

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Himawanto et al.(2010) Meneliti tentang pengaruh laju pemanasan pada proses slow pyrolysis sampah bambu dan sampah daun pisang. Hasilnya menunjukkan bahwa seiring dengan kenaikan *heating rate* pada pirolisis lambat bambu memberikan massa arang yang cenderung semakin sedikit, sedangkan pada pirolisis didapatkan bahwa *heating rate* 10 ⁰C/menit memberikan massa *char* yang paling sedikit, hal ini diduga karena adanya fenomena depolimerisasi selama proses pirolisis. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa waktu penahanan (*holding time*) memberikan efek penyempurnaan pirolisis.

2.2 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi panas. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran dimana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen di udara. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor tersebut, untuk digunakan baik secara langsung maupun tak langsung. Sebagai contoh penggunaan kalor dari proses pembakaran secara langsung adalah untuk memasak di dapur-dapur rumah tangga dan instalasi pemanas. Sedang contoh penggunaan kalor secara tidak langsung adalah kalor diubah menjadi energi mekanik, misalnya pada motor bakar dan kalor diubah menjadi energi listrik, misalnya pada pembangkit listrik tenaga diesel, tenaga gas, dan tenaga uap.

2.3 Bahan Bakar Padat

Bahan bakar padat merupakan bahan bakar berbentuk padat, dan kebanyakan menjadi sumber energi panas. Bahan bakar padat meliputi batu bara, cokes, dan biomassa. Dalam pemilihan bahan bakar padat, maka harus mempertimbangkan sifat fisik dan sifat kimianya. Yang meliputi sifat fisik adalah nilai kalor, kadar air, bahan yang mudah menguap, dan abu. Sedangkan yang termasuk sifat kimia adalah

kandungan berbagai bahan kimia seperti karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan sulfur (S).

Untuk menganalisa bahan bakar padat, dapat digunakan beberapa pendekatan, yaitu dengan analisa *ultimate* dan analisa *proximate*. Analisa *ultimate* menganalisa seluruh elemen komponen kimia dari bahan bakar padat yang terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan sulfur (S). Sedangkan analisa *proximate* menganalisa *fixed carbon*, bahan yang mudah menguap (*volatile matter*), kadar air (*moisture*), dan persen abu (<http://www.energiefficiencyasia.com/pembakaran>). Ada beberapa jenis pengujian untuk mengetahui kualitas dari bahan bakar padat, yaitu :

1. Analisa *Proximate*

Pada analisa *proximate* ini, parameter yang dianalisa adalah :

a. Kadar Air (*Moisture*)

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen. (Syarif dan Halid, 1993). Kadar air dapat menurunkan kandungan panas per kg bahan bakar padat. Kandungannya berkisar antara 0,5% hingga 10%. Penentuan kadar air dilakukan dengan menempatkan sampel bahan baku bahan bakar padat yang dihaluskan sampai ukuran 200 mikron dalam krus terbuka. Kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 108-110 °C selama satu jam dan diberi penutup. Sampel kemudian didinginkan hingga suhu kamar dan ditimbang lagi. Kehilangan berat dikalikan 100%. Hasilnya merupakan kadar airnya (M), pengaruh kadar air terhadap proses pembakaran adalah :

- Meningkatkan kehilangan panas, karena penguapan dan pemanasan yang berlebih dari uap.
- Membantu pengikatan partikel halus pada tingkatan tertentu.
- Membantu radiasi transfer panas.

b. Bahan yang Mudah Menguap (*Volatile Matter*)

Kandungan *Volatile matter* (VM) mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api. *Volatile matter* dalam bahan bakar padat adalah gas hidrokarbon (C_xH_y), karbon monoksida (CO), dan gas-gas yang tidak mudah terbakar seperti karbon dioksida (CO₂) dan nitrogen (N). *Volatile matter* merupakan

indeks dari kandungan bahan bakar dalam bentuk gas pada bahan bakar padat. Kandungan *volatile matter* berkisar antara 20% hingga 35%.

Penentuan *volatile matter* dapat ditentukan dengan cara sampel bahan baku yang masih baru ditimbang, ditempatkan pada krus tertutup, kemudian dipanaskan dalam tungku pada suhu 900 - 915 °C selama 7 menit. Hasilnya merupakan persentase *volatile matter* (VM).

c. Kadar Abu (*Ash*)

Abu merupakan bahan yang tidak dapat terbakar. Kandungan abu akan terbawa bersama gas pembakaran melalui ruang bakar dan daerah konversi dalam bentuk abu terbang (*fly ash*) yang jumlahnya mencapai 80% dan abu dasar sebanyak 20%. Penentuan kadar abu dilakukan setelah dilakukan uji *volatile matter*. Setelah itu memanaskan bahan bakar padat dengan pembakaran Bensen hingga seluruh karbon terbakar pada suhu 700-750 °C. Kemudian abunya ditimbang (A). Pengaruh abu terhadap proses pembakaran adalah :

- Mengurangi kapasitas pembakaran
- Menyebabkan penggumpalan dan penyumbatan

d. *Fixed Carbon*

Fixed carbon merupakan bahan bakar padat yang tertinggal dalam tungku setelah bahan yang mudah menguap didestilasi. Kandungan utamanya adalah karbon, tetapi juga mengandung hidrogen (H), oksigen (O), sulfur (S), dan nitrogen (N) yang tidak terbawa oleh asap. *Fixed carbon* memberikan perkiraan kasar terhadap nilai kalor bahan bakar padat. Besarnya *fixed carbon* (FC) dapat ditentukan dengan cara pengurangan angka 100 dengan jumlah kadar air (M), kadar abu (A), dan jumlah zat terbang (VM).

2. Analisa *Ultimate*

Analisa *Ultimate* menentukan berbagai macam kandungan kimia unsur-unsur seperti karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan sulfur (S). Analisa ini berguna dalam penentuan jumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran, volume serta komposisi gas pembakaran. Informasi ini diperlukan untuk perhitungan suhu nyala dan perancangan saluran gas buang.

Dari kedua analisa di atas dapat dibuat suatu hubungan antara analisa *ultimate* dan analisa *proximate* yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Hubungan antara analisa *ultimate* dan analisa *proximate*

| | | |
|------------------|---|----------------------------------------------------------|
| % C | = | $0,97 + 0,7 (VM + 0,1 A) - M (0,6 - 0,01 M)$ |
| % H | = | $0,03 FC + 0,086 (VM - 0,1 A) - 0,0035 M^2 (1 - 0,02 M)$ |
| % N ₂ | = | $2,10 - 0,020 VM$ |

Sumber : <http://www.energiefficiencyasia.com/pembakaran>

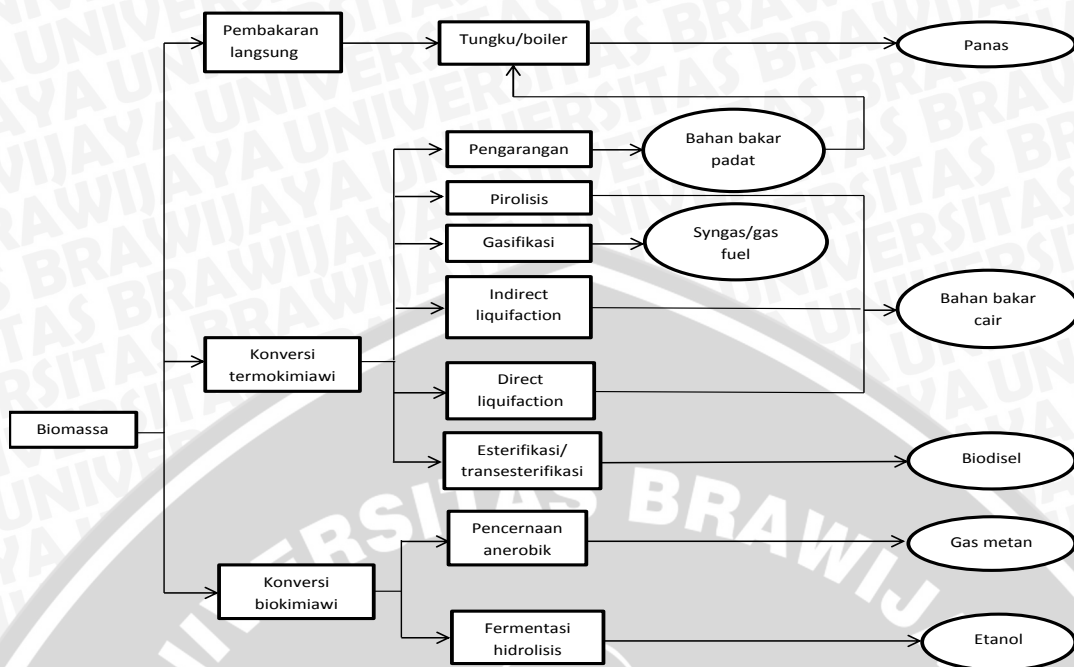
dengan :

- FC = % *fixed carbon*
 M = % kadar air (*moisture*)
 VM = % *volatile matter*
 A = % abu (*ash*)

2.4. Biomassa

Biomassa merupakan bahan-bahan organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang meliputi, dedaunan, rerumputan, ranting, gulma, limbah pertanian, limbah peternakan, limbah kehutanan dan gambut (Borman, 1998).

Biomassa adalah bahan organik yang terbuat dari tumbuhan dan hewan. Biomassa mengandung energi tersimpan yang berasal dari matahari. Tanaman menyerap energi matahari dalam proses yang disebut fotosintesis. Energi kimia dalam tumbuhan akan diteruskan ke hewan dan orang-orang yang memakannya. Biomassa adalah sumber energi terbarukan karena kita selalu dapat menanam lebih banyak pohon dan tanaman, dan sampah akan selalu ada. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. biomassa dapat digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Secara umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Agar biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversinya. Terdapat beberapa teknologi untuk konversi biomassa, dijelaskan pada Gambar 2.4 Teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan.



Gambar 2.1 : Teknologi Konversi Biomassa

Sumber : <http://www.agussuwasono.com/artikel/iptek/523-mengenal-energi-biomassa.html>

Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pembakaran langsung, konversi termokimiawi dan konversi biokimiawi. Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa telah dapat langsung dibakar. Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan. Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar. Sedangkan konversi biokimiawi merupakan teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba dalam menghasilkan bahan bakar.

2.5 Kotoran sapi

Limbah padat peternakan sapi merupakan bahan organik yang dapat diproses menjadi karbon. Karbon tersebut sangat potensial sebagai bahan baku briket bioarang (Wagini, 2000). Pengelolaan limbah kotoran sapi maupun dari rumah potong hewan perlu diperhatikan apalagi dalam usaha skala besar. Pada masa mendatang bisa saja terjadi, bila suatu peternakan sapi memelihara sapi sampai 50.000 ekor sapi, sehingga menimbulkan masalah dalam penanganan limbahnya. Sebagai contoh seekor sapi muda

menghasilkan 30 kg kotoran/*faeces* setiap hari (Simamora, dkk. 2006). Berikut ini adalah tabel 2.2 mengenai susunan kimia *faeces* sapi.

Tabel 2.2 Kandungan feses sapi

| Feses | Hemiselulosa | Selulosa | Lignin | Nitrogen | Fosfat | Kalium | C/N |
|-------|--------------|----------|--------|----------|--------|--------|-----|
| Sapi | 18,6% | 25% | 20,2% | 1,67% | 1,11% | 0,56% | 18% |

Sumber : Sitohang & Benikditus, 2010.

Dari tabel tersebut dapat diketahui kandungan dari biomassa kotoran sapi. Komponen hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang nantinya berperan penting dalam pembentukan produk pirolisis yang berupa gas, tar, dan char. Ketiga komponen tersebut akan terdekomposisi dengan temperatur yang berbeda dan menghasilkan produk gas, tar, dan char dengan persentase yang berbeda pula.

2.6 Proses Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata Pyro (Fire/Api) dan Lyo (Loosening/Pelepasan) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Jadi pirolisis adalah proses konversi dari suatu bahan organik pada suhu tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil. Pirolisis menguraikan bahan organik secara kimia melalui pemanasan dengan mengalirkan nitrogen sebagai gas inert. Proses ini menghasilkan uap organik, gas pirolisis dan arang. Uap organik yang dihasilkan mengandung karbon monoksida, metana, karbon dioksida, tar yang mudah menguap dan air. Uap organik kemudian dikondensasikan menjadi cairan. Cairan hasil pirolisis dikenal sebagai bio-oil (Awaluddin, 2007).

Proses pirolisis dikategorikan menjadi 3 tipe yaitu :

a. Pirolisis Lambat (Slow Pyrolysis)

Pirolisis yang dilakukan pada pemanasan rata-rata lambat ($0,01-2\text{ }^{\circ}\text{C/dtk}$). Pirolisis ini menghasilkan cairan yang sedikit sedangkan gas dan arang lebih banyak dihasilkan.

b. Pirolisis Cepat (Fast Pyrolysis)

Pirolisis ini dilakukan pada lama pemanasan 0,5-2 detik, suhu 400-600°C dan proses pemadaman yang cepat pada akhir proses. Pemadaman yang cepat sangat penting untuk memperoleh produk dengan berat molekul tinggi sebelum akhirnya terkonversi menjadi senyawa gas yang memiliki berat molekul rendah. Dengan cara ini dapat dihasilkan produk minyak pirolisis yang hingga 75 % lebih tinggi dibandingkan dengan pirolisis konvensional.

c. Pirolisis Kilat (Flash Pyrolysis)

Proses pirolisis ini berlangsung hanya beberapa detik saja dengan pemanasan yang sangat tinggi. Flash pyrolysis pada biomassa membutuhkan pemanasan yang cepat dan ukuran partikel yang kecil sekitar 105 - 250 μm .

2.7 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran untuk setiap satuan kuantitas bahan bakar. Penentuan nilai kalori bahan bakar dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut dengan “Bomb Kalorimeter”. Panas pembakaran dari suatu bahan bakar adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna bahan bakar pada volume konstan dalam kalorimeter dan dinyatakan dalam kal/kg. Panas pembakaran dari bahan bakar bias dinyatakan dalam *High Heating Value (HHV)* dan *Low Heating Value (LHV)*. *High Heating Value (HHV)* merupakan panas pembakaran dari bahan bakar yang di dalamnya masih termasuk panas laten dari uap air hasil pembakaran. *Low Heating Value (LHV)* merupakan panas pembakaran dari bahan bakar setelah dikurangi panas laten dari uap hasil pembakaran.

Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa perbedaan antara HHV dan LHV merupakan panas laten dari sejumlah uap air dalam gas hasil pembakaran bahan bakar apabila pembakarannya memakai udara kering dan dapat dirumuskan sebagai berikut (Cengel, Y. A. 2002) :

$$\text{HHV} = \text{LHV} + (m h_{fg}) \text{H}_2\text{O} \dots\dots \text{(Cengel; 2002: 714)}$$

Dimana m adalah massa dari produk H_2O per satuan massa bahan bakar dan h_{fg} adalah entalpi penguapan dari air pada temperatur tertentu (Cengel, Y. A. 2002).

2.8 Hipotesis

Dengan semakin cepat laju pemanasan pada proses pirolisis terhadap nilai kalor arang kotoran sapi menyebabkan nilai kalornya berkurang, karena massa arang semakin sedikit dan gas yang dikeluarkan semakin banyak.

