



UNIVERSITAS INDONESIA

**EFEK *HOOD* TERHADAP PEMBENTUKAN EMISI CO
PADA KOMPOR BRIKET BATUBARA**

SKRIPSI

**SAPUR MUHAMMAD NASIR
0606043276**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**EFEK *HOOD* TERHADAP PEMBENTUKAN EMISI CO
PADA KOMPOR BRIKET BATUBARA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

**SAPUR MUHAMMAD NASIR
0606043276**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
KEKHUSUSAN TEKNIK KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Sapur Muhammad Nasir
NPM : 0606043276
Tanda tangan :
Tanggal : 23 Desember 2008**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Sapur Muhammad Nasir
NPM : 0606043276
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Efek *Hood* Terhadap Pembentukan Emisi CO
pada Kompor Briket Batubara.

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Dijan Supramono, M.Sc ()
Penguji : Ir. Mahmud Sudibandriyo, Msc. PhD ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA ()

Ditetapkan di : Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok

Tanggal : 23 Desember 2008

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dalam kesempatan ini saya ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. Dijan Supramono, M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan skripsi ini. Selain itu juga, saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof.Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI.
2. Yuliusman, ST. MT selaku kordinator mata kuliah spesial skripsi Teknik Kimia FTUI.
3. Bambang Heru Susanto, ST. MT selaku pembimbing akademis
4. Orang tua dan keluarga saya atas bantuan dukungan moral dan material.
5. Teman-teman dalam satu grup riset dan teman-teman ekstensi angkatan 2006 yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan.
6. Seluruh pihak yang tak bisa disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 23 Desember 2008

Penulis

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

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

Nama : Sapur Muhammad Nasir
NPM : 0606043276
Program Studi : 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 :

Efek *Hood* Terhadap Pembentukan Emisi CO pada Kompor Briket Batubara.

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 23 Desember 2008
Yang menyatakan

(Sapur Muhammad Nasir)

ABSTRAK

Nama : Sapur Muhammad Nasir
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Efek *Hood* Terhadap Pembentukan Emisi CO pada Kompor Briket Batubara

Penelitian ini membahas mengenai pengurangan emisi CO yang dihasilkan dari pembakaran pada kompor briket batubara. Metode yang digunakan adalah dengan penggunaan *hood*. Jenis *hood* yang digunakan adalah *hood* 6 cm dan *hood* 8 cm, dimana *hood* ini dapat membentuk resirkulasi di dalam ruang *chimney* kompor briket batubara. Resirkulasi ini dapat membuat waktu tinggal gas hasil pembakaran di dalam kompor akan semakin lama, sehingga dapat memaksimalkan konversi CO menjadi CO₂. Hasil penelitian menjelaskan bahwa emisi CO yang dihasilkan oleh *hood* 6 cm nilainya lebih rendah dibandingkan dengan nilai emisi CO yang dihasilkan oleh *hood* 8 cm. Penggunaan *hood* 6 cm, tinggi *chimney* 15 cm dan kecepatan *forced draft* 0,5 m/s menghasilkan emisi CO rata-rata terendah yaitu 10,11 ppm.

Kata kunci :
Briket, batubara, kompor, *hood*, *chimney*

ABSTRACT

Name : Sapur Muhammad Nasir
Study Program: Chemical Engineering
Title : Hood Effect on the Formation of CO Emission in Coal Briquette Stove

The focus of this research is to minimize the CO emission in a coal briquette stove, by creating a recirculation zone in the chimney region of coal briquette stove. This can be constituted by installing a hood on the top of the coal briquette stove. Two sizes of hood have been used i.e 6 and 8 cm hole diameter of hood. The recirculation allows the flue gas to have longer residence time in the chimney region thus enabling CO to convert into CO₂. The result shows that hood of 6 cm hole diameter has lower CO emission compared to that produced by hood of 8 cm. The lowest CO emission was achieved by having a hood with hole diameter of 6 cm, chimney height of 15 cm and forced draft velocity 0,5 m/s. The minimum average CO emission was 10,11 ppm.

Key words :
Briquette, coal, stove, hood, chimney

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 BRIKET BATUBARA.....	5
2.1.1 Desain Kompor Briket Batubara.....	6
2.2 PEMBAKARAN.....	7
2.2.1 Teori Pembakaran.....	7
2.2.2 Faktor Pendukung Pembakaran.....	8
2.2.3 Kualitas Pembakaran.....	8
2.2.4 Pembakaran Briket Batubara.....	9
2.2.5 Emisi Pembakaran.....	11
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	15
3.2 INSTRUMEN PENGUMPULAN DATA.....	16
3.2.1 Spesifikasi Instrumen <i>Quintox</i> KM9006.....	17
3.3 PREPARASI BAHAN.....	18
3.3.1 Bahan-bahan Pembuatan Briket Promotor.....	18
3.3.2 Alat-alat Pembuatan Briket Promotor.....	19
3.3.3 Prosedur Pembuatan Briket Promotor.....	19
3.4 PREPARASI ALAT.....	19
3.4.1 Kalibrasi <i>Quintox Gas Analyzer</i>	19
3.4.2 Preparasi Termokopel.....	20
3.4.3 Kalibrasi Kecepatan Aliran Udara <i>Forced Draft</i>	20
3.4.4 Preparasi Kompor Briket Batubara.....	21
3.5 PROSEDUR PERCOBAAN.....	22
4. PEMBAHASAN.....	25
4.1 Pengujian Emisi CO (<i>Hood</i> 6 cm dan ketinggian <i>chimney</i> 15 cm)	25
4.2 Pengujian Emisi CO (<i>Hood</i> 8 cm dan ketinggian <i>chimney</i> 15 cm)	29

4.3 Pengaruh Temperatur Pembakaran Terhadap Emisi CO	31
4.4 Analisa Percobaan.....	32
4.5 Analisa Pengaruh <i>Hood</i>	33
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 KESIMPULAN.....	34
5.2 SARAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	37

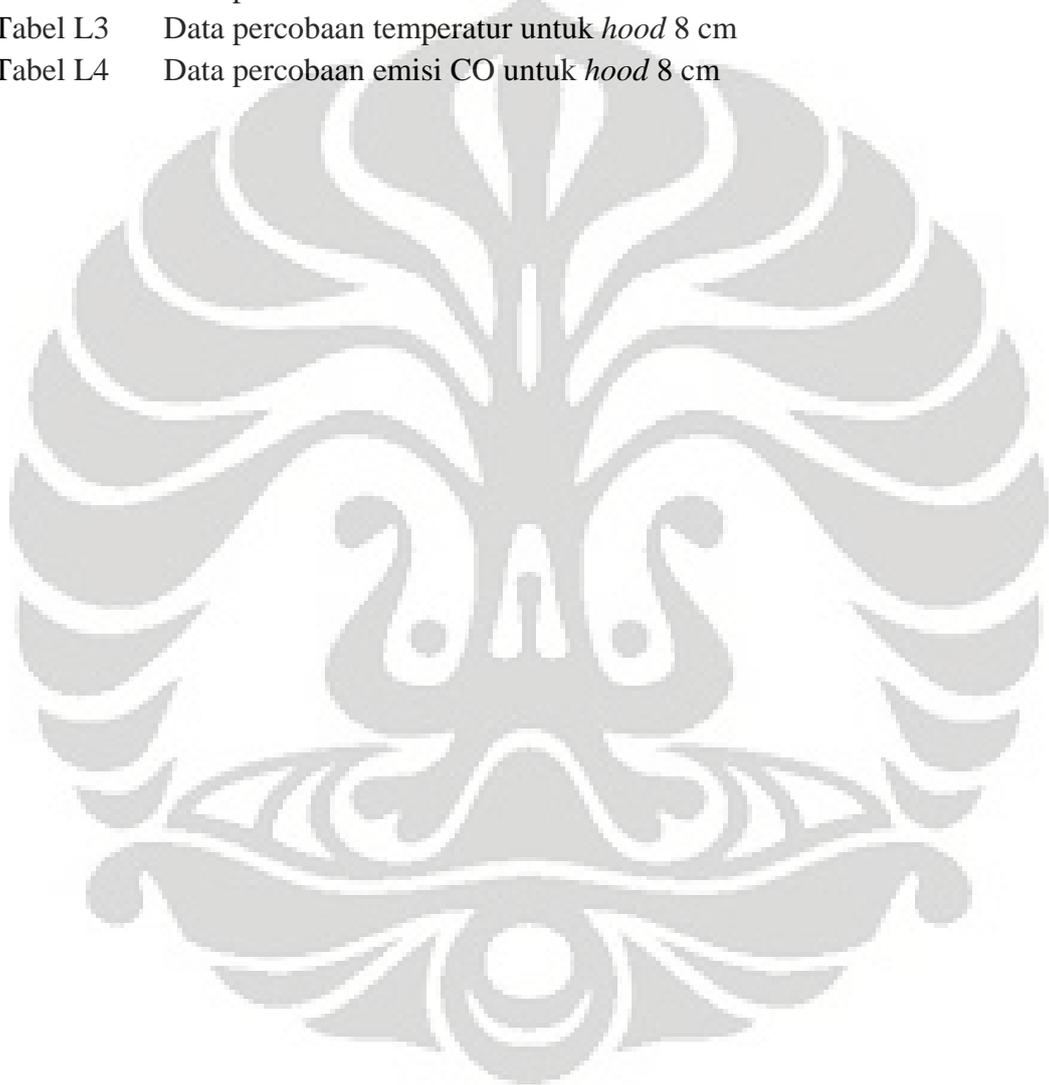


DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	efek paparan emisi CO ke tubuh manusia terhadap kadar karboksihemoglobin dan efek terhadap tubuh	2
Gambar 2.1	Bentuk-bentuk briket batubara	5
Gambar 3.1	Sketsa kompor briket dengan <i>blower</i> dan <i>hood</i>	13
Gambar 3.2	Bentuk <i>hood</i> yang digunakan	14
Gambar 3.3	Skema penelitian yang digunakan	15
Gambar 3.4	<i>Quintox Gas Analyzer</i>	16
Gambar 3.5	Skema alat <i>Quintox</i> KM9006	17
Gambar 3.6	Bagian-bagian peralatan pada <i>Quintox</i> KM9006	19
Gambar 3.7	Kalibrasi Kecepatan <i>Forced Draft</i>	21
Gambar 3.8	Kompor briket batubara	22
Gambar 3.9	Pembakaran promotor	23
Gambar 3.10	Skema peralatan percobaan dengan penggunaan <i>hood</i>	24
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara temperatur terhadap waktu untuk penggunaan <i>hood</i> 6 cm, tinggi <i>chimney</i> 15 cm dari berbagai varian kecepatan <i>forced draft</i> -nya	25
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara emisi CO terhadap waktu untuk penggunaan <i>hood</i> 6 cm, tinggi <i>chimney</i> 15 cm dari berbagai varian kecepatan <i>forced draft</i> -nya	27
Gambar 4.3	Resirkulasi pada pembakaran briket dan perambatan konduksinya	28
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara temperatur terhadap waktu untuk penggunaan <i>hood</i> 8 cm, tinggi <i>chimney</i> 15 cm dari berbagai varian kecepatan <i>forced draft</i> -nya	29
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara emisi CO terhadap waktu untuk penggunaan <i>hood</i> 8 cm, tinggi <i>chimney</i> 15 cm dari berbagai varian kecepatan <i>forced draft</i> -nya	30
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara emisi CO dan terhadap waktu untuk penggunaan <i>hood</i> 6 cm, tinggi <i>chimney</i> 15 cm dan kecepatan <i>forced draft</i> 0,5 m/s	31
Gambar L1	Bara pada saat masuk kompor	43
Gambar L2	Bara pada saat <i>ignition time</i>	43
Gambar L3	Bara pada saat pembakaran merata	44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Percobaan Untuk Variasi <i>forced draft</i> Pada Hood 6 cm dan Ketinggian <i>Chimney</i> 15 cm	27
Tabel 4.2	Data Percobaan Untuk Variasi <i>forced draft</i> Pada Hood 8 cm dan Ketinggian <i>Chimney</i> 15 cm	30
Tabel L1	Data percobaan temperatur untuk hood 6 cm	37
Tabel L2	Data percobaan emisi CO untuk hood 6 cm	38
Tabel L3	Data percobaan temperatur untuk hood 8 cm	40
Tabel L4	Data percobaan emisi CO untuk hood 8 cm	41



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Percobaan

37



BAB 1

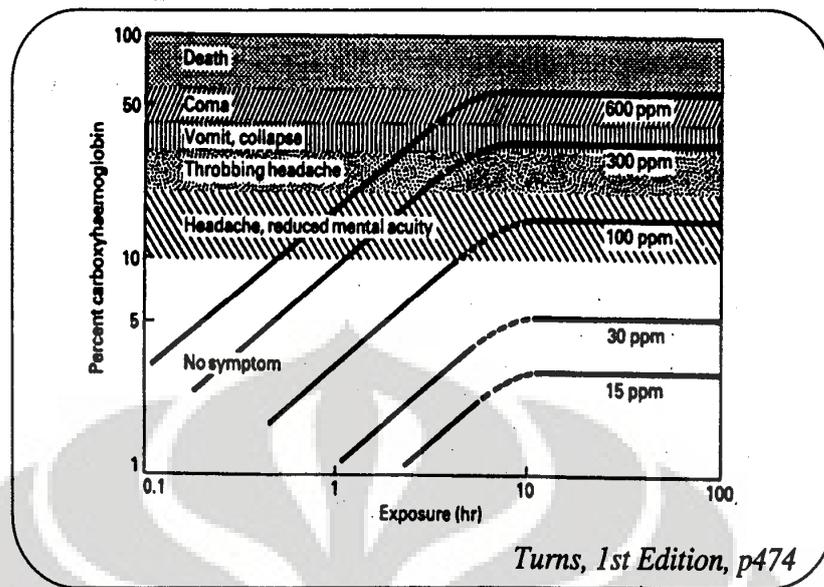
PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Briket batubara menjadi salah satu andalan dalam diversifikasi energi, tidak hanya karena sumber batubara yang terdapat di Indonesia masih cukup besar sekitar 19,3 miliar ton tetapi juga karena menghasilkan pemanasan yang tinggi dan kontinyu untuk pembakaran yang cukup lama. Selain itu briket juga tidak beresiko untuk meledak/terbakar.(www.ristek.go.id)

Berdasar pada beberapa studi pendahuluan yang berkaitan dengan topik ini, didapatkan bahwa kompor pembakaran briket batubara saat ini masih menghasilkan emisi CO yang tinggi (100-700 ppm) (Wibowo dan Supramono, 2007) dan temperatur maksimal yang didapatkan masih rendah (186-254°C) (Afif dan Yesay, 2008).

Menurut Surat Keputusan Menteri Sumber Daya Manusia dan Transmigrasi Indonesia SE-01-MENAKERTRANS/1997, ambang batas konsentrasi maksimum dari emisi CO pada tempat kerja adalah sebesar 25 mg/Nm³ atau 25 ppm. Penelitian ini menitikberatkan bagaimana mengurangi konsentrasi emisi CO sehingga memiliki nilai batas yang telah ditentukan. Dengan konsentrasi CO yang tinggi, maka akan mengakibatkan masalah kesehatan yang serius bagi manusia, karena gas CO yang terhisap akan bereaksi dan membentuk ikatan dengan haemoglobin sehingga mengganggu jalannya penyerapan oksigen oleh darah. Efek dari paparan emisi CO terhadap ke tubuh manusia dapat terlihat pada gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Efek paparan emisi CO ke tubuh manusia terhadap kadar karboksihemoglobin dan efek terhadap tubuh

Menurut WHO, memasak dengan bahan bakar padat di ruangan mengakibatkan kematian dini. Diperkirakan 1,6 juta orang meninggal tiap tahun, kebanyakan perempuan dan anak-anak. Dampak pembakaran bahan bakar padat memudahkan manusia terkena infeksi pernapasan. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut, serta pengembangan teknologi briket batubara harus terus ditingkatkan terutama mengenai faktor kesehatan dan keselamatan. Bahaya itu terlihat jelas karena rumah di Indonesia rata-rata dirancang tanpa cerobong dapur guna saluran pembuangan asap. Di Indonesia, yang disebut ventilasi hanya satu lubang di langit-langit atau dinding dapur. (www.kompas.com)

Standardisasi bentuk desain kompor briket pun mendapat perhatian. Bentuk kompor briket yang digunakan rumah tangga sebaiknya ringkas, memiliki sistem pembakaran yang efisien sehingga kadar karbon monoksidanya rendah dan efisien (dimana tidak perlu lagi persyaratan ruang dapur yang memadai). Oleh karena permasalahan-permasalahan diatas, dilakukan penelitian pengembangan teknologi mengenai gas hasil bakar dari briket batubara (emisi yang rendah), demi terjaminnya keselamatan, diharapkan akan menumbuhkan kesan yang semakin

baik dikalangan masyarakat luas mengenai penggunaan briket batubara sebagai bahan bakar yang dapat diandalkan.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Masalah yang akan dibahas yaitu mengenai pengurangan emisi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dari pembakaran briket batubara di kompor briket batubara, dengan menvariasikan antara laju alir udara dari *forced draft*-nya dan variasi bentuk *hood* yang digunakan.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan disain kompor briket batubara yang memiliki emisi CO pembakaran yang rendah.

1.4 BATASAN MASALAH

Ruang lingkup dalam penulisan ini adalah:

1. Pembahasan hanya diarahkan pada pengaruh variasi antara laju alir udara dari *forced draft*-nya dan bentuk *hood* yang digunakan. Hal tersebut diharapkan dapat mereduksi konsentrasi polutan CO yang dihasilkan dari pembakaran briket batubara.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori mengenai briket batubara, disain kompor, serta teori-teori yang mendukung lainnya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

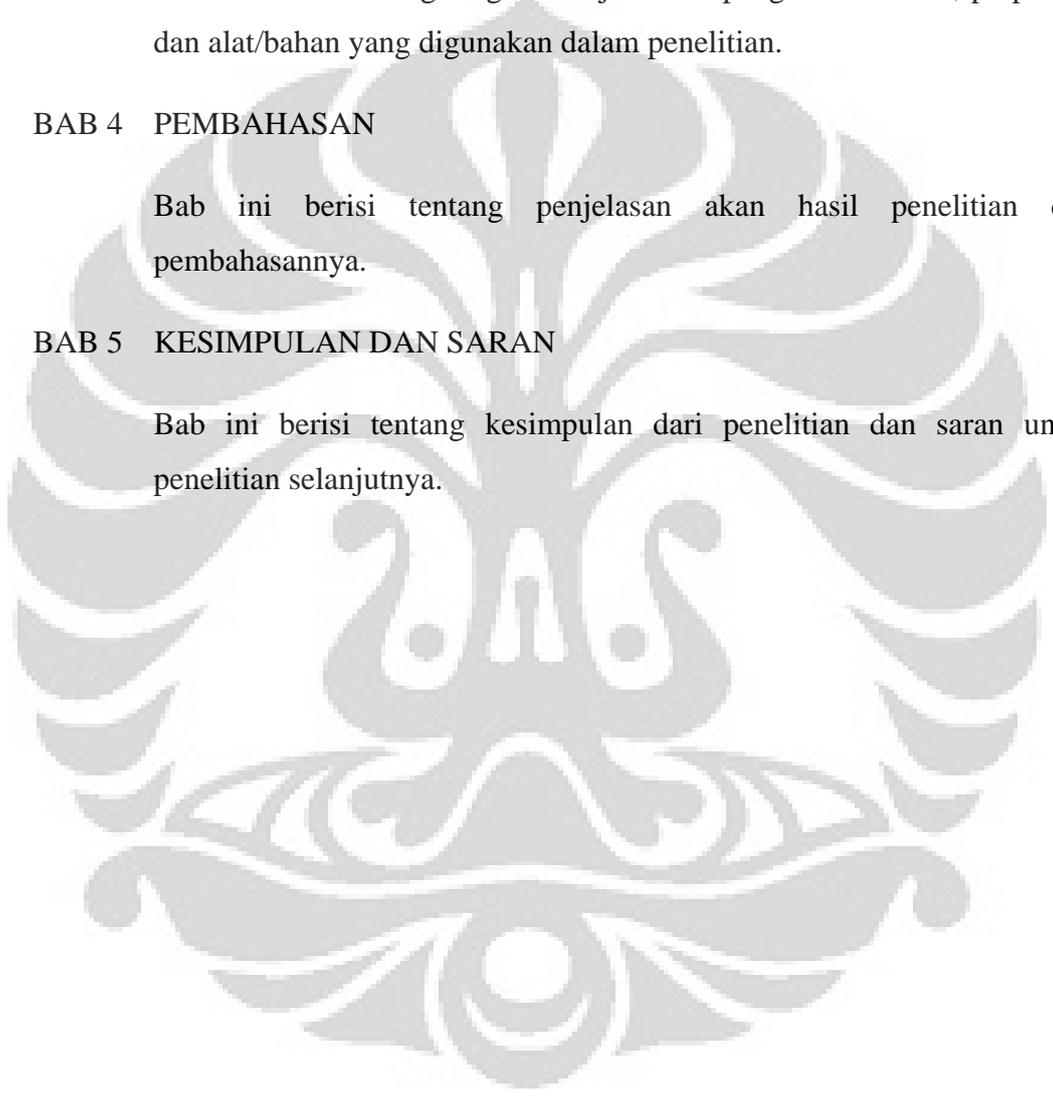
Bab ini berisi tentang langkah kerja dalam pengambilan data, preparasi, dan alat/bahan yang digunakan dalam penelitian.

BAB 4 PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penjelasan akan hasil penelitian dan pembahasannya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.



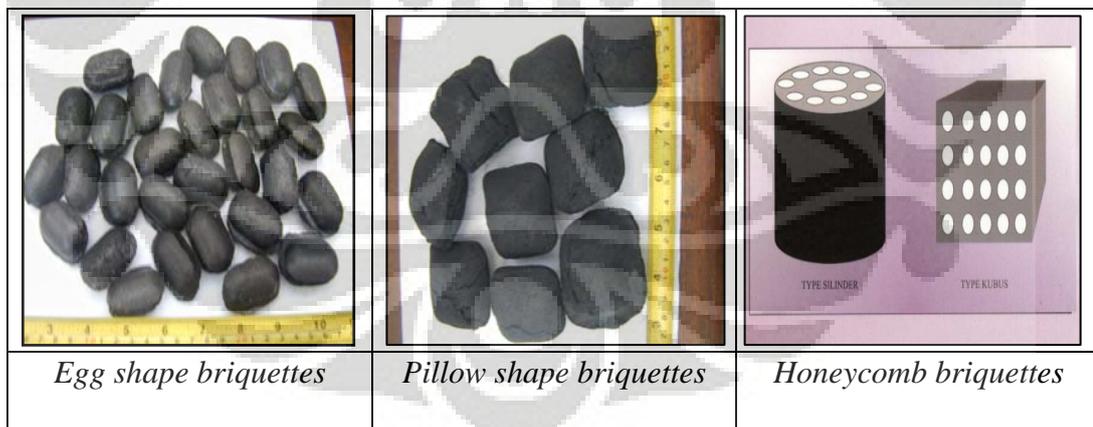
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 BRIKET BATUBARA

Briket batubara adalah bahan bakar padat dengan bentuk dan ukuran tertentu, yang tersusun dari butiran batubara halus yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu, agar bahan bakar tersebut lebih mudah ditangani dan menghasilkan nilai tambah dalam pemanfaatannya (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2005).

Bentuk dan ukuran briket batubara hasil cetakan (kemasan) dibuat sesuai untuk keperluan sektor pengguna. Saat ini telah dikembangkan dua bentuk briket batu bara, yaitu tipe bantal (telor) yang padat dan tipe sarang tawon (berongga) seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Tipe bantal berukuran kecil cocok digunakan untuk rumah-tangga (memasak), dan yang berukuran lebih besar baik untuk industri. (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2005)



Gambar 2.1 Bentuk-bentuk briket batubara

Beberapa syarat yang perlu diperhatikan untuk briket batubara yang baik (Puslitbang, 2001) :

1. Mudah dinyalakan
2. Tidak mengeluarkan asap dan bau yang berlebihan pada saat dinyalakan
3. Gas hasil pembakaran yang dihasilkan, terutama CO, harus masih dalam batas yang ditentukan oleh Surat Keputusan Menteri Sumber Daya Manusia dan Transmigrasi Indonesia SE-01-MENAKERTRANS/1997, yaitu konsentrasi maximum dari emisi CO pada tempat kerja adalah sebesar 25 mg/Nm^3 atau 25 ppm
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 rendah
7. Mempunyai suhu pembakaran yang tetap ($\pm 1100 \text{ }^\circ\text{C}$) dalam jangka waktu yang cukup panjang
8. Harganya dapat bersaing dengan bahan bakar lain

2.1.1 Desain Kompor Briket Batubara

Rancangan kompor pada dasarnya dibuat untuk mencapai efisiensi pembakaran yang tinggi, tak kalah pentingnya juga untuk menekan emisi gas yang dihasilkan. Jenis kompor sangat bergantung pada sektor penggunaannya. Kompor untuk industri berukuran lebih besar daripada kompor untuk rumah tangga. Rata-rata kompor untuk industri memiliki kapasitas briket batu bara 5-10 kg, sedangkan untuk rumah tangga hanya 1-2 kg.

Jenis kompor yang sudah banyak beredar di pasaran saat ini terbuat dari bahan tembikar (tanah liat); selain murah, juga mempunyai efisiensi antara 31-33 % dan sudah terbukti keandalannya, terutama dalam menekan laju emisi. Jenis kompor ini dilengkapi dengan penutup pengurang emisi.

Untuk memperoleh suhu yang sesuai dengan kebutuhan produksi, kompor untuk industri biasanya dilengkapi dengan *blower*. Kinerja pembakaran pada kompor ditentukan oleh faktor waktu, suhu, dan kualitas udara pembakaran. Karakteristik pembakaran briket batubara dipengaruhi oleh jumlah briket batubara yang dibakar dan jenis kompor yang digunakan. Satu kilogram briket batubara dengan efisiensi tungku 31–33%, mempunyai panas secara efektif selama 1,5–2 jam. Untuk 2 kg briket batu bara, lamanya waktu pembakaran antara 2,5–3 jam. Nilai di atas mengindikasikan bahwa briket batubara akan efektif dan efisien jika digunakan lebih dari 2 jam. Hal ini selain karena faktor suhu yang akan dicapai lebih baik, juga disebabkan faktor kesulitan tertentu. Faktor kesulitan yang dimaksud adalah, bahwa sekali briket batubara dibakar, maka harus digunakan sampai habis karena briket tersebut sulit dipadamkan atau dihidupkan kembali (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2005).

2.2 PEMBAKARAN

2.2.1 Teori Pembakaran

Pembakaran adalah suatu reaksi kimia yang melibatkan pencampuran bahan bakar dan oksigen untuk menghasilkan panas dan produk pembakaran (Bartok, W. and Sarofim, A.F,1991). Menurut *Vandaveer dkk.*, pembakaran didefinisikan sebagai suatu reaksi kimia antara oksigen dengan bahan yang dapat terbakar (*Combustible material*) yang menghasilkan kalor secara tepat dan diiringi dengan pancaran cahaya. Dari definisi ini dapat diuraikan lebih lanjut bahwa ada beberapa syarat yang harus dipenuhi agar dapat terjadi suatu proses pembakaran. Syarat – syarat tersebut yaitu :

- a) Adanya bahan bakar (*Combustible material*). Bahan bakar didefinisikan sebagai bahan – bahan yang apabila terbakar dapat meneruskan proses pembakaran dengan sendirinya disertai dengan pengeluaran kalor. Secara umum, unsur di dalam bahan bakar adalah C, H dan S.

- b) Adanya suplai oksigen, Oksigen yang digunakan dalam pembakaran ini dapat berupa oksigen murni maupun oksigen yang berasal dari udara (lebih banyak dipakai).
- c) Adanya energi panas yang berfungsi untuk mengaktifasikan reaksi pembakaran (*ignition*) sehingga proses pembakaran dapat terjadi. (Beck, N.C. and Hayhurst, A.N.,1990)

2.2.2 Faktor Pendukung Pembakaran

Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “tiga T” pembakaran yaitu :

1. Temperatur yang cukup tinggi untuk menyalakan dan menjaga penyalaan bahan bakar.
2. *Turbulence*/turbulensi atau pencampuran oksigen dan bahan bakar yang baik.
3. *Time*/waktu yang cukup untuk pembakaran yang sempurna (Koestoer, R., dkk, 1997).

2.2.3 Kualitas Pembakaran

Berdasarkan kualitas dari reaksi pembakarannya, proses pembakaran dapat diklasifikasikan menjadi :

1. *Complete combustion*, terjadi bila semua unsur C, H, dan S yang dikandung oleh suatu bahan bakar bereaksi, sehingga membentuk CO₂, H₂O, dan SO₂. Pembakaran ini ditemui pada pembakaran dengan udara berlebih (*excess air*).
2. *Perfect combustion*, terjadi bila jumlah bahan bakar dengan oksidatornya (oksigen dan udara) sesuai dengan jumlah kebutuhan reaksi yang sebenarnya (stoikiometris). Dikatakan stoikiometris apabila jumlah oksigen tepat untuk bereaksi dengan C, H, dan S membentuk CO₂, H₂O, dan SO₂.
3. *Incomplete combustion*, terjadi bila proses pembakaran menghasilkan produk seperti CO, H₂, aldehid disamping gas CO₂ dan H₂O. Hal ini disebabkan :

Universitas Indonesia

- Kurangnya jumlah pengoksidator (oksigen) dari yang dibutuhkan.
 - Nyala didinginkan misalnya terkena suatu benda/permukaan dingin.
 - Nyala ditiup/dihembus.
 - Proses pencampuran bahan bakar dan oksidator yang tidak sempurna.
4. *Spontaneous combustion*, terjadi apabila bahan bakar mengalami oksidasi secara perlahan, sehingga kalor yang dihasilkan tidak terlepas dan menyebabkan temperatur bahan bakar naik secara perlahan mencapai titik bakarnya hingga bahan bakar terbakar dan menyala (Vandever, F. E., et al, 1996).

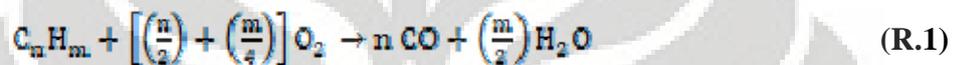
2.2.4 Pembakaran Briket Batubara

Penyalan briket batubara umumnya dilakukan dengan merendam beberapa briket dalam minyak tanah dalam beberapa menit. Briket ini kemudian dinyalakan dengan pematik api juga dalam beberapa menit dan diletakan pada lapisan atas briket untuk selanjutnya membakar briket di lapisan di bawahnya. Aliran udara dalam kompor disebabkan adanya aliran udara ke atas (*updraft*) melalui lubang di bagian bawah kompor secara natural sebagai akibat adanya perbedaan densitas antara gas hasil pembakaran dan udara sekitar. Oleh karena aliran natural ini, *supply* udara (oksigen) untuk proses pembakaran menjadi kurang (*insufficient*) sehingga pembakaran menjadi tidak sempurna. Kompor perlu dimodifikasi dengan memasang *blower* pada bagian bawah blower, sehingga *supply* udara ke dalam kompor tercukupi untuk proses pembakaran (Balija,1996).

Dalam hubungan dengan kandungan zat yang mudah menguap (*volatile matter*), briket batubara memiliki dua tipe, yaitu yang dipreparasi dengan proses karbonisasi dan yang tidak dipreparasi dengan proses karbonisasi. Proses karbonisasi ialah proses penghilangan zat *volatile* pada batubara dengan temperatur kurang dari 600 °C, sebelum batubara dibentuk menjadi briket batubara dengan menggunakan cetakan briket. Briket yang dipreparasi tanpa karbonisasi mengeluarkan asap pada awal pembakaran karena pada tahap ini temperatur briket tidak cukup tinggi untuk membakar zat *volatile* dan akhirnya

membentuk asap. Briket yang dipreparasi dengan proses karbonisasi agar *volatile matter*-nya terbakar dengan sempurna. Akan tetapi, briket jenis ini lebih mahal karena proses karbonisasi memerlukan biaya tambahan dalam preparasinya. Kebanyakan briket yang beredar dipasaran merupakan briket *non-carbonized* untuk memenuhi daya beli konsumen dan industri kecil.

Proses pembakaran dari briket *non-carbonized* pada prinsipnya melibatkan reaksi simultan dari oksigen (udara) dan hidrokarbon yang terkandung dalam zat *volatile* dan reaksi oksigen dengan carbon batubara. Dalam reaksi yang melibatkan zat *volatile*, gas CO dihasilkan menurut reaksi berikut (Thurgood and Smoot, 1979) :



Atau



Reaksi kelanjutan ialah reaksi oksidasi CO, menurut reaksi :



(Makino, 1992)

Atau



(Field, et al., 1967)

Reaksi (R.3) dan (R.4) adalah reaksi pengendali karena laju reaksi reaksi tersebut lebih lambat daripada reaksi (R.1) dan (R.2) kecuali reaksi (R.3) terjadi pada temperatur yang sangat tinggi. Penghilangan CO tergantung dari laju reaksi dari reaksi (R.3) dan (R.4) dan kondisi yang menunjang terjadinya reaksi tersebut. Menurut *Beck and Hayhurst* (1990), reaksi ini memerlukan kondisi yang kaya oksigen untuk meningkatkan konversi menjadi CO₂.

Untuk reaksi yang melibatkan carbon dan oksigen, *Makino* (1992) mengajukan reaksi – reaksi dipermukaan karbon sebagai berikut :



Universitas Indonesia

Dan reaksi dalam fasa gas



CO merupakan produk utama dari reaksi oksidasi karbon, dan CO kemudian teroksidasi dalam fasa gas saat meninggalkan permukaan briket batubara (Ayling and Smith, 1972).

Laju reaksi untuk reaksi C – O₂ memiliki orde yang lebih tinggi daripada reaksi C – CO₂ atau CO – O₂ (Walker, 1959).

Untuk terciptanya reaksi lanjutan yaitu **R.3**, maka diperlukan waktu tinggal yang cukup lama dalam kompor, sehingga CO yang dihasilkan dari **R.1** dapat teroksidasi lagi oleh O₂ yang berlebih. Reaksi lanjutan tersebut bisa mengkonversi CO menjadi CO₂.

2.2.5 Emisi Pembakaran

Saat ini briket batubara banyak digunakan sebagai pemanas di peternakan ayam (65% dari total pemakaian), untuk pemasakan di rumah tangga dan warung makan (12%), untuk pengeringan tembakau dan karet (7%), serta untuk pembakaran bata, genteng dan kapur (8%). Pemakaiannya mencapai sekitar 1 juta ton di tahun 2006 dan diperkirakan pemakaiannya terus meningkat dan mencapai 2 kali di tahun 2010. Walaupun prospek penggunaannya sangat baik, tetapi pemanas briket maupun kompor briket masih mempunyai kelemahan dalam penyalaan dan emisi gas buangnya. Penyalaan kompor briket batubara membutuhkan waktu yang relatif lebih lama (sekitar 20 menit) dibanding dengan kompor gas yang hampir seketika. Emisi CO yang timbul akibat pembakaran briket batubara memiliki dampak negatif terhadap keselamatan penggunanya serta lingkungan.

Ada tiga faktor utama yang mempengaruhi lingkungan akibat dari pembakaran briket batubara, yaitu:

1. Jenis bahan baku (batubara) dan bahan pencampur yang digunakan harus menggunakan bahan yang bersih dari polutan. Semakin baik bahan yang

Universitas Indonesia

digunakan, semakin sedikit emisi yang ditimbulkan. Emisi berbahaya, seperti gas SO_x dan NO_x , pada dasarnya ditimbulkan dari batubara dengan kadar pengotor yang tinggi. Bahan perekat yang berasal dari lempung harus dipilih dari jenis lempung yang tidak mengandung zat-zat berbahaya. Dengan proses karbonisasi awal, akan membantu pembuatan briket yang “ramah lingkungan”.

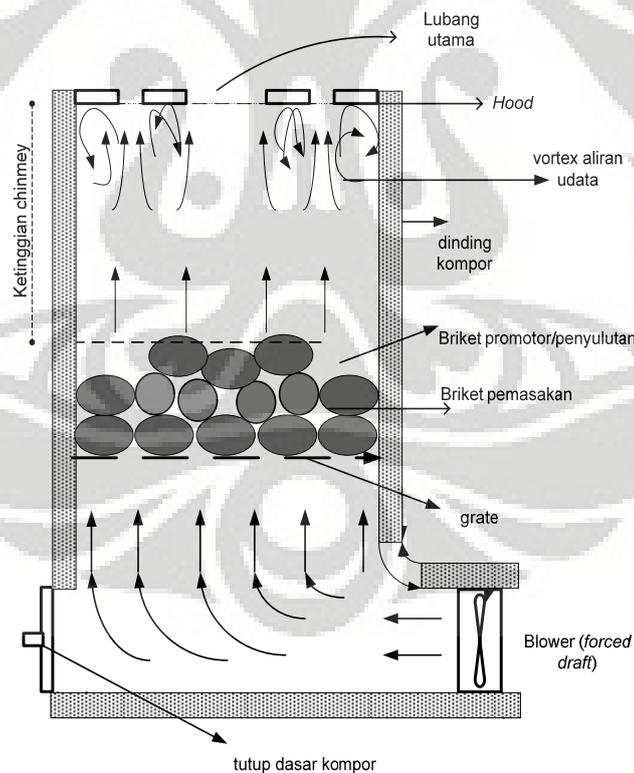
2. Tungku atau kompor yang digunakan hendaknya mampu memfasilitasi pembakaran yang sempurna; artinya, dapat menyeimbangkan aliran udara (oksigen) dengan baik.
3. Ruang (dapur tempat memasak hendaknya mempunyai ventilasi yang baik; artinya, udara segar dapat bersirkulasi dengan cepat. Kondisi ini akan sangat membantu menghindari dampak langsung dari polusi kepada keselamatan pemasak.

Dengan memperhatikan ketiga faktor di atas, secara teoritis dapat dihindari berbagai dampak negatif atas penggunaan briket batubara. (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2005).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah menggunakan *hood* sebagai penahan laju alir udara keluar kompor yang diharapkan dapat mengurangi emisi CO, dengan adanya penahan berupa *hood*, emisi CO hasil pembakaran akan lebih lama tertahan dan memiliki waktu kontak yang lebih lama dengan oksigen sehingga diharapkan dapat memaksimalkan konversi CO menjadi CO₂. Gas hasil pembakaran ini akan mengalami resirkulasi yang disebabkan oleh *hood* yang menahan laju alir udara keluar kompor. Resirkulasi ini dapat menyebabkan panas pembakaran tidak cepat terbang, seperti yang terlihat pada sketsa gambar kompor briket pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Sketsa kompor briket dengan *blower* dan *hood*

Aliran panas yang tertahan oleh proses resirkulasi ini akan menyebabkan daerah di atas unggun briket menjadi semakin panas, sehingga kondisi ini bisa dimanfaatkan untuk mengkonversi CO menjadi CO₂.

Penelitian ini diawali dengan pengujian bentuk homogenitas aliran udara yang diberikan oleh *forced draft* pada unggun kompor, sehingga dapat diperkirakan bentuk resirkulasi yang dihasilkan oleh penahan *hood* terhadap laju alir dari *forced draft*-nya, karena bentuk sirkulasi yang dihasilkan dapat mempengaruhi temperatur dan emisi CO yang dihasilkan oleh kompor briket.

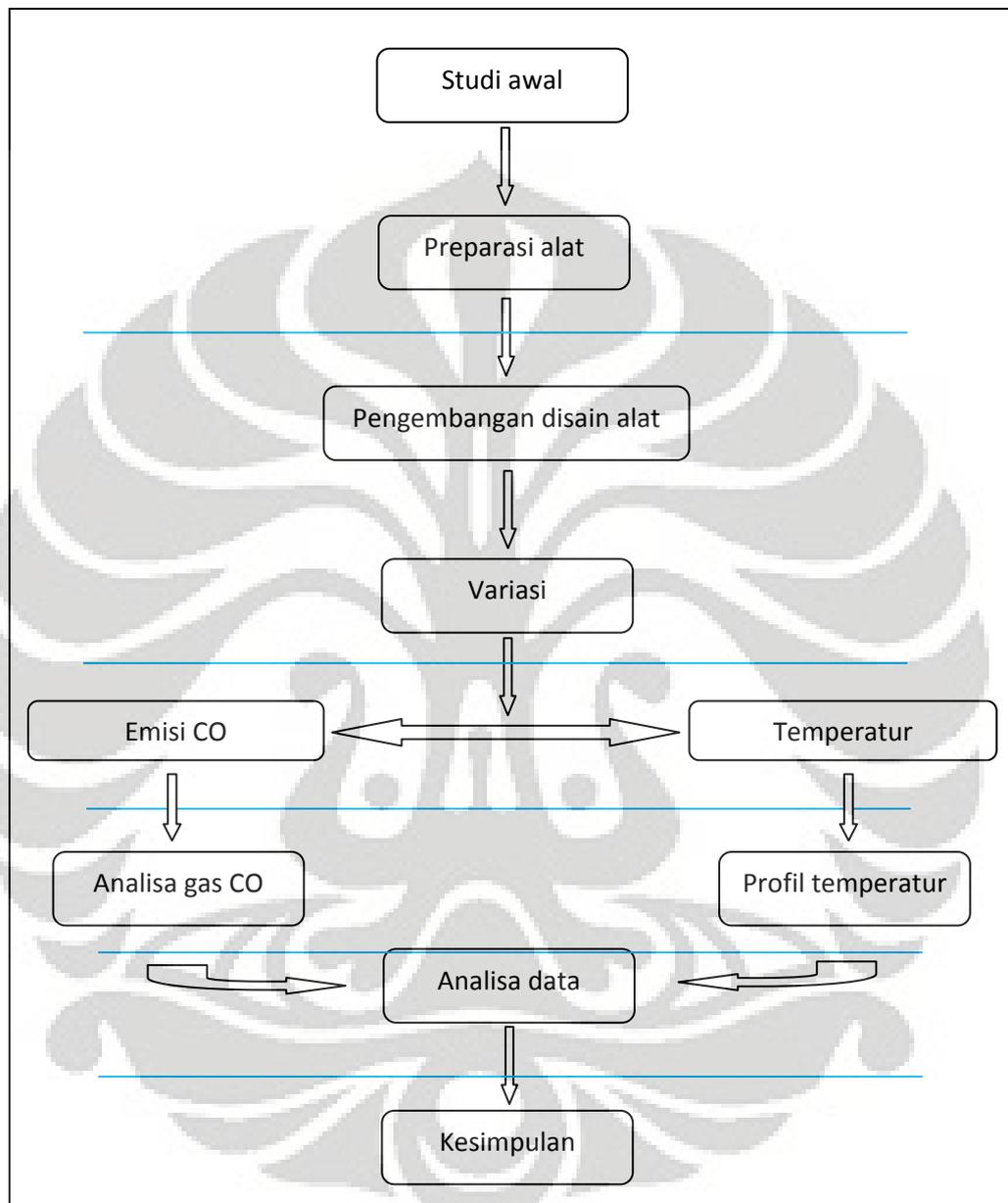


Gambar 3.2 Bentuk *hood* yang digunakan

Disain *hood* yang digunakan diantaranya jenis *hood 6 cm* dan *hood 8 cm*, seperti yang terlihat pada gambar 3.2 diatas. *Hood 6 cm* ini memiliki diameter lubang utama sebesar 6 cm dan diameter lubang kecil sebesar 2 cm. Sedangkan *hood 8 cm* memiliki diameter lubang utama sebesar 8 cm dan diameter lubang kecil sebesar 2 cm. Kedua jenis *hood* tersebut digunakan dengan tujuan agar persentase penahanan gas hasil pembakaran tidak terlalu besar, karena jika *hood* yang digunakan terlalu banyak menahan gas hasil pembakaran maka dapat menyebabkan tingginya temperatur di dalam kompor. Tingginya temperatur yang dihasilkan dikhawatirkan terlalu beresiko jika digunakan oleh masyarakat untuk memasak.

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini :



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

3.2 INSTRUMEN PENGUMPULAN DATA

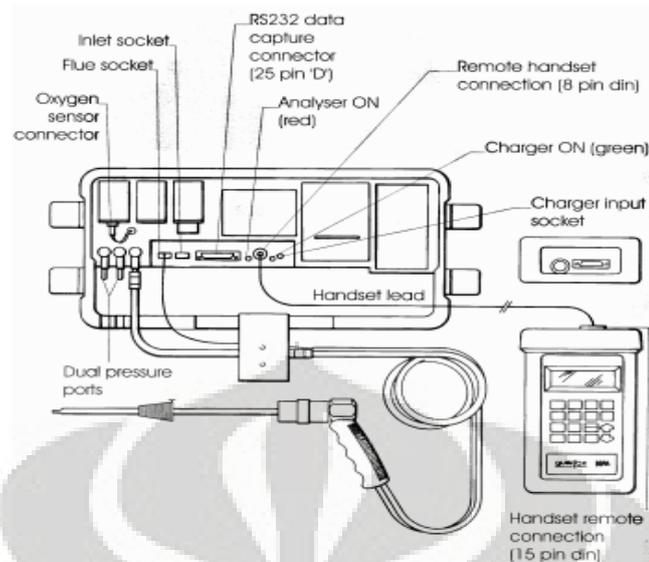
Alat yang digunakan untuk menganalisa kandungan gas CO dalam emisi gas buang adalah *Gas Analyser* merk *Quintox* model KM9006, sedangkan pengukuran temperatur digunakan termokopel jenis K (merk ADAM) dengan menggunakan *data logger* sebagai penghubung input data ke komputer.

Quintox gas analyzer ini hanya digunakan pada saluran buang (cerobong), bukan pada ruang bakar dari suatu tungku. *Quintox* dapat memberikan data konsentrasi hasil gas buang serta temperatur buangan yang terjadi, biasanya digunakan untuk menganalisa gas buang dari suatu ruang bakar industri atau dalam skala rumah tangga.

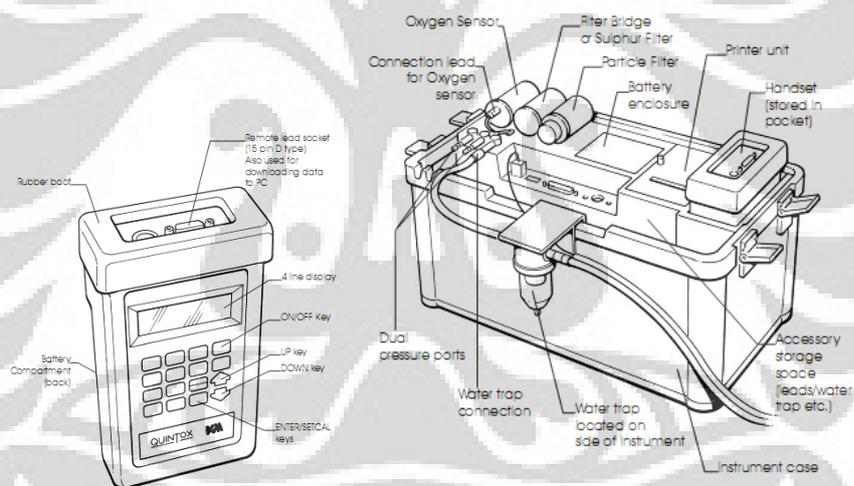
Spesifikasi dan skema alat dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 *Quintox Gas Analyzer*



Gambar 3.5 Skema alat *Quintox KM9006*



Gambar 3.6 Bagian-bagian peralatan pada *Quintox KM9006*

3.2.1 Spesifikasi Instrumen *Quintox KM9006*:

a. Pengukuran Temperatur

- Gas buang:
 - Resolusi : $0,1^{\circ}$ (C/F)
 - Akurasi: $1,0^{\circ}\text{C} \pm 0,3\%$ pembacaan

Universitas Indonesia

- *Range*: 0-1.100°C, 32-2140°F
- Temperatur masuk:
 - Resolusi : 0,1° (C/F)
 - Akurasi: 1,0°C ± 0,3% pembacaan
 - *Range*: 0-600°C, 0-999°F

b. Pengukuran Gas

- Oksigen (O₂):
 - Resolusi : 0,1%
 - Akurasi: -0,1% +0,2%
 - *Range*: 0-25%
- Karbon monoksida (CO):
 - Resolusi : 1 ppm
 - Akurasi: ± 20 ppm < 400 ppm ; 5% pembacaan < 2000 ppm
 - *Range*: 0-10.000 ppm
- Karbon dioksida (CO₂):
 - Resolusi : 0,1%
 - Akurasi: ± 0,3%
 - *Range*: ± 5% pembacaan

3.3 PREPARASI BAHAN

3.3.1 Bahan-Bahan Pembuatan Briket Promotor

Pembuatan briket promotor sebagai penyulut awal digunakan bahan-bahan sebagai berikut :

- Briket batubara PT Bukit Asam
- Tepung Kanji
- Etil asetat
- Air

3.3.2 Alat-alat Pembuatan Briket Promotor

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan briket promotor adalah sebagai berikut:

- Penggerus
- Saringan
- Gelas kimia
- Pipet tetes
- Gelas ukur
- Wadah pengadukan
- Cetakan briket

3.3.3 Prosedur Pembuatan Briket Promotor

Preparasi bahan dimulai dengan pembuatan briket promotor, dengan tahapan pengerjaan sebagai berikut:

- Menggerus briket super hingga halus
- Menyaring briket yang telah digerus dengan saringan
- Mencampurkan bahan-bahan dengan komposisi larutan kanji sebanyak 10%, etil asetat 15%, air 5%, dan batubara halus 70% dari berat total.
- Mengaduknya hingga tercampur keseluruhan, kemudian dicetak.

3.4 PREPARASI ALAT

3.4.1 Kalibrasi *Quintox Gas Analyzer*

a. *Automatic Calibration*

1. Memasang instalasi peralatan pada *Quintox*, kemudian menyalakannya.
2. Memilih menu kedua yaitu *Quintox Control*.
3. Proses kalibrasi otomatis akan berlangsung selama 5 menit

b. Kalibrasi Oksigen

1. Setelah kalibrasi otomatis selesai, akan muncul display utama. Kemudian menekan O_2 saat muncul *display SET*. Mengikuti perintahnya (*setting* $O_2 = 20,9 \%$)
2. *Display* akan kembali ke awal.

c. Kalibrasi CO

1. Menekan *ENTER* saat *display SET*, kemudian akan muncul *input kode*.
2. Menekan *enter* empat kali, akan muncul *display Calibrate Sensor*.
3. Memilih pilihan *YES*, dan melakukan *setting CO* menjadi nol (*SET ZERO*).
4. Menekan *YES* saat *instability* menunjukkan angka nol.

Catatan : untuk halaman utama, menekan *ENTER* harus pada keadaan *instability* nol.

3.4.2 Preparasi Termokopel

Termokopel yang digunakan adalah tipe K (merk ADAM) dengan menggunakan *data logger* sebagai konversi datanya. Langkah kerjanya seperti dibawah ini:

1. Memasang instalasi pengukuran temperatur dan mengeceknya dengan perubahan yang dapat dilihat pada *data logger*-nya.
2. Menyetel program *data logger* tersebut seperti *file* penyimpanan data.
3. Dengan *mode* yang telah ada, kemudian memulai pengambilan data dengan mengaktifkan *play* pada tampilan program tersebut.

3.4.3 Kalibrasi Kecepatan Aliran Udara *Forced Draft*

Kalibrasi kecepatan laju alir udara *forced draft* pada *blower* yang berdiameter 10 cm, untuk mengetahui kecepatan *superficial*-nya dari *blower* yang digunakan tersebut. Kecepatan *superficial* yang digunakan adalah 0,5 – 1,4 m/s. kalibrasi dilakukan sebagai berikut :

Universitas Indonesia

1. Mengukur kecepatan *superficial* aliran udara *forced draft* dengan menggunakan anemometer, yaitu menyetel *variac blower* bawah dengan ukuran tertentu.
2. Mengukur dengan anemometer pada beberapa posisi, kemudian hasil data dirata-ratakan..
3. Melakukan langkah di atas, pada beberapa frekuensi *variac blower* bawah.

Pengukuran kecepatan *superficial* dilakukan seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.7 Kalibrasi Kecepatan *Forced Draft*

3.4.4 Preparasi Kompor Briket Batubara

Kompor briket batubara yang digunakan dilapisi dengan dinding semen yang tahan api (jenis C-13), hingga $\pm 1000^{\circ}\text{C}$. Bentuk kompor seperti pada gambar 3.8 di bawah ini :



Gambar 3.8 Kompor briket batubara

Tahapan dalam mempersiapkan kompor adalah sebagai berikut:

1. Kerangka penyangga di dalam kompor disusun sesuai dengan tinggi *chimney* yang akan digunakan.
2. Briket batubara yang akan dibakar harus dimasukkan dan disusun terlebih dahulu di dalam kompor.
3. Setting laju alir udara *forced draft* sesuai dengan setting laju alir udara yang akan digunakan. Untuk mengsetting laju alir udara *forced draft* digunakan *variac* yang menunjukkan frekuensi. Variasi laju alir *forced draft* yang digunakan adalah : 0,5 m/s , 0,8 m/s , 1,1 m/s dan 1,4 m/s.
4. Setting *hood* yang digunakan sesuai dengan *hood* yang akan digunakan. Variasi jenis *hood* yang digunakan adalah *hood 6 cm* dan *hood 8 cm*.

3.5 PROSEDUR PERCOBAAN

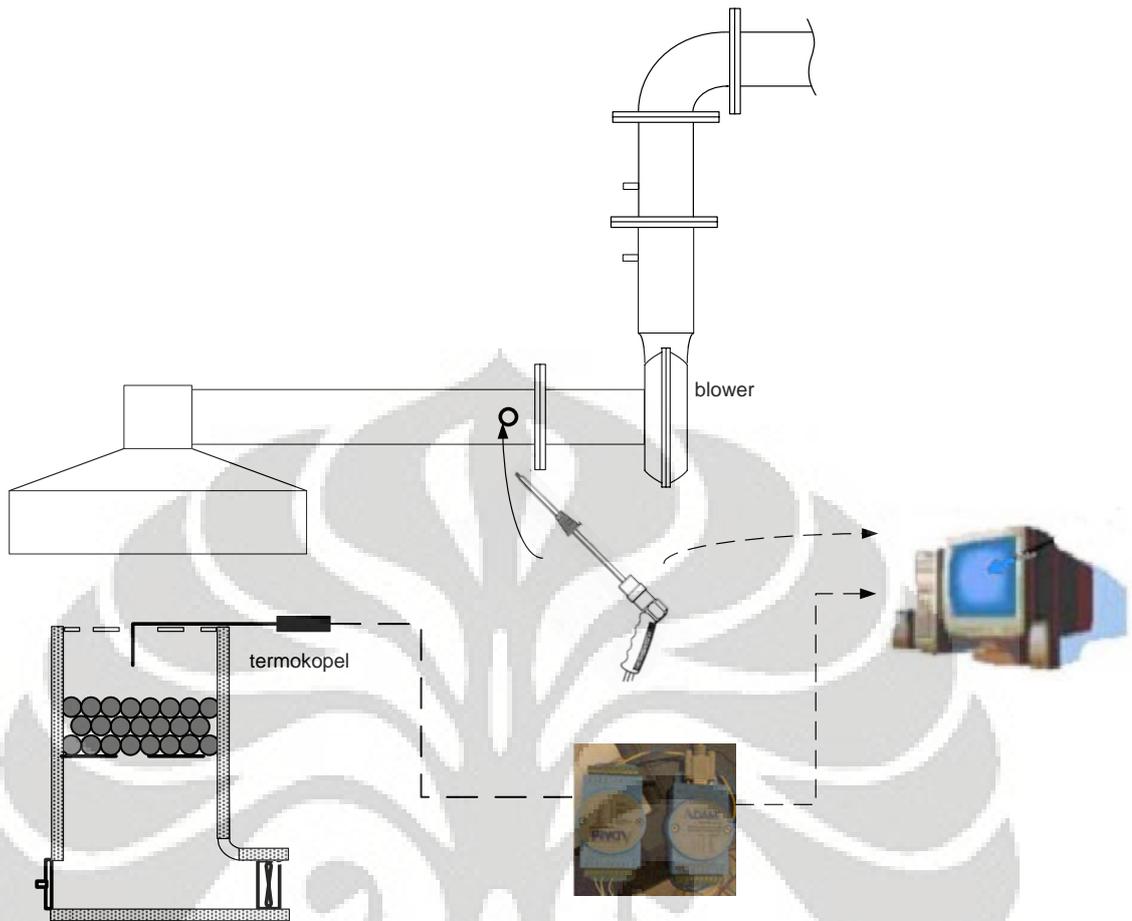
Peralatan yang akan digunakan terlebih dahulu distabilkan kurang lebih selama 20 menit, baik peralatan gas buang, termokopel ataupun *blower* pada kompor. Tahapan-tahapan percobaan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan *Quintox* pada probe gas buang, seperti pada gambar 3.10 di bawah.
2. Membakar promotor dengan nyala spirtus hingga terbentuk bara (± 5 menit), seperti yang terlihat pada gambar 3.9 di bawah.
3. Memasukkan promotor kedalam kompor serta pasang termokopel tepat di atas unggun di dalam kompor seperti gambar 3.10 di bawah.
4. Mulai mengamati fenomena yang terjadi (untuk pengukuran CO dilakukan pencatatan dengan *range* 5 menit sekali, sedangkan untuk temperatur pencatatan otomatis masuk ke computer).
5. Percobaan dianggap selesai ketika terjadi penurunan temperatur pada pembakaran (± 3 jam).

Catatan : *Quintox* dilepaskan dari probe (hati-hati: panas), dan dibiarkan di udara terbuka ($O_2 = 20.9\%$). Setelah CO menunjukkan kadar 0%.



Gambar 3.9 Pembakaran promotor



Gambar 3.10 Skema peralatan percobaan dengan penggunaan hood

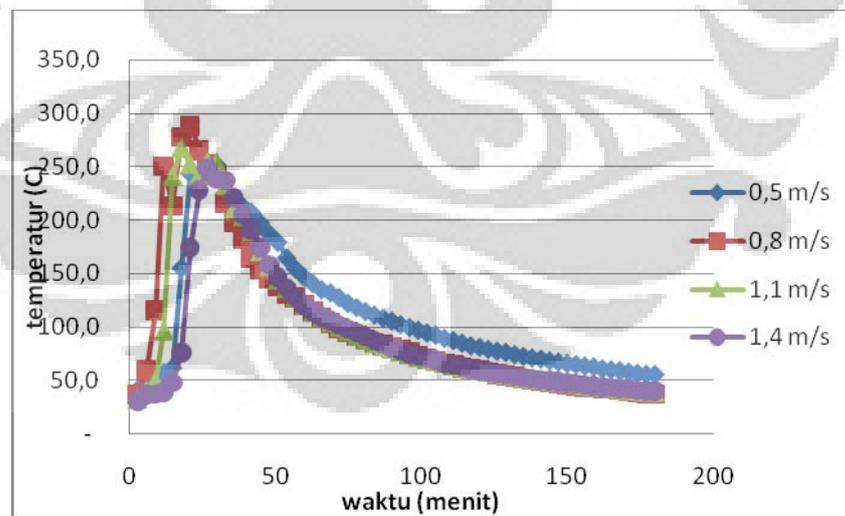
BAB 4

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, percobaan dilakukan dengan menggunakan metode penggunaan *hood*, dimana metode penggunaan *hood* ini dilakukan dengan memvariasikan jenis *hood* yang digunakan serta dengan memvariasikan laju alir *forced draft*-nya. Dan pembahasan pada percobaan yang telah dilakukan akan difokuskan pada pengaruh penggunaan *hood* dan laju alir *forced draft* -nya, dimana dengan penggunaan *hood* dan penyetelan laju alir *forced draft* -nya yang bervariasi mempengaruhi proses terjadinya pembakaran briket batubara serta proses reduksi emisi CO yang dihasilkan.

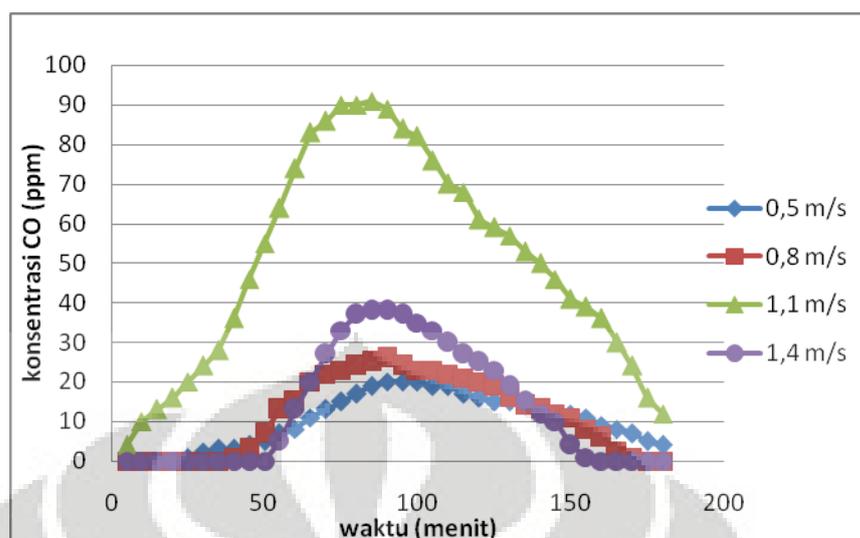
4.1 Pengujian Emisi CO (*Hood* 6 cm dan ketinggian *chimney* 15 cm)

Pada percobaan ini dilakukan dengan menggunakan jenis *hood* 6 cm dan tinggi *chimney* yang digunakan adalah 15 cm, dan variasi yang dilakukan hanya variasi kecepatan *forced draft*. Berikut adalah kurva temperatur yang diperoleh dari hasil pengolahan data :



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara temperatur terhadap waktu untuk penggunaan *hood* 6 cm, tinggi *chimney* 15 cm dari berbagai varian kecepatan *forced draft* -nya.

Dari gambar 4.1 diatas dapat dilihat bahwa temperatur pembakaran dengan varian kecepatan *forced draft* 0,8 m/s menghasilkan temperatur pembakaran yang paling tinggi dibandingkan dengan varian kecepatan *forced draft* 0,5; 1,1 dan 1,4 m/s. Waktu penyalaan (*ignition time*) untuk seluruh varian kecepatan *forced draft* rata-rata berkisar 9 menit, dan yang dimaksud dengan waktu penyalaan adalah waktu yang dibutuhkan saat temperatur pembakaran mengalami peningkatan ($50^{\circ}\text{C} - 130^{\circ}\text{C}$). Seluruh varian kecepatan *forced draft* ketika mencapai titik penyalaannya terjadi kenaikan temperatur yang signifikan dan lonjakan temperatur yang terjadi menyebabkan proses pembakaran briket berlangsung cepat, dimana panas dari satu bagian ke bagian briket yang lain menyebar dengan cepat sehingga pendistribusian panas merata keseluruh bagian briket. Ketika temperatur pembakaran mencapai titik tertinggi temperatur pembakaran yang bisa tercapai pada pembakaran maka pembakaran tersebut berada pada fase kesetimbangan segitiga *heat*, dimana fase kesetimbangan segitiga *heat* mencapai puncaknya, atau dengan kata lain *volatile matter* terbakar semua dan mengeluarkan semua nilai kalor (*heating value*) yang terkandung dalam *volatile matter*. Kecepatan rambat panas antar briket ini sangat dipengaruhi oleh kecepatan laju alir udara dari *forced draft* yang lebih dekat dengan briket. Sedangkan untuk kecepatan *forced draft* 0,5 m/s, mampu mempertahankan temperatur pembakaran yang cukup lama dibandingkan dengan varian kecepatan *forced draft* yang lainnya, hal ini disebabkan karena laju kecepatan *forced draft* yang asalnya berfungsi sebagai pensuplai udara untuk pembakaran briket didalam kompor dan ketika temperatur pembakaran sudah mencapai titik tertinggi dari temperatur yang bisa dicapai atau dengan kata lain *volatile matter* sudah terbakar semua maka laju kecepatan *forced draft* berubah fungsi menjadi pendingin bagi pembakaran dikompor karena laju kecepataannya yang terlalu besar.



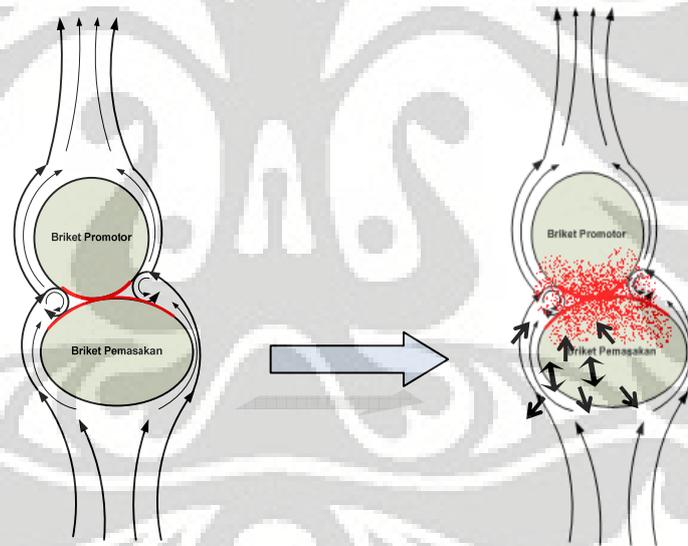
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara emisi CO terhadap waktu untuk penggunaan *hood* 6 cm, tinggi *chimney* 15 cm dari berbagai varian kecepatan *forced draft*-nya.

Tabel 4.1. Data Percobaan Untuk Variasi *forced draft* Pada *Hood* 6 cm dan Ketinggian *Chimney* 15 cm

Parameter	Satuan	Ketinggian <i>Chimney</i> 15 cm			
		0,5	0,8	1,1	1,4
Kecepatan <i>forced draft</i>	m/s	0,5	0,8	1,1	1,4
Konsentrasi CO rata-rata	ppm	10,11	11,5	50,64	13,39

Sedangkan hasil emisi CO yang dihasilkan dari pembakaran briket untuk penggunaan *hood* 6 cm, tinggi *chimney* 15 cm dan dengan varian kecepatan *forced draft*-nya, dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa konsentrasi emisi CO terendah dihasilkan oleh varian kecepatan *forced draft* 0,5 m/s. Hal ini disebabkan karena untuk varian kecepatan *forced draft* tersebut dapat mempertahankan temperatur pembakaran tetap tinggi. Dengan temperatur dijaga tinggi, suplai oksigen yang baik dan waktu tinggal dalam pembakaran yang relatif lama memungkinkan terjadinya konversi dari karbon monoksida menjadi karbon dioksida. Sedangkan

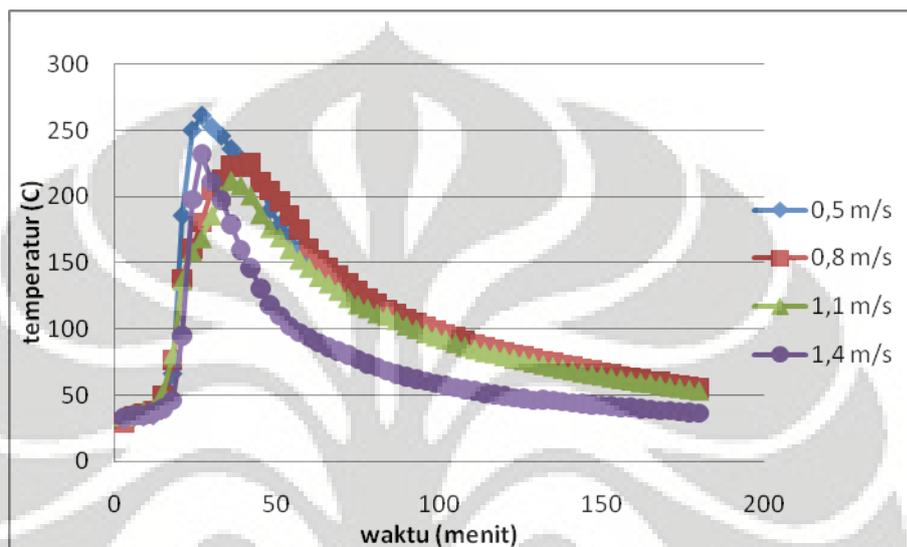
jika kecepatan *forced draft* -nya semakin tinggi, maka konsentrasi emisi CO yang dihasilkan semakin tinggi (khususnya kecepatan *forced draft* 0,8 dan 1,1 m/s), hal ini disebabkan karena resirkulasi yang dihasilkan tidak bisa menahan laju alir *forced draft* -nya sehingga gas hasil pembakaran dari kompor tersebut terlalu cepat meninggalkan ruang pembakaran. Dan untuk kecepatan *forced draft* 1,4 m/s, konsentrasi CO yang dihasilkan relatif lebih kecil dari kecepatan *forced draft* 0,8 dan 1,1 m/s, hal ini disebabkan karena resirkulasi yang dihasilkan relatif bisa menahan laju alir gas hasil pembakaran yang dihasilkan sehingga gas hasil pembakaran tersebut mengalami proses pembakaran kedua pada ruang pembakaran. Karena karbon monoksida yang dihasilkan dari pembakaran briket tertahan sebagian oleh *hood* teresirkulasi dan kembali terbakar menjadi karbon dioksida. Proses resirkulasi juga terjadi pada ruang antar briket dan itu dapat mempertahankan temperatur tetap tinggi.



Gambar 4.3 Resirkulasi pada pembakaran briket dan perambatan konduksinya (Afif, 2008)

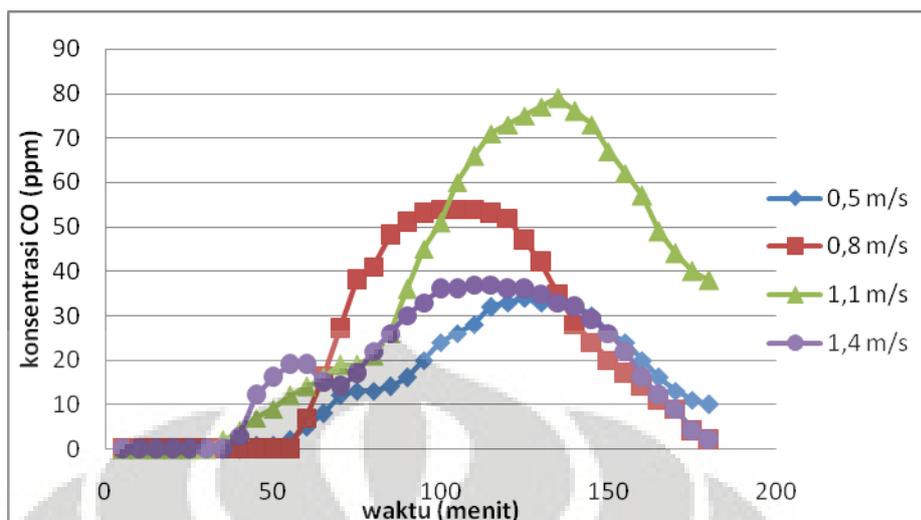
4.2. Pengujian Emisi CO (*Hood* 8 cm dan ketinggian *chimney* 15 cm)

Percobaan ini hanya dibedakan penggunaan *hood*-nya, yaitu *hood* 8 cm. Untuk varian kecepatan *forced draft* digunakan sama dengan percobaan sebelumnya yaitu 0,5; 0,8; 1,1 dan 1,4 m/s. Dan tinggi *chimney* yang digunakan adalah 15 cm.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara temperatur terhadap waktu untuk penggunaan *hood* 8 cm, tinggi *chimney* 15 cm dari berbagai varian kecepatan *forced draft*-nya.

Untuk percobaan dengan *hood* 8 cm, dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa temperatur pembakaran dengan varian kecepatan *forced draft* 0,5 m/s menghasilkan temperatur pembakaran yang paling tinggi dibandingkan dengan varian kecepatan *forced draft* 0,8; 1,1 dan 1,4 m/s. Sementara itu waktu penyalaan untuk seluruh varian kecepatan *forced draft* -nya rata-rata berkisar 16 menit, dan itu merupakan waktu penyalaan yang relatif lama. Dan varian kecepatan *forced draft* 0,5 m/s juga mampu mempertahankan temperatur pembakaran yang cukup lama dibandingkan dengan varian kecepatan *forced draft* yang lainnya.



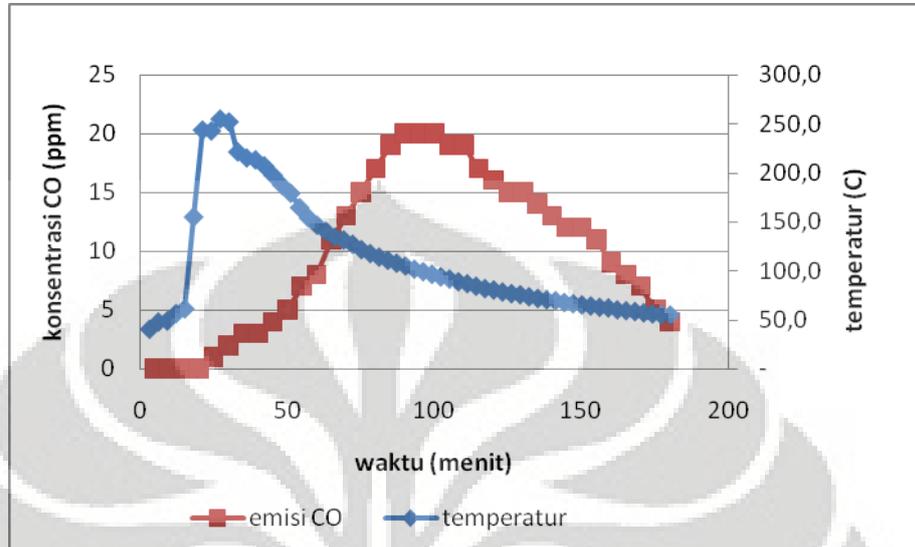
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara emisi CO terhadap waktu untuk penggunaan hood 8 cm, tinggi chimney 15 cm dari berbagai varian kecepatan forced draft -nya.

Tabel 4.2. Data Percobaan Untuk Variasi forced draft Pada Hood 8 cm dan Ketinggian Chimney 15 cm

Parameter	Satuan	Ketinggian Chimney 15 cm			
		0,5	0,8	1,1	1,4
Kecepatan forced draft	m/s	0,5	0,8	1,1	1,4
Konsentrasi CO rata-rata	ppm	14,72	22,25	35,78	18,44

Hasil emisi CO untuk pembakaran briket dengan penggunaan hood 8 cm, tinggi chimney 15 cm dan dengan varian kecepatan forced draft -nya, dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa konsentrasi emisi CO terendah dihasilkan oleh varian kecepatan forced draft 0,5 m/s. Varian ini juga menghasilkan temperatur pembakaran yang tinggi serta dapat mempertahankan temperatur tetap tinggi yang relatif lama, tentunya dengan suplai oksigen yang baik, sehingga kondisi tersebut dapat memungkinkan untuk terjadinya konversi dari karbon monoksida menjadi karbon dioksida.

4.3. Pengaruh Temperatur Pembakaran Terhadap Emisi CO



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara emisi CO dan temperature terhadap waktu untuk penggunaan *hood* 6 cm, tinggi *chimney* 15 cm dan kecepatan *forced draft* 0,5 m/s.

Dari gambar 4.6 diatas dapat dilihat, bahwa saat temperatur pembakaran tinggi maka konsentrasi emisi CO yang dihasilkan relatif rendah. Hal ini dikarenakan konversi CO menjadi CO₂ terjadi pada temperatur tinggi, sedangkan pada saat temperatur pembakaran mulai mengalami penurunan konsentrasi emisi CO mengalami kenaikan. Dalam hal ini, untuk mencapai pembakaran sempurna bahan bakar karbon dibutuhkan temperatur pembakaran yang tinggi sehingga pembentukan emisi CO dapat terminimasi.



Seperti yang ditunjukkan persamaan R.1 dan R.2 (Makino, 1992), pembentukan CO₂ lebih eksotermis daripada CO. Artinya, semakin banyak CO₂ yang terbentuk, salah satu indikasinya adalah naiknya temperatur pembakaran dan berkurangnya emisi CO. Secara simultan, karena energi aktivasi overall pembentukan CO₂ lebih besar daripada CO, pembakaran sempurna membentuk

CO₂ lebih mungkin tercapai pada temperatur tinggi . Jadi saat T_{max} tercapai dan bersamaan dengan itu emisi CO yang dihasilkan akan rendah.

Sedangkan konsentrasi emisi CO sendiri mengalami kenaikan saat temperatur mengalami penurunan, hal ini terjadi karena proses pembakaran tidak diikuti dengan temperatur yang tinggi sehingga gas yang dihasilkan dari pembakaran tersebut berupa CO. Konsentrasi emisi CO ini akan terus naik sampai mencapai konsentrasi maksimumnya. Dan ketika konsentrasi emisi CO mulai menurun, disana menandakan bahwa bahan bakar karbon dari pembakaran tersebut habis terbakar.

4.4. Analisa Percobaan

Pada percobaan ini dilakukan variasi kecepatan *forced draft* dan jenis *hood* dengan tinggi *chimney* tetap 15 cm. Berat briket untuk tiap percobaan $\pm 1 - 1,2$ kg. Variasi kecepatan *forced draft* yang dilakukan adalah 0,5 m/s; 0,8 m/s; 1,1 m/s dan 1,4 m/s. Sedangkan jenis *hood* yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu *hood* 6 cm dan *hood* 8 cm.

Grafik temperatur pembakaran untuk tiap varian kecepatan *forced draft* dan jenis *hood* yang digunakan mengalami lonjakan kenaikan temperatur yang signifikan, dan kemudian mengalami penurunan setelah mencapai temperatur maksimalnya. Pada saat temperatur tinggi, didalam ruang pembakaran (*chimney*) terjadi proses ekspansi gas-gas yang ada didalam ruang pembakaran sehingga saat temperatur maksimalnya tercapai, *driving force* untuk *buoyancy* dari udara luar ke dalam kompor lebih rendah dan suplai oksigen masuk ke dalam kompor terhambat bila pembakaran dilakukan dengan suplai udara secara *natural draft*. Dengan adanya suplai udara dari *forced draft* -nya maka efek dari *buoyancy* tidak terjadi.

Selain sebagai pensuplai oksigen ke dalam kompor untuk proses pembakaran, aliran *forced draft* juga memberikan efek dalam proses penyalaan awal. Hal ini dapat dilihat pada waktu penyalaan rata-rata pada percobaan ini sekitar 9 – 16 menit, bila dibandingkan dengan percobaan terdahulu dimana

percobaan dilakukan tanpa menggunakan aliran *forced draft* dibutuhkan waktu mencapai 68 menit untuk mencapai waktu penyalannya.

Pemilihan tinggi *chimney* 15 cm ini ditentukan berdasarkan asumsi dengan tinggi 15 cm itu dapat tersedia ruang pembakaran yang ideal untuk terjadi proses resirkulasi, dimana resirkulasi ini diharapkan dapat terjadi proses pembakaran kembali gas hasil pembakaran briket batubara yang tidak sempurna sehingga bisa mengkonversi karbon monoksida menjadi karbon dioksida.

4.5. Analisa Pengaruh Hood

Konversi karbon monoksida menjadi karbon dioksida terjadi di fasa gas (Ayling and Smith, 1972), penggunaan *hood* memberikan efek positif pada pembentukan gas hasil pembakaran yang terjadi pada pembakaran briket batubara ini. Pengaruh *hood* terhadap sirkulasi aliran panas pembakaran menghasilkan resirkulasi pada bagian ruang atas unggun briket. Resirkulasi ini memberikan waktu tinggal yang lebih lama dibandingkan dengan pembakaran tanpa menggunakan *hood*, dimana CO yang terbentuk dari pembakaran briket tidak langsung terbuang ke lingkungan dan CO tersebut akan tertahan oleh *hood* sehingga memberikan waktu tinggal untuk kembali teroksidasi dan terkonversi menjadi gas karbon dioksida.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kecepatan laju alir *forced draft* 0,5 m/s menghasilkan konsentrasi emisi CO rata-rata paling rendah diantara varian kecepatan laju alir *forced draft* yang lainnya, yaitu sebesar 10,11 ppm (untuk *hood* 6 cm) dan 14,72 ppm (untuk *hood* 8 cm).
2. Pembakaran dengan menggunakan *hood* 6 cm, tinggi *chimney* 15 cm dan kecepatan laju alir *forced draft* menghasilkan konsentrasi emisi CO rata-rata terendah dibandingkan dengan pembakaran pada parameter-parameter besaran lainnya, yaitu sebesar 10,11 ppm.

5.2 SARAN

1. Dengan membandingkan temperatur yang dihasilkan dari penggunaan *hood* antara *hood* 6 cm dan *hood* 8 cm, disarankan untuk menggunakan *hood* lebih kecil dari *hood* 6 cm agar temperatur yang dihasilkan yang dicapai bisa lebih tinggi lagi.
2. Perlu adanya modifikasi *inverter* agar memiliki kestabilan yang baik jika digunakan untuk kecepatan yang diatur lebih rendah lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayling, A.B., and Smith, I.W., Measured temperatures of burning pulverised-fuel particles, and the nature of the primary reaction product, *Combustion And Flame*, 1972, vol. 18, pp.173-184
- Balia, L., *Penelitian Dan Pengembangan Briket Batubara Di Indonesia*, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral RI, 1996
- Bartok, W. and Sarofim, A.F., *Fossil fuel combustion : A source Book*, Wiley-Interscience, 1991
- Beck, N.C. and Hayhurst, A.N., The early stages of the combustion of pulverized coal at high temperatures I : The kinetics of devolatilisation, *Combustion and Flame*, vol. 79, pp. 47-74,1990
- DESM, *Rencana Pengembangan Produksi Dan Pemanfaatan Briket Batubara 2006-2010*, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral RI, 2005
- Durie, R.A., *The Science Of Victorian Brown Coal, Structure, Properties And Consequences For Utilisation*. Butterworth Heinemann, 1991
- Fardiansyah, M. A. *Penelitian Sifat Bakar Material Dengan Kalorimeter Api: Pengaruh Variasi Ketebalan Kayu Tropis Jati Dan Kamper Terhadap Sifat Nyala*. Depok: Skripsi Departemen Teknik Mesin FT UI, 2006
- Heschel, W.,Rweyemamu, L., Scheibner, T.,and Meyer, B.,*Abatement of emissions in small-scale combustors through utilistion of blended pellet fuels*, 1999
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi, www.ristek.go.id, 16 April 2007
- Kompas, Kesehatan, www.kompas.com, Sabtu, 15 Oktober 2005

- Makino, A. Drag coefficient of a slowly moving carbon particle undergoing combustion, *Combustion Science and Technology*, 1992. vol. 81, pp. 169-192
- Muliana, Afif. *Pengaruh Ketinggian Downjet Terhadap Pembentukan Polutan CO Pada Kompor Briket Batubara*. Depok : Skripsi Departemen Teknik Kimia FT UI, 2008.
- Purwanto, W.W., Nugroho, Y.S., Supramono, D., *Indonesia Energy Outlook And Statistics 2006*, Jakarta: Pengkajian Energi UI, 2006
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (tekMIRA), www.tekmira.esdm.go.id
- Sari, S. D., *Efek Kecepatan Superfisial Udara Pembakaran Dan Tinggi Chimney Terhadap Waktu Penyalaan Kompor Briket Batubara*. Depok: Skripsi Departemen Teknik Kimia FT UI, 2007
- Setiawan, Yesay. *Pengurangan Emisi Co Pada Kompor Briket Batubara Dengan Menggunakan Metode Downjet*. Depok : Skripsi Departemen Teknik Kimia FT UI, 2008.
- Supramono, D. *Proposal RUUI Program Unggulan 2007: Pengurangan Emisi Polutan Gas CO pada Kompor Briket Batubara dengan Mengintroduksi Downjet*, Depok: Fakultas Teknik UI, 2007
- Thurgood, J.R., and Smoot, L.D., in *Pulverised Coal Combustion and Gasification* (L.D. Smoot and D.T. Pratt), Plenum, New York, 1979, p. 168
- Turns, S.R., *An Introduction to combustion, concepts and applications*, McGraw-Hill, 2nd edition, 2000
- Walker, P.L., Rusinko, F., and Austin, L.G., Gas reactions of carbon, *Advances in Catalysis*, 1959, vol. 11, p. 133

**LAMPIRAN 1
HASIL PERCOBAAN**

1. Data Hasil Percobaan

Tabel L1. Data percobaan temperatur untuk hood 6 cm

HOOD 6 cm							
Kecepatan forced draft							
0,5 m/s		0,8 m/s		1,1 m/s		1,4 m/s	
temperatur		temperatur		temperatur		Temperatur	
menit	celcius	menit	celcius	menit	celcius	menit	Celcius
3	40,6	3	36,4	3	32,7	3	30,5
6	47,9	6	59,5	6	40,2	6	36,9
9	49	9	115,8	9	49,5	9	37,1
12	56,5	12	250,5	12	96,5	12	39
15	61,3	15	213,8	15	241,4	15	47,9
18	155	18	278,1	18	268	18	76,2
21	243,7	21	288,8	21	252,7	21	174,4
24	242,8	24	266	24	241,8	24	227,8
27	254,8	27	253,4	27	254,3	27	248,4
30	252	30	243,5	30	254,3	30	238
33	221,4	33	216,6	33	232,6	33	236,9
36	215,3	36	197,8	36	210,7	36	220,4
39	213,3	39	183,1	39	203,8	39	205,4
42	207,1	42	165	42	189,6	42	190,3
45	197,5	45	154	45	170,6	45	174,4
48	187,4	48	145,9	48	156,9	48	158
51	179,2	51	137,8	51	144,7	51	146,6
54	164,5	54	131,7	54	136,4	54	136,4
57	154,2	57	127,5	57	128	57	128
60	146,6	60	120,7	60	120,4	60	120,7
63	140,4	63	114,4	63	113,9	63	114,1
66	134,5	66	108,6	66	108,8	66	109,3
69	131,7	69	103,7	69	104,1	69	105,8
72	127,2	72	99,3	72	99,7	72	101,6
75	121,8	75	95,4	75	95,6	75	98,1
78	117,8	78	91,8	78	91,5	78	94,7
81	114,1	81	88,8	81	87,9	81	91,1
84	110,9	84	85,4	84	85	84	87,7

Lanjutan

87	107,9	87	83,4	87	82,2	87	83,8
90	105,1	90	81,1	90	79,5	90	80,6
93	101,8	93	78,8	93	77,2	93	78,1
96	99,3	96	76	96	74,4	96	75,3
99	96,5	99	73,4	99	71,8	99	73,2
102	94	102	71,1	102	70	102	70,9
105	91,8	105	68,3	105	67,9	105	68,8
108	89	108	66,2	108	66,2	108	66
111	87	111	64,1	111	64,4	111	64,6
114	84,5	114	62	114	62,3	114	62,7
117	82	117	60,6	117	60,6	117	60,6
120	80,6	120	59,3	120	59,5	120	59,7
123	78,6	123	57,4	123	57,9	123	58,3
126	76,9	126	56	126	56,7	126	56,5
129	75,8	129	54,4	129	55,3	129	55,3
132	73,7	132	53,2	132	54,1	132	53,9
135	72	135	51,8	135	53	135	52,7
138	70,6	138	50,6	138	52	138	51,6
141	69,7	141	49,3	141	50,9	141	50,6
144	67,9	144	48,6	144	49,7	144	49,5
147	66,7	147	46,9	147	48,6	147	48,6
150	65,3	150	46	150	47,6	150	47,4
153	64,3	153	44,8	153	46,7	153	46,7
156	63	156	43,9	156	45,3	156	45,8
159	62,3	159	43	159	44,6	159	44,8
162	60,4	162	42,3	162	43,7	162	44,1
165	59,5	165	41,8	165	43	165	43,2
168	58,6	168	41	168	41,8	168	42,7
171	57,4	171	39,4	171	40,9	171	42
174	56,2	174	38,8	174	40,2	174	41,1
177	55,3	177	38	177	39,5	177	40,4
180	55,1	180	37,2	180	39	180	40

Tabel L2. Data percobaan emisi CO untuk *hood* 6 cm

HOOD 6 cm							
Kecepatan forced draft							
0,5 m/s		0,8 m/s		1,1 m/s		1,4 m/s	
emisi CO		emisi CO		emisi CO		emisi CO	
menit	ppm	menit	ppm	menit	ppm	menit	Ppm
5	0	5	0	5	4	5	0

Universitas Indonesia

Lanjutan

10	0	10	0	10	10	10	0
15	0	15	0	15	13	15	0
20	0	20	0	20	16	20	0
25	1	25	0	25	20	25	0
30	2	30	0	30	24	30	0
35	3	35	0	35	28	35	0
40	3	40	1	40	36	40	0
45	4	45	3	45	46	45	0
50	5	50	7	50	55	50	0
55	7	55	13	55	64	55	5
60	8	60	15	60	74	60	13
65	11	65	20	65	83	65	20
70	13	70	22	70	86	70	27
75	15	75	23	75	90	75	33
80	17	80	24	80	90	80	37
85	19	85	25	85	91	85	38
90	20	90	26	90	89	90	38
95	20	95	24	95	84	95	37
100	20	100	23	100	82	100	35
105	19	105	23	105	76	105	33
110	19	110	22	110	70	110	30
115	17	115	21	115	68	115	27
120	16	120	20	120	61	120	25
125	15	125	19	125	59	125	23
130	15	130	16	130	57	130	19
135	14	135	14	135	53	135	15
140	13	140	13	140	50	140	12
145	12	145	12	145	46	145	10
150	12	150	11	150	41	150	4
155	11	155	8	155	39	155	1
160	9	160	6	160	36	160	0
165	8	165	2	165	30	165	0
170	7	170	1	170	24	170	0
175	5	175	0	175	16	175	0
180	4	180	0	180	12	180	0

Tabel L3. Data percobaan temperatur untuk hood 8 cm

HOOD 8 cm							
Kecepatan forced draft							
0,5 m/s		0,8 m/s		1,1 m/s		1,4 m/s	
temperatur		temperatur		temperatur		Temperatur	
menit	celcius	menit	celcius	menit	celcius	menit	Celcius
3	31,5	3	28,9	3	34,3	3	32,9
6	33,4	6	34,3	6	36,7	6	35,2
9	34,1	9	35,7	9	38,5	9	35
12	35	12	38,1	12	40,6	12	37,1
15	41,8	15	49,3	15	52	15	39,7
18	66,7	18	76,2	18	80,4	18	46,2
21	185,7	21	137,8	21	136,9	21	94,7
24	249,8	24	160,2	24	158,5	24	197,8
27	260,9	27	180	27	168,6	27	232,3
30	252,4	30	204,7	30	185,7	30	211,4
33	245,6	33	213	33	200,9	33	197,1
36	235,9	36	222,8	36	212,1	36	178,7
39	228	39	222,3	39	208,5	39	159,7
42	221,4	42	225,2	42	200,9	42	145,9
45	210,9	45	210,7	45	186,9	45	130,8
48	190,1	48	204,2	48	176,3	48	117,9
51	178,7	51	196,3	51	169,3	51	110
54	170,1	54	185,5	54	160,2	54	102,3
57	160,9	57	175,1	57	152,6	57	97,2
60	154,5	60	160,7	60	146,4	60	93,4
63	147,8	63	152,3	63	139,5	63	89,7
66	140,4	66	145,9	66	134,5	66	86,3
69	134,3	69	140,7	69	129,1	69	83,1
72	128,9	72	134,8	72	123,7	72	80,4
75	124,7	75	128,7	75	118,8	75	76,9
78	120,4	78	122,8	78	115,8	78	73,9
81	116,7	81	118,6	81	112	81	71,3
84	113,7	84	114,6	84	110,2	84	68,3
87	110,4	87	111,3	87	106,9	87	66,2
90	107,9	90	107,9	90	103	90	64,1
93	105,1	93	104,4	93	100,2	93	62,3
96	102,5	96	101,6	96	97	96	60,6
99	99,7	99	99	99	94,7	99	58,8
102	97	102	96,3	102	92,5	102	57,2
105	94,5	105	93,8	105	89,7	105	56

108	92,2	108	91,5	108	87	108	54,6
111	89,7	111	88,4	111	85	111	53,2
114	87,9	114	86,3	114	82,9	114	51,6
117	84,7	117	84,7	117	81,8	117	50,4
120	82,9	120	82,7	120	79,7	120	49,3
123	80,9	123	80,6	123	78,1	123	48,1
126	78,8	126	79	126	76,5	126	47,4
129	77,2	129	77,6	129	74,8	129	46
132	75,5	132	76	132	73,2	132	46,9
135	73,9	135	74,4	135	71,8	135	46
138	72,3	138	72,7	138	70,4	138	45,3
141	70,9	141	71,3	141	69	141	44,4
144	69,5	144	70	144	67,4	144	43,9
147	67,9	147	68,6	147	66	147	43
150	66,7	150	67,2	150	65,1	150	42,3
153	65,3	153	65,5	153	63,7	153	41,8
156	63,9	156	64,4	156	62,5	156	40,9
159	62,7	159	63,2	159	61,3	159	40,6
162	61,6	162	61,8	162	60	162	40
165	60,4	165	60,6	165	59,5	165	39,2
168	59,3	168	59,7	168	58,1	168	38,5
171	58,1	171	58,6	171	56,7	171	38,3
174	56,9	174	57,4	174	55,8	174	37,6
177	55,5	177	56,2	177	54,8	177	37,1
180	54,8	180	55,1	180	53,9	180	36,4

Tabel L4. Data percobaan emisi CO untuk hood 8 cm

HOOD 8 cm							
Kecepatan forced draft							
0,5 m/s		0,8 m/s		1,1 m/s		1,4 m/s	
emisi CO		emisi CO		emisi CO		emisi CO	
menit	ppm	menit	ppm	menit	ppm	Menit	Ppm
5	0	5	0	5	0	5	0
10	0	10	0	10	0	10	0
15	0	15	0	15	0	15	0
20	0	20	0	20	0	20	0
25	0	25	0	25	0	25	0
30	0	30	0	30	0	30	0
35	0	35	0	35	2	35	0
40	0	40	0	40	4	40	3

Lanjutan

45	1	45	0	45	7	45	12
50	1	50	0	50	9	50	16
55	2	55	0	55	12	55	19
60	5	60	7	60	14	60	19
65	8	65	16	65	16	65	15
70	12	70	27	70	19	70	14
75	13	75	38	75	19	75	17
80	13	80	41	80	21	80	22
85	14	85	48	85	26	85	26
90	16	90	51	90	36	90	30
95	20	95	53	95	45	95	33
100	24	100	54	100	51	100	36
105	26	105	54	105	60	105	36
110	28	110	54	110	66	110	37
115	32	115	53	115	71	115	37
120	33	120	52	120	73	120	36
125	34	125	47	125	75	125	36
130	33	130	42	130	77	130	35
135	33	135	35	135	79	135	33
140	32	140	28	140	76	140	32
145	30	145	24	145	73	145	29
150	26	150	20	150	67	150	26
155	24	155	17	155	62	155	22
160	20	160	14	160	57	160	16
165	16	165	11	165	49	165	12
170	13	170	9	170	44	170	9
175	11	175	4	175	40	175	4
180	10	180	2	180	38	180	2

2. Contoh Gambar Hasil Pembakaran



Gambar L1. Bara pada saat masuk ke dalam kompor



Gambar L2. Bara pada saat *ignition time*



Gambar L3. Bara pada saat pembakaran merata

