

BAB III

TEORI DASAR

3.1 Batubara Peringkat Rendah

Batubara termasuk kedalam sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, ketersediaannya sangat melimpah di Indonesia, khususnya di Kalimantan dan Sumatera. Pembentukan endapan batubara yang terdapat di Indonesia terjadi pada zaman Eosen dan Miosen.

3.1.1 Definisi batubara

Batubara merupakan batuan sedimen organik padat alami dapat terbakar, yang berasal dari proses akumulasi tumbuh-tumbuhan yang mengalami pembusukan, pemampatan, perubahan kemudian mengalami tekanan dan temperatur yang sangat tinggi secara bertahap serta berlangsung dalam jangka waktu yang relatif cukup lama (*Datin F U, 2000*). Dilihat dari manfaatnya batubara merupakan bahan bakar padat yang terdapat di alam, secara garis besarnya terdiri dari zat organik (*carbaceous material*), air (*moisture*) dan bahan mineral (*mineral matter*). Pada zat organik tersebut terdapat selain karbon, hidrogen, nitrogen dan belerang tetapi dalam jumlah sedikit sekali dibandingkan jumlah unsur karbon.

3.1.2 Genesa Batubara

Batubara adalah bahan bakar padat yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengalami proses pemampatan dan proses perubahan sebagai akibat bermacam-macam pengaruh fisika dan kimia. Perubahan kimia yang dimaksud adalah terjadinya perubahan yang kompleks darisenyawa pembentuk batubara yang berasal dari tumbuh-

tumbuhan sebagai akibat proses pembusukan, penumpukan dan pemadatan. Perubahan fisika yang dimaksud ialah bertambah gelapnya warna dari batubara, naiknya kekerasandan perubahan di dalam batubara tersebut, semuanya berlangsung dengan waktu yang relatif lama. Proses pembentukan batubara pada umumnya terbagi dua bagian tahapan proses, yaitu proses penggabutan (*peatification*) dan proses pembatubaraan (*coalification*), dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Proses Penggabutan (*peatification*)

Tahapan dalam proses penggabutan (*peatification*) adalah sebagai berikut :

1. Gambut berasal dari tumbuh-tumbuhan darat khususnya hutan dan air, seperti di rawa-rawa.
2. Gambut terakumulasi pada daerah-daerah yang rendah seperti pantai, rawa, delta, cekungan dan daerah-daerah yang selalu tergenang air dan mempunyai vegetasi yang lebat.
3. Daerah yang terakumulasi gambut mengalami penurunan secara perlahan, dan diimbangi dengan penumpukan tumbuh - tumbuhan, kemudian terendapkan oleh material lainnya sebagai tanah penutup, hal tersebut terjadi berulang-ulang dengan waktu yang sangat lama, dan disebut sebagai proses sedimentasi.
4. Dengan terjadinya proses biokimia dimana sisa tumbuh-tumbuhan tersebut mengalami pengawetan tanpa pembusukan dalam kondisi asam, maka terjadilah penumpukkan disertai dengan pemadatan sehingga terbentuk gambut (*Peat*).

b. Proses Pembatubaraan (*coalification*)

Proses pembatubaraan (*coalification process*) adalah proses perkembangan gambut, diikuti dengan terbentuknya lignit, sub-bituminus, bituminus, antrasit, serta metaantrasit. Dengan adanya perubahan atau peningkatan tekanan dan temperatur,

akibat dari penurunan dan proses sedimentasi berulang-ulang tersebut, maka akan menghasilkan batubara yang berlapis-lapis dengan ketebalan bervariasi. Dan selama proses pembatubaraan ini terjadi, akan mengakibatkan kenaikan kadar karbon dan penurunan kadar oksigen, hidrogen dan elemen lainnya. Dengan adanya gejala geologi tersebut di atas, maka terbentuklah tingkatan atau rank kualitas batubara menurut kalorinya, antara lain:

1. Lignit (brown coal)
2. Sub-bituminous
3. Bituminous
4. Antrasit dan metaantrasit

3.1.3 Teori Proses Pengendapan Batubara

Ada dua teori yang menjelaskan tentang terbentuknya endapan batubara, dimulai dengan pembentukan bahan batubara, yaitu :

1. Teori Insitu (*Autochthonous Theory*)

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara, terjadinya di tempat dimana tumbuh-tumbuhan asal itu berada (terjadinya di tempat itu juga).

Cirinya : - Penyebaran luas dan merata
 - kualitas lebih baik (kadar abu kecil)

Contoh : Batubara di Muara enim (Sumatera selatan)

2. Teori Drift (*Allochthonous Theory*)

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara, terjadinya di tempat lain dari tumbuh-tumbuhan asal berada, karena sudah mengalami pengangkutan.

Cirinya : - Penyebaran tidak luas, tetapi banyak (pada beberapa tempat).
 - Kualitas kurang baik (banyak mengandung pasir pengotor).

Contoh : - Batubara hasil pengendapan delta di aliran Sungai Mahakam
(pengendapannya menyebar di sepanjang sungai).

3.2 Karakteristik Batubara Peringkat Rendah

Batubara peringkat rendah mempunyai kandungan air (*free moisture*) yang cukup tinggi, juga mempunyai nilai zat terbang yang tinggi dan kandungan oksigen yang lebih besar dibandingkan dengan batubara bituminous, sedangkan kandungan abu dan belerang bervariasi.

Karena tingginya kadar air (*free moisture*), maka batubara peringkat rendah tidak ekonomis bila ditransportasikan pada jarak jauh. Selain itu juga harus ditangani secara baik. Batubara peringkat rendah saat ini pada umumnya digunakan untuk bahan bakar pada pembangkit listrik di dekat atau mulut tambang. Selain itu efektifitas dan efisiensi pembakarannya juga rendah karena sejumlah panas akan digunakan untuk menghilangkan kandungan air tersebut sehingga membutuhkan udara yang lebih besar, selain itu kandungan air dalam batubara juga akan mempengaruhi terbentuknya NO_x dan asap.

Dengan kemajuan teknologi saat ini kemungkinan penggunaan batubara peringkat rendah dapat dipertimbangkan dengan menggunakan teknologi peningkatan kualitas (*upgrading*) batubara peringkat rendah, yang salah satunya metode pengeringan.

3.3 Pemanfaatan Batubara Peringkat Rendah

Sebagaimana telah disebutkan bahwa batubara peringkat rendah mengandung kadar air bawaan yang tinggi dan nilai kalor yang rendah sehingga tidak ekonomis jika

harus ditransportasikan pada jarak jauh, selain itu penanganannya pun juga harus hati-hati, untuk menghindari terjadinya pembakaran spontan. Maka prospek yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan batubara peringkat rendah ini terutama di Indonesia, adalah sebagai bahan bakar langsung, baik sebagai bahan bakar untuk *boiler*, pembangkit listrik dan industri (pengguna uap), maupun pabrik semen dan industri kecil seperti pembakaran bata, genteng dan kapur.

Manfaat lainnya dari batubara peringkat rendah tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Konsumen batubara peringkat rendah terbesar saat ini, baik di Indonesia maupun negara-negara lain adalah PLTU, yang digunakan untuk memproduksi listrik. Untuk menunjang hal tersebut, pembangunan sarana dan fasilitas serta peralatan harus didesain secara khusus sesuai dengan sifat batubara yang akan digunakan sebagai bahan bakar, prospek jangka pendek yang paling ekonomis adalah dengan dibangunnya PLTU di dekat mulut tambang. Untuk memasok listrik di daerah sekitar penambangan.

b. Sebagai Bahan Bakar Dan Bahan Baku Pada Pabrik Semen

Industri semen merupakan konsumen kedua terbesar setelah PLTU dan sekarang hampir seluruh pabrik semen di Indonesia menggunakan batubara sebagai bahan bakar dan sisa hasil pembakaran batubara tersebut dapat dijadikan bahan baku berbentuk *klinker* pada pembuatan semen. Seperti halnya juga PLTU, maka pabrik semen hendaknya tidak terlalu jauh letaknya dari lokasi dimana cadangan batubara peringkat rendah ini berada.

c. Sebagai Bahan Bakar Industri Kecil

Di Indonesia industri-industri kecil, seperti pembakaran bata, genteng, dan kapur yang pada umumnya menggunakan bahan bakar kayu, sekarang banyak beralih ke batubara karena semakin sulitnya mendapatkan kayu bakar. Untuk industri-industri kecil tersebut batubara yang digunakan untuk proses pembakaran umumnya batubara bongkah. Untuk batubara peringkat rendah perlu dipertimbangkan sifat fisiknya, yaitu mudah pecah, baik dalam pengangkutan maupun akibat cuaca selama penumpukan. Untuk mengatasi masalah ini sebaiknya dipertimbangkan kemungkinan proses pembriketan.

d. Sebagai Bahan Bakar Briket

Pengembangan bahan bakar batubara briket di Indonesia saat ini sudah mulai berkembang. Untuk itu maka diperlukannya proses karbonasi pada temperatur 400°C - 600°C untuk menghilangkan tar dan asap yang akan mengganggu dalam pembakaran. Pengembangan pembriketan pada tekanan tinggi tapi temperatur rendah dengan penambahan biomas, merupakan alternatif lain yang ditawarkan. Kandungan belerang yang tinggi sebelumnya dapat diolah dengan cara fisika. Lokasi karbonasi disarankan di dekat tambang untuk mengurangi biaya transportasi.

e. Pemanfaatan Melalui Proses Konversi

Untuk jangka panjang jika bahan bakar minyak melambung tinggi dan cadangan batubara peringkat tinggi menipis, maka kemungkinan pemanfaatan batubara peringkat rendah dapat ditingkatkan melalui proses konversi, yaitu dirubah bentuknya menjadi gas (melalui proses *gasifikasi*) atau cair (melalui proses

liquifikasi) yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan bakar sintesis maupun bahan baku pupuk.

3.4 Karakteristik Proses Pengeringan Batubara

Air dalam batubara atau kelembaban batubara mempengaruhi karakteristik fisik dan kimia batubara dan pemilihan teknologi pemanfaatannya. Reaksi pembakaran batubara, reaksi gasifikasi, reaksi pengeringan, reaksi pirolisis, evolusi zat terbang, degradasi ukuran batubara, keekonomian transportasi dan titik nyala batubara dipengaruhi oleh kandungan air yang ada dalam batubara.

Pada reaksi pembakaran, air dalam batubara menghambat laju pemanasan batubara dan menghalangi kontak batubara dengan oksigen. Kandungan air batubara juga mengurangi jumlah energi panas yang dapat dimanfaatkan karena sebagian energi panas dipakai untuk menguapkan air batubara yang endotermik.

3.4.1 Wujud Air dalam Batubara

Air dalam batubara sebagian terikat di permukaan batubara, dalam pori-pori batubara dan sisanya terikat oleh gugus fungsi hidroksil dan karboksil. Setelah proses pengeringan batubara, air dapat kembali ke dalam batubara bila pori-pori batubara tidak rusak atau tidak terjadi pemutusan ikatan air dengan gugus fungsi yang ada.

Air yang terkandung dalam batubara terdiri dari air bebas (*free moisture*) dan air lembab (*inherent moisture*). Air bebas adalah air yang terikat secara mekanik dengan batubara pada permukaan dalam rekahan atau kapiler yang mempunyai tekanan uap normal. Sedangkan air lembab adalah air yang terikat secara fisik pada struktur pori-pori bagian dalam batubara dan mempunyai tekanan uap yang lebih rendah daripada tekanan uap normal.

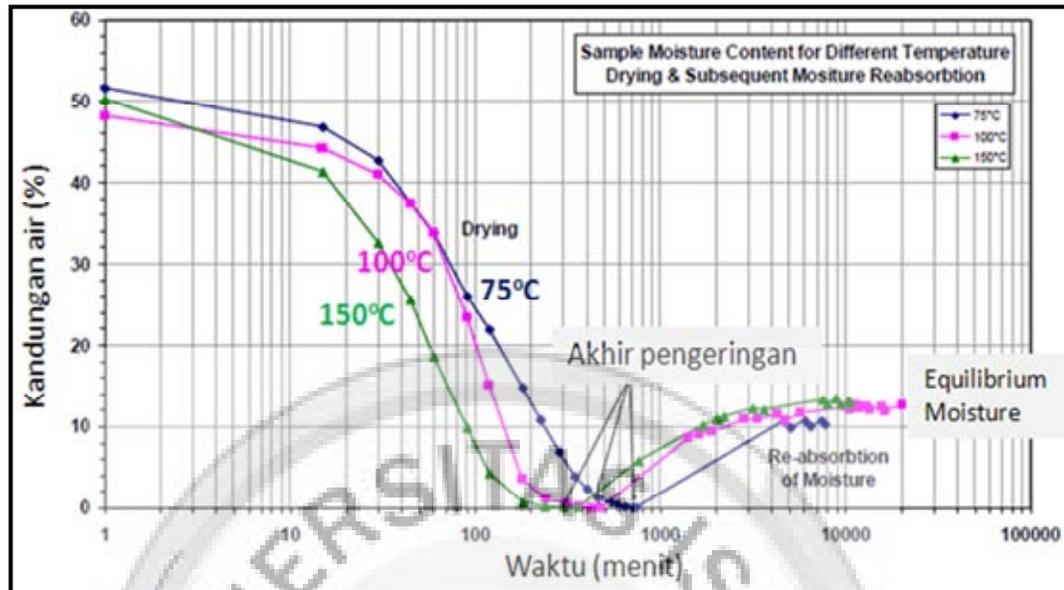
3.4.2 Pelepasan Air Pada Pengeringan Batubara

Kecepatan pelepasan air dari batubara dan suhu pengeringan berpengaruh pada struktur pori, sifat fisik dan sifat kimia batubara hasil pengeringan. Sebagian besar sistem peralatan pengeringan batubara yang ada saat ini adalah pengering dengan sistem pertukaran panas langsung. Pada sistem ini sebagian besar panas di transfer ke batubara melalui mekanisme konveksi. Dalam pengering, batubara basah dicampur dengan gas panas yang dihasilkan dalam ruang bakar terpisah. Gas yang digunakan untuk pengeringan terutama umumnya adalah udara yang tercampur beberapa gas lain produk dari proses pembakaran. Panas akan ditransfer dari gas pengeringan ke batubara basah sehingga air yang terkandung dalam batubara menguap.

3.4.3 Penyerapan Kembali Air Lembab Setelah Pengeringan

Air dapat masuk kembali ke dalam batubara setelah proses pengeringan. Seberapa besar air dapat masuk kembali ke batubara dan apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat masuknya air ke dalam batubara harus diketahui untuk mendapatkan produk batubara kering sesuai yang diinginkan. Gambar 3.1 menunjukkan hubungan antara waktu dan kadar air batubara dalam proses

pengeringan batubara pada suhu yang berbeda (75°C, 100°C dan 150°C) yang dilanjutkan dengan kurva penyerapan kembali air dalam suhu kamar (27°C) dan kelembaban 80%. Semakin tinggi suhu semakin cepat waktu pengeringan. Kadar air batubara kering meningkat dari 0% menjadi sekitar 10 - 13% setelah penyerapan kembali air dalam jangka waktu sekitar 2 sampai 4 hari. Kadar air batubara kering dapat diatur menjadi di atas 13% dengan mengatur waktu dan suhu pengeringan. Pengurangan kadar air batubara kering di bawah 10% agak sulit dilakukan tanpa memutus ikatan air dengan gugus fungsi yang ada dalam batubara.



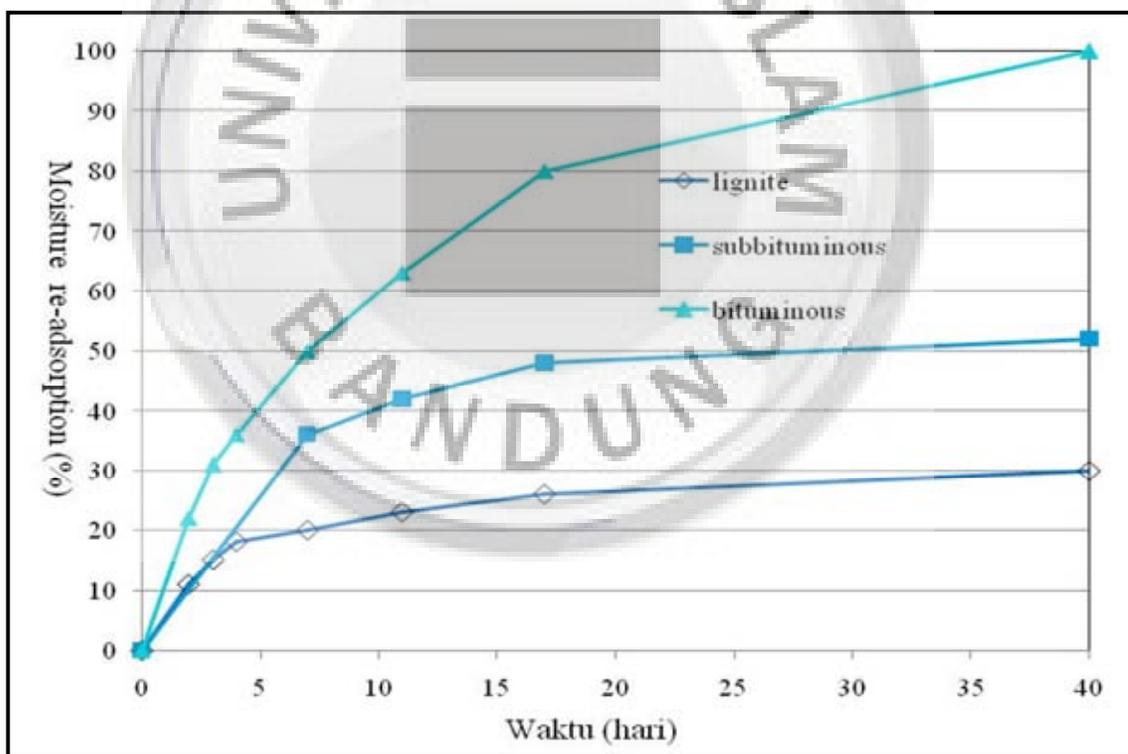
Gambar 3.1
Kurva pelepasan air dan penyerapan kembali air pada proses pengeringan batubara Kaltim (Karthikeyan, 2007)

Pengeringan batubara dapat menghasilkan produk dengan kadar air di bawah 10% bila dilakukan pada suhu lebih tinggi sehingga gugus fungsi karboksil yang ada dalam batubara terlepas. Tabel 3.1 menampilkan hubungan antara suhu pengeringan dengan kandungan air dan kandungan gugus karboksil.

Tabel 3.1
Pengaruh suhu pengeringan pada gugus fungsi batubara (Mukherjee, 2004)

Suhu °C	Moisture (%)	Abu (%)	O _{COOH} (%)	O _{OH} (%)	Moisture (%) (60% RH)
200	7,1	3,6	3,9	5,1	12,3
250	6,3	3,7	3,6	4,9	11,2
275	5,6	3,8	2,3	5,0	10,4
300	4,5	3,7	1,9	5,8	9,4
325	4,5	3,9	1,4	6,4	7,5
350	3,4	3,8	1,3	6,9	7,6

Pengaruh peringkat batubara pada tingkat penyerapan air dilihat pada **Gambar 3.2**. Sumbu Y pada Gambar 3.2 adalah rasio antara air yang masuk ke dalam batubara setelah pengeringan dengan air yang dilepas saat pengeringan. Pada batubara Bituminous semua air yang dilepas saat pengeringan 100% kembali lagi ke dalam batubara sementara itu pada batubara lignit hanya 30% dari air yang kembali ke batubara. Diperkirakan pori-pori dalam batubara bituminous berada dalam struktur yang sangat kuat oleh sebab proses pembatubaraan (*coalification*) di alam sehingga pori-pori batubara bituminous tidak rusak selama proses pengeringan dan air dapat kembali lagi ke dalam pori setelah proses pengeringan.



Gambar 3.2
Pengaruh peringkat batubara pada penyerapan air kembali setelah proses pengeringan (Gorbarty, 1994).

3.5 Pengerinan Suhu Tinggi dan Tekanan Tinggi (*Autoclave*)

Dalam proses pengerinan pada *autoclave* ini, *slurry* (campuran batubara dengan air) dipanaskan sampai suhu sekitar 300°C di bawah tekanan 100 bar sehingga air keluar dari batubara dalam fasa cair atau bukan fasa gas. Cara seperti ini menghasilkan batubara kering yang stabil dan mirip proses terjadinya batubara dari peringkat rendah ke peringkat tinggi oleh proses alam (*coalification*) hanya saja proses dalam *autoclave* ini memerlukan waktu yang sangat singkat di bandingkan proses di alam.

3.6 Parameter Kualitas Batubara

Parameter kualitas batubara secara umum menggambarkan sifat fisik dan kimia batubara. Berikut ini beberapa parameter kualitas batubara :

3.6.1 Kadar Air (*Moisture Content*)

Kadar air (*moisture*) yang terkandung dalam batubara dapat dinyatakan dalam 2 (dua) macam :

1. Air Bebas (*Free Moisture*)

Kadar airbebas adalah jumlahprosentase beratairpada kondisi *asreceived*, yang dapat dihilangkan apabila dikeringkanpada kondisi dan temperatur standar. *Free moisture*terdapatdalam batubara secara mekanik, pada permukaan dan dalam retakan atau kapiler dan mempunyai tekanan uap normal. Kadar air bebas (*free moisture*) inii tergantung pada kondisi pengerinan dan pembasahan selama penambangan, transportasi, penyimpanan dan lain-lain.

2. Air Lembab (*Inherent Moisture*)

Kadar air lembab (*inherent moisture*) adalah air yang terikat secara fisik dalam batubara pada struktur pori-pori sebelah dalam dan mempunyai tekanan uap

lebih rendah daripada tekanan normal. Kadar air lembab (*inherentmoisture*) digunakan sebagai karakteristik dasar batubara.

3.6.2 Kadar Abu (Ash Content)

Abu merupakan material yang tidak terbakar dalam batubara. Abu berasal dari bahan mineral yang bercampur dengan batubara dan dari campuran material pembentuk atap lapisan batubara dan lantai lapisan batubara. Abu berbeda pada komposisi kimianya dan biasanya kurang dari bahan mineral yang berhubungan dengan batubara.

3.6.3 Kadar Zat Terbang (Volatile Matter Content)

Zat terbang terdiri dari gas yang mudah terbakar seperti CO, CH₄ dan uap yang terkondensasi seperti tar, CO₂ dan air. Zat terbang terbentuk dari hasil degradasi termal unsur-unsur pembentuk batubara, kalsinasi dan dehidrasi termal mineral kompleks.

3.6.4 Kadar Karbon Tertambat (Fixed Carbon Content)

Nilai karbon tertambat menyatakan besarnya residu yang tertinggal dan dapat dibakar setelah air, abu dan *volatile matter*nya dihilangkan. Residu ini sebagian besar terdiri dari karbon serta sebagian kecil hidrogen, sulfur dan nitrogen.

3.6.5 Nilai Kalori (Calorific Value)

Nilai kalori batubara adalah jumlah panas pembakaran batubara dari material yg dapat dibakar seperti karbon, hidrogen dan sulfur (dikurangi panas dekomposisi ditambah reaksi eksotermis atau dikurangi reaksi endotermis dlm pengotor). Nilai kalori diukur dengan membakar sejumlah percontoh batubara dalam kondisi *air dried* dalam suatu alat *Bomb Calorimeter* pada kondisi oksigen yang berlebih.

3.6.6 Kadar Sulfur (*Sulfur Content*)

Kandungan sulfur pada batubara bervariasi antara 0,1% - 10% berat. Senyawa sulfur dalam batubara dibedakan menjadi 2 jenis yaitu sulfur organik dan sulfur anorganik.

3.6.7 Kadar Hidrogen (*Hydrogen Content*)

Hidrogen terdapat dalam batubara berbentuk kombinasi alifatik dan aromatik. Selama proses pembatubaraan jumlah hidrogen berangsur-angsur berkurang terutama disebabkan oleh evolusi gas metan. Kandungan hidrogen pada lignit sekitar 5% - 6%, 4,5% - 5% pada bituminous dan pada semi antrasit atau antrasit sekitar 3 - 3,5%. Dalam pembakaran, sebagian besar hidrogen berevolusi sebagai *volatile matter* dan terbakar membentuk uap air.

3.6.8 Kadar Oksigen (*Oxygen Content*)

Kadar oksigen ditentukan berdasarkan perbedaan selisih nilai kandungan karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur dan abu. Kandungan oksigen untuk lignit sekitar 20%, bituminous 4 - 10% dan antrasit 1,5%.

3.6.9 Kadar Nitrogen (*Nitrogen Content*)

Nitrogen dalam batubara terbentuk sebagai bagian substansi organik. Kadar nitrogen tidak berhubungan dengan peringkat batubara. Kandungan nitrogen diukur dengan reduksi amoniak (Metoda *Kjeldahl*).