

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Briket

Briket adalah sumber energi yang berasal dari biomassa yang bisa digunakan sebagai energi alternatif pengganti , minyak bumi dan energi lain yang berasal dari fosil. Briket dapat dibuat dari bahan baku yang banyak kita temukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti batok kelapa, sekam padi, arang sekam, serbuk kayu (serbuk gergaji), bongkol jagung, daun, dan lain sebagainya.

Briket mempunyai bentuk dan ukuran tertentu. Briket tersusun dari butiran bahan halus seperti batubara, dan bahan alami lainnya yang telah dimampatkan dengan daya tekan tertentu agar bahan tersebut lebih mudah ditangani dan memiliki nilai tambah dalam manfaatnya (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, 2005). Berikut ini (Gambar 2.1) merupakan macam-macam bentuk dari briket.



a) Briket berbentuk telur    b) Briket berbentuk bantal    c) Briket sarang lebah

Gambar 2.1 Bentuk Briket

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa briket memiliki bentuk yang beragam yang disesuaikan dengan fungsinya. Briket yang bagus memiliki kualitas dan syarat sebagai briket (Puslitbang, 2001) :

1. Tidak mengeluarkan asap dan bau yang berlebihan saat digunakan.
2. Mudah dinyalakan.
3. Kuat dan tidak mudah pecah saat dinyalakan.

4. Kedap air dan tidak mudah berjamur ketika disimpan jangka waktu yang cukup lama.
5. Memiliki kandungan abu yang rendah.

Kualitas briket berdasarkan SNI 01-6235-2000 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Karakteristik briket bioarang berdasarkan SNI 01-6235-2000

Parameter	Nilai
Kadar Air (%)	8
Kadar Zat Menguap (%)	15
Kadar Abu (%)	8
Kadar Karbon Terikat (%)	77
Nilai Kalor (cal/gr)	5000

Menurut Bossel (1994) dikutip dari Patabang, 2012, bahan biomass yang dapat digunakan untuk pembuatan briket berasal dari :

- Limbah pengolahan kayu seperti : *logging residues, bark, saw dusk, shavinos, waste timber.*
- Limbah pertanian seperti; jerami, sekam, ampas tebu, daun kering. 3. Limbah bahan berserat seperti; serat kapas, goni, sabut kelapa.
- Limbah pengolahan pangan seperti kulit kacang-kacangan, biji-bijian, kulit-kulitan.
- Sellulosa seperti, limbah kertas, karton.

### 2.1.1 Tempurung Kelapa

Penggunaan arang tempurung kelapa telah lama di lakukan dan telah menjadi bahan kajian lanjut untuk penelitian . Dari komposisi kimia tempurung kelapa itu sendiri yang terdiri dari 74,3% C, 21.9% O, 0.2% Si, 1.4% K, 0.5% S, 1.7% P (Bledzki, 2010) menjadikannya berpeluang sebagai bahan bakar dan sumber karbon aktif. Arang tempurung kelapa dapat dibentuk menjadi briket atau pelet melalui proses pemadatan (Grover et al, 1996 dalam Esmar Budi 2011). Untuk memahami sifat dan karakteristik tempurung kelapa yang sesuai sebagai bahan bakar maka perlu difahami mengenai sifat fisik dan kimianya seperti bahan campuran (moisture), kerapatan, struktur, morfologi dan termal. Perubahan tempurung kelapa menjadi arang dilakukan melalui proses

pirolisis (pemanasan). Pada proses pirolisis unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen (H) dan oksigen (O) akan hilang hingga menyisakan sebanyak mungkin karbon (C) dalam bahan. Karena itu proses ini juga disebut karbonisasi. Perubahan komposisi dan sifat termal tempurung kelapa menjadi arang ditunjukkan pada Tabel 2.2

Perubahan atau konversi tempurung kelapa menjadi arang menghasilkan karbon sisa yang banyak dan peningkatan kandungan abu namun tetap tidak sebanyak peningkatan kandungan karbonnya. Perubahan lain yang mencolok adalah penghilangan kandungan bahan campuran (moisture) dan bahan mudah uap (volatile). Dibandingkan dengan komposisi akhir pada bahan alami lain seperti batang (cob) biji jagung kulit padi dan cangkang kako ((cocoa) yang berkisar antara (12-20% C) (Oladaeji, 2010 ; Syamsiro dkk, 2007) arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang lebih banyak sehingga berpotensi baik untuk dijadikan bahan bakar. Perubahan tempurung kelapa menjadi arang meningkatkan sifat termal bahan itu sendiri akibat peningkatan kandungan karbon seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Fabrikasi pembentukan briket arang tempurung kelapa dilakukan melalui beberapa tahap proses. Sebelum proses dilakukan, bahan baku tempurung kelapa dibersihkan dari kotoran termasuk dari sisa serabut kelapa yang masih menempel kemudian dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Selanjutnya 100 kg tempurung kelapa yang telah kering dimasukan kedalam tungku untuk dipanaskan melalui proses pirolisis pada suhu uap berkisar antara 70 - 150 oC bergantung pada besar api pembakaran selama kurang lebih 6 jam hingga tidak ada asap cair yang keluar. Setelah proses pirolisis selesai, diperoleh arang dengan berat sekitar 35 kg. Selanjutnya arang digiling menggunakan mesin penggiling sebanyak dua kali hingga menjadi serbuk halus. Setelah itu dilakukan proses pencampuran dengan menggunakan tepung kanji dengan perbandingan 1:20 terhadap serbuk arang. Sebelumnya tepung kaji dimasak dengan dicampurkan air hingga membentuk lem sebagai bahan perekat serbuk arang.

Langkah selanjutnya adalah proses pencetakan melalui proses pe madatan menggunakan mesin press mekanik hingga membentuk briket berbentuk silinder

berongga (diameter rongga sekitar 1 cm) dengan panjang sekitar 8.5 cm dan diameter luar sekitar 3.8 cm. Selanjut-nya briket di keringkan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari hingga kering dan siap digunakan sebagai bahan bakar.

Tabel 2.2 Perbandingan sifat antara tempurung kelapa dan arangnya

Bahan	Komponen	Kandungan (%)	Sifat termal (kJ/kg)
Tempurung kelapa	Moisture	10,46	18.388
	Volatile	67,67	
	Karbon	18,29	
	Abu	3,58	
Arang tempurung kelapa	Volatile	10,60	30.750
	Karbon	76,32	
	Abu	13,08	

## 2.2 Kompor Biobriket

Sejauh ini biomassa padat terutama kayu sudah dimanfaatkan secara tradisional untuk memasak didaerah daerah pedesaan, baik melalui dapur tradisional maupun pembakaran langsung. Namun, kualitas pembakaran yang langsung ini mengakibatkan efisiensi pembakaran biomass sangat rendah. Disamping itu, asap pembakaran mengakibatkan polusi udara yang berbahaya bagi kesehatan. Untuk itu perkembangan teknologi akhirnya mengembangkan kompor biomassa guna menanggulangi masalah kelangkaan energi fosil sekaligus meningkatkan efisiensi dari pemanfaatan biomassa itu sendiri. Pada prinsipnya kompor/tungku terdiri atas 2 jenis yakni (Junaidi dkk, 2010) :

1. Tungku/kompor portable yaitu jenis kompor yang dapat dipindah-pindahkan dengan kapasitas muatan briket antara 1-8 kg. Jenis kompor ini cocok digunakan untuk keperluan rumah tangga atau rumah makan.
2. Tungku/kompor permanen yaitu jenis kompor yang tidak dapat dipindah-pindahkan atau dibuat secara permanen dengan kapasitas briket > 8 kg. Jenis kompor ini cocok digunakan untuk keperluan industri kecil/menengah.

Kompor briket berdasarkan ukurannya menurut SNI 7498:2008 dapat diklasifikasikan menjadi 2 macam yaitu pada tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Klasifikasi Ukuran Kompor Briket Menurut SNI 7498:2008

<b>Kelas Kompor</b>	<b>Kapasitas (Briket)</b>	<b>Diameter Dalam Ruang Bakar</b>
Kompor Briket Kecil	< 2 kg	12,5 cm – 15 cm
Kompor Briket Sedang	2 kg – 5 kg	16 cm – 30 cm

(Sumber : SNI 7498:2008)

Berdasarkan kompor/tungku briket yang dirancang terdapat beberapa istilah, seperti yang dijelaskan di bawah ini (Nyimas Lidya, 2009):

- a. Unggun bahan bakar adalah lapisan briket yang disusun atau diletakkan di atas kisi dalam ruang bakar.
- b. Udara pembakaran adalah udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran yang terdiri dari udara primer, udara sekunder, dan udara tersier.
- c. Udara primer adalah udara yang dipasok dari bawah kisi dan berkontak langsung dengan bahan bakar yang berfungsi untuk membakar komponen karbon tertambat dari briket.
- d. Udara sekunder adalah udara yang dipasok dari atas ungun bahan bakar yang berfungsi untuk membakar komponen zat terbang sehingga menyempurnakan pembakaran ungun briket.
- e. Udara tersier adalah udara tambahan yang dipasok di atas udara sekunder yang berfungsi untuk membantu kesempurnaan pembakaran.

Pada rancangan kompor briket terbaru telah menggunakan *blower* pada bagian pemasukan udara sehingga terjadi aliran udara dari atas menekan kebawah dalam tungku yang memberikan asupan udara yang lebih untuk memanaskan pembakaran briket sehingga panas yang dihasilkan lebih optimal (Wibisono, 2018). Blower akan berfungsi mensuplai udara pada briket supaya mempercepat pembakaran briket dan memberikan panas yang sempurna. Proses pembakaran yang sempurna pada kompor briket tersebut dilihat dari waktu proses pembakaran, suhu yang dihasilkan oleh

pembakaran tersebut dan kualitas suplai udara yang masuk ke kompor briket tersebut. Berikut syarat kompor briket yang memiliki proses pembakaran yang baik (Puslitbang, 2001 dalam Wibisono, 2018) :

1. Dinding ruang bakar pada kompor briket tersebut terbuat dari bahan yang tahan api atau campuran bahan yang tahan panas ( $>900^{\circ}\text{C}$ ) dan mampu menahan rambatan panas yang keluar dari ruang pembakaran.
2. Memiliki kisi pada ruang tungku sehingga dapat meloloskan abu yang dihasilkan ketika pembakaran briket tersebut.
3. Memiliki pintu udara yang dapat mengatur besarnya udara yang masuk dan keluar pada bagian bawah kompor briket tersebut sehingga besar api yang dihasilkan dapat diatur sesuai kebutuhan.
4. Rangka yang digunakan pada kompor briket harus kuat menahan beban berat dan perubahan panas yang terjadi ketika pembakaran.

Tabel 2.4 Persyaratan SNI 7498:2008 Kompor Briket

No	Uraian	Persyaratan	
		Kapasitas < 2 kg	Kapasitas 2 kg – 5 kg
1	Dimensi ruang bakar kompor a. D atau L i. Untuk briket tipe telur D atau H ii. Untuk briket tipe sarang tawon D atau H b. H/D atau H/L	$\geq 5x$ tebal briket  $\geq 1$ cm dari diameter briket batu bara sarang tawon  $\geq 1,5$	$\geq 5x$ tebal briket    $\geq 1,0$
2	Bahan dan tebal dinding ruang bakar a. Baja lembaran canai kalor kalor (untuk dinding luar kompor) b. Bahan castable (ruang bakar) c. Keramik (ruang bakar)	ST37 atau SPHC atau yang setara $t \geq 0,6$ mm C 14 (tahan suhu $500^{\circ}\text{C} - 700^{\circ}\text{C}$ )	
3	Bagian sarangan	ST37 atau SPHC atau yang setara $t \geq 0,6$ mm	
4	Pengarah udara primer a. Panjang b. Tinggi	$= D$ ruang bakar $= \frac{1}{2} D$ ruang bakar	
5	Pengarah udara primer c. Panjang d. Tinggi	$\geq 1,5$ cm dari D atau L ruang bakar $\geq 2$ cm dari H ruang bakar	
6	Pengarah udara tersier	$\geq 1,5$ cm diameter pengarah udara sekunder	$\geq 2,5$ cm diameter pengarah udara sekunder
7	Ketahanan terhadap beban	20 kg	40 kg

Keterangan :

D adalah diameter bagian dalam ruang bakar berbentuk silinder

L adalah lebar bagian dalam ruang bakar berbentuk kubus

H adalah tinggi ruang bakar

T adalah ketebalan dinding ruang bakar

(Sumber : BSN, 2008)

### 2.2.1 Keuntungan Teknis dan Ekonomis Kompor Biobriket

1. Efisien/hemat dalam pemakaian bahan bakar.
2. Praktis dalam pengemasannya dengan bentuk sederhana namun fungsional.

3. Dapat terbuat dari tanah liat, keramik bakar, maupun bahan lain yang tahan terhadap panas.
4. Dapat dikonstruksikan dalam bentuk bulat atau bentuk lain tanpa mengurangi kinerjanya.
5. Mampu melakukan pengaturan jarak bara api dengan landasan alat masak, sehingga tingkat efisiensi pancaran panas lebih disesuaikan sejalan dengan kebutuhan.
6. Bahan baku biobriket termasuk murah karena berasal dari alam maupun sisa pengolahan pertanian yang sudah tidak terpakai. Dapat menjadi salah satu energi alternatif terbarukan pengganti energi fosil yang sudah semakin menipis cadangannya.

### **2.2.2 Prinsip Dasar Merancang Kompor Biobriket**

Pada dasarnya, tahapan membuat kompor biobriket tidak jauh bedanya dengan membuat kompor biasa yang berbahan bakar minyak tanah. Adapun tiga prinsip dasar perancangan kompor biobriket untuk komersil (Nurhayani, 2008) :

#### **1. Bentuk dan Ukuran**

Bentuk dan ukuran kompor sangat tergantung kapasitas kompor yang diinginkan oleh penggunaannya serta bentuk dan ukuran dari biobriket. Oleh karena bentuk briket terdapat dua jenis yakni sarang tawon dan telur.

#### **2. Dasar Kompor**

Pada bagian dinding dan dasar kompor dibuat plat dsar, dibuat lubang sebagai tempat masuknya udara ke dalam kompor sehingga terjadi proses pembakaran briket batubara yang sempurna. Lubang pada plat tersebut sebagai plat pengatur udara pertama atau lubang primer. Dengan demikian, jika pla pengatur udara di geser atau ditarik maka lubang-lubang tersebut bisa menutup dan membuka.

#### **3. Sistem Kisi (Grate)**

Penggunaan kisi yang dapat dinaikkan dan diturunkan dapat menjadi penjaga jarak antara puncak unggun dan dasar alat sehingga panas kompor tetap terjaga. Selain

itu dalam kompor berbahan baku briket, kisi sangat berguna sabagai penyangga bahan bakar.

#### 4. Dinding Kompor

Kompor biobriket dibuat dengan 2 dinding, yaitu dinding pertama dan dinding kedua. Dinding pertma ukurannya lebih kecil dan letaknya dibagian dalam dinding kedua. Sedangkan dinding kedua diletakkan setelah dinding pertama atau dilteakkan dibagian luar sehingga mengelilingi dinding pertama.

Dinding pertama berfungsi membatasi pembakaran utama/primer dan udara pembakaran kedua/sekunder (udara yang kontak langsung dengan bahan bakar) dari arah samping bahan bakar. Sedangkan untuk ketinggian dinding tergantung kebutuhan. Diameter dinding pertama dibuat agak lebih besa dibandingkan dengan besarnya bahan bakar sehingga adanya ruang antara. Dengan adanya ruang antara maka dapat terjadi pembakaran oleh udara primer di permukaan dinding briket. Dinding kedua berfungsi untuk membatasi aliran udara kedua agar suhunya tetap panas dan siap digunakan untuk membakar pada proses pembakaran atau sekaligus untuk menyempurnakan pembakaran.

Dinding kedua dibuat lebih besar dibandingkan dinding pertama. Jarak dinding pertama dengan dinding kedua perlu diperhatikan. Hal ini dikarenakan kecepatan mengalirnya udara sekunder. Jarak dinding yang lebih kecil akan menghasilkan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi. Dengan demikian, akan mengakibatkan terjadinya pencampuran udara sehingga penyerapan panas akan lebih baik. Namun, jika terlalu rapat, panas yang dihasilkan akan berkurang atau hilang. Untuk itu jarak dinding kedua dan pertama tidak terlalu rapat dan tidak terlalu jauh, yaitu sekitar 2 cm. Sementara tinggi dinding kedua dibuat 1 cm lebih tinggi dibandingkan dengan dinding pertama.

Bagian-bagian penting dalam membuat kompor/tungku yaitu (Sumber: Marlia Budiarti, 2014) :

- a. Tempat Perapian : Lubang tengah untuk proses pembakaran. Diameter lubang tengah ini disesuaikan dengan alat yang untuk memasak. Sebaiknya tidak terlalu lebar sebab proses panasnya kurang optimal.
- b. Lubang samping bagian tengah dari tungku untuk memasukkan bahan bakar dibuat dengan ukuran tidak terlalu lebar sebab sirkulasi udara yang berasal dari lubang ini kan berpengaruh pada panas yang dibutuhkan. Lubang asupan bahan bakar ini bisa digunakan penutup.
- c. Sarangan / tempat tumpuan yang terbuat dari besi, untuk tumpuan bahan bakar ditempatkan pada lubang tengah bagian bawah. Sarangan ini dengan jarak lubang kira-kira 1 cm atau menurut kebutuhan. Kegunaan sarangan ini agar arang dari kayu yang sedang dibakar dan abunya bisa terpisah sehingga proses pembakaran bisa optimal.
- d. Lubang pembuangan abu. Lubang samping pembuangan abu ini digunakan untuk mengeluarkan sisa pembakaran atau abu. Disamping itu untuk masuknya udara dari bawah ke lubang pembakaran sehingga dapat proses pembakaran secara optimal.
- e. Tempat tumpuan alat memasak. Tempat ini pada bagian atas tungku untuk tempat tumpuan dari alat memasak (panci, ceret, ketel dsb.)

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam perancangan kompor/tungku biobriket adalah sebagai berikut :

1. Geometri ruang bakar/tungku

Rasio tinggi terhadap diameter atau jarak leher ruang bakar adalah minimal 1. Hal ini bertujuan agar terjadi pembakaran yang sempurna sebab tersedianya waktu yang cukup untuk terjadi pembakaran tersebut. Kompor dengan bahan bakar briket tipe telur/bantal/kecari atau kompor dengan bahan bakar berbasis batubara maka diameter/lebar dinding dalam ruang bakar minimal adalah 3 kali panjang briket atau bahan bakar padat.

Sedangkan untuk briket tipe sarang tawon, diameter lebar dinding dalam ruang bakar adalah sedikit lebih besar dari diameter/lebar briket. Jarak antara dinding ruang bakar dengan unggun bahan bakar briket jenis sarang tawon minimal 0,5 cm,

yang mana hal ini berguna untuk mempermudah penempatan bahan bakar dan menambah ruang alir udara.

2. Ketebalan unggun bahan bakar

Ketebalan unggun bahan bakar briket tipe telur/banal/kenarai adalah minimum 2 lapis. Ketinggian maksimum unggun bahan bakar adalah sampai dibawah lubang udara sekunder.

3. Ukuran dasar alat memasak atau bejana yang digunakan

Ukuran dasar alat memasak atau bejana yang digunakan sedikit lebih besar daripada diameter ruang pembakaran kompor.

4. Bahan konstruksi

Bahan kompor harus memiliki kekuatan yang baik, dapat terbuat dari logam, gerabah, keramik atau bahan tahan api. Khusus untuk ruang bakar dan bagian lain yang berkontak dengan api, selain kuat juga harus tahan panas.

5. Konfigurasi letak lubang-lubang pasokan udara pembakaran

Letak lubang pasokan udara primer berada dibawah kisi, sedangkan lubang pasokan udara sekunder berada di atas unggun bahan bakar. Apabila diperlukan pasokan udara tersier, maka lubang pasokannya berada diatas lubang udara sekunder. Sistem aliran udara terdiri dari dua cara yaitu aliran udara alami dan aliran udara menggunakan kipas angin (aliran udara paksa).

6. Suhu dinding kompor.

Untuk keselamatan dan keamanan pengguna kompor, suhu dinding luar kompor harus serendah mungkin.

### **2.3 Teori Pembakaran**

Secara garis besar pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen dengan bahan yang dapat terbakar, disertai timbulnya kalor. Menurut Nurhilal (2016), pembakaran merupakan suatu reaksi kimia yang melibatkan pencampuran bahan bakar dan oksigen untuk menghasilkan panas dan produk pembakaran. Syarat agar dapat terjadi suatu proses pembakaran adalah adanya bahan bakar, suplai oksigen dan energi panas. Bahan bakar adalah bahan yang apabila terbakar dapat meneruskan proses

pembakaran dengan sendirinya disertai dengan pengeluaran kalor. Energi panas berfungsi untuk mengaktivasi reaksi pembakaran. Dalam proses pembakaran yang baik akan dapat melepaskan seluruh kandungan panas yang terdapat dalam bahan bakar tersebut.

Reaksi pembakaran secara umum terjadi melalui 2 cara, yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran habis. Pembakaran sempurna adalah proses pembakaran yang terjadi jika semua karbon bereaksi dengan oksigen menghasilkan CO<sub>2</sub>, sedangkan pembakaran habis adalah proses pembakaran yang terjadi jika bahan bakar terbakar habis adalah proses pembakaran yang tidak semuanya menjadi CO<sub>2</sub> (Abdullah et, al., 1998 dalam Arif Budiman, 2001) . Proses pembakaran aktual dipengaruhi oleh 5 faktor, yaitu (Culp, 1991 dalam Arif Budiman 2001):

- a. Pencampuran udara dan bahan dengan baik
- b. Kebutuhan udara untuk proses pembakaran
- c. Suhu pembakaran
- d. Lamanya waktu pembakaran yang berhubungan dengan laju pembakaran
- e. Berat jenis bahan yang akan dibakar

Pencampuran udara dan bahan bakar yang baik dalam pembakaran aktual biasanya tidak dapat dicapai tetapi didekati melalui penambahan excess udara. Penambahan excess udara harus baik dengan nilai minimum karena apabila terlalu banyak dapat meningkatkan kehilangan energi dalam pembakaran dan meningkatnya emisi NO<sub>x</sub>. Tingkat kesempurnaan pembakaran di pengaruhi oleh beberapa variable berikut :

- 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.

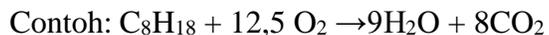
### 2.3.1 Jenis-jenis Pembakaran

Reaksi pembakaran secara umum terjadi melalui 2 cara, yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran habis. Pembakaran sempurna adalah proses pembakaran yang terjadi jika semua karbon bereaksi dengan oksigen menghasilkan CO<sub>2</sub>, sedangkan pembakaran habis adalah proses pembakaran yang terjadi jika bahan bakar terbakar habis adalah proses pembakaran yang tidak semuanya menjadi CO<sub>2</sub> (Abdullah et, al., 1998 dalam Arif Budiman, 2001). Proses pembakaran aktual dipengaruhi oleh 5 faktor, yaitu (Culp, 1991 dalam Arif Budiman 2001):

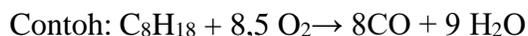
- a. Pencampuran udara dan bahan dengan baik
- b. Kebutuhan udara untuk proses pembakaran
- c. Suhu pembakaran
- d. Lamanya waktu pembakaran yang berhubungan dengan laju pembakaran
- e. Berat jenis bahan yang akan dibakar

Berdasarkan gas sisa hasil pembakaran, pembakaran dibedakan menjadi (Khoiri, 2019):

1. Pembakaran sempurna, yaitu pembakaran dimana semua bahan yang terbakar membentuk gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O), sehingga tidak ada lagi bahan yang tersisa.



2. Pembakaran tidak sempurna, yaitu pembakaran yang menghasilkan gas karbon monoksida (CO), dimana salah satu penyebabnya adalah kekurangan oksigen.



## 2.5 Udara Pembakaran

Seperti diketahui bahwa proses pembakaran memerlukan oksigen. Oksigen diambilkan dari udara. Udara yang dialirkan ke dalam ketel untuk memenuhi

kebutuhan agar terbentuk reaksi pembakaran disebut udara pembakaran. Berdasarkan fungsinya, udara pembakaran dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

a. Udara primer (*primary air*)

Udara primer merupakan udara yang memiliki fungsi utama untuk membawa bahan bakar dari mill ke burner. Selain itu, udara primer juga berfungsi untuk mengeringkan bahan bakar serta memanaskan bahan bakar sampai temperatur tertentu (Achmad Kusairi, 2015). Dalam pembakaran oleh udara primer, udara bersirkulasi secara kontinu sehingga menghasilkan aliran udara turbulen dan membakar secara kontinu. (Fajriansyah, 2017).

b. Udara Sekunder

Udara sekunder adalah udara yang dimasukkan keruang bakar melalui lubang-lubang udara yang ada di sekeliling ruang bakar. Fungsi utamanya adalah untuk memenuhi kebutuhan oksigen yang diperlukan bagi proses pembakaran. Agar diperoleh percampuran yang baik antara bahan bakar dengan udara, maka aliran udara sekunder dibuat berputar (turbulensi). Pada pembakaran yang dilakukan oleh udara sekunder, sirkulasi udara didalam tungku dimanfaatkan untuk mendapatkan efisiensi pembakaran serta meminimalisir polutan seperti gas CO dan CO<sub>2</sub> (Fajriansyah, 2017).

c. Udara Tersier

Pada beberapa desain boiler, udara sekunder dibagi lagi. Bagi turbulensi ekstra diperlukan, suatu proporsi udara sekunder digunakan, disebut udara tersier, yaitu udara yang diberikan pada sudut yang tajam atau bahkan sudut tegak lurus, terhadap nyala pembakaran dan menyebabkan turbulensi agresif lebih lanjut. Karena itu tugasnya mengontrol nyala api atau sebagai pengatur posisi nyala api. Turbulensi berikutnya diperoleh ketika campuran kontak dengan udara sekunder yang juga berpusat dengan udara ketiga. Udara sekunder atau udara sekunder + udara tersier, mencapai jumlah antara 70 dan 77 % total udara untuk pembakaran (Achmad Kusairi, 2015).

## 2.4 Kalor

Kalor dalam termodinamika dianggap sebagai energi dalam perjalanan yang melewati batas yang memisahkan sistem dengan lingkungannya. Namun perpindahan

kalor dihasilkan dari perbedaan suhu antara sistem dan lingkungannya, dan hanya diperlukan kontak sederhana bagi perpindahan kalor dengan konduksi. Kalor tidak dianggap tersimpan dalam sistem. Saat energi dalam bentuk kalor ditambahkan ke dalam sistem, kalor tersebut tersimpan dalam bentuk energi kinetik dan energi potensial partikel mikroskopik yang menyusun sistem.

#### 2.4.1 Kalor Sensibel

Jika suatu zat menerima atau melepaskan kalor, maka akan ada dua kemungkinan yang terjadi. Yang pertama adalah terjadinya perubahan temperatur dari zat tersebut disebut kalor sensibel, dan yang kedua adalah terjadinya perubahan fase zat disebut kalor laten. Kalor sensibel sendiri didefinisikan sebagai kalor yang dapat diukur, panas yang menyebabkan terjadinya kenaikan/penurunan temperatur (Modul Termodinamika I, 2019). Semua benda baik padat, cair maupun gas mempunyai panas sensibel selama berada diatas temperatur  $0^{\circ}$  absolut (Prasetya, Stefans Andy. 2009). Adapun persamaan yang dapat menunjukkan nilai suatu kalor sensibel sebagai berikut :

$$Q = m \times C_p \times \Delta T \quad \dots(2.1)$$

Dimana :  $Q$  = Energi kalor yang dilepas atau diterima suatu zat (J)

$m$  = massa zat yang mengalami perubahan temperatur (kg)

$C_p$  = Kalor jenis zat (J/kg.K)

$\Delta T$  = Perubahan temperatur yang terjadi (K)

#### 2.4.2 Kalor Laten

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kalor laten merupakan kalor yang diterima atau dilepaskan oleh suatu zat sehingga menyebabkan perubahan fase dari zat tersebut. Dalam peristiwa terjadinya kalor laten, pada awalnya suatu zat akan mengalami perubahan temperatur, namun demikian hal tersebut suatu saat akan mencapai keadaan jenuhnya dan menyebabkan perubahan fase (Modul Termodinamika I, 2019). Perubahan fase zat ini disebabkan oleh adanya pelepasan dan penerimaan kalor laten dan terjadi pada temperatur tetap. Pada suatu zat terdapat dua macam kalor laten, yaitu kalor laten peleburan atau pembekuan dan kalor laten penguapan atau kalor

laten penguapan. Kalor laten suatu zat biasanya lebih besar dari kalor sensibelnya, hal ini karena diperlukan energi yang besar untuk merubah suatu zat (Adhiwena, Iva. 2000).

Secara umum kalor laten yang digunakan untuk merubah fase suatu zat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = m \times \lambda \quad \dots(2.2)$$

(Sumber: Hougen, 1943)

Dimana :  $Q$  = Energi kalor yang dilepas atau diterima suatu zat (Kkal)

$\lambda$  = Kalor laten (Kkal/kg)