

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Batubara

Batubara berasal dari sisa-sisa pohon atau tumbuh-tumbuhan yang telah tertimbun dan mengalami proses kimia dan fisika selama puluhan tahun bahkan ratusan tahun. Batubara adalah suatu endapan yang terutama berasal dari zat organik dan tersusun atas berbagai campuran karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan beberapa pengotor yang lain. ⁽³⁾

Batubara sebagai sumber energi tak terbarukan mempunyai mutu yang bervariasi. Menurut WEC (World Energy Conference), klasifikasi bahan bakar fosil padat yang mencakup batubara dan gambut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel II.1. Batas-batas untuk klasifikasi bahan bakar fosil padat menurut World Energy Conference (ASTM D388)⁽⁴⁾

Jenis bahan bakar padat	Kadar air (% berat)	Nilai panas (kcal/kg)
Gambut	70 - 75	1600
Lignit	35 - 40	4500 - 4600
Batubara sub bituminus	10	5700 - 6400
Batubara bituminus dan Antrasit	3	8450

Berdasarkan hal tersebut maka batubara diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Gambut

Dalam pengertian kasarnya gambut bukan merupakan jenis batubara, namun gambut diklasifikasikan dalam batubara karena menunjukkan sifat-sifat awal yang sesuai dengan sifat kelompok batubara secara umum. Warna gambut umumnya dari coklat muda sampai mendekati hitam. Jenis yang lebih gelap warnanya mempunyai lapisan lebih tebal dan menunjukkan bukti adanya bagian-bagian tumbuhan yang tersisa dibandingkan dengan jenis yang lebih muda warnanya. Kandungan air pada gambut sangat tinggi (sekitar 90%) dan jika dikeringkan di udara kandungan airnya akan menjadi 30%.

2. Lignit

Lignit merupakan batubara tingkat rendah dimana kedudukan lignit dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara . Lignit merupakan batubara yang berwarna coklat dan memiliki tekstur seperti kayu, selain itu ada yang berwarna hitam dan memiliki kemiripan dengan batubara normal. Lignit mempunyai kandungan air yang tinggi sekitar 15% dengan nilai kalor kurang lebih 4000 kkal/kg dan mempunyai zat terbang tinggi.

3. Sub bituminus

Batubara jenis ini merupakan peralihan antara batubara jenis lignit dan batubara jenis bituminus. Batubara jenis ini memiliki warna hitam yang

mempunyai kandungan air, zat terbang, dan oksigen yang tinggi serta memiliki kandungan karbon yang rendah. Sifat-sifat tersebut di atas menunjukkan bahwa batubara jenis sub bituminus ini merupakan batubara tingkat rendah.

4. Bituminus

Batubara jenis ini merupakan batubara berwarna hitam dengan struktur ikatan yang baik. Kandungan karbon dalam batubara jenis ini bervariasi dari 75 % untuk batubara yang berisi sekitar 45% zat terbang sampai dengan 90% untuk batubara yang memiliki kandungan zat terbang 20%.

5. Antrasit

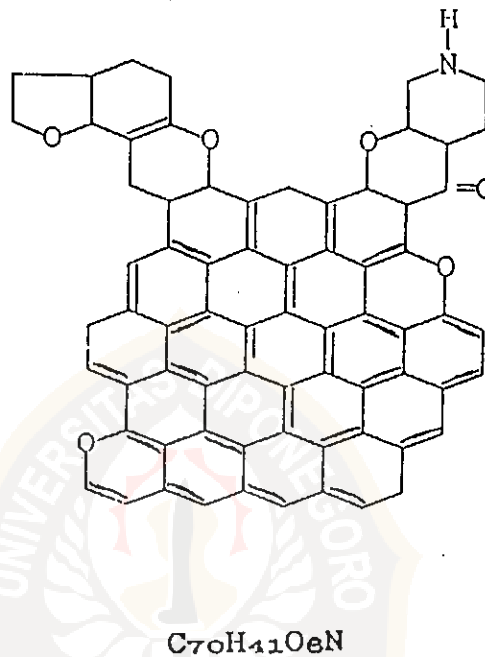
Antrasit merupakan batubara paling tinggi tingkatannya yang mempunyai warna hitam yang sangat mengkilat. Kandungan karbon lebih dari 93% dan kandungan zat terbangnya kurang dari 10%. Diantara batubara lainnya, antrasit paling keras dan padat.

2.2. Komponen dan Struktur Batubara

Karena batubara berasal dari tumbuh-tumbuhan maka batubara tersusun dari unsur-unsur C, H, dan O dalam jumlah yang besar sehingga disebut komponen mayor terutama C (±50-90%). Di samping unsur C, H dan O juga terdapat unsur lain dalam jumlah yang lebih kecil yang disebut komponen minor, yaitu :

- Nitrogen
- Belerang

- Bahan-bahan mineral seperti; Silicon (Si), Aluminium (Al), Besi (Fe), Calcium (Ca), Natrium (Na), Titanium (Ti), dan Magnesium (Mg), yang berasal dari rangka tumbuh-tumbuhan atau dari mineral yang tercampur pada pembakaran batubara tinggal sebagai abu. ⁽⁶⁾ Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Struktur batubara

2.3. PENGGUNAAN BATUBARA SEBAGAI SUMBER ENERGI DI INDONESIA

Pada hakekatnya Indonesia memiliki beberapa sumber energi tak terbarukan di luar minyak bumi antara lain batubara, panas bumi, gas alam, dan tenaga air, seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 11.2. Perkiraan sumber energi utama di Indonesia.⁽⁴⁾

Sumber Energi	Cadangan
Batubara	36.269 juta ton
Minyak bumi	10.727 juta barel
Panas bumi	16.035 MW
Gas alam	109 triliun kaki kubik
Tenaga air	75.624 MW

Menurut Soelistijo (1994), batubara merupakan sumber energi dengan jumlah cadangan yang paling besar di Indonesia. Dengan demikian batubara perlu didayagunakan pemanfaatannya secara optimal.

Panaka (1992) menyebutkan bahwa cadangan batubara Indonesia umumnya termasuk dalam jenis bituminus dan sub bituminus dengan nilai kalor 6000-7000 kkal/kg merupakan pilihan yang tepat untuk menggantikan minyak bumi. Sedangkan menurut BAKOREN (Badan Koordinasi Energi Nasional), hasil analisis teknis batubara yang berasal dari Ombilin dan Bukit Asam, Sumatra, seperti pada tabel 3.

Tabel II.3. Analisis teknis batubara Ombilin dan Bukit Asam, Sumatra⁽⁵⁾

Kandungan bahan (%)	Ombilin bituminus	Bukit Asam	
		sub bituminus	antrasit
Kandungan air	5 - 6	12 - 15	2 - 2,7
Karbon tetap	51 -52	38 - 41	79 -82
Abu	5 - 6	8 - 9	9 - 11
Zat terbang	35 -38	36 - 40	9 - 10
Belerang	0,5 - 0,6	0,3 - 0,6	0,6 - 0,7
Nilai kalori (kkal/kg)	6900 -7200	5750 - 5900	7700-7800

Tabel II.4. Komposisi unsur-unsur pada bahan bakar dan nilai kalornya⁽⁷⁾

Bahan bakar	Komposisi persen berat						Nilai kalori (KJ/kg)
	C	H	O+N	S	H ₂ O	Abu	
Antrasit	83-87	3.5-4.0	3.0-4.7	0.9	1-3	4-6	32,500-34,000
Semi-antrasit	63-76	3.5-4.8	8-10	0.5-1.8	5-15	4-14	26,700-32,500
Batubara bituminous	46-56	3.5-5.0	9-16	0.2-3.0	18-32	2-10	17,000-23,250
Lignit	37	7	13.5	0.5	37	5	16,300
Peat	38-49	3.0-4.5	19-25	0.2-1.0	16-29	1-9	13,800-20,500
Coke	80-90	0.5-1.5	1.5-5.0	0.5-1.5	1-5	5-12	28,000-31,000
Arang kayu	84	1	.	.	12	3	29,600
Kayu (kering)	35-45	3.0-5.0	.	.	7-22	0.3-3.0	14,400-17,400
							(kJ/m ³)
Gas kota	26	56	18	.	.	.	18,600
Gas alam	75	25	.	.	.	.	37,200
Propana, C ₃ H ₈	82	18	.	.	.	.	93,900
Butana, C ₄ H ₁₀	83	17	.	.	.	.	130,000

2.4. Briket Batubara

Briket batubara adalah bahan padat dengan bentuk dan ukuran yang bervariasi terdiri dari partikel-partikel batubara halus atau kokas yang dimampatkan

dengan atau tanpa bahan pengikat (binder) sehingga bahan bakar tersebut mudah ditangani dan dimanfaatkan.⁽⁵⁾

Adapun beberapa faktor yang mendorong dilakukannya penelitian dan pembuatan briket batubara antara lain :

1. Potensi batubara di Indonesia yang masih sangat besar.
2. Pada umumnya batubara Indonesia bersifat mudah pecah dan mempunyai nilai kalor rendah (6000 - 7000 kkal/kg).
3. Adanya kebijaksanaan pemerintah untuk mengurangi pemakaian minyak tanah.
4. Proses pembuatan briket dapat dikerjakan dengan teknologi yang sederhana.

Untuk penggunaan bahan bakar briket batubara pada sektor rumah tangga, diperlukan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Kesanggupan untuk menyala.
2. Tidak mengeluarkan asap yang berlebihan dan berbau.
3. Tidak mudah pecah dalam penanganan (kemasan dan transportasi).
4. Kedap air dan tidak berjamur atau tidak mengalami degradasi jika disimpan dalam waktu yang relatif cukup lama.
5. Kandungan abunya rendah (kurang dari 7 persen berat kering).

Briket batubara yang sudah diperkenalkan oleh Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (PPTM) ada dua jenis yaitu briket tipe telur dan briket tipe selinder atau sarang tawon berlubang-lubang sejajar. Briket tipe telur berukuran

5,5 cm x 5 cm x 3,3 cm, sedangkan briket tipe selinder atau tipe sarang tawon berukuran tinggi 6 cm dengan diameter 12 cm.

Tabel II.5. Komposisi briket batubara tipe telur dan tipe selinder atau sarang tawon⁽⁴⁾

Komposisi	Tipe silinder	Tipe telur
Abu	25-40%	maks. 20-30%
Zat terbang	sampai 10%	sampai 15%
Karbon padat	sampai 50%	sampai 75%
Nilai kalori	4000-6000 kal/gr	5000-7000 kal/gr

Di antara kedua tipe briket batubara tersebut yang paling banyak digunakan adalah briket batubara tipe telur, dengan harga jual rata-rata Rp 250,00/kg.⁽⁶⁾

Untuk keperluan rumah tangga briket tipe telur dan sarang tawon tanpa karbonisasi telah dikembangkan. Briket batubara tipe telur sangat cocok untuk rumah tangga sedangkan briket tipe sarang tawon lebih diarahkan untuk rumah-rumah makan.

2.5. Prinsip Proses Pembuatan Briket

Mengingat jenis batubara Indonesia merupakan batubara bituminus dan sub bituminus yang mempunyai kadar zat terbang (volatil matter) dan kadar air (moisture content) cukup tinggi, maka untuk menghasilkan briket yang tidak berasap dan tidak berbau harus digunakan proses tertentu.

Di dalam proses pembuatan briket batubara ada dua prinsip dasar yaitu proses karbonisasi dan proses tanpa karbonisasi. Proses karbonisasi adalah proses pembuatan briket dengan mengkarbonisasi atau memanaskan batubara terlebih dulu pada suhu 600-700 ° C dengan tidak ada aliran udara, sebelum dilakukan pembriketan, sedangkan proses tanpa karbonisasi adalah proses pembuatan briket tanpa memanaskan batubara terlebih dahulu jadi langsung dilakukan penggerusan batubara yang kemudian dilanjutkan tahapan berikutnya yaitu pencampuran dengan bahan pengikat setelah itu dilakukan pencetakan. Proses tanpa karbonisasi ini dikembangkan oleh negara Cina yaitu *top ignition*. Kelebihan dari proses karbonisasi dibandingkan dengan tanpa karbonisasi adalah: ⁽⁵⁾

1. Tidak perlu pengemasan khusus , karena tidak bersifat higroskopis.
2. Tidak mudah pecah.
3. Tungku yang digunakan tidak perlu disain khusus.

Sedangkan kekurangannya :

1. Biaya produksi lebih mahal sehingga harga jual mahal.
2. Batubara yang dibutuhkan lebih banyak , hal ini disebabkan karena pada saat karbonisasi batubara semula 1 kg; setelah karbonisasi beratnya tinggal 500-600 gr.
3. Penyalaan awal lebih sulit.
4. Berasap saat digunakan untuk memasak.

Untuk proses tanpa karbonisasi mempunyai kelebihan dibandingkan dengan proses karbonisasi sebagai berikut :

1. Biaya produksi rendah sehingga harga jual lebih murah.
2. Pemakaian batubara lebih sedikit .
3. Penyalaan awal lebih mudah karena ada penyulutnya .

Sedangkan kekurangannya :

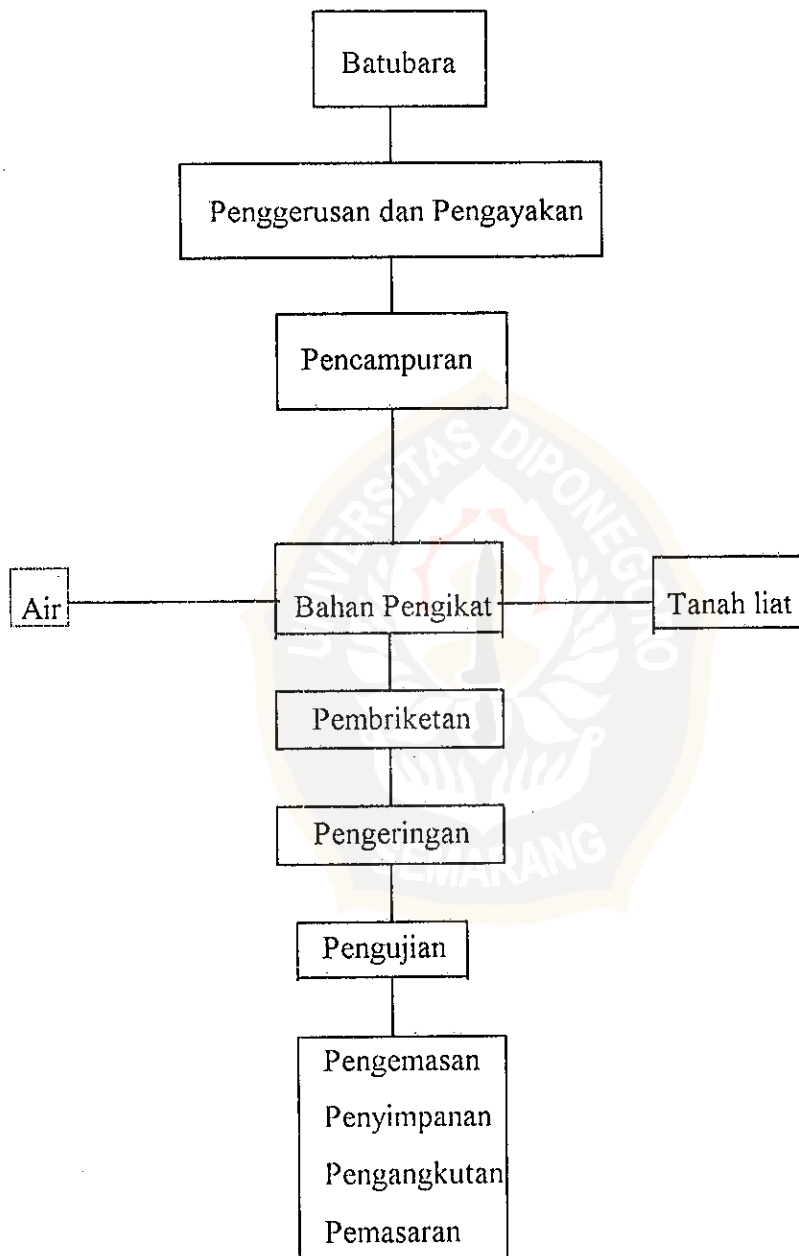
1. Pada saat pencetakan membutuhkan tekanan yang lebih besar.
2. Mudah pecah sehingga perlakuannya harus hati-hati.
3. Memerlukan pengemasan yang khusus karena sifatnya yang higroskopis.
4. Memerlukan tungku dengan disain khusus.

Proses briket batubara Cina bertipe *top ignition* pada garis besarnya sebagai berikut :

1. Terjadi pembakaran sempurna sehingga tidak terjadi asap dan bau; dengan disain tungku yang khusus.
2. Briket dibakar dari atas ke bawah.

Terlepasnya zat terbang akibat pemanasan diatur sedemikian rupa sehingga keluar secara perlahan-lahan dan habis terbakar, untuk itu pada saat pencetakan briket harus diberikan tekanan dengan kekuatan tertentu.

Skema Proses Pembuatan Briket Batubara⁽⁶⁾



Pembriketan ditujukan untuk meningkatkan kualitas batubara; ini disebabkan karena briket batubara yang ada di Indonesia termasuk batubara yang mudah hancur. Beberapa faktor yang berpengaruh adalah jenis batubara, ukuran serta distribusi partikel, tekanan pembriketan, komposisi bahan pengikat (binder) serta jenis bahan pengikat.

a. Jenis batubara

Jenis batubara sangat berpengaruh pada reaktifitas pembakaran briket, karena semakin rendah tingkatannya batubara akan semakin banyak mengandung air (H_2O) dan oksigen (O_2). Batubara yang banyak mengandung air mempunyai struktur yang sangat porous, sehingga bersifat seperti spon yang dapat mengikat air dari udara. Pengaruh jenis batubara terhadap pembakaran sangat besar, dimana semakin banyak kandungan air dalam batubara maka waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya pembakaran semakin lama. Karena air yang terkandung di dalam batubara tersebut harus terlebih dulu diuapkan, agar pada saat pembakaran briket batubara berlangsung lebih cepat .

b. Ukuran serta distribusi partikel.

Ukuran butiran batubara sangat berpengaruh pada kekuatan briket batubara karena menyangkut proses perpindahan panas antar butiran pada saat pembakaran . Partikel yang berukuran halus dengan distribusi yang seragam dapat menaikkan kekuatan karena adanya penyusunan yang lebih sempurna. Dengan semakin kecilnya volume rongga pada

briket maka kekuatan ikatan antar partikel dengan bantuan perekat akan semakin kuat.

c. Tekanan pembriketan

Tekanan pembriketan sangat penting karena dapat memaksa partikel berorientasi membentuk susunan yang paling stabil dan mengisi rongga-rongga yang masih kosong . Kekuatan briket akan semakin bertambah sejalan dengan tekanan yang diberikan hingga pada suatu kondisi dimana bahan pengikat mulai keluar dari briket karena tekanan yang terlalu berlebihan yang akhirnya dapat memecahkan butiran batubara. Pada saat ini pemberian tekanan yang lebih kuat akan menurunkan tekanan briket.

d. Komposisi bahan pengikat

Semakin banyak bahan pengikat penutupan partikel-partikel akan semakin baik dimana akan memperkuat briket yang dihasilkan. Pemberian perekat disesuaikan dengan komposisi batubara yang digunakan, karena pemberian perekat secara berlebihan tidak lagi efektif untuk memberikan kekuatan pada briket karena briket akan dipaksa keluar dari sistem briket karena adanya kompresi (tekanan).

e. Jenis bahan pengikat .

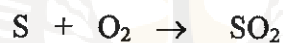
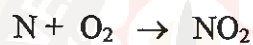
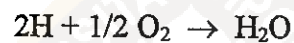
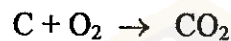
Bahan pengikat yang baik adalah bahan pengikat yang dapat memberikan kekuatan ikatan sehingga akan terbentuk suatu kesatuan antara partikel-partikel batubara dalam sistem briket. Pemilihan jenis bahan pengikat tidak hanya berpengaruh terhadap kekuatan pada sistem briket, akan

tetap juga berpengaruh pada ketahanan bahan pengikat tersebut terhadap perubahan cuaca serta lamanya penyimpanan briket.

2.6. Pembakaran Briket Batubara

2.6.1. Pembakaran Briket Batubara

Peristiwa pembakaran adalah suatu peristiwa dimana bahan bakar bereaksi dengan gas oksigen dan menghasilkan energi. Nyala api baru akan terjadi apabila bahan bakar sudah dalam bentuk gas. Mekanisme reaksi pembakaran secara sempurna terhadap unsur-unsur dalam bahan bakar adalah sebagai berikut:



Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang tungku, yaitu :

1. Ukuran briket

Ukuran briket tipe telur, sehingga rancangan tungku hendaknya disesuaikan dengan dimensi briket.

2. Dinding luar dan dalam tungku

Dinding luar dan dalam tungku terbuat dari lempengan logam tipis. Dinding bagian luar tidak berlubang, sedang dinding bagian dalam berlubang-lubang yang memungkinkan terjadinya pemanasan awal udara

pembakaran serta distribusi udara sekunder dari segala arah dan ketinggian dalam arti luas bidang kontak antara udara pembakaran dengan briket menjadi lebih besar untuk pembakaran.

3. Lubang bukaan bawah

Pada tungku briket, pengaturan besar kecilnya api dengan memperhatikan udara yang masuk melalui lubang bukaan bawah. Di samping untuk mengatur besar kecilnya api, bukaan bawah ini juga berfungsi untuk mematikan briket bila selesai memasak dengan cara menutupnya (bagian atas tungku juga ditutup rapat).

2.6.2. Karakteristik Pembakaran Briket

Pembakaran langsung bubuk batubara (ukuran rata-rata partikel kurang lebih 200 mesh) telah menarik perhatian serta terasa penting dari waktu ke waktu serta keuntungan dalam hal biaya dibandingkan terhadap minyak dan gas bumi . Namun kenyataan yang ada sampai saat ini karakteristik pembakaran batubara masih sangat kompleks serta belum dimengerti secara menyeluruh.

Oleh karena briket adalah bahan bakar padat, maka di dalam penyalannya diperlukan waktu sedikit lebih lama dibandingkan dengan bahan bakar cair dan gas. Pembakaran briket batubara secara langsung akan menghasilkan gas CO_2 dan H_2O sebagai bagian dari gas hasil pembakaran dengan gas bertemperatur tinggi yang merupakan tujuan utama dari proses ini. Pembakaran awal yang terjadi pada briket adalah reaksi antara zat terbang (merupakan gas yang mudah terbakar seperti

hidrokarbon, H_2 dan CO) dengan oksigen (O_2) dari udara yang kemudian diikuti dengan terbakarnya karbon tetap (fixed carbon) dalam briket tersebut. Sistem pembakaran briket dilakukan dari atas ke bawah (top down) dengan bantuan penyulut (ignitor) dalam proses penyalaan dengan lama penyalaan antara 1 - 10 menit. Penyulut yang digunakan terdiri dari bahan-bahan yang mudah dinyalakan (dari bahan yang mengandung nitrat), sehingga nantinya briket lebih mudah dinyalakan.

Karakteristik pembakaran briket ditentukan oleh kemampuan briket untuk menyala, laju pembakaran (penurunan massa untuk selang waktu tertentu), temperatur puncak, nilai kalor, serta emisi gas yang dihasilkan selama pembakaran. Untuk mengetahui karakteristik ini, dilakukan pembakaran terhadap briket (dalam tungku pembakaran) sampai habis (menjadi abu). Sementara itu gas hasil pembakaran seperti CO , CO_2 , SO_2 , dan NO_x diukur melalui gas sampel yang diteruskan ke peralatan analisis gas (Gas Analyzer), sedangkan untuk mengetahui temperatur pembakaran dan pengurangan massa yang terjadi digunakan lima buah termokopel yang diteruskan ke peralatan elektronik (Data Logger) serta timbangan digital dengan daya timbang seberat maksimum 34 kg yang dapat mencatat setiap perubahan yang terjadi selama pembakaran berlangsung.

Secara garis besar proses pembakaran briket batubara adalah sebagai berikut :

- Briket batubara dibakar dari atas ke bawah (top down) dan tidak boleh terbalik.

- Harus terjadi pembakaran sempurna, sehingga tidak terjadi asap dan bau, oleh karena itu disain tungku harus tepat atau sesuai.
- Terlepasnya zat terbang akibat pemanasan harus diatur sedemikian rupa sehingga keluar secara perlahan-lahan dan habis terbakar, untuk itu pada saat pencetakan briket batubara harus diberikan tekanan pada kekuatan tertentu.

Perilaku briket sebagai bahan bakar padat selama pembakaran dalam tungku sangat tergantung pada karakteristik dari jenis dan tipe briket yang digunakan disamping rancangan dan bahan konstruksi pembuatan tungkunya sendiri.

Dipandang dari segi proses pembakaran, analisis proksimat dibandingkan dengan analisis ultimat (analisis unsur : C, H, O, N, S) terhadap briket baik yang batubara maupun yang arang batubara (semi kokas) telah cukup memberikan informasi mengenai karakteristik pembakarannya, karena analisis proksimat terdiri dari dua kelompok komponen yang berbeda yaitu yang mudah terbakar (combustable component) dan yang tidak mudah terbakar (non-combustable component). Kelompok pertama berupa komponen-komponen yang mudah terbakar yaitu zat terbang (volatil matter) dan karbon tetap (fixed carbon). Sedangkan kelompok kedua berupa komponen yang tidak mudah terbakar terdiri dari air lembab (moisture) dan abu (ash). Dimana kelompok komponen pertama (volatil matter dan fixed carbon) umumnya menaikkan panjang nyala api dan nilai

kalori sedangkan kelompok komponen kedua (moisture dan ash) menyebabkan sebaliknya.

Reaksi pembakaran atau penyalan suatu bahan bakar (padat, cair atau gas) hanya akan berlangsung / diprakarsai dalam fasa gas. Oleh sebab itu tidaklah aneh penyalan briket memerlukan waktu yang agak lama dibandingkan dengan bahan bakar lainnya oleh sebab itu kita buat ignitor. Karena briket sebagai bahan bakar padat memerlukan waktu dulu untuk mencapai fase gas, terutama yang berasal dari komponen volatil matter dalam bentuk gas-gas yang mudah terbakar dan ter. Jadi reaksi pembakaran atau penyalan awal antara O_2 dari udara dengan volatil matter akan terjadi terlebih dahulu sebelum dengan fixed carbon.

Zat terbang dari briket merupakan komponen bahan bakar yang dapat menimbulkan asap dan bau, maka proses pembakaran yang sempurna dapat dicapai dengan pengaturan pemasokan dua udara pembakaran yaitu pemasokan udara pertama (primary air) dan pemasokan udara kedua (secondary air), sehingga proses pembakaran ini dapat menghasilkan nyala api yang berwarna biru, tidak berasap, dan tidak berbau. Udara pembakaran yang pertama masuk dari ruang bagian bawah melewati kisi-kisi, sedangkan udara pembakaran yang kedua masuk dari samping pada ruang bagian atas. Lihat gambar 1 (lampiran).

Ada dua jenis briket yang dikembangkan di Indonesia, maka perbedaan prinsipil akan kebutuhan udara pembakaran untuk mencapai proses pembakaran briket yang sempurna tersebut terletak pada:

- Briket batubara : kebutuhan pemasokan antara udara pertama melalui tebal / lapisan briket untuk membakar komponen karbon tetap dan udara kedua di atas tebal/lapisan briket untuk membakar komponen zat terbang harus seimbang.
- Briket semikokas : memerlukan hanya lebih banyak pemasokan udara pertama daripada udara kedua.

2.6.3. Pengujian Briket Batubara

Masalah yang ada dalam pengujian :

- Pada pengujian briket batubara non-karbonisasi sering dihadapi masalah timbulnya gas CO, SO₂ dan NO_x pada awal pembakaran bila tidak digunakan tungku yang sesuai.
- Pada pembakaran briket timbul asap yang berlebihan serta bau yang berlebihan jika pembakaran yang terjadi tidak sempurna.

Belum ada standar pengujian briket yang ada hanyalah spesifikasi briket yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Pertambangan Umum Departemen Pertambangan dan Energi.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan:

- Desain tungku atau tungku dengan membuat suplai udara primer yang cukup untuk pembakaran dengan mengalirkan udara dari bagian bawah tungku lebih banyak.
- membuat penyulut yang mudah terbakar dan timbul nyala pada permukaan briket awal pembakaran.

- Memberikan kuat tekan yang cukup sehingga tidak mudah pecah.
- Pada proses pembuatan briket, pengeringan dilakukan pada suhu 105°C minimal 6 jam untuk mencapai kandungan air dibawah 5% dan penyimpanan yang kedap udara.
- Untuk menetralsir bau yang berlebihan dapat diatasi dengan penggunaan batu kapur dengan jumlah yang sesuai.

Spesifikasi briket batubara :

1. Bentuk briket batubara

Briket batubara dibedakan berupa bentuknya ada yang tipe telur dan sarang tawon atau selinder.

2. Nilai kalor

Analisis ini digunakan untuk mengetahui kalor yang terdapat dalam briket batubara, analisis ini dilakukan dengan peralatan bomb kalorimeter.

3. Analisis proksimat; analisis ini digunakan untuk mengetahui sifat umum briket batubara :

- a. Kandungan air (moisture content)
- b. Zat terbang (volatil matter)
- c. Karbon terikat (fixed carbon)
- d. Abu (ash)

4. Analisis ultimat; analisis ini digunakan untuk mengetahui komposisi unsur - unsur yang terdapat dalam briket batubara :

- Karbon
- Hidrogen
- Nitrogen
- Oksigen
- Belerang (sulfur)

Karakteristik Pembakaran Briket Batubara Dalam Tungku

1. Kemudahan penyalaan (T_d).

Waktu yang diperlukan untuk penyalaan awal sampai briket batubara siap digunakan.

2. Waktu penyalaan (T_s)

Waktu yang diperlukan untuk menaikkan suhu air dalam panci dari 25°C sampai 80°C . T_s menunjukkan kecepatan penyalaan briket dalam tungku.

3. Waktu terbakar maksimal (T_w)

Waktu yang digunakan untuk memanaskan air dalam panci dari suhu saat air mendidih sampai turun beberapa derajat lebih rendah dari suhu air mendidih (98°C). T_w menunjukkan waktu berlangsungnya periode puncak dari pembakaran briket dalam tungku.

4. Waktu penggunaan (T_k)

Waktu yang digunakan untuk memanaskan air dalam panci dari suhu 80°C sampai suhu mendidih kemudian turun lagi sampai 80°C . T_k

menunjukkan waktu penggunaan minimum dari pembakaran briket dalam tungku.

5. Waktu terbakar habis

Waktu yang diperlukan untuk memanaskan air dalam panci dari 25°C sampai suhu pada saat air mendidih kemudian turun lagi sampai 80°C .

6. Emisi gas hasil pembakaran

Untuk mengukur konsentrasi emisi gas yang keluar dari pembakaran briket batubara dalam tungku.

7. Efisiensi pembakaran

Menghitung kemampuan briket terbakar dalam tungku

8. Efisiensi panas

Mengetahui kemampuan pemanfaatan panas hasil pembakaran briket batubara yang digunakan untuk memasak.

2.6.4. Rancangan dan Pembuatan Tungku Briket Batubara

2.6.4.1. Rancangan tungku

Suatu rancangan tungku yang terbaik dari segi ekonomis, teknis dan sosial serta lingkungan hanya dapat dicapai apabila faktor kondisi rancangan tungkunya telah dapat mengimbangi dengan spesifikasi briket selama pembakaran.

Berdasarkan pola pikir perancangan sebuah tungku maka hal-hal yang ditetapkan berupa : bentuk dan ukuran, lubang-lubang pemasokan udara

pembakaran, maka dapatlah diciptakan suatu konsep rancangan tungku yang mengarah untuk dapat dijadikan standart nasional Indonesia.

2.6.4.2. Pembuatan tungku

Di dalam proses pembuatan, bagian tungku yang sangat penting dipertimbangkan adalah bahan baku pembuatan krus, tetapi dalam penelitian ini pembuatan krusnya terbuat dari keramik (tanah liat). Persyaratan bahan baku ini adalah harus murah, mudah diperoleh dan memenuhi persyaratan dipandang dari segi fisik dan kimianya.

Ada dua jenis bahan baku pembuatan krus yang diperlukan yaitu yang bersifat plastis dan yang tidak plastis. Bahan baku plastis yang dipakai adalah biasanya berupa tanah liat, sedangkan bahan baku yang tidak plastisnya disebut sebagai grog, dapat dibagi dua yaitu buatan dan alamiah. Sebagai grog buatan dapat digunakan tanah liat yang telah dibakar, sedangkan yang alamiah digunakan campuran kaolin, felspar dan silika. Komposisi kimia bahan baku alamiah :

Tabel II.6. Komposisi kimia bahan baku pembuatan krus⁽³⁾

Komposisi (%)	Bahan baku			
	Kaolin	Silika	Felspar	Clay
SiO ₂	43,95	87,80	76,01	67,92
Al ₂ O ₃	38,15	5,81	4,48	17,8
Fe ₂ O ₃	1,58	0,25	0,36	1,52
K ₂ O	0,09	3,26	4,07	2,5
Na ₂ O	0,11	0,78	1,67	0,3
MgO	0,004	0,01	0,03	1,6
TiO ₂	0,28	0,65	0,31	0,94

Dari hasil pengamatan dua puluh sampling campuran bahan baku dari hasil pembakaran dalam oven sampai 1000°C setelah pengeringan di udara ternyata campuran yang terdiri dari 10% kaolin, 20% clay, 30% felspar, dan 40% silika adalah yang terbaik.

Tabel II.7. Komposisi kimia campuran bahan baku ini adalah sebagai berikut.⁽³⁾

SiO_2	75,54%
Al_2O_3	14,32%
Fe_2O_3	0,68%
TiO_2	0,24%
MgO	0,34%
Na_2O	0,87%
K_2O	3,01%

2.7. Emisi Gas Hasil Pembakaran Briket Batubara

2.7.1. Karbon Monoksida

Pembakaran sempurna suatu bahan bakar yang mengandung karbon menghasilkan CO_2 , sedangkan bila terjadi pembakaran yang tidak sempurna sebagian karbon akan menghasilkan gas CO (adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau) dan komponen hidrokarbon yang tidak terbakar atau sebagian terbakar yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas -192°C . Komponen ini mempunyai berat sebesar 96,5% dari berat air dan tidak larut di dalam air.

udara menghasilkan beberapa tempat yang kekurangan oksigen, semakin rendah perbandingan antara udara dan bahan bakar, semakin tinggi jumlah karbon monoksida yang dihasilkan.

Suhu tinggi merangsang pembentukan CO dan O. Sebagai contoh, pada suhu 2960° C terjadi disosiasi CO₂ sebanyak 1% menjadi CO dan O, sedangkan pada suhu 2495° C sebanyak 5% CO₂ yang terdisosiasi menjadi CO dan O.

Mekanisme alami dimana karbon monoksida hilang dari udara telah banyak diteliti dan pembersihan CO dari udara kemungkinan terjadi karena proses aktivitas mikroorganisme (fungi) yang terdapat dalam tanah dapat menghilangkan CO dengan kecepatan relatif tinggi dari udara.

Tabel II.8. Pengaruh konsentrasi COHb di dalam darah terhadap kesehatan manusia⁽⁹⁾.

Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Pengaruhnya terhadap kesehatan
< 1,0	Tidak ada pengaruh
1,0 - 2,0	Penampilan agak tidak normal
2,0 - 5,0	Pengaruh terhadap sistem saraf sentral
>5,0	Perubahan fungsi jantung dan pulmonari
10,0 - 80,0	Kepala pusing, mual , pingsan, kematian

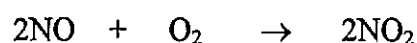
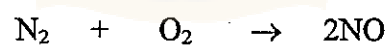
Secara normal sebenarnya darah mengandung COHb dalam jumlah sekitar 0,5%. Jumlah tersebut berasal dari CO yang diproduksi oleh tubuh selama metabolisme pemecahan heme yaitu komponen dari hemoglobin. Sisanya berasal dari CO yang terdapat di udara dalam konsentrasi rendah.

$$\% \text{COHb dalam darah} = 0,16 \times (\text{konsentrasi CO di udara dalam ppm}) + 0,5$$

2.7.2. Nitrogen Oksida

Nitrogen oksida (NO_x) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrik oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2). Nitrik oksida merupakan gas yang tidak berwarna dan berbau, sedangkan nitrogen dioksida mempunyai warna coklat kemerahan dan berbau tajam.

Oksida yang lebih rendah, yaitu NO, terdapat di atmosfer dalam jumlah lebih besar daripada NO_2 . Pembentukan NO dan NO_2 mencakup reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO, kemudian reaksi selanjutnya antara NO dengan lebih banyak oksigen membentuk NO_2 . Persamaan reaksinya adalah :



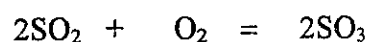
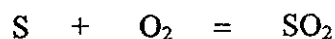
Udara terdiri dari sekitar 80% volume nitrogen dan 20% volume oksigen. Kedua bentuk nitrogen oksida, yaitu NO dan NO_2 sangat berbahaya terhadap manusia. Penelitian aktivitas angka kematian kedua komponen tersebut menunjukkan bahwa NO_2 empat kali lebih beracun dari NO. Selama ini belum

pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Pada konsentrasi yang normal ditemukan di atmosfer, NO tidak mengakibatkan iritasi dan tidak berbahaya tetapi NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO₂ yang lebih beracun. NO₂ bersifat racun terutama terhadap paru-paru, konsentrasi NO₂ lebih tinggi dari 100 ppm bersifat mematikan terhadap kebanyakan hewan. Konsentrasi NO₂ sebesar 800 ppm atau lebih mengakibatkan 100% kematian pada hewan yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang. Pemberian sebanyak 5 ppm NO₂ selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesukaran dalam bernafas.

2.7.3. Sulfur Oksida

Polusi oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna, yaitu sulfur dioksida (SO₂) dan sulfur trioksida (SO₃) dan keduanya disebut sebagai SO_x. Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif.

Pembakaran bahan-bahan yang mengandung sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur oksida, tetapi jumlah relatif masing-masing tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Meskipun udara tersedia dalam jumlah cukup, SO₂ selalu terbentuk dalam jumlah besar. Mekanisme pembentukan SO_x dapat dituliskan dalam dua tahap reaksi sebagai berikut :



Pengaruh utama polutan SO_x terhadap manusia adalah iritasi sistem pernafasan, beberapa iritasi tenggorokan terjadi pada konsentrasi SO_2 sebesar 5 ppm atau lebih. SO_2 dianggap polutan yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernafasan.

Tabel II.8. Pengaruh SO_2 terhadap manusia⁽⁹⁾

Konsentrasi (ppm)	Pengaruh
3 - 5	Jumlah terkecil yang dapat terdeteksi dari baunya
8 -12	Jumlah terkecil yang mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah terkecil yang mengakibatkan iritasi mata
20	Maksimum yang diperbolehkan kontak dalam waktu lama
50 - 100	Maksimum yang diperbolehkan kontak dalam waktu singkat

