

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Biomassa diartikan sebagai material tanaman, tumbuh-tumbuhan, atau sisa hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar atau sumber bahan bakar. Secara umum sumber-sumber biomassa antara lain, tongkol, jerami, tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit dan lain sebagainya. Material kayu seperti kayu atau kulit kayu, dan sebagainya; sampah kota misalkan sampah kertas tanaman sumber energi seperti minyak kedelai, alfalfa, poplars dan lain sebagainya (Silalahi, 2000).

Biomassa adalah campuran material organik yang kompleks, biasanya terdiri dari karbohidrat, lemak, protein dan beberapa mineral lain yang jumlahnya sedikit seperti sodium, fosfor, kalsium dan besi. Komponen utama tanaman biomassa adalah karbohidrat (berat kering kira-kira 75%), lignin (sampai dengan 25%) di mana dalam beberapa tanaman komposisinya bisa berbeda-beda. Keuntungan penggunaan biomassa untuk sumber bahan bakar adalah keberlanjutannya, diperkirakan 140 juta ton matrik biomassa digunakan pertahunnya. Keterbasan dari biomassa adalah banyaknya kendala dalam penggunaan untuk bahan bakar kendaraan bermobil (Silalahi, 2000).

Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil, karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu, dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable resources*), relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Widarto dan Suryanta, 1995).

2.1.1 Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Saat ini pemanfaatan cangkang sawit di berbagai industri pengolahan minyak CPO belum begitu maksimal, yaitu hanya sebagai bahan

bakar boiler pada pabrik. Cangkang sawit ini memiliki kandungan senyawa yang dapat dibuat menjadi bioarang dengan kualitas yang baik. Dalam hasil penelitian, besar kalori cangkang kelapa sawit mencapai 20000 Kj/Kg (Ma et.al,2004). Adapun karakteristik dari cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit

Parameter	Hasil (%)
Kadar air (<i>moisture in analysis</i>)	7,8
Kadar abu (<i>ash analysis</i>)	2,2
Kadar material yang menguap (<i>volatile matter</i>)	69,5
Karbon aktif murni (<i>fixed carbon</i>)	20,5

Sumber: <http://www.kamase.org/?p=2163>

Untuk mengetahui daya panas suatu bahan bakar adalah dengan mengetahui besar kalori yang dikandungnya. Tabel 2 menunjukkan nilai kalori dari masing-masing bagian dari kelapa sawit.

Tabel 2. Nilai Kalori Dari Komponen Kelapa Sawit (Berat Kering)

Komponen Kelapa Sawit	Nilai Kalor (kJ/kg)
TKKS	18.975
Serat	19.055
Cangkang	20.093
Batang	17.471
Pelepah	15.719

Sumber: <http://www.kamase.org/?p=2163>

2.2 Pirolisis

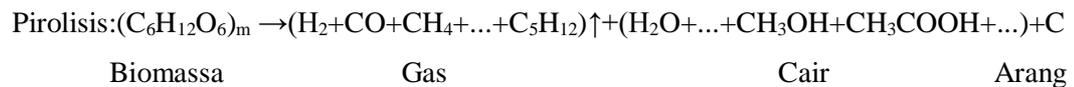
Secara harfiah pirolisis merupakan proses pembakaran tanpa melibatkan oksigen. Produk yang dihasilkan oleh proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor seperti temperatur, tekanan, waktu, dan heat losses. Pada zona ini biomassa mulai bereaksi dan membentuk tar dan senyawa gas yang *flammable*. Komposisi produk yang tersusun merupakan fungsi laju pemanasan selama pirolisis berlangsung. Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 300 °C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, seperti lignin pada biomassa dan *volatile matters* pada batubara, pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya. Produk cair yang menguap mengandung tar dan PAH (*polyaromatic hydrocarbon*). Produk pirolisis biasanya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas ringan (H₂, CO, CO₂, H₂O, dan

CH₄), tar dan arang. Secara umum reaksi yang terjadi pada pirolisis beserta produknya adalah:

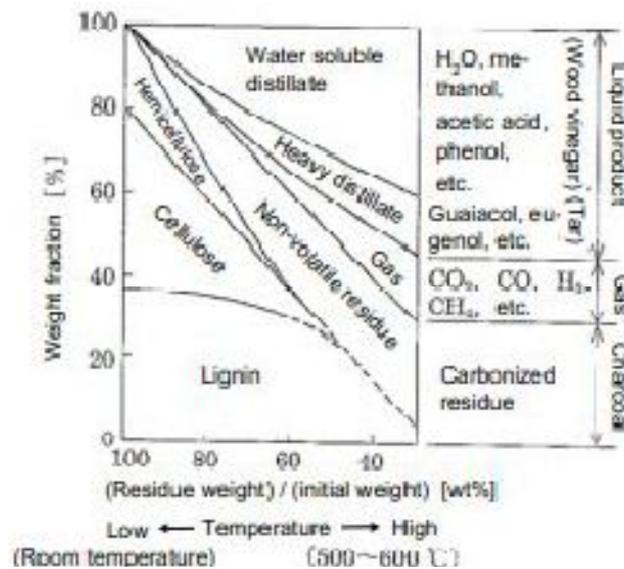


Biomassa terutama terdiri atas karbon, hidrogen dan oksigen. Fotosintesis dan pirolisis dapat digambarkan secara sederhana seperti persamaan berikut

Heat (500 ~ 600 °C)



Komponen kimia utama dari biomassa adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Gambar 1 menunjukkan komposisi yang berubah selama pirolisis. Seluk hemiselulosa dan lignin terdekomposisi seiring dengan kenaikan suhu. Residu padat adalah arang dengan hasil antara 10 sampai 25%.



Gambar 1. Perubahan Komposisi Selama Pirolisis

Sumber: The Japan Institute of Energy, 2008

Selama pirolisis, kelembaban menguap pertama kali (100°C), kemudian hemiselulosa terdekomposisi (200-260°C), diikuti oleh selulosa (240-340°C) dan lignin (280-500°C). Ketika suhu mencapai 500°C, reaksi pirolisis hampir selesai. Semakin tinggi laju pemanasan semakin mempercepat pembentukan produk yang mudah menguap, meningkatkan tekanan, waktu tinggal yang pendek dari produk

yang mudah menguap di dalam reaktor, dan hasil produk cair yang lebih tinggi; dinamakan pirolisis cepat atau pirolisis kilat.

Tabel 3. Jenis Proses Pirolisis

Proses	Produk (%)		
	<i>Liquid</i>	<i>Char</i>	<i>Gas</i>
Pirolisis Cepat Temperatur 400-600°C Waktu tinggal uap panas pendek	75	12	13
Pirolisis Menengah Temperatur 500°C Waktu tinggal uap panas sedang	50	25	25
Pirolisis Lambat Temperatur 350-400°C Waktu tinggal yang lebih lama	30	35	35

Sumber: Winanti dkk, 2011

Cairan, gas dan arang merupakan produk hasil proses pirolisis. Cairan memiliki kelembaban tinggi yang berasal dari kelembaban asli (80-40%) dan air yang dihasilkan (14-17%), dan itu merupakan campuran air dan bahan organik polar. Nilai pemanasannya yang lebih tinggi adalah sekitar 12,5-21 MJ/kg. Gas pirolisis memiliki banyak CO₂, dan CO, H₂, C1-5 hidrokarbon sebagai gas yang mudah terbakar. Arang memiliki nilai pemanasan yang paling tinggi, yaitu 32 MJ/kg, dan cocok sebagai bahan baku untuk karbon aktif. Namun, semua arang biasanya digunakan sebagai sumber panas untuk sistem pirolisis.

2.3 Asap Cair

Asap cair merupakan suatu hasil destilasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain, bahan baku yang banyak digunakan adalah kayu, bongkol kelapa sawit, ampas hasil penggergajian kayu, dll (Amritama, 2007). Sedangkan menurut Darmadji (1996), asap cair merupakan hasil kondensasi dari pirolisis kayu yang mengandung sejumlah besar senyawa yang terbentuk akibat proses pirolisis konstituen kayu seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Hasil pirolisis dari senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin diantaranya akan menghasilkan asam organik, fenol, karbonil yang merupakan senyawa yang berperan dalam pengawetan bahan makanan.

Senyawa-senyawa tersebut berbeda proporsinya diantaranya tergantung pada jenis, kadar air kayu, dan suhu pirolisis yang digunakan. Asap cair mempunyai berbagai sifat fungsional yaitu yang utama untuk memberi flavor dan warna yang diinginkan pada produk asapan yang diperankan oleh senyawa fenol dan karbonil. Fungsi lainnya adalah untuk pengawetan karena kandungan senyawa fenol dan asam yang berperan sebagai antioksidan dan antimikrobia. Oleh sebab itu, asap cair banyak digunakan sebagai zat antimikrobia dan antioksidan dalam bidang kehutanan, perkebunan, pangan, maupun bidang lainnya (Pszczola,1995).

Selama pembakaran, komponen utama dari kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin akan mengalami pirolisis menghasilkan bermacam-macam senyawa, yaitu fenol, karbonil, asam, furan, alkohol, lakton, hidrokarbon polisiklis aromatis dan lain sebagainya (Hestirianto,2008). Asap cair yang diperoleh dari pirolisis termasuk grade 3 atau asap cair destilasi. Warnanya coklat pekat, kandungan tar (51,82%) masih tinggi. Grade 3 ini sangat cocok untuk penggumpalan karet, pengawetan kayu dll. Jika digunakan untuk pengawet pada makanan, maka grade 3 harus ditingkatkan ke grade 2. Penggunaan lain grade 3 ini antara lain: pada perkebunan karet, dapat digunakan sebagai koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair/sebagai pengganti asam formiat, anti jamur, antibakteri. Industri kayu, pertahanan terhadap rayap, aplikasi pada penggumpalan lateks/karet mentah, aplikasi pada penyamakan kulit.

2.4 Kondensor

Kondensor adalah suatu alat untuk mengkondensasi suatu uap. Kondensor sebagai alat penukar kalor berguna untuk membuang kalor dan mengubah wujud uap menjadi cair. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas kondensor adalah:

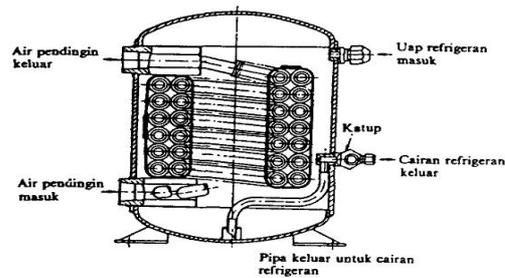
- a. Luas muka perpindahan panasnya meliputi diameter pipa kondensor, panjang pipa kondensor dan karakteristik pipa kondensor
- b. Aliran media pendinginnya secara konveksi natural atau aliran paksa
- c. Perbedaan suhu antara uap dengan udara luar
- d. Sifat dan karakteristik uap di dalam sistem

Kondensor ditempatkan di luar ruangan yang sedang didinginkan, agar dapat melepas keluar kepada zat yang mendinginkannya. Tekanan uap yang meninggalkan kondensor harus cukup tinggi untuk mengatasi gesekan pada pipa dan tahanan dari alat ekspansi, sebaliknya jika tekanan di dalam kondensor sangat rendah dapat menyebabkan uap tidak mampu mengalir melalui alat ekspansi.

Tipe-tipe kondensor adalah :

a. *Partially Condenser*

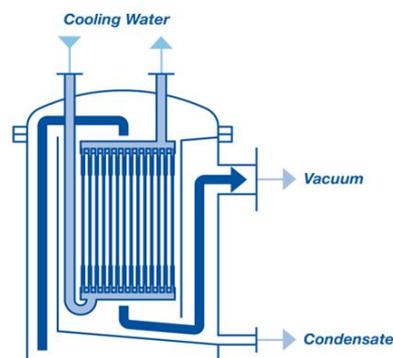
Kondensor ini berfungsi hanya mengembunkan sebagian dari total uap yang dihasilkan (kondensat) dipakai sebagai refluks. *Condenser* ini biasanya dipasang dekat puncak kolom fraksinasi.



Gambar 2. *Partially Condenser*

b. *Overhead Condenser*

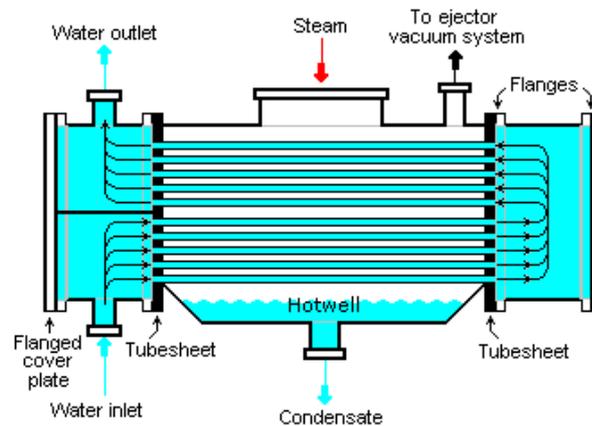
Kondensor ini memerankan tiga hal pada saat yang bersamaan yakni mendinginkan uap, mengembunkan uap menjadi cairan, kemudian mendinginkan cairan tersebut.



Gambar 3. *Overhead Condenser*

c. *Surface Condenser*

Kondensor ini berfungsi untuk mengkondensasi *steam*, kondensasi ini dijalankan dengan tekanan vakum dari 1 sampai 1,5 inHg absolute. Untuk membuat tekanan vakum digunakan *injector*.



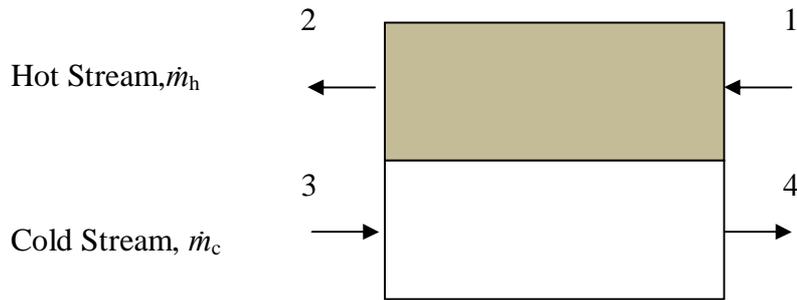
Gambar 4. *Surface Condenser*

2.5 Exergi

Exergi sebagai potensi kerja maksimum dalam bentuk materi atau energi ketika berinteraksi dengan lingkungannya. Potensi kerja ini diperoleh melalui proses reversible. Exergi dapat ditransfer diantara sistem dan dapat dihancurkan oleh proses *irreversible* didalam sistem. Exergi adalah kerja maksimum teoritis yang mampu diperoleh saat sistem tersebut berinteraksi dalam mencapai kesetimbangan.

Penukar kalor komponen utama dalam sistem dan merupakan komponen yang signifikan dalam kehilangan exergi. Alat penukar kalor tidak efisien dalam nilai exergi karena didesain untuk temperatur minimum atau didesain pada perbedaan temperatur yang maksimal (Kotas TJ,1995).

Berikut ini merupakan rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung exergi pada penukar panas:



Gambar 5. Kondensor

Sumber : (E Jhon dkk, 1995)

Persamaan exergi sistem terbuka

$$0 = \sum \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{CV} + (\dot{m}_h e_{f1} + \dot{m}_c e_{f3}) - (\dot{m}_h e_{f2} + \dot{m}_c e_{f4}) - (\dot{E}_d)$$

Untuk sistem terbuka maka

$$\text{Harga :} \quad \sum \left(1 - \frac{T_0}{T_1}\right) \dot{Q}_1 = 0$$

$$\dot{W}_{CV} = 0$$

$$\dot{m}_h (e_{f1} - e_{f2}) = \dot{m}_c (e_{f4} - e_{f3}) + \dot{E}_d$$

$$\dot{E}_d = \dot{m}_h (e_{f1} - e_{f2}) - \dot{m}_c (e_{f4} - e_{f3})$$

$$e_{f1} - e_{f2} = (h_1 - h_2) - T_0 (s_1 - s_2)$$

$$e_{f4} - e_{f3} = (h_4 - h_3) - T_0 (s_4 - s_3)$$

Dimana :

 \dot{m}_h = laju alir massa steam \dot{m}_c = laju alir massa fluida dingin $e_{f1} - e_{f2}$ = laju perpindahan exergi dari keadaan 1 ke keadaan 2 $e_{f4} - e_{f3}$ = laju perpindahan exergi dari keadaan 3 ke keadaan 4 \dot{E}_d = kehancuran exergi

h = entalphi

S = entropi

 T_0 = Temperatur *reference*

Energi bersifat kekal, dalam setiap peralatan maupun proses, energi tidak dapat dimusnahkan. Energi terdapat dalam bahan bakar minyak, listrik, aliran materi dan sebagainya yang dapat diperhitungkan dalam bentuk produk dan produk sampingan. Berbeda dengan exergi, exergi tidak bersifat kekal. Exergi dapat dimusnahkan melalui sistem *irreversible* tapi dapat juga dipindahkan ke atau dari dalam suatu sistem.