

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gasifikasi

Gasifikasi merupakan metode konversi secara termokimia bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas berupa *syngas* dalam wadah yang disebut *gasifier* dengan menyuplai agen gasifikasi seperti uap panas, udara dan lainnya. Dalam prosesnya ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses gasifikasi yaitu waktu, kecepatan aliran udara, serta rasio udara dan bahan bakar (AFR). Proses gasifikasi berlangsung didalam *gasifier*, didalam *gasifier* ini akan terjadi proses pemanasan sampai temperatur reaksi tertentu dan selanjutnya bahan bakar padat yang digunakan akan bereaksi dengan oksigen melalui proses pembakaran untuk kemudian dihasilkan gas mampu bakar dan sisa hasil pembakaran lainnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa proses gasifikasi merupakan proses parsial bahan baku padat yang melibatkan reaksi antara oksigen dengan bahan bakar padat.

Dari semua teknologi konversi, gasifikasi telah dianggap sebagai pendekatan yang paling menjanjikan karena keunggulannya seperti kemampuan auto-termal, konversi karbon tinggi, nilai kalor yang lebih tinggi (daripada gas yang mudah terbakar yang berasal dari pirolisis) dari *syngas* (Raheem A dkk, 2019).

2.2.1 Jenis – jenis *Gasifier*

a. *Updraft Gasifier*

Updraft gasifier merupakan reaktor gasifikasi yang umum digunakan secara luas. Ciri khas dari reaktor gasifikasi ini adalah aliran udara dari *blower* masuk melalui bagian bawah reaktor melalui *grate* sedangkan aliran bahan bakar masuk dari bagian atas reaktor sehingga arah aliran udara dan bahan bakar memiliki prinsip yang berlawanan (*counter current*).

Produksi gas dikeluarkan melalui bagian atas dari reaktor sedangkan abu pembakaran jatuh ke bagian bawah *gasifier* karena pengaruh gaya gravitasi dan berat jenis abu. Di dalam reaktor, terjadi zonafikasi area pembakaran berdasarkan pada distribusi temperatur reaktor gasifikasi. Zona pembakaran terjadi di dekat

grate yang dilanjutkan dengan zona reduksi yang akan menghasilkan gas dengan temperatur yang tinggi.

Gas hasil reaksi tersebut akan bergerak menuju bagian atas dari reaktor yang memiliki temperatur lebih rendah dan gas tersebut akan kontak dengan bahan bakar yang bergerak turun sehingga terjadi proses pirolisis dan pertukaran panas antara gas dengan temperatur tinggi terhadap bahan bakar yang memiliki temperatur lebih rendah. Panas *sensible* yang diberikan gas digunakan bahan bakar untuk pemanasan awal dan pengeringan bahan bakar. Kedua proses tersebut, yaitu proses pirolisis dan proses pengeringan terjadi pada bagian teratas dari reaktor gasifikasi.

b. *Downdraft Gasifier*

Pada tipe *downdraft* sumber panas terletak di bawah bahan bakar, aliran udara bergerak ke zona gasifikasi di bagian bawah yang menyebabkan asap *pyrolysis* yang dihasilkan melewati zona gasifikasi yang panas. Hal ini membuat tar yang terkandung dalam asap terbakar, sehingga gas yang dihasilkan oleh reaktor ini lebih bersih. Keuntungan reaktor tipe ini adalah reaktor ini dapat digunakan untuk operasi gasifikasi yang berkesinambungan dengan menambahkan bahan bakar melalui bagian atas reaktor (Kusuma, I.P; 2013).

c. *Crossdraft Gasifier*

Prinsip kerja reaktor gasifikasi tipe *inverted downdraft* sama dengan prinsip kerja reaktor gasifikasi *downdraft*. Perbedaan antara reaktor gasifikasi *downdraft* dengan reaktor gasifikasi *inverted downdraft gasifiers* terletak pada arah aliran udara dan zona pembakaran yang dibalik. Sehingga bahan bakar berada pada bagian bawah reaktor dengan zona pembakaran di atasnya. Aliran udara mengalir dari bagian bawah ke bagian atas reaktor (Latif, Marlina; 2014).

Kelebihan dan kekurangan masing – masing jenis *gasifier* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Jenis - jenis *Gasifier*

Jenis <i>Gasifier</i>	Kelebihan	Kekurangan
<i>Updraft</i>	Mekanismenya sederhana Hilang tekan rendah Efisiensi panas baik Proses reduksi lebih maksimal Arang habis terbakar	Sensitif terhadap tar dan uap bahan bakar Memerlukan waktu <i>start-up</i> yang cukup lama untuk mesin <i>internal combustion</i>
<i>Downdraft</i>	Tidak sensitif terhadap tar Mudah bereaksi dengan umpan	Desain <i>gasifier</i> tinggi Tidak cocok untuk beberapa jenis biomassa
<i>Crossdraft</i>	Desain <i>gasifier</i> pendek Responsif saat diisi umpan	Sangat sensitif membentuk terak Mudah kehilangan tekanan tinggi

(Sumber : Rinovianto, 2012)

2.2.2 Tahapan Gasifikasi

Gasifikasi umumnya terdiri dari empat proses, yaitu pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi. Pada *gasifier* jenis unggun terfluidakan, kontak yang terjadi saat pencampuran antara gas dan padatan sangat kuat sehingga perbedaan zona pengeringan, pirolisis, oksidasi, dan reduksi tidak dapat dibedakan. Salah satu cara untuk mengetahui proses yang berlangsung pada *gasifier* jenis ini adalah dengan mengetahui rentang temperatur masing-masing proses, yaitu:

- a. Pengeringan : $T > 150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- b. Pirolisis/Devolatilisasi : $150\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 700\text{ }^{\circ}\text{C}$
- c. Oksidasi : $700\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$
- d. Reduksi : $800\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

Proses pengeringan, pirolisis, dan reduksi bersifat menyerap panas (endotermik), sedangkan proses oksidasi bersifat melepas panas (eksotermik). Pada pengeringan, kandungan air pada bahan bakar padat diuapkan oleh panas yang diserap dari proses oksidasi. Pada pirolisis, pemisahan *volatile matters* (uap air, cairan organik, dan gas yang tidak terkondensasi) dari arang atau padatan karbon bahan bakar juga menggunakan panas yang diserap dari proses oksidasi.

Pembakaran mengoksidasi kandungan karbon dan hidrogen yang terdapat pada bahan bakar dengan reaksi eksotermik, sedangkan gasifikasi mereduksi hasil pembakaran menjadi gas bakar dengan reaksi endotermik.

a. Pengerinan

Reaksi ini terletak pada bagian atas reaktor dan merupakan zona dengan temperatur paling rendah di dalam reaktor yaitu di bawah 150°C. Proses pengerinan ini sangat penting dilakukan agar pengapian pada *burner* dapat terjadi lebih cepat dan lebih stabil. Pada reaksi ini, bahan bakar yang mengandung air akan dihilangkan dengan cara diuapkan dan dibutuhkan energy sekitar 2.260 kJ untuk melakukan proses tersebut sehingga cukup menyita waktu operasi.

Menurut Kurniawan (2012), penelitian yang telah dilakukannya menunjukkan bahwa pengerinan manual oleh sinar matahari berperan penting dalam mempercepat proses pengerinan didalam reaktor oleh panas reaksi pembakaran (oksidasi). Penjemuran dengan sinar matahari pada suhu diatas 32°C selama dua jam dapat mempercepat waktu pengerinan di dalam reaktor hingga 30% atau kurang dari 25 menit. Jika dibandingkan dengan penjemuran pada suhu 30°C yang mencapai 25-40 menit untuk proses pengerinan saja

b. Pirolisis / Devolatilisasi

Pirolisis atau devolatilisasi disebut juga sebagai gasifikasi parsial. Suatu rangkaian proses fisik dan kimia terjadi selama proses pirolisis yang dimulai secara lambat pada $T < 350^{\circ}\text{C}$ dan terjadi secara cepat pada $T > 700^{\circ}\text{C}$. Ketika suhu pada zona pirolisis rendah maka akan dihasilkan banyak arang dan sedikit cairan (air, hidrokarbon dan tar). Komposisi produk yang tersusun merupakan fungsi temperatur, tekanan, dan komposisi gas selama pirolisis berlangsung.

Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 230°C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, seperti lignin pada biomassa dan *volatile matters* pada batubara, pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya. Produk cair yang menguap mengandung tar dan PAH (*polyaromatic hydrocarbon*). Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas ringan (H_2 , CO, CO_2 , H_2O , dan CH_4), tar, dan arang.

c. Reduksi

Reduksi atau gasifikasi melibatkan suatu rangkaian reaksi endotermik yang disokong oleh panas yang diproduksi dari reaksi pembakaran. Reduksi terjadi pada suhu $< 800^{\circ}\text{C}$ dan menghasilkan gas mampu bakar (*syngas*) berupa H_2 , CO , dan CH_4 .

d. Oksidasi

Oksidasi atau pembakaran arang merupakan reaksi terpenting yang terjadi di dalam *gasifier*. Proses ini menyediakan seluruh energi panas yang dibutuhkan pada reaksi endotermik. Oksigen yang dipasok ke dalam *gasifier* bereaksi dengan substansi yang mudah terbakar. Hasil reaksi tersebut adalah CO_2 dan H_2O yang secara berurutan direduksi ketika kontak dengan arang yang diproduksi pada pirolisis.

2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi

Menurut (Rismawan, dkk 2013) terdapat faktor – faktor yang mempengaruhi proses gasifikasi diantaranya adalah

a. Kandungan energi bahan bakar yang digunakan

Bahan bakar dengan kandungan energi yang tinggi akan memberikan pembakaran gas yang lebih baik.

b. Kandungan air dari bahan bakar yang digunakan

Bahan bakar dengan tingkat kelembaban yang lebih rendah akan lebih mudah digasifikasikan daripada bahan bakar dengan tingkat kelembaban yang tinggi.

c. Bentuk dan ukuran bahan bakar

Ukuran bahan bakar yang lebih kecil memerlukan *fan / blower* dengan tekanan yang lebih tinggi.

d. Distribusi ukuran bahan bakar

Distribusi ukuran bahan bakar yang tidak seragam akan menyebabkan bahan bakar yang digunakan lebih sulit terkarbonisasi, dan mempengaruhi proses gasifikasi.

e. Temperatur reaktor gasifikasi

Temperatur reaktor ketika proses gasifikasi berlangsung sangat mempengaruhi produksi gas yang dihasilkan. Untuk itu reaktor gasifikasi perlu diberi insulasi untuk mempertahankan temperatur di dalam reaktor.

2.2 Batubara

2.2.1 Pengertian Batubara

Batubara merupakan sedimen organik bahan bakar hidrokarbon padat yang berasal dari proses pembusukan tumbuh – tumbuhan secara biokimia (penggambutan) dan geokimia (pembatubaraan) yang berlangsung pada kurun waktu yang sangat lama. Proses tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu tekanan yang berhubungan dengan kedalaman, dan suhu yang berhubungan dengan pengurangan kadar air dalam batubara. Batubara mengandung unsur – unsur karbon, hidrogen, oksigen, oksigen, dan sulfur. Selain itu, batubara juga mengandung zat lain berupa senyawa anorganik pembentuk debu (*ash*).

Beberapa definisi batubara lainnya yang digunakan oleh para ahli dalam berbagai literatur antara lain :

- Batubara adalah batuan yang diturunkan dari jasad tumbuh - tumbuhan yang telah mengalami perubahan fisik dan kimiawi dalam kurun waktu yang panjang oleh Winans & Crelling
- Batubara adalah batuan yang tersusun dari dominasi senyawa organik dan senyawa pengotor anorganik/mineral oleh Hendricks, Grimes & Meyer.
- Batubara adalah batuan sedimen yang tersusun dari maceral dan mineral oleh Davidson. Maceral tersebut meliputi : vitrinite, exinite dan innernite.
- Batubara adalah batuan yang struktur utamanya tersusun dari senyawa-senyawa aromatik dan hidro aromatic oleh Van Krevelen & Meyer.
- Batubara adalah batuan yang tersusun dari kopolimer yang amorphous melalui ikatan silang dari gugus aromatik yang stabil oleh Edger.

Sementara pengertian tentang batubara dari berbagai sudut pandang bidang ilmu diberikan berikut ini :

- Bidang Kimia Sains

Batubara adalah sumber bahan kimia alami karena batubara tersusun lebih dari ratusan jenis senyawa berharga. Pengembangan rute rute isolasi senyawa berharga dari batubara sudah dilakukan oleh para ahli kimia dari abad ke 19.

- Bidang Teknik Kimia

Batubara adalah senyawa alam yang dapat dikonversi ke dalam bentuk lainnya. Batubara dapat dikonversi menjadi bentuk briket (*coal briquetting process*), bentuk arang/kokas (*coal carbonization process*), bentuk cair (*coal liquifaction process*) dan bentuk gas (*coal gasification process*). Pengembangan pabrik-pabrik komersial untuk proses-proses diatas juga sudah dilakukan oleh para ahli teknik kimia sejak awal abad ke 19

- Bidang Energi

Batubara merupakan sumber energi yang sangat melimpah dan murah. Sebagai bahan bakar batubara dapat dimanfaatkan dalam bentuk padat (batubara bongkah atau briket), bentuk cair (minyak batubara dan *coal water fuel*) dan bentuk gas (*coal gas synthesis*). Sebelum ditemukannya cadangan minyak bumi dan gas pada abad ke 19, batubara merupakan sumber energi primer utama di dunia. Peranannya dalam revolusi industri di abad ke 18 sangat besar terutama dengan ditemukannya mesin uap.

- Bidang Lingkungan

Batubara merupakan pencemar lingkungan yang sangat besar. Flue gas hasil pembakaran batubara mengandung CO_x, SO_x dan NO_x dalam jumlah yang besar. Disamping itu abu terbang batubara (*fly ash*) juga merupakan penyumbang total *suspended solid* ke udara. Sebagian para pencinta lingkungan menolak penggunaan batubara sebagai bahan bakar, karena dinilai merupakan penyumbang utama terhadap pemanasan global. Sementara sebagian yang lainnya terus berupaya mendorong untuk pengembangan teknologi batubara bersih/ramah lingkungan.

- Bidang Ekonomi

Batubara adalah suatu komoditas yang mempunyai prospek ekonomi yang sangat baik. Karena potensi yang dimilikinya; baik sebagai bahan bakar maupun sebagai sumber bahan kimia, batubara sudah sejak lama menjadi sebuah

komoditas ekonomi yang sangat penting. Apalagi ditengah melambungnya harga minyak dunia batubara semakin menjadi primadona ekonomi seperti yang terjadi di India, Cina, Australia, Amerika Serikat, Polandia, Afrika Selatan, Ukraina dan Indonesia. Komoditas ini mempunyai volume perdagangan yang sangat besar, baik dalam negeri, antar negara bahkan antar benua.

2.2.2. Proses Pembentukan Batubara

Proses pembentukan induk batubara (*peat*) dari fosil tumbuh - tumbuhan dinamakan proses koalifikasi. Proses ini memerlukan kondisi-kondisi tertentu, karena itu proses koalifikasi hanya terjadi pada tempat-tempat dan era-era tertentu saja sepanjang sejarah geologi.

Era/zaman karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu (jtl), adalah era pembentukan batubara yang paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk pada era tersebut. Pada Zaman Permian, kira-kira 270 jtl, juga terbentuk endapanendapan batubara yang ekonomis di belahan bumi bagian selatan, seperti Australia, dan berlangsung terus hingga ke Zaman Tersier (70 - 13 jtl) di pelbagai belahan bumi lainnya.

Ada tiga teori tentang proses pembentukan induk batubara yang dikemukakan oleh para ahli yakni :

a. Teori Taylor

Menurut Taylor pembentukan induk batubara diawali dengan perubahan tingkat kebasaaan lapisan tanah yang disebabkan oleh perubahan senyawa kompleks kalsium alumino menjadi senyawa kompleks natrium alumino. Senyawa ini selanjutnya dihidrolisa oleh air membentuk larutan alkali yang menyebabkan lapisan tanah menjadi *impermeable* terhadap gas dan air. Setelah lapisan *impermeable* ini terbentuk maka bakteri anaerob akan melakukan aksi dekomposisi membentuk *humid acid*. *Humid acid* yang terbentuk akan dinetralkan oleh larutan alkali yang terdapat pada lapisan tanah tersebut. Proses ini terus berlanjut sampai terbentuk induk batubara (*peat*). Jadi proses pembentukan induk batubara semata mata hanya akibat aksi bakteri anaerob (*bio processing*), tidak dipengaruhi oleh aksi panas dan tekanan.

b. Teori Bergious

Teori Bergious ini didasarkan pada hasil penelitian yang menunjukkan bahwa bila material kayu dipanaskan sampai temperatur ± 340 °C dalam kondisi inert (tidak berkontak dengan oksigen/udara) maka akan diperoleh padatan yang mirip batubara dengan kandungan carbon mencapai 80 %. Kandungan karbon bisa melebihi 80 % bila pemanasan dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi. Jadi menurut Bergious pembentukan batubara dalam lapisan tanah diawali dengan tumbang/robohnya tumbuh-tumbuhan, kemudian jasad tumbuhan tersebut tertimbun oleh lapisan tanah disekitarnya. Dengan berjalannya waktu maka jasad tumbuhan tersebut akan semakin jauh tertimbun dari permukaan bumi, dimana temperatur dan tekanan juga semakin tinggi, sehingga jasad tumbuhan akan terdekomposisi membentuk batubara. Kualitas batubara akan ditentukan oleh temperatur dan tekanan dekomposisi yang dialami oleh jasad tumbuhan serta biasanya berbanding lurus dengan perjalanan waktu.

c. Teori Kombinasi

Menurut teori kombinasi pembentukan batubara diawali dari proses biokimia yakni proses pembusukan kayu oleh bakteri. Proses ini dipengaruhi oleh peredaran air, temperatur, keasaman, dan toksisitas dari lingkungan tempat terjadinya pembusukan. Proses pembusukan ini dikenal juga dengan proses penggambutan (peatification) yang akan menghasilkan induk batubara. Tahap penggambutan adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5 – 10 meter. Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut (Susilawati 1992). Setelah peat terbentuk dalam tahap biokimia, selanjutnya proses pembentukan batubara diikuti oleh tahap dinamokimia yakni proses penimbunan peat oleh lapisan tanah disekitarnya sehingga peat akan mendapatkan tekanan dari lapisan tanah diatasnya (overburden) dan dari samping sebagai akibat dari pergeseran kulit bumi. Pada tahap ini terjadi proses dekomposisi terhadap peat sehingga prosentase karbonnya akan meningkat,

sedangkan prosentase hidrogen dan oksigennya akan berkurang (Susilawati 1992). Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit (brown coal), sub bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit.

2.2.3. Faktor – faktor yang mempengaruhi pembentukan batubara

Ada empat factor utama yang mempengaruhi proses pembentukan batubara yakni :

a. Pengaruh tipe lingkungan pengendapan

Ada dua tipe endapan batubara berdasarkan tempat terbentuknya penumpukan jasad tumbuhan, yakni :

- Endapan Insitu

Endapan insitu adalah endapan batubara yang terletak didekat tumbuhan pembentuknya tumbuh (di daerah rawa).

- Endapan Drift

Endapan drift adalah endapan batubara yang terletak dimuara-muara sungai (jauh dari tempat tumbuhan pembentuknya tumbuh).

Menurut Diessel (1984) lebih dari 90% batubara di dunia terbentuk di lingkungan paralik (daerah seperti ini dapat dijumpai di dataran pantai, lagunal, deltaik, atau juga fluviatil) dan sisanya dilingkungan limnik.

Diessel juga mengemukakan bahwa terdapat 6 tipe lingkungan pengendapan utama pembentuk batubara yaitu *gravelly braid plain*, *sandy braid plain*, *alluvial valley and upper delta plain*, *lower delta plain*, *backbarrier strand plain*, dan *estuary* yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

b. Pengaruh Temperatur

Ada tiga bentuk aksi temperatur yang bekerja pada endapan batubara yakni :

- *Geothermal Gradient*

Temperatur endapan batubara sangat ditentukan oleh jarak endapan tersebut dari perut bumi. Semakin jauh letak endapan batubara dari permukaan bumi maka semakin tinggi temperaturnya. Secara umum temperature lapisan tanah naik 3 – 4 0C setiap penambahan kedalaman 100 m.

- *Igneous Intrusion*

Igneous intrusion adalah peristiwa intrusi lapisan batubara oleh lelehan magma akibat aktifitas vulkanik. Intrusi lapisan batubara secara *vertical* oleh lelehan magma dinamakan dyke. Sementara intrusi lapisan batubara secara horizontal oleh lelehan magma disebut sill.

- *Tectonic Activity*

Aktivitas tektonik seperti pergeseran lempeng bumi atau blok batuan yang terjadi disekitar daerah endapan akan menimbulkan panas sehingga mempengaruhi temperature pada daerah endapan tersebut.

Tabel 2.2 Tipe Lingkungan Pengendapan Batubara

<i>Environment</i>	<i>Sub Environment</i>	<i>Coal Characteristic</i>
<i>Gravelly braid plain</i>	<i>Bars, channel, overbank plains, swamps, raised bogs</i>	<i>mainly dull coals, medium to low TPI, low GI, low sulphur</i>
<i>Sandy braid plain</i>	<i>Bars, channel, overbank plains, swamp, raised bogs</i>	<i>mainly dull coals, medium to high TPI, low to medium GI, low sulphur</i>
<i>Alluvial valley and upper delta plain</i>	<i>channels, point bars, floodplains and basins, swamp, fens, raised bogs</i>	<i>mainly bright coals, high TPI, medium to high GI, low sulphur</i>
<i>Lower delta plain</i>	<i>Delta front, mouth bar, splays, channel, swamps, fans and marshes</i>	<i>mainly bright coals, low to medium TPI, high to very high GI, high sulphur</i>
<i>Backbarrier strand plain</i>	<i>Off-, near-, and backshore, tidal inlets, lagoons, fens, swamp, and marshes</i>	<i>transgressive : mainly bright coals, medium TPI, high GI, high sulphur</i> <i>regressive : mainly dull coals, low TPI and GI, low sulphur</i>
<i>Estuary</i>	<i>channels, tidal flats, fens and marshes</i>	<i>mainly bright coal with high GI and medium TPI</i>

(Sumber : Batubara, Jilid I, 2008.)

c. Pengaruh Tekanan

Ada dua bentuk tekanan yang lazim bekerja pada endapan batubara yakni :

- Tekanan *Overburden*

Tekanan yang disebabkan oleh beban lapisan tanah yang menimbun endapan batubara dari arah atas ke arah bawah.

- Tekanan *Trush*

Tekanan mendatar yang disebabkan oleh pergeseran kulit bumi sebagai akibat dari aktivitas tektonik

d. Pengaruh Waktu Geologi

Skala waktu pembentukan geologi batubara akan mempengaruhi tingkat kematangan batubara. Ada delapan waktu geologi pembentukan batubara seperti diberikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pengaruh Waktu Geologi Pembentukan Batubara

No.	Periode	Waktu Geologi
1.	<i>Quartemary</i>	Sekarang – 2 juta tahun yang lalu
2.	<i>Tertiary</i>	2 – 65 juta tahun yang lalu
3.	<i>Cretaceous</i>	65 – 135 juta tahun yang lalu
4.	<i>Jurassic</i>	135 – 180 juta tahun yang lalu
5.	<i>Treasic</i>	180 – 225 juta tahun yang lalu
6.	<i>Permian</i>	225 – 275 juta tahun yang lalu
7.	<i>Carboniferous</i>	275 – 350 juta tahun yang lalu
8.	<i>Devonian</i>	350 – 410 juta tahun yang lalu

(Sumber : Batubara, Jilid I, 2008.)

Setiap jenis batubara dipastikan memiliki kualitas dan karakteristik yang berbeda. Kualitas dan karakteristik batubara ditentukan berdasarkan komposisi dan nilai kalori yang terkandung. Nilai kalori inilah yang berperan sebagai energi panas saat batubara digunakan. Jenis batubara yang didasari nilai kalorinya akan menunjukkan bagaimana kualitas batubara tersebut. Kualitas dan karakteristik batubara disebabkan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan yang disebut sebagai maturitas organik.

Untuk mengetahui komposisi dan karakter batubara perlu dilakukan pengujian kandungan batubara secara *proximate* dan *ultimate*. Analisa *proximate* berupa *moisture*, *volatile matter* dan *fixed carbon*. Sementara analisa *ultimate* berupa kandungan unsur karbon, hidrogen, nitrogen, belerang, dan oksigen. Analisa komposisi batubara dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Komposisi Batubara

Komponen	Antrasit	Bituminus	Sub-Bituminus	Lignit
Moisture (%)	3 - 6	2 - 15	10 - 25	25 - 45
Volatile Matter (%)	2 - 12	15 - 45	28 - 45	24 - 32
Fixed Carbon (%)	75 - 85	50 - 70	30 - 57	25 - 30
Ash (%)	4 - 15	4 - 15	3 - 10	3 - 15
Sulfur (%)	0,5 - 2,5	0,5 - 6	0,3 - 1,5	0,3 - 2,5
Hidrogen (%)	1,5 - 3,5	4,5 - 6	5,5 - 6,5	6 - 7,5
Karbon (%)	75 - 85	65 - 80	55 - 70	35 - 45
Nitrogen (%)	0,5 - 1	0,5 - 2,5	0,8 - 1,5	0,6 - 1,0
Oksigen (%)	5,5 - 9	4,5 - 10	15 - 30	38 - 48
Heating Value (Btu/lb)	12000 - 13500	12000 - 14500	7500 - 10000	6000 - 7500
Densitas (gr/ml)	1,35 - 1,7	1,28 - 1,35	1,35 - 1,4	1,4 - 1,45

(Sumber : Handbook of Coal Analysis, 2005)

Tabel 2.5 Komposisi Batubara

Kelas	Grup		Fixed Carbon	Volatile Matter	Heating Value
	Nama	Simbol	Dry (%)	Dry (%)	Dry (Kcal/kg)
Antrasit	<i>Meta-anthrasite</i>	Ma	>98	>2	7740
	<i>Anthrasite</i>	An	92 - 98	2 - 8	8000
	<i>Semi-anthrasite</i>	Sa	86 - 92	8 - 15	8300
	<i>Low-volatile</i>	Lvb	78 - 86	14 - 22	8741
Bituminus	<i>Medium-volatile</i>	Mvb	89 - 78	22 - 31	8640
	<i>High-volatile A</i>	hvAb	<69	>31	8160
	<i>High-volatile B</i>	hvBb	57	57	6750 - 8160
	<i>High-volatile C</i>	hvCb	54	54	7410 - 8375
Sub-Bituminus	<i>Sub-bituminous A</i>	subA	55	55	6880 - 7540
	<i>Sub-bituminous B</i>	subB	56	56	6540 - 7230
	<i>Sub-bituminous C</i>	subC	53	53	5990 - 6860
Lignit	<i>Lignite A</i>	ligA	52	52	4830 - 6360
	<i>Lignite B</i>	ligB	52	52	<5250

(Sumber : Krik-Othmer, Volume 6)

2.3 Gas Mampu Bakar (*Syngas*)

Gas mampu bakar atau yang lebih dikenal gas sintetik (*syngas*) merupakan campuran hidrogen dan karbonmonoksida.. *Syngas* merupakan bahan baku yang penting untuk industri kimia dan industri pembangkit daya. *Syngas* memiliki kepadatan energi kurang dari setengah kepadatan energi gas alam. Proses utama pembentukan *syngas* bersifat endotermik dengan nilai $\Delta H^\circ = 206$ kJ/mol sedangkan *syngas* yang tidak di metanisasi biasanya memiliki kapasitas kalor sebesar 120 BTU/scf. *Syngas* yang digunakan sebagai bahan bakar seringkali

dihasilkan dari batubara atau biomassa dan sampah rumah tangga yang telah melalui proses *pyrolysis* atau distilasi destruktif menjadi *coke* (karbon tidak murni) yang kemudian dilanjutkan dengan menyemburkan uap dan udara.

Syngas dari gasifikasi batubara memiliki prospek yang bagus karena tiga hal, yang pertama, produk *syngas* sangat komersial, banyak digunakan oleh industri-industri, baik untuk bahan kimia, energi, dan bahan bakar transportasi. Yang kedua, *syngas* lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan gas alam maupun minyak bumi dengan rendahnya emisi CO₂, SO_x, dan NO_x. Yang ketiga, melimpahnya sumber daya batubara di Indonesia. Selain cadangannya yang cukup besar, gasifikasi batubara juga dapat memanfaatkan batubara muda yang jumlahnya di Indonesia mencapai 70% (*Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*, 2013).