

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Energi Biomassa, Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan di Laboratorium Energi Biomassa, Program Studi S-1 Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Maret sampai bulan Agustus 2017.

#### **3.2 Pengujian Proksimat**

Pengujian proksimat pada penelitian ini menggunakan standar pengujian ASTM D1762-84 tahun 2007. Dari hasil pengujian proksimat ini didapatkan beberapa data karakteristik berupa :

a. Kadar air (*moisture content*)

Untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada suatu briket, sampel terlebih dahulu ditimbang seberat 2 gram, kemudian dimasukan kedalam oven dengan suhu 104°C – 110°C selama satu jam atau hingga kering tanur. Kemudian hasil perbandingan antara berat sampel awal dan berat kering tanur sampel menunjukkan kadar air dari sampel tersebut. Besarnya kadar air dapat dirumuskan pada persamaan 3.1 berikut :

$$Moisture (\%) = \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100 \dots \dots \dots (3.1)$$

dengan :

A = Massa sampel awal

B = Massa sampel setelah dikeringkan

b. Zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*)

Untuk mengetahui kadar *volatile matter*, terlebih dahulu sampel dengan berat kering tanur ditimbang, kemudian sampel yang telah ditimbang dimasukan kedalam *furnance* dengan suhu 900 °C. Kemudian perbandingan sampel berat kering tanur dengan sampel setelah dipanaskan hingga 900 °C menunjukkan jumlah zat *volatile matter* dari sampel bakar padat tersebut. Perhitungan kadar *volatile matter* dapat dirumuskan pada persamaan 3.2 berikut ini :

$$\text{Volatile matter (\%)} = \left( \frac{B-C}{B} \right) \times 100 \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan :

$$C = \text{Massa sampel terdapat pada titik } \textit{fixed carbon} \text{ (FC)}$$

c. Kadar abu (*ash*)

Untuk mengetahui kadar abu, terlebih dahulu sampel biobriket dengan berat kering tanur ditimbang, kemudian sampel yang telah ditimbang dimasukan kedalam *furnance* dengan suhu 600 °C selama 4 jam. Berat abu dari sisa pembakaran menunjukkan kadar abu pada sampel bahan bakar padat. Untuk menghitung kadar abu dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus pada persamaan 3.3 berikut ini :

$$\text{Ash (\%)} = \left( \frac{D}{B} \right) \times 100 \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan :

$$D = \text{Massa sampel pada titik } \textit{burning out}$$

d. Kadar karbon terikat (*fixed carbon*)

Untuk mengetahui kadar karbon terikat (*fixed carbon*) adalah dengan melakukan perhitungan yang dinyatakan pada persamaan 3.4 berikut ini :

$$\text{Fixed carbon (\%)} = [100 - (\textit{moisture} + \textit{volatile matter} + \textit{ash})] \dots\dots(3.4)$$

### 3.3 Energi Aktivasi (EA)

Definisi energi aktivasi adalah energi yang harus dilampaui agar reaksi kimia (pembakaran) dapat terjadi. Energi aktivasi juga dapat diartikan energi minimum yang dibutuhkan agar reaksi kimia (pembakaran) dapat terjadi.

Arrhenius (1859-1927), menyatakan bahwa hanya molekul memiliki energi yang lebih besar dari energi aktivasi yang akan bereaksi, adanya energi yang tinggi maka molekul aktif dapat diproduksi. Energi aktivasi dapat diketahui dari persamaan berikut:

$$\frac{dx}{dt} = -A e^{-\left(\frac{E}{RT}\right)} X^n \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

- X : Berat sampel yang bereaksi
- t : Waktu (menit)
- A : Pra-exponensial atau faktor frekuensi ( $\text{menit}^{-1}$ )
- E : Energi aktivasi dari dekomposisi (kJ/mol)
- R : Konstanta gas universal (kJ/mol.K)
- T : Temperatur absolut (K)
- n : Orde reaksi (-)

Perhitungan energi aktivasi pada pembakaran bahan bakar padat juga dapat menggunakan persamaan *Arrhenius* berikut:

$$k = -A e^{-\left(\frac{E}{RT}\right)} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

- K : konstanta laju reaksi
- A : faktor pra-exponensial
- Ea : energi aktivasi
- R : konstanta gas universal (kJ/mol.K)
- T : temperatur (K)

Secara matematis persamaan *Arrhenius* di atas dapat diturunkan dengan Ln sehingga menjadi persamaan berikut:

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{E}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana

$$y = m \cdot x$$

$$y = \ln k \text{ dan } x = \frac{1}{T}$$

sehingga diperoleh persamaan berikut :

$$y = \left(-\frac{E}{R}X\right) + c \dots\dots\dots(3.8)$$

Dengan memasukkan grafik antara ln k dengan 1/T dari data eksperimen akan didapat harga energi aktivasi, dimana kemiringan (*slope*) *trendline* linier yang terbentuk adalah -Ea/R dan mengkalikan dengan konstanta gas universal (R).

### 3.4 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah arang tempurung kelapa yang dibentuk menjadi briket silinder pejal menggunakan dongkrak hidrolik, dengan variasi tekanan 350 kg/cm<sup>2</sup>, 400 kg/cm<sup>2</sup>, dan 450 kg/cm<sup>2</sup>. Arang tempurung kelapa yang digunakan berasal dari pedagang arang tempurung kelapa di pasar Beringharjo Yogyakarta.



**Gambar 3.1** Arang tempurung kelapa dan briket silinder pejal

### 3.5 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 jenis peralatan, yaitu alat uji pembakaran, alat uji proksimat dan peralatan pendukung.

#### 3.5.1 Alat Uji Pembakaran

a. Tungku pembakaran

Tungku berbentuk balok yang dilapisi aluminium pada dindingnya. Pada bagian dalam terdapat keramik, *glasswool*, dan *furnance* (tabung pembakaran) berbentuk silinder. Tungku ini memiliki ukuran panjang 50 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 60 cm.



**Gambar 3.2** Tungku pembakaran

b. Tabung pembakaran (*furnace*).

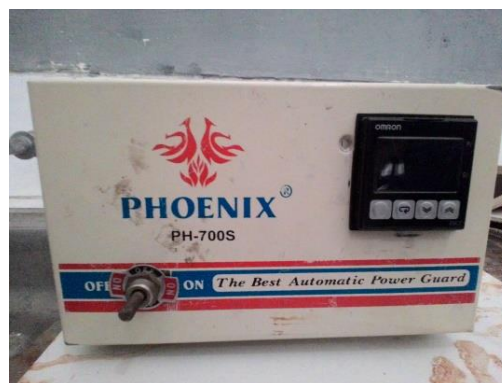
Tabung pembakaran merupakan tempat proses pembakaran briket. Tabung pembakaran berupa pipa besi dengan ukuran diameter 15 cm, tinggi 50 cm, dan tebal 0,5 cm. Pada bagian luar tabung dililiti dengan elemen pemanas yang terbuat dari nikelin dengan panjang bentangan 8 meter. Nikelin *thermocouple* terhubung dengan *thermocontroller* yang berfungsi mengatur temperatur di dalam tabung. Pada bagian bawah tabung terdapat lubang dengan diameter 30 mm untuk proses pendinginan.



**Gambar 3.3** Tabung pembakaran (*furnace*)

c. *Thermocontroller*

*Thermocontroller* merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur temperatur yang diinginkan pada *furnace*. *Thermocontroller* yang digunakan ada penelitian ini adalah OMRON tipe E5EZ yang mempunyai pembacaan temperatur sampai dengan suhu 1000°C.



**Gambar 3.4** *Thermocontroller*

d. Wadah Sampel

Wadah sampel terbuat dari kawat kasa ukuran 20 *mesh* berbentuk silinder terbuka pada bagian atasnya dengan diameter 50 mm dan tinggi 50 mm, yang akan digantung dalam tungku uji pembakaran dan terhubung timbangan digital dengan maksud untuk mengetahui laju penurunan massa pada saat proses pembakaran sampel berlangsung.



**Gambar 3.5** Wadah sampel (cawan)

e. Rangka

Rangka ini berfungsi sebagai tempat meletakkan timbangan digital, untuk mencegah kerusakan timbangan yang diakibatkan panas dari tungku pembakaran, maka rangka dibuat tinggi. Rangka yang terbuat dari kayu ini memiliki ukuran tinggi 200 cm, panjang 100 cm, dan lebar 100 cm.



**Gambar 3.6** Rangka

f. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi untuk menghitung penurunan massa sampel setiap 1 menit selama pembakaran. Timbangan yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe FS-AR 210 dengan ketelitian 0,0001 gram dan berkapasitas 210 gram.



**Gambar 3.7** Timbangan digital

g. Modul data *logger*

Modul data *logger* berfungsi untuk mengakuisisi data dari temperatur sampel dan reaktor. Modul data *logger* yang digunakan adalah tipe USB-4718 yang memiliki 8 *channel* sambungan untuk *thermocouple*.

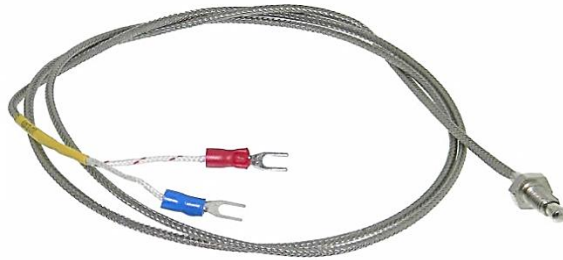


**Gambar 3.8** Modul data *logger*



h. *Thermocouple*

*Thermocouple* merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu suatu benda dan lingkungan. Pada pengujian menggunakan *thermocouple* tipe K yang memiliki kemampuan membaca suhu dari  $-200^{\circ}\text{C}$  sampai  $1200^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 3.9** *Thermocouple* tipe K

i. *Blower*

*Blower* yang digunakan adalah *blower* pompa udara yang berfungsi untuk memompa udara ke dalam tungku pada saat proses pembakaran berlangsung. Pada penelitian ini kecepatan udara yang diinginkan adalah 0,1 m/s.



**Gambar 3.10** *Blower*

j. Seperangkat komputer

Seperangkat komputer berfungsi sebagai media untuk menampilkan data saat pembakaran sampel. Data yang ditampilkan adalah data berupa angka laju penurunan massa dan temperatur yang berasal dari timbangan digital tipe FS-AR 201 dan data *logger* yang terhubung ke komputer dengan sambungan USB.



**Gambar 3.11** Seperangkat komputer

### 3.5.2 Alat Uji Proksimat

a. *Oven*

*Oven* digunakan untuk membuat sampel briket menjadi kering tanur sehingga dapat diketahui kadar airnya melalui metode pengurangan massa. *Oven* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Memmert Universal Oven* dengan tipe UN55. Temperatur yang digunakan berkisar pada rentang 100°C – 105°C.



**Gambar 3.12** *Memmert universal oven* tipe UN55

b. *Furnace*

*Furnace* digunakan untuk memanaskan sampel yang akan diuji untuk mengetahui kadar *volatile matter* dan kadar abu (*ash*) dengan metode pengurangan massa. *Furnace* yang digunakan dalam penelitian ini ialah *Muffle Furnace* FB 1410-M33 *Tanur Thermo Scientific* dengan kapasitas 6 sampel briket dan temperatur ruang bakar hingga 900°C.



**Gambar 3.13** *Muffle furnace* FB 1410-M33 *tanur thermo scientific*

c. *Cawan*

*Cawan* digunakan untuk meletakkan sampel briket yang akan diuji kadar air di dalam *oven* maupun uji *volatile matter* dan kadar abu (*ash*) di dalam *furnace*.



**Gambar 3.14** *Cawan*

### 3.5.3 Alat Pendukung

#### a. Penghancur arang

Penghancur arang berfungsi untuk menghaluskan arang agar tembus pada saringan ukuran 20 *mesh*. Penghancur arang yang digunakan berupa cobek batu dan mesin blender.



**Gambar 3.15** Cobek batu dan mesin blender

#### b. Saringan

Saringan berfungsi untuk memisahkan bagian yang tidak dibutuhkan berdasarkan ukurannya. Bahan saringan dibuat dengan kawat kasa berukuran 20 *mesh* dengan bentuk persegi empat dengan ukuran panjang 30 cm dan lebar 30 cm.



**Gambar 3.16** Saringan

c. Alat Pengepres Briket

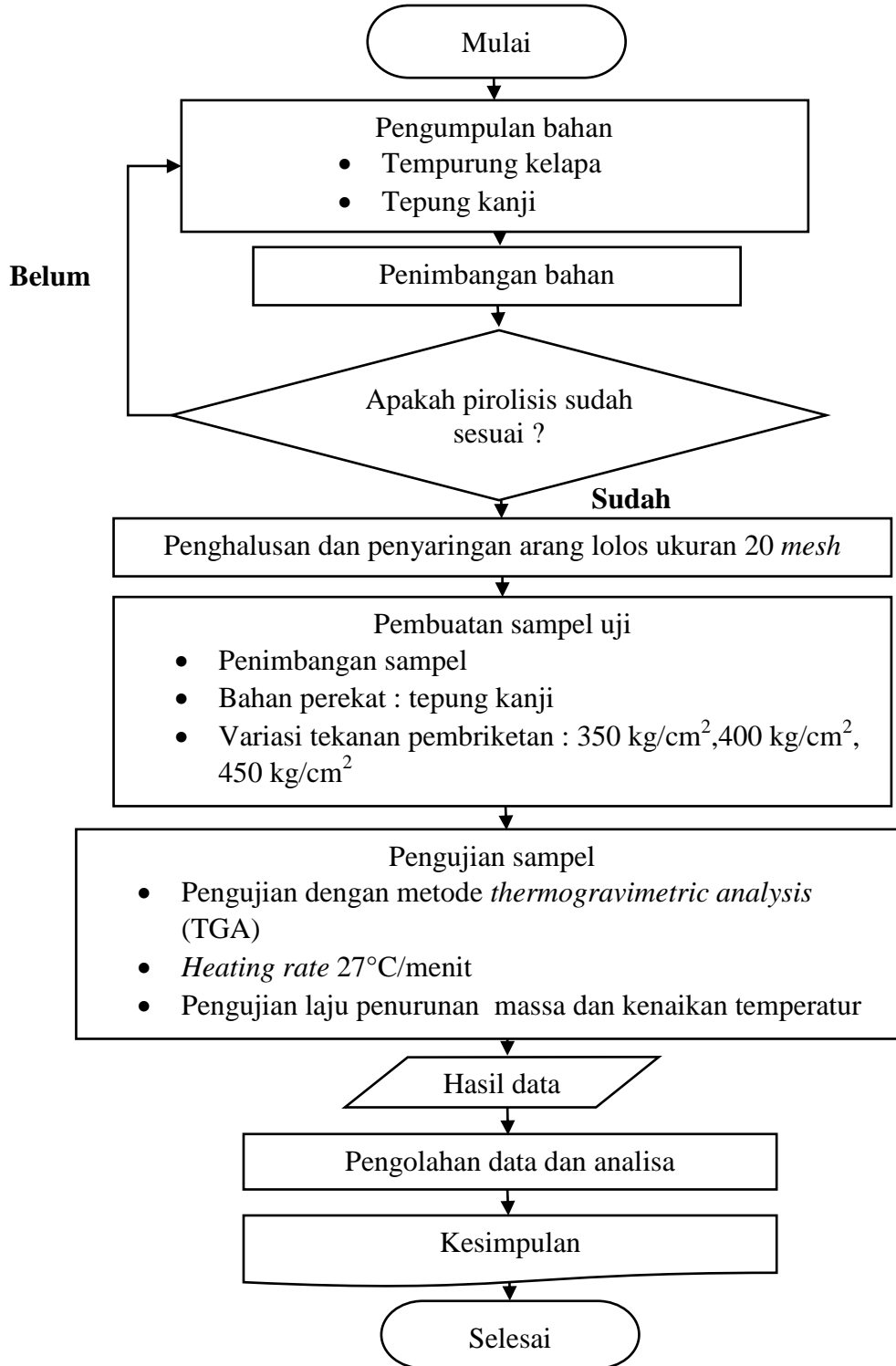
Alat pengepres briket merupakan dongkrak hidrolik yang telah dimodifikasi. Dongkrak ini dihubungkan dengan *pressure gauge* pada bagian pembuangan udara untuk mengukur tekanan pengepresan. Dongkrak hidrolik yang digunakan bertekanan maksimal 2 ton dengan diameter 22 mm.



**Gambar 3.17** Alat pengepres briket

### 3.6 Prosedur Penelitian

Tahap penelitian ini disajikan dengan *flow chart* berikut :



**Gambar 3.18** *Flow chart* penelitian

### 3.6.1 Persiapan Bahan

Arang tempurung kelapa dikeringkan dengan cara dijemur dengan bantuan sinar matahari. Penjemuran dilakukan untuk mengurangi kandungan air yang terkandung pada arang tempurung kelapa.

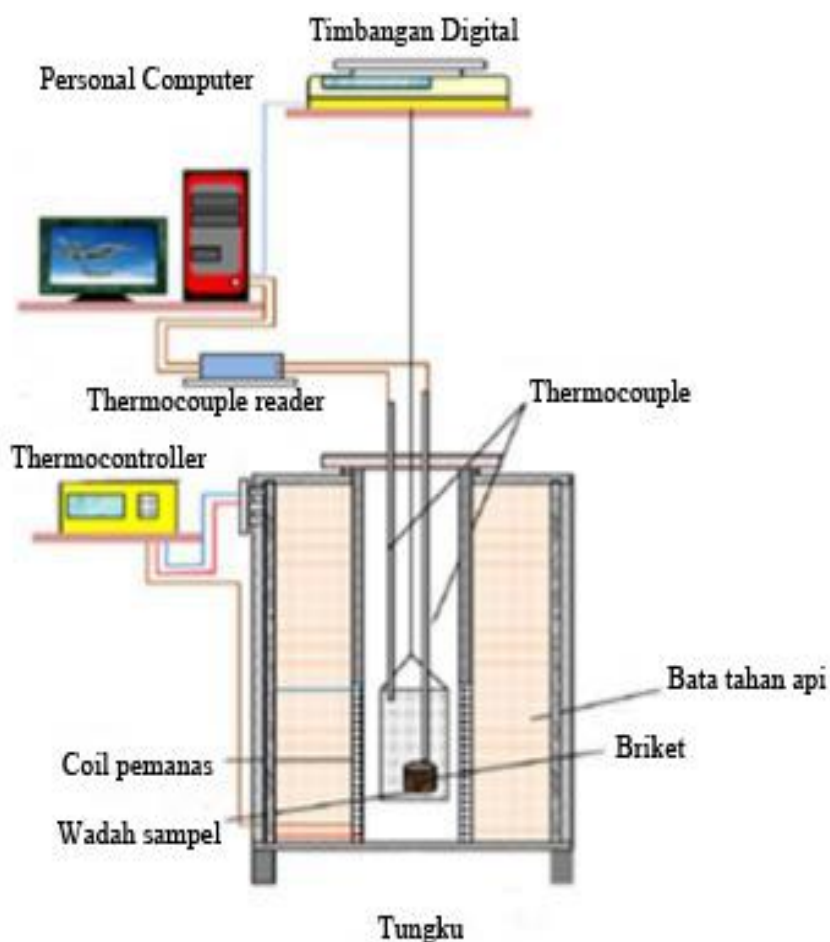
### 3.6.2 Pembriketan

Setelah arang tempurung kelapa dijemur, selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan alat penumbuk, kemudian disaring menggunakan ayakan manual berukuran 20 *mesh* agar menghasilkan ukuran arang yang seragam. Arang hasil penyaringan dicetak dengan alat pencetak briket. Alat pencetak briket adalah rangka besi yang telah dimodifikasi dan ditambah dongkrak hidrolis. Dongkrak hidrolis yang dilengkapi dengan *pressure gauge* untuk mengetahui tekanan yang diberikan pada briket. Untuk memperkuat briket maka diperlukan perekat (*binder*). Kondisi perlakuan yang diberikan pada pembriketan yaitu :

- a. Perekat terbuat dari tepung kanji dengan perbandingan 60 ml air dicampur dengan 10 gram tepung kanji, selanjutnya dipanaskan kemudian diaduk hingga berwarna kekuningan.
- b. Persentase massa bahan perekat adalah 10% dari massa total.
- c. Massa total briket adalah  $\pm 3$  gram.
- d. Pengepresan pembriketan yang dilakukan menggunakan variasi tekanan sebesar  $350 \text{ kg/cm}^2$ ,  $400 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $450 \text{ kg/cm}^2$ .

### 3.6.3 Pengambilan Data Pembakaran

Proses pengambilan data pengujian biobriket tempurung kelapa menggunakan metode *Thermogravimetriy Analysis* (TGA).



**Gambar 3.19** Skema alat pengujian

Pada proses pengujian pembakaran briket, dilakukan dengan cara menaikkan temperatur ruang bakar secara bertahap dengan besar kenaikan konstan tiap waktu (kenaikan temperatur  $27^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ ) dengan pengaturan pada *thermocontroller* sampai tersisa abu. Proses uji pembakaran briket dapat dijelaskan sebagai berikut.

Sampel briket dimasukan dalam wadah sampel (cawan) yang digantungkan pada timbangan digital. Salah satu ujung *thermocouple* diletakan



disamping sampel dan ujung *thermocouple* yang lain tepat di atas sampel. *Furnace* dipanaskan dengan menghidupkan *thermocontroller* untuk mengatur *heating rate*. Diasumsikan saat proses pengujian berlangsung temperatur seluruh permukaan sampel uji adalah sama.

Selama proses pembakaran diambil data berupa suhu permukaan briket, pengurangan massa briket diambil per satu detik dan waktu pembakaran dihitung mulai dari awal hingga akhir pembakaran. Pengukuran dilakukan hingga sampel terbakar habis dan tidak terjadi lagi pengurangan massa, yang berarti pembakaran telah selesai.

Setelah data pembakaran briket diperoleh maka dilakukan analisis data yaitu data pengurangan massa sampel dan data temperatur sampel. Pengolahan data dilakukan dengan program *Microsoft Excel*.