

## **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, adapun Sumber – sumber biomassa adalah sebagai berikut:

1. Sisa- sisa hasil pertanian, seperti ampas tebu, batang, dan serat jagung.
2. Sisa – sisa hutan, misalnya serbuk gergaji industri pengolahan kayu.
3. Sampah perkotaan, misalnya kertas – kertas bekas dan dedaunan kering.
4. Lumpur sisa bubur kayu (*Pulp*)
5. Sumber – sumber masa depan, seperti tanaman energi yang khusus ditanam.
6. Jenis tanaman lain yang tidak mengandung pati maupun gula yang dipakai untuk memproduksi bioetanol.

Biomassa merupakan produk fotosintesis, yakni butir – butir hijau daun yang bekerja sebagai sel surya, menyerap energi matahari yang mengkonversi karbon dioksida dengan air menjadi suatu senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen (Imantux, 2011). Senyawa ini dapat dipandang sebagai suatu penyerapan energi yang dapat dikonversi menjadi suatu produk lain. Hasil konversi dari senyawa itu dapat berbentuk arang atau karbon, alkohol kayu, ter dan lain sebagainya.

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, relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian.

#### **2.2 Cangkang Kelapa Sawit (Bahan Baku)**

Industri pengolahan kelapa sawit saat ini memiliki prospek yang cerah untuk masa depan seiring dengan tantangan industri masa depan yaitu penggunaan bahan baku industri yang ramah lingkungan serta ketersediaan bahan baku dapat diperbaharui (*renewable*). Kelapa sawit mengandung kurang lebih 80 % pericarp

dan 20 % yang dilapisi dengan cangkang sawit. Cangkang kelapa sawit merupakan limbah padat dari pabrik pembuatan minyak sawit yang selama ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan asap cair. Sisa pembuatan pada proses asap cair, berupa cangkang merupakan limbah yang telah berbentuk arang (karbon) (Nuyah, 2012). Cangkang sawit baik digunakan sebagai bahan bakar atau arang karena termasuk bahan berlignoselulosa, berkadar karbon tinggi. Kemudian, mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari pada kayu yang mencapai 1,4 g/ml. Karakteristik ini memungkinkan bahan tersebut baik untuk dijadikan arang yang mempunyai energi panas tinggi sebesar 20.093 kJ/Kg. Bahan-bahan tersebut mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, namun jika diabaikan dan dibiarkan berserakan akan membuat lingkungan menjadi rusak. Jika dibakar didalam incinerator akan menyebabkan pencemaran udara. Cangkang kelapa sawit ini adalah bagian terkeras pada kelapa sawit. Cangkang sawit memiliki banyak kegunaan serta manfaat bagi industri, usaha dan rumah tangga. Beberapa diantaranya adalah produk bernilai ekonomis tinggi, yaitu karbon aktif, asap cair, fenol, briket arang (Muhammad Syafi, 2012).

Ditinjau dari karakteristik bahan baku, jika dibandingkan dengan tempurung kelapa biasa, cangkang kelapa sawit memiliki banyak kemiripan. Perbedaan yang mencolok yaitu pada kadar abu yang biasanya mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan oleh cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1. Karakteristik cangkang kelapa sawit.

Tabel 1. Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit

No.	Parameter	Hasil (%)
1.	Kadar air	7,8
2.	Kadar abu	2,2
3.	Kadar yang menguap	69,5
4.	Karbon aktif murni	20,5

(Sumber ; <http://www.kamase.org/?p=2163>, 2010)

Cangkang sawit dapat diolah menjadi beberapa produk yang bernilai ekonomis tinggi, yaitu karbon aktif, fenol, asap cair, tepung tempurung dan briket

arang. Cangkang sawit memiliki banyak kegunaan serta manfaat bagi industri, usaha dan rumah tangga. Beberapa diantaranya adalah produk bernilai ekonomis tinggi, yaitu karbon aktif, asap cair, fenol, briket arang, dan tepung tempurung. Secara garis besar, cangkang sawit yang sering dibicarakan orang, memiliki kegunaan sebagai berikut:

- a. Sebagai bahan baku arang (sawit) atau charcoal.
- b. Sebagai bahan bakar untuk boiler.
- c. Bahan campuran untuk makanan ternak.
- d. Cangkang sawit dipakai sebagai pengeras jalan/pengganti aspal, khususnya di perkebunan sawit.

Besar kalori cangkang kelapa sawit mencapai 20000 KJ/Kg (Ma et.al., 2004). Saat ini pemanfaatan cangkang sawit di berbagai industri pengolahan minyak CPO masih belum dipergunakan sepenuhnya, sehingga masih meninggalkan residu, yang akhirnya cangkang ini dijual mentah ke pasaran. Untuk mengetahui daya panas suatu bahan bakar adalah dengan mengetahui besar kalori yang dikandungnya.

Tabel 2. Jenis, Potensi dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit

Jenis	Potensi per Ton TBS (%)	Manfaat
Tandan kosong	23,0	Pupuk kompos, pulp kertas, papan partikel, energy
<i>Wet Decanter Solid</i>	4,0	Pupuk kompos, makanan ternak
Cangkang	6,5	Arang, karbon aktif, papan partikel, agregat sementara
Serabut ( <i>fiber</i> )	13,0	Energi, pulp kertas, papan partikel
Limbah cair	50,0	Pupuk, air irigasi
Air kondensat		Air umpan broiler

(Sumber : Tim PT. SP 2000)

Tabel 3. Nilai Kalori dari Beberapa Produk Samping Kelapa Sawit (Berdasarkan Berat Kering)

Rata – rata <i>calorific value</i> (Kj/Kg)	Kisaran (Kj/Kg)
TKKS	18.975
Serat	19.055
Cangkang	20.093
Batang	17.471
Pelepah	15.719

(Sumber ; <http://www.kamase.org/?p=2163>, 2010)

## 2.3 LPG sebagai Bahan Bakar

### 2.3.1 Karakteristik LPG

LPG terdiri dari campuran utama propan dan Butan dengan sedikit persentase hidrokarbon tidak jenuh (propilen dan butilene) dan beberapa fraksi C yang lebih ringan dan C yang lebih berat. Senyawa yang terdapat dalam LPG adalah propan (C H ), Propilen (C H ), normal dan iso-butan (C H ) dan Butilen (C H ). LPG merupakan campuran dari hidrokarbon tersebut yang berbentuk gas pada tekanan atmosfer, namun dapat diembunkan menjadi bentuk cair pada suhu normal, dengan tekanan yang cukup besar. Walaupun digunakan sebagai gas, namun untuk kenyamanan dan kemudahannya, disimpan dan ditransport dalam bentuk cair dengan tekanan tertentu. LPG cair, jika menguap membentuk gas dengan volum sekitar 250 kali.

Uap LPG dapat mengalir didekat permukaan tanah dan turun hingga ke tingkat yang paling rendah dari lingkungan dan dapat terbakar pada jarak tertentu dari sumber kebocoran. Pada udara yang tenang, uap akan tersebar secara perlahan. Lolosnya gas cair walaupun dalam jumlah sedikit, dapat meningkatkan campuran perbandingan volum uap/udara sehingga dapat menyebabkan bahaya. Untuk membantu pendeteksian kebocoran ke atmosfer, LPG biasanya ditambah bahan yang berbau. Harus tersedia ventilasi yang memadai didekat permukaan tanah pada tempat penyimpanan LPG. Karena alasan diatas, sebaiknya tidak menyimpan silinder LPG di gudang bawah tanah atau lantai bawah tanah yang

tidak memiliki ventilasi udara. Tabel 4 Berikut merupakan komposisi dari bahan bakar LPG:

Tabel 4. Komposisi Gas LPG

Komponen	% Vol
Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	30
Butana (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	70

(Sumber : Edukasi Pertamina, 2011 )

### 2.3.2 Tekanan pada Tabung LPG

Kompur gas dalam prosesnya memerlukan tekanan gas yang stabil agar didapat kualitas panas api yang seragam. Untuk mengatur tekanan keluar atau tekanan gas yang menuju kompor, maka digunakanlah regulator kompor gas LPG atau sering disebut regulator gas LPG. Regulator gas elpiji sesuai dengan namanya berfungsi untuk mengatur tekanan. Cara Kerja Regulator Gas LPG yaitu dalam regulator gas LPG ada dua ruang yang terpisah oleh katup otomatis. Ruang pertama adalah ruang yang terhubung dengan tabung gas, ini tekanannya berkisar 6 s/d 7 bar yang dinamakan gas masuk dan ruang yang kedua adalah ruang yang terhubung dengan kompor gas sebagai keluaran dari regulator gas LPG. Tekanan LPG tergantung pada dua hal yaitu komposisi antara propana dan butana serta suhu. Makin banyak propananya semakin tinggi tekanannya dan semakin tinggi suhunya maka semakin tinggi pula tekanannya.

Pada tekanan atmosfer, LPG berbentuk gas, tetapi untuk kemudahan distribusinya, LPG diubah fasanya menjadi cair dengan memberi tekanan. Dalam bentuk cair, LPG mudah didistribusikan dalam tabung ataupun tanki. Tekanan di mana LPG berbentuk cair, dinamakan tekanan uap-nya, juga bervariasi tergantung komposisi dan temperatur; sebagai contoh, dibutuhkan tekanan sekitar 220 kPa (2.2 bar) bagi butana murni pada 20 °C (68 °F) agar mencair, dan sekitar 2.2 MPa (22 bar) bagi propana murni pada 55 °C (131 °F).

### 2.4 Pirolisis

Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat tanpa adanya oksigen sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras. Istilah

lain dari pirolisis adalah penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar. Hal tersebut mengandung pengertian bahwa apabila cangkang dipanaskan tanpa berhubungan dengan udara dan diberi suhu yang cukup tinggi, maka akan terjadi reaksi penguraian dari senyawa-senyawa kompleks yang menyusun kayu keras dan menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas (Awaluddin, 2007).

Selama proses pirolisis berlangsung, terjadi beberapa tahap pirolisis yaitu tahap awal adalah proses pelepasan air yang disertai pelepasan gas-gas ringan, seperti CO dan CO<sub>2</sub>. Tahap awal ini terjadi pada temperatur 100 sampai 200<sup>0</sup>C. Pada kisaran temperatur ini dalam wadah pendingin hanya berisi air saja. Tahap kedua adalah dekomposisi cangkang sawit hingga pada suhu 400<sup>0</sup>C. Asap yang keluar dari reaktor akan mengalir ke kolom pendingin melalui pipa penyalur asap yang mana pada pipa ini terdapat selang yang dihubungkan botol penampung untuk menampung tar, kemudian ke dalam kolom pendingin ini dialirkan air dengan suhu kamar menggunakan aerator sehingga asap akan terkondensasi dan mencair. Embunan berupa asap cair yang masih bercampur dengan tar ditampung ke dalam wadah, selanjutnya disimpan di dalam botol, sedangkan asap yang tidak terembunkan akan terbuang melalui selang penyalur asap sisa. Selanjutnya asap cair + tar yang terdapat di dalam botol dilakukan pengendapan untuk memisahkan tar dan asap cair (Awaluddin, 2007).

Tabel.5 Jenis Pirolisis

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

(Sumber: Anonim, 2010)

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pirolisis

a. Suhu Pirolisis

Suhu pirolisis berpengaruh terhadap hasil pirolisis, karena dengan bertambahnya suhu maka proses peruraian semakin sempurna.

b. Waktu Pirolisis

Waktu pirolisis berpengaruh terhadap kesempatan untuk bereaksi. Waktu pirolisis yang panjang akan meningkatkan hasil cair dan gas, sedangkan hasil padatnya akan menurun. Waktu yang dibutuhkan tergantung pada jumlah dan jenis bahan yang diproses.

c. Kadar Air Bahan

Kadar air bahan yang tinggi akan menyebabkan timbulnya uap air dalam proses pirolisis yang mengakibatkan tar tidak bisa mengembun di dalam pendingin sehingga waktu yang digunakan untuk pemanasan semakin banyak.

d. Ukuran Bahan

Ukuran bahan tergantung dari tujuan pemakaian, hasil arang dan ukuran alat yang digunakan.

## 2.5 Proses Pembakaran dan Perpindahan Panas

### 2.5.1 Proses Pembakaran

Pengertian pembakaran secara umum yaitu terjadinya oksidasi cepat dari bahan bakar disertai dengan produksi panas, dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah terbakar adalah karbon, hidrogen dan sulfur. Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “ Tiga T” yaitu:

a. Temperatur

Temperatur yang digunakan untuk pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia.

b. Turbulensi

Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi.

c. *Time*

Waktu harus cukup agar *input* panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia.

Proses pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar (C, H) dengan udara (O<sub>2</sub>) serta sumber panas sehingga terbentuk api yang menghasilkan kalor dan gas hasil pembakaran (*flue gas*). Untuk melakukan pembakaran bahan bakar dibutuhkan oksigen, oksigen yang digunakan disuplai dari udara. Komposisi udara selain oksigen dan nitrogen, pada kenyataannya ada partikel - partikel lain sebagai *inert* yang akan ikut keluar *stack* dengan membawa rugi panas.

Dalam proses pembakaran tidak terlepas dari tahap awal yaitu penyalaan dimana keadaan transisi dari tidak reaktif menjadi reaktif karena dorongan eksternal yang memicu reaksi termokimia diikuti dengan transisi yang cepat sehingga pembakaran dapat berlangsung. Penyalaan terjadi bila panas yang dihasilkan oleh pembakaran lebih besar dari panas yang hilang ke lingkungan. Dalam proses penyalaan ini dapat dipicu oleh energi *thermal* yang merupakan transfer energi thermal ke reaktan oleh konduksi, konveksi, radiasi atau kombinasi dari ketiga macam proses tersebut.

Pada umumnya komposisi kimia dari bahan bakar merupakan ikatan hidrokarbon yang terdiri dari karbon (C) dan hidrogen (H), maka reaksi yang terjadi di dalam proses pembakaran adalah sebagai berikut:

1. Pembakaran sempurna



Pada reaksi ini semua karbon yang terdapat di dalam bahan bakar seluruhnya habis terbakar membentuk gas  $\text{CO}_2$ .

2. Pembakaran tidak sempurna



Pada reaksi pembakaran tersebut karbon yang bereaksi dengan oksigen membentuk karbon monoksida (CO), reaksi ini terjadi karena kekurangan udara sehingga pembakaran tidak sempurna.

Pembakaran tidak sempurna ini merugikan antara lain:

1. Karbon monoksida (CO) yang keluar dari *stack* masih berupa bahan bakar, apabila CO dibakar akan menghasilkan panas.
2. Karbon monoksida (CO) yang terbentuk dari reaksi pembakaran dapat menimbulkan *after burning*, biasanya terjadi pada dinding yang cukup panas. Adanya oksigen dan suhu yang tinggi dari dinding dapur, maka CO akan terbakar kembali dan menghasilkan panas, hal ini dapat merusak dinding.
3. Pembakaran lain, karena bahan bakar tidak hanya terdiri dari hidrokarbon saja, maka beberapa reaksi lain yang mungkin terjadi, seperti:



Terbentuknya oksida belerang tidak diinginkan dalam dapur, dengan adanya uap di dalam flue gas akan memungkinkan terjadi asam belerang.

### 2.5.2 Proses Perpindahan Panas

Proses perpindahan panas dari sumber panas ke penerima dibedakan atas tiga cara, yaitu: Laju aliran bahan bakar merupakan banyaknya jumlah bahan bakar yang disuplai ke ruang bakar per satuan waktu

## 1. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi merupakan proses perpindahan panas melalui benda kaku yang bersifat mampu menghantarkan panas, misalnya logam. Perpindahan panas terjadi dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu lebih rendah melalui benda kaku dan disini tidak terjadi perpindahan materi.

Untuk menghitung perpindahan panas secara konduksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$dQ = k.A \frac{dT}{dX} \text{ (Joule/Jam)} \quad \text{(Sumber: Holman, 1984)}$$

Keterangan :

K = Konduktivitas termal (Joule/Jam.m.K)

A = Luas permukaan penghantar (m<sup>2</sup>)

dT = Perpindahan suhu ( T<sub>1</sub> – T<sub>2</sub>) ( °C atau K)

dX = Tebal dinding (m)

## 2. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang hanya berlangsung jika ada gaya yang bekerja pada partikel atau ada arus fluida yang dapat membuat gerakan yang melawan gaya gesek. Secara mekanika fluida bahwa perpindahan panas secara konveksi akan terjadi apabila ada aliran dan adanya gaya lawan yang diberikan kepada fluida oleh median yang dilaluinya. Fluida dapat mengalir disebabkan oleh adanya peristiwa pemanasan atau pendinginan selain itu bisa juga disebabkan oleh adanya induksi yang diberikan oleh pompa.

Secara termodinamika, panas yang mengalir dapat berupa panas laten dan panas sensibel. Panas laten merupakan panas yang menyertai fluida karena disebabkan oleh proses perubahan fasa, sedangkan panas sensibel merupakan panas yang berkaitan dengan kenaikan atau penurunan temperatur tanpa perubahan fassa. Perpindahan panas secara konveksi dibagi menjadi 2 cara yaitu :

1. Konveksi bebas atau konveksi ilmiah
2. Konveksi paksa.

Perbedaan kedua konveksi tersebut dapat dilihat pada tabel 6 berikut :

Tabel 6. Perbedaan Antara Konveksi Alamiyah dan Konveksi Paksa

No	Konveksi Alamiyah	Konveksi Paksa
1	Panas dibawa serta oleh fluida yang bergerak ke atas karena perbedaan suhu	Panas dipindahkan karena dibawa oleh massa yang dialirkan oleh suatu alat
2	Sifat aliran ditentukan oleh gaya apung fluida yang berbeda <i>density</i>	Sifat aliran ditentukan oleh alat tersebut
3	Penyebaran kecepatan dan suhu saling berhubungan	Penyebaran kecepatan dicari terlebih dahulu kemudian baru dicari penyebaran suhu
4	Bilangan <i>Nussel</i> (Nu) bergantung pada bilangan <i>Grashof</i> (Gr)	Bilangan <i>Nussel</i> (Nu) bergantung pada bilangan <i>Reynold</i> dan bilangan Prandtl (Pr)

(Sumber : Nurhayani, 2008)

Untuk menghitung perpindahan panas secara konveksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = h.A. (T_2 - T_1) \quad (\text{Sumber: Holman, 1984})$$

Dimana :

Q = Perpindahan panas konveksi (Btu/Jam)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (Btu/ft<sup>2</sup>.°F)

A = Luas (ft<sup>2</sup>)

T<sub>2</sub> = Temperatur nyala api (°F)

T<sub>1</sub> = Suhu ruang (°F)

### 3. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena perpindahan energi melalui gelombang elektromagnetik secara pancaran. Antara sumber panas dengan penerima panas tidak terjadi kontak, bagian dapur

yang terkena radiasi adalah ruang pembakaran. Perpindahan panas secara radiasi dapat juga diartikan sebagai kalor yang berpindah dari sumber kalor menuju suatu benda secara pancaran melalui gelombang elektro magnetik tertentu tanpa memerlukan media perantara (fluida atau padat)

## **2.6 Bioarang**

Sebagai negara yang memiliki areal pertanian, perkebunan dan kehutanan yang sangat luas, limbah *biomass* hasil pengolahan pertanian, perkebunan, kehutanan yang ada di Indonesia terdapat dalam jumlah besar (seperti kulit kacang, sekam padi, serbuk gergaji kayu, batok kelapa, dll). banyak yang tidak dimanfaatkan (dibakar, dibuang, dll.) sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan hidup dan merusak keseimbangan ekologis.

Proses dari karbonisasi menghasilkan arang. Arang merupakan bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pengarangan bahan yang mengandung karbon. Sebagian besar pori-pori arang masih tertutup oleh hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari karbon tertambat (*Fixed Carbon*), abu, air, nitrogen dan sulfur. Sedangkan, bioarang merupakan arang (salah satu jenis bahan bakar) yang dibuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, rumput, jerami, ataupun limbah pertanian lainnya. Bioarang ini dapat digunakan dengan melalui proses pengolahan, salah satunya adalah menjadi briket bioarang.

### **2.6.1 Arang Cangkang Kelapa Sawit**

Arang cangkang kelapa sawit adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap cangkang kelapa sawit. Sebagai bahan bakar, arang lebih menguntungkan dibanding kayu bakar. Arang memberikan kalor pembakaran yang lebih tinggi, dan asap yang lebih relatif sedikit (BPTP Riau, 2010). Pemanfaatan arang cangkang kelapa sawit ini termasuk cukup strategis sebagai sektor usaha. Hal ini karena, jarang masyarakat yang memanfaatkan cangkang kelapa sawit tersebut. Selain dimanfaatkan dengan dibakar langsung (arang tengah), cangkang kelapa sawit dapat dijadikan sebagai

bahan dasar briket arang. Cangkang kelapa sawit yang akan dijadikan arang, harus dari kelapa sawit yang sudah tua, karena lebih padat dan kandungan airnya lebih sedikit dibandingkan dari kelapa yang masih muda.

### 2.6.2 Standar Mutu Arang ( SNI 19-0428-1989)

Standar mutu arang menurut SNI dapat dilihat pada tabel 7 berikut:

Tabel 7. Standar Mutu Arang (SNI 19-0428-1989)

No	Jenis Uji	Persyaratan (%)
1	Air (b/b)	6
2	Abu (b/b)	4
3	Zat Terbang	30
4	Warna	Hitam merata
5	Benda asing	Tidak boleh ada

(Sumber : SNI (19-0428-1989))

Terpisah data dari SNI pada tabel 7. Untuk nilai kalor bahan organik (cangkang kelapa sawit) yang sudah diproses menjadi arang berkisar antara (6000 – 7000) Kcal/Kg (Pari, Gustan,. et,all, 2012)

### 2.7 Asap Cair

Asap cair adalah cairan kondensat dari asap yang telah mengalami penyimpanan dan penyaringan untuk memisahkan tar dan bahan-bahan partikulat. Salah satu cara untuk membuat asap cair adalah dengan mengkondensasikan asap hasil pembakaran tidak sempurna dari kayu. Selama pembakaran, komponen utama kayu yang berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan mengalami pirolisis. Diketahui pula bahwa temperatur pembuatan asap merupakan faktor yang paling menentukan kualitas asap yang dihasilkan. Darmadji dkk (1999) menyatakan bahwa kandungan maksimum senyawa-senyawa fenol, karbonil, dan asam dicapai pada temperatur pirolisis 600°C. Tetapi produk yang diberikan asap cair yang dihasilkan pada temperatur 400°C dinilai mempunyai kualitas organoleptik yang terbaik dibandingkan dengan asap cair yang dihasilkan pada temperatur pirolisis yang lebih tinggi.

### 2.7.1 Komponen Asap Cair

Asap cair mengandung berbagai senyawa yang terbentuk karena terjadinya proses pirolisis dari tiga komponen kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komponen-komponen tersebut meliputi asam yang dapat mempengaruhi citarasa, pH dan umur simpan produk asapan, karbonil yang bereaksi dengan protein dan membentuk pewarnaan coklat dan fenol yang merupakan pembentuk utama aroma dan menunjukkan aktivitas antioksidan. Senyawa penyusun asap cair meliputi:

#### a. Senyawa-senyawa Fenol

Kandungan senyawa fenol dalam asap sangat tergantung pada temperatur pirolisis kayu. Menurut Girard (1992), kuantitas fenol pada kayu sangat bervariasi yaitu antara 10-200 mg/kg. Beberapa jenis fenol yang biasanya terdapat dalam produk asapan adalah guaiakol, dan siringol. Senyawa-senyawa fenol yang terdapat dalam asap kayu umumnya hidrokarbon aromatik yang tersusun dari cincin benzena dengan sejumlah gugus hidroksil yang terikat. Senyawa-senyawa fenol ini juga dapat mengikat gugus-gugus lain seperti aldehyd, keton, asam dan ester (Maga, 1987).

#### b. Senyawa-senyawa Karbonil

Senyawa-senyawa karbonil dalam asap memiliki peranan pada pewarnaan dan citarasa produk asapan. Golongan senyawa ini mempunyai aroma seperti aroma karamel yang unik. Jenis senyawa karbonil yang terdapat dalam asap cair antara lain adalah vanilin dan siringaldehid.

#### c. Senyawa-senyawa Asam

Senyawa-senyawa asam merupakan senyawa yang berperan sebagai antibakteri dan merupakan senyawa yang berperan sebagai antibakteri dan membentuk cita rasa produk asapan. Senyawa-senyawa asam mempunyai peranan sebagai antibakteri dan membentuk cita rasa produk asapan. Senyawa asam ini antara lain adalah asam asetat, propionat, butirrat dan valerat.

#### d. Senyawa Hidrokarbon Polisiklis Aromatis

Senyawa hidrokarbon polisiklis aromatis (HPA) dapat terbentuk pada proses pirolisis kayu. Senyawa hidrokarbon aromatik seperti benzo(a)pirena

merupakan senyawa yang memiliki pengaruh buruk karena bersifat karsinogen (Girard, 1992). Pembentukan berbagai senyawa HPA selama pembuatan asap tergantung dari beberapa hal, seperti temperatur pirolisis, waktu dan kelembaban udara pada proses pembuatan asap serta kandungan udara dalam kayu. Dikatakan juga bahwa semua proses yang menyebabkan terpisahnya partikel-partikel besar dari asap akan menurunkan kadar benzo(a)pirena. Proses tersebut antara lain adalah pengendapan dan penyaringan.

e. Senyawa Benzo(a)pirena

Benzo(a)pirena mempunyai titik didih  $310^{\circ}\text{C}$  dan dapat menyebabkan kanker kulit jika dioleskan langsung pada permukaan kulit. Akan tetapi proses yang terjadi memerlukan waktu yang lama (Winaprilani, 2003).

### **2.7.2 Manfaat Asap Cair**

Asap cair memiliki banyak manfaat dan telah digunakan pada berbagai industri, antara lain :

1. Industri Pangan

Asap cair ini mempunyai kegunaan yang sangat besar sebagai pemberi rasa dan aroma yang spesifik juga sebagai pengawet karena sifat antimikrobia dan antioksidannya. Dengan tersedianya asap cair maka proses pengasapan tradisional dengan menggunakan asap secara langsung yang mengandung banyak kelemahan seperti pencemaran lingkungan, proses tidak dapat dikendalikan, kualitas yang tidak konsisten serta timbulnya bahaya kebakaran, yang semuanya tersebut dapat dihindari.

2. Industri Perkebunan

Asap cair dapat digunakan sebagai koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair seperti antijamur, antibakteri dan antioksidan tersebut dapat memperbaiki kualitas produk karet yang dihasilkan.

3. Industri Kayu

Kayu yang diolesi dengan asap cair mempunyai ketahanan terhadap serangan rayap dari pada kayu yang tanpa diolesi asap cair.

### 2.7.3 Jenis Asap Cair

Jenis Asap Cair dibedakan atas penggunaannya. Ada 3 jenis grade asap cair, yaitu sebagai berikut :

1. Grade 1, yaitu warna bening, rasa sedikit asam, aroma netral, digunakan untuk makanan, ikan.
2. Grade 2, yaitu warna kecoklatan transparan, rasa asam sedang, aroma asap lemah, digunakan untuk makanan dengan taste asap (daging asap, bakso, mie, tahu, ikan kering, telur asap, bumbu-bumbu barbaque)
3. Grade 3, yaitu warna coklat gelap, rasa asam kuat, aroma asap kuat, digunakan untuk penggumpal karet pengganti asam semut, penyamakan kulit, pengganti antiseptik untuk kain, menghilangkan jamur dan mengurangi bakteri patogen yang terdapat di kolam ikan

## 2.8 Perhitungan Efisiensi Termal

Dalam hukum termodinamika Efisiensi termal didefinisikan sebagai ukuran kinerja berdimensi perangkat yang menggunakan energi panas, seperti : mesin pembakaran internal, turbin uap, boiler, alat pirolisis ruang bakar atau lemari pendingin misalnya. Dengan kata lain, efisiensi termal menunjukkan seberapa baik konversi atau proses transfer energi dicapai. Efisiensi termal yang diizinkan untuk alat pirolisis yaitu diatas 50% (energyefficiencyasia, 2011).

Efisiensi termal *furnace* meningkat bila persentase panas yang dipindahkan ke stok atau beban dibagian dalam tungku meningkat. Efisiensi tungku dapat dihitung dengan dua cara, sama halnya dengan boiler: metoda langsung dan metoda tidak langsung.

### 2.8.1. Metode Langsung

Efisiensi termal *furnace* dapat ditentukan dengan mengukur jumlah panas yang diserap oleh stok dan membaginya dengan jumlah bahan bakar yang dipakai. Untuk menghitung efisiensi termal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\text{Panas Keluar (Output)}}{\text{Panas Masuk (Input)}} \times 100 \% \quad (\text{Sumber : Hougen, 1943})$$

$$\eta = \frac{\text{Panas yang termanfaatkan (Kcal)}}{\text{Panas Masuk (Kcal)}}$$

Jumlah panas (Q) yang akan dipindahkan ke bahan baku dapat dihitung dengan persamaan ini:

$$Q = m \times C_p \times (t_2 - t_1) \quad (\text{Sumber : Anonim, 2004})$$

Dimana,

Q = Besarnya panas bahan baku (Kkal)

m = Massa bahan baku (Kg)

C<sub>p</sub> = Panas jenis bahan baku rata-rata (Kkal /Kg °C)

t<sub>2</sub> = Suhu akhir bahan baku (°C)

t<sub>1</sub> = Suhu bahan baku awal (°C)

Untuk menghitung panas yang terjadi karena perubahan fase dari suatu zat dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = m \times \lambda \quad (\text{Sumber: Hougen, 1943})$$

Dimana,

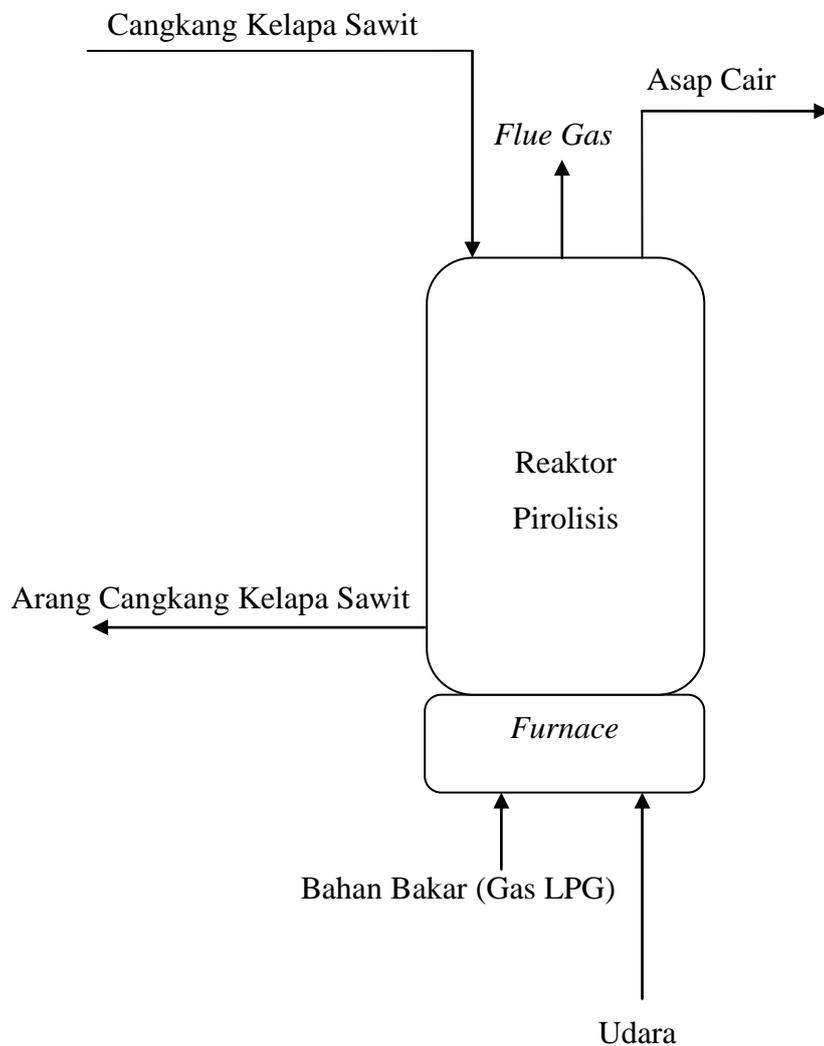
Q = Besarnya panas bahan baku (Kkal)

m = Massa bahan baku (Kg)

λ = Panas laten (Kcal)

### 2.8.2. Metoda Tidak Langsung

Efisiensi *furnace* dapat juga dihitung melalui metoda tidak langsung, hampir sama dengan evaluasi efisiensi *boiler*. Metode tidak langsung ini melibatkan proses pembakaran suatu bahan bakar yang merupakan bahan bakar padat, cair, maupun gas yang bereaksi dengan oksigen (kontak langsung dengan udara). Berikut adalah skema untuk menghitung efisiensi *furnace* dengan metoda tidak langsung seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1:



Gambar 1. Skema Neraca Massa di *Furnace* dan Reaktor Pirolisis

(Sumber : Dikutip dari ilustrasi “*Boiler furnace*”, Hougén. Hal : 430)

## 2.9 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption/SFC*)

Konsumsi bahan bakar spesifik atau *Specific fuel consume* (SFC) adalah jumlah pemakaian bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin untuk menghasilkan daya 1 Hp selama 1 jam (Digilib.its.ac.id). Jika dianalogikan untuk proses karbonisasi, konsumsi bahan bakar atau SFC tersebut menjadi jumlah panas yang

dimanfaatkan untuk proses karbonisasi berbanding dengan arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi, yang dinyatakan dalam persamaan :

$$\text{SFC} = \frac{\text{Panas dari bahan bakar}}{\text{Massa Produk yang Dihasilkan}} \quad (\text{Sumber : Hougen, 1943})$$
$$= (\text{Kcal/Kg Produk})$$