

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Jenis-Jenis Barubara

Proses geologi memberikan tekanan pada bahan biotik mati dari waktu ke waktu. Sesuai dengan kondisi saat itu, bahan biotik mati tersebut berubah menjadi jenis-jenis batubara, berturut-turut sebagai berikut :

a. Gambut (*peat*)

Golongan ini sebenarnya termasuk jenis batubara, tapi merupakan bahan bakar. Hal ini disebabkan karena masih merupakan fase awal dari proses pembentukan batubara. Endapan ini masih memperlihatkan sifat awal dari bahan dasarnya (tumbuh-tumbuhan). Gambut dianggap sebagai bentuk awal batubara, digunakan oleh industri untuk bahan bakar di beberapa daerah. Dalam bentuk dehidrasinya, *peat* merupakan penyerap tumpahan bahan bakar dan minyak yang sangat efektif, baik di darat dan air. *Peat* juga digunakan sebagai komdisioner tanah agar lebih mampu mempertahankan dan perlahan-lahan melepaskan air.

b. Lignit (Batubara Coklat, “Brown Coal”)

Golongan ini sudah memperlihatkan proses selanjutnya berupa struktur kekar dan gejala pelapisan. Apabila dikeringkan, maka gas dan airnya akan keluar. Lignit merupakan peringkat terendah dari

batubara dan digunakan hampir secara eksklusif sebagai bahan bakar pembangkit listrik. *Jet* adalah bentuk lignit yang kompak, yang terkadang dipoles dan telah digunakan sebagai batu hias sejak zaman *upper palaeolithic*. Endapan ini bisa dimanfaatkan secara terbatas untuk kepentingan yang bersifat sederhana, karena panas yang dikeluarkan sangat rendah.

c. Sub-Bituminous (Bitumen Menengah)

Golongan ini memperlihatkan ciri-ciri tertentu yaitu warna kehitam-hitaman dan sudah mengandung lilin. Sifatnya berkisar diantara batubara lignit dan bitumen. Endapan ini dapat digunakan untuk pemanfaatan pembakaran yang cukup dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi, sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap dan merupakan sumber energi penting bagi hidrokarbon aromatik untuk industri sintesis kimia.

d. Bituminous

Adalah batuan sedimen padat, biasanya hitam tapi kadang-kadang coklat tua, rapuh (*brittle*) dengan membentuk bongkah-bongkah prismatic, berlapis dan tidak mengeluarkan gas dan air bila dikeringkan. Endapan ini dapat digunakan antara lain untuk kepentingan transportasi dan industri. Umumnya digunakan sebagai bahan pembangkit listrik tenaga uap, dalam jumlah besar digunakan untuk aplikasi panas dan daya di sektor manufaktur, dan digunakan untuk pembuatan kokas.

e. Steam Coal

Adalah kelas batubara di antara bitumen dan antrasit, dahulu sering digunakan sebagai bahan bakar lokomotif uap. Di Amerika Serikat digunakan pada mesin uap batubara yang kecil, sebagai bahan bakar untuk pemanasan air domestik.

f. Antrasit

Golongan ini berwarna hitam, kelas, kilap dan tinggi, dan pecahannya memperlihatkan pecahan *chocoidal*. Pada proses pembakaran memperlihatkan warna biru dengan derajat pemanasan yang tinggi. Digunakan untuk berbagai macam industri besar yang memerlukan temperatur tinggi.

g. Grafit

Secara teknis *ranking-nya* paling tinggi, tapi sulit untuk dinyalakan dan tidak umum digunakan sebagai bahan bakar. Jenis batubara ini banyak digunakan sebagai pelumas.

(R.Ward, Colin, 1984, "Coal Geology and Coal Technology", Blackwell Scientific Publicaton.)

Ada 3 macam klasifikasi yang dikenal untuk dapat memperoleh beda variasi kelas/mutu dari batubara yaitu :

1. Klasifikasi Menurut ASTM

Klasifikasi ini dikembangkan di Amerika oleh *Bureau of mines* yang akhirnya dikenal dengan klasifikasi menurut ASTM (*America society for testing and material*). Klasifikasi ini berdasarkan *rank* dari batubara itu atau berdasarkan derajat *metamorphism-nya* atau

perubahan selama proses *coalifikasi* (mulai dari lignit hingga antrasit). Untuk menentukan *rank* batubara diperlukan data *fixed carbon* (dmmf), *volatile metter* (dmmf) dan nilai kalor dalam Btu/lb dengan basis mmmf (*moist, mmf*). Cara pengklasifikasian :

a. Untuk batubara dengan kandungan VM lebih kecil dari 31% maka klasifikasi didasarkan pada FC-nya, untuk ini dibagi menjadi 5 group, yaitu :

- FC lebih besar dari 98% disebut meta antrasit
- FC antara 92-98% disebut antrasit
- FC antara 86-92% disebut semi antrasit
- FC antara 78-86% disebut *medium volatile*
- FC antara 69-78% disebut *low volatile*

b. Untuk batubara dengan kandungan VM lebih besar dari 31% maka klasifikasi didasarkan atas nilai kalornya dengan basis mmmf

- 3 *group bituminous coal* yang mempunyai *moist* nilai kalor 14.000 – 13.000 Btu/lb yaitu *high volatile A bituminous coal* (>14.000), *volatile B bituminous coal* (13.000-14.000), dan *volatile C bituminous coal* (<13.000).
- 3 *group Sub-bituminous coal* yang mempunyai *moist* nilai kalor antara 13.000 – 8.300 Btu/lb yaitu *high volatile A sub-bituminous coal* (11.000-13.000), *volatile B sub-bituminous coal* (9.000-11.000), dan *volatile C sub-bituminous coal* (8.300-9.000).

- c. Untuk batubara jenis lignit ada 2 *group* Lignite coal dengan *moist* nilai kalor di bawah 8.300 Btu/lb yaitu lignit (8.300-6.300) dan *brown coal* (<6.300).

(-----, 2006, "Annual Book of ASTM Standards", ASTM Publisher, Baltimore.)

2. Klasifikasi Menurut *National Coal Board* (NCB)

Klasifikasi ini dikembangkan di Eropa pada tahun 1946 oleh suatu organisasi *Fule Research* dari departemen *of Scientific and Industrial Research* di Inggris. Klasifikasi ini berdasarkan *rank* dari batubara, dengan menggunakan parameter *volatile matter (dry mineral matter free)* dan *cooking power* yang ditentukan oleh pengujian *Gray King*. Dengan menggunakan parameter VM saja NCB membagi batubara atas 4 macam :

1. *Volatile* dibawah 9,1% dmmmf dengan *coal rank* 100 yaitu antrasit
2. *Volatile* diantara 9,1-19.5% dmmmf dengan *coal rank* 200 yaitu *Low Volatile/Steam Coal*
3. *Volatile* diantara 19,5-32% dmmmf dengan *coal rank* 300 yaitu *medium volatile coal*
4. *Volatile* lebih dari 32% dmmmf dengan *coal rank* 400-900 yaitu *High Volatile coal*

Masing-masing pembagian di atas dibagi lagi menjadi beberapa sub berdasarkan tipe *coke Gray King* atau pembagian kecil lagi dari kandungan VM, Untuk *High Volatile coal* dibagi berdasarkan sifat *caking-nya* :

1. *Very Strongly caking* dengan *rank code* 400
2. *Strongly caking* dengan *rank code* 500
3. *Medium caking* dengan *rank code* 600
4. *Weakly caking* dengan *rank code* 700
5. *Very Weakly caking* dengan *rank code* 800
6. *Non caking* dengan *rank code* 900

3. **Klasifikasi Menurut Internasional**

Klasifikasi ini dikembangkan oleh *Economic Commission for Europe* pada tahun 1956. Klasifikasi ini dibagi atas dua bagian, yaitu :

a. *Hard Coal*

Di definisikan untuk batubara dengan *gross calorific value* lebih besar dari 10.260 Btu/lb atau 5.700 kcal/kg (*moist, ash free*). *Internasional system* dari *hard coal* dibagi atas 10 kelas menurut kandungan VM (daf). Kelas 0 sampai 5 mempunyai kandungan VM lebih kecil dari 33% dan kelas 6 sampai 9 dibedakan atas nilai kalornya (mmmaf) dengan kandungan VM lebih dari 33%.

Masing-masing kelas dibagi atas 4 *group* (0-3) menurut sifat *cracking*-nya ditentukan dari "*Free Swelling Index*" dan "*Roga Index*". Masing-masing *group* ini dibagi lagi atas *sub group* berdasarkan tipe dari *coke* yang diperoleh dari pengujian *Gray King* dan *Audibert-Arnu dilatometer test*. Jadi pada internasional klasifikasi ini akan terdapat 3 angka, angka pertama menunjukkan kelas, angka kedua menunjukkan *group*, dan angka yang ketiga menunjukkan *sub group*.

Sifat *caking* dan *coking* dari batubara dibedakan atas kelakuan serbuk batubara bila dipanaskan. Bila laju kenaikan temperatur lambat.

b. *Brown coal*

Internasional klasifikasi dari *brown coal* dan lignit dibagi atas parameternya yaitu *total moisture* dan *low temperature Tar Yield* (daf). Pada klasifikasi ini batubara dibagi atas 6 kelas berdasarkan *total moisture (ash free)* yaitu

1. Nomor kelas 10 dengan *total moisture* lebih dari 20%, *ash free*
2. Nomor kelas 11 dengan *total moisture* 20-30%, *ash free*
3. Nomor kelas 12 dengan *total moisture* 30-40%, *ash free*
4. Nomor kelas 13 dengan *total moisture* 40-50%, *ash free*
5. Nomor kelas 14 dengan *total moisture* 50-60%, *ash free*
6. Nomor kelas 15 dengan *total moisture* 60-70%, *ash free*

Kelas ini dibagi-bagi lagi atas *group* dalam 5 *group* yaitu :

1. No *group* 00 *tar yield* lebih rendah dari 10% daf
2. No *group* 10 *tar yield* antara 10-15% daf
3. No *group* 20 *tar yield* antara 15-20% daf
4. No *group* 30 *tar yield* antara 20-25% daf
5. No *group* 40 *tar yield* lebih besar dari 25% daf

3.1.1 Komponen-Komponen dalam Batubara

Didalam analisis batubara terdapat beberapa komponen yaitu ;

a. Komponen Utama

- **Moisture**

Moisture yang terdapat dalam batubara, dapat menempel di permukaan partikel batubara atau berada dalam partikel batubara. Karena itu dikenal dengan *free moisture*, *inherent moisture*, dan *total moisture*. Kehilangan berat yang terjadi setelah sampel batubara diterima, digerus sampai berukuran 3 mm, dan langsung dipanaskan dalam unggun pada suhu antara 105°C – 110°C dinyatakan sebagai *total moisture*. *Free moisture* biasanya akan terlepas ke udara apabila batubara dibiarkan pada suhu kamar (30° – 40°C), sampai terjadi kesetimbangan dengan kondisi udara di sekitarnya. Kehilangan berat selama contoh ditempatkan di dalam ruangan pada suhu kamar di sebut *free moisture*. *Free moisture* terdapat dalam batubara secara mekanik, pada permukaan dan di dalam *crack* serta pada lubang –lubang kapiler yang cukup besar, dan *free moisture* mempunyai tekanan uap normal. *Free moisture* pada prinsipnya tergantung pada kondisi basah atau kering selama batubara terekspos saat penambangan, benefisasi transportasi, *handling* dan *storage* serta pada distribusi ukuran batubara, dimana batubara yang halus lebih banyak mengadsorpsi *moisture* dibandingkan batubara yang kasar. Kadar *inherent*

moisture (IM) diperoleh dari kehilangan berat yang terjadi setelah conto batubara tanpa *free moisture* dipanaskan di dalam tungku pada suhu antara 105°C – 110°C . Secara fisik *inherent moisture* terdapat dalam struktur pori *internal* batubara dan mempunyai tekanan uap lebih rendah dari tekanan uap normal. *Inherent moisture* relatif tidak sensitif pada kondisi atmosfer. Kadar IM dapat dianggap sebagai karakteristik dasar dari batubara, pada umumnya kadar *inherent moisture* semakin tinggi dengan semakin rendahnya peringkat batubara dimana antrasit mengandung sekitar 1-2% IM, batubara *low volatile bituminous* mengandung 1-4% IM, batubara *high volatile bituminous* mengandung 5-10% IM, dan lignit mengandung IM di atas 45%.

- **Kadar Abu (Ash)**

Abu dalam batubara merupakan senyawa-senyawa oksida dari Ca, Al, Fe dan Ti, Mn, Na, K dalam bentuk silikat, oksida, sulfat, sulfida, dan *phosphate*, sedangkan unsur-unsur As, Ni, Cu, Pb, dan Zn terdapat dalam jumlah yang sangat penting dalam analisis terhadap batubara dengan tujuan untuk mengetahui jenis serta kualitas batubara tersebut. Kadar abu suatu batubara secara sederhana didefinisikan sebagai residu anorganik yang terjadi setelah batubara dibakar dan pengukuran kadar abu ini merupakan bagian dari analisis proksimat. Kadar abu dihitung dengan cara membakar conto batubara di dalam tungku pada suhu 815°C dan dengan mengalirkan udara secara lambat ke

dalam tungku. Abu batubara terbentuk dari sisa pembakaran mineral – mineral yang terdapat di dalam batubara. Semakin banyak mineral yang terdapat di dalam batubara maka kadar abunya juga akan makin tinggi. Massa residu yang tertinggal dihitung sebagai persen massa terhadap massa awal yang digunakan, sehingga diperoleh nilai % *ash*. Sama halnya dengan nilai *moisture in the analysis sample*, nilai *ash* juga dipakai dalam mengkalkulasi basis analisis, yaitu mengkonversi ke basis *dry ash free (daf)*. Salah satu tujuan operasi pencucian batubara adalah untuk menghilangkan batubara dengan kadar abu yang rendah, artinya kadar mineral di dalam batubara diturunkan. Kadar abu ini seringkali dikaburkan dengan istilah *mineral matter*. Kedua istilah ini mempunyai perbedaan yang sangat kecil, umumnya kurang dari 10% berat. Tidak ada metode sederhana yang secara langsung bisa menentukan kadar *mineral matter*. Melalui analisis abu dan pengetahuan mengenai kompleksitas mineral – mineral yang terdapat di dalam batubara, maka dimungkinkan untuk memperkirakan kadar *mineral matter* dari kadar abu.

- ***Volatile Matter***

Volatile matter merupakan bagian dari batubara yang mudah menguap misalnya CH_4 atau hasil dari penguraian senyawa kimia dan campuran kompleks yang membentuk batubara. Untuk menganalisis *volatile matter* conto di tempatkan di dalam *crucible*

silika kemudian dimasukkan kedalam tungku selama 7 menit dengan suhu pemanasan 950⁰C. Namun pada pemanasan ini, bukan hanya zat volatile yang menguap, tetapi air juga ikut menguap. Sehingga dalam penentuan *volatile matter* harus dikoreksi dengan nilai *moisture in the analysis sample* pada waktu analisis bersamaan. *Volatile matter* merupakan salah satu indikasi dari *rank* batubara. Dalam klasifikasi batubara ASTM, *Volatile matter* digunakan sebagai parameter penentu *rank* untuk batubara *high rank coal*. *Volatile matter* juga memiliki korelasi yang jelas dengan salah satu *maceral* yaitu *Vitrinite*. Apabila *volatile matter* dalam basis DMMF di plot dengan *reflectance* dari *vitritine*, maka akan diperoleh suatu garis yang relatif lurus yang korelatif dengan *rank* batubara. Selain itu pada saat penentuan di laboratorium, juga dapat digunakan sebagai prediksi awal apakah batubara tersebut memiliki sifat agglomerasi atau tidak. Sifat dalam *coal combustion*, *volatile matter* memegang peranan penting karena ikut menentukan sifat-sifat pembakaran seperti efisiensi pembakaran karbon atau *carbon loss on ignition*. *Volatile matter* yang tinggi menyebabkan batubara mudah sekali terbakar pada saat *injection* ke dalam suatu boiler. *Low rank coal* biasanya mengandung *Volatile matter* yang tinggi sehingga memiliki efisiensi yang sangat tinggi pada saat pembakaran di *power station*. *Volatile matter* juga digunakan sebagai parameter dalam memprediksi keamanan batubara pada *Silo Bin, Miller*

atau pada tambang-tambang bawah tanah. Tingginya nilai *volatile matter* semakin besar pula resiko dalam penyimpanannya terutama dari bahaya ledakan.

- **Fixed carbon**

Fixed carbon adalah nilai total kandungan unsur karbon dalam suatu conto batubara. *Fixed carbon (FC)* merupakan bagian dari analisis proksimat. Nilai *FC* tidak didapat melalui analisis tetapi melalui perhitungan ($FC = 100 - IM - A - VM$).

Keterangan :

IM = *Inherent Moisture*

A = *Ash*

VM = *Volatile matter*

- **Sulfur**

Unsur sulfur umumnya dapat dijumpai didalam batubara, dan jumlahnya dapat bervariasi mulai dari sangat kecil (*traces*) sampai 4%, kadang lebih tinggi. Sulfur didalam batubara terdapat dalam 3 bentuk utama yaitu :

- Sulfur piritik (FeS_2), jumlahnya sekitar 20-30 % dari sulfur total dan terasosiasi dalam abu, terjadi baik sebagai makrodeposit (*lesa, veins, joints, balls*, dsb) dan dapat dihilangkan dengan operasi pencucian, sementara sulfur organik dan sulfur sulfat sulit dihilangkan.

- Sulfur organik, jumlahnya sekitar 20-80 % dari sulfur total dan secara kimia terikat di dalam batubara, biasanya berasosiasi dengan sulfat dan sulfida selama proses pematubaraan.
- Sulfur sulfat, kebanyakan sebagai kalsium sulfat, natrium sulfat, dan besi sulfat, jumlahnya sangat kecil kecuali pada batubara yang telah terekspos dan telah teroksidasi.

Batubara dengan kadar sulfur tinggi mempunyai nilai jual yang rendah. Jika batubara dipakai sebagai bahan bakar, selain dapat menimbulkan terjadinya gas SO_2 atau SO_3 yang akhirnya dapat menimbulkan hujan asam, juga dapat merusak sistem pemanasan lengas di dalam boiler pada pembangkit tenaga listrik. Apabila dipakai sebagai kokas metalurgi (sebagai konduktor) pada pembuatan baja maka batubara dengan sulfur tinggi akan menimbulkan masalah dengan kadar sulfur di dalam baja. Pengaruh kadar sulfur dalam batubara apabila batubara dibakar, semua sulfur organik dan sebagian besar sulfur paritik akan teroksidasi menjadi SO_3 . Sulfur paritik dan sulfur sulfat yang tertinggal berubah menjadi sulfida anorganik yang lebih stabil dan tertinggal di dalam abu batubara. Kecenderungan sebagian sulfur tertinggal di dalam abu batubara sangat tergantung pada metoda pembakarannya. Untuk metoda tanur pembakaran *pulverisasi*, 10-15% sulfur dapat tertinggal di dalam abu, untuk tanur siklon hanya sekitar 5%, dan untuk tanur *stoker* bisa sampai 30% sulfur tertinggal di dalam batubara, karena ukuran

partikelnya yang relatif besar. Abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batubara mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi SO_3 dari aliran gas pembakaran. Adanya senyawa sulfur di dalam batubara tentunya juga akan mempengaruhi operasi pembakaran dan akhirnya juga akan mempengaruhi operasi boiler. Beberapa hal yang patut diamati apabila batubara yang dipakai sebagai bahan bakar mengandung sulfur dalam jumlah yang cukup signifikan adalah :

- Apabila sulfur di dalam abu terdapat sebagai besi sulfida maka besi sulfida dapat memperbesar perbedaan antara suhu titik leleh (*ash fusion temperature*) yang diukur pada kondisi oksidasi dengan yang diukur pada kondisi reduksi, dapat menurunkan suhu awal deformasi (*initial deformation temperature*). Pengaruh ini disebabkan oleh sifat besi yang bertindak sebagai fluks (*fluxing*).
- Absorpsi sulfur oksida, dalam bentuk SO_3 , oleh endapan abu (disebut proses *fouling*) yang bersifat basa dan kaya alkali akan mengakibatkan makin kuatnya lapisan *fouling* dan terus menebal. Akhirnya bisa menimbulkan korosi setempat pada dinding boiler.
- Gas SO_3 bersama uap lengas di dalam gas pembakaran dapat membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Uap asam sulfat ini dapat terkondensasi pada temperatur rendah sehingga

bersifat korosif. (-----, 2003, Batubara, Diktat Laboratorium PT. Kitadin)

Efisiensi penangkapan abu terbang oleh elektrostatik presipitator tergantung pada konduktibilitas listrik aliran gas dan partikel abu terbang di mana konduktivitas listrik dapat lebih tinggi dengan adanya senyawa ionik seperti SO_3 . Dalam kasus konduktivitas gas dan partikel rendah, kadang-kadang diinjeksikan senyawa ionik termasuk SO_2 atau SO_3 ke dalam gas buang untuk menjaga efisiensi penangkapan partikulat oleh elektrostatik presipitator.

Pengendalian Emisi Sulfur :

- Batukapur (*limestone* atau *dolomite*) dapat dimanfaatkan untuk mengurangi emisi gas SO_2 . Batukapur dimasukkan ke dalam tanur, setelah terkalsinasi oleh gas pembakaran yang panas, akhirnya dapat membentuk kalsium sulfat. Efisien pengilangan SO_2 dengan cara ini umumnya rendah, berkisar 25-45%
- Lumpur *limestone* atau larutan magnesium oksida digunakan sebagai penangkap gas SO_2 untuk menghilangkan SO_2 sebesar 80-95%, bahkan bisa sampai 99% metoda ini disebut *wet scrubbing*.
- Material-material pengabsorpsi seperti karbon aktif, *char* atau alumina yang dicampur dengan tembaga, dapat

mengabsorpsi SO_2 dengan efisiensi sebesar 90% atau lebih.

Metoda ini disebut *dry sorbent systems*.

Apabila batubara dipakai sebagai bahan bakar untuk pabrik semen, maka adanya unsur sulfur di dalam batubara tidak terlalu menimbulkan masalah. Sulfur memasuki tanur putar bersama-sama material umpan, keluar sebagai kalsium sulfat di dalam klinker dan dalam jumlah lebih kecil keluar bersama-sama gas buang. Standar industri membatasi jumlah kalsium sulfat di dalam klinker tetapi pada umumnya kandungan kalsium sulfat di dalam klinker itu cukup tinggi, sehingga batubara dengan kadar sulfat sampai 3% atau 4% masih bisa digunakan tanpa menimbulkan masalah yang berarti.

- **Nilai kalor**

Nilai kalori menunjukkan jumlah panas (*heat*) yang dihasilkan apabila sejumlah tertentu batubara dibakar. Nilai kalori ditentukan dari kenaikan suhu pada saat sejumlah tertentu batubara biasanya dalam kondisi (adb), dibakar didalam alat yang disebut kalorimeter (*bomb calorimeter*) dengan udara berlebih. Nilai yang didapat adalah *gross calorific value* (GCV), pada volume konstan. Mengilustrasikan nilai GCV untuk berbagai batubara dinyatakan pada basis pelaporan yang beragam. Hasil perhitungan ini dinyatakan dalam *megajoule* per kilogram (MJ/kg) atau kilokalori per kilogram (kcal/kg). Data nilai kalor sangat diperlukan terutama bila batubara dipakai sebagai bahan bakar

misalnya pada boiler pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Nilai NCV yang dibutuhkan oleh pengguna batubara bervariasi tergantung dari desain peralatan yang dibuat. Ada yang memerlukan *Calorific value* tinggi, ada yang menengah, bahkan ada pula yang kalori rendah. Pada prinsipnya batubara yang dibakar pada suatu industri atau boiler harus memiliki nilai kalori yang sesuai dengan kapasitas energi yang ditargetkan dapat tersuplai yang telah disesuaikan dengan desain boiler tersebut. Untuk mencapai hal tersebut pengguna batubara biasanya membeli batubara dari *shipper* tertentu yang memiliki nilai kalori sesuai dengan yang dibutuhkan dan konsisten. Dalam hal ini pengguna batubara tersebut menggunakan *single type coal*. Akan tetapi ada pula pengguna batubara yang membeli batubara dengan nilai kalori yang bervariasi dari yang rendah, sedang, sampai tinggi. Namun *coal feed* yang dimasukkan ke dalam boiler nilai kalorinya harus tetap sesuai dengan desain boiler tersebut. Dalam hal ini batubara yang bervariasi tersebut di blending. Yang kedua ini biasanya disebabkan oleh alasan ekonomi dan di mana dengan cara ini harga batubara dapat diatur. Dan juga supaya terjamin bahwa suplai batubara yang diperlukan dapat terus secara konsisten sehingga tidak terjadi kekurangan bahan bakar. Menggunakan *single supplier* biasanya berisiko konsistensinya karena apabila perusahaan tersebut mengalami masalah dan stop produksinya maka akan berdampak sangat besar terhadap

kelangsungan industri tersebut terutama dalam suplai energi. Perhitungan NCV dengan tiga persamaan standar di atas memberikan hasil kurang lebih sama. Apabila batubara akan digunakan sebagai bahan bakar, maka nilai kalori merupakan parameter utama yang paling penting. Harga suatu batubara, umumnya ditentukan dari harga perunit panas yang dihasilkan, kemudian dihitung harga per ton batubara. Sementara parameter-parameter lain seperti kadar lengas, kadar abu, dan sebagainya dihitung untuk dikenakan pinalti atau bonus.

b. Komponen Pelengkap

- **HGI (*Hardgrove Grindability Index*)**

Hardgrove grindbilty index (HGI) adalah indeks yang menggambarkan tingkat kemudah gerusan batubara oleh alat penggerus (*pulverizer*) di lapangan, yang proses pembakaran batubaranya menggunakan partikel batubara halus (*75 micron*) yang biasa disebut dengan *pulverized fuel* (pf). Harga HGI diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$\text{HGI} = 13.6 + 6.93 W$$

W adalah berat dalam gram dari batubara lembut berukuran 200 *mesh*. Semakin tinggi nilai HGI suatu batubara semakin mudah batubara tersebut digerus. Semakin tinggi *rank* batubara, semakin tinggi juga nilai HGI-nya, kecuali *anthracite*. HGI tidak bersifat aditif, artinya apabila kita mempunyai dua jenis batubara yang nilai HGI-nya berbeda, kemudian dicampurkan dengan

komposisi tertentu, nilai batubara tidak bisa dihitung berdasarkan komposisi pencampuran tersebut. Nilai HGI campuran cenderung ke arah nilai yang lebih kecil. (Nastiti, 2013, “*Penentuan Hardgrove Grinbility Index (HGI) dan Analisis Gross Heating Value (GHV) pada Raw coal di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk*”)

- **Fines Content**

Fines coal adalah batubara berukuran sangat kecil (halus), terjadi akibat adanya penghancuran oleh unit yang bekerja di atas lapisan batubara. *Fines content* ini berpengaruh apabila terlalu banyak batubara yang berukuran halus akan menimbulkan masalah pada waktu penanganannya terutama jika pada saat keadaan basah, bahkan *total moisture* akan lebih besar apabila terlalu banyak ukuran batubara yang halus. Material yang halus mempunyai luas permukaan yang besar sehingga reaksi pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna. Ukuran dari partikel ini sangat tergantung pada kadar zat terbang (*volatile meter*) dari batubaranya. Semakin tinggi kadar *volatile matter*, maka partikelnya tidak boleh terlalu halus karena mudah terbakar. Dan jika rendah kadar volatilenya, batubara harus digiling agar dapat bereaksi dengan sempurna. Ukuran partikel batubara berkisar antara 20 ± 5 mm

- **Ukuran (*Coal size*)**

Ukuran butir batubara dibatasi pada rentang butir halus (*pulverized coal* atau *dust coal*) dan butir kasar (*lump coal*). Butir

paling halus untuk ukuran maksimum 3 milimeter, sedangkan butir paling kasar sampai dengan ukuran 50 milimeter.

- **Karbon, Hidrogen, dan Oksigen**

Ketiga unsur ini merupakan unsur pokok pembentukan batubara dan merupakan komponen paling dominan

Tabel 3.1
Kualitas Batubara yang Diperlukan
Oleh Pabrik Semen

Parameter	Yang Diinginkan	Keterangan
<i>Inherent Moisture</i> (% -adb)	4-8	Akan menimbulkan masalah pada penggilingan dan penanganan. Limit untuk <i>low rank coal</i> lebih tinggi
<i>Ash</i> (% -adb)	8-15	Pengaruh abu kecil tetapi kadarnya harus tetap ($\pm 2\%$). Komposisi abu harus konsisten karena diperlukan dalam pengaturan penambahan bahan baku
<i>Volatile Matter</i> (% - adb)	35-45	Tergantung sistem pembakaran tetapi biasanya fleksibel
<i>Fixed carbon</i> (%-adb)	30-35	Nilai <i>FC</i> didapat melalui analisis melalui perhitungan.
<i>Gross Calorific Value</i> (kal/gr – adb)	5100-6000	Basis yang diinginkan konsumen bermacam – macam (gross/net, ad/ar)
Total Sulfur (% - adb)	< 2 %	Tergantung dari kandungan sulfur bahan baku. Kadar sulfur klinker <1.3 %
HGI	50-60	Tergantung dari kapasitas penggerusan serta jumlah produksi yang diinginkan

Lanjutan tabel 3.1

Parameter	Yang Diinginkan	Keterangan
Fines Content (< 0.5 mm) (%)	15 -20	Terlalu banyak yang halus akan menimbulkan masalah pada waktu penanganannya terutama kalau basah, bahkan <i>total moisture</i> akan lebih besar apabila terlalu banyak yang halus.

Sumber :P.T. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk.

3.2 Pengujian Batubara

Pada umumnya sistem dan analisis batubara dikembangkan dan digunakan secara luas untuk kepentingan perdagangan. Beberapa diantaranya bersifat mendasar dan hanya dilakukan untuk mengetahui hal-hal pokok dalam pembentukan batubara, misalnya untuk mengetahui pengaruh yang terjadi pada saat batubara dipanaskan dengan kondisi yang berbeda-beda.

Mineral yang terdapat didalam batubara tidak akan terbakar melainkan akan teroksidasi menjadi abu. Analisis komposisi abu sampai ke unsur-unsur pembentukannya biasanya dilakukan untuk mengetahui karakteristik abu pada saat pembakaran. Komposisi abu ini tidak diperlukan dalam operasi pencucian batubara. Komposisi abu batubara harus sudah diteliti dengan seksama pada saat dilakukan perhitungan cadangan batubara, yaitu pada tahap kegiatan eksplorasi. Analisis untuk mengetahui jenis mineral yang terdapat di dalam batubara sebagai pembentuk abu juga bisa dilakukan tetapi hal ini juga harus sudah dilakukan pada saat kegiatan

tahap eksplorasi. Yang perlu dipahami adalah pada saat batubara dibakar akan terjadi oksidasi mineral yang ada di dalam batubara menjadi oksida dan akhirnya membentuk abu.

Analisis kimia batubara merupakan proses pemilahan unsur atau mineral menjadi bagian-bagian pembentukannya, dan proses perhitungan kadar masing-masing unsur yang terkandung di dalam conto batubara. Kegiatan analisis dilakukan di dalam laboratorium. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, mengingat struktur batubara yang sangat kompleks maka hasil analisis yang diperoleh harus diberi toleransi dengan mempertimbangkan kompleksnya struktur suatu batubara.

Standar acuan :

- 1) ASTM D 3172 yaitu mengenai *Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke*
- 2) ASTM D3302-89a *Method for Total Moisture in Coal*
- 3) ASTM D3173 *Standard Test Method for Moisture in the Analysis sample for Coal and Coke*
- 4) ASTM D3174 *Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal*
- 5) ASTM D 3286-85 *Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Isotherm Bomb Calorimeter.*
- 6) *British Standar 1016 Part 3 Method for Analysis Residual Moisture and Volatile Matter.*
- 7) *ASTM D 3175 Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coke and Cake*

- 8) *ASTM D 3177-89 Test Method for Total Sulphur in the Analysis Sample of Coal and Coke*
- 9) *ISO 17246 yaitu Coal Proximate Analysis*
- 10) *ISO 1170 solid minerals fuels-Determination of Ash*
- 11) *ISO 562 Hard Coal and coke-determination of volatile matter content*
- 12) *ISO 589 Hard Coal* – penentuan kadar lengas total
- 13) *ISO 1171 Solid Mineral Fuel* – penentuan kadar abu
- 14) *ISO 589 Hard coal and coke* – penentuan kadar *volatile matter*

3.2.1 Analisa proksimat

Analisa umum yang dilakukan pada batubara, baik oleh perusahaan pertambangan atau oleh pembeli disebut sebagai analisis proksimat. Analisis proksimat ini cukup sederhana tetapi memerlukan peralatan yang khusus dan standar. Analisis proksimat dalam batubara merupakan analisis yang terdiri dari analisis *moisture in the analysis sample, ash, volatile matter* dan *fixed carbon*. Analisis ini dapat mengacu pada standar ASTM D 3172 yaitu mengenai *Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke*. Atau mengacu pada standar ISO 17246 yaitu *Coal Proximate Analysis*.

Keempat nilai ini tidak dapat memberikan gambaran data mengenai struktur batubara tetapi sangat bermanfaat untuk mengetahui tingkat pemanfaatan batubara di dalam industri pengguna batubara. Analisis sederhana seperti ini digunakan untuk mengetahui pengaruh pemanasan batubara pada kondisi yang berbeda-beda, yaitu pada suhu tinggi dan suhu rendah, serta dengan atau tanpa udara.

Analisis proksimat ini berguna untuk menentukan *rank* batubara, rasio pembakaran (*fuel ratio*) dan dapat digunakan untuk mengkonversi basis analisis untuk parameter uji. Masing-masing parameter dalam proksimat memiliki prosedur tersendiri dalam pengujiannya. *Moisture in analysis sample* mengacu pada Standar ASTM D3173 *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample for Coal and Coke*. Atau dalam standar ISO 11722 mengenai *Solid Mineral Fuels Hard Coal, Determination of Moisture in the general analysis test sample by Drying in nitrogen*.

- **Moisture (kadar air)**

Moisture yang terdapat dalam batubara, dapat menempel di permukaan partikel batubara atau berada dalam partikel batubara. Karena itu dikenal dengan *free moisture*, *inherent moisture*, dan *total moisture*. Dan dalam ISO, BS, dan AS dikenal juga beberapa istilah tersebut dengan pengertian *Free moisture* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan persen jumlah air yang menguap dari conto batubara yang dikeringkan pada kondisi ruangan (suhu dan kelembaban ruangan) yang kadang-kadang dibantu dengan hembusan kipas angin. Pengeringan dilakukan sampai mendapat berat konstan.

Air dry loss adalah istilah yang dipergunakan oleh ASTM untuk menyebutkan istilah *free moisture* ini, sedangkan istilah *free moisture* dalam ASTM mempunyai pengertian yang berbeda sama sekali. Dalam ASTM : *Free moisture* adalah istilah yang dipergunakan untuk menggambarkan *moisture* yang terdapat pada permukaan partikel batubara

pada kondisi tertentu yang dalam ISO, BS dan AS dipergunakan istilah *surface moisture*.

Inherent moisture adalah jumlah persen *moisture* yang terkandung pada conto batubara yang sebelumnya telah dikeringkan (*air dried*), baik itu conto yang telah dihaluskan sampai ukuran partikel 212/250 micron (untuk *general analysis*), maupun contoh yang telah digiling sampai ukuran yang lebih kasar, seperti 0.250, 0.850, 2.36, dan 3.00mm.

Hasil analisis *free moisture* dan *residual moisture* kemudian dihitung untuk mendapatkan total moisturenya dengan rumus

$$TM = FM + RM \cdot (1 - FM/100).$$

Pada dasarnya semua parameter itu ditentukan pada conto setelah *air drying* sehingga basisnya adalah *air dried basis* (*adb*) atau *as determined basis* (*adb*). Untuk mengkonversikan basis *adb* ke basis lainnya, maka digunakan nilai *Moisture in the Analysis Sample* dengan rumus tabel konversi. Tabel konversi ini dapat mengacu pada standar ASTM D3180 *Standard Practice for Calculating Coan and Cake Analysis from As-Determined to Different Bases*. Atau dalam standar ISO 1170 *Coal and Coke Calculation of Analysis to Different Bases*.

- **Kadar abu (*ash*)**

Analisa *ash* dalam ISO 1170 *solid minerals fuels-Determination of Ash* atau ASTM D3174 *Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal* merupakan massa residu zat anorganik yang tidak terbakar setelah batubara dibakar dengan sempurna. Setelah batubara dibakar dengan sempurna, material karbon, *hydrogen*, sulfur, dan oksigen

serta zat-zat *Volatile* akan menguap sementara *mineral metter* atau zat anorganik tidak terbakar karena akan membentuk senyawa metal oksida dan disebut sebagai *ash* atau abu sebagai sisa pembakaran.

- ***Volatile matter***

Volatile Metter ini mengacu pada standar ISO 562 *Hard Coal and coke-determination of volatile matter content* atau standard ASTM D 3175 *Standard Test Method for Volatile Metter in the Analysis Sample of Coke and Cake*. Nilai *Volatile metter* batubara berguna dalam klasifikasi batubara berdasarkan *rank*. Dan dapat pula digunakan sebagai indikasi dengan sifat nyala pada pembakaran batubara. semakin tinggi nilai *volatile metter*, maka penyalaan dan pembakaran batubara menjadi semakin mudah.

Sementara *fixed carbon* merupakan kadar karbon yang tertambat atau karbon tetap tertinggal bersama abu bila batubara telah dibakar dan setelah zat terbang habis. *Fixed carbon* merupakan kadar karbon yang pada temperatur penetapan *volatile metter* tidak menguap. Sedangkan karbon yang menguap pada temperatur tersebut termasuk kedalam *volatile metter*. Penentuan *fixed carbon* ditetapkan dari analisis tak langsung. Yaitu dihitung dari nilai kalkulasi total (*by difference*), dan dirumuskan sebagai berikut :

$$\%Fixed\ Carbon = 100 - (\%moisture\ in\ the\ analysis\ sample - \%ash - \%Volatile\ metter)$$

Pada rumus diatas terlihat, bahwa kalkulasi total dari analisis proksimat (*moisture, ash, volatile metter* dan *Fixed carbon*) harus berjumlah 100%. Sebagai contoh analisis conto batubara menghasilkan nilai sebagai berikut :

Tabel 3.2
Contoh Data Perhitungan Analisis Proksimat

Moisture In The Analysis Sample (adb)	26.10 %
Ash (adb)	3.42 %
<i>Volatile Matter</i> (adb)	34.61 %
<i>Fixed Carbon</i> (adb)	35.87 %
Total	100 %

Nilai *Fixed Carbon* (FC) memberikan perkiraan kasar nilai kalor batubara karena FC merupakan penghasil panas utama pada proses pembakaran, sehingga semakin besar kandungan FC, kualitas batubara semakin bagus. Sementara itu penggunaan nilai *Fixed Carbon* (FC) dengan *Volatile Matter* (VM) dibuat sebagai suatu rasio yang dinamakan *fuel ratio* (FR) yang dirumuskan sebagai berikut : $FR=FC/VM$. Untuk batubara lignit biasanya memiliki nilai $FR < 1$, nilai FR *bituminous* antara 1-4 dan antrasit memiliki $FR > 4$.

3.2.2 Nilai Kalori

Calorific Value atau disebut juga *Specific Energy, higher heating value* merupakan parameter yang sangat penting, karena pada dasarnya yang dibeli dari batubara adalah energi. Nilai CV yang dibutuhkan oleh pengguna batubara bervariasi tergantung dari desain peralatan yang dibuat.

Ada 2 (dua) penentuan Nilai kalori : *Gross calorific value* (GCV) diasumsi bahwa uap air dalam produk pembakaran mengembun (kondensasi) dan karenanya termasuk panas laten penguapan uap air tersebut dalam produk pembakaran, sedangkan *Net Calorific Value* (NCV) tidak. Dengan kata lain, GCV (*gross calorific value*) menggambarkan panas total yang tersedia ketika diukur dengan metode standar apabila semua

produk pembakaran dikembalikan ke suhu *ambient*, sedangkan NCV (*net calorific value*) adalah panas berguna yang tersedia dari suatu batubara dan dihitung dari GCV dengan pengurangan kehilangan panas tertentu seperti panas-panas sensibel dan laten dari produk pembakaran.

Nilai GCV (pada volume tetap) menyatakan panas total yang diperoleh dari suatu batubara melalui pengukuran standar (dengan *bomb calorimeter*) dan semua produk pembakaran dikembalikan ke suhu ruangan. Nilai NCV (*net calorific value* pada tekanan tetap) menyatakan panas yang dapat dimanfaatkan dari suatu batubara, nilai NCV ini dihitung dari nilai GCV dikurangi panas yang hilang misalnya seperti panas sensibel (*sensibel heat*) dan panas laten produk pembakaran. Penurunan nilai GCV menjadi NCV biasanya didasarkan pada bahan yang hilang karena adanya lengas pada produk pembakaran, yang terdapat sebagai uap dan panas laten lengas. Berikut ini adalah beberapa persamaan standar yang dipakai untuk menghitung NCV :

- ISO R 1928

$$\text{NCV} = \text{GCV} - 0,212 [\text{H}] - 0,0008 [\text{O}] - 0,0245 \text{ M (MJ/kg)}$$

- BSI 526

$$\text{NCV} = \text{GCV} - 0,212 [\text{H}] - 0,0007 [\text{O}] - 0,0244 \text{ M (MJ/kg)}$$

- ASTM D-407

$$\text{NCV} = \text{GCV} - 0,024 (9 [\text{H}] + [\text{M}]) \quad (\text{MJ/kg})$$

Keterangan :

[H] = persen berat hidrogen, di luar lengas

[O] = persen berat oksigen, di luar lengas

[S] = persen berat sulfur total, di luar lengas

M = persen lengas.

3.2.3 Total Sulfur

Dalam analisis di laboratorium sulfur-sulfur ini ditentukan dengan parameter yang disebut *form of sulfur*. Belerang (sulfur) berada dalam tiga bentuk utama yaitu :

- a) *Pyritic* sulfur (FeS_2) yang berasosiasi dengan *mineral matter* atau abu yang berasal dari luar (*extraneous/adventitious mineral matter*), seperti *slate, shale, claystone* dan *sandstone*,
- b) Organik sulfur yang terikat secara kimia dalam zat batubara, dan
- c) *Sulphates*, terutama dengan Ca dan Fe.

Metode pokok untuk penentuan kadar total sulfur (TS) dari suatu batubara adalah metode *Escha* dimana suatu conto dicampur dengan MgCO_3 yang telah dikalsinasi diabukan, sulfur yang dibebaskan membentuk MgSO_3 yang kemudian diekstrak dengan asam atau alkali dan TS ditentukan dengan titrasi. Ada berbagai metode penentuan bentuk-bentuk belerang yang ada dalam suatu conto batubara dan kebanyakan melibatkan penaksiran/estimasi kadar *pyritic* dan *sulfate* dan perhitungan organik sulfur sebagai perbedaannya (*by difference*).