

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kompor Briket

Kompor adalah alat masak yang menghasilkan panas tinggi. Biasanya kompor ditemukan di dapur dan bahan bakarnya dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu cair, padat, dan gas. Pada dasarnya jenis kompor yang banyak digunakan oleh masyarakat adalah kompor minyak tanah dan kompor gas. Meskipun demikian, masih ada jenis lain yang juga bisa dijadikan sebagai alat memasak yaitu salah satunya kompor briket biomassa atau kompor briket batubara. Apalagi, kondisi saat ini di mana harga bahan bakar untuk kompor minyak dan gas semakin mahal maka mulai perlu diperhatikan kembali berbagai jenis kompor dengan alternatif bahan bakar tanpa minyak dan gas sehingga bisa digunakan oleh masyarakat nantinya pada saat kompor minyak dan kompor gas sudah tidak bisa digunakan (Kuncoro dan Damanik, 2005).

Kompor briket saat ini belum banyak dikenal dan digunakan oleh masyarakat dikarenakan oleh terdapat masalah yang ada pada bahan bakar yang digunakan. Kompor briket adalah alat masak yang menggunakan bahan bakar dari briket batubara atau campuran dari biomassa dan batubara. Bahan yang digunakan untuk membuat kompor berpengaruh terhadap kualitas kompor, baik dari sudut penampilan, daya tahan kompor, maupun mobilitas (mudah dipindahkan atau tidak) (Eriko, 2008).

Penggunaan Briket Batubara harus dibarengi serta disiapkan Kompor atau Tungku, jenis dan ukuran Kompor harus disesuaikan dengan kebutuhan. Pada prinsipnya Kompor/Tungku terdiri atas 2 jenis :

1. Tungku/Kompor portabel, jenis ini pada umumnya memuat briket antara 1 s/d 8 kg serta dapat dipindah-pindahkan. Jenis ini digunakan untuk keperluan rumah tangga atau rumah makan.
2. Tungku/Kompor Permanen, memuat lebih dari 8 kg briket dibuat secara permanen. Jenis ini dipergunakan untuk industri kecil/menengah (Anonim, 2014).

Persyaratan Kompor/tungku harus memiliki :

- a. Ada ruang bakar untuk briket
- b. Adanya aliran udara (oksigen) dari lubang bawah menuju lubang atas dengan melewati ruang bakar briket yang terdiri dari aliran udara primer dan sekunder
- c. Ada ruang untuk menampung abu briket yang terletak di bawah ruang bakar briket (Anonim, 2014)

Kompor briket batubara berdasarkan ukurannya dapat diklasifikasikan menjadi 2 macam yaitu dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Klasifikasi Ukuran Kompor Briket

Kelas kompor	Kapasitas (briket)	Diameter dalam ruang bakar
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)

Bagian-Bagian Penting dalam Membuat Kompor/Tungku yaitu :

- 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.)

Kompur briket ini memiliki kelebihan antara lain aman dan ramah lingkungan, pada saat digunakan abunya tidak berterbangan dan tidak berasap, tidak meninggalkan noda hitam pada peralatan yang digunakan (alat-alat dapur dan lain-lainnya) tidak mengeluarkan bau menyengat / aroma tidak sedap yang dapat mengganggu aktifitas kerja kesehatan maupun lingkungan.

klasifikasi kelebihan kompor briket ini antara lain :

1. Aman dan praktis

Kompur (kompor briket) aman saat digunakan, tidak menimbulkan resiko ledakan dan mudah perawatan .

2. Bebas polusi dan ekonomis

Kompur (kompor briket) dengan bahan bakar briket tempurung kelapa, sungguh memberikan nilai tersendiri bagi yang memahami pentingnya makna sehat dan hemat.

2.2 Briket

Briket Batubara adalah bahan bakar padat yang terbuat dari Batubara dengan sedikit campuran seperti tanah liat dan tapioka. Briket Batubara mampu menggantikan sebagian dari kegunaan Minyak Tanah seperti untuk Pengolahan Makanan, Pengeringan, Pembakaran dan Pemanasan. Bahan baku utama Briket Batubara adalah Batubara yang sumbernya berlimpah di Indonesia dan mempunyai cadangan untuk selama lebih kurang 150 tahun. Teknologi pembuatan Briket tidaklah terlalu rumit dan dapat dikembangkan oleh masyarakat maupun pihak swasta dalam waktu singkat. Sebetulnya di Indonesia telah mengembangkan Briket Batubara sejak tahun 1994 namun tidak dapat berkembang dengan baik mengingat Minyak Tanah masih disubsidi sehingga harganya masih sangat murah, sehingga masyarakat lebih memilih Minyak Tanah untuk bahan bakar sehari-hari.

Namun dengan kenaikan harga BBM per 1 Oktober 2005, mau tidak mau masyarakat harus berpaling pada bahan bakar alternatif yang lebih murah seperti Briket Batubara (Anonim, 2014).

Teknologi pembuatan briket batubara dari batubara bubuk yang dapat menimbulkan kesulitan pada waktu pengangkutan ternyata sudah banyak dilakukan di beberapa negara. Hal yang mendorong pemanfaatan briket untuk masyarakat dan industri kecil di Indonesia antara lain :

- a) Potensi batubara di Indonesia yang sangat besar.
- b) Dapat dilaksanakan dengan teknologi sederhana, dengan investasi sedikit.
- c) Batubara yang ada di Indonesia mudah pecah dan berkalori tinggi.
- d) Memanfaatkan batubara bubuk yang tidak dipakai, sehingga menjadi lebih bermanfaat.

2.2.1 Jenis – jenis Briket Batubara

Adapun jenis – jenis briket batubara antara lain :

1. Jenis Berkarbonisasi (super), jenis ini mengalami terlebih dahulu proses dikarbonisasi sebelum menjadi Briket. Dengan proses karbonisasi zat-zat terbang yang terkandung dalam Briket Batubara tersebut diturunkan serendah mungkin sehingga produk akhirnya tidak berbau an berasap, namun biaya produksi menjadi meningkat karena pada Batubara tersebut terjadi rendemen sebesar 50%. Briket ini cocok untuk digunakan untuk keperluan rumah tangga serta lebih aman dalam penggunaannya.
2. Jenis Non Karbonisasi (biasa), jenis yang ini tidak mengalami dikarbonisasi sebelum diproses menjadi Briket dan harganya pun lebih murah. Karena zat terbangnya masih terkandung dalam Briket Batubara maka pada penggunaannya lebih baik menggunakan tungku (bukan kompor) sehingga akan menghasilkan pembakaran yang sempurna dimana seluruh zat terbang yang muncul dari Briket akan habis terbakar oleh lidah api dipermukaan tungku. Briket ini umumnya digunakan untuk industri kecil.

2.2.2 Keunggulan Briket Batubara

- Lebih murah
- Panas yang tinggi dan kontinyu sehingga sangat baik untuk pembakaran yang lama
- Tidak beresiko meledak/terbakar
- Tidak mengeluarkan suara bising serta tidak berjelaga
- Sumber Batubara berlimpah

Namun demikian Briket memiliki keterbatasan yaitu waktu penyalaan awal memakan waktu 5 – 10 menit dan diperlukan sedikit penyiraman minyak tanah sebagai penyalaan awal, Briket Batubara hanya efisien jika digunakan untuk jangka waktu diatas 2 jam. Parameter antara minyak tanah dan briket dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

Tabel 2. Parameter Antara Minyak Tanah dan Briket

Parameter	Minyak Tanah	Briket
Nilai Kalori	9000 kkal/ltr	5.400 kkal/ltr
Ekuivalen	1 ltr	1,60 kg
Biaya	Rp.2.800	Rp.1300

(sumber ; pt. ba, bppt)

Selanjutnya perbandingan pemakaian minyak tanah dan briket dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 3. Perbandingan Pemakaian Minyak Tanah dengan Briket

Penggunaan	Minyak Tanah	Briket	Penghematan
Rumah tangga 3 ltr/hari	Rp. 9000/hari	Rp. 5400/hari	Rp. 3600/hari
Warung Makan 10 ltr/hari	Rp. 30.000/hari	Rp. 18.000/hari	Rp. 12.000/hari
Industri Kecil 25 ltr/hari	Rp. 75.000/hari	45.000/hari	Rp. 30.000/hari
Industri Menengah 1000 ltr/hari	Rp. 2.000.000/hari	Rp. 1.502.450/hari	Rp. 497.550/hari

(sumber ; pt. ba, bppt)

2.2.3 Karakteristik Briket

1. Kadar Air

Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan sehingga briket sulit terbakar. Biobriket memiliki kadar air maksimal menurut Standar Industri Nasional untuk ekspor tidak boleh lebih dari 5%. (Kurniawan dan Marsono, 2008: 42)

2. Kadar Abu

Semakin tinggi kadar abu, secara umum akan mempengaruhi tingkat pengotoran, keausan, dan korosi peralatan yang dilalui. Briket dengan kandungan abu yang tinggi sangat tidak menguntungkan karena akan membentuk kerak. (Widyawati, 2006; Brades dan Febrina, 2008)

3. Kadar Kalori

Nilai kalori briket sangat berpengaruh pada efisiensi pembakaran briket. Makin tinggi nilai kalori briket makin bagus kualitas briket tersebut karena efisiensi pembakarannya tinggi. Syarat suatu limbah memiliki nilai bakar standar yakni diatas 5000/kal/gram sebagai pengganti minyak tanah. Mutu briket berdasarkan SNI dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini (Widyawati, 2006: 9) :

Tabel 4. Mutu Briket Berdasarkan SNI

Parameter	Standar Mutu Briket Arang Kayu (SNI No. 1/6235/2000)
Kadar Air (%)	≤ 8
Kadar Abu (%)	≤ 8
Kadar Karbon (%)	≥ 77
Nilai Kalor (kal/g)	≥ 5000

Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan (1994) dalam Santosa.

4. Kadar Emisi

Emisi yang dihasilkan dari pembakaran briket batubra adalah CO₂, CO, NO_x, SO_x dan partikulat. Kwong dkk (2004) meneliti campuran serbuk batubara dan sekam padi untuk berbagai komposisi dan udara lebih (*excess air*). Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi CO lebih dari 40% untuk campuran sekam padi 50%. Hal ini berarti sekam padi dapat menyempurnakan proses pembakaran. Konsentrasi CO juga menurun dengan penambahan *excess air*. Hasil

optimal terjadi pada 30% *excess air* dan 10-20% campuran sekam padi. (Syamstro, 2007)

a. Karbon Monoksida (CO)

Karbon dan Oksigen dapat bergabung membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil pembakaran sempurna. Karbon monoksida merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa dan pada suhu udara normal berbentuk gas yang tidak berwarna. Tidak seperti senyawa lain, CO mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah yaitu hemoglobin.

b. Kadar SO_x (SO₂ dan SO₃)

Emisi SO_x terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, selain itu kandungan sulfur dalam pelumas, juga menjadi penyebab terbentuknya SO_x emisi. Struktur sulfur terbentuk pada ikatan aromatik dan alkil.

c. Kadar NO_x

Nitrogen monoksida terdapat diudara dalam jumlah banyak lebih besar dari pada NO₂. pembentukan NO dan NO₂ merupakan reaksi antara nitrogen dan oksigen diudara sehingga membentuk NO yang bereaksi lebih lanjut dengan banyak oksigen membentuk NO₂. Pada suhu kamar, hanya sedikit kecenderungan reaksi antara nitrogen dan oksigen membentuk NO. Pada suhu tinggi pada proses pembakaran, keduanya dapat membentuk NO dalam jumlah yang lebih banyak.

**Tabel 5. Standar Emisi Gas Buang Menurut Peraturan Menteri Energi
Sumber Daya Mineral No. 047 Tahun 2006**

Parameter	Batas maksimum (mg/Nm ³)
Total partikel	250
Karbon Monoksida (CO)	726
Sulfur Dioksida (SO ₂)	130
Nitrogen Oksida (NO ₂)	140

2.3 Batubara

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisatumbuhan purba yang mengendap yang selanjutnya berubah bentuk akibat prosesfisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Proses mengubah tumbuhan menjadibatubara disebut dengan pembatubaraan (*coalification*). Batubara terbentuk daritumbuhan purba yang berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yangberlangsung selama jutaan tahun.

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. (wikipedia, 2014)

2.3.1 Kelas dan jenis batu bara

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batu bara umumnya dibagi dalam lima kelas antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut.

- a. Antrasit adalah kelas batu bara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.
- b. Bituminus mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batu bara yang paling banyak ditambang di Australia.
- c. Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.
- d. Lignit atau batu bara coklat adalah batu bara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.
- e. Gambut, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

Tabel 6. Jenis Batubara

Penggunaan	Nyala (menit)	Nilai kalori (kal/gr)
Antrasit	5-10	7.222-7.778
Semi antrasit	9-10	5.100-7.237
Bituminous	10-15	4.444-6.111
Sub-bituminus	10-20	4.444-8.333
Lignit	15-20	4.444-8.333

(sumber: Sukandarrumidi, 1995)

2.3.2 Komponen – komponen dalam batubara

Komponen-komponen yang terdapat dalam batubara antara lain :

a. Air

Air dalam batubara dibagi menjadi dua bagian yaitu air bebas (*free moisture*), air yang terikat secara mekanik dengan batubara dan mempunyai tekanan uap normal dimana kadarnya dipengaruhi oleh pengeringan dan pembasahan selama penambangan, transportasi, penyimpanan, dan lain-lain. Air lembab (*moisture in airdried*) yaitu air yang terikat secara fisika dalam batubara dan mempunyai tekanan uap di bawah normal.

b. Karbon, Hidrogen, dan Oksigen

Karbon, hidrogen, dan oksigen merupakan unsur pertama pembentuk batubara. Dari ketiga unsur ini dapat memberikan gambaran mengenai umur, jenis, dan sifat batubara.

c. Nitrogen

Kandungan nitrogen dalam batubara umumnya tidak lebih dari 2%. Nitrogen dalam batubara terdapat sebagai senyawa organik yang terikat pada ikatan karbon.

d. Sulfur

Sulfur dalam batubara terdiri dari sulfur besi dan sering disebut pirit sulfur, sulfur sulfat dalam bentuk kalsium sulfat dan besi sulfat, serta sulfur organik.

e. Abu

Abu yang terbentuk pada pembakaran batubara berasal dari mineral-mineral yang terikat kuat pada batubara seperti silika, titan, dan oksida alkali.

Mineral mineral ini tidak menyublim pada pembakaran di bawah 925°C. Abu yang terbentuk ini diharapkan akan keluar sebagai sisa pembakaran batubara tersebut.

e. Kalor

Pada umumnya logam-logam alkali seperti natrium, kalium, dan litium terikat sebagai garam klorida, sedangkan kadarnya antara 0,3-0,4%. (Setiawan, 2005).

2.4 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.

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 CO₂, sedangkan pembakaran habis adalah proses pembakaran yang terjadi jika bahan bakar terbakar habis adalah proses pembakaran yang tidak semuanya menjadi CO₂ (Abdullah et, al., 1998 dalam Arif Budiman, 2001)

Menurut Culp (1991 dalam Arif Budiman, 2001) proses pembakaran actual dipengaruhi oleh 5 faktor, yaitu :

- 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 actual 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_x . 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.

2.4.1 Kebutuhan Udara-Bahan Bakar

Jumlah udara yang dibutuhkan dapat didekati melalui perbandingan kebutuhan udara dan bahan (sampah) dalam reaksi pembakaran dan melalui pendekatan kandungan karbon dan hidrogen dalam bahan bakar. Untuk pembakaran tuntas dengan jumlah udara teoritis, produk yang dihasilkan terdiri dari karbon dioksida, udara, sulfur dioksida, nitrogen yang menyertai oksigen di dalam udara, dan setiap nitrogen yang terkandung di dalam bahan bakar. Oksigen bebas tidak akan muncul sebagai salah satu produk pembakaran. Jumlah udara yang disuplai biasanya lebih besar dari jumlah teoritis. Jumlah udara aktual yang disuplai biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase udara teoritis (Moran, Michael J., 1988).

Proporsi oksigen dan nitrogen dapat diatur dalam udara baik dalam satuan volume maupun dalam satuan berat. Dalam bentuk presentase, proposinya adalah:

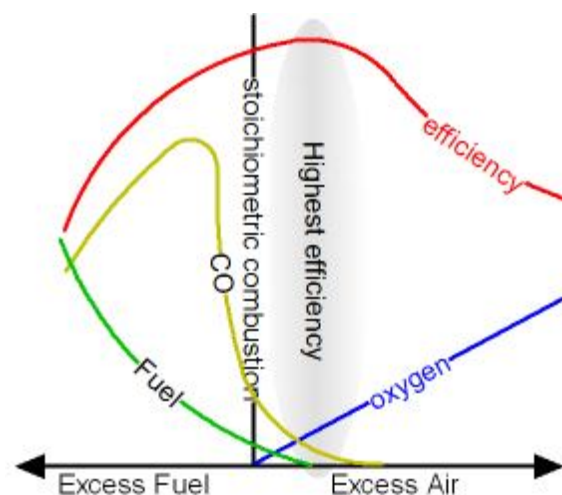
Berdasarkan berat : oksigen = 23,2 %; nitrogen = 76,8%

Berdasarkan volume : oksigen = 21%; nitrogen= 79%

2.4.2 Kebutuhan Udara Teoritis

Udara teoritis (stoikiometris) adalah udara minimum yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna. Dalam prakteknya, kebutuhan udara pembakaran selalu lebih besar dari kebutuhan udara teoritis, dan disebut sebagai udara berlebih

(*excess air*). Besarnya jumlah udara yang harus disuplai ke dalam proses pembakaran terutama dipengaruhi oleh jenis bahan bakar, ukuran partikel bahan bakar, dan teknik pembakarannya (Muhammad Yusuf Firdaus, 2012). Ketika diasumsi bahan bakar dibakar dengan udara teoritis, berarti proses pembakaran tersebut sempurna atau tepat secara kimiawi dan tidak ada atom-atom oksigen yang tidak tercampur hadir di dalam gas yang dihasilkan (Lee, Chun, 2001).



Gambar 1. Grafik stoikiometri pembakaran
(Sumber: engineeringtoolbox.com)

Stoikiometri merupakan salah satu metode yang paling banya digunakan untuk menentukan rumus empirik senyawa yang belum diketahui. Kebanyakan digunakan untuk senyawa-senyawa yang mengandung karbon. Dalam analisis pembakaran, massa suatu senyawa yang telah diketahui dibakar dalam suatu aliran gas oksigen. Semua karbon di dalam sampel terkonversi menjadi karbon dioksida dan semua hydrogen terkonversi menjadi air (Lee, Chun, 2001).

2.4.3 Energi panas hasil pembakaran

Energi panas yang dihasilkan oleh suatu proses pembakaran dapat diketahui besarnya melalui beberapa pendekatan diantaranya melalui pendekatan pancaran panas dari gas hasil pembakaran dan pendekatan jumlah nilai kalor yang dikandung oleh bahan bakar per massa bahan bakar. Pendekatan jumlah energi panas hasil pembakaran berdasarkan pancaran gas hasil pembakaran didekati melalui sifat radiasi gas yang menyerap. Menurut McCabe et, al. (1999) gas-gas

hasil pembakaran memiliki kemampuan untuk memancarkan atau menyerap panas. Pendekatan energi panas yang dihasilkan oleh suatu proses pembakaran adalah melalui nilai kalor yang dikandung oleh bahan bakar.

2.4.4 Udara Berlebih (*excess Air*)

Dalam proses pembakaran sulit untuk mendapatkan pencampuran yang memuaskan antara bahan bakar dengan udara pada proses pembakaran aktual . Udara perlu diberikan dalam jumlah berlebih untuk memastikan terjadinya pembakaran secara sempurna seluruh bahan bakar yang ada (Taufiq, 2008).

Untuk memastikan bahwa pembakaran terjadi secara sempurna, ruang bakar harus mendapatkan tambahan udara (*excess air*). Udara berlebih akan meningkatkan jumlah oksigen dan kemungkinan terbakarnya seluruh bahan bakar. Saat seluruh bahan bakar dan oksigen di udara mencapai titik kesetimbangan, pembakaran dapat dikatakan mencapai stoikiometri. Efisiensi pembakaran akan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah excess air, sampai panas hilang dalam udara berlebih lebih besar daripada panas yang dihasilkan oleh pembakaran yang lebih efisien (engineeringtoolbox.com).

Secara teoritis, oksigen dan karbon monoksida tidak dapat muncul secara serempak dalam gas buang tetapi biasanya keduanya muncul dalam proses pembakaran actual disebabkan oleh pencampuran tak sempurna. Apabila angka perbandingan antara udara dan bahan bakar aktual diketahui, maka persentase kelebihan udara dapat dihitung. Persentase kelebihan udara ditentukan melalui persamaan:

$$\% \text{excess air} = \frac{(\text{mol udara aktual}) - (\text{mol udara teoritis})}{(\text{mol udara teoritis})} \times 100\%$$

(Sumber: Hanyak, Jr., Michael E., 2010)

Berikut ini adalah kisaran pemakaian udara berlebih untuk beberapa bahan bakar:

- a. 5 - 10% untuk gas alam
- b. 5 - 20% untuk bahan bakar minyak
- c. 15 - 60% untuk batubara

Produk pembakaran adalah energi panas, karbon dioksida, uap air, nitrogen dan gas lainnya. Dalam teori ada jumlah spesifik oksigen yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan bahan bakar secara sempurna (engineeringtoolbox.com). Oksigen teoritis adalah laju alir mol (untuk sistem *batch*) atau molar O_2 (untuk sistem kontinyu) yang dibutuhkan agar terjadi pembakaran sempurna pada bahan bakar, dengan asumsi bahwa semua karbon pada bahan bakar teroksidasi menjadi CO_2 , semua hydrogen teroksidasi menjadi H_2O dan sulfur teroksidasi menjadi SO (Hanyak, Jr., Michael E., 2010). Penambahan *excess-air* dapat meningkatkan aliran udara turbulen sehingga akan meningkatkan pencampuran udara dan bahan bakar di ruang bakar mengakibatkan pembakaran akan sempurna. *Excess-air* akan mempengaruhi jumlah gas CO pada gas buang dan kehilangan panas (*heat losses*) pembakaran serta akan mempengaruhi efisiensi pembakaran (Punto Ari Prabawa, 2010).

2.4.5 Rasio Udara-Bahan Bakar (*Air-Fuel Ratio/AFR*)

Dalam suatu proses pembakaran beberapa hal penting yang perlu diperhatikan antara lain bahan bakar, udara (oksigen), kalor, dan reaksi kimia. Selain itu, perbandingan campuran bahan bakar dan udara memegang peranan yang penting pula dalam menentukan hasil proses pembakaran itu sendiri yang secara langsung mempengaruhi reaksi pembakaran yang terjadi serta hasil keluaran (produk) proses pembakaran (Cengel, 1998 dalam Punto Ari Prabawa, 2010).

Metode ini merupakan metode yang paling sering digunakan dalam mendefinisikan campuran dan merupakan perbandingan antara massa dari udara dengan bahan bakar pada suatu titik tinjau. Secara simbolis, AFR dihitung sebagai:

$$AFR = \frac{m_a}{m_f} = \frac{M_a N_a}{M_f N_f}$$

Dimana:

m_a = massa udara (kg)

m_f = massa bahan bakar (kg)

N_a = jumlah mol udara (kmol)

N_f = jumlah mol bahan bakar (kmol)

M_a = massa molar udara (kg/kmol)

M_f = massa molar bahan bakar (kg/kmol)

(Sumber: Culp, Archie W., 1985)

Jika nilai aktual lebih besar dari nilai AFR, maka terdapat udara yang jumlahnya lebih banyak daripada yang dibutuhkan sistem dalam proses pembakaran dan dikatakan miskin bahan bakar dan jika nilai aktual lebih kecil dari AFR stoikiometrik maka tidak cukup terdapat udara pada sistem dan dikatakan kaya bahan bakar (Taufiq, 2008).

a. Perbandingan Udara Bahan Bakar Teoritis

Perbandingan udara bahan bakar teoritis atau stoikiometri menunjukkan kebutuhan udara minimum untuk pembakaran sempurna suatu bahan bakar. Perbandingan ini dapat dinyatakan dalam bentuk massa udara/massa bahan bakar, mol udara/mol bahan bakar, ataupun dalam bentuk volume udara/volume bahan bakar. Perbandingan ini dapat ditentukan dengan analisis ultimasi begitu terbakar. Perbandingan ini dihitung dengan membuat kesetimbangan massa oksigen pada reaktan dapat terbakar (karbon, hidrogen dan sulfur). Perbandingan udara bahan bakar teoritis ditulis dengan persamaan:

$$\left(\frac{A}{F} \right)_{\text{teoretis}} = \frac{\text{Massa } O_2 \text{ yang dibutuhkan dari udara per kg bahan bakar}}{0,232}$$

Dimana:

F = Jumlah bahan bakar (kg)

A = Udara pembakaran (kg)

Faktor 0,232 merupakan fraksi massa oksigen dalam udara.

(Sumber: Culp, Archie W., 1985)

b. Perbandingan Udara Bahan Bakar Aktual

Angka perbandingan antara udara dan bahan bakar aktual untuk suatu proses pembakaran umumnya ditaksir dari pengukuran eksperimental komponen komponen gas di dalam gas buang. Gas buang dapat dianalisis dengan menggunakan peralatan orsat. Untuk menentukan perbandingan antara udara dan bahan bakar aktual pada waktu membakar suatu bahan bakar maka analisis ultimasi dan analisis orsat sangat diperlukan. Setelah analisis gas buang dengan menggunakan *gas analyser* dan analisis ultimasi diketahui, maka perbandingan antara udara dan bahan bakar aktual dapat dihitung melalui persamaan:

$$\left(\frac{A}{F} \right)_{\text{aktual}} = \frac{\left[\frac{(\%N_2)(28)}{(\%CO + \%CO_2)(12)} C_b - N_f \right]}{0,768}$$

Dimana:

Cb = Massa karbon yang sebenarnya terbakar per satuan massa bahan bakar

Nf = Fraksi massa nitrogen dalam bahan bakar (dari analisis ultimasi).

0,768 = Fraksi massa nitrogen dalam udara.

(Sumber: Culp, Archie W., 1985)

2.5 Efisiensi Termal

Dalam hukum termodinamika Efisiensi termal didefinisikan sebagai ukuran kinerja berdimensi perangkat yang menggunakan energi panas, seperti : mesin pembakaran internal, turbin uap, boiler, ruang bakar atau lemari pendingin

misalnya. Dengan kata lain, efisiensi menunjukkan seberapa baik konversi atau proses transfer energi dicapai (Wikipedia.com)

Efisiensi termal kompor meningkat bila persentase panas yang dipindahkan ke bagian dalam tungku meningkat. Efisiensi tungku dapat dihitung dengan dua cara metode langsung. Efisiensi termal kompor dapat ditentukan dengan mengukur jumlah panas yang diserap jumlah bahan bakar yang dipakai.

$$\eta_{\text{termal}} = \frac{\text{Panas yang diterima bahan baku}}{\text{Panas dalam bahan bakar yang dipakai untuk pemanasan bahan baku}}$$

(Sumber : (www.energyefficiencyasia.org))

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_p = Panas jenis bahan baku rata-rata (Kkal /Kg °C)

t₂ = Suhu akhir bahan baku (°C)

t₁ = 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)

Untuk menghitung efisiensi termal dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\text{Panas Keluar (Output)}}{\text{Panas Masuk (Input)}} \times 100 \%$$

(Sumber : Hougen, 1943)

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