

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Ada banyak cara untuk meningkatkan nilai kalor batubara, salah satu cara dengan mengurangi kadar air ataupun menambah material lain, seperti penelitian yang dilakukan oleh Mutasim Billah (2010) dengan judul “Peningkatan Nilai Kalor Batubara Peringkat Rendah dengan Menggunakan Minyak Tanah dan Minyak Residu” dengan memvariasikan jumlah campuran batubara dan zat penambah lainnya. Metode penelitiannya adalah dengan mencampurkan batubara yang dihaluskan dengan minyak tanah dan minyak residu setelah itu dipanaskan selama 1 jam dan disaring, saringan tersebut dikeringkan dengan suhu 100°C selama 30 menit dan dianalisa karakteristik batubaranya. Kesimpulan dari penelitian ini adalah semakin tinggi suhu dan waktu campuran batubara nilai kalor akan meningkat dan pada titik tertentu akan konstan.

Penelitian tentang *upgrading* batubara dengan pengeringan pernah dilakukan oleh Wulan Erna Komariah (2012) dengan judul “Peningkatan Kualitas Batubara Indonesia Peringkat Rendah melalui Penghilangan *Moisture* dengan Pemanasan Gelombang Mikro”. Penelitian ini dilakukan dengan cara *eksperimen* di Laboratorium Karakteristik Bahan Bakar Balai Besar Teknologi Energi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (B2TE-BPPT). Penelitian tersebut dengan cara menyempling batubara dengan ukuran yang berbeda beda, setelah itu dilakukan variasi daya pada pemanasan *furnace microwave* pada setiap 30 detik, selesai dikeringkan dilakukan perhitungan analisa karakteristik batubara. Hasil dari penelitian tersebut adalah semakin besar daya menyebabkan laju penghilangan *moisture* semakin besar, namun pada daya >640 W % *moisture* tidak berkurang pada ukuran yang lebih halus dari 16 mesh.

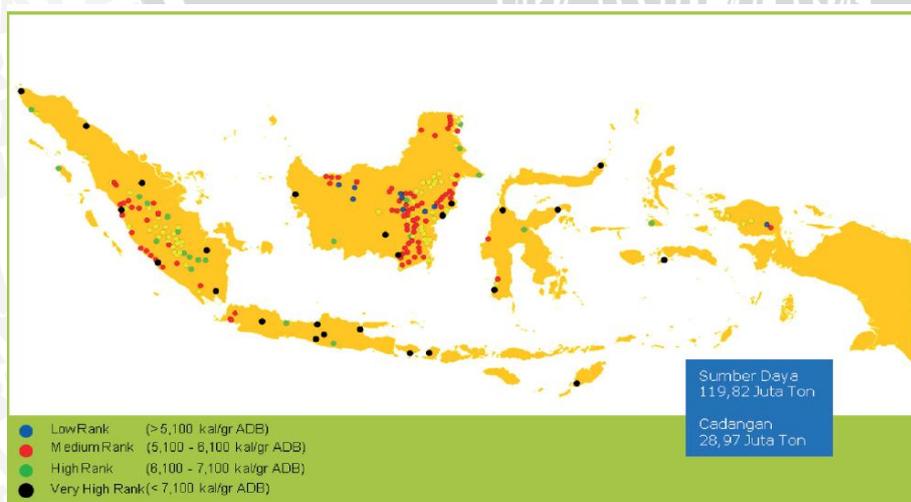
Penelitian lainya yang mendukung *upgrading* batubara dalam penelitian ini adalah mengenai pemanasan menggunakan *furnace* yang dilakukan oleh Ikhwan Hafiz Lubis (2008) dengan judul “Pengaruh Lama dan Suhu Pengeringan terhadap Mutu Tepung Tapioka”. Dalam penelitian ini dilakukan variasi pada *furnace* yaitu pada suhu 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70°C dengan lama pengeringan 4 jam, 6 jam dan 8 jam. Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa semakin lama pengeringan dan suhu semakin besar berpengaruh nyata pada kandungan kadar air dan kadar abunya.

2.2 Batubara

Batubara menurut Sudirman (2014) adalah batuan sedimen yang terbentuk dari fosil atau sisa tanaman yang terpendam jutaan tahun dalam cekungan pada ke dalam yang bervariasi dan diikat oleh proses kompaksi serta mudah terbakar. Menurut Mustasim (2010) batubara didefinisikan satuan sediman yang dibentuk dari dekomposisi tanaman yang terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana berubahnya oksigen dalam selulosa menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Kemudian adanya tekanan dan pemanasan mengakibatkan terbentuknya lapisan tebal sebagai akibat dari pengaruh panas bumi dalam kurung waktu berjuta-juta tahun yang menyebabkan lapisan tersebut mengeras dan memadat. Dari proses tersebut sampai menjadi batubara ditandai dengan terbentuknya karbon. Semakin banyak kadar karbon yang terkandung maka semakin tinggi pula nilai kalorinya dan dalam tingkatannya karbon paling tinggi adalah antrasit, sedangkan yang lebih rendah akan semakin banyak hidrogen dan oksigen di dalamnya (Yunita, 2000)

Unsur utama dalam batubara adalah karbon, hidrogen dan oksigen, namun masih terdapat kandungan lain seperti belerang (S), nitrogen (N), dan kandungan mineral lainnya seperti aluminium, silika, kalsium, besi, dan magnesium yang pada saat proses pembakaran berlangsung unsur tersebut akan tertinggal sebagai abu.

Wilayah di Indonesia yang mengandung banyak batubara adalah di daerah Sumatra, Kalimantan utara dan Kalimantan selatan. Banyak perusahaan batubara yang berdiri dan melakukan penelitian di daerah tersebut. Salah satu contohnya dan juga tempat melakukan penelitian ini di PT Pampersada Nusantara Kalimantan selatan kabupaten Tapin dengan mengusung tema penelitian "*Coal Upgrading Technology Project*".



Gambar 2.1 Daerah penyebaran batubara di Indonesia

Sumber : Sudirman (2010)

Di daerah ini dijadikan tempat penelitian karena dekat dengan tambang batubara dan daerah ini sudah diteliti oleh banyak pihak seperti Kusumah (2008), Hartono Dkk (2000) dan masih banyak lagi. Serta dari pengkajian BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) dan perusahaan yang berkaitan menyatakan bahwa batubara di daerah Kalimantan belum banyak dimanfaatkan secara maksimal karena mempunyai kandungan panas yang rendah dan kadar air yang cukup tinggi. Berikut penyebaran batubara di Indonesia sesuai dengan tingkat nilai kalori yang dimiliki.

2.2.1 Klasifikasi Batubara

Batubara menurut sumbernya adalah dari sisa tanaman yang terpendam puluhan juta tahun lamanya, semakin lama batubara tersebut terpendam semakin banyak pula karbon yang terkandung didalamnya. Batubara merupakan bahan galian fosil padat yang sangat heterogen, maka batubara mempunyai sifat yang berbeda apabila diperoleh dari kedalaman tanah yang berbeda. Bahkan untuk satu lapisan dapat menunjukkan sifat yang berbeda pada lokasi yang berbeda pula. (Yunita, 2000). Menurut ASTM klasifikasi batubara diklasifikasikan berdasarkan fraksi karbon dan nilai kalornya, yaitu :

1. Lignit

Lignit adalah batubara dengan ciri-ciri berwarna hitam kecoklatan dan memiliki tekstur seperti kayu serta rapuh, batubara lignit memiliki kadar karbon yang paling rendah dibandingkan dengan keempat klasifikasi batubara dan berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara serta memiliki nilai kalor yang paling rendah. Nilai kalornya yaitu 4830 – 6360 kcal/kg



Gambar 2.2 Batubara lignit

Sumber : Sukandarrumidi, 2006

2. Sub-bituminous

Batubara jenis ini merupakan peralihan dari jenis lignit ke bituminous serta hasil dari dehidrogenasi dan meranogenesis lignit. Ciri ciri dari batubara ini adalah warnanya hitam lebih gelap dan lebih keras daripada batubara jenis lignit, dibandingkan dengan lignit kadar karbon lebih banyak namun masih tergolong sebagai batubara tingkat rendah. Mempunyai nilai kalor sebersar 5990 – 7540 kcal/kg



Gambar 2.3 Batubara Sub-bituminous

Sumber : Sukandarrumidi, 2006

3. Bituminous

Ciri ciri batubara ini memiliki tekstur ikatan yang baik serta berwarna lebih hitam dari lignit dan bituminous serta memiliki kadar karbon yang lebih banyak dari kedua jenis batubara rendah yaitu dengan nilai kalor 7410 – 8741 kcal/kg. Di Indonesia batubara jenis ini banyak tersebar di pulau kalimantan, sumatra dan sulawesi.



Gambar 2.4 Batubara Bituminous

Sumber : Sukandarrumidi, 2006

4. Antrasit

Batubara jenis ini merupakan batubara tinggi kadar karbon dan diantara ke empat klasifikasi kedudukan batubara ini berada diatas karena memiliki kadar air yang sedikit. Kandungan karbon dalam batubara jenis ini lebih dari 93% dan kandungan zat terbang

kurang dari 10%. Ciri ciri batubara jenis ini adalah warnanya hitam mengkilat seperti kaca, lebih keras dan kuat. (Yunita,2000)



Gambar 2.5 Batubara Antrasit

Sumber : Sukandarrumidi, 2006

Tabel 2.1

ASTM Specifications For Solid Fuels

Class	Group		Fixed carbon	Volatile matter	Heating values
	Name	Symbol	Dry %	Dry %	Dry basis (kcal/kg)
I. Anthracite	<i>metta-anthracite</i>	<i>Ma</i>	>98	>2	7740
	<i>anthracite</i>	<i>An</i>	92-98	2.0-8.0	8000
	<i>semianthracite</i>	<i>Sa</i>	86-92	8.0-15	8300
	<i>low-volatile</i>	<i>Lvb</i>	78-86	14-41	8741
II. Bituminous	<i>medium volatile</i>	<i>Mvb</i>	89-78	22-31	8640
	<i>high-volatile A</i>	<i>hvAb</i>	<69	>31	8160
	<i>high-volatile B</i>	<i>hbBb</i>	57	57	6750-8160
	<i>high-volatile C</i>	<i>hvCb</i>	54	54	7410-8375
III. Subbituminous	<i>subbituminous A</i>	<i>subA</i>	55	55	6765-7410
	<i>subbituminous B</i>	<i>subB</i>	56	56	6880-7540
	<i>subbituminous C</i>	<i>subC</i>	53	53	6540-7230
IV. Lignite	<i>lignite A</i>	<i>ligA</i>	52	52	5990-6860
	<i>lignite B</i>	<i>ligB</i>	52	52	4830-6360
					<5250

Sumber : ASTM Specifications For Solid Fuels (1981)

2.2.2 Karakteristik Batubara

Karakteristik batubara sangat mempengaruhi terhadap nilai mutu ataupun kualitas terhadap batubara tersebut. Dengan mengetahui karakteristik batubara dapat mengoptimalkan kegunaannya yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi spesifikasi mesin

yang memanfaatkan batubara sebagai bahan bakarnya, sehingga mesin dapat bekerja dan menghasilkan hasil yang optimal serta tahan lama. Menurut Wulan (2012) faktor faktor yang mempengaruhi kualitas batubara adalah :

1. Jenis dari tanaman
2. Kedalaman batubara dari permukaan, temperatur, derajat keasaman dan gerakan air
3. Jika sediman batubara organik dan inorganik berinteraksi secara langsung, maka berpengaruh banyak pada tingkat (*grade*) batubara.

Faktor utama karakteristik dari batubara adalah komposisi unsur kandungan yang terdapat di dalam batubara tersebut. Unsur yang terkandung seperti kelembapan atau kadar air (*Total Moisture*), kadar karbon, kandungan zat terbang (*volatile matter*), kadar abu, ukuran (*Coal Size*), kandungan belerang (*Sulfur Content*), dan nilai kalor.

2.2.2.1 Kadar Air (*Total Moisture*)

Kadar air (*Total Moisture*) sangat berpengaruh pada proses *upgrading coal* maupun karakteristik batubara yang dihasilkan. Sebagai contoh kadar air yang tinggi dapat meningkatkan biaya transportasi saat dibawa dari tambang ke pabrik, karena kadar air yang tinggi mempunyai berat setengah dari berat batubara itu sendiri, sementara itu saat diproses akan semakin rendah daya gerus *crusher* karena terhalang kadar air yang berada dipermukaan dan yang lebih penting kadar air yang tinggi sangat berpengaruh terhadap nilai kalor dari batubara karena saat pemanasan pertama panas akan digunakan untuk menguapkan kandungan air yang ada setelah itu akan memanaskan batubara, ini membuat energi pemanasan yang terbuang percuma.

Total Moisture sendiri terdiri dari *Inherent Impurities* dan *External Impurities*. *Inherent Impurities* adalah kadar air bawaan yang sudah ada dalam batubara pada saat pembentukan batubara. Kandungan *inherent impurities* tidak hanya terdiri dari kandungan air, namun dapat berupa silika (SiO_2), gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), tulang tulang binatang. Kandungan ini sulit untuk dihilangkan semuanya, memerlukan proses untuk pengurangan kandungan *inherent impurities*-nya. Proses pengurangan ini biasanya disebut dengan proses *Dry Wash*. Sedangkan *Ekternal Impurities* adalah kandungan air yang berasal dari luar, timbul karena adanya air dari luar yang masuk atau menempel pada permukaan batubara, seperti saat ditimbul ditempat terbuka terkena hujan atau kelembapan udara yang tinggi.

Free Moisture atau *Ekternal impuriries* dapat diketahui dari berat awal barubara setelah ditambang dengan berat batubara setelah dipanaskan dengan matahari, karena

menurut Wulan (2012) *Free Moisture* dapat menguap dengan suhu ruangan dan dapat dikategorikan berat akhir tanpa *free moisture* apabila berat akhir sudah mulai konstan saat dilakukan pemanasan dengan matahari. Mencari *Residual Moisture* atau *inherent moisture* dilakukan pengujian langsung batubara yang *free moisture*-nya sudah hilang, ini dikarenakan sulitnya mensimulasikan kondisi batubara di kedalaman aslinya maka badan- badan standarisasi menggunakan pendekatan pengujian laboratorium sebagai standar.

2.2.2.2 Kandungan Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Volatile matter menurut Julham (2015) zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa di dalam suatu bahan selain air. *Volatile matter* berpengaruh pada proses pemantikan api awal saat pembakaran, semakin sedikit *volatile matter*-nya semakin sulit pemantikan api awal namun apabila terlalu tinggi juga dapat berakibat mengurangnya nilai kalor batubara. Terlalu tinggi kandungan *volatille matter* mengakibatkan turunnya kesempurnaan pembakaran dan intensitas nyala apinya, kesempurnaan pembakaran sendiri dipengaruhi oleh *fixed carbon* dibagi dengan *volatille matter* sehingga didapatkan *fuel ratio*. Semakin tinggi *fuel ratio* maka jumlah karbon di dalam batubara tidak terbakar juga semakin banyak mengakibatkan kurang maksimalnya pemanfaatan karbon dalam proses pembakaran sehingga nilai kalor juga akan berkurang.

2.2.2.3 Kadar Abu

Kadar abu adalah kandungan yang berada dalam batubara yang tidak bisa terbakar. Menurut Edy (2015) kandungan yang berada dalam kadar abu pada umumnya adalah Al_2O_3 15-21%, SiO_2 25-40%, Fe_2O_3 20-45% dan CaO 1-5%. Sedangkan menurut penelitian Muhammad dkk (2015) semakin tinggi kadar abu sangat berpengaruh pada laju pembakarannya yang dikarenakan rendahnya transfer panas ke bagian dalam batubara karena terhalang abu yang menumpuk menutupi permukaan batubara serta terhalangnya difusi oksigen ke permukaan batubara, bukan hanya itu tapi semakin tinggi kadar air menghasilkan emisi debu yang menyebabkan polusi udara dan debu akan mempengaruhi volume pembakaran. Pada umumnya saat pembakaran kadar abu akan terbagi menjadi dua, yaitu kadar abu yang akan terbang (*fly ash*) sebesar 80% dan kadar abu pada dasar sebanyak 20%. *Fly ash* akan sangat mengganggu lingkungan sekitara maupun mesin mesin karena *fly ash* akan terbawa oleh gas pembakaran melalui ruang bakar dan daerah konversi, ini dapat mengakibatkan pengaruh tingkat pengtoran yang tinggi sehingga terjadi keausan serta korosi.

2.2.2.4 Ukuran (*Coal Size*)

Ukuran butir bara dibagi menjadi dua, yaitu butiran halus (*dust coal*) dan butir kasar (*lump coal*), dimensi butiran halus memiliki ukuran maksimum 3mm, sedangkan pada butir kasar memiliki ukuran 50 mm. Pada ukuran butir halus ini mempunyai karakteristik mudah diterbangkan angin sehingga akan mengotori lingkungan.

Ukuran butir juga sangat mempengaruhi laju pengeringan batubara karena semakin kecil ukuran batubara maka semakin besar pula luas permukaan yang dipanaskan. Serta panas jauh lebih mudah memanasi bagian dalam batubara sehingga kadar air dalam batubara bisa lebih banyak menguap dibandingkan dengan ukuran yang besar.

2.2.2.5 Kandungan Belerang (*Sulfur Content*)

Kandungan sulfur pada batubara akan sangat berpengaruh pada terjadinya korosi saat proses pembakaran berlangsung sehingga mengakibatkan umur dari mesin tidak dapat bertahan lama. Korosi ini terjadi karena sulfur bereaksi dengan logam-logam alkali dan oksigen dalam zona pembakaran menghasilkan alkali sulfat dalam bentuk gas. Korosi ini terjadi pada sisi dingin yang terjadi pada elemen pemanas udara, terutama apabila suhu kerja lebih rendah dari pada titik embun sulfur.

Dalam penelitian Kravelen (1993) menyatakan bahwa belerang yang terdapat pada batubara terdiri dari senyawa organik dan anorganik, pada senyawa anorganik terdiri dari mineral pirit (FeS_2 bentuk kristal kubus), markasit atau dalam bentuk sulfat. Sedangkan pada senyawa organik biasanya terbentuk selama terjadinya proses *coalification*.

2.2.2.6 Nilai Kalor

Nilai kalor menurut Eddy (2015) merupakan energi yang diperoleh dari pembakaran batubara dan yang menentukan berat batubara yang harus ditangani. Menurut Wulan (2015) Nilai kalor yang dimanfaatkan pada pembakaran batubara adalah *net calorific value* yang dapat dihitung dengan harga panas *latent* dan *sensible* yang dipengaruhi oleh kandungan total air dan abu. Nilai kalor ini sangat berpengaruh pada tingkatan kualitas batubara sendiri. Semakin tinggi nilai kalor pada suatu batubara berarti semakin besar pula energi yang akan dihasilkan. Sehingga banyak penelitian yang dilakukan untuk menambah nilai kalor batubara dengan memperhatikan variabel-variabel yang mempengaruhinya. Nilai kalori dinyatakan dengan kkal/kg, artinya banyaknya jumlah kalor yang dihasilkan batubara tiap satuan berat (dalam kilogram)

2.3 Upgrading Coal

Upgrading coal bertujuan untuk meningkatkan kualitas dari batubara baik dalam segi nilai ekonomis, ketahanan kualitas dan tujuan utamanya adalah peningkatan nilai kalor. Apabila nilai kalor naik banyaknya batubara yang dibutuhkan dalam pembakaran tidak sebanyak komposisi pembakaran dengan nilai kalor rendah dan dapat menghasilkan energi yang lebih besar.

Batubara yang baru saja ditambang dari pertambangan tidak murni 100 % batubara asli pasti terdapat unsur lain yang tercampur. Unsur lain tersebut bisa berupa lumpur dan batu yang berbentuk pecahan dengan berbagai ukuran. Unsur tersebut harus dihilangkan terlebih dahulu agar tidak mengganggu nilai kalor yang ada di dalam batubara. Selain itu, pada umumnya proses peningkatan batubara atau *upgrading coal* adalah dengan cara memvariasikan karakteristik batubara yang berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap nilai kalor. Misalnya dengan mengurangi kadar air dan kadar abu sehingga nilai kalor akan meningkat. Proses yang umum dilakukan dalam *upgrading coal* dipabrik pertambangan batubara pada saat ditambang sampai menghasilkan produk batubara dengan penambahan nilai kalori adalah dengan proses *coal washing*, *coal blending*, dan *coal drying*.

2.3.1 Coal Washing

Batubara yang diambil dari pertambangan langsung terdapat campuran-campuran pengotor. Campuran pengotor ini seperti tanah, lumpur, batu dan unsur lainnya. Campuran pengotor ini apabila tidak dibuang sangat berpengaruh terhadap kualitas suatu batubara sehingga perlu proses pembersihannya sebelum dimasukkan ke dalam mesin. Proses ini dinamakan *coal washing*, banyak media pembersih dengan metode ini, jenis pembersih tergantung dengan spesifikasi ukuran maupun kandungan batubara dan tujuan penggunaannya.

Batubara yang akan dibersihkan biasanya akan dipecahkan atau mungkin memerlukan proses pengolahan yang kompleks untuk mengurangi kandungannya. Setelah dipecahkan batubara diklasifikasikan menurut ukurannya, terdapat ukuran seperti bongkahan besar dan ada pecahan yang ukurannya lebih kecil. Klasifikasi ini membedakan cara pembersihan batubara.

Pecahan yang berukuran bongkahan atau besar biasanya akan diolah menggunakan metode “pemisahan media padatan”. Metode ini adalah dengan cara pengapungan batubara dalam suatu tangki dengan gravitasi tertentu dan dicampur dengan magnetik tanah halus.

Batubara akan mengapung dan kandungan lainnya yang lebih berat seperti batu dan tanah akan tenggelam sehingga dapat dilakukan pemisahan campuran. Sedangkan untuk pecahan pecahan yang lebih kecil biasanya dilakukan proses dengan cara “pengapungan buih”. Caranya adalah dengan merendam batubara ke dalam cairan kimia setelah itu dipisahkan kandungan pengotor menggunakan udara yang ditiupkan ke dalam rendaman. Ini akan mengakibatkan buih buih yang akan menarik batubara yang lebih ringan ke permukaan namun tidak dapat menarik zat pengotor lainnya, sehingga zat pengotor tetap tertinggal didalam air. Buih buih inilah yang akan diambil dan diolah untuk mendapatkan batubara halus.

2.3.2 Coal Blending

Coal blending atau teknik pencampuran biasanya bertujuan untuk memberikan karakteristik baru batubara sesuai dengan penggunaannya. Dengan karakteristik baru diharapkan dapat menambah nilai kalor maupun mutu suatu batubara. Cara ini dianggap lebih murah dan lebih mudah daripada dengan cara lainnya serta hasil yang mendekati akurat. Hal hal yang menjadi pertimbangan untuk mencampur suatu batubara adalah seperti salah satu contoh ukuran partikel dalam kondisi seragam dengan tujuan campuran tetap homogen. Menurut Wulan (2012) pencampuran batubara homogen ini terdapat dua lokasi, yaitu pencampuran yang akan dilakukan secara terbuka pada *stock pile*, disebut dengan *Blending Pile System*. Sedangkan untuk pencampuran dengan menggunakan silo biasanya disebut dengan proses *Blending Silo System*. Metode ini lebih sering digunakan dikarenakan pencampuran menggunakan silo mempunyai keunggulan pada batubara yang lebih homogen serta lingkungan yang selalu terjaga.

Pada umumnya batubara yang akan dicampur adalah dengan nilai kalor serta kadar air yang rendah dicampur dengan nilai kalor yang rendah dengan kadar air tinggi, sehingga pencampuran ini diharapkan batubara dengan nilai kalor rendah dan kadar air tinggi dapat dimanfaatkan karena nilai kalor akan naik apabila dilakukan pencampuran. Rumus untuk mencari hasil pencampuran adalah sebagai berikut :

$$\text{Batubara C} = \% \text{komposisi} \times \left(\frac{\text{nilai kalor}}{\text{total moisture batubara A}} \right) + \% \text{komposisi} \left(\frac{\text{nilai kalor}}{\text{total moisture batubara B}} \right) \dots\dots\dots(2-1)$$

Dari rumus diasumsikan tidak terjadi *losses*, sehingga spesifikasi batubara yang sudah tercampur dapat diprediksi sebelumnya. Menurut Adiarso (2008) perhitungan prediksi

spesifikasi batubara baru menggunakan rumus diatas memiliki tingkat akurasi yang cukup dengan memperhitungkan parameter seperti nilai nilai kalor, kadar air, abu, *fixed carbon*, *volatile matter*, hidrogen, oksigen dan nitrogen.

2.3.3 Coal Drying

Setelah perlakuan *coal washing* dan *coal blending* maka dilakukan pengeringan, pengeringan inilah yang dinamakan dengan *coal drying*. Prinsip kerja dari *coal drying* dengan menggiling batubara dengan ukuran tertentu (di PT Pamapersada Nusantara menggunakan ukuran -10mm dan -3mm) setelah itu dipanaskan menggunakan aliran uap panas sehingga panas dapat memanasi seluruh batubara. Tujuan dari *coal drying* adalah untuk mengurangi *Total Moisture* dalam batubara sehingga nilai kalor diharapkan akan naik mengakibatkan mutu batubara dan nilai ekonomis juga akan naik. *Total Moisture* dikurangi di dalam proses ini agar saat penggunaan batubara untuk sumber bahan bakar tidak terlalu memerlukan panas yang besar karena panas lebih banyak digunakan untuk menguapkan *total moisture*-nya dan lebih sedikit panas yang digunakan untuk membakar batubara sampai terbakar. Oleh karena itu banyak penelitian dan eksperimen untuk menghasilkan metode metode baru, seperti pengeringan yang dilakukan dengan *rotary drying*, *fluidized bed drying* dan gelombang mikro.

2.3.3.1 Rotary Drying

Rotary Dryer merupakan alat pengeringan kontinu yang sering digunakan dipabrik pabrik sebagai pengeringan atau pemanasan langsung. Bentuk dari *rotary dryer* adalah *silinder shell* yang didesain sedemikian mungkin agar panas dalam silinder tidak keluar sehingga tidak ada panas yang hilang. Sedangkan udara panas yang dihasilkan langsung bersentuhan dengan material. Sistematis kerja dari mesin *rotary* sendiri adalah dengan menghembuskan udara panas ke dalam silinder sedangkan *rotary* berputar perlahan. Untuk desain dengan tujuan pengeringan batubara dilakukan sedikit variasi, yaitu di dalam silinder terdapat sirip yang berfungsi untuk mengaduk batubara sehingga panas dapat merata.

Tidak hanya pada bentuk desain fisik yang diperhatikan untuk memanaskan batubara, melainkan perlu perhitungan khusus karena yang dipanaskan merupakan bahan bakar yang bisa terbakar. Menurut hukum segitiga api, api tidak akan timbul apabila salah satu dari ketiga hal ini yaitu oksigen, bahan bakar, pematik tidak ada. Untuk mengurangi resiko terbakarnya batubara saat dipanaskan maka diperlukan perhatian khusus dengan cara

mengurangi salah satu aspek seperti kondisi pengeringan harus vakum. Wilner melaporkan dalam Osman et al. Bahwa telah terjadi kebakaran serta ledakan pada saat pengeringan batubara di *rotary dryer* dikarenakan adanya oksigen yang masuk. Oleh karena itu perlu dilakukan pencegahan agar tidak terjadi kecelakaan yang sama.

2.3.3.2 *Fluidized Bed Drying*

Pengeringan hamparan terfluidisasi (*Fluidized Bed Drying*) adalah proses dimana pengeringan dengan memanfaatkan kecepatan aliran udara panas yang dilewatkan menembus hamparan bahan sehingga hamparan bahan tersebut memiliki sifat seperti fluida (Kunii dan Levenspiel, 1977).

Kelebihan menggunakan pengeringan ini menurut Wulan (2012) adalah efisiensi pertukaran panas tinggi, temperatur dalam pemanasan dapat diatur, dan lebih aman, karena kemungkinan batubara terbakar saat proses pengeringan lebih kecil. Sedangkan kekurangan dari pengeringan ini adalah konsumsi daya yang cenderung tinggi, sistem yang kompleks dan fleksibilitas yang rendah

2.4 Pemanasan Statis Menggunakan *Furnace*

Furnace merupakan alat yang biasanya digunakan untuk memanaskan, memanggang dan mengeringkan. *Furnace* merupakan pemanasan statis dikarenakan pengeringan yang terjadi didalamnya tidak bergerak atau tidak dipengaruhi oleh variabel lain selain panas dari *furnace* dan bahan yang dipanaskan sendiri serta suhunya tetap. Berbeda dengan *rotary dryer* yang merupakan pemanasan dinamis karena bahan yang dipanaskan bergerak serta dipengaruhi variabel lain seperti putaran, sudu sudu yang ada didalam *rotary* sehingga mengaduk bahan dan suhu dari ujung ke ujung berbeda beda.

Proses perpindahan panas yang terjadi dari *furnace* yaitu panas dari dinding *furnace* disalurkan dapat melalui radiasi, konveksi sirkulasi udara panas dan konduksi dari wadah bahan ke bahannya. Uap air, udara dan gas lain akan menguap akibat transfer panas secara konveksi serta panas akan diubah berpindah secara konduksi pada permukaan bahan dan dinding wadah. Menurut Ayu (2015) laju pemanasan dipengaruhi oleh karakteristik dari bahan yang dipanaskan, rendahnya kelembapan udara dalam *furnace* dapat menciptakan tekanan uap yang dapat mengakibatkan perpindahan air dari bagian dalam bahan menuju permukaan bahan, perluasan hilangnya air juga dipengaruhi laju pemanasan, sifat alami bahan dan perpindahan air dalam bahan tersebut. Pada batubara kandungan air *inherent* berada dalam batubara dan sulit untuk dikeluarkan kecuali menggunakan proses proses

tertentu. Prinsip kerja dari *furnace* sebenarnya sama dengan pengeringan dengan matahari namun perbedaannya adalah suhu dapat diatur, tidak memerlukan tempat yang luas, tidak dipengaruhi cuaca dan faktor lain yang berada di lingkungan. Sehingga pengeringan ini serupa dengan udara panas lainnya, semakin lama proses pengeringan dan semakin tinggi temperatur pemanasan semakin banyak pula kandungan air yang dapat diuapkan.

2.5 Laju Pengeringan

Laju pengeringan adalah seberapa cepat air dipindahkan atau hilang dari suatu zat sehingga kadar air dalam zat akan berkurang. Karakteristik dari laju pengeringan adalah sebagai berikut :

a. Kadar air

Kadar air dalam laju pengeringan in dihitung menggunakan alat *Moisture Analyzer*.

b. Massa air yang diuapkan

Massa air yang diuapkan dapat dicari menggunakan alat maupun dihitung menggunakan persamaan dibawah ini

$$m_u = m_0 (K_0 - K_1) \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan : m_u : massa air yang diuapkan (gram)

m_0 : Massa batubara awal (gram)

K_0 : Kadar air awal (%)

K_1 : Kadar air akhir

c. Massa air setelah pengeringan

Massa air yang didapatkan setelah kadar air berkurang karena proses pengeringan.

$$m_1 = m_0 - m_u \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan : m_1 : massa air yang diuapkan (gram)

d. Laju penguapan

Laju penguapan ini sangat berpengaruh dalam perhitungan laju pengeringan, karena dari sini dapat diketahui kecepatan air yang menguap saat proses pengeringan. Laju penguapan ini dinyatakan dengan berat air yang menguap persatuan waktu. Sehingga dapat dimasukan persamaan sebagai berikut :

$$W_{dot} = \frac{m_0 - m_1}{t} \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan : W_{dot} : Laju penguapan air (gr/menit)
 t : waktu pengeringan (menit)

2.6 Karakteristik Pembakaran

2.6.1 Laju Pembakaran atau *Burning Rate*

Laju pembakaran atau *burning rate* merupakan jumlah massa bahan bakar yang terbakar per satuan waktu. Ada banyak faktor yang mempengaruhi laju pembakaran, seperti komposisi udara untuk pembakaran, tekanan, dan nilai kadar air yang terkandung. Untuk mencari laju pembakaran dapat menggunakan rumus seperti dibawah ini.

$$\frac{m_0_{bb} - m_1_{bb}}{t} \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan :

m_{0bb} : massa awal bahan bakar (gr)

m_{1bb} : massa akhir bahan bakar (gr)

t : waktu pembakaran (menit)

Waktu pembakaran disini merupakan lama briket batubara dari api mulai menyala sampai api padam

2.6.2 Waktu Penyalaan atau *Ignition Time*

Ignition time atau waktu penyalaan briket adalah seberapa cepat waktu yang diperlukan untuk menyalakan api pada briket batubara. *Ignition Time* digunakan untuk menentukan seberapa lama persiapan yang digunakan untuk pembakaran briket batubara sehingga dapat menimbulkan api.

2.6.3 Karakteristik Visual Api

Karakteristik visual api yang dimaksudkan dalam hal ini yaitu berupa dimensi api seperti tinggi dan lebar api serta warna yang dihasilkan dari nyala api. Hal ini dimaksudkan untuk mengklasifikasikan perbedaan api briket batubara tanpa perlakuan dengan perlakuan, sehingga didapatkan perbandingan visual apinya.

2.7 Briket

Briket adalah pembentukan suatu bahan dari bahan yang mempunyai partikel penyusunnya yang relatif lebih kecil dengan cara memberikan tekanan tertentu dan

pemberian perekat pada wadah cetakan. Pada dasarnya briket dibuat untuk menyeragamkan bahan menjadi ukuran yang lebih besar dan dapat menambah nilai ekonomisnya daripada serbuk atau partikel kecil. Prinsip kerjanya adalah menyatukan partikel bebas menjadi suatu bentuk yang kompak dan kuat. Prinsip pembuatan briket secara umum ada dua cara yaitu dengan menggunakan bahan pengikat dan tanpa menggunakan bahan pengikat.

1. Pembriketan tanpa bahan pengikat

Pada dasarnya pembriketan tanpa menggunakan bahan pengikat ini memanfaatkan gaya kohesi antar partikel akibat tekanan yang diberikan saat proses pembentukan briket. Karena adanya gaya kohesi ini maka antar partikel akan membentuk suatu massa yang kompak sehingga partikel menyusun diri sehingga dicapai susunan yang kompak. Kekuatan dari briket ini sangat dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan dan seberapa banyak luas bidang kontak, karena semakin banyak luas bidang kontak maka semakin banyak ikatan partikel yang akan terkohesi sehingga briket tersebut semakin kuat.

2. Pembriketan dengan bahan pengikat

Prinsip dari pembriketan dengan bahan pengikat adalah pengikat digunakan untuk mengikat antar partikel. Karena adanya pengikat, partikel akan saling mengikat satu sama lain sehingga menghasilkan kekuatan pada briket. Namun penambahan pengikat ini bisa mengakibatkan turun ataupun naiknya kualitas bahan yang dibriket khususnya batubara.



Gambar 2.6 Briket Batubara

2.8 Hipotesa

Pengeringan pada batubara sangat dipengaruhi oleh temperatur pengeringan. Semakin tinggi temperatur, semakin cepat pula waktu penguapan air. Penurunan kadar air akan

menyebabkan naiknya nilai kalor suatu batubara, jadi semakin besar kadar air yang diuapkan semakin naik pula nilai kalor yang dihasilkan. Serta penurunan kadar air dapat mempengaruhi karakteristik pembakarannya.

