

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Eksperimen dilakukan untuk mengetahui proses pembakaran spontan batubara menggunakan suatu sistem alat uji yang dapat menciptakan suatu kondisi yang mendukung terjadinya pembakaran spontan. Sebagian sistem ini merupakan rangkaian sistem yang dapat bekerja secara otomatis, dengan adanya sistem otomatis ini diharapkan kondisi yang tercipta lebih akurat. Sistem ini juga akan membantu dalam proses pengambilan data, sehingga data dapat lebih cepat untuk dianalisa dan lebih konsisten.

#### 3.1. ALAT UJI

Alat uji yang digunakan meliputi oven listrik, tabung reaktor, wadah uji kubus dari kasa *stainless steel* (untuk pengujian metode *crossing point*), termokopel, DAQ(*Data Acquisition*) Modul ADAM 4018M dan 4520, timbangan elektronik, PC beserta perangkat lunaknya, *solid-state relay* dan *relay* elektromekanik, dan *handy board*.

##### 3.1.1 Oven Listrik

Oven listrik yang digunakan merupakan oven listrik biasa yang telah dimodifikasi agar dapat secara otomatis mengikuti laju peningkatan temperatur. Oven listrik terdiri atas: oven, tabung reaktor, serta pipa tembaga sepanjang 32 m. Oven listrik tersebut memiliki 3 elemen pemanas, namun yang digunakan untuk pemanasan utama adalah bagian pemanas yang berada di tengah-tengah dimana pemanas tersebut dihubungkan dengan sebuah *relay* yang mengatur kondisi *on-off* dari pemanas.



**Gambar 3. 1** Oven Listrik dan Sistem didalamnya

### **3.1.2 Tabung Reaktor**

Tabung reaktor pengujian yang digunakan memiliki volume sebesar 250 mL yang terbuat dari *stainless steel* dengan tutup yang terbuat dari aluminium. Tabung ini juga digunakan untuk proses pengeringan batubara sebelum proses oksidasi. Tabung tersebut diletakan pada pintu oven dengan tembaga. Pada tutup tabung terdapat tiga buah lubang. Lubang pertama dengan diameter 5 mm digunakan untuk masuknya gas Nitrogen atau Oksigen dari pipa tembaga. Lubang kedua digunakan sebagai lubang keluaran hasil oksidasi dan air dari proses pengeringan, sedangkan lubang yang ketiga digunakan untuk memasukan kawat termokopel.



**Gambar 3. 2** Tabung Reaktor

### **3.1.3 Wadah Uji Metode *Crossing Point***

Untuk melakukan pengujian dengan metode *crossing point*, maka dibutuhkan suatu wadah yang akan menampung batubara yang diuji. Wadah ini

terbuat dari kasa *stainless steel*. Termokopel ditempatkan pada sisi pusat dan jarak 1 cm dari titik pusat batubara. Wadah ini berukuran 5 x 5 x 5 cm<sup>3</sup>.

### 3.1.4 Alat Kontrol

Alat control disini adalah seperangkat PC dengan berbagai perangkatnya untuk mengontrol suhu oven. Berbagai macam alat control yang digunakan adalah:

- a. PC Dengan Perangkat Lunak Advantech VisiDAQ
- b. Modul ADAM 4018M dan 4520

Keluaran termokopel yang berupa tegangan listrik diubah menjadi sinyal dengan bantuan *Analog to Digital Converter* dengan merk ADC Advantech ADAM 4018M

- c. *Solid-State Relay* dan Relay Elektromekanik

Relay yang digunakan untuk menyalakan elemen pemanas oven berjenis *solid-state relay* dan relay elektromekanik. Perbedaan antara kedua jenis relay ini adalah *solid-state relay* terdiri dari komponen yang murni elektronik, dan tidak memiliki komponen bersifat mekanik.

- d. *Handy Board*

*Handy Board* digunakan untuk mengatur *on-off* nya *solid-state relay*. *Handy Board* adalah mikrokontroler berbasis mikro prosesor delapan bit Motorola M68HC11 dengan keluaran motor servo. Untuk melakukan pemrograman *Handy Board* digunakan bahasa pemrograman C. Agar dapat berhubungan dengan komputer dibutuhkan perangkat lunak bernama Interactive C. Perangkat lunak inilah yang digunakan untuk memprogram *Handy Board*.



Gambar 3. 3 *Handy Board*

### 3.1.5 Alat Uji Lainnya

Alat-alat lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Termokopel jenis K
- b. Timbangan Elektronik
- c. Blender yang telah dimodifikasi
- d. Filter 60 mesh

## 3.2 METODE ADIABATIK

### 3.2.1 Tahap Preparasi

Diameter partikel yang digunakan untuk eksperimen adalah  $\leq 0,25$  mm (60 mesh). Untuk mendapatkan ukuran sampel tersebut batubara dihancurkan kemudian diayak dengan kawat yang berukuran 60 mesh. Proses penghancuran yang diikuti dengan pengayakan dilakukan sampai tercapai jumlah sampel seberat 200 gr. Setelah didapatkan sampel seberat 200 gr, sampel dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diikat sehingga tidak mengalami kontak dengan udara lingkungan.

### 3.2.2 Setting Temperatur Inisial

Pada beberapa sampel dilakukan pengeringan yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan air pada sampel. Kemudian sampel dikeringkan di oven pada suhu 120 °C. Untuk mendapatkan sampel yang benar-benar kering dibutuhkan pengeringan selama 8-10 jam. Agar tidak terjadi oksidasi maka pada proses pengeringan dialirkan gas Nitrogen yang bersifat inert.

Pada proses oksidasi adiabatik temperatur inisial yang dibutuhkan adalah  $\pm 40$  °C. Untuk mencapai kondisi temperatur yang sama antara oven dan sampel dibutuhkan waktu antara 2-4 jam. Pada proses persiapan temperatur inisial ini gas Nitrogen juga dialirkan agar tidak terjadi oksidasi awal. Nilai temperatur awal  $\pm 40$  °C telah digunakan sebagai standar pengujian sebelumnya [Beamish, B.B., et.al., 2000]. Besar nilai temperatur tersebut diambil dari temperatur aktual yang diukur pada daerah-daerah pertambangan.

### 3.2.3 Laju Aliran Nitrogen dan Oksigen

Gas Nitrogen digunakan pada saat proses pengeringan dan atau pengkondisian awal sampel dan setting temperatur inisial yang bertujuan untuk menghalangi terjadinya proses oksidasi karena gas Nitrogen bersifat inert atau sangat sulit untuk bereaksi. Kandungan Nitrogen yang digunakan pada proses eksperimen ini adalah 100% (Nitrogen murni).

Pada proses pengeringan sebelum gas Nitrogen masuk ke dalam tabung pengeringan, gas Nitrogen terlebih dulu melalui pipa tembaga dengan panjang 32 m yang dipanaskan dan terletak didalam oven. Laju alir gas Nitrogen pada proses ini 200 mL/min.

Apabila proses pengeringan telah selesai sampel didinginkan hingga mencapai temperatur ruang. Setelah dingin sampel dimasukkan kedalam tabung reaksi. Kemudian temperatur sampel dikondisikan pada suatu temperatur awal sebesar  $\pm 40$  °C. Pada proses pengkondisian ini temperatur inisial antara sampel dengan oven dialiri gas Nitrogen dengan laju alir konstan sebesar 100 mL/min. Setelah temperatur inisial antara oven dengan sampel stabil proses oksidasi adiabatik dimulai. Katup gas Nitrogen ditutup dan katup gas Oksigen dibuka dengan laju alir yang sama yaitu 100 mL/min. Tingkat pembakaran spontan batubara bergantung pada panas yang dihasilkan dari reaksi oksidasinya, oleh sebab itu dibutuhkan suplai Oksigen yang cukup.

#### **3.2.4 Durasi Eksperimen**

Proses oksidasi pada batubara yang diikuti dengan pembakaran spontan membutuhkan waktu yang relatif panjang. Pada persiapan sampel sampel 100% kering dibutuhkan waktu pengeringan dengan proses yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya. Waktu pengeringan berkisar antara 8-10 jam dan proses oksidasinya berkisar antara 10-12 jam. Dengan demikian durasi eksperimen pada sampel 100% kering sekitar antara 18-22 jam

#### **3.2.5 Prosedur Percobaan**

Urutan prosedur percobaan yang akan digunakan untuk mengetahui pembakaran spontan pada batubara, adalah ;

1. Sampel batubara terlebih dahulu dihaluskan dengan cara ditumbuk kemudian disaring dengan saringan dengan saringan kawat berdiameter 40 mesh (0,35 mm).
2. Setelah sampel ditumbuk dan disaring kemudian ditimbang sesuai dengan berat yang diinginkan yaitu 200 gram.
3. Sampel yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaktor, setelah itu tabung reaktor diletakkan di dalam oven.
4. Tahapan selanjutnya adalah memanaskan sampel dengan temperatur inisial 40 °C pada oven yang dikontrol oleh Autonics TZ4ST. Agar temperatur sampel dan oven benar-benar stabil lama setting temperatur inisial ini berlangsung selama 4-5 jam. Saat setting inisial temperatur ini dilakukan gas Nitrogen dengan laju alir 10 mL/min dialirkan. Tujuannya untuk mencegah proses oksidasi pada batubara.
5. Apabila temperatur oven dan sampel telah stabil pada suhu 40 °C persiapan perangkat komputer dan interface lainnya dilakukan, seperti, persiapan perangkat lunak *VisiDAQ* dan setting Handy Board.
6. Setelah itu perangkat lunak dijalankan, valve gas Nitrogen ditutup dan valve gas Oksigen dibuka dengan laju alir 10 mL/min, serta switch pemanas diganti.
7. Apabila temperatur sampel telah mencapai suhu 400 °C, program *VisiDAQ* dihentikan, switch pemanas diganti dengan kontroler Autonics dan diset pada temperatur ruang, kemudian valve tabung Oksigen ditutup dan valve tabung Nitrogen dibuka.
8. Setelah oven dan sampel telah mencapai temperatur ruang, sampel kembali ditimbang.

### 3.3 METODE CROSSING POINT

#### 3.3.1 Tahap Preparasi

- Batubara dihaluskan dengan cara ditumbuk dan dihaluskan kemudian disaring hingga didapat sampel dengan diameter partikel  $\leq 250 \mu\text{m}$  (60 mesh)
- Sampel yang disiapkan sebanyak 200 gr

- Mengatur letak kedua termokopel pada wadah uji dan memasukkan sampel ke dalamnya sambil dipadatkan.

### 3.3.2 Reaksi Oksidasi

- Setelah sampel siap, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan meletakkannya di tengah oven.
- Persiapan komputer dan interface lainnya dilakukan, seperti persiapan perangkat lunak VisiDAQ, kemudian perangkat lunak VisiDAQ dijalankan.
- Mengatur temperatur inisial oven sesuai dengan kebutuhan.
- Reaksi dilakukan hingga mencapai kondisi sub-kritis atau super-kritis.
- Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali dengan masing-masing temperature inisial 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, dan 150°C.

