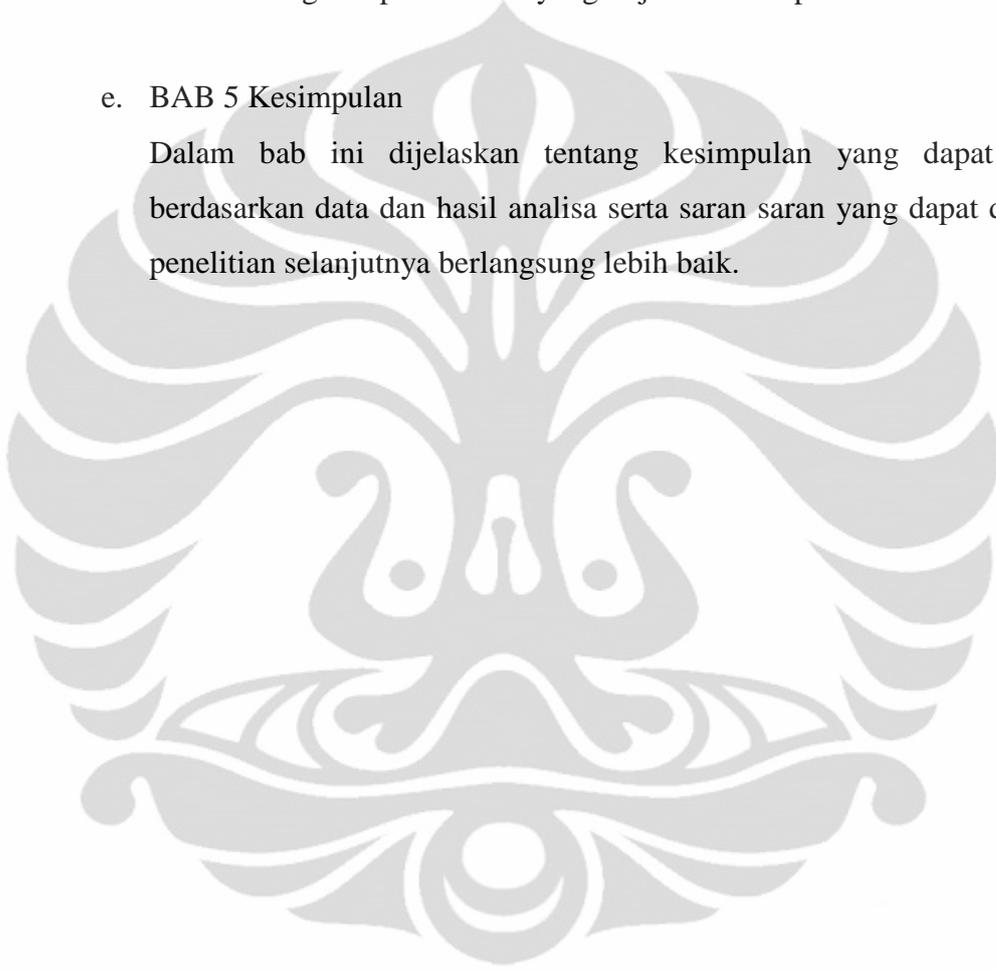
digunakan, proses upgraded brown coal (UBC), proses briking dan analisa pembakaran.

d. BAB 4 Pembahasan

Dalam bab ini dijelaskan tentang hasil pengolahan data percobaan dan analisa mengenai phenomena yang terjadi selama percobaan berlangsung.

e. BAB 5 Kesimpulan

Dalam bab ini dijelaskan tentang kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan data dan hasil analisa serta saran saran yang dapat dilakukan penelitian selanjutnya berlangsung lebih baik.

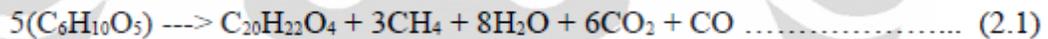


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Proses mengubah tumbuhan menjadi batubara disebut dengan pematubaraan (*coalification*). Batubara terbentuk dari tumbuhan purba yang berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Karena berasal dari material organik yaitu selulosa, batubara tergolong mineral organik. Reaksi pembentukan batubara adalah sebagai berikut: (Sukandarumidi,1995/ www.scribd.com)



$C_{20}H_{22}O_4$ adalah batubara, dapat berjenis lignit, sub-bituminus, bituminus, atau antrasit, tergantung dari tingkat pematubaraan yang dialami. Konsentrasi unsur C akan semakin tinggi seiring dengan tingkat pematubaraan yang semakin berlanjut. Sedangkan gas-gas yang terbentuk yaitu metan, karbon dioksida serta karbon monoksida, dan gas-gas lain yang menyertainya akan masuk dan terperangkap di celah-celah batuan yang ada di sekitar lapisan batubara.

2.1.1 Jenis-jenis Batubara

Batubara merupakan suatu campuran padatan yang heterogen dan terdapat di alam dalam tingkat yang berbeda mulai dari lignit, sub-bituminus, bituminus, dan antrasit.

Tabel 2.1 Jenis Batubara

No	Jenis	Nyala (menit)	Nilai Kalor (kal/gr)
1	Antrasit	5-10	7.222-7.778
2	Semi Antrasit	9-10	5.100-7.237
3	Bituminus	10-15	4.444-8.333
4	Sub-bituminus	10-20	4.444-6.111
5	Lignit	15-20	3.056-4.611

(sumber: Sukandarrumidi, 1995)

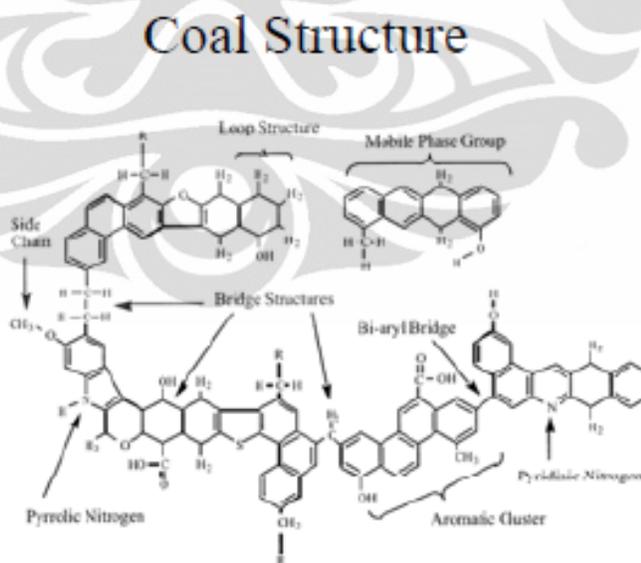
Klasifikasi batubara berdasarkan sifat fisiknya.

- a. Sifat batubara jenis antrasit
Berwarna hitam sangat mengkilat, kompak, nilai kalor sangat tinggi, kandungan karbon sangat tinggi, dan kandungan sulfur sangat tinggi.
- b. Sifat batubara jenis semi antrasit
Berwarna hitam mengkilat, kompak, nilai kalor tinggi, kandungan karbon tinggi, dan kandungan sulfur tinggi.
- c. Sifat batubara jenis bituminous
Berwarna hitam mengkilat, kurang kompak, nilai kalor tinggi, kandungan karbon relatif tinggi, kandungan air sedikit, kandungan abu sedikit, dan kandungan sulfur sedikit.
- d. Sifat batubara jenis lignit
Berwarna hitam, sangat rapuh, nilai kalor rendah, kandungan karbon sedikit, kandungan air tinggi, kandungan abu tinggi, dan kandungan sulfur juga tinggi.

Batubara yang digunakan dalam penelitian ini adalah batubara lignit yang merupakan batubara coklat yang memiliki nilai kalor < 5100 kal/g serta mengandung air 35-75% dari beratnya.

2.1.2 Struktur Molekul Batubara

Material organik batubara terbentuk dari makromolekul yang memiliki berat molekul ratusan sampai ribuan atau lebih, yang tersusun dari unit dasar berupa cincin benzena (*benzene ring*) dan cincin aromatik polinukleus (*polynucleus aromatic ring*) yang gugus fungsionalnya (misalnya gugus metil atau gugus hidroksil) saling berikatan. Unit – unit dasar tersebut terhubung dengan ikatan metilen, ikatan ether, dan ikatan lain. Adapun makromolekul itu sendiri terhubung dengan ikatan nonkovalen seperti ikatan $\pi-\pi$ (ikatan Van der Waals bertipe *aromatic flat space*), ikatan hidrogen, ikatan ion, dan ikatan lainnya, membentuk struktur jaringan 3 dimensi yang kuat. Dari hasil penelitian, interaksi di antara molekul – molekul tersebut ternyata diketahui sebagai faktor yang mempengaruhi perubahan sifat material dan karakteristik reaksi termokimia pada batubara saat mendapat perlakuan panas.



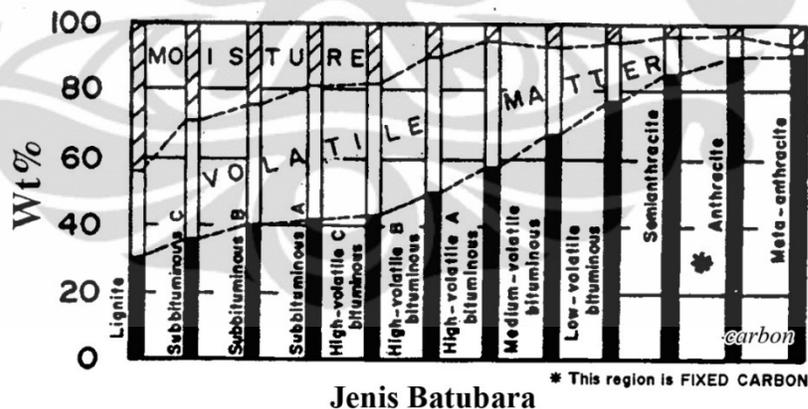
Gambar 2.1 Struktur batubara

2.1.3 Komponen-komponen Dalam Batubara

Secara garis besar batubara terdiri dari komponen-komponen berikut:

- Batubara murni (*pure coal*), yaitu zat-zat organik yang merupakan jaringan karbon dan hidrogen (hidrokarbon) serta sejumlah kecil nitrogen, sulfur dan oksigen yang terikat secara organik.
- Bahan-bahan mineral (*mineral matter*), yang terdiri dari zat-zat anorganik yang akan menjadi abu bila batubara dibakar seperti lempung, batu pasir dan zat-zat lain seperti sulfur oksida serta karbondioksida.
- Air (*moisture*), yang terdiri dari air yang terdapat di dalam batubara (*inherent moisture*) serta air yang terdapat pada permukaannya (*free moisture*).

Tergantung dari jenis batubaranya, proporsi antara ketiga komponen tersebut berbeda-beda. Gambar 2.2 menunjukkan proporsi yang umumnya ditemukan di kebanyakan batubara tanpa memperhitungkan kadar abu.



Gambar 2.2 Proporsi kandungan karbon, moisture dan volatile matter pada berbagai jenis batubara
Sumber : Bartok, W. & Sarofim, A. F., 1991

Untuk mengetahui secara mendalam karakteristik yang dimiliki suatu batubara, perlu dilakukan serangkaian pengujian. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui

karakteristik dari batubara adalah dengan melakukan analisis kimia, yang termasuk kedalam analisis kimia meliputi:

- Analisa proksimasi, yaitu berupa penentuan kandungan air, zat terbang (*volatile matter*), persentase abu, dan karbon tetap dalam batubara. Selain itu analisis proksimasi juga dilakukan untuk mengetahui sifat reaktivitas penyalaan dan pembakaran batubara, dan data yang diperoleh tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam perancangan *boiler*.
- Analisa ultimasi, yaitu berupa penentuan kadar unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), sulfur (S), dan oksigen (O). Analisis ini berguna untuk perhitungan persentase udara minimum pada pembakaran sempurna, perhitungan udara berlebih, konsentrasi gas buang serta perhitungan rasio atom oksigen-karbon (O/C) dan rasio hidrogen-carbon (H/C).

2.1.4 Mineral Dalam Batubara

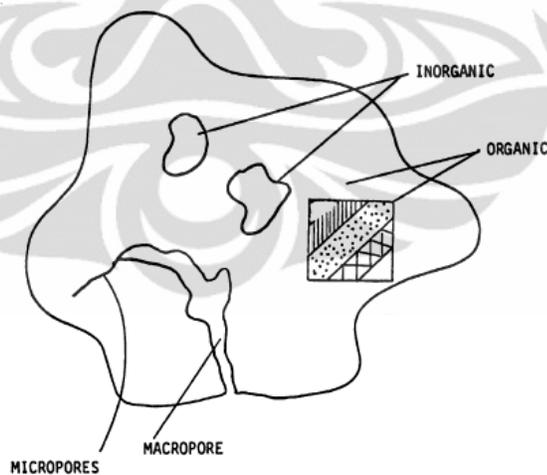
Komposisi, model keberadaan, dan kondisi sebaran mineral dalam batubara merupakan karakteristik mendasar yang pokok untuk menjelaskan sifat serta mekanisme pembentukan abu batubara pada pembakaran suhu tinggi dan pada proses gasifikasi batubara. (Imam Budiraharjo, 2009)

Mineral utama:

- mineral lempung, misalnya *kaolinite* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$).
- karbonat, misalnya *calcite* (CaCO_3).
- sulfide, misalnya *pyrite* (FeS_2).
- oksida, misalnya *quartz* (SiO_2).
- Logam berikatan organik: *ion exchangeable* metal ($\text{R}-\text{COO}^-\text{Na}^+$, dll).

2.1.5 Sifat Fisik dan Kimia Batubara

Secara struktural, batubara merupakan sistem yang kompleks (pada Gambar 2.3). Bahan organik mendominasi, biasanya 85-95% (wt/wt) dari batubara kering. Bahan-bahan organik terjadi di berbagai jenis petrografi yang berbeda, yang disebut "macerals", yang mencerminkan sifat dari bahan *plant* prekursor. Berbagai bahan anorganik, khususnya aluminosilikat dan pirit (terutama pada high-sulfur batubara), terdiri 5-15% dari batubara. Elemen dari ketiga struktur tersebut, dan mungkin fitur yang paling khas bila dibandingkan dengan lain sumber bahan bakar padat, fosil seperti minyak bumi dan serpih minyak, adalah sebuah jaringan pori yang luas. Pori batubara ini memberikan luas permukaan yang tinggi ($> 100 \text{ m}^2 / \text{g}$ untuk bituminus dan sub-bituminous batubara dan lignit) dan volume yang cukup ruang pori, yang memungkinkan akses ke fraksi yang signifikan dari bahan organik. (Levine *et al*, 1981)



Gambar 2.3 Diagram dari unsur pokok batubara: bahan organik, pecahan dari *plant debris* (maceral), inclusion inorganik, jaringan luas pori

(Levin *et al*, 1981)

2.2 Hidrofobisitas Batubara

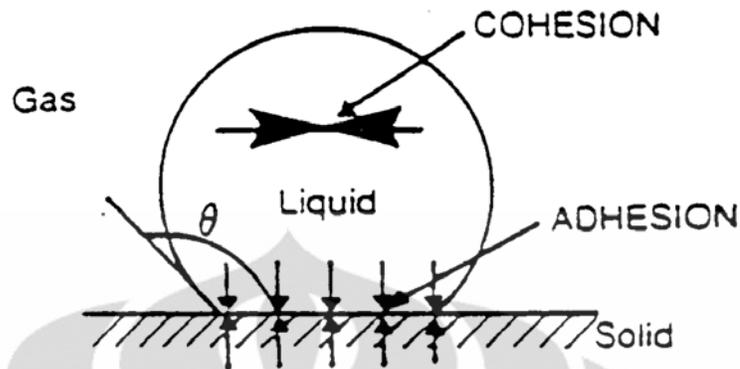
2.2.1 Teori Hidrofobisitas

Padatan hidrofobik yaitu menunjukkan bagian atau tidak sempurnanya wettability oleh air. Jumlah padatan menunjukkan variasi kebebasan dari hidrofobisitas ketika permukaannya mulai terbentuk (Leja, 1983). Padatan ini adalah salah satu organik misalnya hidrokarbon, paraffin, grafit, tar, bitumen dan batubara, atau inorganic misalnya sulfur, *talc* dan *molybdenit*.

Untuk menjelaskan hidrofobisitas, (Gaudin, 1957) menunjukkan bahwa selama proses formasi permukaan padatan sisa hidrofobik secara alami jika terjadi kerusakan atau perpecahan tanpa putusannya ikatan interatomik lainnya dari residu. Permukaan ini hanya dapat berinteraksi dengan lingkungan *aqueous* melewati tekanan dispersi. Kerusakan dari ikatan kovalen atau ikatan ion ke arah hidroksilasi atau ionisasi pada permukaan, yang mana membelok membuat permukaan padatan menjadi hidrofilik. Hidrofobisitas padatan (*water rejection*) menurun dengan kenaikan jumlah *polar site* (hidroksil atau ionik) pada permukaan mineral. Melalui *polar site* ini air menjadi tertarik ke permukaan.

Menurut Frumkin dan Dierriagin (in Klassen, 1966) hidrasi rendah dari permukaan mineral mengindikasikan kuatnya hidrofobisitas, mengingat hidrasi tinggi indikasi dari hidrofobisitas. Jika dilihat dari teori ini, tiga tipe dari *film*, *disjoining* partikel dan *bubble*, bisa menciptakan hasil dari hidrasi permukaan : stabil, *metastabel*, dan *unstable*. Ketidakstabilan lapisan air dibandingkan ke *bulk* air. Dengan kata lain, dekatnya permukaan non-polar molekul air yang berdekatan menentukan konfigurasi yang tidak menguntungkan (Laskowski dan Kitchener, 1969).

Gambar 2.3 menggambarkan *a sessile liquid droplet resting* pada permukaan datar. Nilai kerja kohesi cairan dan kerja adhesi cairan ke padatan menentukan kontak sudut pada *interface* padatan/liquid/gas.



Gambar 2.4 Efek kerja kohesi dan adhesi cairan ke padatan pada *solid wettability* (Laskowski, 1992)

2.2.2 Karakter Hidrofobik Batubara

Batubara adalah dianggap hidrofobik alami. Permukaan batubara ini yang mana mengendalikan mekanisme interaksi dengan air, dan oleh karena itu menentukan karakter hidrofilik-hidrofobik batubara. Sifat permukaan batubara mungkin sangat berbeda dari sifat *bulk solid*, misalnya dalam hal permukaan oksidasi, atau selektif adsorpsi.

Menurut Gaudin (1957), hidrofobitas adalah hanya mungkin untuk padatan yang mana terjadi kerusakan atau perpecahan tanpa putusya ikatan interatomik lainnya dari residu. Kondisi termodinamik untuk hidrofilik, menyatakan secara tidak langsung bahwa kecepatan daya tarik air ke permukaan padatan adalah ikatan hidrogen (melewati permukaan kelompok hidroksil), atau kecepatan timbul dari perubahan elektrik pada *interface*.

Dalam batubara, gugus fungsi oksigen misalnya hidroksil, karbonil, atau karboksil terjadi salah satunya hasil dari oksidasi atau sebagai bagian dari struktur batubara. Jumlah dan tipe groups ini diganti dengan tingkat dari batubara, misalnya dilakukan banyak sifat lainnya. Kandungan gugus fungsi oksigen dan tipe batubara, sering digunakan untuk menghubungkan perubahan sifat permukaan dari jenis tingkat batubara. (Blom *et al*, 1957).

2.3 *Upgraded Brown Coal (UBC)*

Teknologi UBC merupakan proses penurunan kandungan air bawaan batubara peringkat rendah menjadi menyerupai batubara peringkat tinggi (bituminus) sehingga nilai kalor batubara tersebut meningkat. (Datin *et al*, 2006).

Penurunan kadar air dalam batubara, dapat dilakukan dengan cara mekanik atau perlakuan panas. Pengeringan cara mekanik efektif untuk mengurangi kadar air bebas dalam batubara basah, sedangkan penurunan kadar air lembab harus dilakukan dengan cara pemanasan.

Proses pemanasan batubara sampai temperatur tertentu menyebabkan terjadinya perubahan komposisi batubara. Dengan memanaskan batubara, terjadi perubahan kimia karena menguapnya air lembab, dekomposisi gugus karboksil, penyusutan gas-gas hidrogen dan oksigen kompleks serta aromatisasi. Komposisi dan sifat produk akhir akan bermacam-macam tergantung pada temperatur pemanasan.

Pada proses pemanasan, terjadi reaksi kimia yang menghasilkan produk gas atau cairan yang banyak berhubungan dengan sistem pori batubara. Kehilangan sejumlah massa bahan-bahan penyusun batubara melalui pori menyebabkan terjadinya kekosongan pada pori tersebut. Oleh sebab itu, sifat fisik yang memegang peranan penting pada proses pemanasan adalah sifat porositas. Porositas batubara tersebut menyangkut sistem pori yang dimiliki. Porositas batubara dapat menyebabkan terjadinya difusi keluar uap air, metana dan zat lain yang mudah menguap dari batubara selama terjadi pemanasan.

Untuk proses UBC sebagai aditif digunakan minyak residu yang merupakan suatu senyawa organik yang beberapa sifat kimianya mempunyai kesamaan dengan batubara. Dengan kesamaan sifat kimia tersebut, minyak residu yang masuk ke dalam pori batubara akan kering kemudian bersatu dengan batubara. Lapisan minyak ini

cukup kuat dan dapat menempel pada waktu yang cukup lama sehingga batubara dapat disimpan di tempat terbuka untuk jangka waktu cukup lama (Couch, 1990).

2.4 Minyak Goreng

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar dan biasanya digunakan untuk menggoreng bahan makanan (Wikipedia, 2009). Minyak goreng berfungsi sebagai pengantar panas, penambah rasa gurih, dan penambah nilai kalori bahan pangan.

2.4.1 Sifat Minyak Goreng

Sifat-sifat minyak goreng dibagi ke sifat fisik dan sifat kimia (Ketaren, 1986), yakni:

2.4.1.1 Sifat Fisik

1. Warna

Terdiri dari 2 golongan, golongan pertama yaitu zat warna alamiah, yaitu secara alamiah terdapat dalam bahan yang mengandung minyak dan ikut terekstrak bersama minyak pada proses ekstraksi. Zat warna tersebut antara lain α dan β karoten (berwarna kuning), xantofil, (berwarna kuning kecoklatan), klorofil (berwarna kehijauan) dan antosyanin (berwarna kemerahan). Golongan kedua yaitu zat warna dari hasil degradasi zat warna alamiah, yaitu warna gelap disebabkan oleh proses oksidasi terhadap tokoferol (vitamin E), warna coklat disebabkan oleh bahan untuk membuat minyak yang telah busuk atau rusak, warna kuning umumnya terjadi pada minyak tidak jenuh.

2. Bau dan rasa, terdapat secara alami dalam minyak dan juga terjadi karena pembentukan asam-asam yang berantai sangat pendek.

3. Kelarutan, minyak tidak larut dalam air kecuali minyak jarak, dan minyak sedikit larut dalam alkohol, etil eter, karbon disulfida dan pelarut-pelarut halogen

4. Titik cair dan *polymerphism*

Asam lemak tidak memperlihatkan kenaikan titik cair yang linier dengan bertambahnya panjang rantai atom karbon. Asam lemak dengan ikatan *trans* mempunyai titik cair yang lebih tinggi daripada *isomer* asam lemak yang berikatan *cis*.

Polymerphism pada minyak dan lemak adalah suatu keadaan dimana terdapat lebih dari satu bentuk kristal. *Polymerphism* sering dijumpai pada beberapa komponen yang mempunyai rantai karbon panjang dan pemisahan kristal-kristal tersebut sangat sukar. Namun demikian untuk beberapa komponen, bentuk dari kristal-kristal sudah dapat diketahui.

5. Titik didih, titik didih akan semakin meningkat dengan bertambah panjangnya rantai karbon asam lemak tersebut.

6. Bobot jenis

Bobot jenis dari minyak dan lemak biasanya ditentukan pada temperatur 25°C, akan tetapi dalam hal ini dianggap penting juga untuk diukur pada temperatur 40°C atau 60°C untuk lemak yang titik cairnya tinggi.

7. Indeks bias

Indeks bias adalah derajat penyimpangan dari cahaya yang dilewatkan pada suatu medium yang cerah. Indeks bias pada minyak dan lemak dipakai untuk pengenalan unsur kimia dan pengujian kemurnian minyak/lemak.

Indeks bias ini akan meningkat pada minyak atau lemak dengan rantai karbon yang panjang dan juga dengan terdapatnya sejumlah ikatan rangkap. Nilai indeks bias dari asam lemak juga akan bertambah dengan meningkatnya bobot molekul, selain dengan naiknya ketidakteraturan dari asam-asam lemak tersebut.

8. Titik lunak

Titik lunak dari minyak lemak ditetapkan dengan maksud untuk mengidentifikasi minyak atau lemak tersebut, dimana titik tersebut adalah temperatur pada saat permukaan dari minyak atau lemak dalam tabung kapiler mulai naik setelah didinginkan

9. Titik lebur

Titik lebur pada minyak dan lemak akan semakin tinggi dengan semakin panjangnya rantai atom C.

10. Titik asap, titik nyala dan titik api

Pada minyak atau lemak dapat dilakukan penetapan titik asap, titik nyala dan titik api. Titik asap adalah temperatur pada saat lemak atau minyak menghasilkan asap tipis yang kebiru-biruan pada pemanasan. Titik nyala adalah temperatur pada saat campuran uap dan minyak dengan udara mulai terbakar. Sedangkan titik api adalah temperatur pada saat dihasilkan pembakaran yang terus menerus sampai habisnya contoh uji.

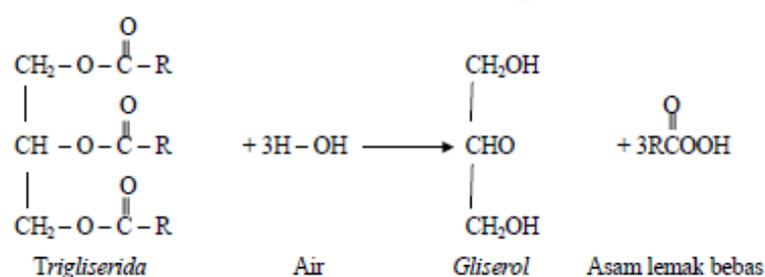
11. *Shot melting point*

Shot melting point adalah temperatur pada saat terjadi tetesan pertama dari minyak atau lemak. Pada umumnya lemak atau minyak mengandung komponen-komponen yang berpengaruh terhadap titik cairnya.

2.4.1.2 Sifat Kimia

1. Hidrolisa, dalam reaksi hidrolisa, minyak akan diubah menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisa yang dapat menyebabkan kerusakan minyak atau lemak terjadi karena terdapatnya sejumlah air dalam minyak tersebut. Proses ini dapat menyebabkan terjadinya *Hydrolitic Rancidity* yang menghasilkan aroma dan rasa tengik pada minyak/lemak.

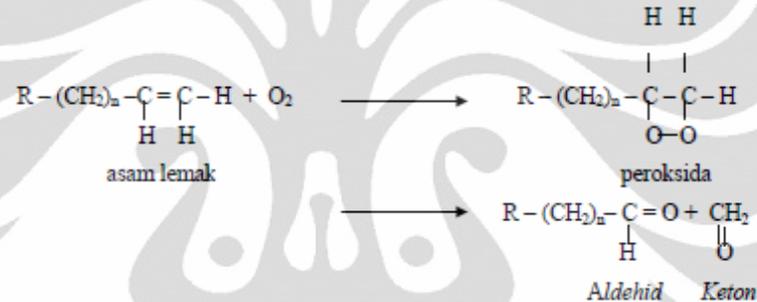
Reaksi :



2. Oksidasi

Reaksi ini menyebabkan ketengikan pada minyak/lemak. terdapatnya sejumlah O₂ serta logam-logam seperti tembaga (Cu), seng (Zn) serta logam lainnya yang bersifat sebagai katalisator *oksidasi* dari minyak/lemak. Proses *oksidasi* ini akan bersifat sebagai *katalisator* pembentukan aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas yang akan menimbulkan bau yang tidak disenangi. Proses ini juga menyebabkan terbentuknya *peroksida*. Untuk mengetahui tingkat ketengikan minyak/lemak dapat ditentukan dengan menentukan jumlah *peroksida* yang terbentuk pada minyak/lemak tersebut.

Reaksi:



3. Hidrogenasi, proses hidrogenasi bertujuan untuk menumbuhkan ikatan rangkap dari rantai karbon asam lemak pada minyak. Reaksi *hidrogenasi* ini dilakukan dengan menggunakan hidrogen murni dan ditambahkan serbuk nikel sebagai katalisator. Setelah proses *hidrogenasi* selesai, minyak didinginkan dan katalis dipisahkan dengan cara penyaringan.
4. Esterifikasi, proses esterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-asam lemak dari trigliserida dalam bentuk ester. Dengan menggunakan prinsip reaksi ini hidrokarbon rantai pendek dalam asam lemak yang menyebabkan bau tidak enak, dapat ditukar dengan rantai panjang yang bersifat tidak menguap.

2.4.2 Faktor-faktor Pemanasan yang Dapat Menyebabkan Kerusakan Minyak

1. Lamanya minyak kontak dengan panas

Berdasarkan penelitian terhadap minyak jagung, pada pemanasan 10-12 jam pertama, bilangan iod berkurang dengan kecepatan konstan, sedangkan

jumlah oksigen dalam lemak bertambah dan selanjutnya menurun setelah pemanasan 4 jam kedua berikutnya. Kandungan persenyawaan karbonil bertambah dalam minyak selama prose pemanasan, kemudian berkurang sesuai dengan berkurangnya jumlah oksigen.

2. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kerusakan minyak telah diselidiki dengan menggunakan minyak jagung yang dipanaskan selama 24 jam pada suhu 120⁰C, 160⁰C dan 200⁰C. Minyak dialiri udara pada 150ml/menit/kilo. Minyak yang dipanaskan pada suhu 160⁰ dan 200⁰C menghasilkan bilangan peroksida lebih rendah dibandingkan dengan pemanasan pada suhu 120⁰C. Hal ini merupakan indikasi bahwa persenyawaan peroksida bersifat tidak stabil terhadap panas. Kenaikan nilai kekentalan dan indek bias paling besar pada suhu 200⁰C, karena pada suhu tersebut jumlah senyawa polimer yang terbentuk relative cukup besar.

3. Akselerator Oksidasi

Kecepatan aerasi juga memegang peranan penting dalam menentukan perubahan-perubahan selama oksidasi thermal. Nilai kekentalan naik secara proporsional dengan kecepatan aerasi, sedangkan bilangan iod semakin menurun dengan bertambahnya kecepatan aerasi. Konsentrasi persenyawaan karbonil akan bertambah dengan penurunan kecepatan aerasi. Senyawa karbonil dalam lemak-lemak yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai pro-oksidan atau sebagai akselerator pada proses oksidasi.

2.4.3 Minyak Jelantah

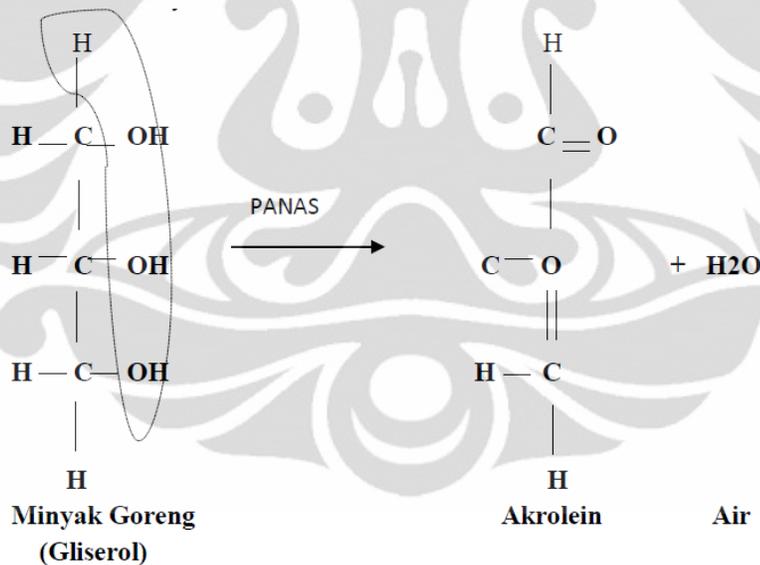
Minyak goreng berulang kali atau yang lebih dikenal dengan minyak jelantah adalah minyak limbah yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya, minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga umumnya, dapat di gunakan kembali untuk keperluan kuliner, akan tetapi bila ditinjau dari komposisi kimianya,

minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan.(Sitepoe, 2008)

Dan bila dilihat dari segi bahaya penggunaannya, menurut penelitian yang dilakukan oleh Artika tahun 2009 menyebutkan bahwa minyak goreng berulang kali supaya tidak digunakan lebih dari 2 kali. Hal ini berkaitan dengan peningkatan kandungan asam lemak trans yang mulai mengalami peningkatan pada saat penggunaan yang kedua.

Menurut Ketaren (2005), tanda awal dari kerusakan minyak goreng adalah terbentuknya akrolein pada minyak goreng. Akrolein ini menyebabkan rasa gatal pada tenggorokan pada saat mengonsumsi makanan yang digoreng menggunakan minyak goreng berulang kali. Akrolein terbentuk dari hidrasi gliserol yang membentuk aldehida tidak jenuh atau akrolein.

Skema proses terbentuknya akrolein :



Minyak goreng sangat mudah untuk mengalami oksidasi (Ketaren, 2005). Maka, minyak goreng berulang kali atau yang disebut minyak jelantah telah mengalami penguraian molekul-molekul, sehingga titik asapnya turun drastis, dan bila disimpan dapat menyebabkan minyak menjadi berbau tengik. Bau tengik dapat terjadi karena penyimpanan yang salah dalam jangka waktu tertentu menyebabkan pecahnya ikatan trigliserida menjadi gliserol dan FFA (*free fatty acid*) atau asam

lemak jenuh. Selain itu, minyak goreng ini juga sangat disukai oleh jamur aflatoksin. Jamur ini dapat menghasilkan racun aflatoksin yang dapat menyebabkan penyakit pada hati (Aprilio, 2010).

2.5 Briket Batubara

Briket batubara adalah bahan bakar padat dengan bentuk dan ukuran yang sesuai, terdiri dari partikel-partikel batubara halus atau kokas, yang dimampatkan dengan gaya tertentu atau tanpa bahan pengikat, sehingga bahan bakar tersebut lebih mudah ditangani dan dimanfaatkan. Briket dibuat dari batubara jenis coklat dan lignit pada umumnya tidak diperlukan bahan pengikat (seperti : tar, aspal, bitumen, kanji), sedangkan untuk jenis bituminous dan antrasit pada umumnya dibutuhkan bahan pengikat antara 3%-12% dari massa totalnya. Bahan imbuhan juga harus dipilih dari kualitas yang baik agar dapat berfungsi optimal sebagai perekat, mempercepat nyala, serta menyerap emisi dan zat-zat berbahaya lainnya. Batubara dan bahan imbuhan (pencampuran) ini dihaluskan secara terpisah sampai diperoleh ukuran tertentu, selanjutnya dicampurkan dengan memakai pencampur mekanis, untuk kemudian dicetak ke dalam bentuk kemasan tertentu.

Batubara dengan kadar pengotor yang rendah akan menghasilkan emisi yang rendah pula. Sementara bahan imbuhan yang digunakan biasanya berupa kapur (*lime*) yang dapat mengikat senyawa beracun, biomassa untuk mempercepat dan memudahkan proses pembakaran dan menyerap emisi, serta lempung, kanji atau tetes tebu (*molase*) sebagai zat perekat.

Ada tiga jenis briket batubara yang berbeda-beda komposisinya, yaitu

1. Briket batubara biasa, campuran berupa batubara mentah dan zat perekat (biasanya lempung). Sangat sederhana dan biasanya berkualitas rendah.
2. Briket batubara terkarbonisasi, batubara yang digunakan di karbonisasi (di pirolisis) terlebih dulu dengan cara membakarnya pada temperatur tertentu sehingga sebagian besar zat pengotor, terutama zat terbang hilang. Dengan bahan

perekat yang baik, briket batubara yang dihasilkan akan menjadi sangat baik dan rendah emisinya.

3. Briket bio-batubara, atau dikenal dengan bio-briket, selain kapur dan zat perekat, ke dalam campuran ditambahkan bio-masa sebagai substansi untuk mengurangi emisi dan mempercepat pembakaran. Bio-masa yang biasanya digunakan berasal dari ampas industri agro (seperti bagas tebu, ampas kelapa sawit, sekam padi, dan lain-lain) atau sebuk gergaji.

Kekuatan briket yang diperoleh dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya :

- Besarnya tekanan pembriketan
- Kadar dari bahan pengikat
- Cara pencampuran
- Jumlah air dalam adonan
- Sebaran ukuran butir semikokas.

Beberapa syarat yang perlu diperhatikan untuk briket batubara yang baik adalah:

1. Mudah dinyalakan.
2. Tidak mengeluarkan asap dan bau yang berlebihan pada saat dinyalakan.
3. Gas pembakaran tidak mengandung gas beracun.
4. Secara fisik briket harus kuat dan tidak mudah pecah jika ditransportasikan.
5. Kedap air dan tidak berjamur atau degradasi jika disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama.
6. Memiliki kandungan abu yang cukup rendah.
7. Mempunyai temperatur pembakaran yang tetap ($\pm 350^{\circ}\text{C}$) dalam jangka waktu yang cukup panjang (8 – 10 jam).
8. Harga dapat bersaing dengan bahan bakar lain.

Briket batubara memiliki keterbatasan yaitu waktu penyalaan awal memakan waktu 5 – 10 menit dan diperlukan sedikit penyiraman minyak tanah sebagai

penyalaaan awal, briket batubara hanya efisien jika digunakan untuk jangka waktu di atas 2 jam.

Tabel 2.2 Perbandingan Pemakaian Minyak Tanah dengan Briket (Nilai Ekonomi)

No	Penggunaan	Minyak Tanah	Briket	Penghematan
1	Rumah tangga 3 ltr/hari	Rp 9000/hari	Rp 5400/hari	Rp 3600/hari
2	Warung makan 10 ltr/hari	Rp 30.000/hari	Rp 18000/hari	Rp 3600/hari
3	Industri kecil 25 ltr/hari	Rp 75.000/hari	Rp 45000/hari	Rp 3600/hari
4	Industri menengah 1000 ltr/hari	Rp 2.000.000/hari	Rp 1.502.450/hari	Rp 3600/hari

(sumber ; pt. ba, bppt)

Tabel 2.3 Perbandingan antara minyak tanah dengan Briket

No	Parameter	Minyak Tanah	Briket
1	Nilai kalor	9000 kkal/ltr	5.400 kkal/kg
2	Ekuivalen	1 ltr	1,60 kg
3	Biaya	Rp 2.800	Rp 1.300

(sumber ; pt. ba, bppt)

Briket batubara yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan proses *Upgraded Brown Coal* (UBC), dimana batubara yang mempunyai kandungan karbon yang rendah dan kandungan air yang tinggi diproses dengan menggunakan UBC sehingga menghasilkan batubara yang mempunyai kadar karbon yang tinggi dan nilai kalori yang tinggi. Adapun analisa kelayakan ekonomi dari briket batubara setelah dilakukan proses UBC, yaitu

Energi listrik yang digunakan untuk pemanasan pada proses UBC :

$$\text{Kompor listrik @ 900 W} \longrightarrow \frac{\text{daya listrik}}{\eta} = \frac{900 \text{ J/s}}{0,65} = 1384,6 \text{ J/s}$$

Biaya Pemanasan @ 1 Jam= 900/ 1000 x Rp 200	= Rp. 180
Harga Batubara @ Rp. 2500 2 kg	= Rp. 5000
Harga CPO @ Rp. 5000 25% x 2 kg	= Rp. 2500
Total Biaya proses UBC	= Rp. 7680

Harga Briket tanpa UBC = Rp 5000

Bila dibandingkan dengan Briket tanpa UBC :

$$\% \text{ Perbandingan} = \frac{7680 - 5000}{5000} \times 100\% = 53.6\%$$

Perbandingan Nilai Kalor :

Heating value awal 4617 kal/gram

Kenaikan heating value setelah UBC 7242kal/gram

$$\% \text{ kenaikan} = \frac{7242 - 4617}{4617} \times 100 \% = 55.7 \%$$

Dari perbandingan kedua persentase di atas, nilai ekonomi tidak terlalu signifikan. Harus dilakukan usaha untuk menekan kenaikan biaya proses UBC yaitu dengan cara daur ulang (*recycle*) minyak jelantah hasil dari UBC.

2.6 Penyalaan Briket Batubara

2.6.1 Mekanisme Penyalaan

Penyalaan briket batubara berhubungan dengan karakteristik sifat pembakaran batubara yang mempunyai tahap-tahap tertentu, yaitu menguapkan uap air, membakar zat terbang, dan membakar karbon. Sementara itu waktu penyalaan berkaitan dengan durasi panas yang diproduksi briket batubara. Akibat dari karakteristik sifat pembakaran batubara, setiap tahap pembakaran memiliki temperatur berbeda. Suhu puncak panas baru diperoleh pada saat awal tahap pembakaran karbon. Temperatur penyalaan (T_{ig}) didefinisikan sebagai temperatur terendah yang harus dicapai batubara untuk memulai pembakaran (ditunjukkan oleh Tabel 2.4). Sedangkan waktu

penyalaan (W_{ig}) adalah waktu mulai batubara masuk sampai nyala api pada saat tercapainya temperatur penyalaan (ditunjukkan oleh Tabel 2.5). Terjadinya penyalaan dapat dilihat sebagai tercapainya temperatur minimum untuk penyalaan, terbentuk api, berlanjutnya reaksi pembakaran antara batubara dengan oksigen, kenaikan temperatur yang sangat cepat, atau laju panas yang terbentuk melebihi laju panas yang hilang.

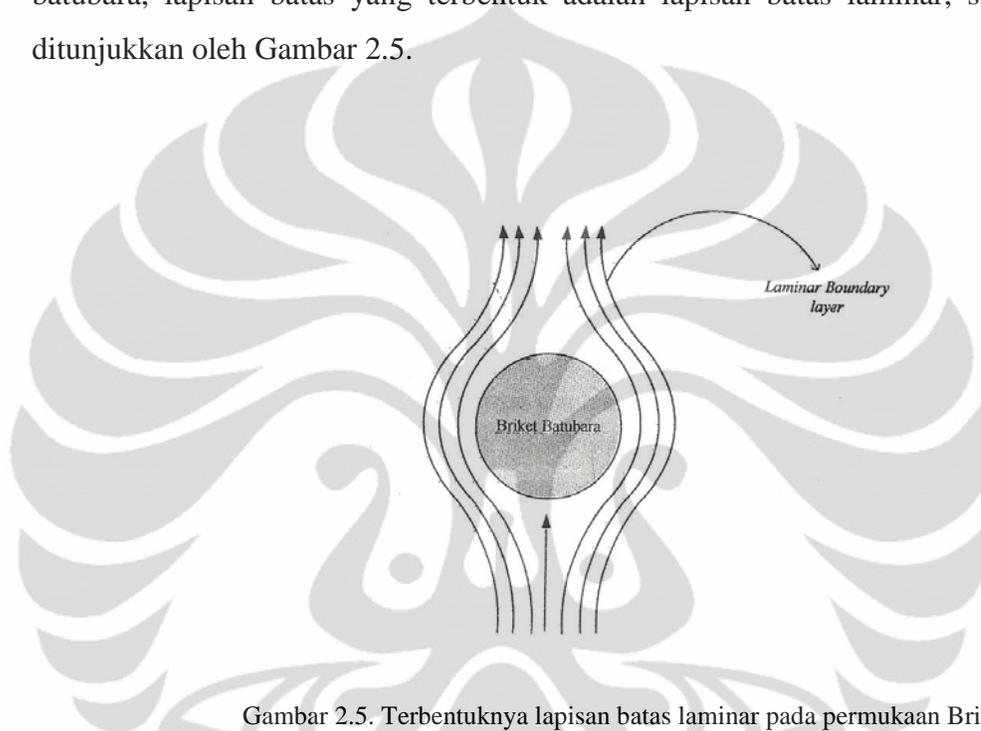
Tabel 2.4. Temperatur Penyalaan beberapa Bahan Bakar
(sumber: R.A, Koestoer, et al)

Bahan Bakar	Rumus Empiris	Zat Volatile (%)	Temperatur Penyalaan ($^{\circ}\text{C}$)
Antrasit	$\text{CH}_{0,4}$	3	600
Batubara Bituminous	$\text{CH}_{0,8}$	35	500
Char Bituminous	$\text{CH}_{0,3}$	2	550
Lignit	$\text{CH}_{0,8}$	40	400
Minyak Residu	$\text{CH}_{1,7}$	95	325
Minyak Distilasi	$\text{CH}_{1,9}$	98	275
Hidrogen	H_2	100	580
Carbon monoksida	CO	100	630
Metan	CH_4	100	690

Tabel 2.5 Pengaruh perubahan beberapa Parameter terhadap Temperatur dan Waktu Penyalaan

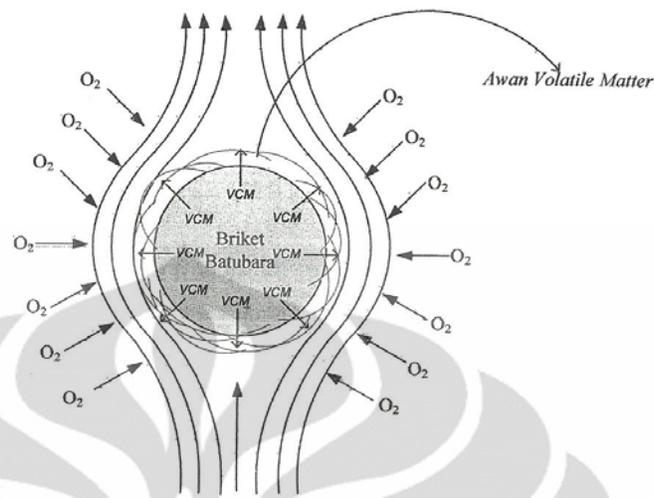
Parameter	Perubahan	Batubara Bituminous		Char Bituminous
		T_{ig} ($^{\circ}\text{C}$)	t_{ig} (mdet)	T_{ig} ($^{\circ}\text{C}$)
Ukuran partikel	6-60 μ		32-43	519-529
Kandungan air	0-20%	TB		
<i>Char volatile</i>	16-8%			500-550
Batubara <i>volatile</i>	40-35% 35-6%		TB 30-210	

Penyalan batubara diawali dengan proses pemanasan yang bertujuan menguapkan kandungan air. Pada saat pertama briket batubara dipanaskan, akan terbentuk lapisan batas (*boundary layer*) pada permukaan briket batubara, lapisan batas ini terbentuk karena aliran udara pembakaran yang kontak dengan briket batubara, lapisan batas yang terbentuk adalah lapisan batas laminar, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5.



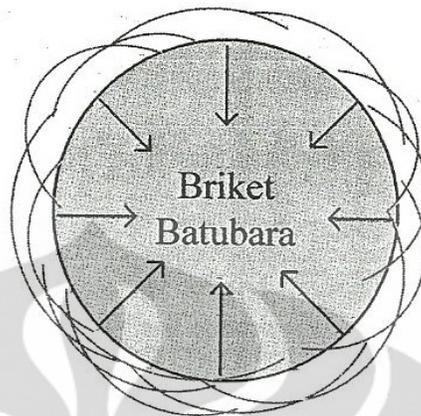
Gambar 2.5. Terbentuknya lapisan batas laminar pada permukaan Briket

Setelah uap air mengalir keluar dari pori briket, proses selanjutnya adalah proses devolatisasi yang melepaskan zat-zat *volatile* melalui pori ke permukaan briket batubara menghasilkan gas-gas terbakar seperti H_2 , CO , HC , dan HCO . Zat *volatile* yang lepas ini menghalangi penetrasi oksigen eksternal. Difusi oksigen ke dalam briket terhambat oleh adanya *volatile matter jet* yang membentuk awan *volatile matter* pada permukaan briket, *volatile matter jet* adalah proses keluarnya (pancaran) zat-zat *volatile* melalui pori briket dengan kecepatan tertentu. Seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Terbentuknya awan volatile matter pada permukaan briket

Proses selanjutnya adalah proses pencampuran gas-gas yang terbentuk dari hasil pemanasan dan devolatilisasi dengan oksigen internal bertemperatur tinggi yang terjadi di permukaan batubara untuk melakukan proses pembakaran *volatile* yang menghasilkan panas untuk menaikkan temperatur batubara. Difusi oksigen eksternal yang berpenetrasi setelah zat *volatile* terbakar mengawali proses penyalaan ini, kemudian oksigen teradsorpsi dan bereaksi pada permukaan partikel. Selanjutnya terjadi proses transfer panas secara konduksi dari permukaan briket ke bagian dalam briket. Pada umumnya penyalaan *volatile* akan terjadi lebih dahulu, mengingat temperatur penyalaan lebih rendah daripada temperatur penyalaan karbon, penyalaan karbon akan cepat terjadi bila adanya pemanasan radiasi yang cukup tinggi ke permukaan bahan bakar padat. Reaksi pembakaran yang terjadi antara oksigen dan karbon ini adalah awal proses penyalaan batubara yang didefinisikan sebagai terbakarnya karbon 1 %. Proses yang terjadi selanjutnya menjadi proses pembakaran batubara.



Gambar 2.7. Terbentuknya awan volatile matter pada permukaan briket

2.6.2 Faktor Pengontrol Waktu Penyalaan

Faktor-faktor penting yang mempengaruhi pembakaran adalah:

2.6.2.1 Kadar Air

Semakin tinggi kadar air dalam biomasa menyebabkan temperatur pembakaran menurun dan kadar H_2O meningkat. Dengan semakin tingginya kadar air juga mengakibatkan biomasa atau briket lebih sulit dibakar sehingga terjadi pembakaran tidak sempurna dan terbentuk CO yang tinggi di awal proses pembakaran.

2.6.2.2 Ukuran dan Bentuk Bahan Bakar

Dalam suatu penelitian diketahui bahwa pelet bentuk bola mempunyai luas permukaan yang paling kecil sehingga perpindahan panas terjadi dengan laju yang lebih lambat dibandingkan pelet berbentuk silindris dengan besar volume dan massa yang sama. Ukuran pellet biomasa yang dibakar mempengaruhi besar temperatur yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran pellet maka temperature pembakaran akan semakin besar dan waktu pembakaran semakin cepat. Hal ini berkaitan dengan laju perpindahan panas dari udara sekitar ke dalam biomasa yang semakin besar.

2.6.2.3 Ketersediaan Udara

Udara yang masuk dari bagian bawah garangan (*grate*) disebut udara primer, sedangkan udara yang masuk ke bagian atas bahan bakar dan bereaksi dengan zat volatil disebut udara sekunder.

2.6.2.4 Kandungan *Volatile Matters* pada Permukaan Bahan Bakar

Berdasarkan penelitian oleh Grotkjær, dibuktikan bahwa semakin banyak kandungan *volatile matter*, maka akan semakin rendah suhu *ignition* yang dibutuhkan (Grotkjær dkk., 2003). Hal ini antara lain diakibatkan oleh adanya energi panas yang dilepaskan seiring dengan lepasnya *volatile matter* dari permukaan. Energi panas ini dapat memicu ignisi lainnya pada permukaan secara radiasi (Chigier, 1981).

2.7 Pembakaran Briket Batubara

Pembakaran bahan bakar padat, misalnya briket batubara, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinetika dan kecepatan pembakarannya. faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat antara lain sebagai berikut :

1. Kecepatan aliran udara

Laju pembakaran biobriket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur.

2. Temperatur Pembakaran

Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*.

3. Jenis Bahan Bakar

Kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

Mekanisme pembakaran batubara terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan, devolatilisasi, dan pembakaran arang. (Syamsiro. M, et al, 2007).

2.7.1 Pengerinan

Tahap pertama yang terjadi adalah pengerinan, dimana ketika sebuah partikel dipanaskan dengan dikenai temperatur tinggi atau radiasi api, air dalam bentuk *moisture* di permukaan bahan bakar akan menguap, sedangkan yang berada di dalam akan mengalir keluar melalui pori partikel dan menguap. *Moisture* dalam bahan bakar padat terdapat dalam dua bentuk, yaitu sebagai air bebas (*free water*) yang mengisi rongga pori di dalam bahan bakar dan sebagai air terikat (*bound water*) yang terserap di permukaan ruang dalam struktur bahan bakar (Borman dan Ragland, 1998). Waktu pengerinan adalah waktu yang diperlukan untuk memanaskan partikel sampai ke titik penguapan dan melepaskan air tersebut. Kesetimbangan energi pada partikel kecil menyatakan bahwa laju perubahan energi dalam partikel sama dengan laju kalor untuk menguapkan air ditambah laju perpindahan kalor ke partikel melalui konveksi dan radiasi (Borman dan Ragland, 1998) :

$$\frac{d}{dt}(m_w u_w + m_{df} u_{df}) = -\dot{m}_w h_{fg} + q$$

dengan : h_{fg} = kalor laten penguapan per unit massa air, m = massa, u = energi dalam per unit massa, w = *water* (air), dan df = *dry fuel* (bahan bakar kering).

Laju perpindahan panas ke partikel, q , tergantung dari temperatur latar dapur T_b , yang diasumsikan sama dengan temperatur gas sekelilingnya.

2.7.2 Devolatilisasi

Proses pengerinan akan dilanjutkan dengan proses devolatilisasi/pirolisis. Setelah proses pengerinan, bahan bakar mulai mengalami dekomposisi, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* adalah hasil dari proses devolatilisasi. *Volatile matter* terdiri dari gas gas *combustible* dan *non combustible* serta hidrokarbon. Untuk partikel yang besar hasil devolatilisasi berpindah dari pusat partikel ke permukaan untuk kemudian keluar. Selama perpindahan ini, hasil devolatilisasi bisa retak, mengembun, membentuk polimer dan mungkin membentuk endapan karbon sepanjang lintasannya. Ketika *volatile matter* keluar dari pori bahan bakar padat, oksigen luar

tidak dapat menembus ke dalam partikel, sehingga proses devolatilisasi dapat diistilahkan sebagai tahap pirolisis. Borman dan Ragland (1998) menyatakan laju devolatilisasi bahan bakar padat ditunjukkan dengan pendekatan persamaan reaksi orde pertama dengan konstanta laju Arrhenius :

$$\frac{dm_v}{dt} = -m_v \cdot k_{pyr}$$

Dimana:

$$k_{pyr} = -k_{o,pyr} e^{\left(\frac{E_{pyr}}{RT_p}\right)}$$

$$m_v = m_p - m_c - m_a$$

dengan E = energi aktivasi, R = konstanta gas universal, T_p = temperatur partikel briket, pyr adalah pirolisis, mv = massa *volatile matter*, mp = massa partikel bahan bakar, mc = massa char, dan ma = massa abu.

2.7.3 Pembakaran Arang

Proses pengeringan dan devolatilisasi menyisakan arang. Laju pembakaran arang tergantung pada konsentrasi oksigen, temperatur gas, bilangan Reynolds, ukuran, dan porositas arang. Arang mempunyai porositas yang tinggi. Porositas arang kayu berkisar 0,9 (Borman dan Ragland, 1998). Untuk kebutuhan keteknikan, adalah lebih tepat menggunakan laju reaksi global (*global reaction rate*) untuk menunjukkan laju pembakaran partikel arang (*char*). Laju reaksi global dirumuskan dalam istilah laju reaksi massa arang per satuan luas permukaan luar dan per satuan konsentrasi oksigen di luar lapis batas partikel. Sehingga reaksi global bisa dituliskan sebagai berikut :



dimana permukaan karbon juga bereaksi dengan karbondioksida dan uap air dengan reaksi reduksi sebagai berikut :



Reaksi reduksi (b) dan (c) secara umum lebih lambat daripada reaksi oksidasi (a), dan untuk pembakaran biasanya hanya reaksi (a) yang diperhitungkan.

Untuk laju reaksi global dengan orde n pada oksigen, laju pembakaran arang adalah :

$$\frac{dm_c}{dt} = -i \left(\frac{M_c}{M_{O_2}} \right) A_p k_c (\rho_{O_2}(s))^n$$

dimana i adalah rasio stoikiometri mol karbon (M_c) per mol oksigen (M_{O_2}) yaitu 2 untuk reaksi (a), A_p adalah luas permukaan luar partikel, k_c adalah konstanta laju kinetik, $O_2 \rho$ adalah densitas parsial oksigen pada permukaan partikel, dan n adalah orde reaksi.

2.8 Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai proses *upgraded brown coal* (UBC) sebelumnya telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dengan menggunakan metode-metode yang berbeda. Selama ini produk UBC yang dihasilkan digunakan untuk pembangkit listrik. Pada penelitian ini briket yang dihasilkan pada proses UBC digunakan untuk kompor briket rumah tangga. Diharapkan briket hasil UBC bisa memberikan temperatur penyalaan yang rendah dan akan berpengaruh terhadap lama waktu penyalaan sehingga penggunaan briket batubara akan lebih efektif.

2.8.1 Yosiki Sato (2003)

Penelitian *Upgraded Brown Coal* (UBC) dilakukan dengan proses pirolisis pada temperature 420-440⁰C. Pelarut organik yang digunakan yaitu paraffin misalnya jenis *trans-decalin* karena mempunyai efisiensi pirolisis tinggi dan mudah dipisahkan pada produk pirolisis. Apabila temperatur pirolisis kurang dari 400⁰C, proses pirolisis tidak menghasilkan hasil yang cukup, jadi hasil fraksi *light oil* sangat rendah. Apabila temperatur pirolisis terlalu tinggi lebih dari 450⁰C yaitu tidak diinginkan karena hasil

pirolisis berlebih sehingga fase liquid mencakup dekomposisi *solvent* kedalam produk gas. Tekanan pirolisis yaitu 0,2-7 Mpa. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah:

- Nilai kalori upgraded coal lebih tinggi daripada raw coal.
- Ignition point upgraded coal juga lebih tinggi daripada raw coal.

2.8.2 Datin Fatia Umar, Bukin Daulay, dan Gandhi Kurnia Hudaya (2006)

Penelitian proses UBC dilakukan pada batubara Samaranggau. Zat aditif yang dipakai yaitu minyak residu. Pengujian dilakukan dalam 2 percobaan. Percobaan I dilakukan pada kondisi standar, yaitu temperature 150-160⁰C dengan tekanan 0,2-0,3 Mpa. Percobaan II dilakukan pada temperature 155⁰C dengan tekanan 2 atm dan 160⁰C dengan tekanan 3 atm dan juga dilakukan uji pembakaran menggunakan metode DTA. Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- Hasil percobaan I pada kondisi temperature 150-160⁰C dan tekanan 2-3 atm, kadar air turun dari 19,45% menjadi 2,09% atau persentase penurunannya 89,25%, sehingga nilai kalor naik dari 4.979 kkal/kg menjadi 6.361 kkal/kg atau persentase kenaikan 27,76%.
- Hasil percobaan II, temperature 160⁰C menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan temperature 155⁰C.
- Hasil uji pembakaran menunjukkan bahwa puncak DTA batubara UBC lebih besar daripada puncak kurva batubara wantah, karena nilai naiknya nilai kalori dari batubara UBC.

2.8.3 Datin Fatia Umar, Binarko Santoso, dan Hiromoto Usui (2007)

Penelitian yang dilakukan yaitu dengan mencampurkan batubara yang telah digerus dan minyak dengan perbandingan 1:1 dan penambahan LSWR kira-kira 1 %. Temperatur operasi yaitu 150⁰C. Selanjutnya dilakukan proses dewatering dan briking. Briking hasil UBC selanjutnya dilakukan uji pembakaran dengan tes DTA-TG (*Diferential Temperature analysis-thermogravimetry*) menggunakan DTG-60 SHIMADZU dan juga dilakukan perbandingan dengan briket batubara hasil proses

HWD (*Hot Water Drying*) dan SD (*Steam Drying*). Test tersebut dilakukan pada sampel briket hasil UBC dengan berat 5 mg yang ditempatkan didalam platinum cell, laju udara 25 mL/min, laju pemanasan 10⁰C/min dan temperatur maksimum percobaan yaitu 800⁰C. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

- Upgraded coals yang diperoleh melalui proses HWD dan SD umumnya lebih baik dibandingkan dengan upgraded coal yang diperoleh dengan proses UBC. Hal ini dapat dimengerti, karena proses UBC dilakukan dalam temperatur rendah dan tekanan yang rendah dibandingkan dengan proses HWD dan SD.

2.8.4 Pengembangan dari penelitian sebelumnya

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan batubara Kalimantan jenis lignit dan akan dilakukan proses UBC tanpa menggunakan pemanas. Selanjutnya batubara akan dicampur dengan minyak goreng atau minyak kelapa sawit dengan variasi berat massa yaitu 1:1, 1:2 dan 1:3. Selanjutnya akan dilakukan proses briking, briket yang dibuat dengan ukuran diameter 4 cm dan berat 20 gram.

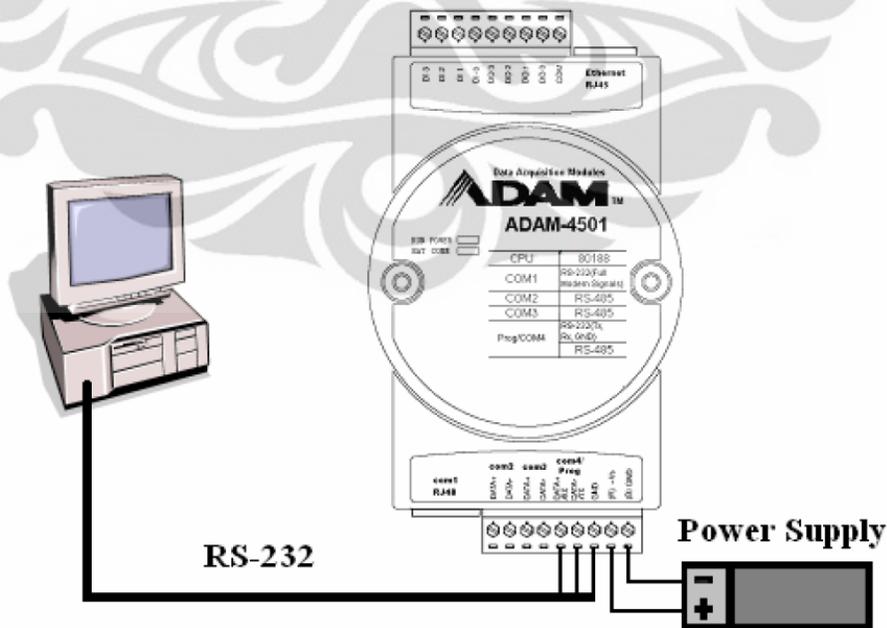
Hasil dari proses briking kemudian dilakukan analisa uji pembakaran didalam *furnace* untuk mengetahui temperatur penyalaan dan temperatur pembakaran dari masing-masing sampel dengan variasi temperatur proses UBC. Uji analisa pembakaran dilakukan dengan laju alir udara yaitu 0,2 m/s dan temperatur *furnace* dijaga konstan pada temperatur 300⁰C. Diharapkan dengan proses UBC bisa menaikkan temperatur penyalaan sehingga lebih efisien untuk digunakan untuk keperluan rumah tangga.

BAB 3

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan yaitu untuk mengetahui waktu penyalan dan temperatur pembakaran dari briket batubara hasil dari proses *upgraded brown coal* (UBC). Alat yang digunakan untuk menguji temperatur pembakaran briket batubara yaitu dengan menggunakan *furnace*, dimana selama proses pengujian dipasang termokopel untuk mendeteksi besarnya perubahan temperatur briket batubara yang akan dibaca oleh DATA LOGGER ADAM 4018M-4520 dan ditransfer ke PC atau laptop (Gambar 3.1).

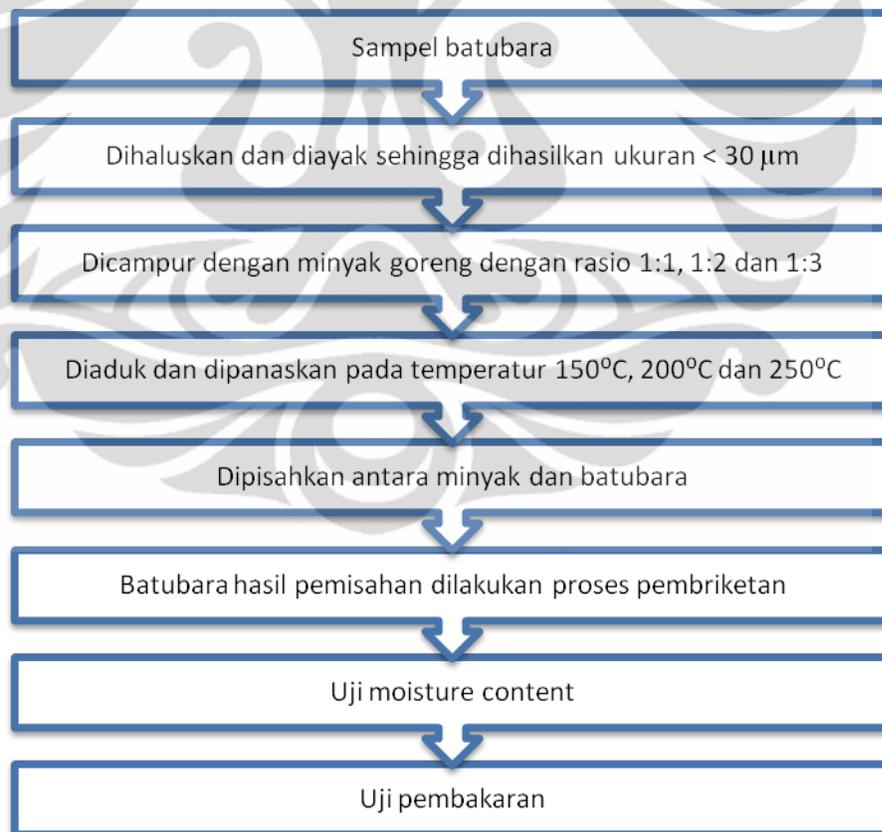
Pada bab ini akan dibahas diagram alir proses, peralatan dan bahan yang digunakan, variabel penelitian dan prosedur penelitian. Penelitian dilakukan di laboratorium Energi Berkelanjutan, Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.



Gambar 3.1 Skema Pembacaan Temperatur

3.1 Tahapan penelitian

Alur tahapan penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2 dilakukan dengan persiapan bahan dasar batubara yang terlebih dahulu dilakukan penumbukan dan *sizing* dengan ukuran lebih kecil dari $< 30 \mu\text{m}$, hal ini agar ukuran partikel menjadi seragam, selanjutnya batubara yang telah seragam lalu dicampurkan dengan minyak goreng sehingga akan terbentuk *slurry* lalu dilakukan proses pemisahan. Hasil dari proses UBC, tahapan selanjutnya adalah pembuatan briket batubara. Briket batubara yang dibuat bentuk silindris berdiameter 4 cm dengan berat 26 gram (pada Gambar 3.3) selanjutnya akan dilakukan untuk analisa kandungan air, uji temperatur pembakaran dan waktu penyalaan.



Gambar 3.2 Diagram tahapan penelitian



Gambar 3.3 Briket Batubara

3.2. Prosedur penelitian

Berdasarkan diagram alir penelitian, maka rincian kegiatan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1 Persiapan Briket Batubara

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Timbangan elektrik
2. Alat penggerus atau Halu
3. Pengayak
4. Gelas kimia
5. *Magnetic stirrer*
6. Hot Plate
7. Kain saring
8. Alat penekan hidrolik
9. Mal cetakan briket berbentuk bola

10. Plastik *craft*

Bahan-bahan yang digunakan antara lain :

1. Batubara
2. Minyak goreng

Prosedur yang dilakukan:

1. Menggerus batubara dengan alat penggerus
2. Menyaring partikel-partikel hasil penggerusan menggunakan saringan dengan diameter < 30 mm.
3. Mencampurkan batubara dan minyak goreng ke dalam gelas kimia dengan rasio 1:1, 1:2, 1:3, 1:4
4. Mengaduk dan memanaskan campuran tersebut pada temperatur 150⁰C, 200⁰C dan 250⁰C sampai menjadi *slurry*.
5. Memisahkan *slurry* menggunakan kain saringan sehingga dihasilkan batubara dan minyak.
6. Mencetak batubara hasil penyaringan diatas menjadi briket yang berbentuk bola dengan diameter 40 mm menggunakan mal pencetak dan alat penekan
7. Mengeringkannya di lingkungan tertutup selama beberapa hari (± 7 hari).

3.2.2 Pengujian Waktu dan Temperatur Penyalaan Briket

Alat yang digunakan:

1. *Furnace* yang dilengkapi *blower*
2. Komputer/ Laptop
3. Termokopel jenis K

Bahan yang digunakan:

1. Briket batubara

Prosedur yang dilakukan:

1. Menyalakan komputer dan membuka *software* ADAM-4018M.

2. Meletakkan briket ke dalam furnace
3. Meletakkan termokopel di atas/menempel pada permukaan briket batubara
4. Menyalakan blower dengan kecepatan 0,2 m/s Menyalakan furnace dengan menjaga temperature furnace pada $T=300^{\circ}\text{C}$
5. Mencatat waktu penyalaan briket pemasakan. Waktu penyalaan briket dimulai dari saat diletakkannya briket dalam *furnace* hingga awal terjadinya lonjakan temperature secara drastis.
6. Melakukan kembali prosedur percobaan 1 sampai 5 untuk variasi rasio dan temperatur dari briket batubara.

3.2.3 Pengujian Kandungan Air

Alat yang digunakan:

1. *Oven*
2. Cawan penguapan
3. Timbangan
4. Spatula
5. Desikator

Bahan yang digunakan:

1. Sampel batubara

Prosedur yang dilakukan:

1. Menimbang sampel batubara awal dan ditempatkan didalam cawan penguapan, berat awal sampel batubara = W_1 .
2. Menimbang berat cawan penguapan kosong.
3. Memanaskan sampel batubara di dalam oven pada temperatur 110°C selama 1 jam.
4. Menyimpan sampel hasil pemanasan tersebut di dalam desikator selama ± 15 menit untuk menghilangkan panas.

5. Menimbang sampel batubara hasil pendinginan di dalam desikator, Berat sampel batubara = W_2 = berat total – berat cawan penguapan kosong.

6. Menghitung % kandungan air, yaitu

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 = \dots \%$$

3.2.4 Peralatan Uji

a) Proses Grinding & Sizing



Gambar 3.4 Mortar dan Stamper



Gambar 3.5 Ayakan

b) Proses Pemanasan



Gambar 3.6 Proses Pemanasan



Gambar 3.7 *Magnetic Stirrer*

c) Uji Kandungan air



Gambar 3.8 Cawan Keramik



Gambar 3.9 Oven

d) Uji Pembakaran



Gambar 3.10 Furnace



Gambar 3.11 ADAM 4018M

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan briket batubara jenis lignit yang mempunyai kandungan air yang tinggi dan nilai kalori yang sangat kecil, dengan dilakukan proses *upgrading brown coal* (UBC) diharapkan dapat mengurangi kandungan air dan dapat meningkatkan nilai kalor sehingga dapat mempercepat waktu penyalaan. Pada proses UBC, dilakukan proses pemanasan antara batubara yang dicampurkan dengan minyak jelantah sehingga terbentuk *slurry*. Tujuan penambahan minyak jelantah yaitu untuk membentuk kondisi hidrofob dan melapisi permukaan batubara setelah proses pemanasan agar tidak terjadi penyerapan kembali (*reabsorption*) uap air dari lingkungan sekitar. Pemilihan minyak jelantah “minyak jelantah” ini dimaksudkan selain mengurangi jumlah limbah hasil rumah tangga, minyak jelantah mempunyai sifat hidrofob yaitu tidak bisa berikatan dengan air.

Pengujian uji penyalaan dilakukan di dalam *furnace* yang telah dilengkapi *blower* di bagian bawah yang berfungsi sebagai suplai aliran udara masuk untuk menjamin kecukupan penyediaan udara pembakaran. Dengan adanya aliran udara sehingga akan mempercepat proses penyalaan dan proses pembakaran briket batubara di dalam *furnace*.

4.1 Pengujian Kandungan Air

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh dari variasi temperatur pemanasan pada proses dewatering atau UBC dan juga pengaruh variasi rasio dari batubara dan minyak jelantah. Temperatur pemanasan yang dilakukan yaitu 150⁰C, 200⁰C dan 250⁰C. Sedangkan rasio antara batubara dan minyak jelantah yaitu 1:1, 1:2 dan 1:3. Briket hasil proses UBC tersebut kemudian dibandingkan dengan sampel briket tanpa menggunakan proses UBC. Tabel 4.1 menunjukkan % kandungan air dari masing sampel batubara dengan berbagai jenis perlakuan.

Tabel 4.1 Kandungan Air pada Batubara Secara Fisik

Jenis Sampel Batubara	% Kadar <i>Kandungan air</i>
Sampel batubara	25
Batubara + minyak (tanpa pemanasan)	13,64
Batubara + minyak (Rasio 1:1, T=150 ⁰ C)	3,84
Batubara + minyak (Rasio 1:1, T=200 ⁰ C)	3,70
Batubara + minyak (Rasio 1:1, T=250 ⁰ C)	3,70
Batubara + minyak (Rasio 1:2, T=150 ⁰ C)	0
Batubara + minyak (Rasio 1:2, T=200 ⁰ C)	0
Batubara + minyak (Rasio 1:2, T=250 ⁰ C)	0
Batubara + minyak (Rasio 1:3, T=150 ⁰ C)	0
Batubara + minyak (Rasio 1:3, T=200 ⁰ C)	0
Batubara + minyak (Rasio 1:3, T=250 ⁰ C)	0

Pengujian kandungan air pada batubara dilakukan secara fisik dengan menggunakan oven pada temperatur 110⁰C selama 1 jam. Diharapkan pada temperatur tersebut air dapat teruapkan. Lalu dimasukkan kedalam desikator selama ±15 menit yang bertujuan untuk menyerap panas dan uap air sehingga untuk pada proses penimbangan didapatkan berat yang konstan.

Batubara awal (sampel) yaitu jenis lignit mempunyai kandungan kandungan air yang cukup besar yaitu 25%. Kandungan air yang tinggi dapat menyebabkan proses pemanasan batubara pada *zona steady state oxidation* berlangsung lama. Hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan lebih banyak terpakai untuk menguapkan kandungan air yang terkandung dalam batubara. Selain

itu, dengan adanya kandungan air yang tinggi akan menyebabkan nilai kalor yang kecil.

Dilihat dari Tabel 4.1 menunjukkan adanya perubahan kandungan air antara sampel batubara dengan batubara setelah mengalami pemanasan setelah mengalami UBC maka kandungan air berkurang dari sampel awal. Hal ini disebabkan karena kandungan air yang ada dipermukaan dan didalam pori-pori batubara mengalami penguapan selama proses pemanasan, sehingga pori-pori pada batubara terjadi kekosongan. Sehingga untuk mengisi kekosongan pori-pori tersebut dan supaya tidak terjadi proses penyerapan (*reabsorption*) uap air dari lingkungan maka dilakukan proses pelapisan (*coating*) dengan menggunakan minyak jelantah.

Dari hasil percobaan diatas, dapat diketahui bahwa temperatur pemanasan antara batubara dan minyak jelantah lebih dominan berpengaruh terhadap penurunan kadar air dalam batubara dibandingkan dengan rasio antara batubara dan minyak jelantah. Pada rasio 1:1 didapatkan bahwa temperatur pemanasan 200°C kadar air dari 25% turun menjadi 3,84% atau persentase penurunannya yaitu 84,64%, sedangkan pada temperatur 150°C turun menjadi 3,70% atau persen penurunannya 85,2%. Lain halnya pada temperatur 250°C persen penurunannya sama halnya pada temperatur 200°C, hal ini disebabkan adanya pengaruh pemisahan antara minyak jelantah dan batubara kurang begitu sempurna sehingga mempengaruhi kandungan air pada batubara.

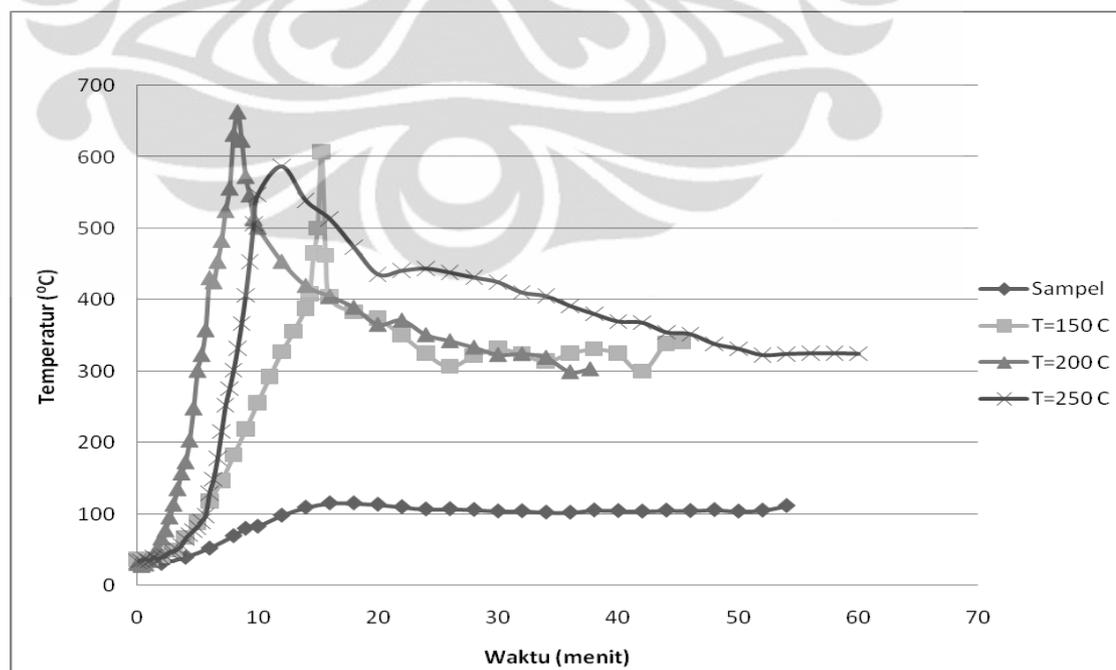
Sedangkan pada rasio 1:2 dan 1:3 baik pada temperatur 150°C, 200°C dan 250°C penurunan kadar airnya yaitu 100%. Hal ini terjadi karena rasio minyak jelantah yang lebih banyak daripada batubaranya sehingga kekosongan pori-pori batubara pada proses pemanasan dapat terisi penuh oleh minyak jelantah tersebut. Sehingga besarnya penambahan minyak jelantah dapat mempengaruhi kadar air.

4.2 Karakteristik Uji Pembakaran

Karakteristik uji pembakaran ini untuk mengetahui waktu penyalaan dan temperatur pembakaran yang dapat dicapai briket batubara hasil proses *upgrading brown coal* (UBC) dilakukan menggunakan *furnace* dengan temperatur dijaga konstan pada 300°C dan kecepatan udara 0,2 m/s yang diukur pada kondisi udara dalam keadaan dingin. Dari uji pembakaran ini akan dapat dianalisa dan diketahui temperatur penyalaan, waktu penyalaannya serta temperatur pembakarannya. Dan juga dapat dibandingkan antara briket sampel sebelum dilakukan proses UBC dan melalui proses UBC.

4.2.1 Karakteristik Waktu Penyalaan dan Temperatur Pembakaran pada Rasio 1:1

Grafik hasil uji pembakaran briket batubara sebelum proses UBC dan setelah proses UBC pada rasio antara batubara dan minyak jelantah 1:1 dengan temperatur pemanasan antara batubara dan minyak jelantah pada temperatur 150°C, 200°C dan 250°C dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Karakteristik Pembakaran sebelum dan sesudah proses *upgrading* dengan Rasio 1:1

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa masing-masing grafik terdapat 4 puncak batubara sebelum proses maupun hasil proses UBC dengan temperatur pemanasan yang berbeda-beda. Pada puncak grafik sampel briket batubara tanpa melalui proses UBC, temperatur maksimum yang dicapai yaitu 115°C . Dari 4 puncak pada grafik diatas grafik sampel batubara tanpa proses UBC yaitu yang paling rendah. Hal ini disebabkan karena panas yang disuplai terlebih dahulu digunakan untuk menguapkan air yang terkandung dalam batubara, dimana air akan menguap terlebih dahulu dibandingkan dengan minyak jelantah. Temperatur pembakaran maksimum dari sampel briket batubara ini yaitu $112,3^{\circ}\text{C}$ dengan waktu penyalaan 14,67 menit. Untuk menentukan temperatur penyalaan pada grafik yaitu adanya lonjakan atau perbedaan temperatur yang sangat drastis seperti terlihat dari Gambar 4.1.

Puncak paling tinggi dari grafik diatas yaitu pada briket batubara dengan temperatur pemanasan 200°C . Temperatur pembakaran maksimum yang dicapai yaitu $663,4^{\circ}\text{C}$. Untuk menentukan waktu penyalaan dari briket ini yaitu dengan membakar satu briket menggunakan burner lalu mengukur temperatur penyalaannya menggunakan termokopel dimana temperatur ini akan dijadikan acuan untuk menentukan waktu penyalaan dari briket hasil UBC. Dari hasil uji penyalaan briket didapatkan temperatur penyalaan pada 120°C . Dengan memplotkan temperatur 120°C pada grafik didapatkan waktu penyalaan briket dengan proses UBC pada temperatur pemanasan 200°C yaitu 3,1 menit.

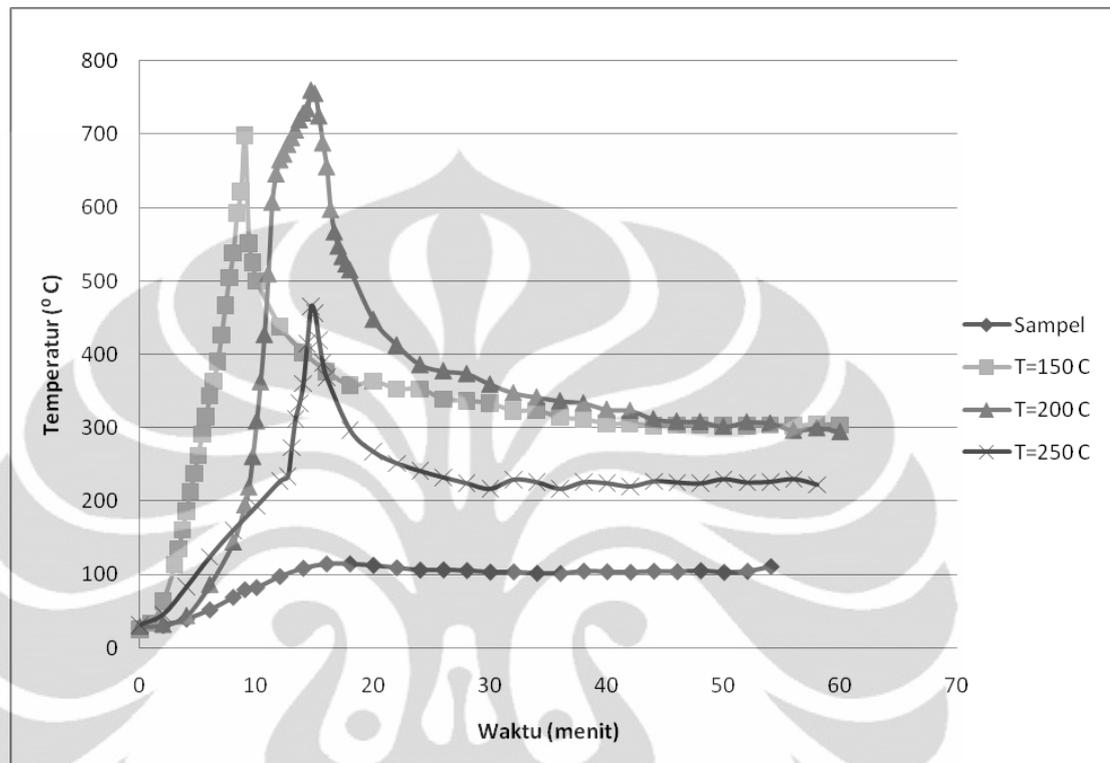
Pada proses UBC dengan temperatur pemanasan 150°C , temperatur pembakaran maksimum yang dicapai yaitu $607,1^{\circ}\text{C}$. Bila dibandingkan dengan temperatur pemanasan 200°C temperatur pembakaran yang dicapai pada briket dengan pemanasan 150°C lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pada briket yang dihasilkan dari pemanasan 150°C masih mengandung kandungan air yang lebih banyak dibandingkan dengan briket yang dihasilkan dari pemanasan pada temperatur 200°C . Temperatur maksimum bisa menunjukkan reaktivitas dari batubara (Umar dkk, 2009). Dengan berkurangnya kandungan air dalam batubara maka nilai kalor menjadi naik, selain itu juga dengan berkurangnya kandungan air pada batubara maka akan kandungan karbon dalam batubara akan meningkatkan dengan meningkatnya fixed carbon (Umar dan Daulay, 2009). Sama halnya pada

temperatur pemanasan pada 200°C, untuk menentukan waktu penyalaan pada temperatur pemanasan 150°C yaitu dengan memplotkan temperatur 120°C yang didapat dari hasil pengujian briket menggunakan burner ke dalam grafik sehingga didapatkan waktu penyalaannya. Waktu penyalaan yang dicapai pada pemanasan 150°C yaitu 6,07 menit. Bila dibandingkan waktu penyalaan yang dicapai antara temperatur pemanasan 150°C dan 200°C, pada temperatur pemanasan 150°C waktu penyalaan yang dibutuhkan lebih lama dibandingkan 200°C hal ini disebabkan karena masih banyaknya kandungan air pada briket batubara yang dihasilkan dari pemanasan 150°C. Bila ditinjau dari segi kondisi pemanasan pada proses UBC, semakin tinggi temperatur pemanasan pada proses UBC maka akan semakin banyak kandungan air yang teruapkan.

Pada Gambar 4.1 bisa dilihat pada kurva temperatur pemanasan 150°C lebih condong ke arah kanan yang menunjukkan bahwa briket yang didapatkan dengan temperatur pemanasan 150°C mempunyai efek radiasi yang sangat besar. Efek radiasi disebabkan karena adanya kandungan air yang tinggi. Dengan adanya kandungan air yang tinggi akan meningkatkan efek radiasi. Efek radiasi dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna.

Akan tetapi lain halnya pada temperatur pemanasan 250°C, bila dilihat dari kandungan air nya mempunyai nilai yang sama dengan temperatur pemanasan 200°C, hal ini disebabkan karena faktor pemisahan yang kurang sempurna. Apabila dilihat dari temperatur pembakarannya pada temperatur pemanasan 250°C mencapai temperatur pembakaran yaitu 608,9°C. Nilai tersebut lebih rendah bila dibandingkan dengan temperatur pemanasan 200°C. Hal ini terjadi karena adanya sebagian kandungan *volatile matter* yang menguap sehingga temperatur pembakaran yang dicapai kurang maksimal. Waktu penyalaan pada briket yang dihasilkan dari pemanasan 250°C yaitu 5,90 menit.

4.2.2 Karakteristik Waktu Penyalaan dan Temperatur Pembakaran pada Rasio 1:2



Gambar 4.2 Karakteristik Pembakaran sebelum dan sesudah proses *upgrading* dengan Rasio 1:2

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa puncak kurva yang tertinggi yaitu pada temperatur pemanasan 200°C. Temperatur maksimum yang dicapai yaitu 755,6°C. Bila dibandingkan dengan temperatur pemanasan yang sama pada rasio 1:1 temperatur maksimum yang dicapai pada rasio 1:2 lebih tinggi dibandingkan pada rasio 1:1. Hal ini disebabkan karena pada rasio 1:1 masih terdapat kandungan air sehingga panas yang disuplai terlebih dahulu dipakai untuk menguapkan kandungan air dalam batubara sedangkan pada rasio 1:2 kandungan air yang ada pada batubara hampir tidak ada. Sama halnya dengan rasio 1:1 untuk mengetahui waktu penyalaan dipakai acuan yaitu pada temperatur 120°C yang didapat dengan menyalakan briket dengan burner lalu diukur temperatur penyalaannya. Waktu penyalaan yang dicapai briket yang didapat dengan pemanasan 200°C yaitu 7,3 menit. Waktu penyalaan pada rasio 1:2 dengan temperatur pemanasan 200°C lebih lambat dibandingkan dengan rasio 1:1 pada

temperatur pemanasan yang sama, karena banyaknya *volatile matter* maka akan meningkatkan *fixed carbon*, dimana dengan meningkatnya kandungan *fixed carbon* maka akan sulit terbakar dan membutuhkan waktu yang lama untuk proses pembakaran (Akhlis Nur, 2008). Selain itu pada rasio 1:2, dilihat dari grafik lebih condong ke arah kanan yang menunjukkan bahwa briket memberikan panasnya ke lingkungan secara radiasi sehingga waktu penyalaannya menjadi lebih lambat.

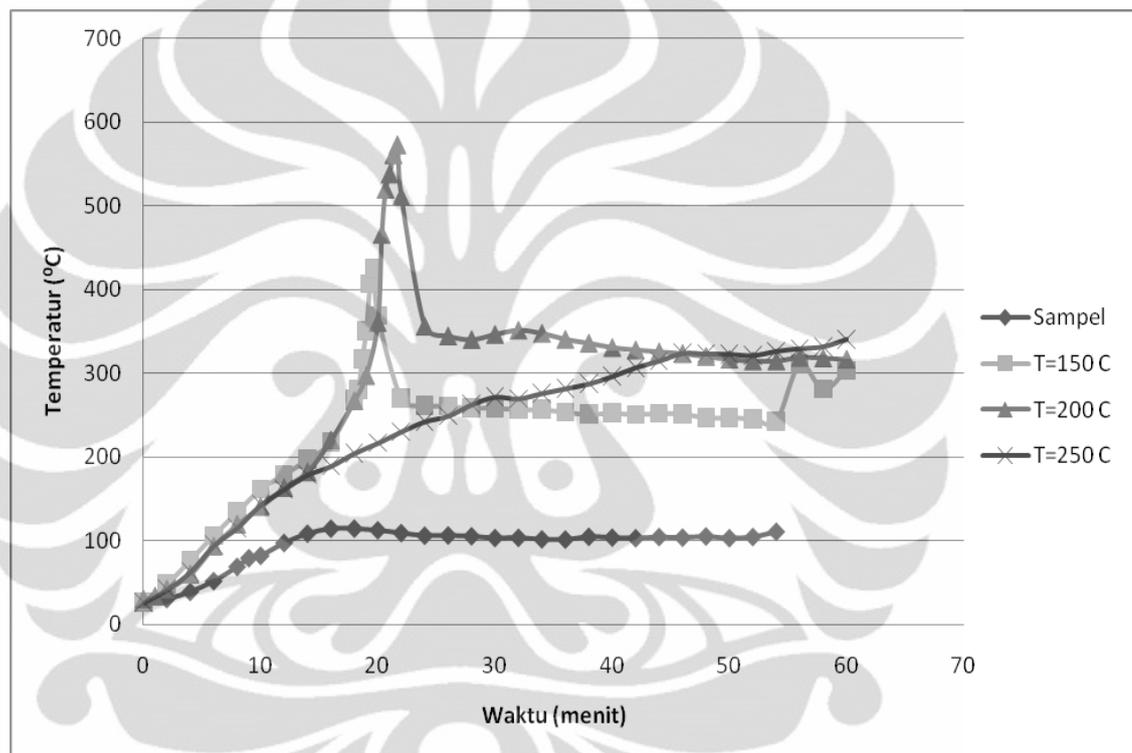
Pada temperatur pemanasan 150°C juga menunjukkan temperatur pemanasan yang dicapai lebih tinggi bila dibandingkan dengan rasio 1:1 yaitu 699,3°C. Hal ini disebabkan masih terdapatnya kandungan air sama seperti pada temperatur 200°C. Pada proses UBC ini, dengan menurunnya kandungan air pada batubara maka akan menurunkan kandungan oksigen dan hidrogen (Umar DF, 2009). Waktu penyalaan briket ditentukan dengan memplot temperatur 120°C kedalam grafik, temperatur 120°C didapat dari pengujian briket dengan menggunakan burner lalu diukur temperatur penyalaannya. Waktu penyalaan briket yang didapat dengan pemanasan 150°C pada rasio 1:2 yaitu 3,1 menit.

Uji pembakaran briket yang didapat dari temperatur pemanasan 250°C menunjukkan temperatur pembakaran maksimum yang dicapai lebih rendah dibandingkan pada temperatur pemanasan 150°C dan 200°C. Hal ini disebabkan karena pada temperatur 250°C banyak batubara yang terlarut didalam minyak jelantah dan *volatile matter* yang menguap terlebih dahulu pada saat proses pemanasan. Selain itu pada temperatur pemanasan 250°C ini juga terbentuk asap yang banyak dan nyala api yang besar. Hal ini terjadi karena homogenitas antara batubara dan minyak jelantah yang mana kandungan minyak lebih banyak sehingga yang terbakar terlebih dahulu yaitu minyak jelantahnya dibandingkan dengan terbakarnya kandungan *volatile matter* pada briket batubara. Waktu penyalaan dicapai yaitu 5,84 menit.

Waktu penyalaan pada rasio 1:2 menunjukkan bahwa pada briket yang dihasilkan pada temperatur 150°C mempunyai waktu penyalaan yang lebih cepat yaitu 3,1 menit dibandingkan dengan temperatur 200°C dan 250°C yaitu 7,3 menit dan 5,84 menit. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari perbedaan kandungan *volatile matter* dari masing-masing briket dimana *volatile matter* yang tinggi akan mempercepat waktu penyalaan sedangkan temperatur pembakaran maksimum

dipengaruhi oleh kandungan karbon dan nilai kalor dari briket batubara dan juga nilai kalor dari minyak jelantah. Selain pengaruh kandungan air, juga dipengaruhi oleh panas radiasi. Panas radiasi dapat memperlambat waktu penyalaan karena panasnya tersebut dipindahkan atau disebar ke lingkungan sekitar.

4.2.3 Karakteristik Waktu Penyalaan dan Temperatur Pembakaran pada Rasio 1:3



Gambar 4.3 Karakteristik Pembakaran sebelum dan sesudah proses *upgrading* dengan Rasio 1:3

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat puncak yang paling tinggi yang dicapai yaitu pada temperatur 200°C dapat mencapai temperatur maksimum 573,3°C. Jika dibandingkan antara rasio 1:1 dan 1:2, temperatur pembakaran yang dicapai pada rasio 1:3 lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pada proses pemanasan banyak kandungan batubara yang terlarut didalam minyak jelantah dan juga banyak *volatile matter* yang menguap terlebih dahulu sehingga temperatur pembakaran yang dicapai kurang maksimal. Selain itu pada rasio 1:3 dengan temperatur pemanasan 200°C pada proses UBC ini menghasilkan nyala api yang besar hal ini

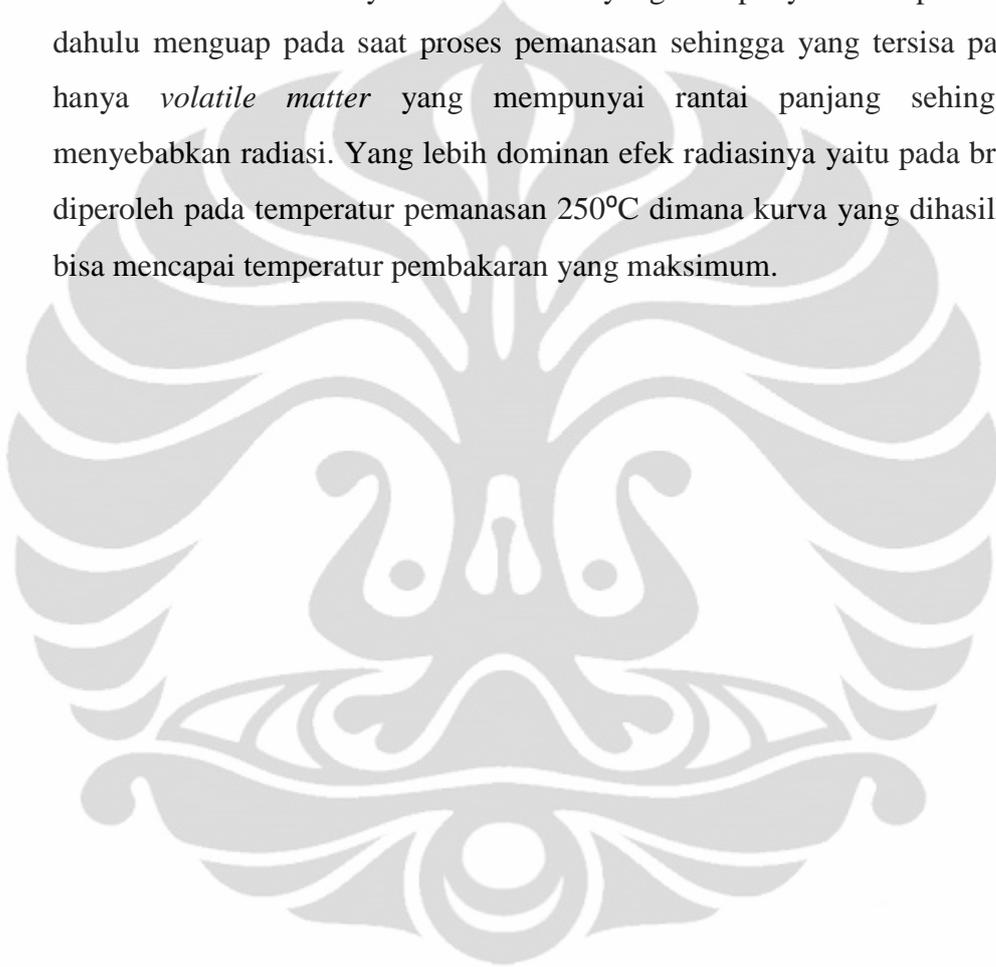
disebabkan adanya homogenitas campuran batubara dan minyak jelantah yang mana minyak jelantah mempunyai jumlah yang lebih besar dibandingkan batubara sehingga minyak jelantah terbakar terlebih dahulu dan menghasilkan nyala api. Waktu penyalaan dari briket yang dihasilkan dari pemanasan 200°C yaitu 8,04 menit.

Selain nyala api terbentuk pada temperatur 200°C , pada temperatur 150°C pun menghasilkan nyala api. Nyala api yang terbentuk karena terbakarnya minyak jelantah terlebih dahulu, hal ini disebabkan karena minyak jelantah lebih dominan dibandingkan batubaranya. Pada temperatur pemanasan 150°C , temperatur pembakaran maksimum yang dicapai yaitu $425,2^{\circ}\text{C}$. Temperatur yang dicapai lebih rendah dibandingkan pada rasio 1:1 dan 1:2. Temperatur penyalaan (T_{ig}) didefinisikan sebagai temperatur terendah yang harus dicapai batubara untuk memulai pembakaran. Sedangkan waktu penyalaan (W_{ig}) adalah waktu mulai batubara masuk sampai nyala api pada saat tercapainya temperatur penyalaan. Terjadinya penyalaan dapat dilihat sebagai tercapainya temperatur minimum untuk penyalaan, terbentuk api, berlanjutnya reaksi pembakaran antara batubara dengan oksigen, kenaikan temperatur yang sangat cepat, atau laju panas yang terbentuk melebihi laju panas yang hilang. Waktu penyalaan yang dicapai briket yang dihasilkan dari temperatur pemanasan 150°C yaitu 7 menit. Waktu penyalaan didapat dengan memplot temperatur penyalaan yaitu 120°C ke dalam grafik.

Pada temperatur 250°C tidak terbentuk nyala api. Dilihat dari Gambar 4.3, pada temperatur 250°C tidak terbentuk puncak yang signifikan sehingga tidak bisa menentukan temperatur maksimum yang tercapai. Hal ini disebabkan karena pada proses pemanasan selain terjadinya penguapan kandungan air juga terjadi penguapan *volatile matter* yang tersisa hanya kandungan karbon. Selain itu pada temperatur 250°C tidak terbentuknya nyala api karena briket tersebut memiliki kandungan *volatile matter* yang rendah sehingga yang terbakar hanya kandungan karbonnya. Untuk menentukan waktu penyalaan yaitu dengan memplot temperatur 120°C sebagai acuan dan didapatkan waktu penyalaan yaitu 8,33 menit. Pemanasan batubara di atas 200°C menyebabkan terjadinya penguapan air

bebas, air lembab/terikat seraca kimia, tar, hidrogen, CO₂, CO dan hidrokarbon (Umar *et al*, 2006).

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa kurva cenderung condong kearah kanan. Hal ini menunjukkan bahwa pada rasio 1:3 mempunyai efek radiasi yang lebih dominan dibandingkan pada rasio 1:1 dan 1:2. Efek radiasi pada rasio ini diakibatkan karena adanya *volatile matter* yang mempunyai rantai pendek terlebih dahulu menguap pada saat proses pemanasan sehingga yang tersisa pada briket hanya *volatile matter* yang mempunyai rantai panjang sehingga akan menyebabkan radiasi. Yang lebih dominan efek radiasinya yaitu pada briket yang diperoleh pada temperatur pemanasan 250°C dimana kurva yang dihasilkan tidak bisa mencapai temperatur pembakaran yang maksimum.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian tentang proses upgrading pada batubara jenis lignit diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil percobaan pada kondisi rasio 1:1 dengan temperatur 150°C penurunan kadar air dari 25% menjadi 3,70% atau persentase penurunannya 84,64%. Pada temperatur 200°C dan 250°C penurunan kadar air menjadi 4,84% atau persentase penurunannya 85,2%.
2. Hasil percobaan pada kondisi rasio 1:2 dan rasio 1:3 menunjukkan persentase penurunan kadar air sampai 0% atau penurunannya 100%.
3. Hasil Uji Pembakaran

Temperatur penyalaan acuan yang dipakai yaitu 120°C

Kondisi Operasi	Waktu Penyalaan (menit)	Temperatur Maksimum (°C)
Sampel briket	14,67	112,5
Rasio 1:1		
Temperatur 150°C	6,07	607,1
Temperatur 200°C	3,10	663,4
Temperatur 250°C	5,90	608,9
Rasio 1:2		
Temperatur 150°C	3,10	699,3
Temperatur 200°C	7,30	760
Temperatur 250°C	5,84	465
Rasio 1:3		
Temperatur 150°C	7,00	425
Temperatur 200°C	8,04	573
Temperatur 250°C	8,33	328

4. Waktu penyalaan yang paling cepat yaitu pada rasio 1:1 dengan briket yang dihasilkan dengan temperatur pemanasan 200°C adalah 3,10 menit dan temperatur pembakaran yang maksimum dicapai pada rasio 1:2 pada temperatur pemanasan 200°C adalah 760°C.

5. Temperatur pemanasan batubara dan minyak pada proses UBC diatas 200°C dapat mengakibatkan penurunan temperatur pembakaran karena berkurangnya kandungan *volatile matter*.

SARAN

- Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang karakterisasi briket batubara dengan menggunakan minyak goreng karena briket yang dihasilkan tanpa menggunakan pengikat sifatnya sangat rapuh dan bila menggunakan pengikat batubara hasil UBC tidak bisa bersatu dengan *bindernya*.
- Perlu dilakukan uji TGA (*Temperature Gravimetri Analysis*) untuk mengetahui perubahan temperatur dan berat dari briket secara berkesinambungan.
- Perlu dilakukan analisa struktur pori batubara dari masing-masing perlakuan untuk struktur pori batubara sebelum dan setelah proses *upgading*.
- Perlu dilakukan proses penyaringan dengan menggunakan sentrifuge untuk mendapatkan pemisahan yang optimal dan juga untuk mengetahui jumlah minyak yang diserap oleh batubara.
- Perlu dilakukan analisa gas buang yang dihasilkan dari pembakaran briket hasil UBC untuk mengetahui kadar gas buang yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anomin. 2006. *Biodiesel*. Sentra Teknologi Polimer Powered by STP <http://www.sentrapolimer.com>
- Aklis, Nur. 2008. *Pengaruh Komposisi Batubara Terhadap Karakterisasi Pembakaran Daun Cengkeh Sisa Destilasi Minyak Atsiri*. MEDIA MESIN. Vol. 9, No. 2, 63 - 68 ISSN 1411-4348
- Bartok, W., and Sarofim, A.F., *Fossil Fuel Combustion*, John Wiley & Sons, New York, 1991.
- Borman dan Ragland. 1998. *Combustion Engineering*. McGraw Hill Publishing Co, New York,
- Chaney, J.O., Clifford, M. J and Wilson, R. *An Experimental Study Of The Combustion Characteristic Of Low-Density Biomass Briquettes*. Faculty of Engineering, University of Nottingham, University Park.
- Couch, G. R., 1990. *Lignite Up-Grading*, IEA Coal Research, 23, United Kingdom.
- Datin, F. U., Daulay, B., dan Hudaya, G. K., 2006. *Karakteristik Batubara Samarangau Sebelum dan Setelah Proses Upgraded Brown Coal (UBC)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara.
- GAUDIN, A. M. 1957. *Flotation 2nd ed*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, New York.
- Imambudiraharjo. (2009). *Analisis Mikro batubara*, terjemahan bebas dari Coal Science Handbook”, Bab “Sekitan no tettei kenkyuu”, sub bab “Sekitan wo mikuro ni bunseki suru” dan “Sekitan wo mikuro kara makuro made kagaku suru”. Japan Coal Energy Center. available from URL : <http://imambudiraharjo.wordpress.com/2009/03/11/analisis-mikro-batubara/>, accessed : 3 june 2009.
- Kateran, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.

- Marwoto. 1994. *Penggunaan Briket Batubara di Rumah Tangga sebagai Bahan Bakar Alternatif, Kelebihan dan Tantangannya*. Universitas Diponegoro., Semarang.
- Michael C. Laskowski. 1992. *On Generic Structures*. [Notre Dame Journal of Formal Logic](#) 33(2): 175-183
- Levine, G. Duane., Richard H. Schlosberg, and Benard G. Silberbagel. 1981. *Understanding the chemistry and physics of coal structure (A Review)*. Corporate Research-Science Laboratories, Exxon Research and Engineering Company, Linden, New Jersey 07036.
- Rijwan, I., Daulay, B., dan Hudaya, G. K., 2007. *The Availability Of Indonesian Oil Product That Is Used In The Upgraded Brown Coal Process*. R&D Centre for Mineral and Coal Technology.
- Sugiyono, Agus. *Teknologi Daur Kombinasi Gasifikasi Batubara Terintegrasi¹*. BPP Teknologi.
- Sato, Yoshiki. 2003. *Process of Upgrading Low Rank Coal*. Agency of Industrial Science and Technology (JP). United State Patent.
- Sitepoe M. 2008. *Corat-coret anak desa berprofesi ganda*. Cet. 1. Jakarta: Kepustakaan Populer Gramedia. Hlm. 15-18.
- Sukandarrumidi, 1995. *Batubara dan Gambut*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Syamsiro. M dan Saptoadi, Harwin. 2007. *Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao : Pengaruh Temperatur Udara Preheat*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra dan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. *Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007. ISSN : 1978 – 9777*.
- Ward, J., Hart, S., and Biffin, M. 2001. *Development Of A Method To Assess The Reactivity Of Multi-Component Solid Fuel Briquettes*. IFRF Combustion Journal

LAMPIRAN 1

Data Temperatur Pembakaran

1.1 Data penelitian dengan variasi rasio batubara dan minyak goreng 1:1

Variasi temperatur pemanasan : 150°C, 200°C dan 250°C

Temperatur *furnace* : 300°C

Kecepatan Udara : 0,2 m/s

Record	Channel	waktu		Data			
		detik	menit	Sampel	T=150 C	T=200 C	T=250
0	4	0	0	28.4	36	30.5	33.8
1	4	20	0.333333	29.4	33.6	27.7	35
2	4	40	0.666667	29.1	33.1	29.8	37.1
3	4	60	1	29.1	36.7	35	34.5
4	4	80	1.333333	29.8	36.9	42	39.5
5	4	100	1.666667	30.5	38.8	52.3	37.1
6	4	120	2	31.2	41.3	66.2	39.5
7	4	140	2.333333	32	43.9	77.6	41.3
8	4	160	2.666667	33.1	45.8	95.6	46.9
9	4	180	3	34.5	49	113.4	46.9
10	4	200	3.333333	36.2	53.9	135.2	51.3
11	4	220	3.666667	37.6	60.9	157.3	56.2
12	4	240	4	39.7	66.9	173	65.8
13	4	260	4.333333	41.6	74.1	203.3	71.6
14	4	280	4.666667	43.7	82	248.4	76.7
15	4	300	5	45.5	88.1	301.1	82
16	4	320	5.333333	47.9	95.9	323.2	90
17	4	340	5.666667	50.2	107.2	358.1	97.9
18	4	360	6	52.5	118.1	430.9	129.4
19	4	380	6.333333	54.8	127.7	425.2	149
20	4	400	6.666667	57.4	136	453.9	178.3
21	4	420	7	60	146.9	483.3	215.4
22	4	440	7.333333	64.8	157.8	524.9	252.2
23	4	460	7.666667	66.7	170.1	556.4	275.5
24	4	480	8	69.7	182.6	632.1	301.3
25	4	500	8.333333	71.8	192	663.4	331.7
26	4	520	8.666667	77.6	207.3	623.5	366.8
27	4	540	9	80	218.5	572.8	406.1
28	4	560	9.333333	81.5	230.7	546.7	453
29	4	580	9.666667	81.8	242.8	513.9	505.6
30	4	600	10	82.9	255.5	501.5	546.9
31	4	620	10.333333	82.9	266.7	491.9	571.9
32	4	640	10.666667	87.9	278.8	483.5	592.3

33	4	660	11	88.8	292	473.2	603.5
34	4	680	11.33333	93.8	302.7	465.1	608.9
35	4	700	11.66667	96.5	314.9	459.3	597.5
36	4	720	12	98.1	326.8	453.9	586.5
37	4	740	12.33333	99.7	338.3	450.5	573.9
38	4	760	12.66667	101.6	347.3	444.4	560.8
39	4	780	13	103.2	355.8	437	552.1
40	4	800	13.33333	105.5	363.4	430.9	544.7
41	4	820	13.66667	107.6	371.3	426.1	542
42	4	840	14	109.3	387.9	420	538.8
43	4	860	14.33333	110.9	407.9	416.1	534.8
44	4	880	14.66667	112.3	464.9	412.5	528.5
45	4	900	15	113.7	500	409.5	524.4
46	4	920	15.33333	114.1	607.1	403.6	519.3
47	4	940	15.66667	114.6	462	403.8	515.9
48	4	960	16	115.3	403.6	405.2	513
49	4	980	16.33333	115.5	385.6	402.5	505.6
50	4	1000	16.66667	115.8	384.3	401.5	500.4
51	4	1020	17	115.5	384.7	398.8	493.4
52	4	1040	17.33333	115.8	383.6	395.9	486.5
53	4	1060	17.66667	115.3	383.4	392.9	481.1
54	4	1080	18	115.3	382.9	389.7	473.4
55	4	1100	18.33333	115.1	384	387.7	463.8
56	4	1120	18.66667	115.1	382.9	384.5	458.4
57	4	1140	19	114.6	381.1	382.2	454.3
58	4	1160	19.33333	114.6	380	376.1	444.4
59	4	1180	19.66667	113.9	377.5	370.2	440
60	4	1200	20	113.4	374	365.6	435.4
61	4	1220	20.33333	112.5	372	355.1	432
62	4	1240	20.66667	112.5	367.5	354.7	430.2
63	4	1260	21	111.1	364.3	357.4	429
64	4	1280	21.33333	110.6	360	364.3	429
65	4	1300	21.66667	110.2	355.6	369.7	435
66	4	1320	22	110	351.2	371.5	440.6
67	4	1340	22.33333	109.3	345.9	369	452.3
68	4	1360	22.66667	108.8	341.6	365.6	455
69	4	1380	23	108.1	336.5	362.9	455
70	4	1400	23.33333	107.6	332.6	359	451.9
71	4	1420	23.66667	106.9	328.9	352.1	448.5
72	4	1440	24	106.9	324.8	351.2	443.5
73	4	1460	24.33333	106.7	320.6	346.6	439.3
74	4	1480	24.66667	106.7	316.5	340.2	436.3
75	4	1500	25	107.2	312.8	348.2	431.5

76	4	1520	25.33333	108.3	310.5	347.3	436.3
77	4	1540	25.66667	107.6	308	342.7	437.2
78	4	1560	26	107.2	306.6	342.7	437.9
79	4	1580	26.33333	107.4	306.4	337.2	439.7
80	4	1600	26.66667	107.2	308.2	336	441.5
81	4	1620	27	107.2	310.8	333.3	441.1
82	4	1640	27.33333	106.9	314.2	332.6	439.5
83	4	1660	27.66667	106.9	317.9	330.3	465.1
84	4	1680	28	106.2	321.8	333.7	430.9
85	4	1700	28.33333	106	326.4	334.2	422.7
86	4	1720	28.66667	106.5	329.4	334	422.9
87	4	1740	29	105.8	330.3	332.1	421.5
88	4	1760	29.33333	104.8	331.7	324.5	421.1
89	4	1780	29.66667	104.6	331.9	327.1	421.5
90	4	1800	30	104.1	331.4	323.4	424.5
91	4	1820	30.33333	103.9	331.7	326.6	428.4
92	4	1840	30.66667	103.2	330.8	324.3	426.1
93	4	1860	31	103.7	328.9	324.1	421.8
94	4	1880	31.33333	103.9	327.5	325	417.7
95	4	1900	31.66667	104.4	326.2	326.2	412.7
96	4	1920	32	104.4	324.5	324.5	410
97	4	1940	32.33333	104.1	322.7	317.2	409.3
98	4	1960	32.66667	103.4	320.4	317.7	408.6
99	4	1980	33	103.7	318.3	319.3	410.4
100	4	2000	33.33333	103.2	316.5	317.7	410.2
101	4	2020	33.66667	102.7	314.9	317.9	408.6
102	4	2040	34	102.5	314	319.5	405
103	4	2060	34.33333	101.8	314.2	315.8	400.6
104	4	2080	34.66667	101.6	314.9	314.7	394.7
105	4	2100	35	101.3	316.5	308.9	392.7
106	4	2120	35.33333	101.1	319.7	308.5	392.2
107	4	2140	35.66667	101.3	322.2	305	390.2
108	4	2160	36	102.3	325.2	299.3	391.3
109	4	2180	36.33333	103.4	327.5	306.4	392
110	4	2200	36.66667	103.7	330.1	307.5	392.5
111	4	2220	37	105.5	330.8	306.4	392.7
112	4	2240	37.33333	106	331	303.6	389.3
113	4	2260	37.66667	106	331.4	303.4	387.2
114	4	2280	38	105.5	331		380
115	4	2300	38.33333	104.8	330.8		379.3
116	4	2320	38.66667	104.6	330.5		376.5
117	4	2340	39	104.6	328.7		371.5
118	4	2360	39.33333	104.8	327.8		371.5

119	4	2380	39.66667	104.6	326.8		372.2
120	4	2400	40	104.6	325		369.5
121	4	2420	40.33333	104.6	323.2		367.9
122	4	2440	40.66667	104.1	322.2		366.5
123	4	2460	41	104.1	321.6		361.3
124	4	2480	41.33333	104.1	321.6		358.6
125	4	2500	41.66667	103.9	322.5		357.4
126	4	2520	42	103.9	299.5		354.4
127	4	2540	42.33333	104.4	326.2		354
128	4	2560	42.66667	104.4	328.9		352.8
129	4	2580	43	104.8	331.7		352.4
130	4	2600	43.33333	104.8	334.4		352.6
131	4	2620	43.66667	104.8	337		351.9
132	4	2640	44	105.3	338.8		351.9
133	4	2660	44.33333	105.1	339.3		350.3
134	4	2680	44.66667	104.8	339.5		350.5
135	4	2700	45	104.6	340		341.6
136	4	2720	45.33333	104.1	340.4		342.5
137	4	2740	45.66667	104.4			336
138	4	2760	46	104.6			338.1
139	4	2780	46.33333	104.6			336.3
140	4	2800	46.66667	104.6			334.7
141	4	2820	47	105.1			335.6
142	4	2840	47.33333	105.8			334.2
143	4	2860	47.66667	106			333.7
144	4	2880	48	106			331.4
145	4	2900	48.33333	105.5			330.8
146	4	2920	48.66667	105.1			328
147	4	2940	49	104.8			326.2
148	4	2960	49.33333	104.4			320.2
149	4	2980	49.66667	104.1			325.9
150	4	3000	50	103.9			322.5
151	4	3020	50.33333	104.1			326.4
152	4	3040	50.66667	104.1			321.1
153	4	3060	51	103.9			325.7
154	4	3080	51.33333	104.6			325.9
155	4	3100	51.66667	105.3			325.7
156	4	3120	52	105.3			324.1
157	4	3140	52.33333	105.5			323.4
158	4	3160	52.66667	105.5			323.2
159	4	3180	53	105.5			325.2
160	4	3200	53.33333	108.8			320
161	4	3220	53.66667	110.4			325.5

162	4	3240	54	111.6			325
163	4	3260	54.33333	111.8			324.3
164	4	3280	54.66667	112			324.3
165	4	3300	55	112.3			320.2
166	4	3320	55.33333				324.8
167	4	3340	55.66667				325.5
168	4	3360	56				325.2
169	4	3380	56.33333				324.5
170	4	3400	56.66667				319
171	4	3420	57				323.4
172	4	3440	57.33333				323.4
173	4	3460	57.66667				324.1
174	4	3480	58				324.3
175	4	3500	58.33333				323.6
176	4	3520	58.66667				320
177	4	3540	59				323.9
178	4	3560	59.33333				324.5
179	4	3580	59.66667				325
180	4	3600	60				323.4

1.2 Data penelitian dengan variasi rasio batubara dan minyak goreng 1:2

Variasi temperatur pemanasan : 150°C, 200°C dan 250°C

Temperatur *furnace* : 300°C

Kecepatan Udara : 0,2 m/s

Record	Channel	waktu		Data			
		detik	menit	Sampel	T=150 C	T=200 C	T=250
0	4	0	0	28.4	24.9	28.9	30.8
1	4	20	0.333333	29.4	26.1	28.9	30.1
2	4	40	0.666667	29.1	28.7	29.1	30.5
3	4	60	1	29.1	33.6	29.4	35
4	4	80	1.333333	29.8	39.7	30.1	37.8
5	4	100	1.666667	30.5	50.9	30.5	40.2
6	4	120	2	31.2	63.2	31.7	45.5
7	4	140	2.333333	32	77.9	32.7	52.3
8	4	160	2.666667	33.1	94.5	34.3	57.6
9	4	180	3	34.5	113.2	35.7	62
10	4	200	3.333333	36.2	134.8	37.6	70
11	4	220	3.666667	37.6	161.2	40.9	76.5
12	4	240	4	39.7	186.7	43.7	82.9
13	4	260	4.333333	41.6	213	47.6	88.8

14	4	280	4.666667	43.7	238	53.4	95
15	4	300	5	45.5	262.5	58.3	102.3
16	4	320	5.333333	47.9	291.3	66.5	110.6
17	4	340	5.666667	50.2	314.9	74.4	115.8
18	4	360	6	52.5	343.9	86.3	124
19	4	380	6.333333	54.8	363.8	96.1	128.4
20	4	400	6.666667	57.4	390.4	106.9	135
21	4	420	7	60	426.8	112.3	143.3
22	4	440	7.333333	64.8	467.1	120	147.6
23	4	460	7.666667	66.7	504.7	132	153.5
24	4	480	8	69.7	538.4	144	160.2
25	4	500	8.333333	71.8	593.4	160.9	166.2
26	4	520	8.666667	77.6	622.4	177.5	173.4
27	4	540	9	80	699.3	194.9	177.3
28	4	560	9.333333	81.5	551.6	218.8	184.8
29	4	580	9.666667	81.8	525.3	260.6	189.3
30	4	600	10	82.9	500.4	309.1	193
31	4	620	10.33333	82.9	488.5	362.5	198.5
32	4	640	10.66667	87.9	472.3	426.8	205.7
33	4	660	11	88.8	464	509.6	208.3
34	4	680	11.33333	93.8	454.8	607.4	214.7
35	4	700	11.66667	96.5	447.4	645.9	223
36	4	720	12	98.1	438.4	665.2	226.9
37	4	740	12.33333	99.7	431.8	672.9	230.4
38	4	760	12.66667	101.6	428.4	686.3	233.3
39	4	780	13	103.2	420	695.6	272.7
40	4	800	13.33333	105.5	415	705.9	311.7
41	4	820	13.66667	107.6	407.7	719.7	332.6
42	4	840	14	109.3	402.7	728.7	360
43	4	860	14.33333	110.9	398.1	734.7	414.5
44	4	880	14.66667	112.3	394	760	465.1
45	4	900	15	113.7	389.3	755.6	455.9
46	4	920	15.33333	114.1	385	725	418.4
47	4	940	15.66667	114.6	381.1	688.1	387.9
48	4	960	16	115.3	377	655.4	367.9
49	4	980	16.33333	115.5	372.9	597.5	345.9
50	4	1000	16.66667	115.8	368.1	566.9	331.4
51	4	1020	17	115.5	368.8	547.4	318.8
52	4	1040	17.33333	115.8	365.6	533.2	309.1
53	4	1060	17.66667	115.3	362	523.1	303.4
54	4	1080	18	115.3	358.1	515.2	296.5
55	4	1100	18.33333	115.1	351.9	506.7	291.6
56	4	1120	18.66667	115.1	348.7	499.7	285.3

57	4	1140	19	114.6	350.8	493.2	280.6
58	4	1160	19.33333	114.6	355.4	487.1	274.8
59	4	1180	19.66667	113.9	359.5	466	271.6
60	4	1200	20	113.4	363.6	447.6	266.9
61	4	1220	20.33333	112.5	365.2	440.4	262.7
62	4	1240	20.66667	112.5	364.7	435	259.5
63	4	1260	21	111.1	362.5	429.5	257.1
64	4	1280	21.33333	110.6	360.4	423.1	255.7
65	4	1300	21.66667	110.2	357	419.5	253.1
66	4	1320	22	110	353.1	412.9	251.2
67	4	1340	22.33333	109.3	348.9	408.6	249.4
68	4	1360	22.66667	108.8	344.1	403.1	246.8
69	4	1380	23	108.1	342.7	398.1	245.8
70	4	1400	23.33333	107.6	345.2	393.6	244.7
71	4	1420	23.66667	106.9	349.1	390	242.1
72	4	1440	24	106.9	353.1	385.9	240.7
73	4	1460	24.33333	106.7	353.5	396.5	238.8
74	4	1480	24.66667	106.7	352.8	397.2	236.9
75	4	1500	25	107.2	350.1	393.8	235.7
76	4	1520	25.33333	108.3	347.1	388.1	233.8
77	4	1540	25.66667	107.6	343.4	383.1	232.8
78	4	1560	26	107.2	339	377.5	231.9
79	4	1580	26.33333	107.4	336.5	373.4	230.2
80	4	1600	26.66667	107.2	335.6	369.5	228.3
81	4	1620	27	107.2	335.1	369	227.1
82	4	1640	27.33333	106.9	336.7	370.2	226.1
83	4	1660	27.66667	106.9	336.3	373.1	225.2
84	4	1680	28	106.2	337	373.6	223.8
85	4	1700	28.33333	106	337.9	373.4	221.9
86	4	1720	28.66667	106.5	338.1	372.2	220.7
87	4	1740	29	105.8	337.9	369.3	220.2
88	4	1760	29.33333	104.8	336.3	366.3	217.8
89	4	1780	29.66667	104.6	334.7	362.9	216.4
90	4	1800	30	104.1	333.3	359.3	216.4
91	4	1820	30.33333	103.9	331.4	355.1	215.2
92	4	1840	30.66667	103.2	329.4	349.6	218.3
93	4	1860	31	103.7	326.8	345.7	220.7
94	4	1880	31.33333	103.9	324.8	345.2	225
95	4	1900	31.66667	104.4	324.1	345.7	226.6
96	4	1920	32	104.4	323.4	347.5	229
97	4	1940	32.33333	104.1	323.2	347.5	229.2
98	4	1960	32.66667	103.4	322.9	346.8	229.5
99	4	1980	33	103.7	323.4	346.6	229.2

100	4	2000	33.33333	103.2	322.9	345.7	227.8
101	4	2020	33.66667	102.7	324.1	343.6	226.6
102	4	2040	34	102.5	323.6	341.8	225.4
103	4	2060	34.33333	101.8	321.8	345	224.5
104	4	2080	34.66667	101.6	320	347.8	223.8
105	4	2100	35	101.3	317.4	345.7	222.3
106	4	2120	35.33333	101.1	316.5	343.9	221.4
107	4	2140	35.66667	101.3	315.8	339.3	218.8
108	4	2160	36	102.3	314.2	336.7	216.4
109	4	2180	36.33333	103.4	314.2	335.8	218.3
110	4	2200	36.66667	103.7	314.4	335.4	216.6
111	4	2220	37	105.5	314.9	335.6	217.8
112	4	2240	37.33333	106	314.4	334.4	221.4
113	4	2260	37.66667	106	313.1	335.1	223.8
114	4	2280	38	105.5	311.7	333.7	225.4
115	4	2300	38.33333	104.8	309.8	334.2	226.6
116	4	2320	38.66667	104.6	308.2	332.4	226.1
117	4	2340	39	104.6	307.1	331.4	225.7
118	4	2360	39.33333	104.8	305.9	330.3	225.4
119	4	2380	39.66667	104.6	305.9	327.8	225.2
120	4	2400	40	104.6	305.9	325	224
121	4	2420	40.33333	104.6	306.4	323.2	222.8
122	4	2440	40.66667	104.1	306.6	320.2	220.9
123	4	2460	41	104.1	306.6	321.3	220.9
124	4	2480	41.33333	104.1	306.6	323.9	219.2
125	4	2500	41.66667	103.9	306.2	324.3	220
126	4	2520	42	103.9	305.5	323.6	219.7
127	4	2540	42.33333	104.4	305.2	322.9	221.4
128	4	2560	42.66667	104.4	304.8	320.6	222.8
129	4	2580	43	104.8	303.6	315.6	224.5
130	4	2600	43.33333	104.8	303.4	313.5	225.7
131	4	2620	43.66667	104.8	303.4	312.1	226.6
132	4	2640	44	105.3	302.9	311.9	226.6
133	4	2660	44.33333	105.1	303.2	314.4	227.8
134	4	2680	44.66667	104.8	303.9	315.6	227.6
135	4	2700	45	104.6	304.3	315.8	226.1
136	4	2720	45.33333	104.1	304.5	315.1	226.1
137	4	2740	45.66667	104.4	304.5	313.3	225.7
138	4	2760	46	104.6	304.1	308.9	225.2
139	4	2780	46.33333	104.6	304.1	307.1	224
140	4	2800	46.66667	104.6	303.2	305.9	222.6
141	4	2820	47	105.1	303.2	306.8	222.3
142	4	2840	47.33333	105.8	302	308.5	222.3

143	4	2860	47.66667	106	303.2	307.8	223.5
144	4	2880	48	106	303.6	308.2	223.8
145	4	2900	48.33333	105.5	304.1	307.5	224
146	4	2920	48.66667	105.1	304.5	306.4	225.2
147	4	2940	49	104.8	304.1	304.3	227.6
148	4	2960	49.33333	104.4	303.9	303.4	228.5
149	4	2980	49.66667	104.1	303.4	301.8	229.7
150	4	3000	50	103.9	303.2	301.8	229.7
151	4	3020	50.33333	104.1	303.6	302.7	230.2
152	4	3040	50.66667	104.1	302.9	304.3	229.2
153	4	3060	51	103.9	303.2	305.5	228.8
154	4	3080	51.33333	104.6	303.6	310.5	227.3
155	4	3100	51.66667	105.3	304.1	310.1	225.9
156	4	3120	52	105.3	303.4	307.8	225
157	4	3140	52.33333	105.5	303.4	305.2	224
158	4	3160	52.66667	105.5	303.6	301.8	224.2
159	4	3180	53	105.5	303.4	301.1	223
160	4	3200	53.33333	108.8	303.6	302.2	223.5
161	4	3220	53.66667	110.4	303.6	304.1	224
162	4	3240	54	111.6	304.1	306.2	226.1
163	4	3260	54.33333	111.8	304.5	307.1	226.1
164	4	3280	54.66667	112	304.5	305.5	229.2
165	4	3300	55	112.3	303.9	304.1	229.2
166	4	3320	55.33333		304.8	300.9	229.7
167	4	3340	55.66667		304.3	298.8	230.4
168	4	3360	56		302.9	296.5	229.7
169	4	3380	56.33333		302.5	296.7	225
170	4	3400	56.66667		302.9	298.3	224
171	4	3420	57		303.2	300	223
172	4	3440	57.33333		304.1	301.1	223
173	4	3460	57.66667		304.5	301.6	224
174	4	3480	58		305	300	222.1
175	4	3500	58.33333		305	297.9	223.8
176	4	3520	58.66667		305.7	295.5	223.8
177	4	3540	59		303.9	292.7	223.8
178	4	3560	59.33333		300.9	291.8	425.9
179	4	3580	59.66667		302.9	292.7	416.8
180	4	3600	60		303.6	294.6	409

1.3 Data penelitian dengan variasi rasio batubara dan minyak goreng 1:3

Variasi temperatur pemanasan : 150°C, 200°C dan 250°C

Temperatur *furnace* : 300°C

Kecepatan Udara : 0,2 m/s

Record	Channel	waktu		Data			
		detik	menit	Sampel	T=150 C	T=200 C	T=250
0	4	0	0	28.4	26.8	30.1	25.8
1	4	20	0.333333	29.4	26.8	33.8	27.2
2	4	40	0.666667	29.1	29.6	32.9	28.9
3	4	60	1	29.1	34.1	33.4	30.1
4	4	80	1.333333	29.8	38.8	38.3	34.8
5	4	100	1.666667	30.5	43	38.5	40.4
6	4	120	2	31.2	48.6	41.8	41.8
7	4	140	2.333333	32	51.8	43.9	45.1
8	4	160	2.666667	33.1	56.5	47.2	50
9	4	180	3	34.5	62.3	50.9	55.5
10	4	200	3.333333	36.2	65.3	53.9	62.3
11	4	220	3.666667	37.6	72.7	57.9	60
12	4	240	4	39.7	77.2	60	63
13	4	260	4.333333	41.6	81.3	64.8	73.7
14	4	280	4.666667	43.7	86.1	73	77.6
15	4	300	5	45.5	90.2	79.5	79.5
16	4	320	5.333333	47.9	96.1	84.5	86.1
17	4	340	5.666667	50.2	101.1	89.7	91.3
18	4	360	6	52.5	106.7	93.1	94.5
19	4	380	6.333333	54.8	111.3	96.5	99
20	4	400	6.666667	57.4	116.9	100.2	104.8
21	4	420	7	60	120.2	102.5	108.6
22	4	440	7.333333	64.8	125.6	112.3	107.6
23	4	460	7.666667	66.7	131.2	115.3	111.8
24	4	480	8	69.7	134.5	119.5	115.5
25	4	500	8.333333	71.8	139.7	123.2	120.9
26	4	520	8.666667	77.6	144	125.4	126.5
27	4	540	9	80	146.6	131	127
28	4	560	9.333333	81.5	153	132.9	137.1
29	4	580	9.666667	81.8	157.1	136	140
30	4	600	10	82.9	161.9	140.7	142.8
31	4	620	10.33333	82.9	163.1	145.7	145
32	4	640	10.66667	87.9	169.1	149	144.7
33	4	660	11	88.8	172.5	150.2	149
34	4	680	11.33333	93.8	175.4	155.7	154.5

35	4	700	11.66667	96.5	179.2	159.2	158.8
36	4	720	12	98.1	179.2	163.3	161.4
37	4	740	12.33333	99.7	181.6	163.1	160.2
38	4	760	12.66667	101.6	186.9	169.6	166.9
39	4	780	13	103.2	189.6	172.2	167.4
40	4	800	13.33333	105.5	193.2	173.2	167.7
41	4	820	13.66667	107.6	193	175.4	173
42	4	840	14	109.3	197.3	182.1	178.7
43	4	860	14.33333	110.9	201.1	184.3	176.3
44	4	880	14.66667	112.3	203	192.2	180.2
45	4	900	15	113.7	206.1	196.1	185.5
46	4	920	15.33333	114.1	209.2	205	182.1
47	4	940	15.66667	114.6	216.1	211.1	188.6
48	4	960	16	115.3	218	220.2	189.1
49	4	980	16.33333	115.5	218.8	228	189.6
50	4	1000	16.66667	115.8	226.6	236.1	191.5
51	4	1020	17	115.5	237.8	246.5	193.9
52	4	1040	17.33333	115.8	248.4	250.5	200.4
53	4	1060	17.66667	115.3	256.7	259.7	198.7
54	4	1080	18	115.3	268.8	267.2	204.5
55	4	1100	18.33333	115.1	280.6	273.9	205.7
56	4	1120	18.66667	115.1	317.4	286.5	207.8
57	4	1140	19	114.6	350.8	297.2	213.5
58	4	1160	19.33333	114.6	406.5	307.1	215.9
59	4	1180	19.66667	113.9	425.2	316.3	218.8
60	4	1200	20	113.4	369	360.6	216.6
61	4	1220	20.33333	112.5	334.7	466.2	224
62	4	1240	20.66667	112.5	313.1	520.2	229.7
63	4	1260	21	111.1	328	538.2	227.3
64	4	1280	21.33333	110.6	298.8	561.5	224.7
65	4	1300	21.66667	110.2	275.1	573.2	230.4
66	4	1320	22	110	270.2	511.4	230.2
67	4	1340	22.33333	109.3	266.2	452.1	236.9
68	4	1360	22.66667	108.8	266.7	423.1	237.1
69	4	1380	23	108.1	264.4	395.9	233.5
70	4	1400	23.33333	107.6	263	375.9	239.5
71	4	1420	23.66667	106.9	260	362.7	241.8
72	4	1440	24	106.9	262	356.5	242.3
73	4	1460	24.33333	106.7	260.4	351.2	242.5
74	4	1480	24.66667	106.7	260.4	348.7	244.2
75	4	1500	25	107.2	260.4	347.1	243.7
76	4	1520	25.33333	108.3	260.9	345.5	249.4
77	4	1540	25.66667	107.6	261.6	345.5	249.4

78	4	1560	26	107.2	260.9	344.5	248.9
79	4	1580	26.33333	107.4	261.1	342.7	249.1
80	4	1600	26.66667	107.2	260.9	342.7	252
81	4	1620	27	107.2	259.7	342.5	252.4
82	4	1640	27.33333	106.9	260.9	340.6	259.7
83	4	1660	27.66667	106.9	259	340.6	258.5
84	4	1680	28	106.2	258.8	340.2	262.5
85	4	1700	28.33333	106	260.2	342.2	262.7
86	4	1720	28.66667	106.5	260.2	342	266.5
87	4	1740	29	105.8	258.3	342.9	266.2
88	4	1760	29.33333	104.8	259.2	345	268.8
89	4	1780	29.66667	104.6	259.7	345.2	269.7
90	4	1800	30	104.1	258.8	346.4	271.6
91	4	1820	30.33333	103.9	258.1	345.5	271.3
92	4	1840	30.66667	103.2	259.7	346.6	266.9
93	4	1860	31	103.7	259.7	345	272.7
94	4	1880	31.33333	103.9	258.1	345.9	268.8
95	4	1900	31.66667	104.4	257.8	343.6	269.3
96	4	1920	32	104.4	256.9	351.4	269.7
97	4	1940	32.33333	104.1	256.7	351	270.9
98	4	1960	32.66667	103.4	257.6	351.9	277.4
99	4	1980	33	103.7	256.7	349.8	277.6
100	4	2000	33.33333	103.2	257.6	350.1	277.9
101	4	2020	33.66667	102.7	258.1	348.9	276.5
102	4	2040	34	102.5	256.9	347.8	276
103	4	2060	34.33333	101.8	257.8	346.4	281.3
104	4	2080	34.66667	101.6	257.4	345	277.2
105	4	2100	35	101.3	257.1	345.2	280.9
106	4	2120	35.33333	101.1	256.2	342.5	280
107	4	2140	35.66667	101.3	255.5	340.6	285.1
108	4	2160	36	102.3	253.8	340.6	281.6
109	4	2180	36.33333	103.4	254.8	338.1	281.1
110	4	2200	36.66667	103.7	255	336.7	281.1
111	4	2220	37	105.5	252.9	337.7	286.2
112	4	2240	37.33333	106	252.2	335.8	284.6
113	4	2260	37.66667	106	253.6	335.8	285.3
114	4	2280	38	105.5	251.2	336	287.4
115	4	2300	38.33333	104.8	251	335.8	286.7
116	4	2320	38.66667	104.6	250.3	335.4	290.4
117	4	2340	39	104.6	252.9	333.3	292.7
118	4	2360	39.33333	104.8	251.2	333.5	289
119	4	2380	39.66667	104.6	252	332.1	296.7
120	4	2400	40	104.6	252.7	330.8	296.2

121	4	2420	40.33333	104.6	252.7	331	300
122	4	2440	40.66667	104.1	251.7	329.6	300.9
123	4	2460	41	104.1	250.8	330.3	301.6
124	4	2480	41.33333	104.1	251.5	328.9	303.2
125	4	2500	41.66667	103.9	250.5	328	302.2
126	4	2520	42	103.9	251	328	306.8
127	4	2540	42.33333	104.4	251	326.8	305
128	4	2560	42.66667	104.4	251.5	326.6	311
129	4	2580	43	104.8	250.8	326.8	314.7
130	4	2600	43.33333	104.8	251.2	325.9	315.6
131	4	2620	43.66667	104.8	252.2	325	314
132	4	2640	44	105.3	252.4	325.7	314.7
133	4	2660	44.33333	105.1	252.4	325.2	316
134	4	2680	44.66667	104.8	251.5	325	319.5
135	4	2700	45	104.6	251.5	324.5	320.6
136	4	2720	45.33333	104.1	251.2	323.2	321.8
137	4	2740	45.66667	104.4	251	322.9	323.9
138	4	2760	46	104.6	251.7	323.6	323.9
139	4	2780	46.33333	104.6	249.8	323.4	323.6
140	4	2800	46.66667	104.6	249.6	322.5	328.5
141	4	2820	47	105.1	251.2	322.2	327.1
142	4	2840	47.33333	105.8	250.3	320	326.2
143	4	2860	47.66667	106	248	320.4	323.6
144	4	2880	48	106	247.2	320	323.2
145	4	2900	48.33333	105.5	245.8	318.8	327.3
146	4	2920	48.66667	105.1	246.3	319.5	323.2
147	4	2940	49	104.8	246.5	317.4	326.6
148	4	2960	49.33333	104.4	245.6	318.1	321.6
149	4	2980	49.66667	104.1	245.4	316	325.2
150	4	3000	50	103.9	247	316.7	322.9
151	4	3020	50.33333	104.1	245.6	315.6	319.3
152	4	3040	50.66667	104.1	246.5	316	321.3
153	4	3060	51	103.9	246.8	315.1	322.7
154	4	3080	51.33333	104.6	245.8	315.6	320.2
155	4	3100	51.66667	105.3	247.7	314.2	321.1
156	4	3120	52	105.3	246.1	314.7	321.3
157	4	3140	52.33333	105.5	245.4	315.4	319.5
158	4	3160	52.66667	105.5	247	314.9	320.2
159	4	3180	53	105.5	241.8	313.5	322.9
160	4	3200	53.33333	108.8	242.8	314.2	323.6
161	4	3220	53.66667	110.4	242.1	314	321.1
162	4	3240	54	111.6	243	314.7	326.4
163	4	3260	54.33333	111.8	246.1	315.4	322.2

Nama Sampel : Duplikasi Sampel 2

Parr 1266 Calorimeter		Rav. 052102	
Unit # 0	01/04/2011		23: 59: 09
Mode:	Determination		
Method:	Dynamic	Type:	Preliminary
Sampel ID	16078	Weight	0. 4790
Bomb ID	1	EE Value	2385. 0000
Spike Wght	0. 0000	Fuse	15. 0000
Acid	10. 0000	Sulfur	0. 0000
Init. Temp	25. 2916	Temp. Rise	0. 9379
Jacket T	30. 0114	Gross Heat	4617. 7650 cal/g

2.2 Analisa Nilai Kalor Sampel Batubara Setelah UBC**Nama Sampel : UBC**

Parr 1266 Calorimeter		Rav. 052102	
Unit # 0	01/04/2011		23: 43: 21
Mode:	Determination		
Method:	Dynamic	Type:	Preliminary
Sampel ID	16077	Weight	0. 9868
Bomb ID	1	EE Value	2385. 0000
Spike Wght	0. 0000	Fuse	15. 0000
Acid	10. 0000	Sulfur	0. 0000
Init. Temp	28. 4557	Temp. Rise	3. 0073
Jacket T	29. 9976	Gross Heat	7243. 1413 cal/g

Nama Sampel : QC

Parr 1266 Calorimeter		Rav. 052102	
Unit # 0	01/04/2011		00: 51: 17
Mode:	Determination		
Method:	Dynamic	Type:	Preliminary
Sampel ID	16079	Weight	0. 9298
Bomb ID	1	EE Value	2385. 0000
Spike Wght	0. 0000	Fuse	15. 0000
Acid	10. 0000	Sulfur	0. 0000
Init. Temp	27. 7933	Temp. Rise	2. 6163
Jacket T	29. 9968	Gross Heat	6684. 0332 cal/g