

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Batubara

Batubara salah satu bahan bakar fosil yang berasal dari batuan sedimen yang dapat terbakar dan terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pematubaraan. Pembentukan batubara memerlukan kondisi tertentu hanya terjadi pada era-era tertentu sepanjang sejarah geologi. 340 juta tahun yang lalu adalah masa pembentukan batubara yang paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk, dan senyawa anorganik. [5]

Batubara adalah salah satu sumber energi di dunia. Batubara adalah campuran yang sangat kompleks dari zat kimia organik yang mengandung karbon, oksigen dan hidrogen dalam sebuah rantai karbon. Menurut Undang-Undang No.4 tahun 2009 tentang mineral dan batubara, batubara merupakan endapan senyawa organik karbonan yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuhan dan bisa terbakar. Dalam pengertian lain batubara adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan, serta berwarna coklat sampai hitam, yang sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia yang menjadikan kandungan karbonnya kaya. [5]

Endapan batubara Indonesia tersebar dari Sumatera sampai Papua. Endapan itu paling banyak ditemukan di cekungan – cekungan besar seperti di Aceh, Sumatera Selatan, Kalimantan Timur, atau Kalimantan Selatan. Menurut Badan Geologi (2011), jumlah sumber daya batubara mencapai 161 miliar ton dan cadangannya mencapai 28 miliar ton. Dengan jumlah itu, cadangan batubara Indonesia hanya 0,6% dari jumlah cadangan batubara dunia.

Dari total produksi batubara Indonesia, sekitar 25 % digunakan untuk kepentingan dalam negeri, sedangkan 75% diekspor ke luar negeri. Pada tahun 2012, Indonesia menjadi eksportir terbesar batubara dunia dan menjadi produsen kedua terbesar batubara di dunia. [5]

Saat ini hampir 70% produksi batubara Indonesia untuk dalam negeri dimanfaatkan oleh Perusahaan Listrik Negara sebagai bahan bakar pembangkit proses metalurgi. Melalui kebijakan energi nasional, pemerintah Indonesia mencanangkan peningkatan pemakaian batubara untuk kepentingan dalam negeri dan mengurangi ekspor batubara. Batubara Indonesia akan dijadikan sekitar 33% dari total energi Indonesia pada tahun 2025.

Batubara sendiri memiliki kelas dan jenis tertentu berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, temperatur, dan juga waktu. Batubara umumnya dibagi ke dalam lima kelas :

1. Antrasit adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilau (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.
2. Bituminus mengandung 68% - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8 – 10% dari beratnya. Kelas batubara yang paling banyak ditambang di Australia.
3. Sub-bituminus batubara jenis ini merupakan peralihan antara jenis lignit dan bituminous. 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 menunjukkan bahwa batubara jenis sub-bituminus ini merupakan batubara tingkat rendah.
1. Lignit merupakan batubara peringkat rendah dimana kedudukan lignit dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut batubara.
2. Gambut, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

Dalam batubara terdiri atas beberapa unsur di antaranya yaitu karbon (C), oksigen (O), dan hidrogen (H). Selain itu dalam batubara pun dapat dijumpai beberapa unsur lain seperti sulfur (S), nitrogen (N) dan beberapa unsur logam pengotor yang terjebak pada saat pembentukan batubara.

Batubara bisa dibakar untuk membangkitkan uap atau di karbonisasi untuk membuat bahan bakar cair atau dihidrogenasikan untuk membuat gas metan. Gas sintesis atau bahan bakar berupa gas bisa diproduksi sebagai bahan produk utama

dengan jalan gasifikasi batubara menggunakan oksigen dan uap atau udara dan uap.

2.2 Sekam Padi

Sekam padi merupakan salah satu *by product* yang dihasilkan pada proses penggilingan padi. Rendemen produk yang diperoleh pada proses penggilingan padi, antara lain: 55% biji utuh, 15% beras patah, 20% sekam, dan 10% dedak halus. Berdasarkan angka ramalan (ARAM) III, produksi padi diperkirakan sebesar 69.05 juta ton Gabah Kering Giling (GKG), naik 1.58 juta ton (2.46%). Kenaikan produksi diperkirakan terjadi karena peningkatan luas panen sebesar 234.54 ribu hektar (1.82 %) dan produktivitas sebesar 0.31 kwintal/hektar (0.62 %). Berdasarkan rendemen produk yang diperoleh pada proses penggilingan padi, maka pada tahun 2013 dihasilkan 37.98 juta ton beras utuh, 10.36 juta ton beras patah, 13.81 juta ton sekam, dan 6.9 juta ton bekatul. Perkembangan produksi padi tahun 2010 sebesar 66.47 ton, 2011 menghasilkan 65.76 ton, dan hingga 2012 produksi padi mencapai 69.06 ton.

Peningkatan produksi padi dari tahun ke tahun menyebabkan terjadinya peningkatan limbah sekam padi yang dihasilkan. Saat ini, sekam padi hanya 4 dimanfaatkan untuk pembakaran dan pembuatan batu bata dalam jumlah yang sangat kecil. Aktivitas lain pemanfaatan sekam padi adalah pembuatan arang sekam untuk media tanaman dan arang aktif untuk pembuatan adsorben.



Gambar 2.1 Sekam padi

2.3 Biopelet

Biomassa sebagai salah satu sumber energi terbarukan, biomassa harus mengalami proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai sumber energi, salah satunya yaitu dengan cara mengolah biomassa menjadi biopelet. Guna memanfaatkan biopelet sebagai sumber energi terbarukan (*renewable*), biopelet harus mengalami proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai sumber energi. [7]

Sekam padi merupakan salah satu biomassa limbah pertanian yang ketersediaanya melimpah di Indonesia. Menurut BPS Sumatera Selatan (2015), produksi padi pada tahun 2015 mencapai 4,26 juta ton gabah kering giling. Produksi padi ini memiliki kenaikan 16,04 setiap tahunnya. Proses penggilingan padi menghasilkan 55% biji utuh, 15% beras patah, 20% sekam, dan 10% bekatul. [7]

Berdasarkan angka (ARAM) III, produksi padi tahun 2013 diperkirakan sebesar 69,05 juta ton Gabah Keing Giling (GKG), naik 1,5 juta ton (2,46%) dibandingkan produksi tahun 2009. Kenaikan produksi diperkirakan terjadi karena peningkatan luas panen sebesar 234,54 ribu hektar (1,82%) dan produktivitas sebesar 0,31 kuintal/hektar (0,62). Perkembangan produksi padi tahun 2010 sebesar 66,47 ton, 2011 menghasilkan 65,75 ton, dan hingga 2012 produksi padi mencapai 69,06 ton.

Peningkatan produksi padi dari tahun ke tahun menyebabkan terjadinya peningkatan limbah sekam padi yang dihasilkan. Saat ini, sekam padi hanya dimanfaatkan untuk pembakaran dan pembuatan batubara dalam jumlah yang sangat kecil.

Biopelet atau pelet yang berasal dari biomassa dikonversi dan dapat dimanfaatkan sebagai energi bahan bakar menggunakan teknik densifikasi. Konversi biomassa dapat menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, mempunyai ukuran, dan kualitas yang seragam dari biopelet yang dihasilkan. [7]

Pada umumnya, biopelet yang dihasilkan mempunyai diameter 8-11 mm dan panjang 15-20 mm. Penambahan perekat yang digunakan pada proses

pembuatan biopelet yaitu 0,5-5 % sedangkan ukuran mesh yang digunakan ialah ukuran 40-60 mesh. [7]

Penggunaan biopelet telah dikenal luas oleh masyarakat di negara negara Eropa dan Amerika. Pada umumnya biopelet digunakan sebagai bahan bakar boiler pada industri dan pemanas ruangan di musim dingin. Biopelet tersebut mempunyai standar tertentu seperti Tabel 2.1

Tabel 2.1 Standar biopelet pada beberapa Negara

Parameter	Unit	Austria (a)	Jerman (a)	Swedia (a)	Prancis (a)
Diameter	Mm	4-10	4-10	6,35-7,94	6-16
Panjang	Mm	5 x d	<50	<3,81	10/1
Densitas	Kg/dm ³	>1,2	1,0-1,4	>0,6	>1,15
Kadar air	%	<10	<12	<10	≤15
Kadar abu	%	<0,50	<1,50	<0,7	≤6
Nilai kalor	MJ/kg	>1,8	17,5-19,5	>19,08	>16,9

Sumber : Hahn (2004), PFI (2007), Douard (2007)



Gambar 2.2 Biopelet sekam padi

2.4 Densifikasi

Densifikasi adalah salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik suatu bahan yang bertujuan untuk memadatkan dan meningkatkan kerapatan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi nilai bahan yang digunakan. Proses densifikasi dilakukan pada bahan berbentuk curah atau memiliki sifat fisik yang tidak beraturan. Terdapat tiga tipe proses densifikasi, antara lain : *extruding*, *briquetting*, dan *pelleting*. Proses

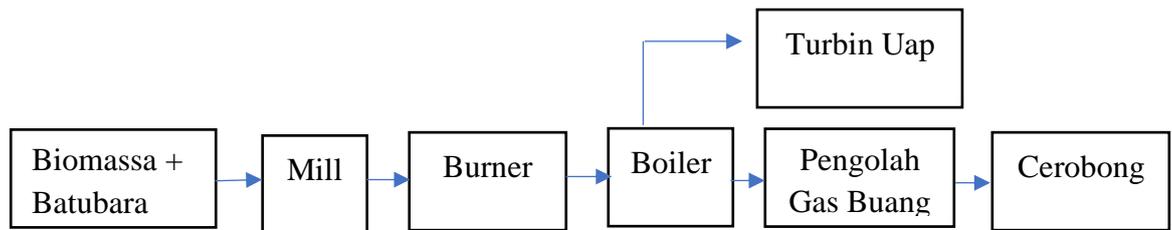
extruding, bahan dimampatkan menggunakan sebuah ulir (*screw*) atau piston sehingga menghasilkan produk yang kompak dan padat. Proses *briquetting* menghasilkan produk berbentuk seperti tabung dengan ukuran diameter dan tinggi yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Proses *pelleting* terjadi karena adanya aliran bahan dari roll yang berputar disertai dengan tekanan menuju lubang-lubang dies pencetak. Peletisasi merupakan proses pengeringan dan pembentukan biomassa dengan menggunakan tekanan tinggi untuk menghasilkan biomassa padat berbentuk silinder dengan diameter maksimum 25 mm. Proses peletisasi bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar biomassa dengan volume yang secara signifikan lebih kecil dan densitas energi lebih tinggi, sehingga lebih efisien untuk proses penyimpanan, transportasi, dan konversi ke dalam bentuk energi listrik atau energi kimia lainnya.

Bahan baku pelet dipanaskan dan ditekan secara friksi melalui lubang yang terdapat pada alat. Selanjutnya material yang telah mengalami densifikasi keluar melalui alat dalam bentuk seragam dan dipotong menggunakan pisau sesuai dengan ukuran panjang yang diinginkan. Pada umumnya, pelet yang dihasilkan mempunyai diameter 5- 15 mm dan panjang kurang dari 30 mm. Proses densifikasi dalam pembuatan pelet mempunyai beberapa keunggulan, di antaranya: meningkatkan nilai kalor total per satuan volume, memudahkan transportasi dan penyimpanan produk akhir, mempunyai keseragaman bentuk dan kualitas, serta mampu mensubstitusi kayu hutan sehingga mengurangi kegiatan penebangan hutan. Di sisi lain, densifikasi juga mempunyai beberapa aspek kelemahan, seperti tingginya biaya investasi dan kebutuhan energi yang dibutuhkan, serta adanya karakteristik pembakaran yang tidak diinginkan, seperti sulit menyala dan menimbulkan asap.

2.5 Co-firing

Co-firing merupakan suatu proses pembakaran dua material yang berbeda secara bersamaan. Dengan menggunakan *co-firing* emisi dari pembakaran suatu bahan bakar fosil dapat dikurangi. *co-firing* merupakan salah satu metode alternatif untuk mengubah biomassa menjadi tenaga listrik, yaitu dengan cara substitusi sebagai batubara dengan biomassa ke dalam sebuah unit pembangkit. Biomassa

dikenal sebagai zero CO₂ emisi, dengan kata lain tidak menyebabkan akumulasi CO₂ di atmosfer, dan biomassa juga mengandung lebih sedikit sulfur jika dibandingkan dengan batubara. Oleh karena itu, *co-firing* batubara dan biomassa menyebabkan menurunnya emisi CO₂ dan jumlah polutan NO_x dan SO_x dari bahan bakar fosil. Hingga saat ini, terdapat tiga jenis konfigurasi *co-firing* yang telah digunakan, yaitu *direct co-firing*, *indirect cofiring*, dan *parallel co-firing*.



Gambar 2.3 *Direct co-firing* dengan water mill yang sama

Tabel 2.2 Komposisi unsur kimia pada biomassa dan batubara

No	Material	Komposisi Unsur (% berat)		
		C	H	O
1	Kayu / Biomassa	49	7	44
2	Gambut	60	6	34
3	Batubara Lignit	70	5	25
4	Batubara subbituminus	75	5	20
5	Batubara bituminus	85	5	10
6	Batubara antrasit	94	3	3

Sumber : Speight [8]

2.5.1 *Direct co-firing*

Pada konfigurasi ini, biomassa (sebagai bahan bakar sekunder) dimasukkan bersamaan dengan batubara (sebagai bahan bakar primer) ke dalam boiler yang sama. *Direct co-firing* lebih umum digunakan karena paling murah. Pada *direct co-firing* sendiri, ada dua pendekatan yang dapat dilakukan. Yang pertama adalah pencampuran dan perlakuan awal terhadap biomassa dan batubara dilakukan bersamaan sebelum diumpangkan ke pembakaran. Yang kedua, perlakuan awal biomasa dan batubara dilakukan secara terpisah, kemudian baru diumpangkan ke pembakar.

2.5.2 *Indirect co-firing*

Konfigurasi *indirect co-firing* mengacu pada proses gasifikasi biomassa, dimana gas hasil gasifikasi biomassa kemudian diumpankan ke dalam pembakar dan dibakar bersama batubara. Dengan menggunakan konfigurasi ini, abu dari biomassa akan terpisah dari abu batubara dengan tetap menghasilkan rasio *co-firing* yang sangat tinggi. Kekurangan dari *indirect co-firing* adalah biaya investasinya yang tinggi.

2.5.3 *Paraler co-firing*

Parallel co-firing melibatkan suatu pembakaran dan boiler terpisah untuk biomassa, dimana hasil pembakaran dari biomassa akan membangkitkan uap yang kemudian akan digunakan pada sirkuit power plant pembakaran batubara. Walaupun konfigurasi ini membutuhkan investasi yang lebih besar daripada *direct co-firing*, konfigurasi ini memiliki kelebihan tersendiri. Dengan menggunakan konfigurasi ini, sangatlah mungkin untuk digunakan bahan bakar dengan kandungan logam alkali dan klorin tinggi dan abu dari hasil pembakaran batubara serta biomassa akan dihasilkan terpisah.

2.6 Karakteristik Bahan Baku

2.6.1 Kadar air

Kadar air berhubungan langsung dengan nilai kalor yang dihasilkan. Pengukuran kadar air memiliki tujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari biopellet yang dihasilkan. Kandungan kadar air di dalam bahan bakar / biopellet mempengaruhi nilai kalor, semakin rendah nilai kadar air maka akan meningkatkan nilai kalor. Kadar air yang rendah akan memudahkan proses penyalaan dan menurunkan jumlah asap saat pembakaran.

Kadar air memakai persamaan Kadar air dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kadar air} = \frac{BB - BKT}{BKT} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

BB = Berat contoh sebelum dikeringkan (gram)

BKT = Berat contoh setelah dikeringkan (gram)

2.6.2 Kadar Abu

Abu merupakan sisa pembakaran yang tidak lagi memiliki unsur karbon. Unsur utama dari karbon adalah silika yang tidak dapat terbakar pada waktu pembakaran sehingga pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dapat menurunkan kualitas pelet. Abu cenderung menyebabkan karat dalam proses pembakaran sehingga abu menjadi kendala pada bahan bakar karena tidak dapat bereaksi dan terbakar dan akan menumpuk didasar boiler atau terbang bersama gas. [9] Perhitungan kadar abu memakai persamaan :

$$\text{Kadar Abu \%} = \frac{\text{Berat Abu}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

2.6.3 Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang diukur untuk mengetahui zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa-senyawa di dalam suatu bahan selain air. Kadar zat terbang yang tinggi pada suatu bahan bakar akan menurunkan efisiensi pembakaran dan asap yang dihasilkan akan semakin banyak sehingga menimbulkan polusi. Perhitungan kadar zat terbang memakai rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Zat Terbang \%} = \frac{B-C}{W} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

B = Berat sampel setelah dikeringkan dari uji kadar air (gram)

C = merupakan berat sampel setelah dipanaskan dalam *furnace* (gram)

W = Berat sampel awal sebelum pengujian kadar air (gram)

2.6.4 Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat adalah fraksi karbon dalam biomassa selain fraksi air, zat terbang, dan abu. Kadar karbon terikat (KKT, dalam %) berbanding terbalik dengan zat terbang. Kadar karbon terikat yang tinggi pada biopellet akan memiliki nilai kalor yang juga tinggi. Perhitungan kadar karbon terikat memakai persamaan sebagai berikut :

$$\text{KKT \%} = 100 \% - (\text{Kadar air} + \text{Kadar abu} + \text{Kadar zat terbang}) \dots\dots\dots (4)$$

2.6.5 Densitas

Densitas berpengaruh terhadap kualitas bahan bakar padat, karena densitas yang tinggi dapat meningkatkan nilai kalor bahan bakar.

$$\text{Densitas} = \frac{B}{V} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

B = Berat contoh uji (gram)

V = Volume contoh uji (cm³)

2.6.6 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter kualitas biopellet yang selanjutnya diuji. Nilai kalor adalah besarnya panas yang dihasilkan dari pembakaran suatu bahan bakar dengan jumlah tertentu. Penetapan nilai kalor menggunakan alat Bomb Calorimeter. Nilai kalor d dihitung dengan persamaan :

$$\text{Nilai Kalor (kal/g)} = \frac{t.w-I1-I2-I3}{m} \dots\dots\dots(6)$$