

# PENGARUH KOMPOSISI PARTIKEL BATUBARA DAN PROSENTASE UDARA PRIMER PADA PEMBAKARAN BATUBARA SERBUK (*PULVERIZED COAL*)

Heru Kuncoro<sup>1</sup>, Samun Triyoko<sup>2</sup>,  
Andreas Wahyu Hartono<sup>3</sup>, Asmarani Eka Setiawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>)PT Murakabi Indonesia

<sup>2</sup>)Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

<sup>3</sup>)Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta

**Abstract :** *Coal is a kind of fuel that has a great number of quantity in Indonesia. Remembering that the natural oil and natural gas are the unrenewable natural resources, using of coal as a fuel in order to get more cheaper and more efficient fuel than natural oil and natural gas, has been started in many way. One of the way that is improved at this moment is using of coal as a pulverized coal. The objective of the research was to find the best condition in burning the pulverized coal. The pulverized coal was fed in a furnace by a burner and its mixed with the primary and secondary air from two blowers, then the pulverized coal was burnt in furnace and the out gas was analyzed by the gas analyzer. From the result of this research, the best condition can be reached on burning the pulverized coal that the composition is 80 % -200 mesh and 20 % (-100 +200) mesh, using of 40 % primary air. It can be conclude from the graph.*

**Keywords :** *pulverized coal, burning, air, furnace, gas analyzer.*

## PENDAHULUAN

Persediaan minyak bumi di dunia semakin lama semakin menipis sebagai akibat dari eksploitasi besar-besaran selama beberapa dekade, sementara minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable*). Karena keberadaan minyak bumi sebagai bahan bakar utama dunia semakin langka yang mengakibatkan semakin meningkatnya harga minyak bumi, maka banyak industri yang memanfaatkan minyak bumi sebagai bahan bakar mengalami kesulitan dalam penyediaan bahan bakar dan akhirnya mengalami gulung tikar.

Mengingat akan hal tersebut di atas maka pada masa ini mulai dicari dan dikembangkan berbagai macam energi alternatif yang dimungkinkan untuk digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi. Salah satu energi alternatif yang sedang diminati dan dikembangkan saat ini adalah batubara.

Indonesia memiliki cadangan batubara yang sangat berlimpah, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Ini disebabkan karena sebagian besar dari cadangan batubara yang ada di Indonesia memiliki kualitas yang rendah.

Dalam aplikasinya batubara dimanfaatkan dengan dibakar secara langsung baik dalam bentuk bongkahan maupun serbuk, dapat pula dalam bentuk gas (melalui gasifikasi) dan bentuk cair (melalui *liquefaction*).

Pada pemanfaatan batubara dalam bentuk serbuk ada yang dikondisikan sebagai *pulverized coal* yaitu serbuk batubara yang ukurannya minimal 70% lolos 200 mesh (75 mikron).

*Pulverized coal* pertama kali digunakan pada tahun 1980 sebagai bahan bakar kiln pada industri semen dan terbukti bahwa penggunaan *pulverized coal* dapat lebih menghemat biaya jika dibandingkan dengan bahan bakar cair dan gas. Dengan dihasilkannya efisiensi yang cukup tinggi dari pembakaran *pulverized coal* tersebut, maka dapat diharapkan agar batubara bisa dijadikan sebagai energi alternatif yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh umat manusia pada umumnya dan seluruh masyarakat Indonesia pada khususnya, sehingga dapat lebih menghemat penggunaan minyak dan gas bumi yang saat ini ketersediaannya dalam jumlah yang terbatas.

## LANDASAN TEORI

Batubara adalah salah satu sumber bahan bakar yang berasal dari fosil tanaman yang tertimbun selama puluhan bahkan ribuan tahun yang lalu, yang mengalami proses alamiah berupa pelapukan dan degradasi oleh jamur, bakteri, dan oksidasi. Batubara bukanlah merupakan campuran homogen dari unsur-unsur kimia Karbon ( C ), Hidrogen ( H ), Oksigen ( O ), Sulfur ( S ), Nitrogen ( N ) dan

unsur-unsur minor lainnya melainkan terdiri dari maseral organik dan kristal mineral anorganik.

Batubara diklasifikasikan dalam rank/tingkatan berdasarkan derajat komposisi kimia yang merupakan transisi dari selulosa ke grafit atau karbon. Klasifikasi ini didasarkan pada kandungan karbon dimana semakin rendah rank/tingkatan, semakin tinggi kandungan *volatile matter*nya.

**Tabel 1** Klasifikasi Bahan Bakar Fosil Padat

Jenis Bahan Bakar Padat	Kadar air (%) berat	Nilai panas (Kkal/Kg)
Gambut	70 – 75	± 1600
Lignit	35 – 40	4500 – 4600
Batubara subbituminous	± 10	5700 – 6400
Batubara bituminous	± 3	± 8450

Klasifikasi batubara berdasarkan rank/tingkatan dapat ditunjukkan oleh umur batubara, yang meliputi:

1. *Lignite*: Merupakan batubara ranking rendah, dibentuk dari gambut melalui penekanan dan metamorfosa, warnanya coklat kehitaman dan memiliki struktur seperti kayu, terdekomposisi parsial. *Lignite* mempunyai kandungan *moisture* antara 15 – 25 %, pada keadaan kering kandungan bebas abu dari karbon berbeda-beda dari 60 – 75 % dan oksigennya dari 20 – 25 %. Mempunyai kandungan zat terbang tinggi sehingga *lignite* sangat mudah terbakar, biasanya dijual dalam bentuk briket dan mempunyai nilai kalor rendah ± 4000 Kkal/Kg.
2. *Subbituminous coal*: Merupakan batubara yang memiliki karakteristik antara *lignite* dan *bituminous*. Batubara ini memiliki kandungan *moisture* dan *volatile matter* yang tinggi tetapi tidak memiliki perlengkapan untuk pemasakan (*coking*). Kandungan karbon antara 75 – 83 % dan oksigennya 10-20 % dalam keadaan kering bebas abu.
3. *Bituminous coal*: Padatan pejal batubara yang berwarna hitam, kandungan karbon 75 – 90 % dengan perubahan *volatile matter* dari 20 – 45 %. Batu bara ini banyak digunakan dalam industri dan mempunyai nilai kalor yang tinggi.
4. *Semibituminous coal*: sub bagian antara *bituminous* dan *anthracite*. Kandungan

karbonnya dari 90 – 93 %. Kandungan *volatile matter*nya dari 10 – 20 % dan oksigennya dari 2 – 4 %. Memiliki nilai kalor yang relatif tinggi.

5. *Anthracite*: Merupakan batubara yang paling tua dan paling tinggi tingkatannya dengan kandungan karbon paling tinggi. Kandungan karbonnya lebih besar dari 93 % dan kandungan *volatile matter*nya lebih kecil dari 10 %. Warnanya hitam mengkilat, batubara paling keras dan padat.

(Hendrickson, 1975)

### Analisa Batubara

Analisa batubara dilakukan dengan 2 standar, yaitu:

1. *Proximate Analysis*  
*Proximate Analysis* meliputi penentuan *surface moisture*, *moisture* dalam batubara *air-dried*, abu, *volatile matter*, dan *fixed carbon*. Kandungan sulfur dan nilai kalor diestimasi.
2. *Ultimate Analysis*  
*Ultimate Analysis* meliputi penentuan komposisi: karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, dan oksigen (by difference)

### Moisture

Kandungan *moisture* dari batubara dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. *Inherent moisture*, yang terabsorpsi atau teradsorpsi dalam substansi batubara.
2. *Surface moisture*, yang didapat selama penyemprotan air, pencucian atau terkena hujan dan salju.

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dengan elemen yang dapat terbakar (*combustible element*) dari suatu bahan bakar. Ada 3 *combustible element* yang signifikan dalam kebanyakan bahan bakar fosil: karbon, hidrogen, belerang. Di antara ketiga *combustible element* ini belerang kurang signifikan sebagai sumber panas, belerang dapat juga menjadi kontributor utama dalam masalah polusi dan korosi. Tujuan pembakaran yang baik adalah untuk melepaskan semua energi dalam bahan bakar dan meminimalkan kehilangan akibat pembakaran yang tidak sempurna dan udara eksek.

Sebagai penuplai oksigen untuk terjadinya pembakaran digunakan udara primer dan udara sekunder serta digunakan udara berlebih (*excess air*) untuk memenuhi kebutuhan oksigen agar pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna. Pada umumnya *excess air* yang digunakan adalah sebesar 20-50 % dari

udara teoritis yang diperlukan untuk membakar bahan bakar, yang dalam hal ini adalah *pulverized coal*.

**Debit Udara Primer**

Udara primer merupakan udara pembawa batubara serbuk (*pulverized coal*) yang diumpankan ke dalam burner sehingga peran udara primer dalam pembakaran batubara serbuk (*pulverized coal*) sangat penting. Kebutuhan udara primer pada pembakaran batubara serbuk (*pulverized coal*) sebesar 40-70% dari debit udara total. Kecepatan udara primer yang digunakan minimal sebesar 15 m/s, karena mulai pada kecepatan ini, batubara serbuk (*pulverized coal*) dapat terbawa semuanya tanpa ada yang terjatuh.

Pembakaran *pulverized coal* tergantung pada jenis batu bara serta kondisi ruang bakar, atau yang lebih sering disebut dengan istilah *furnace*. Partikel-partikel batu bara yang memasuki *furnace* yang mana temperatur permukaan meningkat dan terjadi transfer panas secara radiasi dan konveksi dari udara *furnace* dan partikel terbakar lainnya. Pada saat temperatur partikel meningkat, *moisture* menguap dan *volatile matter* terlepas. *Volatile matter* dibakar akan meningkatkan suhu partikel *char*, yang mana terdiri atas karbon dan *mineral matter*, kemudian *char* terbakar pada suhu tinggi yang menyisakan abu dan karbon yang tidak terbakar (*unburn carbon*) dalam jumlah yang kecil (Babcock and Wilcox, 1992).

**Devolatilisasi Batubara**

Proses devolatilisasi batubara dimulai dengan jeda waktu penyalan. Mekanisme devolatilisasi berbeda antara partikel kecil (< 100 µm) dengan partikel besar. Untuk partikel kecil reaksi permukaan yang heterogen lebih dominan, dengan difusi cepat dari partikel yang terlibat dapat diabaikan. Proses devolatilisasi ini terbatas secara kinetik. Saat ukuran partikel meningkat (diatas 100 µm), difusi menjadi hal yang penting, hingga akhirnya untuk partikel yang sangat besar proses devolatilisasi hanya dikontrol oleh difusi.

Proses devolatilisasi batubara harus berlangsung pada suhu minimal 400 °C, karena pada suhu itulah *volatile matter* mulai terbakar (Bisio, 1995).

**Pulverized Coal Burner**

*Burner* yang digunakan untuk membakar batubara serbuk (*pulverized coal*) ada dua tipe yang utama, yaitu:

1. *Swirl Burner*.

Pada *swirl burner*, batubara yang masuk sebagai umpan, begitu juga dengan udara primer serta udara sekunder, masuk ke dalam *furnace* dikondisikan sedemikian rupa sehingga lintasannya memutar dengan kencang.

2. *Jet Burner*.

Pada *jet burner*, batubara masuk, udara primer, dan udara sekunder, masuk ke *furnace* dengan kencang dan mempunyai lintasan yang sangat panjang dan lurus (Chigier, 1986).

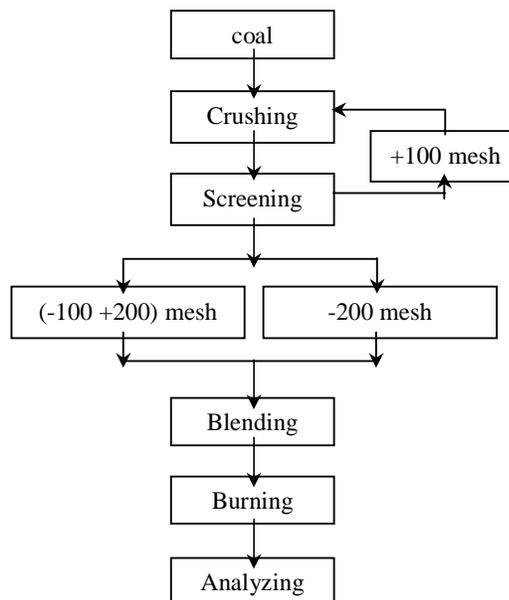
**METODOLOGI PENELITIAN**

**Bahan**

Dalam penelitian ini bahan utama yang digunakan adalah batubara, dan bahan pembantu berupa minyak tanah yang digunakan untuk penyalan awal.

**Cara Kerja**

Batubara dihaluskan dengan menggunakan crusher jenis Roller Mill, kemudian diumpankan ke dalam Rotary Screen untuk mendapatkan batubara serbuk berukuran (-100 + 200) mesh dan -200 mesh, kemudian keduanya dicampur dengan komposisi tertentu, lalu dibakar dalam *furnace*, kemudian gas hasil pembakarannya dianalisa menggunakan Gas Analyzer.

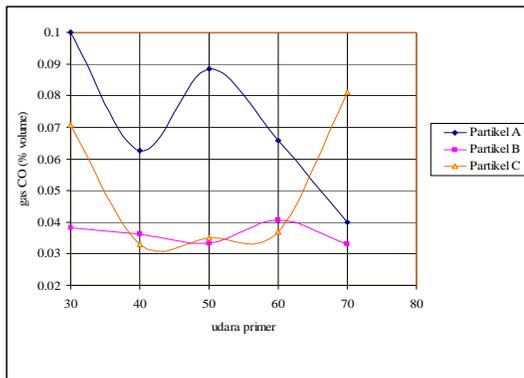


Gambar rangkaian alat pembakaran batubara serbuk (*pulverized coal*) terlampir.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 2 Data Komposisi Gas CO untuk Setiap Komposisi Partikel**

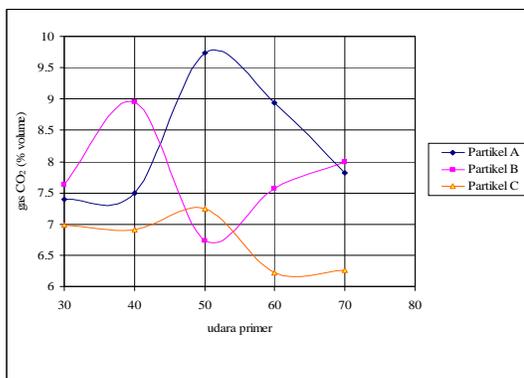
Udara Primer	CO (A) (% vol)	CO (B) (% vol)	CO (C) (% vol)
30 %	0.1000	0.0383	0.0706
40 %	0.0625	0.0363	0.0332
50 %	0.0883	0.0333	0.0350
60 %	0.0657	0.0408	0.0369
70 %	0.0400	0.0330	0.0811



**Gambar 1 Grafik Hubungan Prosentase Udara Primer vs Komposisi Gas CO**

**Tabel 3 Data Komposisi Gas CO<sub>2</sub> untuk Setiap Komposisi Partikel**

Udara Primer	CO <sub>2</sub> (A) (% vol)	CO <sub>2</sub> (B) (% vol)	CO <sub>2</sub> (C) (% vol)
30 %	7.4000	7.6333	6.9882
40 %	7.5000	8.9500	6.9158
50 %	9.7333	6.7333	7.2500
60 %	8.9429	7.5692	6.2231
70 %	7.8222	7.9900	6.2667



**Gambar 2 Grafik Hubungan Prosentase Udara Primer vs Komposisi Gas CO<sub>2</sub>**

### Pengaruh Komposisi Partikel Batubara dan Prosentase Udara Primer pada Pembakaran Batubara Serbuk (*Pulverized Coal*)

(Heru Kuncoro, Samun Triyoko, Andreas W. Hartono, Asmarani E. Setiawan)

**Tabel 4 Data Komposisi Gas O<sub>2</sub> untuk Setiap Komposisi Partikel**

Udara Primer	O <sub>2</sub> (A) (% vol)	O <sub>2</sub> (B) (% vol)	O <sub>2</sub> (C) (% vol)
30 %	12.2667	12.4000	13.05294
40 %	12.7000	10.9875	13.17895
50 %	10.2167	13.3833	13.01667
60 %	16.5571	12.5308	13.88462
70 %	12.2333	12.0100	13.76667

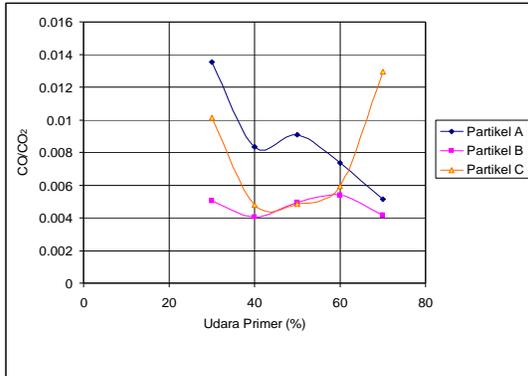


**Gambar 3 Grafik Hubungan Prosentase Udara Primer vs Komposisi Gas O<sub>2</sub>**

Dari gambar 1, gambar 2 dan gambar 3, yaitu grafik hubungan antara prosentase udara primer vs komposisi gas pada setiap partikel, dapat diketahui bahwa komposisi partikel yang paling baik dari penelitian ini secara garis besar adalah partikel B yaitu partikel batu bara dengan 80 % 200 mesh + 20 % 100 mesh. Ini didasarkan atas analisa gas hasil pembakaran, dimana yang diinginkan dari suatu pembakaran adalah yang menghasilkan sedikit gas CO, banyak gas CO<sub>2</sub> dan menyisakan sedikit gas O<sub>2</sub> yang berasal dari udara pembakaran.

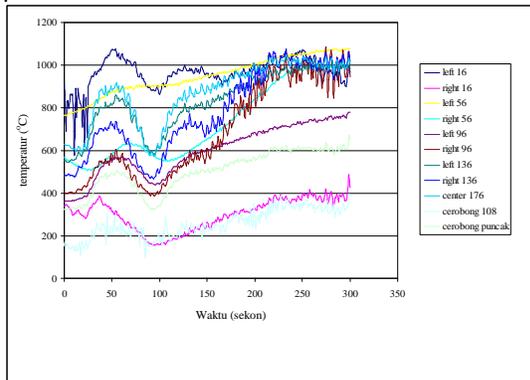
**Tabel 5 Data Rasio Pembakaran (CO/CO<sub>2</sub>)**

	CO (% vol)	CO <sub>2</sub> (% vol)	rasio pembakaran (CO/CO <sub>2</sub> )
A1	0.10000	7.40000	0.013513514
A2	0.06250	7.50000	0.008333333
A3	0.08833	9.73333	0.009075342
A4	0.06571	8.94286	0.007348243
A5	0.04000	7.82222	0.005113636
B1	0.03833	7.63333	0.005021834
B2	0.03625	8.95000	0.004050279
B3	0.03333	6.73333	0.004950495
B4	0.04077	7.56923	0.005386179
B5	0.03300	7.99000	0.004130163
C1	0.07059	6.98824	0.010101010
C2	0.03316	6.91579	0.004794521
C3	0.03500	7.25000	0.004827586
C4	0.03692	6.22308	0.005933251
C5	0.08111	6.26667	0.012943262

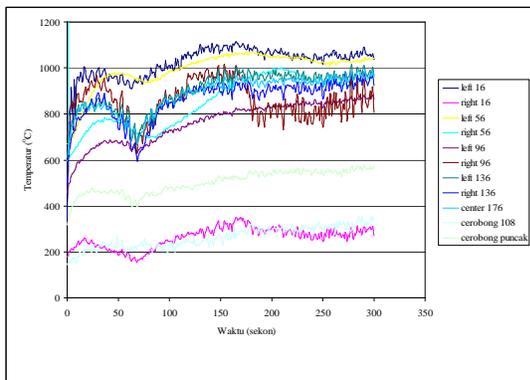


**Gambar 4 Grafik Hubungan Prosentase Udara Primer vs Gas CO/CO<sub>2</sub>**

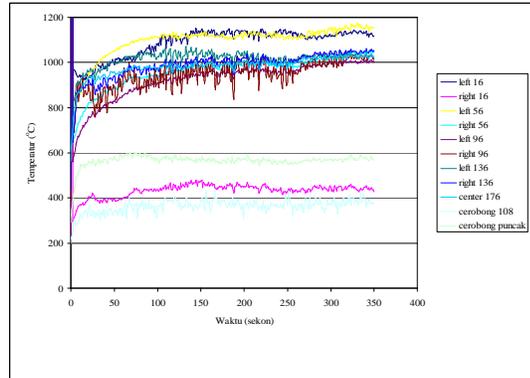
Dari gambar 4, yaitu grafik hubungan antara prosentase udara primer vs komposisi gas CO/CO<sub>2</sub> dapat diketahui bahwa kondisi pembakaran yang baik terjadi pada saat pembakaran partikel B. Hal ini dikarenakan pada pembakaran partikel B diperoleh hasil rasio pembakaran yang relatif kecil jika dibandingkan pada dengan pembakaran partikel A dan C. Semakin kecil rasio pembakaran maka proses pembakaran semakin baik.



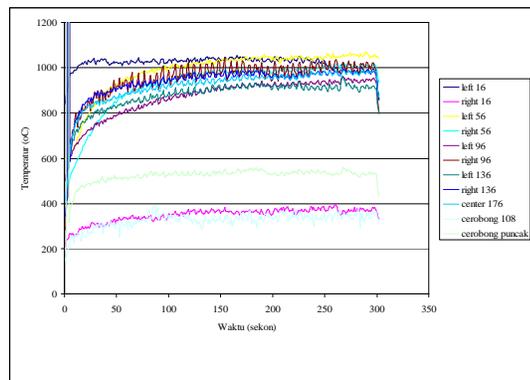
**Gambar 5 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel A1**



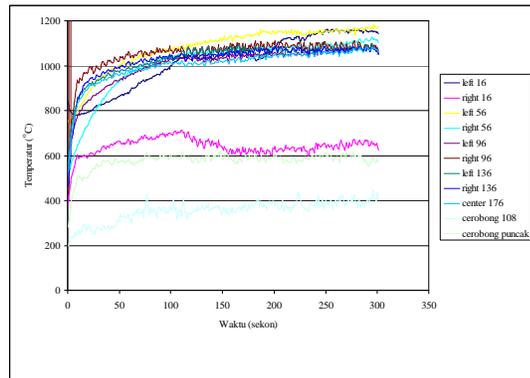
**Gambar 6 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel A2**



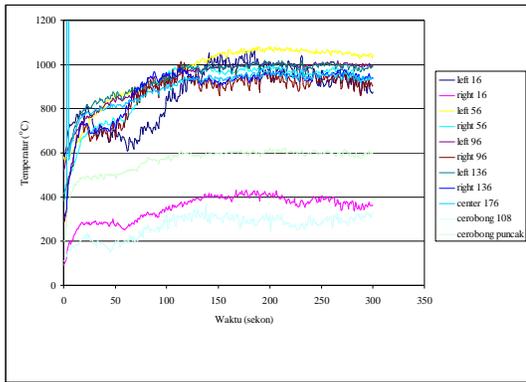
**Gambar 7 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel A3**



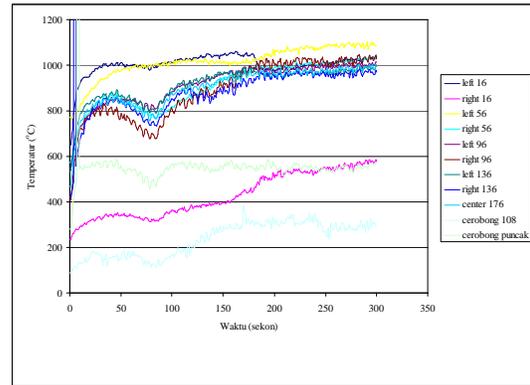
**Gambar 8 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel A4**



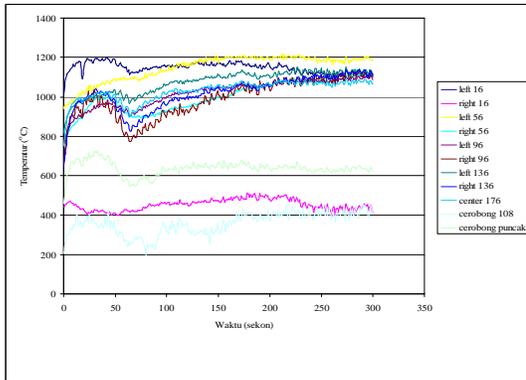
**Gambar 9 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel A5**



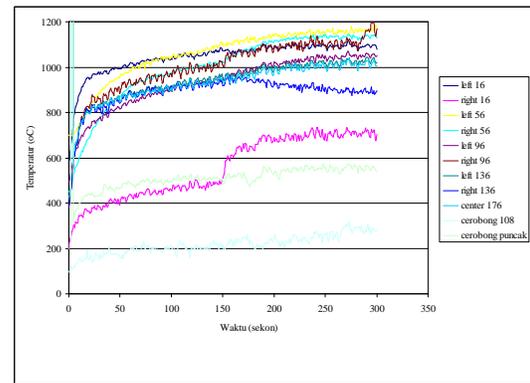
**Gambar 10 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel B1**



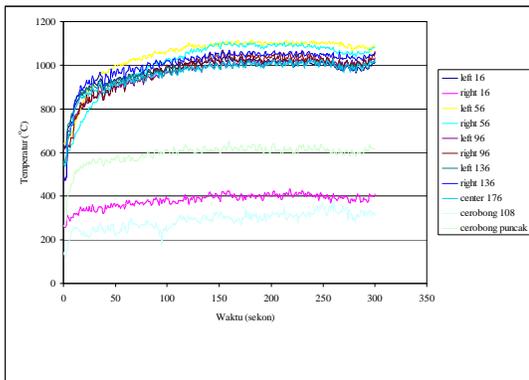
**Gambar 13 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel B4**



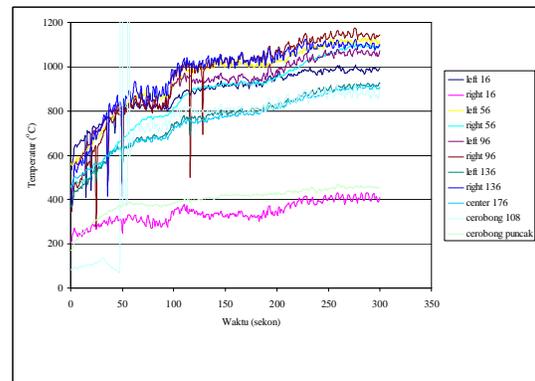
**Gambar 11 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel B2**



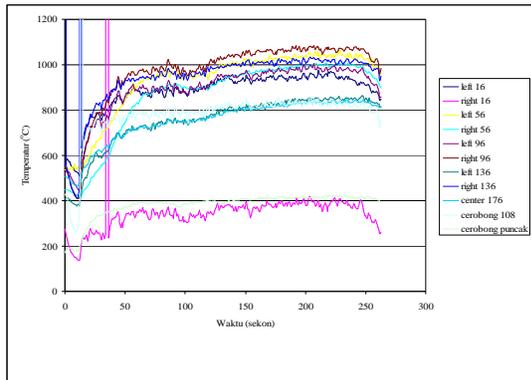
**Gambar 14 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel B5**



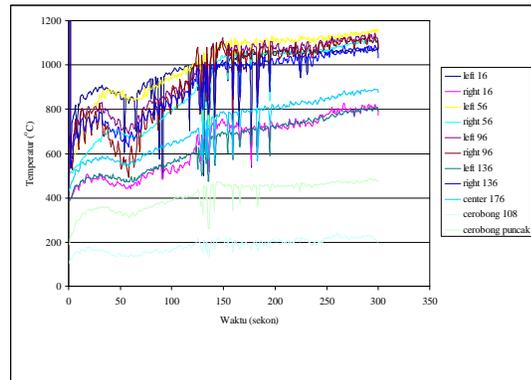
**Gambar 12 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel B3**



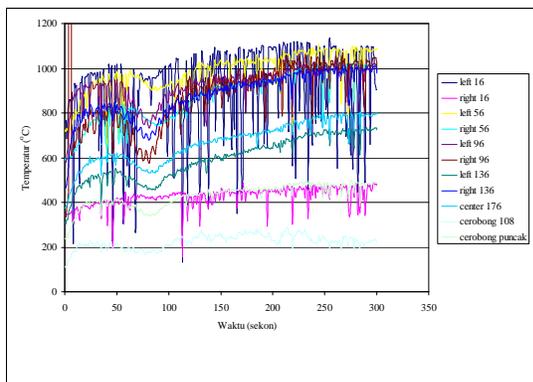
**Gambar 15 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel C1**



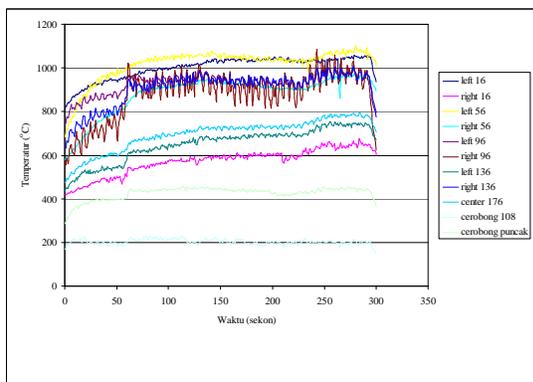
**Gambar 16 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel C2**



**Gambar 19 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel C5**



**Gambar 17 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel C3**



**Gambar 18 Grafik Hubungan Waktu vs Temperatur pada partikel C4**

Dari gambar 5 s/d gambar 19, yaitu grafik hubungan antara waktu vs temperatur, dapat diketahui bahwa secara umum kondisi pembakaran batubara serbuk (*pulverized coal*) yang baik terjadi pada saat pembakaran batubara partikel B. Hal ini dapat ditunjukkan dengan temperatur yang cenderung stabil pada proses pembakaran partikel B, jika dibandingkan pada saat pembakaran partikel A dan C.

Semakin kecil udara primer yang digunakan, proses pembakaran akan berlangsung kurang baik, karena dimungkinkan masih ada batubara yang tidak terbawa oleh udara primer tersebut. Semakin besar udara primer proses pembakaran juga akan berlangsung kurang baik, karena kontak partikel batubara dengan udara primer tersebut sangat cepat, sehingga menimbulkan temperatur pembakaran yang tidak stabil.

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa kondisi pembakaran batubara serbuk (*pulverized coal*) yang baik diperoleh pada saat pembakaran partikel B, dengan udara primer 40 % dari udara total. Dan udara primer yang digunakan tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar.

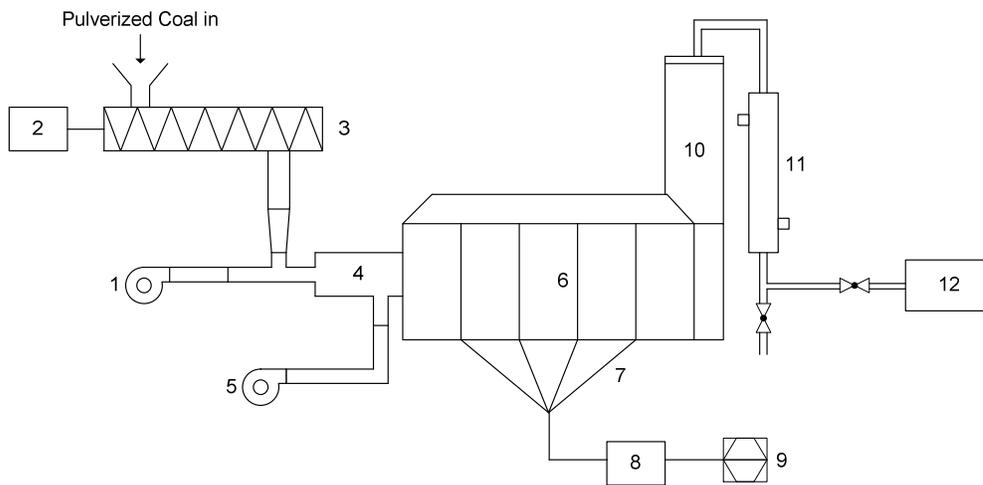
### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih Tirza, Poetry, Fia, Rustam, Kelik dan Listi yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian, juga kepada teman-teman di BATAN, serta kepada seluruh anggota "2003 Community" atas bantuan dan dukungannya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Babcock and Wilcox, 1992, "Steam its Generation and Uses", The Babcock and Wilcox Company, United States America
- Bisio, A., and Boots, S., 1995, "Energy Technology and The Environment", vol. 1, Wiley Encyclopedia Series in Environmental Science, John Wiley and Sons, New York.
- Chigier, N., 1986, "Combustion and Environment", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Hendrickson, T.A., 1975, "Synthetic Fuels Data Handbook", Cameron Engineers Inc, Denver, CO.

Gambar Rangkaian Alat Pembakaran batubara serbuk (*pulverized coal*)



Keterangan:

- 1, 5 = Blower
- 2 = Inverter
- 3 = Screw Feeder
- 4 = Burner
- 6 = Furnace
- 7 = Termokopel
- 8 = Data Taker
- 9 = Komputer
- 10 = Cerobong
- 11 = Kondensor
- 12 = Gas Analyzer