

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pembakaran**

Pembakaran bisa berlangsung bila ada bahan bakar dan pertemuan antara oksigen/udara yang menghantarkan panas (Alamsyah, 2009). Unsur unsur pembentuk batu bara dan biomassa berbeda begitu pula dengan nilai kalor pun berbeda dijelaskan dari analisis ultimate dan proximate. Terbukti setiap tahun rata-rata terdapat publikasi sebanyak 1100 artikel di google scholar mengenai penelitian pembakaran bersama antara batu bara dan biomassa [7].

Studi eksperimen mengenai pembakaran antara batu bara bituminous dengan kayu telah diterapkan sampai pemberian biomassa 40%. Alternatif sumber bahan bakar bagi combustor telah ditemukan dimana perubahan emisi gas buang tidak signifikan serta penggunaan campuran biomassa sampai 40% dengan batu bara [8]. Selain itu, terdapat juga penelitian menggunakan simulasi CFD ANSYS untuk pembakaran bersama antara batu bara dan biomassa [9].

Manfaat yang dirasa dari penambahan biomassa pada pembakaran batu bara yakni diperoleh volatile dalam jumlah yang banyak, mampu meningkatkan waktu penyalaan. Jumlah udara dan jumlah bahan bakar yang masuk dalam Ruangan pembakaran menjadi faktor pengaruh untuk menentukan kualitas pembakarannya. Besaran ini diwakili dengan AFR (air fuel ratio). AFR stoikiometri istilah untuk menjelaskan pembakaran sempurna dimana memerlukan sejumlah udara yang cukup, sehingga seluruh unsur bahan bakar akan berubah menjadi gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O tanpa ada bahan bakar yang tersisa [10].

Udara berlebih sering kali juga diperlukan untuk menyempurnakan pembakaran. Dengan demikian, kualitas pembakaran dan kualitas gas hasil pembakaran sangat dipengaruhi oleh AFR. Sayangnya, masih terbatas penelitian yang membahas pengaruh AFR pada kualitas pembakaran dan kualitas gas hasil pembakaran campuran biomassa dan batu bara khususnya menggunakan pemodelan termodinamika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh panas pada hasil pembakaran dan mengetahui pengaruh pembakaran. Tujuan lainnya adalah melihat pengaruh kadar air pada kualitas pembakaran dan kualitas polusi asap buang hasil pembakaran.

## **2.2 Prinsip Dasar Kompor Briket**

Kompor digunakan sebagai wadah dalam proses *combustion raw material*. Pembakaran merupakan *reaction* antara *raw material* dan bahan organik, pada proses ini perlu dipastikan jumlah bahan baku dan bahan organik (yang berasal dari aliran udara terakhir) sesuai agar proses pemasakan menjadi murni. Hal lain yang perlu dipertimbangkan ialah efisiensi panas terwujud di kompor. Lalu ada hal yang perlu dievaluasi Kembali mengenai masalah biaya, kemudahan operasi dan pemeliharaan kompor.

Kompot umumnya memiliki beberapa komponen utama, lalu terdapat manfaat pada setiap item masing-masing bagian komponen, bisa berupa tempat penyimpanan bahan baku (minyak atau limbah), aliran udara alami, dan tungku pembakaran. Komponen tambahan lainnya yakni blower abu dan arus udara (*Blower*). Rancang bangun kompor dibutuhkan *strong plate* dan tidak mudah rusak sehingga dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama. Penggunaan teknik pada kompor untuk memahami proses *combustion* dan efektifitas panas selama proses.

### 2.3 Klasifikasi Kompor

Klasifikasi kompor mengharuskan design diidentifikasi dalam hal basis pengguna saat ini, wilayah target, proses pembuatan kompor, dan persyaratan untuk pencampuran dan pengeringan bahan. Berdasarkan pertimbangan ini, kompor dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori Menurut lingga (2021):

#### A. Fungsi

Memiliki fungsi hanya satu yakni kompor mono seperti untuk pengolahan gula aren.

#### B. Bahan konstruksi

Umumnya, kompor biomassa terbuat dari satu atau lebih bahan utama, seperti logam, kayu, keramik, dan lain sebagainya. Klasifikasi berdasarkan bahan memiliki maksud dan tujuan untuk membantu memastikan bahwa rancangan yang telah dibuat sesuai dengan bahan yang tersedia, kemampuan produksi, dan fasilitas produksi yang diperlukan. Harga sebuah komponen tergantung pada bahan konstruksinya.

### C. Jenis bahan bakar

Semakin hari semakin berkurang bahan bakar yang berasal dari fosil, oleh sebab itu untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar manusia perlu mencari sumber energi alternatif lainnya yang berasal dari limbah hutan. Dalam banyak kasus, kompor dibuat untuk memastikan efisiensi dengan satu bahan tertentu. Sebagai contoh, sebuah komponen yang dirancang untuk pengolahan gula aren akan memiliki kinerja yang buruk ketika menggunakan arang. Jenis material komposit yang umum meliputi: arang, kayu bakar, limbah pertanian, kotoransapi, dan briket.

#### 2.4 Briket *Wood pellet*

Jenis bahan bakar padat berbasis limbah, ukurannya lebih kecil dari ukuran briket ialah biopellet (Windarwati, 2011). Dalam hal ini terdapat bahan tambahan berupa perekat tapioka dan sagu dalam pembuatan biopellet, harganya yang murah dan mudah diperoleh serta sering dijadikan alat perekat yang kuat. Namun pada dasarnya penggunaan perekat tidak melebihi 5% sebab semakin banyak penambahan perekat, maka akan memicu bertambahnya kadar air pada biopellet, dengan demikian akan mengurangi nilai pembakaran biopellet (Zamirza, 2009). Terdapat penelitian biopellet dengan menggunakan bahan baku biomassa limbah batang kelapa sawit serta arang kayu laban lalu ada penambahan perekat tapioka dan sagu sebesar 5% (b/b), maka akan diperoleh formulasi biopellet terbaik. Upaya penggunaan arang kayu laban diharapkan dapat merubah rendemen dan nilai kalor pembakaran biopellet yang dihasilkan. Batang kelapa sawit dipotong dengan  $\pm$  panjang 1 meter, kemudian diketam untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil,

untuk mempermudah proses penghancuran di dalam alat willey mill dengan ukuran partikel lolos 40 mesh. Bahan perekat yang digunakan ialah tepung tapioka dan tepung sagu masing- masing dengan persentase 5% dari berat bahan (Tabil, 1996 dalam Hasanuddin, 2012). Penggabungan bahan dilakukan secara manual. Pencetakan biopelet menggunakan mesin penggiling daging (Meat Mincer) skala rumah tangga, dengan ukuran pelet yang dihasilkan panjang  $\pm$  2 cm dan diameter 0,4 cm. Biopelet dikeringkan pada oven selama 24 jam dengan suhu 600C-700C. Pengujian kualitas biopelet dilakukan dengan mengacu pada SNI 8021 : 2014.

## **2.5 Kandungan Briket *WoodPellet***

### **A. Kadar air (%) *wood pellet***

Rata rata kadar air maksimal pada biopelet 100% dengan komposisi serbuk batang kelapa sawit sebesar 9,98% yang menggunakan perekat tepung tapioka. Kemudian kadar air minimal pada biopelet 25% dengan komposisi serbuk batang kelapa sawit 75% dan arang kayu laban sebesar 6,91% dengan perekat tepung sagu. Berdasarkan hasil analisis keragaman diperoleh bahwa jenis perekat, komposisi bahan, serta interaksi antara kedua faktor tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air biopelet yang dihasilkan. Nilai kadar air biopelet pada perekat tapioka dan perekat sagu cenderung berbanding terbalik dengan jumlah persentase arang kayu laban yang digunakan. Semakin tinggi persentase arang laban yang ditambahkan pada campuran bahan baku biopelet, maka kadar air biopelet yang dihasilkan semakin rendah. Hal tersebut disebabkan arang kayu laban memiliki kadar air lebih rendah dibandingkan serbuk batang kelapa sawit sehingga dengan penambahan

arang kayu laban menyebabkan kadar air biopelet yang dihasilkan semakin rendah pula. Hal ini sejalan dengan penelitian (Winata,2013) yang menyatakan semakin tinggi penambahan arang sekam padi yang ditambahkan dalam komposisi biopelet, maka kadar air yang dihasilkan semakin menurun. Kadar air biopelet batang kelapa sawit dan arang kayu laban pada penelitian tersebut telah memenuhi SNI 8021 : 2014 yang mensyaratkan maksimum 12%.

## 2.6 Proses Pembakaran

Sifat fisika dan kimia, metode penyediaan udara (udara primer dan sekunder) dan kondisi lingkungan sekitar (temperatur, angin, kelembaban bahan bakar) dalam bahan bakar membuat proses pembakaran bergantung.

### 1. Perubahan panas

Sebagian besar panas yang diperoleh melalui *combustion* diambil kembali dari udara di dalam panci.

### 2. Konduksi

Molekul-molekul ditangkupkan dalam matriks padat yang tidak mudah rusak. Ketika gradien suhu terjadi, molekul-molekul yang sesuai menjadi lebih terdispersi dan menghemat energi, kinetiknya dengan konduksi, atau interaksi diam. Pada suatu logam, panas terkonduksi juga dihasilkan dari elektron bebas yang bergerak dengan kecepatan tinggi dari daerah satu ke daerah lainnya, berikut perbandingan yang dapat dibuat mengenai perpindahan kalor konduksi:

Perpindahan kalor konduksi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$q = \frac{-K \times A \times \Delta T}{\Delta X} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

q = laju perpindahan panas (kj /s, W)

k = konduktivitas termal (W/m.oC)

A = luas permukaan(m<sup>2</sup>)

$\Delta X$  = ketebalan permukaan dimana terjadi konduksi

$\Delta T$  = Perbedaan suhu dari permukaan dingin dan panas( oC)

$\Delta X/kA$  = Tahanan termal

### 3. Konveksi

Konveksi merupakan peralihan kalor melalui suatu zat disertai perubahan partikel. Hal ini berlanjut dengan kerapatan udara panas dengan bahan. Konveksi disebabkan oleh gaya apung (daya apung) yang didapati dari perbedaan suhu. Sebaliknya, konveksi paksa disebabkan oleh udara paksa dari blower, kipas angin, atau kondisi berangin. Konveksi adalah polarisasi utama yang terjadi pada komposit. gas panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar, mencegah panci. rumus konveksi umum:

$$q = h \times A \times \Delta T \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

q = Panas yang dipindahkan dari gas panas ke permukaan panis atau dinding (W)

A = Luas permukaan dimana aliran panas terjadi (ft<sup>2</sup> ,m<sup>2</sup> )

h = Koefisien perpindahan kalor konveksi (W / m<sup>2</sup> . oC)

$\Delta T$  = Perbedaan temperatur antara gas panas dengan permukaan padat ( oC)

#### 4. Radiasi

Radiasi adalah perpendaran suatu materi tanpa adanya medium, yang berarti bahwa baik momentum maupun massa tidak dapat ditransfer secara analog, sehingga memungkinkan untuk mendefinisikan radiasi sebagai energi yang dipancarkan oleh material padat dalam bentuk radiasi elektromagnetik.

Perancangan kompor merupakan mekanisme perpindahan kalor, pembakaran serta prinsip aliran fluida untuk memperoleh pembakaran sempurna dengan level udara berlebih yang minimal, perpindahan kalor maksimal dari api ke bejana masak, dan kalor yang hilang yang minimum. Berikut beberapa sub sistem guna mengoptimalkan dan menambah perancangan kompor:

a. Ruang pembakaran

Ruang pembakaran merupakan komponen utama kompor, dimana terjadinya proses pembakaran bahan bakar. Rancangan ruang pembakaran berdasarkan daya keluaran rata-rata  $P_{av}$  kompor dalam KW, dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{av} = \Sigma \Delta M_f \times H_c \times t_T \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$\Sigma \Delta M_f$  = Jumlah total pengisian bahan bakar selama percobaan (kg)

$H_c$  = Nilai kaloritik dari bahan bakar(kj/kg)

$t_T$  = Total waktu pembakaran (s)

Tinggi dan luas penampang ruang pembakaran dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$H_{cc} = \Delta M f x \times P f \times Acc \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

$\Delta M_f$  = Masukan bahan bakar (kg)

$x$  = Densitas packing (kg/m<sup>3</sup>)

$P_f$  = Densitas bahan bakar (kg/m<sup>3</sup>)

$Acc$  = Luas penampang (mm)

Sedangkan tinggi api dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$H_{fl} = C_2 \times P^{2/5} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

$P$  = Daya keluaran (KW)

$C_2$  = Nilai konstanta (kg)

## 2.7 Dasar Pembakaran

Pembakaran merupakan *reaction* kimia yang cepat antara oksigen dan bahan mudah terbakar, disertai dengan munculnya sinar yang menghasilkan kalor. Pembakaran spontan dapat diartikan bila pembakaran mengalami oksidasi perlahan-lahan sehingga kalor yang dihasilkan tidak lepas, namun hal tersebut dipakai untuk merubah tingkat suhu nyala api. Sedangkan pembakaran sempurna dikatakan seperti itu bila proses bakar semua konstituen membentuk gas CO<sub>2</sub>, air (H<sub>2</sub>O) dan gas SO<sub>2</sub>, sehingga tidak ada lagi bahan yang tersisa.

1. Rasio udara dengan bahan bakar (*air-fuel ratio* / AFR)

*Air-fuel ratio* (AFR) ialah ratio massa bahan bakar udara yang dipakai selama mesin dioperasikan. Semua bahan baku berhubungan dengan oksigen bebas, khususnya di area pengujian, penggabungan yang sesuai secara kimiawi disebut stoikiometri campuran. Untuk memastikan kemurnian, tolak ukur yang biasanya diterapkan perbandingan massa udara dengan massa bakar. AFm merupakan simbol yang dipakai untuk perbandingan mol udara dengan mol bahan bakar, maka parameter ini harus diganti dengan persamaan berikut:

$$AF = AFm(Mud Mbb) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

AF = Perbandingan massa udara dengan bahan bakar [kg udara / kg bb].

AFm = Perbandingan mol udara dengan bahan bakar.

Parameter ini didapat dari koefisien persamaan reaksi (atau koefisien stoikiometri). Sementara Mud adalah berat molekul udara, dan Mbb adalah berat molekul bahan bakar. Nilainya akan tergantung pada bahan bakar yang digunakan.

a. Bahan bakar

Bahan bakar merupakan item yang digunakan dalam proses pembakaran.

Bahan bakar hidrogen-karbon merupakan jenis yang dipakai dalam penelitian ini. Secara umum, soapstone berasal dari bahan bakar fosil dan kadang-kadang disebut sebagai fosil soapstone. Sekitar 85% konsumsi energi dunia berasal dari bahan baku fosil namun ada pula yang berasal dari hasil penguraian tumbuhan (bahan bakar terbarukan).

a. Udara

Secara jelas *reaction* O<sub>2</sub> dalam bahan bakar, namun bahan bakar saat proses digunakan dalam tenaga pe ndorong sebenarnya adalah molekul oksigen yang ditemukan di udara. Oleh karena itu, ia bertindak sebagai penghitung O<sub>2</sub> dalam udara pembakaran yang digunakan. Secara umum, oksigen bukanlah satu -satunya komponen ada nitrogen dan oksigen juga terlibat.

1. Temperatur Nyala

Efisiensi termodinamik pemb akaran adalah  $(T_2 - T_1)/T_1$ , dimana T<sub>2</sub> adalah *high temperature* dari api dan T<sub>1</sub> merupakan suhu keluaran udara. Seacara teori Temperatur nyala digambarkan berupa TFT = (theoretical flame temper ature). Berikut rumusnya sebagai berikut:

$$TFT = \frac{\text{sensible heat in fuel and air} + \text{heat of combustion}}{\text{total quantities of combustion products} \times \text{mean spesific heat}} \dots\dots\dots(2.7)$$

2. Pembakaran Sempurna (*complete combustion*)

Reaksi pembakaran senyawa hidrokarbon yang menghasilkan gas karbondioksida(CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O).

3. Pembakaran Habis

Istilah yang dipakai untuk menggambarkan suatu kejadian dimana pada saat dilakukan pengamatan terjadi kejadian seluruh karbon dalam bahan bakar bereaksi (habis terbakar).

## 1. Kebutuhan Udara

Secara teoritis kebutuhan udara dapat menerapkan analisis pembakaran yang mana dapat dihitung dengan cara:

- a. Satuan berat
- b. Satuan volume

Data data berat partikel elemen dan berat atom dari unsur yang terkandung dalam bahan bakar sangat diperlukan dalam melakukan analisis.

### a). Analisis Pembakaran Berdasarkan Berat

Analisis yang diperlukan yakni menghitung kebutuhan teoritis pada pembakaran sempurna sejumlah bahan bakar tertentu. Sebagai contoh:



2 kg bahan bakar briket wood pellet dapat memperoleh *carbon* secara teoritis untuk mengubah semua karbon menjadi karbondioksida. Bila oksigen yang diperlukan untuk proses bakaran setiap partikel dalam bahan baku secara menyeluruh tidak dihitung dan dijumlah sebelum diproses sepenuhnya, maka kebutuhan teoritis untuk membakar seluruh bahan baku secara menyeluruh akan diketahui. Oleh sebab itu perlu secara teoritis dihitung secara jelas untuk mengetahui *cost* kebutuhan oksigen. Dengan demikian dilakukan perhitungan berdasarkan persamaan reaksi, selanjutnya dilaksanakan proses pembakaran dengan oksigen yang terkandung dalam bahan bakar.

b). Analisis Pembakaran Berdasarkan Volume

Bila analisis persentase digunakan untuk mengetahui volume bahan baku, perhitungannya dapat serupa dengan perhitungan berat dapat diterapkan untuk memperoleh volume udara. Pemahaman terhadap hukum ini diperlukan untuk menentukan persamaan, "udara udara dalam volume yang sama di temperatur dan tekanan standar (0°C dan 1 bar), mengandung jumlah partikel yang sama".

2. Efisiensi termal

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan persamaan (persamaan umum yang biasa) dalam metode yang sesuai dengan standart.

$$\eta = \frac{M\alpha \cdot C_p \cdot \Delta T + \Delta M\alpha}{\Delta M_k \cdot LHV} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi Termal

$M\alpha$  = Massa awal air (kg)

$C_p$  = Kalor jenis air (kj/kg °C)

$\Delta T$  = Selisih suhu akhir air terhadap suhu awal air (°C)

$\Delta Ma$  = Massa air yang menguap (kg)

$\Delta Mk$  = Massa Bahan Bakar yang telah dibakar / digunakan (kg)

L = Kalor penguapan air (kj/kg  $^{\circ}C$ )

LHV = Nilai Kalor netto bahan bakar (kj/kg  $^{\circ}C$ )

