

*Skripsi Geofisika*

**IDENTIFIKASI LAPISAN DAN ANALISIS KUALITAS  
BATUBARA SUMUR UCG 2015**



**NURAMILA**

**H221 14 307**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2019**



*Skripsi Geofisika*

**IDENTIFIKASI LAPISAN DAN ANALISIS KUALITAS  
BATUBARA SUMUR UCG 2015**



**NURAMILA**

**H221 14 307**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2019**



# **IDENTIFIKASI LAPISAN DAN ANALISIS KUALITAS BATUBARA SUMUR UCG 2015**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains**



**NURAMILA**

**H221 14 307**

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2019**



# IDENTIFIKASI LAPISAN DAN ANALISIS KUALITAS BATUBARA SUMUR UCG 2015

Oleh:

**NURAMILA**

**H221 14 307**

**Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Ujian Guna Memperoleh Gelar Sarjana  
Sains Program Pendidikan Sarjana Program Studi Geofisika ini  
Telah Disetujui Oleh Tim Pembimbing Pada Tanggal Seperti Tertera  
Dibawah Ini**

**Makassar, Februari 2019**

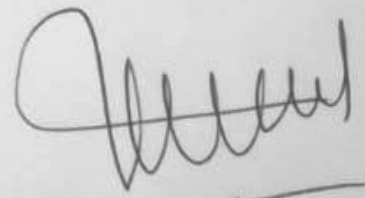
Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,



**M. Idris S.Si, M.T**  
**01152002121001**



**Makhrani, S.Si, M.Si**  
**NIP. 197202271998022002**



# LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar sarjana di Universitas Hasanuddin.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim pembimbing dan masukan tim penguji.
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Makassar, Februari 2019

Yang membuat pernyataan,

(Nuramila)

NIM : H221 14 307



## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian terhadap 5 sumur UCG 2015 pada daerah Sekayu, Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lapisan dan ketebalan batubara serta menganalisis kualitas dan kelas batubara di daerah penelitian. Hasil identifikasi lapisan batubara dengan metode geofisika *well logging* pada daerah penelitian didapatkan 14 *seam* batubara (*seam* B1, B2, C, D, E, G, H, I1, I2, J, K, L, M, dan *seam* N), dimana *seam* N sebagai lapisan batubara paling tebal dengan ketebalan rata-rata 9,18 meter. Dengan menentukan koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang digunakan untuk mengetahui hubungan antar nilai densitas dengan parameter kualitas batubara, diperoleh batubara pada *seam* N mewakili lapisan batubara bagian bawah menunjukkan kualitas yang buruk, hubungan densitas dengan *moisture* memiliki koefisien korelasi  $R^2 = 0,3533$  atau 35,33 % (korelasi cukup kuat), hubungan densitas dengan *ash content*  $R^2 = 0,7178$  atau 71,78 % (korelasi kuat), dan hubungan densitas dengan *calorific value* menunjukkan koefisien korelasi  $R^2 = 0,7615$  atau 76,15 % (korelasi kuat). Sedangkan *seam* D mewakili lapisan batubara bagian atas menunjukkan kualitas yang baik, dengan garis regresi hubungan antara densitas dengan *moisture* serta *ash content* mengarah negatif. Berdasarkan klasifikasi kelas batubara dengan standar ASTM, batubara pada daerah penelitian umumnya berada pada kelas *subbituminous*.

**Kata Kunci:** ASTM; batubara; kualitas batubara; *log density*; *log gamma ray*; peringkat batubara; *well logging*



## ABSTRACT

Research has been conducted on 5 bore holes of UCG 2015 in the Sekayu area, Musi Banyuasin, South Sumatera. This research aims to identify distribution and thickness of coal seams and analyze the quality and ranks of coal seams of the research area. The results of identification coal seams with the geophysical well logging method in the research area obtained 14 coal seams (B1, B2, C, D, E, G, H, I1, I2, J, K, L, M, and seam N), where seam N as the thickest coal seam with an average thickness of 9.18 meters. By determining the correlation coefficient ( $R^2$ ) which is used to determine the relation between density values and coal quality parameters, it is obtained that coal on the seam N (representing the lower coal seams) shows poor quality. The relation of moisture content and density has a correlation coefficient  $R^2 = 0.3533$  or 35, 33% (quite strong correlation), the relation of density with ash content  $R^2 = 0.7178$  or 71.78% (strong correlation), and the relation between density and calorific value showed a correlation coefficient  $R^2 = 0.7615$  or 76.15% (strong correlation). Whereas seam D (represents the upper coal seams) showing good quality, with regression line the relation between density and moisture and ash content leads to negative. Based on the classification of coal class with ASTM standard, coal in the research area is generally in a subbituminous class.

**Keywords:** ASTM; coal; coal quality; coal rank; density log; gamma ray log; well logging.



*Bismillahirrahmanirrahim.*

Puji Pada-Nya Sang Maha Indah  
Allah Azza wa Jalla,

Jadilah semesta dalam kerling sekedip dan membahanalah dendang shalawat pada  
Bagindah Muhammad SAW, sang junjungan manusia.

Bahagialah mama, mulialah engkau mama, agunglah engkau mama, pun bagimu bapak.

*Kupersembahkan untuk Mama, Bapak, dan Keluarga,  
Terima kasih atas do'a dan segalanya*





## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah. Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Kuasa atas segala limpahan nikmat yang diberikan sampai dengan saat ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Lapisan dan Analisis Kualitas Batubara Sumur UCG 2015”** ini. Selama penulisan dan penyelesaian skripsi ini, tak terlepas dari berbagai rintangan dan hambatan, namun berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Selanjutnya penulis ingin menghaturkan penghargaan yang setinggi-tingginya dan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Teruntuk Mama Nurbaya dan Bapak Muh. Naba yang telah memberikan segala yang yang terbaik, yang menjadi motivasi terbesar, teladan bagi penulis dan selalu menyemangati penulis secara moral, spiritual, dan finansial. Serta kakak-kakakku Boss Dika dan Kak Ica juga keluarga lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Syamsuddin S.Si, M.T selaku pembimbing utama dan penasehat akademik, untuk masukan-masukan dan saran-sarannya yang sangat membantu selama ini.
3. Ibu Makhrani, S.Si, M.Si selaku pembimbing pertama dalam penyusunan skripsi ini telah dengan sabar dan tulus dalam memberikan bimbingan penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Willi Hermawan, S.Si, MT, selaku pembimbing penulis di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (Puslitbang tekMIRA) Bandung, yang telah memberikan kesempatan, ilmu pengetahuan dan bimbingan dalam menjalankan tugas akhir. Yang selalu sabar untuk menjawab setiap pertanyaan penulis. Juga kepada Bu Jeny, Bapak Mardi dan Pak Yuda serta seluruh staf dan karyawan di Puslitbang tekMIRA yang senang tiasa membantu juga memberikan masukan-masukan serta pengalaman kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dr. Muh. Altin Massinai, MT.Surv dan Bapak Sabrianto Aswad, S.Si, MT selaku  
nguji skripsi yang telah memberikan saran dan masukan serta kritik yang  
ngun kepada penulis.



6. Bapak Dr. Muh. Altin Massinai, MT.Surv selaku Ketua Program Studi Geofisika FMIPA UNHAS.
7. Dosen-dosen pengajar yang telah sabar mengajarkan ilmunya serta memberi bimbingan selama perkuliahan.
8. Keluarga BKB (Bersama Kita Bahagia) Ina, DPR, Nan, Noer, Ibu Kos, Risdaton, Acipa, Diana, thankyou gengs! Senang merepotkan kalian :D
9. Teman seperjuangan Octaviana A.P atas kebersamaannya dari maba hingga saat ini, doa, dukungan dan motivasi yang terus diberikan kepada penulis. Lets sing “Sekolah Tinggi Akutansi Negaraaaa ...”
10. Teman-teman seperjuangan Geofisika 2014 atas kebersamaannya selama 4 tahun
11. Adik-adik Geofisika 2015, 2016 dan 2017 atas doa dan dukungannya
12. Keluarga Besar Himafi FMIPA Unhas terkhusus Resistan 2014 atas kebersamaan dan kekeluargaan yang telah dibangun dan tetap setia bersama-sama dalam menjalani proses, percayalah kawan hasil tidak akan mengkhianati proses yang telah kita jalani
13. Teman-teman KKN (Mama Nute, Bunda Riska, Bang Rizal, Kak Zakkir, Ufiz).
14. Kawan-kawan European Association of Geoscientists and Engineers Unhas SC

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Akhir kata, penulis berharap agar Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapapun. Terima kasih.

Makassar, Februari 2019

Penulis



# DAFTAR ISI

SAMPUL	
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENUNJUK SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Ruang Lingkup .....	3
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Geologi Regional .....	4
II.1.1 Stratigrafi Regional.....	5
II.2 Batubara .....	8
II.2.1 Pembentukan Batubara .....	9
II.2.2 Analisis Kualitas Batubara.....	13
II.2.3 Basis Batubara .....	19
II.2.4 Peringkat Batubara.....	21
II.3 Well Logging .....	25
II.3.1 <i>Log Gamma Ray</i> (GR).....	26
II.3.2 <i>Log Density</i> .....	28
BAB III METODOGI PENELITIAN.....	31
Arah Penelitian.....	31
Metode Penelitian .....	31
1 Data .....	31



III.2.2 Pengolahan Data .....	32
III.5 Diagram Alir .....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	34
IV.1 Identifikasi Lapisan Batubara Daerah Penelitian .....	34
IV.2 Analisis Kualitas dan Klasifikasi Batubara Daerah Penelitian.....	47
IV.2.1 Analisis Kualitas Batubara <i>Seam N</i> .....	48
IV.2.2 Analisis Kualitas Batubara <i>Seam D</i> .....	51
IV.2.3 Klasifikasi Kelas Batubara Daerah Penelitian .....	53
BAB V KESIMPULAN .....	55
V.1 Kesimpulan .....	55
V. 2 Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN .....	61



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Startigrafi Regional Cekungan Sumatera Selatan .....	7
Gambar 2.2 Proses Pembentukan Batubara .....	12
Gambar 2.3 Basis Batubara .....	19
Gambar 2.4 Contoh Interpretasi lapisan batuan dengan <i>Log Gamma Ray</i> .....	28
Gambar 2.5 Respon litologi dengan metode <i>log density</i> .....	30
Gambar 3.1 Peta Lokasi Persebaran Sumur UCG 2015 .....	31
Gambar 4.1 Korelasi <i>seam</i> batubara antar sumur bor UCG 2015 .....	35
Gambar 4.2 Data <i>Log</i> Sumur Bor UCG 07 .....	41
Gambar 4.3 Grafik hubungan nilai log densitas dengan kandungan air batubara <i>seam</i> N .....	49
Gambar 4.4 Grafik hubungan nilai log densitas dengan kandungan abu batubara <i>seam</i> N .....	50
Gambar 4.5 Grafik hubungan nilai log densitas dengan nilai kalori batubara <i>seam</i> N .....	51
Gambar 4.6 Grafik hubungan nilai log densitas dengan kandungan air batubara <i>seam</i> D .....	52
Gambar 4.7 Grafik hubungan nilai log densitas dengan kandungan abu batubara <i>seam</i> D .....	53
Gambar 4.8 Grafik hubungan nilai log densitas dengan nilai kalori batubara <i>seam</i> D .....	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi peringkat batubara oleh ASTM .....	24
Tabel 2.2 Karakteristik respon sinar <i>gamma</i> .....	27
Tabel 4.1 Lokasi dan kedalaman sumur bor UCG 2015 .....	35
Tabel 4.2 Sebaran posisi dan ketebalan <i>seam</i> batubara sumur bor UCG 07 .....	42
Tabel 4.3 Sebaran posisi dan ketebalan <i>seam</i> batubara sumur bor UCG 08 .....	43
Tabel 4.4 Sebaran posisi dan ketebalan <i>seam</i> batubara sumur bor UCG 09 .....	44
Tabel 4.5 Sebaran posisi dan ketebalan <i>seam</i> batubara sumur bor UCG 10 .....	45
Tabel 4.6 Sebaran posisi dan ketebalan <i>seam</i> batubara sumur bor UCG 11 .....	47



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Data logging sumur UCG 08 .....	67
<b>Lampiran 2</b> Data logging sumur UCG 09 .....	73
<b>Lampiran 3</b> Data logging sumur UCG 10 .....	79
<b>Lampiran 4</b> Data logging sumur UCG 11 .....	85
<b>Lampiran 5</b> Tabel sebaran posisi dan ketebalan <i>seam</i> batubara UCG 2015 .....	86
<b>Lampiran 6</b> Korelasi <i>seam</i> batubara antar sumur bor UCG 2015 .....	87
<b>Lampiran 7</b> Tabel kualitas dan peringkat batubara daerah penelitian .....	88



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Batubara merupakan bahan bakar fosil atau bahan galian strategis sebagai sumberdaya energi nasional bernilai ekonomis yang berperan sebagai energi alternatif baik untuk keperluan domestik seperti pada sektor industri dan pembangkit listrik, maupun peranannya sebagai komoditi ekspor luar negeri.

Batubara biasanya didapat dalam bentuk endapan batubara (*coal deposit*). Menurut Badan Standarisasi Nasional (2011) deposit batubara adalah endapan yang mengandung hasil akumulasi material organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang telah melalui proses penggabutan dan pematubaraan untuk membentuk lapisan batubara. Material tersebut telah mengalami kompaksi, ubahan kimia dan proses metamorfosis oleh peningkatan suhu dan tekanan selama periode geologis.

Batubara Indonesia saat ini dari data Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) (2018) tetap memegang peranan penting sebagai sumberdaya energi dengan jumlah cadangan batubara mencapai 26,2 miliar ton dan produksi batubara sebesar 461 juta ton tahun 2017. Selain cadangan batubara, masih ada juga sumberdaya batubara yang tercatat sebesar 124,6 miliar ton. Jumlah ini dapat terus bertambah dengan adanya upaya peningkatan eksplorasi batubara.

eksplorasi deposit batubara, metode geofisika sangat membantu terutama  
menentukan kondisi litologi di bawah permukaan. Sehingga mudah bagi  
untuk mengetahui keterdapatn lapisan batubara pada suatu daerah.





Tahapan eksplorasi dalam menentukan kondisi bawah permukaan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode Geofisika *Well Logging*. Pada metode ini dilakukan interpretasi defleksi data *well logging* yang umumnya dilakukan untuk mengetahui ketebalan lapisan batubara, batas atas dan bawah lapisan batubara serta membantu menggambarkan urutan litologi batuan penyusun sepanjang lubang bor.

Selain peningkatan eksplorasi batubara, penting juga untuk mengetahui kualitas lapisan batubara itu sendiri. Karakteristik kualitas batubara sangat menentukan kegunaan dan penangan serta keekonomian batubara. Apabila batubara dengan karakteristik kualitas yang tidak sesuai dengan kualifikasi alat yang digunakan maupun persyaratan mutu batubara dalam transaksi batubara tidak terpenuhi, hal ini akan berdampak pada keekonomian batubara itu sendiri. Kualitas lapisan batubara dapat ditentukan dengan mengetahui komposisi material yang terkandung dalam batubara. Seperti pada penelitian ini, dengan mengkorelasikan hubungan antara nilai densitas dengan nilai kualitas batubara maka diketahui sedikit/banyaknya kandungan nilai kualitas batubara terkandung dalam batubara. Pada penelitian sebelumnya oleh (Purnama, 2018) dengan analisis petrografi batubara diketahui bahwa batubara pada daerah Sanga Desan, Musi Banyuasin berada pada kelas lignit sampai subbituminous.

Dengan mengetahui keterdapatan lapisan batubara serta dikaitkan dengan kualitasnya sehingga dapat dianalisis potensial dari lapisan tersebut.

## **I.2 Rumusan Masalah**



masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana menentukan lapisan batubara daerah penelitian berdasarkan data *log gamma ray* dan *log density*
2. Bagaimana kualitas batubara berdasarkan korelasi nilai densitas dengan parameter kualitas batubara berupa kadar air (*moisture*), kandungan abu (*ash*), dan nilai kalori batubara (*calorific value*) dan klasifikasi kelas lapisan batubara berdasarkan standar ASTM.

### **I.3 Ruang Lingkup**

Dalam penelitian ini ruang lingkup permasalahan dibatasi pada identifikasi lapisan dan ketebalan batubara dari 5 sumur bor dengan menganalisis defleksi *Log Gamma Ray* dan *Log Density*. Kemudian menentukan kualitas batubara berdasarkan korelasi densitas dengan parameter kualitas batubara berupa kadar air (*moisture*), kandungan abu (*ash*), dan nilai kalori batubara (*calorific value*) serta mengklasifikasikan peringkat batubara berdasarkan standar ASTM (*American Standard for Testing and Material*).

### **I.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini:

1. Mengidentifikasi lapisan batubara daerah penelitian berdasarkan data *log gamma ray* dan *log density*
2. Mengetahui kualitas batubara berdasarkan korelasi nilai densitas dengan parameter kualitas batubara dan klasifikasi kelas lapisan batubara berdasarkan standar ASTM



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Geologi Regional

Cekungan Sumatera Selatan merupakan salah satu cekungan besar Sumatera yang berada di daerah Bukit Asam merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*). Berumur Tersier yang terbentuk sebagai akibat interaksi Lempeng Hindia-Australia dengan Lempeng Eurasia. Secara geografis cekungan ini dibatasi oleh Pegunungan Tiga Puluh di sebelah barat laut, Tinggian Lampung di bagian Tenggara, Paparan Sunda di sebelah timur laut dan Bukit Barisan di sebelah barat daya.

Interaksi Lempeng Hindia-Australia dengan Lempeng Eurasia mengakibatkan deformasi yang sangat kuat pada kompleks batuan berumur Mesozoikum dan Paleozoikum sepanjang Pegunungan Barisan yang terletak agak sisi barat Sumatera. Di sebelah timur pegunungan tersebut, pada sisi barat Paparan Sunda, berderet cekungan Tersier yang berkembang, dan salah satunya adalah Cekungan Sumatera Selatan (Purnama, 2018).

Siklus sedimentasi berkembang pada Cekungan Sumatera Selatan pada daerah rawa yang sangat luas dan batubara terbentuk pada lingkungan paralik-limnik dan air payau. Kerangka tektonik Cekungan Sumatera Selatan terdiri atas Paparan Sunda

di timur dan jalur tektonik Bukit Barisan di sebelah barat. Daerah cekungan ini dibatasi oleh Cekungan Jawa Barat dan Tinggian Lampung. Cekungan Sumatera Selatan dan Cekungan Sumatera Tengah merupakan satu cekungan besar yang



dipisahkan oleh Pegunungan Tiga puluh. Cekungan-cekungan ini terbentuk akibat adanya pergerakan ulang sesar bongkah pada batuan Pra-Tersier serta diikuti oleh kegiatan vulkanik. Daerah Cekungan Sumatera Selatan dibagi menjadi depresi Jambi di utara, Subcekungan Palembang Utara, Subcekungan Palembang Tengah, dan Subcekungan Palembang Selatan atau Depresi Lematang (van Gorsel, 1988; Bishop, 2001), masing-masing dipisahkan oleh tinggian batuan dasar. Di daerah Sumatera Selatan terdapat 3 antiklinorium utama, dari selatan ke utara: Antiklinorium Muara Enim, Antiklinorium Pendopo Benakat, dan Antiklinorium Palembang. Struktur geologi yang berkembang akibat gaya tegasan yang bekerja dengan arah barat daya-timur laut membentuk lipatan dan sesar. Struktur lipatan membentuk Antiklinorium Pendopo Benakat. Jurus perlapisan umum masing-masing antiklin dan sinklin berarah barat laut-tenggara yang sesuai dengan arah memanjang Sumatera (Purnama, 2018).

### II.1.1 Stratigrafi Regional

Tatanan stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan pada dasarnya terdiri dari satu siklus besar sedimentasi dimulai dari fase transgresi pada awal siklus dan fase regresi pada akhir siklusnya. Stratigrafi daerah ini dibagi atas beberapa formasi dan satuan batuan dari yang tua ke muda (Huda, 2015):

- Batuan Pra-Tersier, terdiri dari andesit, filit, kuarsit, batugamping, granit, dan granodiorit.
- Formasi Lahat (Tpol), diendapkan secara tidak selaras di atas batuan Pra-Tersier

cala Paleosen - Oligosen Awal di lingkungan darat. Formasi ini disusun tufa, aglomerat, breksi tufaan, andesit, serpih, batulanau, batupasir dan ura.



- Formasi Talangakar (Tomt), terdiri dari batupasir butir kasar- sangat kasar, batulanau dan batubara. Formasi ini diendapkan secara tidak selaras diatas formasi Lahat pada kala Oligosen Akhir - Miosen Awal di lingkungan fluvial sampai laut dangkal.
- Formasi Baturaja (Tmb), terdiri dari batugamping terumbu, serpih gampingan dan napal. Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Talang Akar pada kala Miosen Awal di lingkungan litoral sampai neritik.
- Formasi Gumai (Tmg), terdiri dari serpih gampingan dan serpih lempungan. Formasi ini diendapkan secara selaras diatas Formasi Baturaja pada kala Miosen Awal – Miosen Tengah di lingkungan laut dalam.
- Formasi Air Benakat (Tma), terdiri dari perselingan batulempung dan batulanau, serpih, karbonan, diendapkan secara selaras diatas Formasi Gumai pada kala Miosen Tengah - Miosen Akhir, di lingkungan neritik sampai laut dangkal.
- Formasi Muaraenim (Tmptm), terdiri dari batupasir, batulanau, batulempung dan batubara. Formasi ini diendapkan secara selaras diatas Formasi Air Benakat pada kala Miosen - Pliosen di lingkungan paludal, delta dan bukan laut.
- Formasi Kasai (QTK), terdiri dari batu pasir tufaan dan tufa, terletak selaras diatas Formasi Muara Enim, diendapkan di lingkungan darat pada kala Pliosen Akhir-Plistosen Awal.
- Endapan Kuarter (Qa), terdiri dari hasil rombakan batuan yang lebih tua, berukuran kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lempung, diendapkan secara tidak selaras diatas Formasi Kasai.



Stratigrafi normal memperlihatkan bahwa pembentukan batubara hampir bersamaan dengan pembentukan sedimen tersier. Endapan batubara potensial sedemikian jauh hanya terdapat pada pertengahan siklus regresi yaitu mulai dari akhir Formasi Benakat dan diakhiri oleh pengendapan Formasi Kasai. Lapisan batubara terdapat pada horizon anggota Formasi Muara Enim. Gambar 2.1 menunjukkan stratigrafi regional cekungan Sumatera Selatan (Huda, 2015).



Gambar 2.1 Stratigrafi Regional Cekungan Sumatera Selatan (Ginger dan Fielding, 2005)

Lapisan batuan pembawa batubara di Cekungan Sumatera Selatan terdapat di Formasi Muaraenim berumur Miosen Akhir-Pliosen. Formasi Muaraenim adalah formasi yang mewakili tahap akhir dari fase regresi tersier. Ketebalan formasi ini antara 450 m dan 750 m (Santoso, 2015). Formasi ini diendapkan secara selaras di

Formasi Air Benakat pada lingkungan laut dangkal, dataran delta dan non terdapat dari batupasir, batulempung, batulanau dan batubara. Batupasir pada



formasi ini dapat mengandung glaukonit dan debris vulkanik. Pada formasi ini terdapat oksida besi berupa konkresi-konkresi dan kayu terkersikan (*Silicified wood*). Sedangkan batubara yang terdapat pada formasi ini umumnya berupa lignit. Sedang Formasi Kasai diendapkan secara selaras di atas Formasi Muaraenim dengan ketebalan 850 – 1200 m. Formasi ini terdiri dari batupasir tufaan dan tefra riolitik di bagian bawah. Fasies pengendapannya adalah fluvial dan alluvial fan (Huda, 2015).

## II.2 Batubara

Batubara adalah batuan sedimen atau endapan senyawa organik karbonan yang mudah terbakar, terbentuk secara alami dari sisa tumbuh-tumbuhan yang terendapkan dan terkena pengaruh suhu dan tekanan dalam kurung waktu sangat lama.

Penyebaran endapan batubara di Indonesia ditinjau dari sudut geologi sangat erat hubungannya dengan penyebaran formasi sedimen yang berumur tersier yang terdapat secara luas di sebagian besar kepulauan di Indonesia. Batubara di Indonesia dapat dibedakan tiga jenis berdasarkan tempat terbentuknya juga berkaitan periode geologisnya. Pertama, batubara paleogen yaitu endapan batubara yang terbentuk pada cekungan *intermontane* terdapat di Ombilin, Bayah, Kalimantan Tenggara, Sulawesi Selatan dan sebagainya. Kedua, batubara neogen yakni batubara yang terbentuk pada cekungan *foreland* terdapat di Tanjung Enim Sumatera Selatan. Ketiga, batubara delta, yaitu endapan batubara di hampir seluruh

an Timur (Yulianto, 2008).



Menurut Sukandarrumidi (1995) batubara merupakan suatu campuran padatan yang heterogen dan terdapat di alam dalam tingkat yang berbeda mulai dari lignit, *subbituminous*, *anthrasite*.

Formasi batubara tersebar di wilayah seluas 298 juta hektar (ha) di Indonesia, meliputi 40 cekungan yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya dan Jawa. Dari jumlah cekungan tersebut baru 13 cekungan dengan luas sekitar 74 juta ha (sekitar 25%) yang sudah diselidiki. Sementara cekungan yang telah dilakukan penyelidikan terbatas sampai pada tahap penyelidikan umum, eksplorasi, maupun eksploitasi baru 3% atau seluas 2,22 juta ha. Oleh sebab itu perlu ditingkatkan penyelidikan tentang keberadaan batubara tersebut (Amri, 2000).

### II.2.1 Pembentukan Batubara

Terdapat dua proses utama yang berperan dalam proses pembentukan batubara, yaitu proses penggabutan (*peatification*) dan pembatubaraan (*coalification*) (Kusuma, 2012).

#### 1. Penggabutan (*Peatification*)

Gambut adalah sedimen organik yang dapat terbakar, berasal dari timbunan hancuran atau bagian tumbuhan yang terhumifikasi dan dalam kondisi tertutup udara (di bawah air), tidak padat, memiliki kandungan air lebih dari 75% dari beratnya dan kandungan mineral lebih kecil dari 50% dalam kondisi kering.

Proses penggabutan merupakan proses awal pembentukan batubara. Proses penggabutan mencakup perubahan-perubahan secara mikrobiologis dan

aw. Proses penggabutan secara mikrobiologi bergantung pada faktor keberadaan air pada lingkungan pengendapan dan mikroorganisme (bakteri).





Kemudian dilanjutkan dengan proses perubahan geokimiawi (*geochemical coalification*), yang dalam prosesnya tidak melibatkan bakteri lagi.

Suatu tumbuhan tersusun oleh berbagai unsur, yaitu (karbon) C, (hidrogen) H, (oksigen) O, dan (nitrogen) N. Setelah tumbuhan mati terjadi proses degradasi biokimia. Adanya bakteri menyebabkan terurainya unsur-unsur pada tumbuhan hingga akan memotong ikatan kimia tumbuhan dan menyebabkan terjadinya pembusukan dan akan terurai menjadi humus. Dengan bertambahnya kedalaman pengendapan maka kandungan unsur karbon tumbuhan menjadi bertambah sedangkan suplai oksigen akan berkurang.

Pada tahap perubahan secara geokimiawi dan bertambahnya tekanan pada lapisan sedimen gambut mengakibatkan berkurangnya kandungan air dengan cepat. Dalam kenyataannya tidak seluruh bagian tumbuhan mengalami pembusukan. Akumulasi dari sisa-sisa bagian tumbuhan yang tidak mengalami pembusukan inilah yang akan menjadi gambut. Setelah menjadi gambut, maka proses yang akan bekerja selanjutnya adalah proses pembatubaraan.



## 2. Pembatubaraan (*Coalification*)

Proses ini meliputi perkembangan dari gambut (*peat*) menjadi batubara lignit (*brown coal*), *sub bituminous*, *bituminous*, dan *anthracite*. Proses ini dikontrol oleh beberapa faktor, yaitu suhu, tekanan dan waktu.

Pada saat proses perubahan gambut menjadi lignit, proses yang terjadi adalah kenaikan suhu dan penurunan porositas, hal ini diakibatkan karena adanya pembebanan material-material sedimen di atasnya. Akibat tertekan sedimen di atasnya maka lapisan gambut akan mengalami kompaksi dan terbentuklah lignit. Apabila pada lapisan lignit terjadi peningkatan suhu dan tekanan yang cukup lama maka lignit akan berubah menjadi batubara *sub bituminous* dan *bituminous*. Dalam proses ini akan terjadi peningkatan persentase karbon karena unsur-unsur lainnya akan terlepas sebagai gas O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>.

Kemudian apabila batubara *bituminous* mengalami peningkatan suhu dan tekanan yang cukup lama, maka unsur H dalam batubara akan terlepas dengan cepat sehingga lapisan batubara ini akan mengandung unsur H yang lebih sedikit dan terbentuklah batubara tipe *anthracite*. Biasanya batubara *anthracite* ditemukan berdekatan dengan intrusi batuan beku. Terjadinya kontak metamorfisme intrusi batuan beku terhadap lapisan batubara ini membuat peringkat batubara semakin tinggi.

Kenaikan suhu dan waktu merupakan dua faktor utama proses pembatubaraan.

Waktu yang diperlukan untuk pembentukan endapan batubara sangat sulit ditentukan dan sangat bervariasi, karena bergantung pada kondisi geologis

tempat. Sebagai contoh di Jerman, jangka waktu pembentukan lapisan batubara lignit setebal 1 meter memerlukan waktu 2.400-3.000 tahun; batubara



*bituminous* dengan tebal 1 meter memerlukan waktu pembentukan selama 6.000-9.000 tahun (Santoso, 2015).

Pembentukan batubara dimulai sejak *Carboniferous Period* (Periode Pembentukan Karbon atau Batubara) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Mutu dari setiap endapan batubara ditentukan oleh suhu dan tekanan serta lama waktu pembentukan, yang disebut sebagai “*maturitas organik*” (World Coal Institute, 2005).

Proses pembentukan batubara dapat dilihat dari gambar 2.2 seperti berikut



Gambar 2.2 Proses Pembentukan Batubara (Suendra 2016)

Berdasarkan tempat terbentuknya batubara dikenal dua macam teori, yaitu:

### 1. Teori In-situ

Teori ini menyatakan bahwa lapisan batubara terbentuk di tempat dimana tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian setelah tumbuhan tersebut tidak mengalami proses transportasi dan terendapkan maka tumbuhan itu akan mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk



dengan cara ini memiliki penyebaran yang luas dan merata dengan kualitas yang baik, karena kandungan abunya relatif kecil. Batubara yang terbentuk seperti ini di Indonesia banyak dijumpai di lapangan batubara Muara Enim, Sumatra selatan.

## 2. Teori *Drift*

Teori ini menyatakan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terendapkan di tempat yang berbeda dengan tempat asal tumbuhan hidup dan berkembang. Tumbuhan yang telah mati tertransportasi oleh media air kemudian terakumulasi di suatu tempat, segera tertimbun lapisan sedimen hingga mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini memiliki penyebaran tidak luas tetapi dijumpai di beberapa tempat dengan kualitas kurang baik, karena banyak mengandung material pengotor (abu) yang terangkut bersama selama proses pengangkutan dari tempat asal tanaman ke tempat sedimentasi. Batubara yang terbentuk berdasarkan teori ini dapat dijumpai di lapangan batubara delta Mahakam Purba, Kalimantan Timur.

### II.2.2 Analisis Kualitas Batubara

Kualitas batubara merupakan sifat fisika dan kimia batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya serta berperan dalam menentukan peringkat batubara.

Analisis kualitas batubara diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang (selain dilihat dari besarnya cadangan batubara di daerah penelitian). Hal ini dikarenakan kualitas batubara tidak seragam dalam

ngan bahkan dalam satu lapisan yang disebabkan oleh karakteristik pada  
kan batubara.



### II.2.2.1 Parameter Kualitas Batubara

Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas batubara:

- 1) Jenis tanaman merupakan faktor yang paling berpengaruh
- 2) Kondisi pembusukan seperti kedalaman, suhu, derajat keasaman
- 3) Cara pendeposisian dan penimbunan oleh sedimen (lingkungan pengendapan batubara).

Penentuan kualitas batubara dapat diperoleh dengan cara mengetahui parameter kualitas pada batubara (Kusuma, 2012). Karakteristik batubara berbeda-beda sesuai dengan lingkungan pengendapan dan jenis tanamannya, sehingga batubara memiliki tingkat variabilitas tinggi baik fisik maupun kimia. Akibat variabilitasnya ini dilakukan parameterisasi kualitas batubara untuk memudahkan pemanfaatannya yang umum digunakan adalah kadar kelembaban (*total moisture*), kadar abu (*ash*), nilai kalor (*calorific value*), ukuran butir batubara, tingkat kekerasan (*hardgrove grindability index, HGI*), kandungan zat terbang (*volatile matter, VM*), kadar karbon (*fixed carbon*), dan kadar sulfur (Komariah, 2012).

#### 1. Kadar Kelembaban (*Moisture*)

Kadar air (*moisture*), merupakan kandungan air yang terdapat dalam batubara.

Kadar air dalam batubara akan bertambah pada saat pencucian batubara sehabis penambangan selain juga disebabkan karena penimbunan di udara terbuka atau bila butiran batubara semakin halus.

Kadar air dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

Kadar air bebas (*free surface moisture*), kadar air menempel permukaan batubara, berasal dari perlakuan terhadap batubara yang mudah menguap dalam kondisi laboratorium



- b) Kadar air bawaan (*inherent moisture*), kadar air pada pori dan mineral dalam batubara. Dapat dihilangkan dengan pemanasan  $105^0 - 110^0$  C
- c) Kadar air total (*total moisture*), jumlah keseluruhan kadar air batubara (kadar air bebas ditambah kadar air bawaan).

## 2. Kadar Abu (*Ash Content*)

Kadar abu (*Ash*) merupakan kandungan bahan anorganik yang tidak terbakar dan akan tertinggal ketika batubara terbakar sempurna hingga suhu  $815^0$  C. Suatu batubara sebenarnya tidak mengandung abu, melainkan mengandung *mineral matter*. Namun sebagian *mineral matter* dianalisa dan dinyatakan sebagai kadar abu atau *ash content*. *Mineral Matter* atau *ash* dalam batubara terdiri dari *inherent* dan *extraneous*. *Inherent Ash* ada dalam batubara sejak pada masa pembentukan batubara dan keberadaannya dalam batubara terikat secara kimia dalam struktur molekul batubara. Sedangkan *Extraneous Ash*, berasal dari dilusi atau sumber abu lainnya yang berasal dari luar batubara. Kandungan yang terkandung pada batubara yang tidak dapat terbakar selama proses pembakaran. Contoh abu pada batubara berupa *silica* atau *clay*.

## 3. Nilai Kalor (*Calorific Value, CV*)

Nilai Kalor (CV) merupakan indikasi kandungan energi yang terdapat pada batubara. Harga CV merupakan penjumlahan dari harga-harga panas pembakaran dari unsur-unsur pembentuk batubara. Harga CV yang dapat dilaporkan adalah harga *gross calorific value* dan biasanya dengan basis *air dried*, sedang CV yang benar-benar dimanfaatkan pada pembakaran batubara

*net calorific value*.

### an Butir Batubara (Coal Size)



Ukuran butir batubara dibatasi pada rentang butir halus (*dust coal*) dan butir kasar (*lump coal*). Butir paling halus untuk ukuran maksimum 3 mm, sedangkan butir paling kasar sampai dengan ukuran 50 mm. Tingkat *dustness* dan kemudahan beterbangan masih ditentukan pula oleh kandungan *moisture* batubara.

#### 5. Tingkat Kekerasan (HGI)

HGI merupakan suatu bilangan yang dapat menunjukkan mengenai mudah sukarnya batubara untuk digerus. Makin tinggi harga HGI makin lunak batubara tersebut. Makin kecil bilangannya maka makin keras keadaan batubaranya.

Penggolongan kekerasan batubara berdasarkan nilai HGI yaitu:

- 1) HGI > 70 -> Lunak
- 2) HGI 50-70 -> Agak lunak
- 3) HGI 30-50 -> Keras

#### 6. Zat Terbang (*Volatile Matter, VM*)

Zat terbang (*Volatile matter*) adalah bagian organik batubara yang menguap ketika dipanaskan pada temperature tertentu. Volatile matter biasanya berasal dari gugus hidrokarbon dengan rantai alifatik atau rantai lurus, yang mudah putus dengan pemanasan tanpa udara menjadi hidrokarbon yang lebih sederhana seperti methana atau ethana. Kandungan zat terbang yang tinggi menunjukkan bahwa batubara didominasi oleh struktur alifatik dan gugus fungsional eter yang lemah dan mudah di putuskan ketika dipanaskan dalam suhu yang tinggi.

Kandungan zat terbang sangat erat kaitannya dengan peringkat batubara, makin

kandungan VM makin rendah peringkatnya. Volatile matter dalam  
ura dapat dijadikan sebagai indikasi reaktifitas batubara pada saat dibakar.



Pada pembakaran batubara, kandungan VM yang tinggi akan lebih mempercepat pembakaran karbon padatnya dan sebaliknya VM yang rendah lebih mempersukar proses pembakaran. Kandungan VM mempengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas nyala api.

Kesempurnaan pembakaran ditentukan oleh:

$$Fuel\ Ratio = \frac{Fixed\ Carbon}{Volatile\ Matter} \quad (2.1)$$

Semakin tinggi nilai *fuel ratio* maka jumlah karbon di dalam batubara yang tidak terbakar juga semakin banyak.

### 7. Kadar Karbon (*Fixed Carbon, FC*)

Kadar karbon (*fixed carbon*) merupakan jumlah karbon yang tertambat pada batubara setelah kandungan air, abu, dan zat terbangnya dihilangkan. Kandungan inilah yang paling berperan dalam menentukan besarnya nilai kalor (*heating value*) suatu batubara. Semakin banyak FC, maka semakin besar *heating value*-nya. Nilai kadar karbon diperoleh melalui pengurangan angka 100 dengan jumlah kadar *moisture*, kadar abu, dan jumlah zat terbang. Nilai ini semakin bertambah seiring dengan pembatubaraan. Kadar karbon dan jumlah zat terbang digunakan sebagai perhitungan untuk menilai kualitas bahan bakar, yaitu berupa nilai *fuel ratio* sebagaimana dijelaskan di atas.

Kadar *fixed carbon* diperoleh dari hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Persentase } fixed\ carbon = 100\% - \% (moisture + ash\ content + volatile\ matter)$$

### 8. Kadar Sulfur (*Sulfur Content*)

Kandungan sulfur dalam batubara terbagi dalam *pyritic sulfur*, *sulfur*, *sulfate sulfur*, dan *organik sulfur*. Namun secara umum, penilaian kandungan sulfur dalam batubara dinyatakan dalam *total sulfur (TS)*.





### II.2.2.2 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Akbari, 2014):

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- $> 0 - 0,25$ : Korelasi sangat lemah
- $> 0,25 - 0,5$ : Korelasi cukup
- $> 0,5 - 0,75$ : Korelasi kuat
- $> 0,75 - 0,99$ : Korelasi sangat kuat
- 1: Korelasi sempurna



Koefisien korelasi Pearson (R) dirumuskan sebagai berikut (Akbari, 2014):

$$R = \frac{N(\sum X_1 Y_1) - (\sum X_1 \sum Y_1)}{\sqrt{N(\sum X_1^2) - (\sum X_1)^2} \times \sqrt{N(\sum Y_1^2) - (\sum Y_1)^2}} \quad (2.2)$$

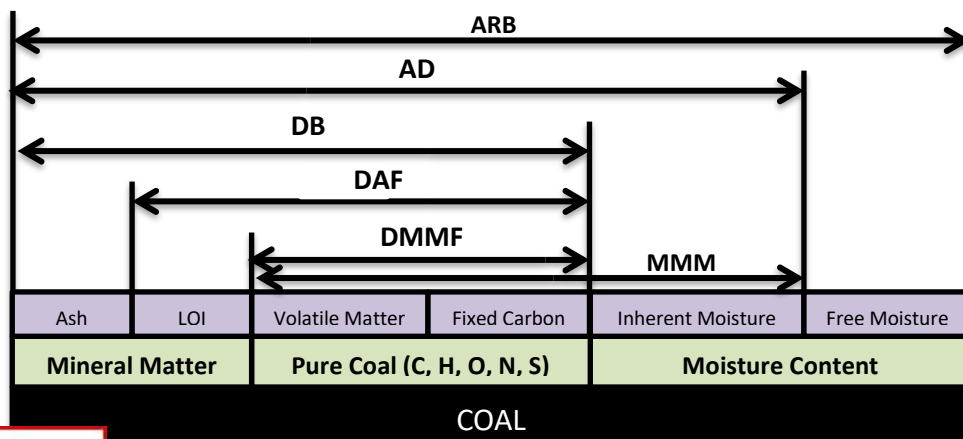
Dimana:

R = Koefisien korelasi, N = Jumlah data. X = Nilai data variable pertama, Y = Nilai data variable kedua

Dalam analisi kualitas batubara dengan koefisien korelasi dilakukan dengan mengkorelasikan antara nilai densitas dengan parameter kualitas batubara untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) dan menganalisis hubungannya.

### II.2.3 Basis Batubara

Basis batubara atau basis dalam perhitungan hasil analisis kualitas batubara adalah dasar yang digunakan untuk menyatakan nilai dari suatu parameter kualitas batubara dan menginterpretasikan nilai tersebut dalam kondisi tertentu batubara. Interpretasi dari basis tersebut sesuai dengan istilah pada basis batubara. Gambar 2.3 memperlihatkan basis-basis dalam basis batubara.



Gambar 2.3 Basis Batubara



Dari Gambar 2.3 dapat dilihat terdapat enam jenis *basis* untuk analisis batubara yang dapat diterapkan yaitu ARB, ADB, DB, DAF, DMMF dan MMMF.

1. **ARB (*As Received Basis*)**. ARB atau AR merupakan nilai parameter atau kualitas batubara pada saat batubara tersebut diterima/disampling.
2. **ADB (*Air Dried Basis*)**. ADB merupakan nilai kualitas pada kondisi batubara setelah dikeringkan dalam udara. Secara teknisnya, uji dan analisis dilakukan dengan menggunakan sample uji yang telah dikeringkan pada udara terbuka yaitu sample ditebar tipis pada suhu ruangan, sehingga terjadi kesetimbangan dengan lingkungan ruangan laboratorium.
3. **DB (*Dried Basis*)**. DB merupakan nilai kualitas pada kondisi batubara kering atau tidak memiliki nilai *moisture*.
4. **DAF (*Dried Ash Free*)**. DAF merupakan nilai kualitas batubara pada kondisi batubara tersebut kering dan bebas dari abu.
5. **DMMF (*Dried Mineral Matter Free*)**. DMMF menginterpretasikan nilai kualitas pada kondisi batubara tidak mengandung air dan *mineral matter*. Basis DMMF dapat diartikan pula sebagai *pure coal* basis, yang berarti batubara diasumsikan dalam keadaan murni dan tidak mengandung air, abu, serta zat mineral lainnya.
6. **MMMF (*Moist, Mineral Matter Free*)**. MMMf menginterpretasikan nilai kualitas batubara pada kondisi batubara tersebut mengandung *moisture* dan tidak mengandung *mineral matter*.



## II.2.4 Peringkat Batubara

Peringkat batubara dapat didefinisikan sebagai posisi batubara dalam rangkaian pembatubaraan. Batubara di Indonesia umumnya berperingkat rendah, yakni antara lignit sampai subbituminus. Namun, di beberapa lokasi mempunyai batubara peringkat tinggi (antrasit) yang terbentuk akibat adanya pengaruh intrusi batuan beku, seperti batubara di Air Laya, Sumatera Selatan.

Peringkat batubara dicirikan oleh tahapan yang telah dicapai batubara tersebut dalam menempuh proses transformasi yang diawali dari sisa-sisa tumbuhan yang membusuk dan diakhiri dengan pembentukan antrasit. Perubahan-perubahan yang terjadi secara kimiawi dalam batubara disebabkan terutama oleh suhu di dalam bumi dan waktu pemanasan serta tekanan dari batuan atasnya, juga berpengaruh pada peningkatan peringkat batubara. Beberapa parameter yang sangat penting dalam menentukan peringkat batubara adalah sebagai berikut (Santoso, 2015): (1) Kandungan air dan nilai kalori, (2) Zat terbang dan kandungan karbon, (3) Kandungan unsur-unsur kimia, dan (4) Reflektansi vitrinit.

### II.2.4.1 Klasifikasi Peringkat Batubara Secara Umum

Secara umum batubara digolongkan menjadi lima tingkatan berdasarkan perubahannya dalam proses pembentukannya, yaitu:

- 1) **Peat (Gambut)**. Peat ditandai dengan kondisi fisik berwarna kecoklatan dan struktur berpori, memiliki kadar air 75%, nilai kalori sangat rendah, kandungan sulfur sangat tinggi, dan kandungan abu sangat tinggi. Nilai kalori antara 1.700

0 kcal/kg.



- 2) **Lignite.** *Lignite* adalah batubara yang sangat lunak ditandai dengan kondisi fisik berwarna hitam dan sangat rapuh, mengandung air 35% - 75% dari beratnya, memiliki kandungan karbon terendah 25% - 35%, kandungan abu tinggi dan kandungan sulfur tinggi. Nilai kalori *lignite* antara 1.500 - 4.500 kcal/kg.
- 3) **Subbituminous.** *Subbituminous* memiliki ciri-ciri tertentu yaitu warna yang kehitam-hitaman dan sudah mengandung lilin. Struktur sudah terkompaksi, mengandung 35% - 45% karbon (C). Nilai kalori antara 4.500 - 6.500 kcal/kg.
- 4) **Bituminous.** *Bituminous* ditandai dengan warna hitam mengkilat, struktur kurang kompak, mengandung 69% - 86% unsur karbon (C), dengan kandungan air 8% - 10% dari beratnya, kandungan abu sedikit, dan kandungan sulfur sedikit. Nilai kalori *bituminous* adalah 6.500-8.000 kcal/kg.
- 5) **Anthracite.** *Anthracite* ditandai dengan warna hitam sangat mengkilat (*luster*), struktur kompak dengan kuat, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C), dengan kandungan air kurang dari 8%, kandungan abu sangat sedikit, dan kandungan sulfur sangat sedikit. Nilai kalori *anthracite* lebih besar atau sama dengan 8.000 kcal/kg.

Semakin tinggi kualitas batubara, maka kadar karbon akan meningkat, sedangkan hidrogen dan oksigen akan berkurang. Batubara bermutu rendah, seperti *lignite* dan *subbituminous*, memiliki tingkat kelembaban (*moisture*) yang tinggi dan kadar karbon yang rendah, sehingga energinya juga rendah.

Semakin tinggi mutu batubara, umumnya akan semakin keras dan kompak, serta warnanya akan semakin hitam mengkilat. Selain itu, kelembabannya pun akan berkurang, sedangkan kadar karbonnya akan meningkat, sehingga kandungan energinya juga semakin besar.



#### II.2.4.2 Klasifikasi Peringkat Batubara dengan Standar ASTM

Klasifikasi ASTM (*American Standard for Testing and Material*) pada awalnya dikenal sebagai *Amerika oleh Bureau of Mines*. Klasifikasi ini didasarkan pada *rank* batubara atau berdasarkan derajat metamorphismnya atau perubahan selama proses *coalifikasi* (mulai dari lignit hingga antrasit).

Penentuan peringkat batubara menurut klasifikasi ASTM ini didasarkan atas kandungan karbon padat (*fixed carbon*), nilai kalori (*calorific value*) dan zat terbang (*volatile matter*) dan besarnya kalori panas yang dihasilkan batubara (Kusuma, 2012).

Parameter dasar yang digunakan dalam klasifikasi ASTM, yaitu (Kusuma, 2012):

- a. Untuk batubara peringkat tinggi (*fixed carbon*  $\geq$  69%), parameter yang digunakan adalah jumlah karbon tertambat (*fixed carbon*) dan zat terbang (*volatile matter*).
- b. Untuk batubara peringkat rendah (*fixed carbon*  $\leq$  69%), maka parameter yang digunakan adalah nilai kalori (*calorific value*).



Tabel 2.1 Klasifikasi peringkat batubara oleh ASTM

Rank	Group	Fixed Carbon (dmmf)	Volatile Matter (dmmf)	Calorific Value (mmmf)		Agglomerating character
				British thermal unit / pound	Megajoules / kilogram	
Anthracitic	Meta-anthracitic	>98	<2			Non Agglomerating
	Anthracitic	92-98	2 – 8			
	Semianthracitic	86-92	8-14			
Bituminous	Low-volatile bituminous	78-86	14-22			Commonly Agglomerating
	Medium-volatile bituminous	69-78	22-31			
	High-volatile A bituminous	<69	>31	>14.000	>32,6	
	High-volatile B bituminous			13.000 - 14.000	30,2 - 32,6	
	High-volatile C bituminous			11.500 - 13.000	26,7 - 30,2	
				10.500 - 11.500	24,4 - 26,7	Agglomerating
Subbituminous	Subbituminous A			10.500 - 11.500	24,4 - 26,7	Non Agglomerating
	Subbituminous B			9.500 - 10.500	22,1 - 24,4	
	Subbituminous C			8.300 - 9.500	19,3 - 22,1	
Lignitic	Lignitic A			6.300 - 8.300	14,7 - 19,3	Non Agglomerating
	Lignitic B			<6.300	<14,7	

Sumber: (ASTM, 1981 dalam Kusuma, 2012)

Untuk pengklasifikasian batubara menggunakan klasifikasi ASTM, sampel batubara perlu berada pada basis *dried mineral matter free (dmmf)*. Analisis dengan menggunakan basis ini menggambarkan komposisi organik murni pada batubara. Basis ini pula diartikan *pure coal basis* yang berarti batubara diasumsikan dalam keadaan murni dan tidak mengandung air, abu, serta zat mineral lainnya (Kusuma, 2012).

Untuk mengkonversi nilai kalori dari basis *adb* menjadi basis *dmmf* umum digunakan *Parr Formulas*, yaitu (Kusuma, 2012):

$$dmmf) = \frac{\{(FC - 0,15 \times S)100\}}{\{100 - (M + 1,08 \times A + 0,55 \times S)\}} \quad (2.3)$$

$$dmmf) = 100 - FC (dmmf) \quad (2.4)$$



$$CV (mmmf) = \frac{\{(Btu-50 \times S)100\}}{\{100-(1,08 \times A+0,55 \times S)\}} \quad (2.5)$$

$$Btu (British Termal Unit) \text{ per pound} = 1,8185 \times CV (adb) \quad (2.6)$$

Keterangan:

FC = % Karbon Padat (adb), VM = % Zat Terbang (Adb), M = % *Moisture* (adb),

A = % Abu (adb), dan S = % Sulfur (adb)

### II.3 Well Logging

*Log* merupakan suatu grafik kedalaman (bisa juga waktu) dari suatu data st yang menunjukkan parameter yang diukur secara berkesinambungan di dalam sebuah sumur (Harsono, 1997). Adapun parameter-parameter yang bias diukur adalah sifat kelistrikan, tahanan jenis batuan, daya hantar listrik, keradioaktifan dan sifat meneruskan gelombang suara. Metode perekamannya dengan cara menurunkan suatu *sonde* atau sensor ke dasar lubang pengeboran.

Metode *well logging* adalah perekaman data secara kontinu dari pengukuran yang dibuat pada satu lubang bor untuk menyelidiki variasi beberapa sifat fisis dari batuan yang berasal dari pengeboran lubang bor (Reeves, 1986 dalam Setiahadwibowo, 2016).

Pada batubara dikenal adanya *Coal Lithology Log*, yaitu gabungan penampilan dari *gamma ray log* dan *density log* termasuk juga di dalamnya *caliper log* bila lubang bor rusak misal adanya ambrukan (Setiahadwibowo, 2016).

Metode ini menghasilkan tingkat akurasi data yang relatif tinggi dibandingkan metode lain, sehingga metode ini masih menjadi pilihan utama





perusahaan dalam melakukan eksplorasi meskipun memerlukan biaya yang relatif mahal.

### II.3.1 Log Gamma Ray (GR)

*Log Gamma Ray* adalah metode untuk mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur-unsur radioaktif yang terdapat pada lapisan batuan di sepanjang lubang bor. Penentuan *log gamma ray* didasarkan pada keterdapatn konsentrasi Uranium, Thorium, Potassium, Radium, beserta unsur-unsur radioaktivitas lainnya.

Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam *shale* dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone, limestone, dolomite, coal, gypsum*, dll. Oleh karena itu *shale* akan memberikan response *gamma ray* yang sangat signifikan dibandingkan dengan batuan yang lainnya (Ensiklopedi Seismik, 2009).

Batubara biasanya mempunyai respon GR yang rendah karena batubara murni mengandung unsur radiaktif alami yang rendah. Tetapi kadang-kadang, pembacaan GR lebih tinggi pada batubara karena batubara tersebut mengandung mineral lempung yang kaya akan unsur-unsur radiaktif alami. Peningkatan proses resolusi vertical pada pengukuran *natural gamma ray* dapat direkomendasikan dalam praktek aplikasi CBM. Proses matematik ini mengurangi resolusi vertical pada pengukuran, *sharpening the bed boundary* membantu menyelidiki batubara secara teliti dan akhirnya akan mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam pengukuran ketebalan batubara (Thungara, 2012).



Cara membaca untuk respon *gamma ray* untuk mendapatkan batas litologi dan ketebalan deposit batubara adalah dengan mengambil sepertiga ( $1/3$ ) antara respon maksimal dan respon minimal.

Pada tabel 2.2 menunjukkan karakteristik respon sinar *gamma* pada beberapa jenis batuan.

Tabel. 2.2 Karakteristik respon sinar *gamma*

Tingkat Radioaktif (API)	Jenis Batuan
0 – 32,5	Anhidrit, Salt, Batubara
32,5 – 60	Batupasir, Batugamping, Dolomit
60 – 100	Lempung, Granit
>100	<i>Shale</i> , Abu Vulkanik, Betonit

Sumber: (Erihartanti, 2015)

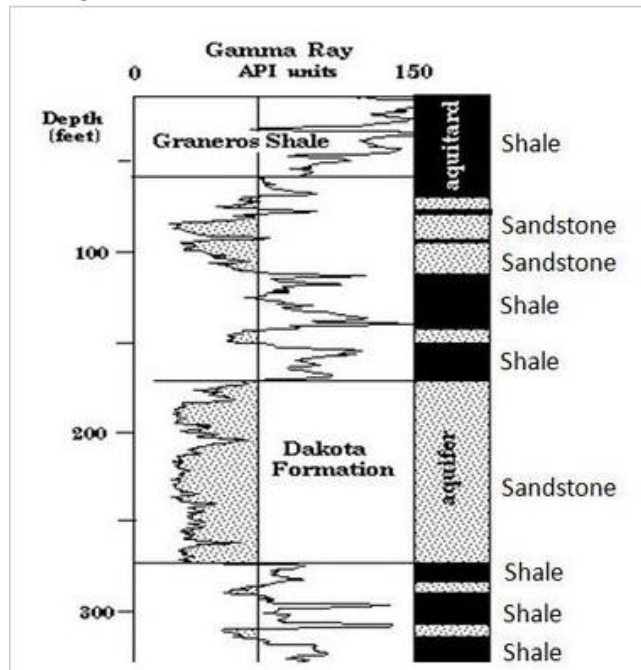
Seperti yang disebutkan diatas bahwa *gamma ray log* mengukur radiasi *gamma* yang dihasilkan oleh unsur-unsur radioaktif. Dengan demikian besaran *log gamma ray* yang terdapat di dalam rekaman merupakan jumlah total dari radiasi yang dihasilkan oleh semua unsur radioaktif yang ada di dalam batuan. Untuk memisahkan jenis-jenis bahan radioaktif yang berpengaruh pada bacaan *gamma ray* dilakukan *gamma ray spectroscopy*. Karena pada hakikatnya besarnya energi dan intensitas setiap material radioaktif tersebut berbeda-beda (Ensiklopedi seismik, 2009)

*Log gamma ray* memiliki satuan API (*American Petroleum Institute*), dimana tipikal kisaran API biasanya berkisar antara 0 sampai 150. Walaupun juga terdapat kasus dengan nilai lebih tinggi hal ini biasanya dijumpai untuk jenis

*rich shale*. Gambar 2.4 menunjukkan contoh interpretasi lapisan batuan



untuk mendeskripsikan beberapa batuan dengan menggunakan *log gamma ray* (Ensiklopedi Seismik, 2009).



Gambar 2.4 Contoh Interpretasi lapisan batuan dengan *Log Gamma Ray* (Ensiklopedi Seismik, 2009)

### II.3.2 Log Density

*Log density* merupakan kurva yang menunjukkan densitas dari batuan yang ditembus lubang bor sehingga berhubungan dengan porositas batuan dengan satuan gr/cc. Besar kecilnya densitas dipengaruhi oleh oleh kekompakan batuan, dimana semakin semakin kompak batuan maka porositas batuan semakin kecil dan sebaliknya.

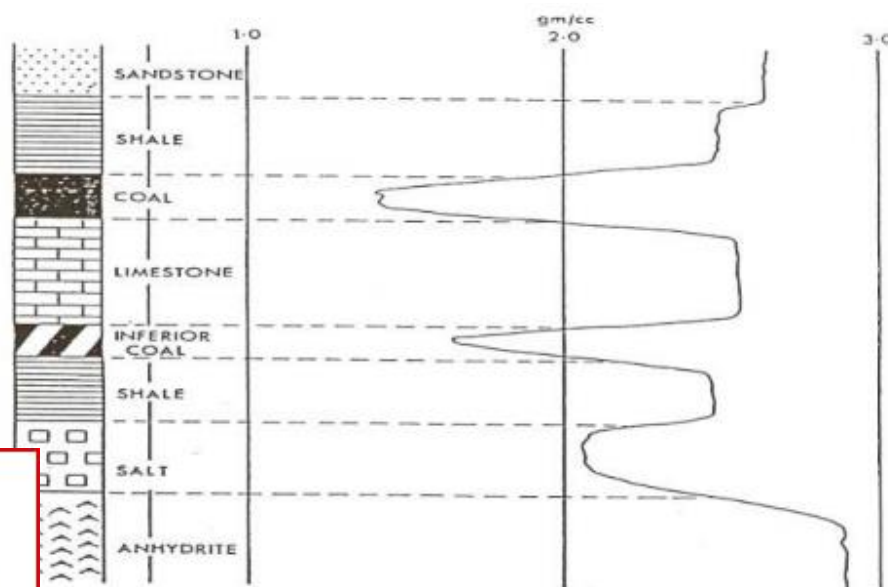
Prinsip pencatatan dari log density adalah suatu sumber radioaktif yang dimasukkan kedalam lubang bor mengemisikan sinar gamma ke dalam formasi. Pada formasi

sinar akan bertabrakan dengan elektron dari formasi. Pada setiap tabrakan gamma akan berkurang energinya. Sinar gamma yang terhamburkan dan



mencapai detektor pada suatu jarak tertentu dari sumber dihitung sebagai indikasi densitas formasi. Jumlah tabrakan merupakan fungsi langsung dari jumlah elektron di dalam suatu formasi. Karena itu *log* densitas dapat mendeterminasi densitas elektron formasi dihubungkan dengan densitas *bulk* sesungguhnya dalam gr/cc. Harga densitas matriks batuan, porositas, dan densitas fluida pengisi formasi. *Log density* merupakan *log* yang sangat baik digunakan untuk mengidentifikasi batubara. Pada *log* ini batubara memiliki harga densitas yang rendah karena batubara memiliki densitas matriks batuan yang rendah. *Log density* dibagi menjadi dua yaitu *Long Density* (LD) dan *Short Density* (SD) (Thunggara, 2012).

- 1) *Long Density* (LD) merupakan log density dengan detektor yang lebih jauh dari sumber radiasi. Detektor ini memegang peranan penting dalam pengukuran densitas batuan yang sebenarnya.
- 2) *Short Density* (SD) merupakan log density dengan detektor yang lebih pendek dari sumber radiasi. Detektor ini sebenarnya merupakan detektor pembantu untuk kompensasi pengaruh kerak lumpur dan lubang yang buruk.



Gambar 2.5 Respon litologi dengan metode *log density*



Berdasarkan gambar 2.5 terlihat bahwa batubara mempunyai nilai densitas antara 1,2 - 2,8 gr/cc yang berarti densitas terendah diantara semua batuan kecuali bila dibandingkan dengan densitas dari air dan gas yang berada di bawahnya.

Selain dalam satuan gr/cc pada umumnya juga satuan dari *log* densitas adalah *counts per second* (CPS). Satuan CPS ini bernilai terbalik dari satuan gr/cc, apabila defleksi *log* dalam CPS menunjukkan nilai yang tinggi maka dalam satuan gr/cc menunjukkan nilai yang rendah.

