Buku Ajar Ekplorasi Batubara

by Basuki Rahmad

Submission date: 08-Apr-2019 11:38AM (UTC+0700)
Submission ID: 1107918229
File name: (3.74M)
Word count: 14084
Character count: 93543

PENGANTAR
EKSPLORASI GEOLOGI BATUBARA dan KUALITAS BATUBARA



Tim Penulis:
Dr. Ir. Basuki Rahmad, MT.
Ir. Sugeng Raharjo, MT.
Eko Widi Pramudiohadi, ST., MT.
Ir. Ediyanto, MT.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
2017

Pengantar Eksplorasi Geologi Batubara dan Kualitas Batubara

Tim Penulis:
Dr.Ir. Basuki Rahmad, MT.
Ir. Sugeng Raharjo, MT.
Eko Widi Pramudiohadi, ST., MT.
Ir. Ediyanto, MT.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
2017

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan buku ini. Maksud penyusunan buku ini adalah untuk memberikan informasi awal tentang pentingnya memahami konsep eksplorasi batubara dan kualitas batubara sebagai bahan pertimbangan dalam persiapan sebelum dan selama kegiatan eksplorasi batubara dilaksanakan, untuk itu penulis memberikan diri untuk menulis buku ini. Buku ini disusun dari beberapa pustaka dan pengalaman pribadi penulis selama mendalami batubara baik melalui kursus, penelitian maupun kegiatan eksplorasi batubara.

Penulis selalu terbuka menerima kritik dan saran demi kesempurnaan dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat.

Yogyakarta, September 2017

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **ii**

DAFTAR ISI ..... **iii**

DAFTAR GAMBAR ..... **vii**

DAFTAR TABEL ..... **x**

1. EKSPLORASI GEOLOGI BATUBARA **1**

1.1 PENDAHULUAN 1

1.2 PROGRAM EKSPLORASI BATUBARA 7

1.2.1 Sifat Dasar Program Eksplorasi..... 11

1.2.2 Rancangan Program Eksplorasi 12

1.3 TAHAPAN EKSPLORASI BATUBARA..... 16

1.3.1 Tahap 1. Pra-Eksplorasi/Survey Tinjau. 20

1.3.2 Tahap 2. Penilaian Regional Daerah yang Prospek..... 24

1.3.3 Tahap 3. Eksplorasi Pendahuluan..... 31

1.3.4 Tahap 4. Eksplorasi Rinci 36

1.3.5 Tahap 5. Perencanaan Tambang 42

1.4 METODE EKSPLORASI BATUBARA. 47

1.4.1 Metode Eksplorasi Tidak Langsung 48

1.4.2 Metode Eksplorasi Langsung..... 49

1.5 MODEL GEOLOGI BATUBARA. 51

1.5.1 Model Cekungan Batubara Indonesia. 52

1.5.1.1 *Paleogene Syn-Orogenic Coal Deposits in Fore Arc Basin.* 54

1.5.1.2 *Paleogene Syn-Rifting Coal Deposits.* 55

1.5.1.3 *Neogen Syn-Orogenic Regression Related Coal Deposits* 56

1.6 MODEL GEOMETRI BATUBARA 64

1.6.1 Kajian Teori Struktur Geologi Lapisan Batubara. 64

1.6.1.1 Faktor *Syn-Depositional.* 64

1.6.1.2 Faktor Mikro-Struktur. 65

1.6.1.3 Faktor Makro-Struktur. 68

1.6.1.4 *Post – Depositional.* 73

1.6.2 Kajian Sedimentasi Batubara Terhadap Pembentukan *Splitting* Batubara 89

1.6.3 Kajian Sedimentasi Batubara Terhadap Pembentukan *Washout* Batubara 92

1.7 Pengamatan Batubara 94

2. KUALITAS BATUBARA.....99

2.1 Pendahuluan. 99

2.1.1 Basis Data 101

2.2 Sifat Kimia Batubara. 104

2.3 Analisis Proksimat 106

2.3.1 Total *Moisture* 107
2.3.2 *Ash* (Abu) 111
2.3.3 *Volatile Matter* 115
2.3.4 *Fixed Carbon* (Karbon Tetap) 119
2.4 Analisis Ultimat 120
2.4.1 Karbon dan Hidrogen 121
2.4.2 Oksigen 122
2.4.3 Nitrogen 123
2.4.4 Sulfur 124
2.5 Analisis Nilai Kalori 127
2.6 Sifat Fisika Batubara 129
2.6.1 *Density* 129
2.6.2 *Grindability* 130
2.6.3 *Abrasion Index* 133
2.6.4 *Particle Size Distribution* 133
2.7 Analisis Lain Dalam Pemanfaatan Batubara: 134
2.7.1 Chlorine 134
2.7.2 Fosfor 135
2.7.3 Analisis Abu (*Ash*) 137
2.7.4 *Ash Fusion Temperature* (temperatur leleh abu) 139
2.7.5 *Trace Elements* (unsur-unsur jejak) 141

3. Pustaka. 145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tahapan Eksplorasi dan Laju Investasi (Modifikasi Eimon,1988 dalam Evans, 1995) 6
Gambar 2. Grafik (R-T) menunjukkan hubungan antara tingkat resiko (R) dengan tahap pengembangan mineral (T) (Sudradjat, 1999). 6
Gambar 3. Bagan Alir Tahapan Eksplorasi Batubara.19
Gambar 4. Contoh detil log seam batubara (Ward. 1984) 35
Gambar 5. Tiga model tatanan stratigrafi-tektonik cekungan endapan batubara di Indonesia (Koesoemadinata, 2002).....63
Gambar 6. Struktur deformasi akibat pembebanan sedimen menghasilkan distorted dan dislocated bedding terhadap lapisan batubara (Thomas, 2005).....66
Gambar 7. Ketidakstabilan cekungan batubara di beberapa tempat, menyebabkan reaktifasi kembali sesar normal half graben, terjadi longsoran gravity sliding (slumping) (Thomas, 2005) 67
Gambar 8. Menjelaskankan kemungkinan terbentuknya splitting lapisan batubara yang disebabkan perubahan pergerakan

sesar selama pengendapan gambut berlangsung (Thomas, 2005).....70
Gambar 9. Sesar normal di lapisan batubara (Thomas, 2005) 74
Gambar 10. Zona sesar di *high wall* tambang terbuka (Thomas, 2005) 75
Gambar 11. Sesar *Lag Fault* di atas *Thrust Fault* (Thomas, 2005) 76
Gambar 12. Pergeseran lapisan batubara akibat *reverse fault* (Thomas, 2005) 77
Gambar 13. Pembentukan *shear* yang kuat dan berkembang *menjadi zona thrust fault* terhadap seam lapisan batubara (Thomas, 2005) 79
Gambar 14. Empat tahap model "*progressive easy – slip thrusting*" (perkembangan sistim *thrust-slip*) (Thomas, 2005) 80
Gambar 15. Sedimen pembawa batubara yang mengalami perlipatan (Thomas, 2005) 83
Gambar 16 (A) Deformasi tektonik karena gaya kompresi dan.....85
Gambar 17. Lipatan asimetri, berupa sinklin dan antiklin *steeply* dan *thrust fault* (Thomas, 2005) 86
Gambar 18. Lipatan asimetri, berupa sinklin dan antiklin *steeply* dan *thrust fault* (Fadilah, 2005) 87

Gambar 19. Pembentukan sesar naik melalui proses lipatan (Fadilah, 2005).....87
Gambar 20. Model pembentukan lipatan diikuti oleh penebalan dan penipisan dibeberapa bagian lipatan (Fadilah, 2005).....88
Gambar 21. Model pembentukan sesar mendatar yang diikuti oleh seretan dan perubahan arah kedudukan lapisan (Fadilah, 2005). 88
Gambar 22. Bentuk umum *Splitting* seam batubara (Thomas, 2005) 90
Gambar 23. Pemotongan *channel* terhadap seam batubara (Thomas, 2005).....93
Gambar 24. Contoh pengamatan singkapan batubara (koleksi penulis).....98

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Korelasi *litothype* menurut Stopes, 1919, dengan penggunaan batubara di Australia (Modifikasi Diessel, 1965); dalam Bustin dkk., 1983. 97

Tabel 2. Basis Uji & Analisis serta Singkatan yang dipakai (Ward, 1984) 104

Tabel 3. Pengelompokan Batubara Bituminus berdasarkan Kandungan Zat Terbang (%) 117

1. EKSPLORASI GEOLOGI BATUBARA

1.1 PENDAHULUAN

Konsep Eksplorasi adalah runtunan pemikiran yang sistimatis, dimana kita menentukan dulu apakah yang menjadi objek dari pencarian itu atau jenis bahan galian apa yang akan kita cari serta kondisi geologi yang bagaimana bahan galian tersebut bisa dicari. Dengan demikian kita bisa menentukan cara yang efisien dengan menggunakan urutan tahapan metoda, program eksplorasi, teknologi eksplorasi dan biaya investasi yang dikeluarkan.

Eksplorasi dapat dibagi menjadi sejumlah tahapan yang saling berkesinambungan dan berurutan yang melibatkan biaya pengeluaran yang semakin meningkat serta resiko yang semakin berkurang dan berdasarkan tingkat pengetahuan geologi (Gambar 1 dan 2). Istilah ini digunakan untuk menggambarkan bahwa tahapan tersebut adalah beragam. Istilah yang

telah diterima secara luas digunakan sebagai tahap awal eksplorasi yaitu tahap perencanaan dan penyelidikan pendahuluan.

Tahapan tersebut mencakup tahapan seleksi target daerah untuk eksplorasi rinci. Tahap perencanaan mencakup seleksi komoditas, jenis endapan, metoda eksplorasi dan lingkungan sebagai organisasi eksplorasi (Evans, 1995).

Program eksplorasi batubara sudah harus dirumuskan tentang bagaimana model geologi dan faktor-faktor geologi apa saja yang mengendalikan keterdapatan batubara.

Dalam merencanakan program eksplorasi maka kita harus punya konsep berpikir dengan pertanyaan-pertanyaan seperti berikut :

a. Bahan galian apa yang dicari? (jawab : batubara)
b. Dimana harus mencarinya? (Jawab : tatanan geologi, model geologi)

c. Bagaimana cara mencarinya? (Jawab : program, pentahapan, metoda eksplorasi, tingkat pengetahuan geologi)

Dengan demikian konsep eksplorasi batubara ini menyangkut perumusan sasaran (target) eksplorasi. Sasaran/target eksplorasi batubara sering ditentukan berdasarkan keadaan perekonomian seperti jumlah cadangan, kualitas batubara seperti *calorific value, ash content, sulfur content* dsb, harga pasar, perkembangan teknologi pertambangan dan permintaan pasar.

Batubara sangat sensitif terhadap spesifikasi yang diminta pasaran, terutama kualitas dan kuantitas. Selain itu tergantung pula dari produksi dan cadangan yang tersedia serta metoda penambangan. Maka disini spesifikasi endapan batubara yang diperlukan adalah seperti berikut :

a. Kualitas : yang dikehendaki (CV, kadar abu, belerang, dsb)

b. Kuantitas : minimum cadangan yang diminta yang menyangkut keekonomian serta investasi yang diperlukan.
c. Metoda penambangan : tambang terbuka atau tambang dalam, menyangkut biaya produksi dan harga jual batubara di pasaran.

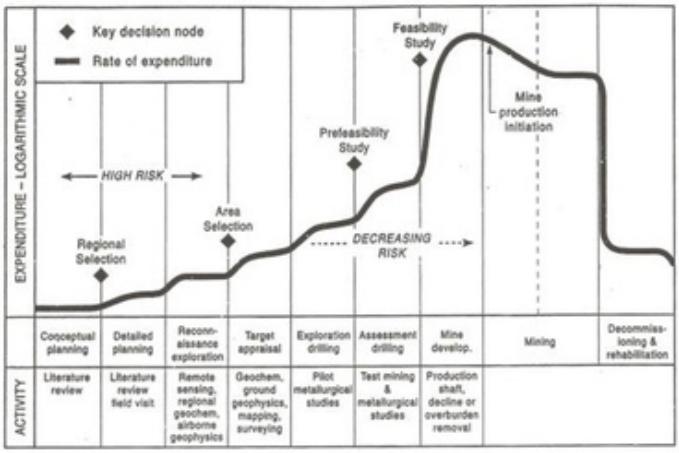
Eksplorasi dapat didefinisikan sebagai teknologi untuk menemukan bahan galian baru, termasuk di dalamnya adalah aktifitas dan evaluasi yang diperlukan sebelum keputusan berikutnya diambil, melalui suatu pentahapan. Tujuan eksplorasi adalah menemukan dan mendapatkan bahan galian baru yang telah memenuhi syarat-syarat operasi penambangan secara ekonomi baik untuk saat ini atau waktu yang akan datang. Sasaran utama eksplorasi, adalah untuk menemukan dan mendapatkan dalam jumlah maksimum dengan biaya rendah dan dengan waktu yang singkat.

Eksplorasi batubara adalah kegiatan yang melalui suatu proses eliminasi, bisa satu prospek atau lebih (Hutton dan Jones, 1995). Hal ini tergantung data yang tersedia seperti berikut :

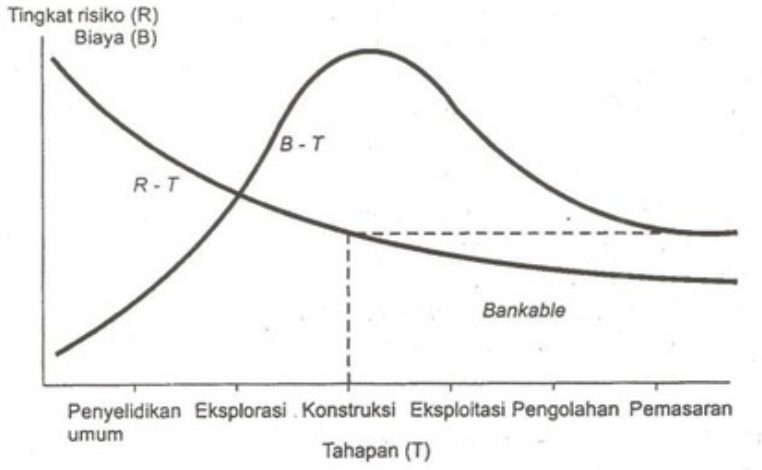
a. Evaluasi regional, tujuannya adalah untuk mengetahui perkembangan tektonik dan sedimentologi suatu wilayah untuk menentukan cekungan-cekungan mana yang prospek.

b. Studi cekungan, tujuannya adalah untuk mendefinisikan bagian-bagian dari cekungan yang prospek. Contohnya, batubara pada kedalaman dan ketebalan berapa batubara tersebut layak untuk ditambang.

c. Ketentuan Penambangan – tujuannya adalah untuk mengevaluasi tambang, termasuk studi pendahuluan tentang lingkungan.



Gambar 1. Tahapan Eksplorasi dan Laju Investasi (Modifikasi Eimon,1988 dalam Evans, 1995)



Gambar 2. Grafik (R-T) menunjukkan hubungan antara tingkat resiko (R) dengan tahap pengembangan mineral (T) (Sudradjat, 1999).

1.2 PROGRAM EKSPLORASI BATUBARA

Tujuan utama dari program eksplorasi batubara adalah untuk melokalisir keterdapatan endapan batubara, pengambilan sampel, pengujian kualitas batubara dan cadangan yang ada di suatu daerah tertentu, serta mengidentifikasikan faktor-faktor geologi yang akan mengontrol dalam pengembangan tambang. Peranan tersebut mencakup evaluasi data lama, pemetaan geologi dan pengambilan sampel, penggunaan metoda geofisika dan pengeboran (Larry Thomas, 2005).

Penerapan metode geologi dalam industri batubara adalah dalam upaya menentukan sifat-dasar program eksplorasi, lokasi keterdapatan batubara dan kualitas batubara (Ward, 1984).

Jika sasaran target batubara sudah ditentukan, maka perlu melaksanakan program eksplorasi sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Sebagai contoh, seperti Cekungan Gippsland di Australia, adalah sasaran targetnya, dimana batubara high bituminous coal dapat ditemukan. Seorang geologist seharusnya sadar potensi pemanfaatan batubara dan menjadikannya familiar dengan sarana infrastruktur yang ada, seperti ketersediaan jalan, jalan kereta api, air dan aliran listrik dan tenaga kerja, serta pertimbangan lingkungan.

Pemanfaatan secara maksimum seharusnya menggunakan teknologi eksplorasi yang tersedia melalui perencanaan, dan melaksanakan program-program eksplorasi tersebut dengan tahapan yang berkesinambungan, masing-masing tahapan berdasarkan hasil tahapan sebelumnya. Masing-masing tahapan seharusnya memberikan informasi dalam jumlah yang optimum.

Tahapan berikutnya adalah pertimbangan evaluasi prospeksi yang digunakan sebagai petunjuk. Tahapan tersebut tidak berdiri satu sama lain serta tergantung pada sifat dasar dari prospek secara khusus, bagian-bagian tertentu dari tahapan itu bisa saja dilaksanakan secara serentak, atau ada bagian yang dihapus.

Semua pekerjaan eksplorasi hendaknya diawasi oleh sebuah tim yang terdiri dari para ahli geologi, ahli tambang, ahli pengolahan batubara, ahli teknologi pengembangan energi, ahli pemasaran dan ahli keuangan, untuk melengkapi tujuan dan hasilnya. Eksplorasi membutuhkan akuisisi data dan pengembangan data untuk memastikan potensi pertambangan secara komersial, faktor geologi akan mempengaruhi dalam merancang tambang sedangkan data analitik dibutuhkan untuk urusan pemanfaatan dan pemasaran.

Masing-masing program eksplorasi hendaknya mempunyai satu atau lebih personil yang berpengalaman pada semua tahapan ketika data geologi yang dikumpulkan itu akan digunakan untuk mengambil keputusan-keputusan tentang apakah perlu mengubah strategi atau meneruskan program tersebut.

Semua pihak yang terlibat, termasuk kontraktor pengeboran, hendaknya benar-benar mengetahui jenis informasi yang diharapkan dari masing-masing tahapan tersebut sehingga keputusan yang benar dapat diambil dengan waktu cukup guna melangkah dari tahap satu ke tahap berikutnya.

Tujuan akhir program eksplorasi adalah mendapatkan cadangan dan membuka tambang secara menguntungkan.

1.2.1 Sifat Dasar Program Eksplorasi

Sifat dasar program eksplorasi untuk menetapkan operasi pertambangan batubara baru, atau perluasan tambang batubara lama, meliputi 4 (empat) komponen yang saling melengkapi, terdiri dari :

a. Eksplorasi: seleksi dan penilaian geologi untuk daerah yang mengandung endapan batubara;

b. Desain: desain dan evaluasi ekonomi tentang metoda pertambangan yang paling tepat untuk daerah tersebut;

c. Pemasaran : batubara yang dihasilkan akan dipasarkan sesuai harga batubara saat ini;

d. Pengembangan: pendapatan dan konstruksi pabrik serta fasilitas yang

dibutuhkan untuk produksi batubara.

Desain tambang dan instalasi persiapan terkait sangat tergantung pada pengetahuan rinci geologi endapan, dan juga tergantung pada spesifikasi yang diperlukan untuk produk yang bisa dipasarkan.

Operasi pemasaran jangka-panjang atau rancangan fasilitas-fasilitas untuk menggunakan batubara dari suatu endapan tertentu, sebagian juga didasarkan atas penilaian secara luas tentang kualitas batubara dan laju produksi batubara.

1.2.2 Rancangan Program Eksplorasi

Program eksplorasi batubara bisa mempunyai satu sasaran atau dua kemungkinan sasaran pokok yaitu :

a. Mendapatkan daerah dengan jumlah

kandungan batubara tertentu sesuai kualitas yang diharapkan, hal ini merupakan penemuan yang dianggap berhasil; atau

b. Menentukan jumlah cadangan dan kualitas batubara secara ekonomis yang bisa diperoleh dari daerah tertentu.

Namun demikian sesuai sasaran eksplorasi yang sebenarnya, umumnya program tahapan eksplorasi dan evaluasi banyak berkembang pada tipe kedua. Teknik yang digunakan, dan tingkat keterlibatannya secara rinci, umumnya tergantung periode waktu dan biaya dialokasikan pada pengusahaan tambang batubara tersebut, sedangkan untuk hasil program yang pertama adalah keputusan untuk menjalankan studi yang lebih luas dalam suatu program eksplorasi sebagai keputusan akhir untuk mencapai keberhasilan pertambangan, dengan penyelidikan

geologi yang semakin detil yang bisa merubah dari prospeksi secara regional menuju studi desain tambang secara rinci.

Seperti kegiatan-kegiatan eksplorasi lainnya maka evaluasi endapan batubara melibatkan beberapa operasi seperti berikut ini :

a. Memperoleh ijin untuk mengeksplorasi daerah tersebut;

b. Mengevaluasi informasi data geologi yang sudah tersedia sebelumnya;

c. Melaksanakan eksplorasi permukaan;

d. Melaksanakan eksplorasi bawah-permukaan;

e. Mengumpulkan dan menganalisis sampel;

f. Menaksirkan sumberdaya batubara dan faktor-faktor geologi dalam

pengolahannya;

g. Menyampaikan hasil eksplorasi kepada anggota lain dalam tim tersebut.

Umumnya teknik eksplorasi dengan biaya rendah dan sering dilakukan paling awal adalah survei literatur dan pemetaan geologi lapangan, yang dilaksanakan sebelum teknik eksplorasi yang lebih mahal, seperti pemboran.

Salah satu dari tujuan-tujuan program eksplorasi adalah menghapuskan bagian tahapan eksplorasi yang berbiaya tinggi, dan jika memungkinkan bisa digantikan dengan pekerjaan geologi yang lebih menguntungkan.

Urutan tahapan eksplorasi yang sesungguhnya dalam program eksplorasi dilaksanakan sampai tingkat tertentu sesuai kondisi yang ada, misalnya iklim atau akses di lapangan serta kesanggupan kontraktor tambang

batubara sesuai batas waktu yang ditentukan.

1.3 TAHAPAN EKSPLORASI BATUBARA

Tujuan tahapan eksplorasi batubara adalah mengidentifikasi keterdapatan batubara, ukuran, bentuk, sebaran, kuantitas, dan kualitas sebagai dasar dalam penilaian kemungkinan untuk dilakukan investasi. Tahapan eksplorasi batubara dilaksanakan mulai tahap : pra-eksplorasi (survey tinjau), prospeksi, eksplorasi pendahuluan dan eksplorasi rinci sesuai dengan program eksplorasi yang telah direncanakan sebelumnya, ke 4 tahap tersebut dirancang seefisien mungkin, mengingat biaya tinggi dalam kegiatan eksplorasi. Pada dasarnya urutan tahapan eksplorasi batubara tersebut adalah semakin banyak dan bertambah data serta semakin detil data maka, semakin sempit wilayah kerja eksplorasi. Tingkat keyakinan geologi sangat diperlukan dalam memutuskan untuk melanjutkan ke tahapan berikutnya (Gambar 4, hal. 10).

Eksplorasi pendahuluan dilaksanakan pada endapan yang dievaluasi secara ekonomi dan yang dapat ditambang sesuai dengan hasil-hasil prospeksi rinci.

Hal terpenting dari eksplorasi pendahuluan adalah untuk menilai keekonomian endapan batubara. Tahap eksplorasi ini juga memberikan informasi yang cukup mengenai struktur geologi endapan batubara, sehingga layak untuk ditambang dan dapat diusulkan metoda eksploitasinya.

Eksplorasi pendahuluan bisa selesai tentunya dengan persiapan laporan geologi dan estimasi cadangan batubara. Data geologi digunakan untuk persiapan pembangunan penambangan pendahuluan dan merupakan keputusan yang harus diambil, ketika akan menuju eksplorasi rinci.

Eksplorasi rinci umumnya dikerjakan pada endapan yang dimaksudkan untuk segera diusahakan. Tujuannya untuk menilai cadangan batubara dengan akurasi yang lebih besar serta untuk memasang semua data yang diperlukan untuk konstruksi penambangan dan pabrik yang menguntungkan untuk menentukan pemanfaatan batubara.



Gambar 3. Bagan Alir Tahapan Eksplorasi Batubara.

1.3.1 Tahap 1. Pra-Eksplorasi/Survey Tinjau.

Melakukan studi geologi regional untuk menentukan keterdapatan cekungan sedimen yang mengandung batubara, tahapannya meliputi :

a. Menentukan cekungan sedimen;
b. Menentukan stratigrafi regional;
c. Menentukan formasi pembawa batubara berdasarkan analisis stratigrafi regional.
d. Menentukan sebaran lateral dari lithofacies dalam cekungan sedimen.

Tujuannya adalah untuk :

a. Mengindentifikasi daerah–daerah yang secara geologis mengandung endapan

batubara dan berpotensi untuk diselidiki lebih lanjut.

b. Mengumpulkan informasi umum tentang kondisi geografi, tata guna lahan, dan kesampaian daerah.

Untuk mengembangkan studi geologi regional tersebut dilakukan analisis :

a. Peta topografi dan tataguna lahan;
b. Laporan dan peta-peta geologi;
c. Foto udara dan citra satelite;
d. Peta geofisika regional;
e. Sumur minyak lama dan log bor, dan rekaman data geofisika;
f. Kondisi lokal; dan
g. Mengenali singkapan dan sampling dengan skala peta 1:50.000.

Informasi yang pernah dipublikasikan dapat ditambah dengan pemetaan penyelidikan pendahuluan dengan menggunakan metoda foto

geologi maupun survey permukaan. Selama pemetaan permukaan semua seam batubara yang tersingkap harus diambil contohnya kemudian dianalisis.

Sasaran akhir tahap pra-eksplorasi ini adalah memberikan penilaian atau perkiraan tentang hal-hal berikut :

a. Kebenaran jumlah kehadiran seam batubara;

b. Kebenaran jumlah tonase minimum dan maksimum;

c. Kebenaran kualitas batubara dan variasinya;

d. Kebenaran variasi ketebalan seam batubara secara luas;

e. Kebenaran struktur geologi yang mengontrol, besar kemiringan lapisan

batubara serta kehadiran dan orientasi arah sesar;

f. Kebenaran kedalaman seam batubara untuk menentukan sistem tambang terbuka atau tambang tertutup.

Berdasarkan informasi ini tim studi dapat menilai potensi selanjutnya tentang endapan fosil energi yang diselidiki. Modal, biaya operasi dan infrastruktur dapat secara luas ditaksirkan untuk memberikan suatu ide tentang ukuran dan kualitas target yang ditemukan untuk menentukan biaya ekonomi. Tim geologi, kemudian menilai-kembali situasinya dan menentukan apakah ada peluang untuk mendapatkan endapan yang diperlukan untuk melanjutkan eksplorasi tersebut.

Keputusannya adalah : dilanjutkan ke tahap berikutnya atau ditinggalkan.

1.3.2 Tahap 2. Penilaian Regional Daerah yang Prospek

Sasaran tahapan ini adalah :

a. Menentukan secara akurat stratigrafi dan posisi yang mengandung horison batubara;
b. Tahap prospeksi ini dimaksudkan untuk membatasi daerah sebaran endapan batu bara yang akan menjadi sasaran eksplorasi selanjutnya.
c. Menentukan korelasi dan sebaran lateral dari horizon batubara;
d. Menentukan secara umum gambaran struktur geologinya;
e. Menentukan geometri batubara, kualitas dan mungkin potensi pemanfaatannya;
f. Menentukan benar benar metoda

eksploitasi.

Kegiatannya meliputi :

a. Pemetaan geologi dengan skala minimal 1:50.000,
b. Pengukuran penampang stratigrafi,
c. Pembuatan paritan (*trenching*) atau pembuatan sumuran (*test pit*),
d. Melakukan pemboran uji (*scout drilling*),
e. Melakukan pencontohan (*sampling*), dan
f. Melakukan analisis kualitas.

Selama tahapan ini, pengertian tentang geologi endapan secara luas seharusnya dikembangkan sedemikian rupa sehingga bagian-bagian seams penambangan kemungkinan dapat

ditentukan. Struktur geologi umum dan sebaran jenis batubara hendaknya diperiksa bersama-sama.

Tahap ini melibatkan pengeboran dengan sejumlah lobang bor dengan *gridding* yang berjarak relatif lebar, sesuai lokasi yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Penentuan jarak lobang bor biasanya sejauh 4 sampai 6 km, tergantung luas yang ditinjau, dan lobang bor tersebut adalah *full coring*, pada daerah yang prospek saja, atau menggunakan *rotary chip holes* sehingga bisa dilogging menggunakan teknik geofisika *down-hole*.

Metoda yang paling efektif biayanya pada tahap eksplorasi ini adalah dengan menggunakan *downhole logging* dalam lobang sampel *rotary chip*, selama kondisi geologinya sederhana maka metode tersebut bisa dipertahankan. Semua *boreholes* pada tahap ini hendaknya menembus

lapisan batubara mulai bagian atas hingga bagian bawah. Beberapa *core* diperlukan untuk menentukan jenis batubara dan parameter-parameter kualitas yang tidak tersedia dari *downhole geophysical logging*, dan memungkinkan interpretasi yang lebih baik tentang *downhole* log ini.

Teknik geofisika permukaan hendaknya digunakan untuk mendukung data geologi antara lobang bor selama teknik tersebut memberikan keunggulan layaknya terhadap pengeboran yang sifatnya relatif cepat dan murah. Karena banyak lagi data penting yang digunakan selama survei geofisika, gambaran yang lebih luas tentang horison yang diteliti, dan setiap ketidakmenerusan lapisan batubara bisa diperoleh datanya.

Sebagai contoh, Cekungan Sydney bagian selatanddi Australia, untuk sebuah periode waktu

yang panjang, adalah tidak mungkin menggunakan survei seismik seperti di unit batupasir Hawkesbury bagian atas, karena banyak energi yang hilang dan resolusi data seismiknya sangat buruk.

Inti bor yang diambil, biasanya berdiameter kecil (NQ) dan hendaknya disampling berdasarkan *ply by ply*. Hal ini memungkinkan lebih mengidentifikasi interval core batubara. Pada tahap ini, variasi kualitas hendaknya bisa dinilai secara penuh.

Tahap ini akan lengkap bilamana seam batubara yang mempunyai potensi ekonomi itu secara positif ditentukan dan dipisahkan. Keputusan selanjutnya adalah membuat kemungkinan metoda penambangan yang tepat dan potensi pemanfaatannya. Kajian ekonomi, perlu dibuat rancangannya pada tahap pra-

eksplorasi, untuk memutuskan potensi endapan batubaranya.

Tanggungjawab ahli geologi pada tahap pemboran adalah :

a. Menaksir jumlah lubang yang akan dibor.
b. Menaksir total panjang pengeboran *non-coring* dan *coring*.
c. Menaksir kedalaman lubang maximum dan minimum.
d. Menaksir jumlah *drilling rigs* yang dibutuhkan.
e. Mempersiapkan spesifikasi, bentuk tender dan dokumen-dokumen kontrak.
f. Mencari kontraktor pengeboran untuk mengikuti tender.
g. Bertanggung jawab bersama dengan *landholders* untuk menjamin akses.
h. Menyeleksi dan mengidentifikasikan *bore sites*.

i. Menyusun program analitik.
j. Menyeleksi kontraktor pengeboran.
k. Memesan kotak inti.
l. Mengadakan survei terhadap *bore sites.*
m. Mencari kontraktor logging geofisika.
n. Memberitahu pihak berwenang yang berniat mengebor.
o. *Conduct drillers* pada masing-masing *sites*.
p. Mengawasi kegiatan-kegiatan *drillers* di lapangan.
q. Mempersiapkan catatan tertulis dan *graphic logs* tiap lobang dan *cross-sections* untuk daerah kunci.
r. Membuat foto setiap *interval core*.
s. Mengirim core batubara ke laboratorium dan core batuan ke gudang *core*.
t. Membuat program dari hasil catatan lapangan.
u. Memastikan tiap lobang bor ditutup dan

tiap *sites* dirapikan kembali setelah kegiatan pengeboran selesai dilaksanakan.

v. Mengecek dan mengesahkan pembayaran kepada kontraktor
w. Melengkapi data: menggambar peta *lithofacies* dan peta kualitas batubara.
x. Mempersiapkan laporan dan memberikan rekomendasi tindakan selanjutnya.

1.3.3 Tahap 3. Eksplorasi Pendahuluan.

Sasaran tahap ini adalah untuk membuat suatu penilaian yang bisa dipercaya, dan tepat tentang cadangan, kualitas, kondisi tambang khususnya untuk tambang terbuka, menghitung *overburden* untuk persiapan perencanaan penambangan pendahuluan dan studi perencanaan biaya produksi serta survey pasar.

Maksud tahap eksplorasi pendahuluan adalah untuk mengetahui gambaran awal bentuk

tiga-dimensi endapan batubara (ketebalan, bentuk, korelasi, sebaran, struktur, kuantitas dan kualitas).

Pada tahap ini, informasi yang diperoleh sebelumnya haruslah dinaikkan ke tingkatan kepercayaan yang lebih tinggi untuk memungkinkan penilaian di atas betul-betul dapat dipercaya.

Eksplorasi pada tahap ini hendaknya melibatkan pengeboran dengan *coring* dan antar lobang bor diantarnya disisipi *non-coring* serta dilakukan loging geofisika pada semua lobang bor, jarak antar lobang bor sekitar 2 km untuk *underground* dan jarak 0.5 km untuk *open pit*.

Lobang-lobang bor tersebut hendaknya diatur untuk dicocokkan anomali yang diindikasikan melalui survei-survei pada tahap 2 (tahap prospeksi). Daerah-daerah yang akan

diselidiki ditentukan sebagai hasil dari analisis rinci dari data tahap sebelumnya.

Sampling *ply-by-ply* terhadap core tersebut mungkin diperlukan untuk melengkapi korelasi dan kontrol kualitas, namun tahap ini hendaknya terkonsentrasi pada penilaian bagian-bagian tambang yang mungkin dan kebanyakan seam yang akan diuji berdasarkan "*working sec*tion". Analisis yang diperoleh atas dasar ini akan memberi *technologist* dan *marketer* dengan informasi yang lebih handal mengenai produk yang berpotensi untuk dijual (*potential saleable product*).

Pengujian teknis pendahuluan hendaknya dilaksanakan pada beberapa core untuk memberikan petunjuk informasi mengenai *potential roof* dan *floor rocks* untuk perencanaan pertimbangan tambang bawah tanah, serta overburden dan interburden untuk pertimbangan

rencana *open cut mining*. Pada tahap inilah bahwa informasi rinci diperlukan dari seam batubara. *Core* batubara hendaknya digambar log secara rinci (Gambar 5).

Kegiatannya adalah :

a. Pemetaan geologi dengan skala minimal 1:10.000,

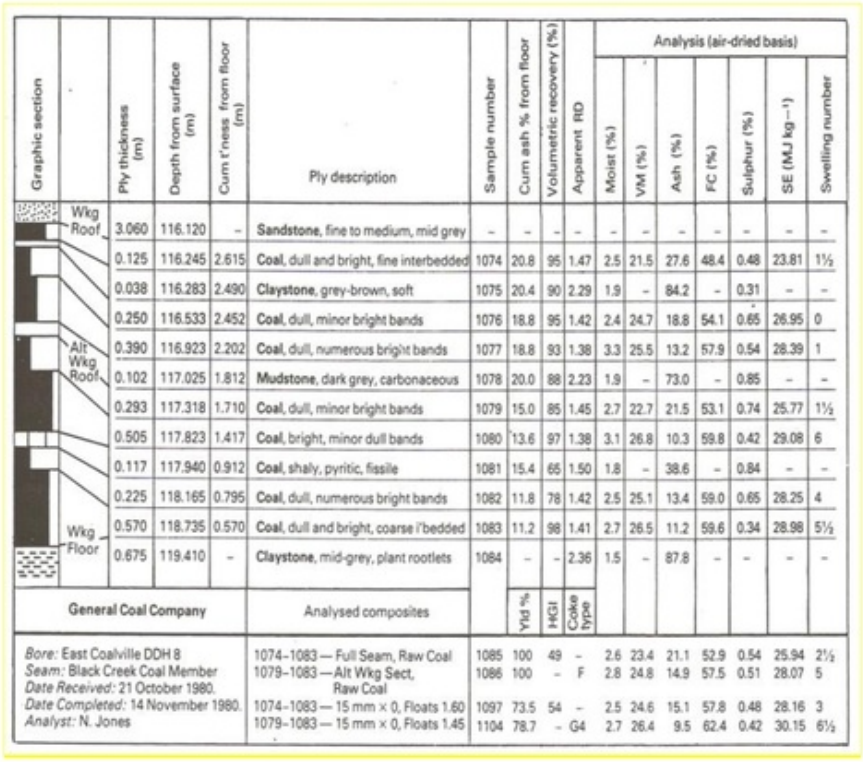
b. Pemetaan topografi,

c. Pemboran dengan jarak yang sesuai dengan kondisi geologinya,

d. Penampangan (*logging*) geofisika,

e. Pembuatan sumuran/paritan uji, dan

f. Pencontohan (*sampling*) yang representatif.



Graphic section		Ply thickness (m)	Depth from surface (m)	Cum t'ness from floor (m)	Ply description	Sample number	Cum ash % from floor	Volumetric recovery (%)	Apparent RD	Analysis (air-dried basis)						
										Moist (%)	VM (%)	Ash (%)	FC (%)	Sulphur (%)	SE (MJ kg⁻¹)	Swelling number
	Wkg Roof	3.060	116.120	–	**Sandstone**, fine to medium, mid grey	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		0.125	116.245	2.615	**Coal**, dull and bright, fine interbedded	1074	20.8	95	1.47	2.5	21.5	27.6	48.4	0.48	23.81	1½
		0.038	116.283	2.490	**Claystone**, grey-brown, soft	1075	20.4	90	2.29	1.9	–	84.2	–	0.31	–	–
		0.250	116.533	2.452	**Coal**, dull, minor bright bands	1076	18.8	95	1.42	2.4	24.7	18.8	54.1	0.65	26.95	0
	Alt Wkg Roof	0.390	116.923	2.202	**Coal**, dull, numerous bright bands	1077	18.8	93	1.38	3.3	25.5	13.2	57.9	0.54	28.39	1
		0.102	117.025	1.812	**Mudstone**, dark grey, carbonaceous	1078	20.0	88	2.23	1.9	–	73.0	–	0.85	–	–
		0.293	117.318	1.710	**Coal**, dull, minor bright bands	1079	15.0	85	1.45	2.7	22.7	21.5	53.1	0.74	25.77	1½
		0.505	117.823	1.417	**Coal**, bright, minor dull bands	1080	13.6	97	1.38	3.1	26.8	10.3	59.8	0.42	29.08	6
		0.117	117.940	0.912	**Coal**, shaly, pyritic, fissile	1081	15.4	65	1.50	1.8	–	38.6	–	0.84	–	–
		0.225	118.165	0.795	**Coal**, dull, numerous bright bands	1082	11.8	78	1.42	2.5	25.1	13.4	59.0	0.65	28.25	4
	Wkg Floor	0.570	118.735	0.570	**Coal**, dull and bright, coarse l'bedded	1083	11.2	98	1.41	2.7	26.5	11.2	59.6	0.34	28.98	5½
		0.675	119.410	–	**Claystone**, mid-grey, plant rootlets	1084	–	–	2.36	1.5	–	87.8	–	–	–	–

General Coal Company	Analysed composites		Yld %	HGI	Coke type						
Bore: East Coalville DDH 8 *Seam:* Black Creek Coal Member *Date Received:* 21 October 1980. *Date Completed:* 14 November 1980. *Analyst:* N. Jones	1074–1083 — Full Seam, Raw Coal	1085	100	49	–	2.6	23.4	21.1	52.9	0.54	25.94	2½
	1079–1083 — Alt Wkg Sect, Raw Coal	1086	100	–	F	2.8	24.8	14.9	57.5	0.51	28.07	5
	1074–1083 — 15 mm × 0, Floats 1.60	1097	73.5	54	–	2.5	24.6	15.1	57.8	0.48	28.16	3
	1079–1083 — 15 mm × 0, Floats 1.45	1104	78.7	–	G4	2.7	26.4	9.5	62.4	0.42	30.15	6½

Gambar 4. Contoh detil log seam batubara (Ward. 1984)

1.3.4 Tahap 4. Eksplorasi Rinci

Pada tahap ini eksplorasi tersebut memberikan data untuk persiapan desain tambang (jika diperlukan) dan petunjuk pasar atau spesifikasi pemanfaatannya. Persiapan *plant* hanya diperlukan bilamana kandungan abu batubara tinggi (15 sampai 35% abu) dan sebaliknya pemanfaatan untuk batubara dengan abu lebih rendah.

Sebagai contoh, suatu *power plant* akan peka terhadap kadar abu; sehingga dengan demikian, jika suatu tenaga beroperasi dan kontrak baru sedang dirundingkan, maka kadar abu dari batubara haruslah sesuai dengan permintaan dan spesifikasi *power plant*.

Maksud tahapan eksplorasi rinci adalah untuk mengetahui kuantitas dan kualitas serta model tiga-dimensi endapan batubara secara lebih rinci.

Kajian pendukung untuk penerapan konsep penambangan sudah bisa mulai studi geoteknik awal dan studi hidrologi dan hidrogeologi.

Kuantifikasi jumlah sumberdaya dan cadangan insitu mulai Perkiraan sumberdaya, Perkiraan cadangan insitu rancangan desain penambangan (konsep).

Eksplorasi juga dilaksanakan dengan pemboran *coring* dan loging geofisika, sedangkan untuk bor *non coring* jarak spasinya dirancang bisa mencukupi dan cukup akurat untuk kategori cadangan "terukur". Kondisi tersebut sangat jarang bisa dipenuhi jika jarak lobang bor lebih besar dari 1 km untuk cadangan bawah tanah, dan lebih besar dari 250-300 m untuk cadangan *open cut*.

Namun demikian, variasi yang lebih besar dalam ketebalan dan kualitas seam batubara, dan atau struktur geologi yang lebih kompleks di

daerah tersebut, maka memerlukan pola pemboran dengan jarak lobang bor yang lebih dekat.

Selanjutnya metode geofisika atau survey tambahan lainnya bisa dipakai untuk menjelaskan konfigurasi struktur geologi yang lebih rinci dengan pertimbangan untuk menentukan jenis tambang tersebut.

Keputusannya adalah, bahwa eksplorasi yang telah dilaksanakan pada tahap ini, maka jelas akan terus berlanjut.

Parameter perbedaan tambang terbuka dengan tambang bawah tanah (Ward, 1984),

Tambang terbuka :

a. Membutuhkan pengembangan minimum pada produksi batubara

b. Memerlukan memindahkan volume *overburden* yang besar untuk mendapat batubara.
c. Memerlukan lahan yang luas sebagai tempat pembuangan *overburden*.
d. Banyak lahan yang rusak akibat pembukaan tambang.
e. Terjadi polusi abu dan suara yang mengganggu lingkungan.
f. Tingkat keamanan pekerja lebih aman
g. Peralatan yang dibutuhkan lebih sedikit dalam menambang batubara
h. Kondisi kerja yang sulit dalam iklim yang kurang menguntungkan.
i. Bahaya longsor saat penggalian atau *spoil piles*.
j. Pertimbangan biaya penataan lahan yang rusak.
k. Keterbatasan kedalaman maksimum lapisan batubara yang bisa ditambang

seiring dengan biaya pemindahan *overburden*.

l. Hampir semua batubara *in situ* bisa diperoleh.

Tambang bawah tanah :

a. Memerlukan sumuran atau membuat lobang yang tidak k-produktif lainnya dalam lapisan non-batubara.
b. Perlu menyediakan kayu penyangga, *straps* baja atau paku batuan untuk penopang atap.
c. Hanya disekitar *pit-top* saja yang tampak terganggu.
d. Gerak penurunan pada lapisan atap akan menggangu pekerjaan instalasi permukaan.
e. Perlu menyediakan ventilasi dan fasilitas penerangan.

f. Masing-masing unit produksi mungkin saja murah, tetapi selebihnya diperlukan keseimbangan untuk mengeluarkan batubara.
g. Suhu bawah tanah naik dengan bertambahnya kedalaman.
h. Bahaya atap runtuh atau gas terbakar.
i. Dapat ditambang dibawah kumpulan air dan daerah-daerah sensitif lainnya.
j. Dapat menambang di bawah tubuh air dan daerah sensitif lainnya.
k. Dapat menambang pada kedalaman yang besar; overburden: rasio batubara tidak begitu kritis.
l. Kurang dari 60% batubara *in situ* bisa diperoleh.

Kegiatannya adalah :

a. Pemetaan geologi dan topografi dengan skala minimal 1:2.000,

b. Pemboran dan pencontohan yang dilakukan dengan jarak yang sesuai dengan kondisi geologinya,

c. Loging geofisika.

1.3.5 Tahap 5. Perencanaan Tambang

Tujuan tahap ini adalah untuk memperoleh semua informasi tambahan yang diperlukan, dan mengkonfirmasikan data lama, yang dibutuhkan untuk rancangan dan perencanaan rinci tambang tersebut, persiapan *plant* dan persiapan spesifikasi pasar.

Bilamana seam batubar akan ditambang dengan metoda bawah tanah, pola lobang bor *coring* hendaknya dibor segera berdekatan dengan lobang tambang. *Core* dari lubang bor ini

dapat diuji secara rinci untuk mengkonfirmasikan sifat-sifat mekanis, *washability* dan kualitas produk dari batubara pertama yang akan ditambang, serta untuk mengknfirmasikan konfigurasi struktur geologi dan mungkin emisi gas.

Untuk seam batubara dekat permukaan, lobang bor yang *non coring* berjarak rapat dan loging geofisika sepanjang garis transversal berjarak rapat, 100 m terpisah jika perlu, hal ini akan memungkinkan pembuatan profile seam batubara rinci dan membuktikan adanya sesar yang sesungguhnya. Survey geofisika rinci lebih lanjut bisa mengurangi jumlah *drilling* yang akan dilaksanakan.

Suatu tambang terbuka akan dilaksanakan, ketetapan overburden dan *floor core* adalah perlu untuk memberikan informasi lebih lanjut mengenai *rippability*, aliran air, kekuatan

mekanis, *friability*, air yang meluas, permeabilitas, karakteristik *cutting*, aliran masuk air, karakteristik *blasting* dan *highwall* dan *spoil pile stability*.

Bor *coring* pada tahap ini biasanya terbatas pada ketetapan *core* yang berdiameter besar (150 mm atau 200 mm), untuk memungkinkan distribusi ukuran jalannya tambang yang akan diperkirakan, jika produknya akan dipersiapkan menggunakan *coal washery*. *Chip drilling*, atau teknik yang sesuai lainnya seperti *resistivity*, mungkin harus dilaksanakan secara akurat guna mendefinisikan batas-batas oksidasi, dan oleh sebab itu, lokasi *low wall* yang sebenarnya dalam tambang terbuka. *Drilling* hendaknya dilaksanakan dengan arah memotong *strike* dari keterbatasan oksidasi yang tereka dan kira-kira akan sejajar dengan *subcrop*.

Pada tahap ini, beberapa lubang berdiameter besar bisa tenggelam. Seleksi situs untuk ini akan bergantung pada hasil-hasil dari lubang-lubang berdiameter lebih kecil. Tujuan mengebor lubang-lubang berdiameter besar adalah untuk memperoleh sampel yang paling representatif untuk menilai variasi kualitas. Biasanya banyak lobang yang akan dibor berdekatan dengan lobang berdiameter kecil untuk memungkinkan korelasi yang berarti. *Core* yang besar tersebut memberikan ukuran partikel yang meningkat ke arah atas dari *core* yang telah dihancurkan dengan program pengujian yang komprehensif dapat dilaksanakan untuk menguji prinsip pra-perlakuan untuk persiapan rancangan *plant* (*washery*). Produk "*washed coal*" sintetis dapat diperoleh dan hendaknya memiliki masa yang sesuai sedemikian rupa sehingga hal berikut di bawah ini dapat dilaksanakan:

- studi *blending coke oven* secara rinci dan pengujian kekuatan kokas jika batubara berpotensi sebagai batubara kokas; dan
- *fly ash precipitability*, atau pengujian lainnya, jika batubara tersebut sebagi batubara untuk termal atau bahan-bakar.

1.4 METODE EKSPLORASI BATUBARA.

Pemilihan metoda eksplorasi yang akan digunakan dalam setiap program eksplorasi ini ditekankan oleh berbagai faktor yang meliputi sifat dasar yang potensial dari endapan batubara tersebut, dan sejumlah informasi pengetahuan geologi dan geofisika mengenai endapan batubara yang dibutuhkan dari setiap tahap program eksplorasi sebelum program eksplorasi dimulai. Tujuan keseluruhannya adalah untuk memberikan hasil yang optimum informasi dengan memanfaatkan teknologi yang ada. Berdasarkan pada sifat penyelidikan, sifat dasar bahan galian batubara dan pemanfaatan teknologi, maka metoda eksplorasi batubara secara umum dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu eksplorasi tak langsung dan eksplorasi langsung.

1.4.1 Metode Eksplorasi Tidak Langsung

Metode eksplorasi tidak langsung ini umumnya dilakukan pada tahap paling awal sebelum peninjauan lapangan dan saat peninjauan lapangan (*reconnaissanse*). Metode ini dipergunakan untuk menginterpretasi keberadaan endapan batubara dengan menganalisis peta geologi regional, peta foto udara, citra satelit dan anomali data geofisika sehingga bisa diinterpretasikan pola struktur, kedudukan lapisan batubara dan bentuk geometri endapan batubara.

Parameter yang digunakan Metode Eksplorasi Tidak Langsung adalah :

a. Tidak berhubungan langsung dengan objek yang dieksplorasi.
b. Memanfaatkan sifat-sifat fisik endapan batubara.

c. Melalui anomali-anomali yang diperoleh dari hasil pengamatan/pengukuran.
d. Penginderaan jarak jauh, survei geofisika.
e. Digunakan pada tahapan *Reconnaissance* (Eksplorasi Pendahuluan) sampai Prospeksi.
f. Membutuhkan peralatan atau teknologi yang relatif tinggi.
g. Biaya per satuan luas murah.
h. Relatif cepat.

1.4.2 Metode Eksplorasi Langsung.

Metode eksplorasi langsung mempunyai pengertian bahwa pengamatan dapat dilakukan dengan kontak visual dan fisik dengan kondisi permukaan/bawah permukaan, langsung pada endapan batubara yang dicari, serta dapat dilakukan deskripsi megaskopis/mikroskopis, pengukuran, dan sampling terhadap objek yang dianalisis. Begitu juga dengan interpretasi yang dilakukan, dapat berhubungan langsung dengan

fakta-fakta dari hasil pengamatan lapangan. Metode eksplorasi langsung ini dapat dilakukan di sepanjang kegiatan eksplorasi yaitu : mulai tahap awal sampai detail.

Parameter yang digunakan Metode Eksplorasi Langsung adalah :

a. Langsung berhubungan dengan objek yang dieksplorasi.
b. Melakukan pengamatan secara langsung terhadap terhadap endapan secara fisik.
c. Melakukan analisis megaskopis dan mikroskopis terhadap sasaran penyelidikan
d. Pemetaan geologi dan topografi, sumur uji, parit uji, pemboran.
e. Digunakan pada tahapan prospeksi sampai eksplorasi detail.
f. Membutuhkan teknologi yang lebih sederhana s/d manual.
g. Biaya per satuan luas mahal.

h. Memerlukan waktu lebih lama.

Beberapa metode yang diterapkan pada Metode Eksplorasi Batubara Langsung adalah :

a. Pemetaan geologi.
b. Paritan dan sumur uji.
c. Sampling.
d. Pemboran eksplorasi dan *sampling* pemboran.

1.5 MODEL GEOLOGI BATUBARA.

Studi tentang model geologi batubara sangat diperlukan dalam mendukung keberhasilan program eksplorasi batubara. Tujuan studi model geologi batubara adalah untuk mengetahui model cekungan sedimen yang mengandung batubara untuk menentukan pola struktur geologi, kemiringan lapisan batubara, formasi pembawa batubara berdasarkan analisis stratigrafi regional dan

menentukan sebaran lateral dari lithofacies dalam cekungan sedimen tersebut. Dengan demikian bentuk geometri lapisan batubaranya bisa diketahui.

1.5.1 Model Cekungan Batubara Indonesia.

Berdasarkan *tectono-stratigraphy* Endapan Batubara Tersier Indonesia (Koesoemadinata, 2002, Gambar 7, hal. 31), maka model cekungan batubara Indonesa dapat dibagi menjadi :

1. Pengendapan batubara bersamaan dengan rifting (*syn-rifting*) yang berasosiasi dengan endapan batubara di bagian rift-valley (Eosen – Oligosen) disebut sebagai *Syn-Rifting* and *Associated Rift-Valley*.
2. Pengendapan batubara fase transgresi setelah *rifting* (*post-rifting*) pada Kala Oligosen – Miosen Awal disebut sebagai

Post-Rifting Transgressive Phase Deposition.

3. Pengendapan batubara fase regresi bersamaan dengan proses orogenesa disebut sebagai *Syn-Orogenic Regressive Phase Deposition*.

Batubara yang diendapkan di Cekungan *Syn-Rfting* akan sangat berdekatan /berbatasan dengan proses pengendapan batubara di Cekungan *Rifting-Valley*, selama proses *rifting* tersebut berjalan. Cekungan batubara di *Rifting-Valley* selanjutnya berhubungan dengan cekungan di *Post-Rifting*. Endapan *Fluviatile* akan diendapkan di cekungan *Rift-Valley* hingga akhir fase *Syn-Rifting* yang selanjutnya diendapkan di cekungan *Post-Rifting*.

Proses pengendapan batubara di lingkungan delta melalui sisi bidang *flexure* dari *Half Graben*, sedangkan lingkungan *Fluviatile* akan menuju

akhr dari aktifitas *Rifting*, mirip dengan lingkungan *fluviatile* di cekungan *Post-Rifting*.

Pengertian *Syn-Rifting* serta asosiasinya dengan pengendapan di cekungan *Rift-Valley*, pada saat *Post-Rifting* menyebabkan kerak tersebut membuka dan semakin lebar, kemudian mengalami penurunan (*Sagging*).

1.5.1.1 *Paleogene Syn-Orogenic Coal Deposits in Fore Arc Basin.*

Lingkungan endapan batubaranya berasosiasi dengan lingkungan fluviatile hingga progradasi delta akibat pengangkatan *magmatic arc*, hasil subduksi Paleogen.

Contoh : Endapan batubara di *Upper Kutai Basin*, Bayah Basin, Melawi – Ketungau Basin.

1.5.1.2 *Paleogene Syn-Rifting Coal Deposits.*

Endapan batubara tersebut berasosiasi dengan lingkungan *fluviatile* hingga *lacustrine*, nilai kalori bisa mencapai 7000 kkal/kg, sulfur < 1 %, kandungan abu bervariasi, umumnya lapisannya berbentuk *lenticular* atau menipis secara lateral. Contoh:

a. Batubara Formasi Sawahlunto – Cekungan Ombilin (Eosen), batubaranya terlihat di bawah permukaan.
b. Batubara Formasi Lahat (Eosen), batubaranya terlihat di bawah permukaan
c. Batubara Formasi Talang Akar bagian bawah (Oligosen), batubaranya terlihat di bawah permukaan.
d. Batubara Formasi Tanjung – Cekungan Barito (Eosen), kehadiran lapisan batubaranya di permukaan tidak begitu terlihat jelas, hanya beberapa lapisan

batubara Formasi Tanjung termasuk dalam cekungan batubar *Syn-Rifting*.

e. Batubara Formasi Ngimbang (Cekungan Sunda/*NW Java basin*)

1.5.1.3 *Neogen Syn-Orogenic Regression Related Coal Deposits*

a. Back Arc Basin :

Cekungan Sumatra Utara lapisan batubara yang ditemukan relatif sedikit, lapisan batubara tersebut berasosiasi dengan fase regresi di lingkungan Delta, berumur Miosen – Pliosen (contoh : Formasi Keutapang, Formasi Julurayeu).

Cekungan Sumatra Tengah, lapisan batubara dan proses regresi ditemukan di Formasi Petani daerah Cerenti, lingkungan Delta.

Cekungan Sumatra Selatan, pengendapan batubara *Syn-Orogenic* berkembang di lingkungan Delta dari Formasi Muara Enim

yang berumur Miosen – Pliosen, batubara yang ditemukan lebih dari 10 lapisan batubara, dengan ketebalan maksimum 20 m (contoh : lapisan batubara Suban) dan lebih dari 20 lapisan batubara ditemukan di daerah Tanjung Enim dan sekitarnya, batubara tersebut telah ditambang hingga saat ini (*Calorivic Value* 5504 – 5347, *Inherent Moisture* 23,6%, *Total Sulfur* 0,5%, Ash 4%, *Volatile Matter* 32,1%, *Fixed Carbon* 40%). Sebagian lapisan batubara di Tanjung Enim mengalami peningkatan kualitas akibat kontak intrusi batuan andesit menjadi batubara antrasit (*Calorivic Value* : 8000 kkal/kal).

Jawa bagian barat - utara (NW) lapisan batubara berada pada fase regresi contoh : Formasi Bojongmanik (Miosen Tengah) di Banten.

Jawa bagian utara-timur (NE) batubara ditemukan di daerah Rembang Formasi Ngrayong (Miosen Tengah).

Jawa bagian tengah – utara batubara ditemukan di daerah Brebes batubara lignite, Formasi Kalibiuk (Pliosen Atas), diendapkan di lingkungan paralik (*lagoon*) *Calorivic Value* 3000-3500 kkal/kg, *Total Sulfur* 0,5-1,4%, *Ash* 36-49%, *moisture* 10-13%, *Volatile Matter* 23-30%, *Fixed Carbon* 12-21%.

b. Fore Arc setting

Batubara berkembang di *Syn-Orogenic Regression Phase* ditemukan di cekungan Meulaboh, cekungan Bengkulu.

Batubara Cekungan Bengkulu berkembang dengan baik di Formasi Lemau, berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir berkembang di lingkungan progradasi delta menuju ke arah barat. Terdapat 3

zonasi lapisan batubara utama yang dikenal, dimana lapisan utamanya terdiri dari 14 lapisan batubara lignite hingga sub-bituminous dengan ketebalan maksimum 2,9 m, *Calorivic Value* 5474-6721 kkal/kg, *Total Sulfur* 0,23-0,60%, Ash 7,24-14,24%.

Batubara cekungan Meulaboh berupa lignite berumur Pliosen-Pleistosen, Formasi Tutut, lingkungan delta.

Cekungan Pegunungan Selatan Jawa Timur batubara ditemukan di Formasi Jaten, Formasi Wuni, Miosen Tengah, lingkungan paralik (*lagoon*).

c. Sutured Related Basin Setting.

Cekungan Barito, ketebalan lapisan batubara berkembang dengan baik (sangat tebal), khususnya batubara Formasi Warukin yang berada di

lingkungan delta, dimana proses yang berkembang adalah regresi.

Cekungan Pasir, Cekungan Asam-Asam, lapisan batubaranya juga berkembang pada fase regresi di Formasi Warukin, terbentuk melalui siklus sedimentasi. Lapisan batubara yang berumur Miosen (*Calorivic Value* 4967 kkal/kg, *Total Sulfur* 0,19%, FC 31,4%, *Volatile Matter* 37,6%, *Ash* 3,3%, *Inherent Moisture* 27,7%, *Total Moisture* 34,5%) penyebaran lapisan batubara secara lateral bisa menunjukkan perubahan secara tiba-tiba, namun demikian pada daerah-daerah tertentu (secara local) lapisan batubaranya bisa sangat tebal lebih dari 35 m yaitu di daerah Sarongga, bahkan ketebalan lapisan batubaranya penyebarannya banyak yang tidak menerus dan lebih tipis (< m).

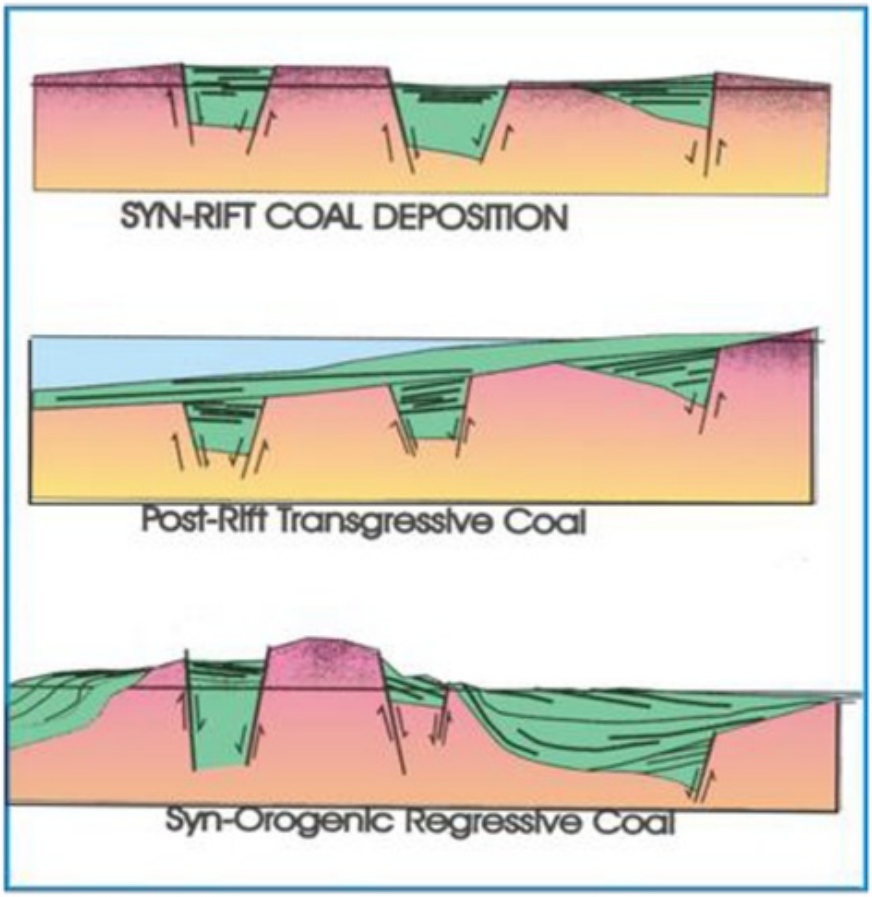
d. Passive Margin Setting.

Cekungan di Kalimantan Timur, endapan batubaranya berhubungan dengan lingkungan floodplain deltaic dari progradasi delta selama Miosen (Gambar 4). Lapisan batubaranya cenderung tebal, penyebaran secara lateral relative menerus, *Calorivic Value* <6000 kkal/kg, *Total Sulfur* rendah atau > 1%, kandungan *inherent moisture* lebih tinggi dibanding batubara Paleogen.

Cekungan Kutai khususnya di daerah Pinang (Sangata) lapisan batubaranya berkembang di lingkungan delta Formasi Balikpapan dan Formasi Pulubalang (Miosen). Jumlah lapisan batubara di Formasi Balikpapan 19 lapisan batubara, ketebalan Formasi Balikpapan hampir 500 meter berumur Miosen Akhir. Variasi ketebalannya 1,5 m – 9 m (daerah

Pinang), *Calorivic Value* 7642-6567 kkal/kg, Pinang Utara *Calorivic Value* 5100 kkal/kg, *Total Sulfur* 0,15 – 0,7% (bisa mencapai *Total Sulfur* 2,5% yaitu di daerah Pinang Utara), *Volatile Matter* 38-40%, *Ash* 1-4%, *Moisture* 4-10%, cadangan 360 juta ton, yang sudah terambil sekitar 110 juta ton.

Cekungan Tarakan lapisan-lapisan batubaranya berkembang di lingkungan delta, berumur Miosen – Pliosen. batubara Formasi Langap berumur Miosen Akhir Batubara Formasi Latih di Sub-Cekungan Berau berumur Miosen Awal, secara umum ketebalannya relatif tipis berkisar 5 meter.



Gambar 5. Tiga model tatanan stratigrafi-tektonik cekungan endapan batubara di Indonesia (Koesoemadinata, 2002).

1.6 MODEL GEOMETRI BATUBARA

1.6.1 Kajian Teori Struktur Geologi Lapisan Batubara.

1.6.1.1 Faktor *Syn-Depositional.*

Secara umum sedimen pembawa batubara diendapkan mulai dari tepi hingga tengah cekungan, sedangkan struktur geologi sangat berpengaruh terhadap akumulasi sedimen dan jumlah suplai material rombakan yang diperlukan guna mengetahui runtunan lapisan batubara, sebaran dan ciri lingkungan pengendapanya. Efek diagenesa selama akumulasi sedimen berlangsung bisa menyebabkan deformasi struktur (pensesaran dan perlipatan), seperti gaya tekan ke arah bawah terhadap semua lapisan sedimen dan batubara.

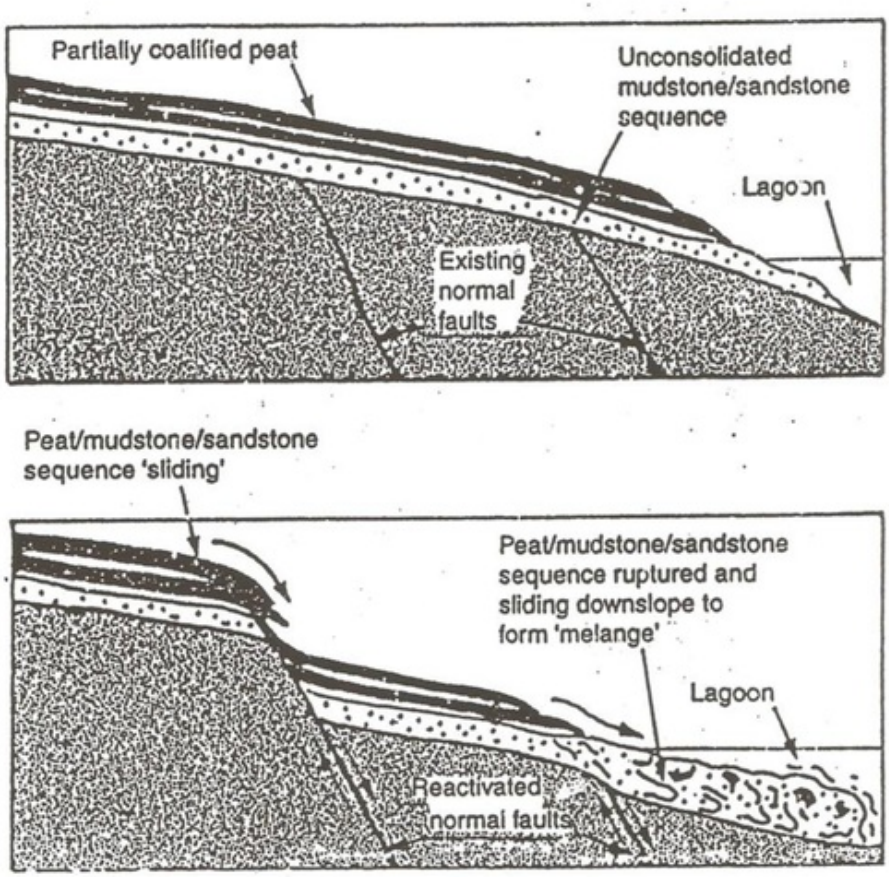
1.6.1.2 Faktor Mikro-Struktur.

Gabungan akumulasi ketebalan sedimen dan kecepatan penurunan cekungan menyebabkan ketidak stabilan terutama di bagian tepi cekungan. Akibat adanya struktur pembebanan ketika sedimen masih dalam bentuk fluida, menyebabkan sedimen pembawa batubara terlihat berbentuk *struktur slumping* (Gambar 6,hal.33), ciri ini seperti: injeksi sedimen ke dalam lapisan bagian atas dan bawah (klastik dike). Kehadiran *perselingan mudstone, sandstone* dan *batubara* dibawah kondisi struktur pembebanan, bisa menyebabkan perubahan variasi lapisan batubara seperti : erosi di bagian dasar lapisan batubara oleh *channel sandstone, flame structure*, *distorted* dan *dislocated ripples, fold and contorted bedding*



Gambar 6. Struktur deformasi akibat pembebanan sedimen menghasilkan distorted dan dislocated bedding terhadap lapisan batubara (Thomas, 2005)

Gangguan ketidakstabilan lingkungan pengendapan, merupakan salah satu petunjuk adanya reaktifasi kembali sesar-sesar normal akibat struktur pembebanan dari akumulasi sedimen di cekungan, umumnya menghasilkan sedimen sistem aliran gravitasi *(gravity flow)* (Gambar 7, hal. 34).



Gambar 7. Ketidakstabilan cekungan batubara di beberapa tempat, menyebabkan reaktifasi kembali sesar normal half graben, terjadi longsoran gravity sliding (slumping) (Thomas, 2005)

1.6.1.3 Faktor Makro-Struktur.

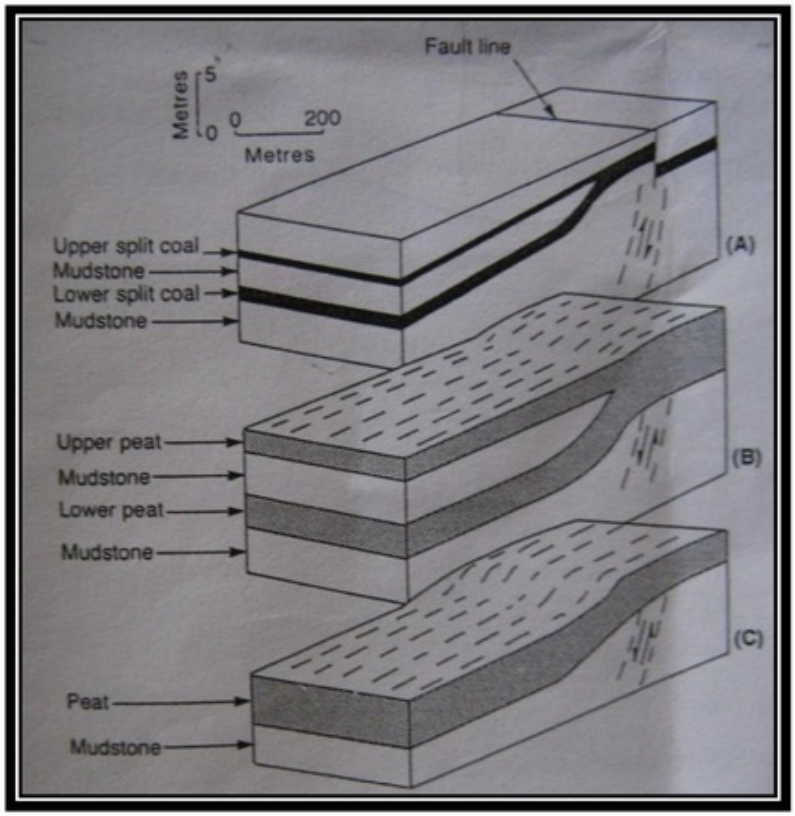
Sesar dalam cekungan sedimen bisa menerus dan aktif kembali sehingga bisa mempengaruhi lapisan batubaranya, seperti : ketebalan serta karakter susunan lapisan sedimennya. Pengaruh sesar *growth fault* dalam cekungan tektonik bisa menyebabkan *penebalan lapisan batubara secara setempat*, hal ini disebabkan penurunan cekungan akibat pensesaran. Sedangkan di daerah paparan relatif stabil dan kecepatan penurunan relatif lebih lambat. Dengan demikian kecepatan progradasi pengendapan sedimen yang dikontrol oleh *growth fault* relatif lebih cepat dibandingkan pengendapan di daerah paparan.

Sesar *growth fault* berpengaruh terhadap proses pengendapan sedimen, bidang sesar *growth fault* tersebut merupakan zona bidang gelincir (*failure*) menyebabkan *gravity sliding*

berupa longsoran sedimentasi di cekungan tersebut.

Tekanan yang sangat kuat terhadap batupasir lempungan yang belum kompak menyebabkan gradient patahannya besar. Bagian atasnya curam dan landai ke arah bidang lapisan patahan (*flexure*) di sepanjang *roof* lapisan batubara. Sesar-sesar tersebut akan mengerosi sebagian, sebelum sedimennya longsor ke bawah.

Lapisan batubara yang mengalami *splitting* (bercabang) merupakan petunjuk adanya sesar *growth fault* (Gambar 8). Reaktivasi kembali sesar-sesar tersebut dapat menghasilkan *bentuk lapisan batubara yang melengkung ke bawah dan ke atas*, dan selanjutnya diikuti lapisan sedimen non batubara yang bentuknya melengkung juga.



Gambar 8. Menjelaskankan kemungkinan terbentuknya splitting lapisan batubara yang disebabkan perubahan pergerakan sesar selama pengendapan gambut berlangsung (Thomas, 2005)

Keterangan gambar 8 :
Gambar 8 (A), Pergerakan sesar mengakibatkan pelengkungan lapisan batubara.
Gambar 8 (B), Ketika lapisan gambut mengalami pelengkungan, di atasnya diendapkan sedimen mudstone, dan setelah aktifitas berhenti akumulasi gambut berkembang lagi

menyesuaikan level semula dari bagian *top* lapisan gambut yang tidak mengalami *splitting*. Gambar 8 (C), Pergerakan sesar terhadap lapisan batubara memberikan 2 pengertian, sebagian mengalami pengangkatan sebagai awal batubara tersebut akan splitting dan sebagian mengalami penurunan menghasilkan splitting batubara.

Perubahan secara periodik di level dasar lingkungan delta plain serta pengaruh

pergerakan sesar, menyebabkan perubahan karakter perkembangan batubara, hal ini seiring dengan naiknya muka air rawa. Dengan demikian batubara akan berkembang lebih intensif, sedangkan pengaruh masuknya material rombakan non batubara sangat kecil, sehingga kandungan abu (*ash*) batubaranya rendah. Jika terjadi penurunan muka air, maka akumulasi batubara akan terhambat perkembangannya, sedang material rombakan sedimen semakin besar menyebabkan kandungan abu (*ash*) tinggi atau bahkan seluruh lapisan batubara ashnya bisa tinggi.

Di sisi lain batubara yang terendam air (*low moor*) kemungkinan bisa terkontaminasi air laut, sehingga menghasilkan kandungan sulfur yang lebih tinggi terutama di bagian top lapisan batubara.

Growth fold bisa mempengaruhi pola pengendapan cekungan batubara, adanya kecepatan erosi dan sedimentasi menyebabkan pengendapan batubara di beberapa tempat. Adanya pemotongan channel oleh suplai rombakan sedimen yang terus membumbung dapat membentuk *sand bar* (Gambar 14, hal. 41).

Akumulasi gambut yang terus berkembang dalam runtunan lapisan sedimen mudstone yang tebal, membentuk *lipatan oversteeply*, hal ini disebabkan mudstone tersebut terkompresi ke arah bawah di kedalaman tertentu, menyebabkan lapisan sedimen tertekan ke atas, akibatnya secara setempat di

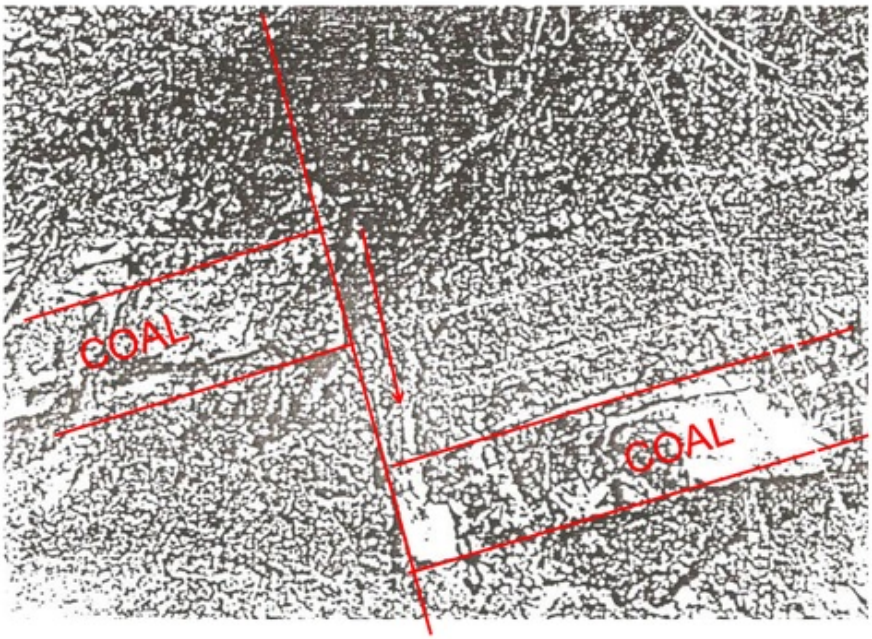
daerah tersebut membentuk *antiklin- sinklin*, selain itu terlihat intrusi sedimen klastik dari bawah menorobos lapisan sedimen di atasnya.

1.6.1.4 *Post – Depositional.*

Struktur geologi yang dihasilkan dari *post-depositional* adalah : kekar, sesar, dan lipatan. Kehadiran mineral presipitasi seperti gypsum juga merupakan hasil *post-depositional*.

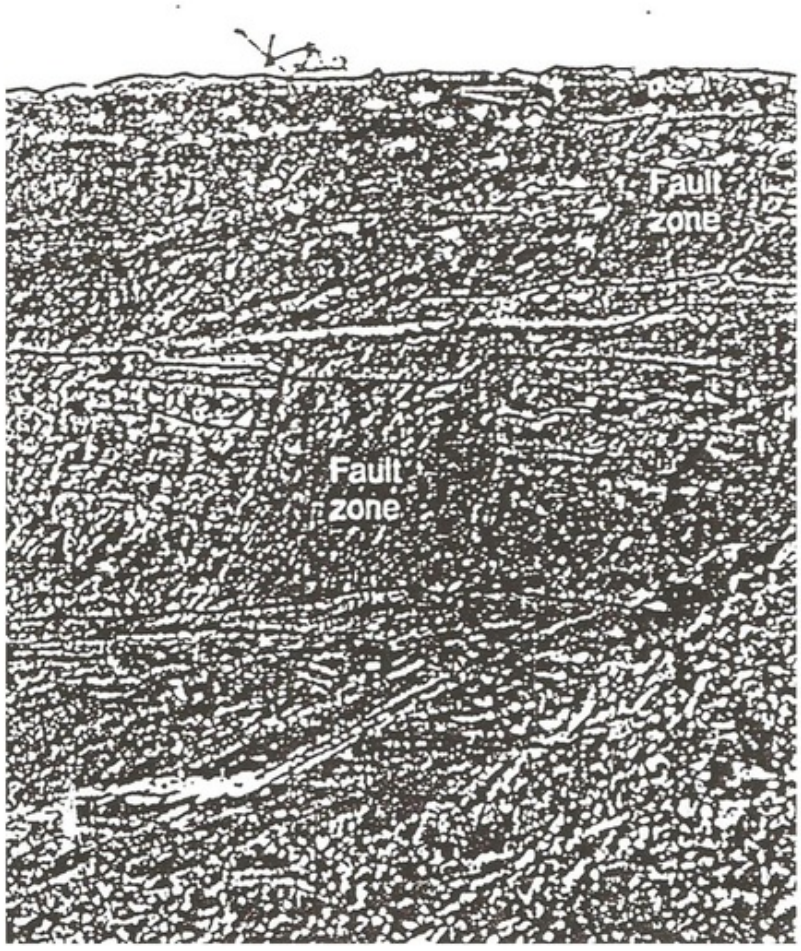
a. Sesar

Sesar normal sebagai produk tegasan utama vertikal hasil gaya gravitasi, sesar normal umum dijumpai di lapisan batubara yaitu di bagian sayap-sayap lipatan, pergeserannya dapat mencapai beberapa meter, dip bidang sesar normal mulai 60° – 70° (Gambar 9).



Gambar 9. Sesar normal di lapisan batubara (Thomas, 2005)

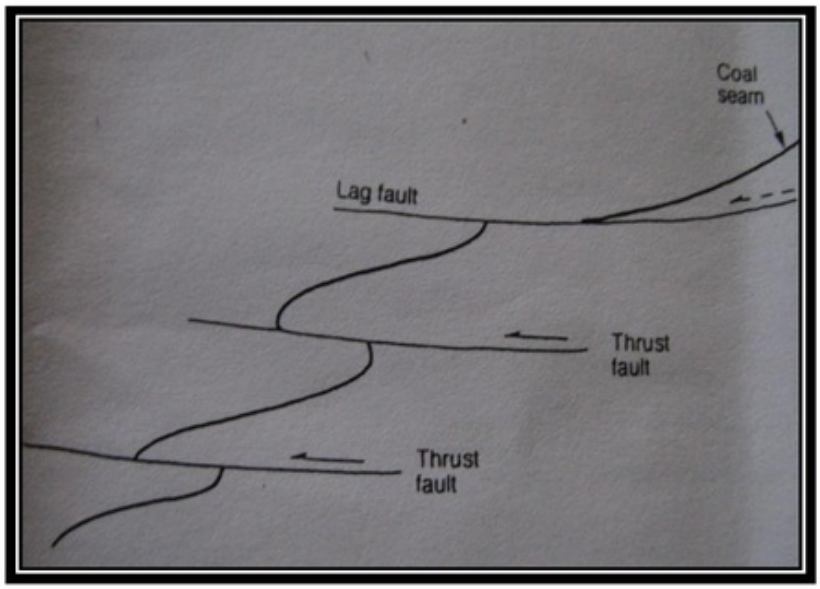
Sesar dapat menyebabkan seretan (*drag*) sepanjang bidang patahan, sehingga batuan sekelilingnya juga bergeser sepanjang arah pergeseran dari sesar tersebut. Apabila berupa sesar besar (*major fault*) maka sesar tersebut dapat menggeser seluruh lapisan batuan dan batubara hingga beberapa meter, dimana zona sesar tersebut berupa bidang hancuran.



Gambar 10. Zona sesar di *high wall* tambang terbuka (Thomas, 2005)

Pembentukan sesar normal dalam skala besar disebabkan oleh *gaya tension* yang tertarik karena regangan (*rifting*) di *continental crust*, searah dengan sesar-sesar normal yang terjadi secara di lokal area, sesar

normal skala besar tersebut membentuk struktur geologi *half grabben*.



Gambar 11. Sesar *Lag Fault* di atas *Thrust Fault* (Thomas, 2005)

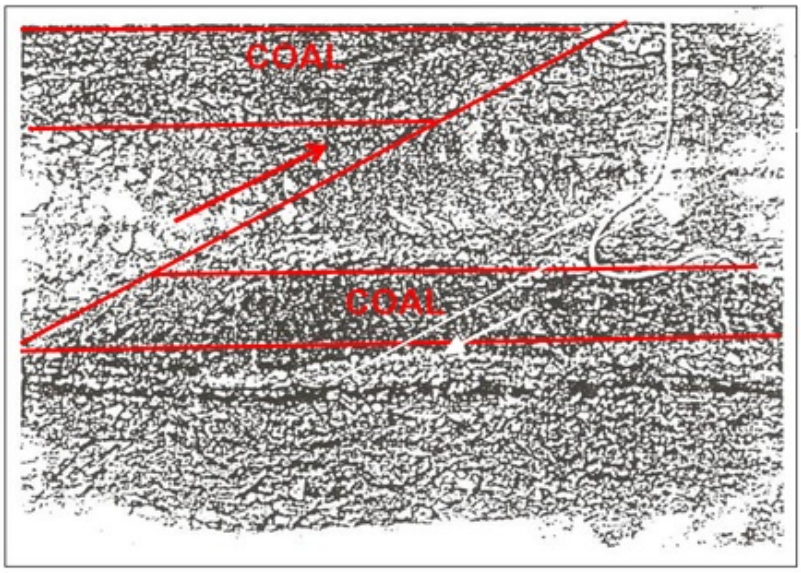
Bidang sesar sudut kecil menyebabkan pergerakannya relatif turun disebut sebagai sesar *lag fault. Lag fault* berasal dari *retardation hanging wall* selama pergerakan berlangsung.

Sesar *Lag Fault* terletak di bagian atas dari *thrust fault,* sesar ini terbentuk karena

retardation selama pergeseran berlangsung (gambar 11, hal. 38).

Pembentukan sesar *reverse fault* disebabkan oleh system arah tegasan utamanya horizontal sedang tegasan terkecil adalah vertical.

Sesar *reverse fault* dengan bidang sesar sudut kecil (< 45°) lebih umum ditemukan (Gambar 12).



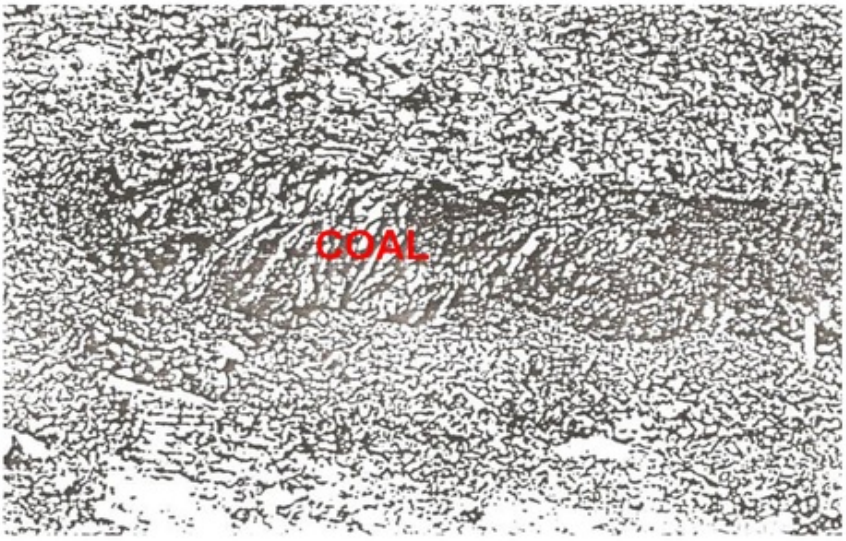
Gambar 12. Pergeseran lapisan batubara akibat *reverse fault* (Thomas, 2005)

Apabila bidang sesar sudutnya kecil, pergeseranya lateral, maka sesar tersebut bisa digolongkan sebagai *thrust fault*. Bentuk sudut kecil sesar reverse fault dikontrol oleh batuan-batuan yang tersesarkan, terutama sekali bahwa bidang sesar *thrust fault* pergerakannya relatif mengikuti bidang perlapisan batuan dan sebagian memotong perlapisan batuan.

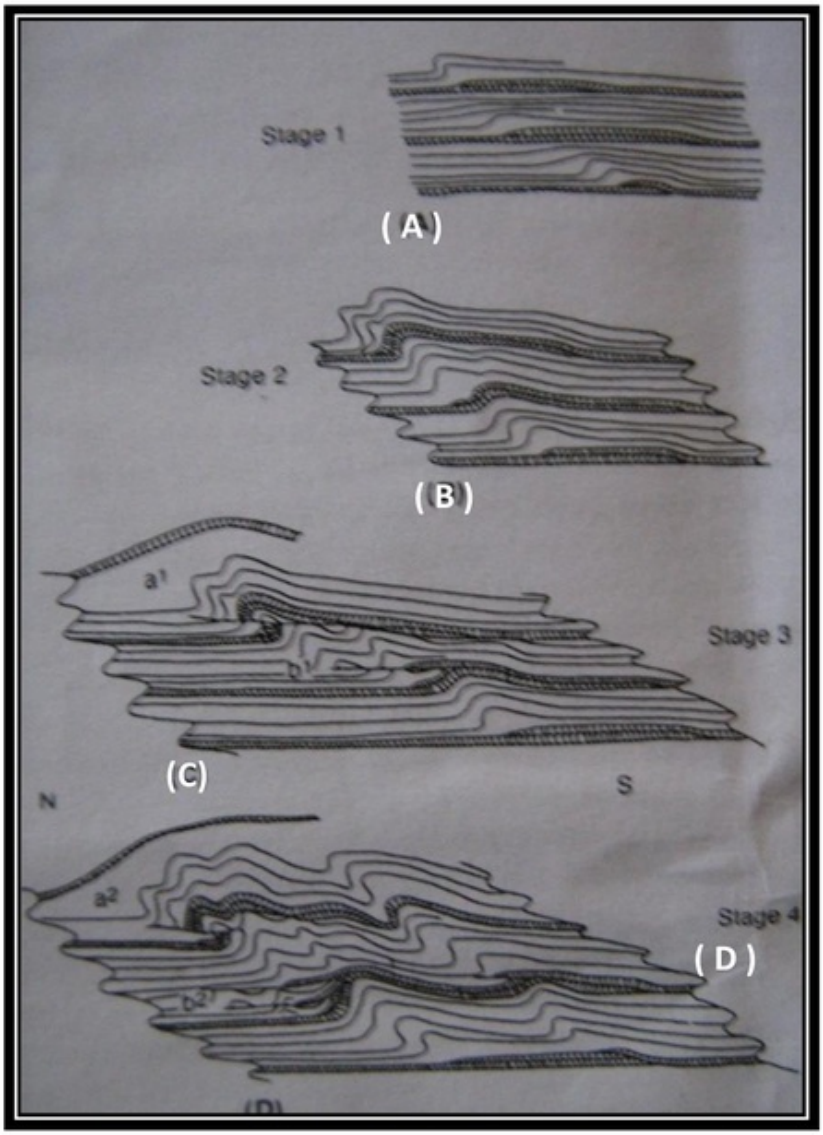
Susunan lapisan batubara, terdiri dari seat earth dan mudstone dengan sisipan batupasir, kadang-kadang bila bidang sesar sudut kecil pergerakannya sering mengikuti *roof* atau *floor* dari lapisan batubara. Akibat dari peristiwa tersebut adalah penurunan kualitas kualitas batubara, karena terkontaminasi oleh rombakan batuan sekelilingnya.

Tegasan tektonik yang bekerja terhadap lapisan batubara menghasilkan shear-*shear* dan pensesaran lapisan batubara, *shear*

tersebut membentuk pola *shear arcuate* (Gambar 13).



Gambar 13. Pembentukan *shear* yang kuat dan berkembang *menjadi zona thrust fault* terhadap seam lapisan batubara (Thomas, 2005)



Gambar 14. Empat tahap model "*progressive easy – slip thrusting*" (perkembangan sistim *thrust-slip*) (Thomas, 2005)

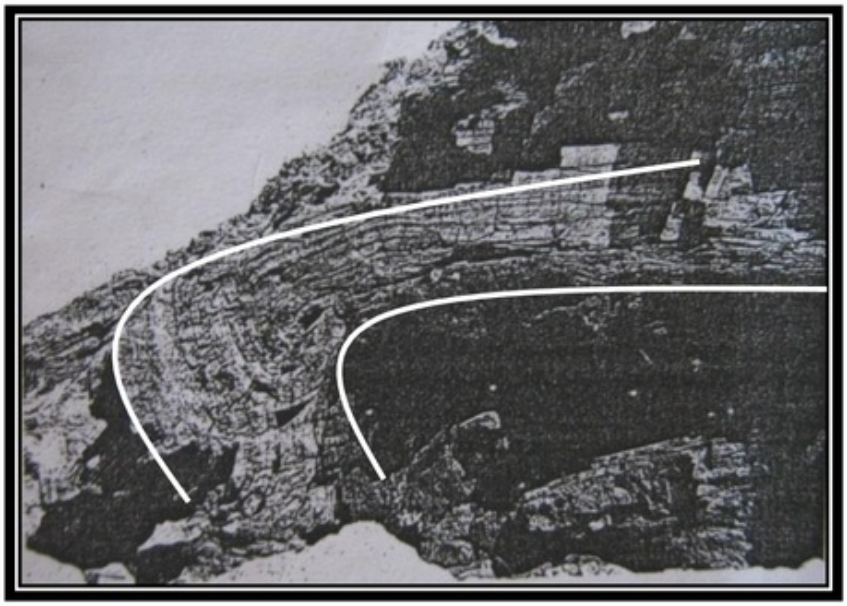
Keterangan gambar 14.

A. *Thrust* berkembang simultan dan mendatar sepanjang *floor* lapisan batubara yang mengalami *overpressured*, kemudian sebagian *roof* dari seam tersebut terpotong, lipatan mulai berkembang diikuti dengan mulai berkembangnya *thrust.*
B. Menerusnya *thrust* hingga ke bagian ujung lipatan hingga bagian bawah dari ujung lipatan, selanjutnya menuju ke bagian atas dari *thrust* yang lebih tinggi menghasilkan *down ward fucing cut-offs*.
C. Bergesernya seam secara menerus hingga thrust yang lebih tinggi menghasilkan pecahan – pecahan batubara (*break back thrusting*) disekitar *hanging wall dan foot wallnya*. Secara setempat *thrust fault* akan memotong bagian bawah lapisan batubara sesuai arah transportnya.

D. Bentuk susunan *hanging wall* yang khas akibat terpecah-pecah menghasilkan bentuk geometri yang khas dengan struktur di bagian bawah thrust tanpa ada hubungannya dengan *thrust* di bagian atasnya, sedangkan *foot wall* semakin lama juga terpecah-pecah menghasilkan lipatan thrust (*folded thrust*)

b. Lipatan.

Batubara dalam susunan runtunan lapisan umumnya terlipat menjadi beberapa jenis lipatan.



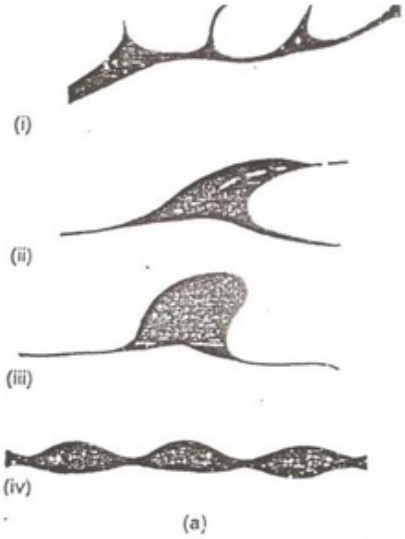
Gambar 15. Sedimen pembawa batubara yang mengalami perlipatan (Thomas, 2005)

Kendala di lapangan adalah pembuktian bahwa dip tersebut adalah *true dip* atau *apparent dip* harus hati-hati, demikian juga adanya *dissected terrain dip* bisa nampak di sisi lembah. Hal ini kemungkinan bukan sebagai *true dip* perlapisan tetapi refleksi tinggian stuktural secara lokal, umumnya berupa tepi cekungan yang tidak stabil, menyebabkan terjadi pergerakan massa

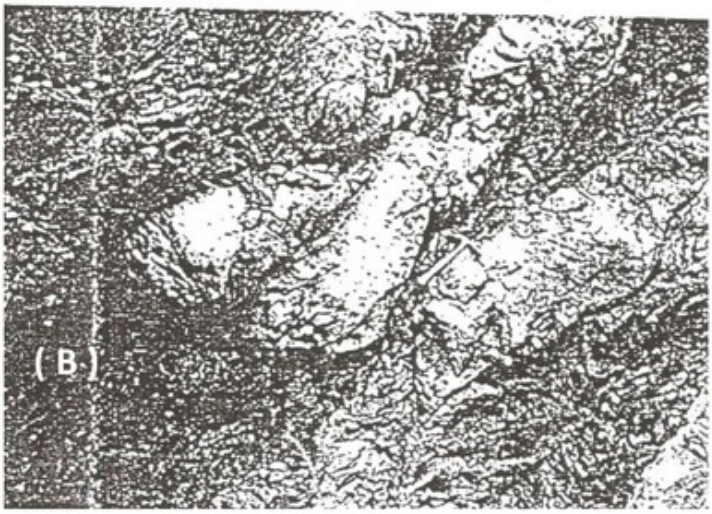
sedimen berbentuk *slumping* dan terlihat seperti perlapisan atau lipatan, dengan demikian kemiringan dip lapisan tampak sangat curam.

Gaya kompresi terhadap lapisan batubara selama perlipatan menghasilkan lipatan antiklin landai disertai adanya *thrust* sepanjang tonjolan (*nose*) dari lipatan tersebut, bentuk seperti ini adalah jenis antiklin *queue*. Lapisan bisa mengalami penipisan di bagian tengah (*pinch out*) sepanjang sayap lipatan *fold limb* dan terlihat seperti aliran sepanjang sumbu antiklin. Peristiwa tersebut kira-kira berasal dari 2 arah normal antara satu dengan lainnya, batubara tersebut terkonsentrasi sehingga membentuk struktur *pepper-pot*, gambaran umum seperti ini hanya dijumpai di daerah tektonik kuat, sehingga mengalami deformasi yang intensif (Gambar 16).

(A)



(B)

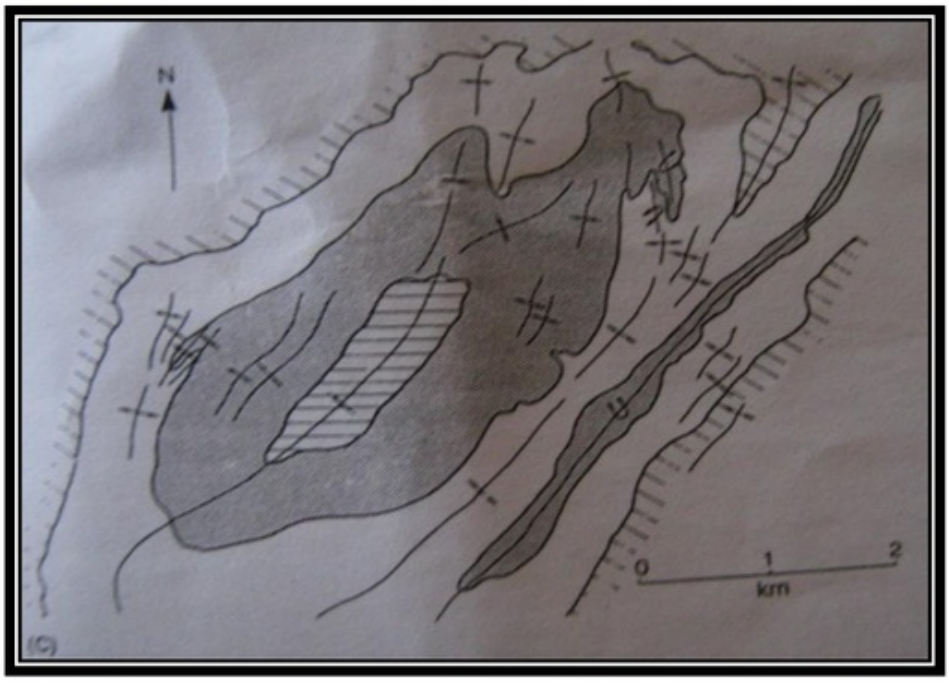


Gambar 16 (A) Deformasi tektonik karena gaya kompresi dan

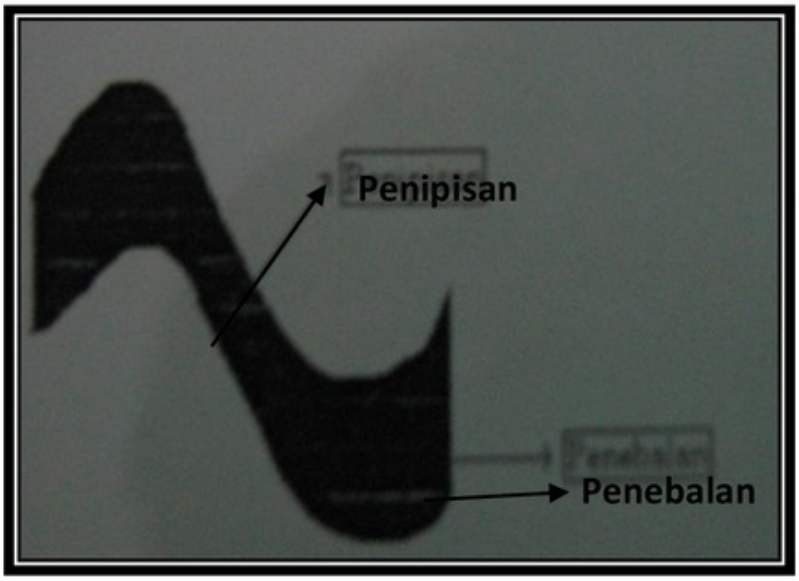
Gambar 16 (B) Gaya kompresi terhadap lapisan batubara di sepanjang perlapisan batupasir (Thomas, 2005)

Gambar 16 (A) Deformasi tektonik karena gaya kompresi :

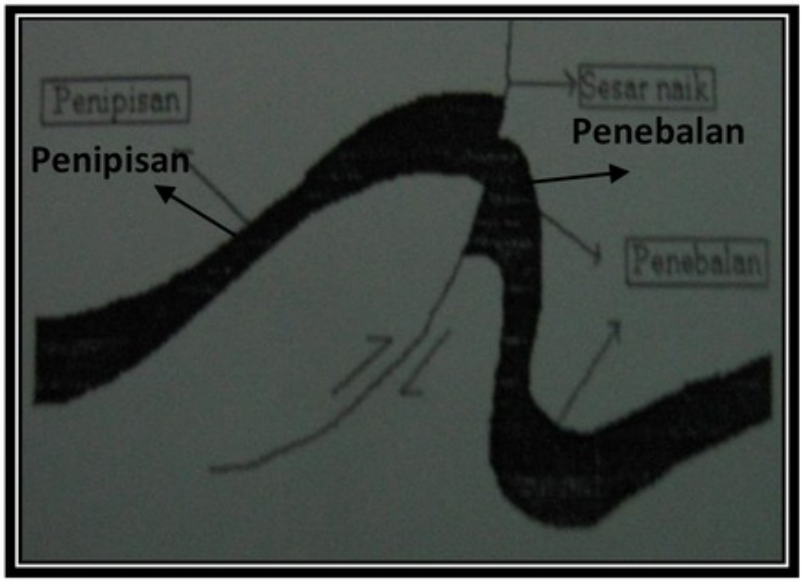
i) Gaya tekanan terhadap perlapisan batubara
ii) Jenis Antiklin "*queue*"
iii) Jenis struktur "*pepper-pot*"
iv) Jenis struktur "*rosary*"



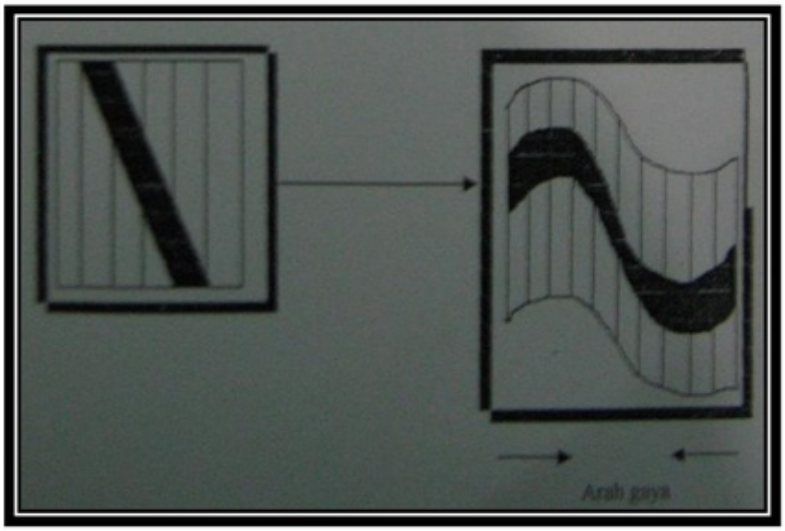
Gambar 17. Lipatan asimetri, berupa sinklin dan antiklin *steeply* dan *thrust fault* (Thomas, 2005)



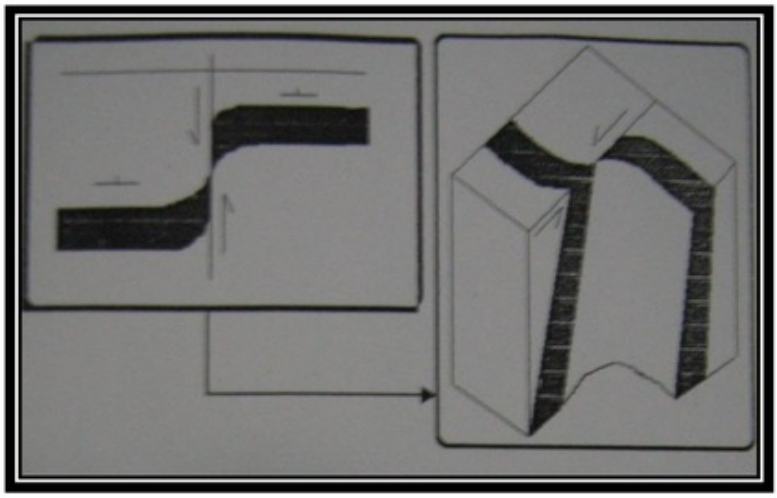
Gambar 18. Lipatan asimetri, berupa sinklin dan antiklin *steeply* dan *thrust fault* (Fadilah, 2005)



Gambar 19. Pembentukan sesar naik melalui proses lipatan (Fadilah, 2005)



Gambar 20. Model pembentukan lipatan diikuti oleh penebalan dan penipisan dibeberapa bagian lipatan (Fadilah, 2005)



Gambar 21. Model pembentukan sesar mendatar yang diikuti oleh seretan dan perubahan arah kedudukan lapisan (Fadilah, 2005).

1.6.2 Kajian Sedimentasi Batubara Terhadap Pembentukan *Splitting* Batubara

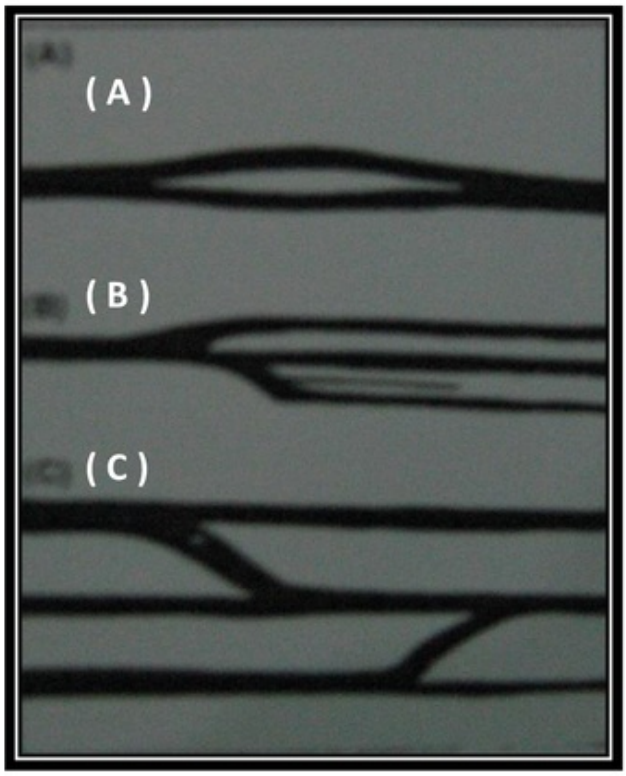
Splitting merupakan gejala umum yang terjadi di lapisan batubara secara lateral, *splitting* terlihat bercabang minimum menjadi 2 (dua) cabang.

Material bukan batubara dalam suatu lapisan batubara merupakan lapisan sedimen pemisah yang disebut sebagai *parting* atau *band*. *Parting* atau *bands* merupakan hasil pengendapan klastik bercampur dengan akumulasi organik.

Kehadirannya bisa melalui endapan *crevasse-splay deposit atau overbank deposit*. Parting berkembang dengan baik secara lateral, kehadirannya berupa batulempung (*mudstone, shally coal* atau *coally shale*) yang tersebar luas berbatasan dengan sungai atau kadang-

kadang secara periodik bisa diakibatkan oleh *marine flooding.*

Splitting lapisan batubara bisa berbentuk sederhana atau rumit dari lapisan organik dan material klastik



Gambar 22. Bentuk umum *Splitting* seam batubara (Thomas, 2005)

A. *Simple Splitting*, B. *Multiple splitting* dan C. Bentuk *Splitting* "Z" atau "S"

Bentuk *simple splitting* terbentuk ketika akumulasi organik berlangsung, kemudian ada jeda waktu pengendapan dan diganti oleh endapan klastik setelah itu vegetasi kembali tumbuh, dan akumulasi organik berlanjut lagi.

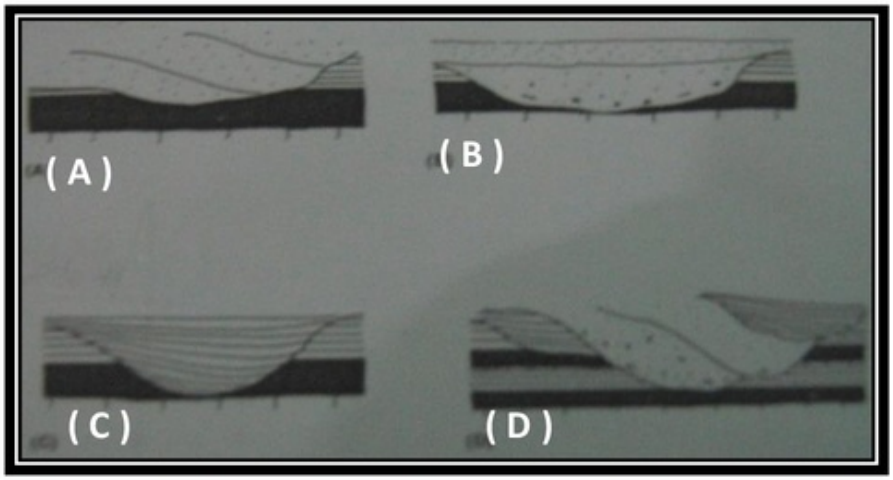
Bentuk *splitting* lapisan batubara yang lain seperti "S" atau" Z" Bentuk tersebut dicirikan oleh 2 seam lapisan batubara yang terpisah sedimen. Penyebab lain splitting batubara adalah pengaruh sesar *growth fault* (gambar 8).

Splitting sudut besar (*inclined splits*) merupakan salah satu penyebab ketidakstabilan dinding tambang dalam operasi penambangan, kehadiran mudstone sebagai media bidang gelincir, kekar dalam lapisan batupasir sebagai media aliran air bawah permukaan dan bentuk *incline splits* merupakan *slope* lereng yang curam, faktor-faktor tersebut akan membentuk lereng

bidang gelincir (*failure*), sehingga longsor batuan di dinding tambang sangat mudah sekali terjadi.

1.6.3 Kajian Sedimentasi Batubara Terhadap Pembentukan *Washout* Batubara

Washout terjadi karena seam lapisan batubara tererosi kembali oleh *channel* sungai, dan arah aliran *channel* tersebut maka akan membawa material sedimen klastik. *Washout* umumnya berbentuk *elongated* dan terisi materal klastik seperti *mudstone, siltstone* dan *sandstone*, hal ini tergantung dari sumber batuan yang tererosi dan tertransport yang akan mengisi *channel* tersebut, semakin rendah energi aliran, maka ukuran butirannya semakin halus (Gambar 23).



Gambar 23. Pemotongan *channel* terhadap seam batubara (Thomas, 2005)

A.*Chanel* Batupasir memotong *roof* seam batubara,B. *Channel* batupasir dan rombakan batubara mengerosi seam batubara, C. *Channel mudstone* mengerosi seam batubara, D. *Chanel* batupasir, rombakan batubara, *mudstone* mengerosii seam batubara

1.7 Pengamatan Batubara

Salah satu pengambilan conto dapat dilakukan dengan preparasi *ply by ply* berdasarkan kenampakan *lithotype* secara makroskopis. Selanjutnya masing-masing conto direduksi ukurannya, dan dilakukan komposit kemudian dibagi menjadi dua untuk arsip dan analisis laboratorium.

Menurut Bustin dkk., (1983) dijelaskan bahwa *lithotype* dibedakan berdasarkan pengamatan secara makroskopi material batubara yang berukuran *hand specimen*. Variasi secara vertikal dan lateral dalam seam batubara dengan karakteristik *banded* (berlapis), merupakan salah satu ciri komposisi *lithotype*. Adanya perubahan refleksi dalam komunitas tumbuhan menimbulkan perubahan *layer* dalam gambut dan hal itu sama dengan perubahan refleksi dalam kondisi kimia dan fisika yang akan mempengaruhi proses pengawetan material

tumbuhan dalam rawa serta pengaruh masuknya *mineral matter* ke dalam rawa gambut.

Menurut ICCP (1963) dalam Bustin dkk. (1983) *lithotipe* secara makroskopi dapat dikenal melalui *band-band* pada batubara tipe humik (*humic coal*), dan dapat digambarkan dalam 4 litotipe: vitrain, clarain, durain dan fusain. Sedangkan menurut Stach (1982), dengan definisi yang sama menyebut litotipe sebagai sifat makroskopi yang dapat dikenal melalui *band-band* pada seam batubara, termasuk 2 *litotype* untuk batubara tipe sapropelik (*sapropelic coal*) yaitu *cannel coal* dan *boghead coal*. Menurut Stach dkk., (1982) umumnya gambaran makroskopi yang mencolok *sparopelic coal* adalah kilap kusam (*dull lustre*), tekstur homogen, tidak berlapis, dan kekuatannya tinggi (*high strength*). Pecahan konkoidal khususnya untuk *cannel coal*. *Cannel coal* dan *boghead coal* sulit untuk dibedakan secara makroskopi, *boghead coal*

sedikit banyak lebih coklat dibanding *cannel coal* serta mempunyai gores coklat. Ke 4 (empat) *lithotype* tersebut di atas dalam ICCP *handbook* dalam Bustin dkk. (1983), mengutamakan tentang adanya 4 (empat) kenampakan bahan tumbuhan asal dalam batubara bituminus (Bustin dkk., 1983), dimana ketebalan minimum *band* atau *layer* batubara adalah 10 mm.

Diessel (1965) dalam Bustin dkk. (1983), memberikan alternatif lain untuk deskripsi makroskopi batubara yaitu berdasarkan komponen terang (*bright)* dan kusam (*dull)* dan litotipe didefinisikan berdasarkan proporsi tumbuhan asal dalam layer batubara. *Bright* dan *dull* dapat digunakan dengan bebas sebagai ganti pendapat sebelumnya dan ketebalan minimum band atau layer batubara adalah 5mm. Berikut tabel korelasi *lihthotype* menurut Stopes (1919) dengan penggunaan batubara di Australia (Modifikasi Diessel, 1965); dalam Bustin dkk.,

(1983) (Tabel 1). Salah satu contoh pengamatan singkapan batubara di lapangan dapat dilihat di Gambar 24

Tabel 1. Korelasi *litothype* menurut Stopes, 1919, dengan penggunaan batubara di Australia (Modifikasi Diessel, 1965); dalam Bustin dkk., 1983.

Stopes, 1919	Australian Coals	Deskripsi
Vitrain	*Bright coal*	Kilap kaca - seperti kaca, pecahan konkoidal (< 10 % *dull*)
	Banded bright coal	*Bright coal*, sebagian *bands* tipis dan *dull* (40-60% *dull*)
Clarain	*Banded coal*	*Bright coal* dan *dull coal* dengan proporsi sama (40-60% *dull*)
	Banded dull coal	*Dull coal*, sebagian *bands bright*, tipis (10-40% *bright*)
Durain	*Dull coal*	*Matt lustre*, pecahan tidak sempurna (*uneven*); (<10% *bright*)
Fusain	*Fibrous coal*	*Satin lustre, friable*

DESKRIPSI SINGKAPAN BATUBARA

GEOLOGIST	: Afik &Kukuh	**TEBAL**	: 90 cm
TANGGAL	: 22 Juli 2006	**WARNA**	: hitam
LINTASAN	: Sungai Boan	**KILAP**	: bright
LOKASI PENGAMATAN	: AK 15	**PECAHAN**	: konkoidal
NO. SAMPEL	: OC 15	**GORES**	: coklat
KONDISI SINGKAPAN	: segar	**KEKERASAN**	: keras
KOORDINAT	: S E	**CLEAT**	: N 3°E/ 72° N 10°E/ 86° N 350°E/ 77°
EPE	: 4	**SPASI CLEAT**	: 0,1 - 2 cm
ELEVASI	: 143 m	**PENGOTOR**	: lapisan batulempung karbonan, tebal 3 cm
KEDUDUKAN LAPISAN	: N 295°E/ 14°	**KONDISI DI ATAS SINGKAPAN**	: hutan
PENGUKURAN KEDUDUKAN	: top batubara		



Gambar 24. Contoh pengamatan singkapan batubara (koleksi penulis)

2. KUALITAS BATUBARA

2.1 Pendahuluan.

Kualitas batubara dalam arti pokok adalah sifat kimia dan fisik batubara yang mempengaruhi dalam potensi penggunaannya.

Hal-hal pokok yang harus diketahui dari sifat kimia dan fisika batubara, terutama sifat-sifat yang sudah ditentukan, apakah batubara tersebut dapat digunakan secara komersil. Batubara memerlukan penjelasan/fakta kualitas yang mempengaruhi untuk memilih penggunaannya, seharusnya memenuhi persyaratan, selanjutnya untuk dapat menambangnya serta menjual sebagai produk yang murni atau jika kualitasnya dapat ditingkatkan, selanjutnya dapat sebagi pencampur (*blending*) dengan batubara

terpilih lainnya supaya mencapai produk batubara yang bisa terpasarkan.

Kualitas batubara ditentukan oleh kandungan maseral dan mineral matter dari batubara serta derajat pembatubaraan (*rank*). Makalah ini akan menjelaskan lebih detil guna mengetahui secara analitis dan prosedural untuk menentukan sifat kimia dan fisika batubara.

Suatu pengetahuan dari kebanyakan penentuan umum sifat-sifat batubara adalah sangat penting, khususnya gangguan terhadap batubara. Analisis batubara terutama di dalam evaluasi endapan batubara, seperti mengenali seam atau bagian-bagian seam yang tidak dapat diterima ketika batubara tersebut bisa tambang atau tidak, seam atau bagian seam tersebut yang akan menghasilkan suatu produk premium untuk pra-penentuan pasar.

Hal ini kemungkinan bahwa setelah dilakukan analisis batubara, sampai sekarang sifat-sifatnya tidak diketahui bisa meningkatkan produk atau bahkan memberi kesan suatu perbedaan akhir dalam penggunaan batubara, seperti penemuan/pendapat bahwa suatu batubara mempunyai sifat coking yang baik ketika batubara tersebut semula dipertimbangkan untuk produk *steam coal*.

Secara garis besar diberikan dasar-dasar sifat kimia dan fisika batubara serta bagaimana mengartikan dalam kaitannya dengan pemanfaatan batubara.

2.1.1 Basis Data

Untuk mempermudah perbandingan antara satu hasil analisis dengan yang lain, maka ditetapkan basis standard dengan persyaratan tertentu untuk setiap analisis maupun uji yang dilakukan. Basis standard tersebut adalah:

- *Air dried basis*
- *Dry basis*
- *Dry & ash free basis*
- *Pure coal (dry & mineral matter free) basis*

Adanya tampilan *air dried basis* menunjukkan bahwa uji dan analisis dilakukan dengan menggunakan sampel uji yang telah dikeringkan pada udara terbuka, yaitu sampel ditebar tipis pada suhu ruangan, sehingga terjadi kesetimbangan dengan lingkungan ruangan laboratorium, sebelum akhirnya diuji dan dianalisis.

Tampilan *dry basis* menunjukkan bahwa hasil uji dan analisis dengan menggunakan sampel uji yang telah dikeringkan di udara terbuka seperti di atas, lalu dikonversikan perhitungannya untuk memenuhi kondisi kering.

Dry & ash free basis merupakan suatu kondisi asumsi dimana batubara sama sekali tidak mengandung air maupun abu. Adanya tampilan *dry & ash free basis* menunjukkan bahwa hasil analisis dan uji terhadap sampel yang telah dikeringkan di udara terbuka seperti di atas, lalu dikonversikan perhitungannya sehingga memenuhi kondisi tanpa abu dan tanpa air.

Pure coal basis berarti batubara diasumsikan dalam keadaan murni dan tidak mengandung air serta zat mineral lainnya. Kondisi ini disebut pula dengan nama *dry & mineral matter free basis*.

Tabel 2. Basis Uji & Analisis serta Singkatan yang dipakai (Ward, 1984)

Basis	Unsur Kandungan	Singkatan
As received basis	Sama seperti saat diterima	a r
Air dried basis	Dikeringkan dengan udara bebas	a d
Dry basis	Tanpa kandungan air	d
Dry, ash free basis	Tanpa kandungan air dan abu	d a f
Pure coal basis	Tanpa kandungan air dan zat mineral lain *(dry mineral matter free)*	d m m f

2.2 Sifat Kimia Batubara.

Secara sederhana dalam kaitannya dengan batubara maka substansi batubara dibangun oleh : *moisture*, *pure coal* dan *mineral matter*.

Moisture terdiri dari *surface moisture* dan ikatan kimiawi *moisture* (*inherent moisture*), *pure coal* ditandai dengan kehadiran sejumlah organik matter, sedangkan *mineral matter* ditandai dengan kehadiran sejumlah material anorganik, yang mana ketika batubara terbakar akan menghasilkan abu/*ash*. Secara jelas bahwa dekomposisi selama pemanasan dari beberapa

mineral anorganik, hal ini berarti bahwa komposisi abu/*ash* tidak sama dengan komposisi *mineral matter*.

Analisis kimia batubara sering dilaporkan sebagai hasil analisis proksimat, ultimat dan nilai kalori. Analisis proksimat adalah analisis yang luas untuk menentukan sejumlah *moisture*, *volatile matter*, *fixed carbon* dan *ash*. Hal ini paling mendasar dari semua analisis batubara serta yang paling penting dalam penerapan penggunaan batubara. Pengujian batubara adalah lebih tinggi ketergantungannya pada prosedur penggunaannya dengan perbedaan hasil yang adalah diperoleh dengan menggunakan perbedaan temperatur dan waktu. Oleh karena itu penting untuk diketahui prosedur pengggunaan serta dasar pelaporannya.

Analisis ultimat adalah untuk menentukan unsur-unsur kimia dalam batubara, seperti

carbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur. Sebagai tambahan, diperlukan perhitungan dari sejumlah unsur-unsur tersebut harus secara langsung dan tegas pada penggunaan batubara. Hal ini termasuk pembentukan sulfur, chlorite, dan fosfor, suatu analisis dari unsur-unsur tersebut terkandung di dalam mineral matter batubara serta pemilihan unsur-unsur jejak.

2.3 Analisis Proksimat

Hasil analisis proksimat memberikan gambaran banyaknya senyawa organik ringan (*volatile matter*) secara relatif, karbon dalam bentuk padatan (*fixed carbon*), kadar *moisture*, dan zat anorganik (*ash*), hingga mencakup keseluruhan komponen batubara, yaitu batubara murni ditambah bahan-bahan pengotornya. Analisis proksimat merupakan cara mengevaluasi batubara yang paling sederhana, oleh karena itu sangat banyak dilakukan orang

Analisis proksimat lebih merupakan suatu "kesepakatan", agar pengguna dapat lebih mengetahui karakteristik batubara yang dibelinya. Selain itu, analisis ini juga relatif mudah untuk dilakukan.

2.3.1 Total *Moisture*

Yang dimaksud dengan kandungan air total *(*total *moisture)* adalah keseluruhan jumlah kandungan air berbagai jenis yang terdapat dalam sampel batubara yang diambil. Pada prinsipnya, hal ini dihitung dari jumlah penurunan berat pra pengeringan *(pre-drying loss)* pada temperatur < 35^{o}C ditambah penurunan berat pengeringan panas pada 107±2^{o}C.

Kandungan air di dalam batubara dapat dibagi menjadi dua jenis. Yang pertama adalah *inherent moisture* atau *residual moisture*, yaitu air yang terserap ke dalam batubara manakala batubara

berada dalam kesetimbangan kelembaban dengan udara bebas. Yang kedua adalah *surface moisture* atau *hygroscopic moisture* (uap air higroskopis), yaitu air yang terserap dan menempel pada batubara oleh adanya proses sekunder, misalnya dari air tanah, air penyiraman saat penambangan, air yang dipakai untuk *hydraulic mining*, air pada proses preparasi batubara, air hujan, dan sebagainya. Jumlah kandungan kedua jenis air di dalam batubara inilah yang disebut dengan kandungan air total *(total moisture)*.

Adanya kandungan air yang berlebihan maupun terlalu sedikit dapat menimbulkan masalah dari segi *handling*. Bila kandungan air berlebihan, akan menyebabkan batubara lengket dan menempel di berbagai tempat. Bahkan dapat pula menjadi penyebab penyumbatan pada *screen* dan berbagai peralatan lainnya. Kebalikannya, bila kandungan air sangat kurang,

akan timbul masalah dengan beterbangannya debu batubara.

Kandungan total *moisture* merupakan salah satu unsur yang penting dalam transaksi perdagangan batubara, sehingga bila ternyata nilainya melebihi kontrak yang disepakati, maka nilai transaksi akan dikurangi sesuai dengan kelebihan yang terjadi.

Uap air higroskopis adalah kandungan air yang menempel di permukaan batubara, dan umumnya makin halus ukuran butirnya, maka biasanya jumlahnya juga semakin banyak. Secara umum, kandungan uap air higroskopis pada batubara kerakal dan batubara kerakal ukuran sedang adalah sekitar 2~3%, untuk batubara butir kecil/halus 6~7%, dan untuk batubara sangat halus/serbuk adalah sekitar 15~30%. Uap air higroskopis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$total_{moisture}[ar\%] = surface_{moisture}[ar\%] + inherent_{moisture}[ad\%] \times (100 - surface_{moisture}[ad\%]) /100$$

Menurut ASTM, *inherent moisture* didefinisikan sebagai air yang dalam kondisi alami menunjukkan karakteristik lapisan batubara, sehingga air yang menempel di permukaan tidaklah termasuk ke dalam inherent *moisture*.

Inherent moisture memiliki hubungan yang erat pula dengan tingkat pembatubaraan, dimana semakin tinggi tingkat pembatubaraannya, maka kandungan airnya akan semakin berkurang, dan mencapai titik minimum pada C sekitar 90%

Kandungan air dinyatakan dalam persen massa yang menunjukkan nilai berkurangnya massa/berat dari sampel batubara, setelah dikeringkan dengan pemanasan pada 107°C selama 1 jam. Sampel batubara yang dipakai

adalah sampel yang telah dikeringkan di udara terbuka *(air dried)*.

2.3.2 *Ash* (Abu)

Kandungan abu didefinisikan sebagai berikut, ketika awal proses pengabuan (insinerasi, pembakaran menjadi abu), belerang organik dan belerang pirit *(pyritic sulfur)* terbakar menjadi oksida belerang. Dengan terus melakukan pemanasan sambil mengontrol agar jumlah sulfatnya berada pada tingkat minimum selama pengabuan, dan ditambah adanya penguraian sempurna dari karbonat, maka zat sisa anorganik yang terjadi selama sulfat tidak mengalami penguraian, hal tersebut yang disebut **kandungan abu**. Pada analisis sebenarnya, sampel batubara dibakar pada temperatur 815±10°C di dalam media udara dengan mengikuti pola peningkatan temperatur yang telah ditetapkan. Jumlah abu yang tertinggal, lalu dihitung sebagai persen massa dari sampel.

Inilah yang kemudian disebut sebagai kandungan abu (%).

Pada kondisi di atas, karbonat terurai, sedangkan sulfat tetap tinggal. Mineral lempung *(clay minerals)* kehilangan air pengkristalan, sehingga sebagian besar akan menjadi oksida logam. Dengan demikian, yang menjadi abu bukanlah mineral anorganik didalam batubara itu sendiri.

Dilihat dari proses kejadiannya, kandungan abu pada batubara dapat dibagi menjadi kandungan abu bawaan *(inherent ash)* dan kandungan serapan.

Kandungan Abu Bawaan: Kandungan abu bawaan diperoleh dari abu yang terkandung pada tumbuh-tumbuhan yang menjadi batubara, jumlahnya sedikit, dan sulit untuk diambil melalui proses pemisahan. Pada batubara kilap *(bright coal)* atau *vitrite* yang berasal dari proses

pembatubaraan zat kayu pada tumbuhan, jumlah kandungan abunya sedikit. Abu ini diduga merupakan abu bawaan *(inherent ash)* yang banyak mengandung kapur dan mineral alkali (basa), sedangkan kandungan asam silikat dan alumina-nya sedikit. Di sisi lain, batubara kusam *(dull coal)* yang berupa *durite* (atau *durain*) dan *fusite* (atau *fusain*) berasal dari serpihan kayu, kulit pohon, serbuk bunga, spora dan lain-lain yang bercampur dengan lumpur dan pasir, lalu tersedimentasi dan mengalami proses pembatubaraan. Karena itu, kandungan abunya banyak.

Kandungan Abu Serapan: Kandungan abu serapan terjadi akibat adanya intrusi lumpur dan pasir saat tetumbuhan tersedimentasi. Atau bisa pula terjadi setelah proses pembatubaraan berlangsung, dimana akibat adanya retakan dan sebagainya, menyebabkan lumpur dan pasir ikut tercampur masuk *(intrusi)*. Abu jenis ini

terdistribusi secara tidak merata di dalam batubara, dan banyak mengandung zat-zat seperti batu lanau *(shale)*, pirit, gipsum, silikat, karbonat, sulfat dan sebagainya, dimana kandungan asam silikat dan aluminanya banyak.

Kandungan abu pada batubara, mempunyai hubungan yang erat dengan sifat-sifat batubara itu sendiri, seperti misalnya berat jenis, ketergerusan *(grindability)*, sifat ketahanan api dari abu *(ash fusibility)*, nilai kalori, dan sebagainya.

Kandungan abu dan nilai kalori dari batubara, boleh dikatakan memiliki hubungan yang hampir linear. Selain itu, kandungan abu dan berat jenis juga memiliki korelasi yang sangat erat, dimana bila kandungan abunya banyak, maka biasanya berat jenisnya juga besar. Sifat ini lalu dimanfaatkan, sehingga dikembangkan proses pemisahan berat jenis seperti pada

hydroseparation (*jig*) atau pada pemisahan media berat. Secara umum, adanya kandungan abu 1% akan berpengaruh terhadap perubahan berat jenis sebesar 0,01.

Rumus pendekatan untuk mencari nilai berat jenis batubara diberikan sebagai berikut:

Berat Jenis Batubara = 1,25 + 0,01 % Kandungan Abu (%)

2.3.3 *Volatile Matter*

Sampel dimasukkan ke dalam krusibel tertutup, lalu sambil diupayakan agar tidak terjadi kontak dengan udara, sampel dipanaskan dalam waktu yang cukup singkat. Setelah itu, kehilangan masa akibat pemanasan terhadap sampel dihitung berdasarkan persen (%) masa, kemudian nilai tersebut dikurangi nilai kandungan air dari analisa kuantitatif yang dilakukan bersamaan. Hasilnya inilah yang berupa kandungan zat terbang, yang terdiri dari unsur-

unsur yang mudah menguap *(volatile)* di dalam batubara itu sendiri, atau zat-zat yang terlepas ke udara akibat proses pemanasan.

Pertama-tama, sampel 1 gram dipanaskan selama 7 menit pada temperatur 900±20°C, kemudian ditimbang penurunan berat/masa-nya. Setelah itu, dikurangi dengan nilai kandungan air untuk mendapatkan kandungan zat terbang. Nilai kandungannya dinyatakan dengan perhitungan persen (%) berat.

Kandungan zat terbang memiliki hubungan yang erat dengan tingkat pembatubaraan, sehingga kadang dipakai pula sebagai acuan (index) dalam klasifikasi batubara. Untuk batubara bituminus, pengelompokan berdasarkan kandungan zat terbang dapat dilakukan sebagai berikut :

Tabel 3. Pengelompokan Batubara Bituminus berdasarkan Kandungan Zat Terbang (%)

Klasifikasi menurut ASTM		Klasifikasi menurut Asosiasi Kokas	
low volatile coal	14-22	LV coal	< 20
medium volatile coal	22-31	MV coal	20-25
high volatile coal	31 lebih	M'V coal	25-30
		HV coal	> 30

Bila batubara memiliki kandungan zat terbang yang tinggi, maka sifat penyalaan *(ignition)* dan pembakaran *(combustion)*-nya pun baik. Akan tetapi, hal ini juga mengandung resiko swabakar *(spontaneous combustion)* yang tinggi.

Hubungan antara zat terbang dan penggunaan batubara secara umum dapat diterangkan sebagai berikut.

Bila kandungan zat terbang semakin tinggi, maka selain penyalaan dan pembakaran

batubara menjadi mudah, nyala api yang dihasilkan juga bagus (panjang), dan pembakaran rendah NOx mudah dilakukan. Karena sifat mampu terbakar habis yang dimiliki cukup tinggi, maka cocok untuk boiler.

Bila kandungan zat terbangnya sedikit, maka batubara menjadi susah untuk dinyalakan. Selain itu, sifat pembakarannya pun jelek, dan nyala api yang dihasilkan juga kurang bagus (pendek). Karena sifat mampu terbakar habis yang dimiliki cukup rendah, maka kandungan zat tak terbakar dalam abu menjadi semakin banyak, sehingga tidak cocok untuk boiler. Dalam hal ini, diperlukan desain tungku pembakaran yang tepat, yang dapat menutupi kekurangan pada kondisi di atas.

Untuk pembakaran batubara sangat halus, idealnya berupa batubara yang memiliki kandungan zat terbang di atas 30% pada kondisi

kering dan tanpa abu *(dry, ash free basis)*, karena mudah dinyalakan dan mampu terbakar habis.

2.3.4 *Fixed Carbon* (Karbon Tetap)

Kandungan karbon tetap (*fixed carbon*) didapatkan dari analisis tak langsung, dan dihitung dari persamaan berikut. Dari sisa pembakaran, setelah hasilnya dikurangi dengan kandungan abu, maka hasilnya inilah yang berupa nilai karbon tetap.

Fixed Carbon (%) = 100 – {Water (%) + Ash (%) + V.M. (%)}

Antara kandungan zat terbang dan karbon tetap terdapat korelasi yang saling berlawanan, dalam arti bila kandungan zat terbang naik, maka nilai karbon tetap akan turun, dan demikian sebaliknya. Secara umum, bila tingkat pembatubaraan semakin tinggi, maka kandungan zat terbang akan semakin turun; sebaliknya, nilai karbon tetap akan bertambah.

2.4 Analisis Ultimat

Analisis ultimat yang bertujuan untuk mendapatkan nilai "mutlak" dari unsur-unsur yang terkandung dalam batubara.

Analisis ultimat terhadap batubara, terbagi atas 5 buah kandungan unsur, yaitu karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan belerang. Bila dibandingkan dengan *heavy oil*, persentase kandungan karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen dalam batubara sangat berbeda. Untuk *heavy oil*, kandungan hidrogen meliputi kira-kira separuhnya, sedangkan oksigen dan nitrogen hampir tak ada sama sekali. Berlawanan dengan itu, di dalam batubara terkandung oksigen sekitar 10% dan nitrogen 1-3%. Untuk mengetahui struktur kimia ataupun karakteristik batubara, analisis ultimat memiliki peranan yang sangat penting.

2.4.1 Karbon dan Hidrogen

Karbon merupakan parameter yang penting untuk menunjukkan tingkat pembatubaraan, dan persentase kandungan karbon (C %) dihitung dalam kondisi kering dan bebas abu *(dry ash free basis)*.

Pada saat terjadi pembakaran, semua oksigen di dalam batubara dianggap bereaksi dengan hidrogen membentuk air. Hidrogen yang tersisa, yang merupakan hidrogen di dalam batubara yang siap dimanfaatkan secara efektif, disebut dengan ketersediaan hidrogen, dan dicari dari persamaan berikut ini:

Ketersediaan Hidrogen (%) = Hidrogen (%) – Oksigen (%) / 8

Ketersediaan hidrogen memiliki hubungan dengan tingkat pembatubaraan. Bila tingkat pembatubaraan semakin tinggi, oksigen akan semakin berkurang, dan akibatnya ketersediaan

hidrogen juga akan berkurang. Nilai ini menjadi maksimum pada kandungan karbon sekitar 85%. Setelah itu, pada zona antrasit, kandungan oksigen maupun hidrogen akan turun, sehingga ketersediaan hidrogen juga turun. Ketersediaan hidrogen digunakan dalam perhitungan teoritis mengenai jumlah udara dan nilai kalori pada pembakaran.

2.4.2 Oksigen

Penentuan kandungan oksigen tidak dilakukan secara langsung, akan tetapi dihitung dari persamaan berikut ini:

$$O\ (\%) = 100 - \{C\ (\%) + H\ (\%) + S\ (\%) + N\ (\%) + ash\ (\%)\ \%100 / (100 - water)\}$$

Dengan memperhatikan persamaan di atas, kita bisa mengetahui bahwa kesalahan pengukuran terhadap kandungan berbagai unsur dan abu akan sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan kandungan oksigen. Karena itu,

boleh dikatakan bahwa tingkat reliabilitas-nya sebagai hasil analisis adalah rendah.

Di dalam batubara, oksigen terdapat dalam bentuk gugus hidroksil, karboksil, karbonil, eter, dan sebagainya. Karena gugus karbonil dan eter memiliki temperatur penguraian antara 350~500°C, maka batubara yang memiliki kandungan oksigen cukup banyak biasanya memiliki kecenderungan untuk mempunyai kandungan zat terbang yang banyak pula.

2.4.3 Nitrogen

Di dalam batubara, terdapat kandungan nitrogen sekitar 0,5~2,0%. Pada saat terjadi pembakaran, sebagian nitrogen dalam batubara akan berubah menjadi NOx dan dilepas ke udara, sehingga berpengaruh terhadap lingkungan. Rasio/persentase perubahan ini sangat tergantung kepada kondisi persenyawaan dalam batubara dan kondisi pembakarannya itu sendiri.

Sebenarnya tidak terdapat hubungan yang khusus antara kandungan nitrogen di dalam batubara dengan tingkat pembatubaraan, namun terdapat kecenderungan bahwa kandungan nitrogen cukup tinggi untuk batubara berasap, dan sedikit untuk batubara antrasit.

2.4.4 Sulfur

Sulfur total, merupakan nilai penjumlahan dari sulfur dalam abu *(sulfur in ash)* [dahulu disebut *non-combustible sulfur*] dan belerang terbakar *(combustible sulfur)*, Atau dapat pula dikatakan sebagai penjumlahan antara nilai belerang inorganik dan belerang organik.

$$S\ (\%) = S_{total}\ (\%)\ \%\ 100\ /\ [100\text{-water}\ (\%)] - S_{in\ ash}\ (\%)\ (\text{dry basis})$$

Sedangkan yang dimaksud dengan *sulfur in ash* adalah persentase kandungan sulfur di dalam abu hasil analisis abu, dimana sampel dibakar menjadi abu dengan kondisi pengujian tertentu.

Combustible sulfur adalah nilai yang didapat sebagai hasil pengurangan *total sulfur* dengan *sulfur in ash*.

Di dalam batubara, kandungan sulfur total biasanya antara 0.1-2%, namun untuk *brand* produk tertentu, kadang dijumpai pula kandungan sulfur lebih dari 3%.

Bentuk ikatan sulfur yang terdapat di dalam batubara, menurut standard ISO, diukur dalam bentuk sulfur anorganik berupa sulfur sulfat *(sulfate sulfur)* dan sulfur pirit *(pyritic sulfur)*, serta sulfur organik *(organic sulfur)*.

Sulfur sulfat adalah sulfur dalam batubara yang membentuk senyawa sulfat. Sampel diekstraksi dengan menggunakan asam klorida (*hydrochloric acid*) encer, lalu gugus sulfat dalam larutan diukur.

Sulfur pirit adalah sulfur dalam batubara yang terdapat dalam bentuk pirit atau markasit.

Pertama-tama, sampel diekstraksi dengan menggunakan asam klorida encer. Setelah itu, diekstraksi lagi dengan menggunakan asam nitrat encer, dan kemudian diukur kandungan besi di dalam larutannya. Dari situ, baru dihitung kandungan sulfurnya.

Sulfur organik adalah sulfur yang berikatan dengan zat batubara, dan nilainya dihitung sebagai hasil pengurangan kandungan sulfur sulfat dan sulfur pirit terhadap kandungan sulfur total.

Pada proses pembakaran, kandungan sulfur dalam batubara akan berubah menjadi gas SO_2 dan SO_3. Selain menjadi penyebab terjadinya polusi udara, gas-gas ini juga menjadi penyebab terjadinya korosi terhadap permukaan penghantar panas pada boiler. Karena itu, kandungan sulfur total pada batubara boiler sebaiknya kurang dari 1%.

Sekarang ini, hampir semua peralatan pembakaran berskala besar telah dilengkapi dengan fasilitas desulfurisasi.

Kandungan sulfur di dalam kokas, dapat menjadi penyebab berbagai masalah di dalam proses pembuatan besi (misalnya besi menjadi getas dan rapuh). Karena itu, batubara yang digunakan dituntut untuk memiliki kandungan belerang tidak lebih dari 0,6%.

2.5 Analisis Nilai Kalori

Nilai kalori merupakan panas yang dilepaskan saat unit kuantitas batubara terbakar sempurna. Nilai kalori ini dibagi menjadi 2, yaitu:

- *Gross Calorific Value*, Hg
- *Net Calorific Value*, Hn

Yang dimaksud dengan *gross calorivic value* adalah nilai kalori total, dan nilai ini adalah nilai yang diperoleh dari hasil analisis. Di dalam nilai tersebut, terkandung pula nilai *kalor laten* (=

panas tersembunyi) dari uap air yang terbentuk akibat pembakaran kandungan air dan hidrogen dalam batubara. Akan tetapi, pada pembakaran sebenarnya dengan menggunakan boiler dan sebagainya, uap air ini dilepaskan begitu saja lewat cerobong asap tanpa proses kondensasi, sehingga pada hakikatnya kalor laten tersebut tidak dapat dimanfaatkan.

Yang dimaksud dengan *net calorific value* adalah nilai kalori murni, yaitu setelah dikurangi dengan nilai kalor laten-nya. Nilai ini tidak tergantung kepada hasil pengukuran, dan hanya ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$Hn = Hg - 600\,(9H + W) \qquad [kcal/kg]$$

Di sini, H adalah kandungan hidrogen pada kondisi *equilibrium moisture* (kg), dan W adalah kandungan air (kg). Batubara boiler yang biasa dipakai saat ini, banyak yang memiliki nilai Hg antara 6000-7000 kcal/kg.

2.6 Sifat Fisika Batubara

Sebagai tambahan selain sifat kimiawi batubara, adalah evaluasi untuk penggunaan secara komersil menurut penentuan beberapa sifat fisika, meliputi : *density*, *grindability*, *abrasion index*, dan *particle size distribution*.

2.6.1 *Density*

Density batubara tergantung pada rank dan kandungan *mineral matter*. Hal ini adalah faktor yang utama dalam merubah unit batubara dari volume menjadi unit masa perhitungan cadangan batubara.

Density ditentukan oleh hilangnya berat yang terjadi ketika terbenam dalam air. Pengujian sampel lapangan dan sampel *core* dalam cara ini sebagai *apparent density*, karena sisa udara yang terperangkap di dalam batubara. *True density* ditentukan oleh batubara hancuran (*crushing*) serta menggunakan standart botol *density* atau

pycnometer. Secara perlahan dengan *apparent density* dapat ditentukan di lapangan, hal ini merupakan ketersediaan fasilitas yang penting bagi seorang geologist ketika menggambarkan tipe batubara dengan kandungan *mineral matter* yang berubah-ubah tingkatannya dimana batubara dapat menjadi tidak ekonomis secara kualitas.

Sebagai catatan bahwa *density* adalah tidak sama dengan *specific gravity* atau *relative density*; pembentukannya digambarkan sebagai berat per unit volume dengan sebagai gram per centimeter kubik, sedangkan *specific gravity* atau *relative density* adalah *density* dengan keterangan sebagai air pada 4^{o}C.

2.6.2 *Grindability*

Ketergerusan merupakan sifat mudah-sulitnya batubara untuk diremuk atau digerus. Besar kecilnya nilai ketergerusan ini, dinyatakan

dengan suatu indeks yang disebut *Hardgrove Grindability Index* atau HGI. Semakin kecil nilai HGI, berarti semakin sulit penggerusannya; dan begitu pula sebaliknya.

Pertama-tama, sampel digerus dan diayak hingga ukuran tertentu, yaitu antara 1190~ 590μm. Setelah itu, 50g sampel dimasukkan ke dalam alat uji ketergerusan Hardgrove bersama dengan 8 buah bola. Setelah diputar sebanyak 60 kali, lalu diayak dengan ayakan 75μm (200 mesh). *Undersize product* (hasil lolos ayakan) yang diperoleh lalu ditimbang, dan disubstitusikan ke persamaan berikut:

HGI = 13 + 6,93W

W adalah berat *undersize product* (dalam gram) pada ayakan 75μm.

Hubungan antara ketergerusan dengan tingkat pembatubaraan : secara umum, diketahui bahwa *caking coal* merupakan batubara yang paling

mudah digerus, sedangkan *brown coal* atau *lignite* merupakan batubara yang paling susah digerus. Tentu saja hal ini tergantung pula kepada struktur batubara maupun banyak-sedikit kandungan abunya.

HGI umumnya dinyatakan dalam rentang bilangan antara 30~120. Untuk batubara yang dipakai pada pembangkit listrik *(steam coal)*, batubara digerus terlebih dahulu menjadi partikel halus sebelum dimasukkan ke dalam boiler. Bila batubara terlalu keras, yang berarti nilai HGI kecil, maka akan menurunkan performa dari mesin penggerus *(mill)*. Dengan kata lain, bila nilai HGI semakin rendah, maka diperlukan daya yang lebih besar bagi mesin penggerus. Karena itu, para pengguna *(user)* banyak yang menetapkan nilai HGI di atas 45 untuk batubara yang mereka beli.

2.6.3 *Abrasion Index*

Mineral matter yang berukuran kasar dalam batubara terutama mineral kuarsa dapat disebabkan abrasi yang kuat dari mekanisme penggunaan batubara *pulverize*. Sampel-sampel batubara diuji di dalam perlengkapan penggilingan dengan 4 (empat) mata pisau logam. Kehilangan masa dari mata pisau tersebut menentukan tingkat abrasi yang dinyatakan dalam milligram logam tiap kilogram batubara yang digunakan.

2.6.4 *Particle Size Distribution*

Distribusi ukuran partikel batubara tergantung pada penambangan serta penanganan yang dialaminya, bersamaan dengan kekerasan, kekuatan dan derajat rekahan.

Ukuran partikel batubara mempengaruhi desain preparasi batubara, terkait dengan ukuran batubara yang akan dijual. Pengujiannya berdasarkan analisis ayakan sebagai material

geologi yang lain dan hasilnya dinyatakan dalam variasi parameter distribusi ukuran butir, seperti ukuran partikel rata-rata serta prosentase (%) ukuran kumulatif.

2.7 Analisis Lain Dalam Pemanfaatan Batubara:

2.7.1 Chlorine

Kandungan *chlorine* dalam batubara adalah rendah, biasanya terjadi sebagai garam anorganik dari sodium, potasium dan kalsium klorida. Kehadiran dari sejumlah chlorine yang tinggi pada batubara akan mengganggu dalam pemanfaatannya. Di dalam boiler *chlorine* menyebabkan korosi dan pengotor, ketika mengalir dan sebagai kontributor dalam polusi udara. Kandungan *chlorine* pada *steam coal* maksimum adalah 0,2 – 0,3% (*air dried*) dan untuk batubara digunakan dalam industri semen

dengan maksimum kandungan chlorine 0,1% (*air dried*).

Kandungan klor di dalam batubara, biasanya berkisar antara 0,01~0,02%, dan kebanyakan terdapat sebagai NaCl, KCl, dan sebagainya. Senyawa-senyawa ini, pada temperatur 1400-1500°C akan berbentuk uap. Akan tetapi, pada zona temperatur antara 900~1000°C, senyawa tersebut akan kembali ke bentuk cair dan dalam kondisi sebagai leburan/lelehan. Selain menjadi penyebab korosi temperatur tinggi dan temperatur rendah di dalam boiler, dan juga *fouling* (pengotor) oleh natrium dan kalium, klor juga berpengaruh atas terjadinya korosi pada peralatan desulfurisasi asap buangan.

2.7.2 Fosfor

Unsur fosfor merupakan bahan penting dalam kehidupan tanaman dan batubara. Fosfor didpatkan dalam mineral flouropatite

($Ca_{10}F2(PO_4)_6$) dan umumnya lebih kecil dari 0,1%, meskipun dalam hal yang ekstrim pernah dilaporkan mencapai 1% - 2% fosfor.

Pada pembakaran, flouropatite terurai membentuk fosfat yang lebih stabil yang akan tertahan di dalam ash. Dengan demikian tidak akan mengganggu proses pembakaran.

Dalam pembuatan semen senyawa fosfor dalam clinker menyebabkan penguraian komponen $3CaOSiO_2$ dan akan mengurangi sifat-sifat produk. Meskipun demikian hal itu akan tergantung pada banyaknya fosfor yang memasuki system melalui raw material umpan, dan pada kandungan fosfor dalam batubara jarang merupakan factor kristis di pabrik semen.

Dalam baja karbon, fosfor mempunyai pengaruh yang jelas. Umumnya dalam kokas, kandungan fosfor ini dibatasi sampai 0,012%

yang setara dengan 0,01% fosfor dalam batubara kokas.

2.7.3 Analisis Abu (*Ash*)

Komposisi abu batubara berbeda-beda tergantung kepada jenis batubaranya. Komposisinya tak jauh berbeda dengan mineral lempung *(clay minerals)*, dengan kandungan utama berupa silika dan alumina. Umumnya, komposisi abu batubara terdiri dari unsur-unsur sebagai berikut:

- SiO_2: 40~60%
- Al_2O_3: 15~35%
- TiO_2: 1~2%
- Fe_2O_3: 5~25%
- CaO: 1~15%
- MgO: 0,01~0,1%

Analisis kimia terhadap Si, Fe, Al, Ca, Mg, dan S dilakukan dengan metode gravimetri dan

volumetri, sedangkan untuk P dilakukan dengan metode absorpsiometri dan volumetri. Sebagai referensi, analisis terhadap Ni, Ti, dan V dilakukan dengan metode absorpsiometri, sedangkan Na dan K dilakukan dengan analisis nyala *(flame analysis)* dan metode absorpsiometri atom *(atomic absorptiometry)*.

Namun sekarang ini, makin banyak yang menggunakan peralatan fluoresensi sinar X *(fluorescent X-ray device)* untuk melakukan analisis secara sekaligus.

Analisis komposisi abu seperti yang disebutkan di atas, merupakan faktor penting dalam memprediksi *slagging*, *fouling*, *electric dust collection*, *high-temperature corrosion*, dan *denitrification catalyst degradation*.

2.7.4 *Ash Fusion Temperature* (temperatur leleh abu)

Saat batubara dibakar, maka abu dan kandungan anorganik lain akan meleleh. Lelehan ini lalu akan menempel dan mengeras di permukaan penghantar panas pada tungku membentuk klinker. Adanya klinker ini akan menyebabkan berbagai masalah, seperti penurunan daya hantar panas maupun daya ventilasi. Titik leleh abu mempunyai hubungan yang erat dengan pembentukan klinker. Bila titik lelehnya rendah, maka klinker akan mudah terbentuk. Titik leleh abu, umumnya berada pada kisaran 1000~1500°C, dan idealnya bernilai 1300°C ke atas.

Pengukuran titik leleh abu, dilakukan sebagai berikut. Batubara yang telah terbakar habis menjadi abu, lalu digerus hingga berukuran lebih kecil dari 200 mesh, lalu dibentuk menjadi piramida segitiga (limas segitiga). Bentuk

piramida segitiga ini lalu dimasukkan ke dalam tungku listrik *(electric furnace)*, lalu temperatur tungku dinaikkan. Perubahan terhadap bentuk piramida segitiga akibat kenaikan temperatur lalu diamati dan dicatat.

Temperatur dimana piramida segitiga mulai mengalami perubahan bentuk dinamakan titik pelunakan *(softening point)*. Temperatur saat menjadi bentuk setengah bola, dinamakan titik leleh *(melting point)*. Ketika temperatur terus dinaikkan sehingga akhirnya abu meleleh mengalir, dinamakan titik alir.

Titik leleh abu batubara, selain dipengaruhi oleh komposisi abu, juga ditentukan oleh suasana gas (sifat oksidasi atau reduksi). Biasanya, nilainya berkisar antara 1000~1500°C. Bila di dalam kandungan abu terdapat unsur-unsur bersifat asam seperti asam silikat (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3), maka titik lelehnya akan tinggi. Namun bila banyak mengandung unsur-

unsur basa seperti oksida besi (Fe_2O_3), kapur (CaO), magnesia (MgO), oksida basa (Na_2O, K_2O) dan sebagainya, maka titik lelehnya rendah. Secara umum, bila nilai perbandingan antara keduanya, yang dinyatakan dengan B/A, memiliki nilai mendekati 1, maka terdapat kecenderungan bahwa titik lelehnya akan rendah.

Rasio B/A = $(Fe_2O_3+CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$ / $(SiO_2+Al_2O_3+TiO_2)$

Selain itu, titik leleh dalam suasana gas reduksi seperti CO, H_2, dan sebagainya, akan menjadi lebih rendah bila dibandingkan dengan suasana asam. Umumnya, perbedaan titik leleh ini dapat mencapai 50~100°C.

2.7.5 *Trace Elements* (unsur-unsur jejak)

Batubara mengandung sejumlah unsur jejak yang berbeda-beda dalam keseluruhan komposisinya. Sebagian besar berasosiasi dengan fraksi oraganik adalah *boron, beryllium*,

dan *germanium*; sebagian besar lagi berasosiasi dengan fraksi anorganik termasuk *arsenic, cadmium, mercury, manganese, molybdenum, lead, zinc* dan *zirconium*. Unsur jejak lainnya mempunyai asosiasi yang bervariasi dengan fraksi organik dan anorganik; yang berasosiasi dengan fraksi organik seperti *gallium, fosfor, antimony, titanium* dan *vanadium*, sedangkan yang berasosiasi dengan fraksi anorganik adalah *cobalt, chromium*, nikel, dan *selenium*.

Boron dapat dijadikan indeks penggunaan dalam indikasi paleosalinitas kondisi pengendapan batubara.

Khusus unsur jejak seperti *lead, arsenic, cadmium, chromium* dan *mercury*, jika hadir dalam jumlah banyak, dapat menghindarkan batubara dari penggunaannya dalam situasi yang sensitive terhadap lingkungan. Akibat kerusakan lain adalah dalam industri metalurgi, seperti *boron, titanium, vanadium* dan *zinc*.

Akibat penggunaan batubara dalam jumlah yang banyak dalam industry berarti jumlah unsur jejak kemungkinan terkonsentrasi dalam bentuk residu setelah pembakaran. Untuk itu unsur jejak harus ditentukan jumlah ambang batasnya sebelum batubara tersebut digunakan dalam industri.

Trace element dapat dikaitkan dengan unsur batubara atau dengan mineral matter yang ada. Dengan meningkatkan penekanan terhadap dampak lingkungan dari perkembangan industri penetapan nilai-nilai konsentrasi *trace element* saat ini rutin dikerjakan.

Jenis elemen yang ditetapkan adalah :

- *Beryllium, cadmium, cobalt, silver, lithium* : ditetapkan pada abu dengan menggunakan AAS.
- *Barium, vanadium, strontium, zirconium, zinc, nickel, rubidium, copper, chromium* :

ditetapkan pada abu dengan menggunakan XRF.

- *Arsenic, selenium* : ditetapkan pada batubara dengan menggunakan hydride generation dan AAS.
- *Mercury*, ditetapkan pada batubara dengan menggunakan *vapour generation* dan AAS.

3. Pustaka.

Bustin, R.M., Cameron, A.R., Grieve, D.A., Kalkreuth, W., 1983. Coal Petrology Its Principles, Methods, and Applications, Geological Association of Canada. *Short Course Notes, vol.**3**.* 248p.

Evans, Anthony,M., 1995, Introduction of Mineral Exploration, Blackwell Science Ltd.p.44-62.

Fadilah, F., 2005, Geologi dan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Geometri Lapisan Batubara Kab. Kuantan Singingi, Propinsi Riau. Laporan skripsi mahasiswa S1 Prodi Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta (tidak dipublikasikan)

Hutton, A., Jones, B., 1995. Short Course on Coal Exploration, Manpower Development Centre for Mines, Bandung, Indonesia

Koesoemadinata, Geologi Eksplorasi, Departemen Teknik Geologi, ITB.

Koesoemadinata, R.P., 2002. Outline of Tertiary Coal Basins of Indonesia. Sedimentology Newsletter. Number 17/I/2002. Published by The Indonesian Sedimentologist Forum, the sedimentology commission of the Indonesian Association of Geologist. p.2-13

Notosiswoyo,S., Syafrizal, Heriawan, M.N., 2000. Teknik Eksplorasi, Jurusan Teknik Pertambangan, ITB.

Peters, C.W., 1978. Exploration, Mining and Geology, Department of Mining and Geological Engineering, The University of Arizona, John Wiley & Sons, p.509-549.

Ragan, D.M., 1968. Structural Geology An Introduction to Geometrical Techniques, second edition, John Wiley & Sons Ltd.

Sudradjat, A., 1999. Teknologi & Manajemen Sumberdaya Mineral, Penerbit ITB, Bandung.

Thomas, L. , 2005. Coal Geology: John Wiley & Sons Ltd. The Atrium. Southern Gate. Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England,p.27-45; p.101-120.

Tilton,J.E., Eggert, R.G., Landsberg, H.H.,1988. World Mineral Exploration, Trends and Economic Issues, Resources For The Future, Washington, D.C. 1988. p.261-282.

United Nation, 1987. Coal Exploration, Evaluation and Exploitation, Economic and Social Commision for Asia and the Pacific,

ESCAP Series on Coal, Volume 5, Bangkok, Thailand, p.3-36.

Ward,C.R. (1984). Coal Geology and Coal Technology, Blackwell Scientific Publications, Singapore, p.177-219.

--------, 1998. Klasifikasi Sumberdaya dan Cadangan Batubara, Badan Standarisasi Nasional.

--------, 2004. The JORC Code 2004 Edition

--------, 2004. Coal Mining Technology (2004) NEDO Japan.

Tentang Penulis:



Penulis dilahirkan di Padang, 7 Mei 1966
Riwayat pendidikan : Sarjana S1, (Insinyur), Jurusan Teknik Geologi, Universitas Pembanguan Nasional "Veteran" Yogyakarta, melanjutkan Sarjana S2 (Magister Teknik), di Institut Teknologi Bandung dan melanjutkan Sarjana S3 (Doktor), di Institut Teknologi Bandung.
Riwayat pekerjaan penulis :

- Tahun 1988 s/d 1991 Asisten Dosen Kristalografi-Mineralogi
- Tahun 1993 s/d 1994 Geologist PT. Marunda Graha Mineral, Bidang Eksplorasi Batubara di Kecamatan Laung Tuhup, Kab. Barito Utara, Kalimantan Tengah.
- Tahun 1994 s/d sekarang, Dosen Tetap di Jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, pengajar mata kuliah : Geologi Batubara, Eksplorasi Batubara dan Gas Metana Batubara (*Coalbed Methane*)
- Tahun 2004 penulis mengikuti pendidikan dan pelatihan Eksplorasi dan Survey Tambang Batubara Bawah Tanah, di Nagasaki *Coal Mining Technology*, Mitsui Matsushima Resources (MMR), NEDO - Jepang selama 6 (enam) bulan.
- Sejak tahun 1999 s/d sekarang, penulis melakukan penelitian Geologi Batubara, Eksplorasi Batubara serta penelitian *Coalbed Methane* (CBM) di Kalimantan dan Sumatra.

Anggota Persatuan Insinyur Indonesia (PII) no. anggota: 1205.05.028603

Ttd.

Basuki Rahmad.



Sugeng Raharjo dilahirkan di Bantul , 8 Desember 1958, Yogyakarta. Seluruh pendidikan dari SD,SMP, dan STM Pembangunan diselesaikan di Yogyakarta. Penulis menyelesaikan pendidikan tingginya di Jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta pada tahun 1988.

Pendidikan Magister di bidang Rekayasa Pertambangan dengan bidang kajian eksplorasi di Institut Teknologi Bandung di selesaikan pada tahun 1999. Pada tahun 2010 – 2016 menjabat Ketua Program Studi S1 di Prodi Teknik Geologi UPN "Veteran", pada saat ini penulis menjabat Ketua Laboratorium Geokomputasi di Tekik Geologi UPN' Veteran".

Pernah sebagai anggota kajian studi bersama dengan perusahaan baik swasta maupun BUMN dalam bidang *Coal Bed Methena* . Pada tahun 1988 pernah bekerja di perusahaan tambang di Kalimantan timur. Saat ini penulis sedang melanjutkan Studi Doktoral (S3) Teknik Geologi UPN "Veteran".



Nama : Eko Widi Pramudiohadi.
Tempat dan tanggal lahir : Yogyakarta, 9 Maret 1960.
Alamat : Glagah Wangi UH IV/151 RT: 02 Rw: 01
Yogyakarta.
Pendidikan :
S1, Petroleum Engineering, UPN "Veteran"
Yogyakarta, Lulus 1993
S2, Petroleum Engineering, ITB Lulus 1999

Mata Kuliah yang di ampu.
Teknik Gas Bumi, Field Management, Teknik Reservoir Panas Bumi, Teknik produksi Panasbumi, Kimia Fisika Hidrokarbon dan ekplorasi Migas – Pabum, Keekonomian Lapangan Migas (anggaran dan pengambilan keputusan) - Program Pasca Sarjana Pertambangan dan Geologi, Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta.



PENDIDIKAN

SMA BOSA YOGYAKARTA
STRATA 1 TEKNIK GEOLOGI UPN "VETERAN" YOGYAKARTA
STRATA 2 TEKNIK GEOLOGI INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

PEKERJAAAN

- sebagai "geologist" pada pt. bukit baiduri enterpise kalimantan timur
- dosen jurusan teknik geologi dari tahun 1992-sekarang
- bekerjasama dengan pihak swasta melakukan eksplorasi awal, eksplorasi detil konsesi batubara di daerah kalimantan timur, kalimantan selatan dan kalimantan tengah

PENGALAMAN PENELITIAN

- kerjasama dengan pt. berau coal mining kutai timur, membahas masalah pengembangan area baru dengan segala permasalahannya.
- kerjasama dengan pt. trubaindo coal mining, membahas masalah air asam tambang

ISBN 978-602-5534-09-6





Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
Yogyakarta
2017

Buku Ajar Ekplorasi Batubara

ORIGINALITY REPORT

0%	%	0%	%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes	Off	Exclude matches	< 2%
Exclude bibliography	Off		