

SKRIPSI

**PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA
UNTUK ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA PADA PIT NORTH
YARDER PT. MITRABARA ADIPERDANA TBK KALIMANTAN UTARA**

Disusun dan diajukan oleh

ELISA

D061 18 1006



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

SKRIPSI

**PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA
UNTUK ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA PADA PIT NORTH
YARDER PT. MITRABARA ADIPERDANA TBK KALIMANTAN UTARA**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik
(ST) pada Program Studi Teknik Geologi Departemen Teknik Geologi Fakultas
Teknik Universitas Hasanuddin*

OLEH

ELISA

D061 18 1006

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA UNTUK
ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA PADA PIT NORTH YARDER PT
MITRABARA ADIPERDANA TBK KALIMANTAN UTARA

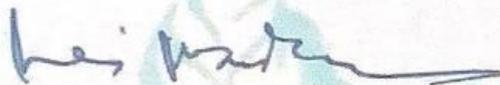
Disusun Dan Diajukan Oleh

ELISA
D061181006

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

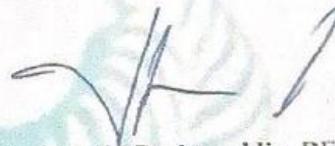
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M. Phil
NIP.19671119 198902 2 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Safri Burhanuddin, DEA
NIP. 19610724 198810 1 001

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng
NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elisa
NIM : D061181006
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

”Pemodelan Geologi dan Sebaran Lapisan Batubara untuk Estimasi Sumberdaya Batubara pada PIT North Yarder PT Mitrabara Adiperdana Tbk Kalimantan Utara”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 16 Maret 2023
Yang menyatakan,



(Elisa)

SARI

Pemodelan merupakan penggambaran keadaan di bawah permukaan bumi secara 3 dimensi. Pemodelan geologi ini bertujuan untuk mengetahui penyebaran dan ketebalan batubara, penyebaran kualitas batubara, estimasi sumberdaya batubara, dan analisa lingkungan pengendapan batubara pada PIT North Yarder PT. Mitrabara Adiperdana Tbk Kalimantan Utara. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan seam batubara dengan menggunakan software minescape 5.7. Data yang digunakan yaitu data 272 titik bor dengan jarak 50 meter hingga 200 meter.

Hasil dari pemodelan batubara menghasilkan 4 seam yaitu, seam A, seam B, seam C, dan seam D, dengan arah umum penyebaran relatif Selatan ke Utara. Rata-rata ketebalan seam A 0.6 meter, seam B 0.7 meter, seam C 3.03 meter, seam D 5.53 meter. Kualitas batubara seam A calorific value (CV) gar 5.184 Kcal/kg dan total moisture TM 21.8%, seam B CV 5.143 Kcal/kg dan TM 21.4%, seam C CV 5.574 Kcal/kg dan TM 20,09%. seam D CV 5.570 Kcal/kg dan TM 19,89%. Sumberdaya terukur pada seam A sebanyak 33.712 ton. Sumberdaya terukur pada Seam B sebanyak 142.445 ton. Sumberdaya terukur pada Seam C sebanyak 2.793.047 ton dan sumberdaya tertunjuk sebanyak 16.464 ton, Sumberdaya terukur pada Seam D adalah sebanyak 12.846.842 ton dan sumberdaya tertunjuk sebanyak 57.571 ton. Lingkungan pengendapan batubara adalah upper delta plain yang ditentukan dari parameter kualitas yang menunjukkan kandungan sulfur yang rendah, ketebalan batubara yang bervariasi dari tipis hingga tebal.

Kata kunci : Batubara, pemodelan, *minescape*, penyebaran, ketebalan, kualitas, sumberdaya

ABSTRACT

Modeling is a depiction of the situation below the earth's surface in 3 dimensions. This geological modeling aims to determine the distribution and thickness of coal, the distribution of coal quality, estimation of coal resources, and analysis of the environment of coal deposition at PIT North Yarder PT. Mitrabara Adiperdana Tbk North Kalimantan. The method used in this research is coal seam modeling using Minescape 5.7 software. The data used is data from 272 drill points with a distance of 50 meters to 200 meters.

The results of the coal modeling produced 4 seams namely, seam A, seam B, seam C, and seam D, with a general direction of spread relative to South to North. The average thickness of seam A is 0.6 meters, seam B is 0.7 meters, seam C is 3.03 meters, seam D is 5.53 meters. The quality of seam A coal calorific value (CV) is 5,184 Kcal/kg and total moisture TM is 21.8%, seam B CV is 5,143 Kcal/kg and TM is 21.4%, seam C CV is 5,574 Kcal/kg and TM is 20.09%. seam D CV 5,570 Kcal/kg and TM 19.89%. The measurable resource in seam A is 33,712 tons. Measurable resources in Seam B are 142,445 tons. The measured resources in Seam C are 2,793,047 tons and the indicated resources are 16,464 tons. The measured resources in Seam D are 12,846,842 tons and the indicated resources are 57,571 tons. The coal depositional environment is the upper delta plain which is determined from the quality parameters which indicate low sulfur content, the thickness of the coal varies from thin to thick..

Keywords: *Coal, modeling, minescape, distribution, thickness, quality, resources*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayahnya yang selalu diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemodelan Geologi dan Sebaran Lapisan Batubara untuk Estimasi Sumberdaya Batubara pada PIT North Yarder PT. Mitrabara Adiperdana Tbk Kalimantan Utara”**.

Dalam proses penyusunan sampai dengan terselesaikannya skripsi penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya skripsi ini.

Teristimewa penulis haturkan terima kasih kepada ibunda Yuli Hakim dan ayahanda M. Ishak Ismail selaku orang tua dan Adik kandung penulis yang selama ini memberikan kasih sayang, dukungan dan doa yang tak henti-hentinya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan sebagai sarjana.

Dengan rasa terima kasih dan rendah hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil sebagai Pembimbing Utama atas segala bimbingannya selama ini.
2. Bapak Dr. Ir. Safri Burhanuddin, DEA sebagai Pembimbing Pendamping atas segala bimbingannya selama ini.
3. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T. sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam proses penyusunan laporan.
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T. sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam proses penyusunan laporan.

5. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri,,S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Abdillah, S.T. sebagai pembimbing kuliah praktik di PT. Mitrabara Adiperdana atas segala bimbingannya.
7. Bapak dan Ibu dosen di Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama ini
8. Bapak dan Ibu staf administrasi Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama ini.
9. Teman-teman mahasiswa geologi Angkatan 2018 (Xenolith) atas segala dukungannya.
10. Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH), dan Satuan Komando Lapangan (SKL HMG FT-UH) yang telah memberikan wawasan dan pengalaman serta menjadi wadah pengembangan *softskill* dan *hardskill*.
11. Berbagai pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, atas segala bantuan maupun dorongan yang diberikan selama ini.

Penulis menyadari keterbatasannya sehingga mungkin dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan yang perlu diberi saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Akhir kata penulis mohon maaf kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan kata dalam laporan pemetaan ini dan semoga dapat berguna bagi semua pihak yang menggunakannya. Aamiin.

Makassar, 16 Maret 2023

Elisa

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
SARI	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Waktu, Letak dan Lokasi Penelitian.....	2
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Geologi Regional.....	4
2.1.1 Geomorfologi Regional	5
2.1.2 Stratigrafi Regional.....	7
2.1.3 Struktur Geologi Regional.....	10
2.2 Batubara.....	11
2.2.1 Pengertian	11
2.2.2 Genesa Batubara	12
2.2.3 Jenis Batubara.....	19
2.2.4 Lingkungan Pengendapan dan Fasies Batubara	20
2.2.5 Kegunaan dan Pemakaian Batubara	23
2.2.6 Sumberdaya Batubara.....	24

2.2.7 Tahap Eksplorasi Rinci Batubara	29
2.2.8 Analisis Kualitas Batubara	32
2.3 Program <i>Minescape 5.7</i>	33
2.3.1 Stratmodel.....	33
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Metode Penelitian	35
3.2 Tahapan Pendahuluan.....	35
3.2.1 Tahap Persiapan.....	35
3.2.2 Tahap Pengambilan Data.....	36
3.2.3 Tahap Pengolahan Data	37
3.2.4 Tahap Penyusunan Laporan.....	39
3.3 Diagram Alir.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Data Penelitian.....	41
4.2 Pemodelan Batubara	42
4.3 Identifikasi Pola Sebaran Lapisan Batubara	45
4.4 Sebaran Kualitas <i>Seam</i> Batubara Daerah Penelitian	47
4.4.1 Kualitas <i>Seam A</i>	48
4.4.2 Kualitas <i>Seam B</i>	49
4.4.3 Kualitas <i>Seam C</i>	49
4.4.4 Kualitas <i>Seam D</i>	49
4.5 Sumberdaya Batubara Pada Daerah Penelitian.....	50
4.5.1 Sumberdaya <i>Seam A</i>	50
4.5.2 Sumberdaya <i>Seam B</i>	51
4.5.3 Sumberdaya <i>Seam C</i>	51
4.5.4 Sumberdaya <i>Seam D</i>	51
4.6 Analisa Lingkungan Pengendapan Batubara Daerah Penelitian	51
BAB V PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56

LAMPIRAN

1. Tabel Data Bor	88
2. Peta Sebaran Titik Bor	93
3. Peta Isopach Seam A.....	94
4. Peta Isopach Seam B.....	95
5. Peta Isopach Seam C.....	96
6. Peta Isopach Seam D.....	97
7. Peta Cropline.....	98
8. Penampang 2 Dimensi.....	99
9. Tabel Kualitas Batubara.....	100
10. Peta Isoqual Cv Seam A.....	105
11. Peta Isoqual Cv Seam B.....	106
12. Peta Isoqual Cv Seam C.....	107
13. Peta Isoqual Cv Seam D.....	108
14. Peta Isoqual Tm Seam A.....	109
15. Peta Isoqual Tm Seam B.....	110
16. Peta Isoqual Tm Seam C.....	111
17. Peta Isoqual Tm Seam D.....	112
18. Peta Resources Seam A.....	113
19. Peta Resources Seam B.....	114
20. Peta Resources Seam C.....	115
21. Peta Resources Seam D.....	116

LAMPIRAN LEPAS

Pemodelan 3D Seam A

Pemodelan 3D Seam B

Pemodelan 3D Seam C

Pemodelan 3D Seam D

Lingkungan Pengendapan Upper Delta Plain pada PIT North Yarder

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta tunjuk lokasi.....	3
Gambar 2.1 Cekungan Tarakan (dimodifikasi dari Core-Lab G and G Evaluation Simenggaris Blok, dalam Sriyanto dan Ifantyana, 2016)	5
Gambar 2.2 Kolom stratigrafi daerah penelitian yang terdiri dari Formasi Malinau dan Formasi Langap.....	9
Gambar 2.3 Peta Geologi Regional Lembar Malinau, Kalimantan.....	11
Gambar 2.4 Tahap pembentukan batubara	16
Gambar 2.5 Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara.....	27
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi Penelitian.....	39
Gambar 4.1 Kenampakan singkapan batubara dari <i>seam A</i> , <i>seam B</i> , <i>seam C</i> , dan <i>seam D</i>	42
Gambar 4.2 Model penyebaran titik bor.....	43
Gambar 4.3 Model penyebaran <i>seam A</i>	43
Gambar 4.4 Model penyebaran <i>seam B</i>	44
Gambar 4.5 Model penyebaran <i>seam C</i>	44
Gambar 4.6 Model penyebaran <i>seam D</i>	45
Gambar 4.7 Pemodelan 3D sebaran <i>seam</i> batubara	45
Gambar 4.8 Diagram statistik ketebalan seam batubara	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jarak titik informasi menurut kondisi geologi (SNI 5015:2019) ..	26
Tabel 4.1 Kualitas Batubara pada daerah penelitian	48
Tabel 4.2 Sumberdaya batubara pada daerah penelitian	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang dimiliki oleh Indonesia sebagai bahan energi disamping minyak dan gas bumi. Batubara adalah batuan sedimen hasil dari sisa tumbuhan mati yang komposisi utamanya berasal dari cellulosa yang kemudian mengalami proses pembatubaraan (*coalification*) yang dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia alam yang akan mengubah cellulosa menjadi lignit, sub-bituminus, bituminus dan antrasit (Sukandarrumidi, 1995).

Kebanyakan sumberdaya batubara di Indonesia merupakan peringkat rendah (lignit sampai sub-bituminus). Diperkirakan sumberdaya batubara tersebut mencapai 58 milyar ton yang terbentang di beberapa wilayah Indonesia. Sumberdaya batubara paling banyak terdapat di Sumatera dan Kalimantan.

Untuk mengetahui informasi yang representatif mengenai kompleksitas geologi seperti struktur, stratigrafi, sedimentologi dan sebaran endapan batubara dibutuhkan pemodelan geologi. Maka dari itu, dirasa perlu untuk penulis membuat suatu penelitian yang berjudul “Pemodelan Geologi dan Sebaran Lapisan Batubara untuk Estimasi Sumberdaya Batubara pada PIT *North Yarder* PT. Mitrabara Adiperdana Tbk Kalimantan Utara”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana penyebaran dan ketebalan tiap *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian?

2. Bagaimana penyebaran dan nilai kualitas *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian?
3. Berapa estimasi sumberdaya batubara yang ada pada daerah penelitian?
4. Bagaimana analisa lingkungan pengendapan dari lapisan batubara pada daerah penelitian?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebaran dan ketebalan tiap *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian.
2. Mengetahui penyebaran kualitas *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian.
3. Mengetahui estimasi sumberdaya batubara di daerah penelitian.
4. Menganalisis lingkungan pengendapan dari lapisan batubara pada daerah penelitian.

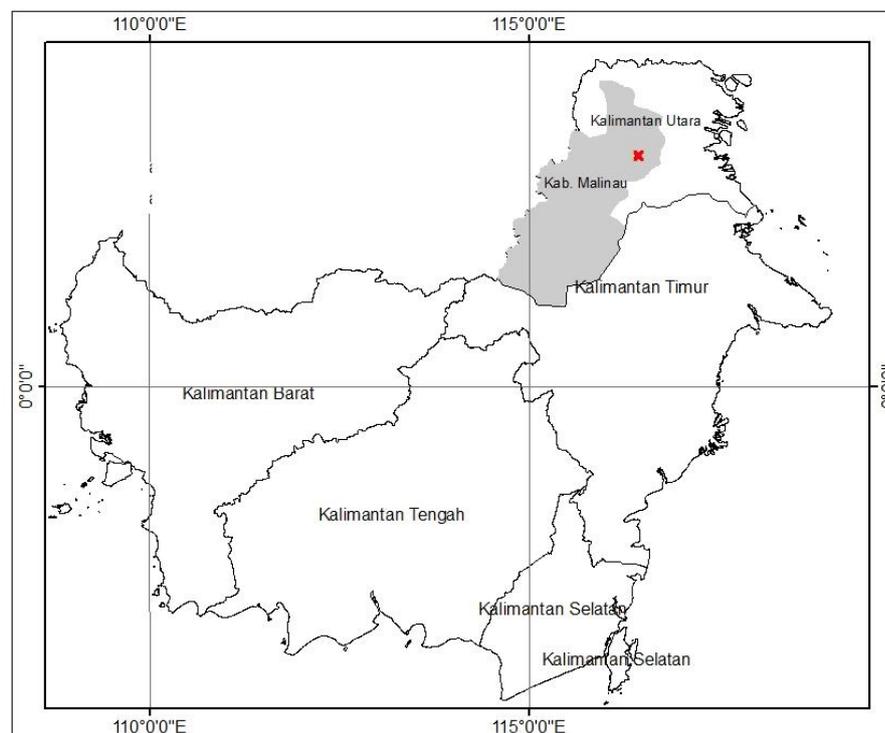
1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini cakupan permasalahan dibatasi pada identifikasi pola sebaran lapisan batubara, penyebaran kualitas, dan estimasi sumberdaya batubara di area penambangan PIT *North Yarder* dari *seam* A, B, C, dan D PT. Mitrabara Adiperdana Tbk, Kalimantan Utara, Indonesia.

1.5 Waktu, Letak dan Kesampaian Daerah

Secara administratif daerah penelitian termasuk Kecamatan Malinau Selatan, Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Utara. Secara geografis terletak pada 3°5'10" LU - 3°6'25" LU dan 116°26'20" BT - 116°27'30" BT. Jarak tempuh

dari Kota Makassar menuju daerah penelitian adalah sekitar ± 1526 km yang dapat dituju dengan menggunakan jalur udara berupa pesawat ke Tarakan sekitar ± 2 jam, lalu dilanjutkan dengan jalur air menggunakan kendaraan *speedboat* ± 3 jam ke Malinau Kota, dan dilanjutkan dengan jalur darat menggunakan mobil ± 2 jam ke lokasi penelitian (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada akademisi maupun industri mengenai model dan kualitas serta estimasi sumberdaya batubara pada daerah penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan penelitian apapun.

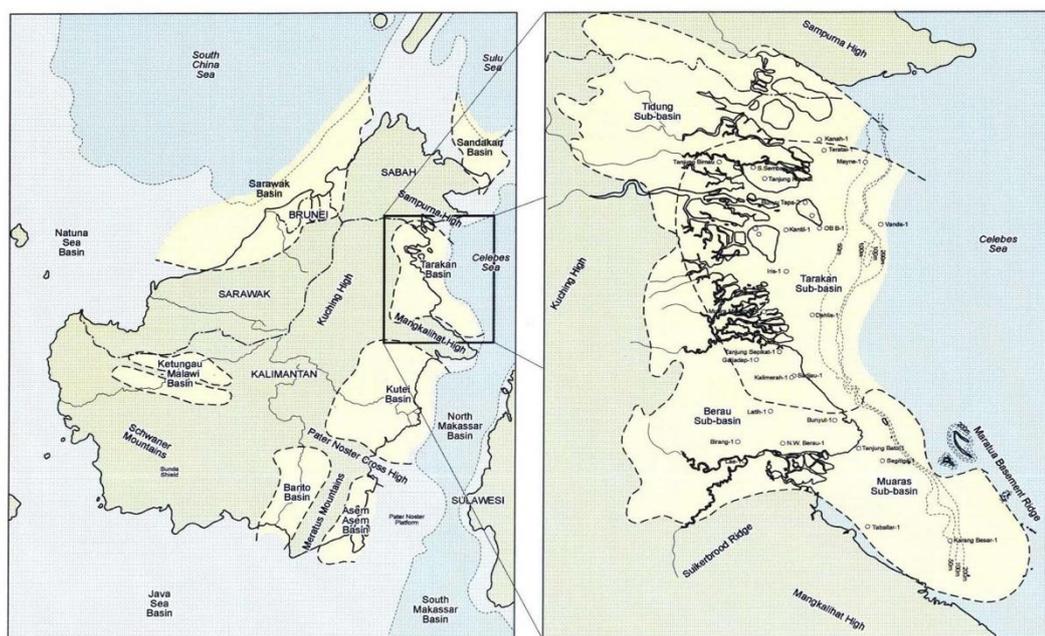
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Secara regional daerah penelitian termasuk dalam lingkungan pengendapan cekungan Tarakan (Gambar 2.1), cekungan Tarakan merupakan salah satu dari tiga cekungan tersier utama yang terdapat dibagian timur *continental margin* kalimantan (dari utara ke selatan: Cekungan Tarakan, Cekungan Kutai dan Cekungan Barito), yang dicirikan oleh hadirnya batuan sedimen klastik sebagai penyusunnya yang dominan, berukuran halus sampai kasar dengan beberapa endapan karbonat. Cekungan tarakan diperkirakan terbentuk pada kala Eosen-Miosen. Secara Fisiografi cekungan Tarakan dibagian barat dibatasi oleh lapisan Pra-Tersier tinggian Kuching dan dipisahkan dari cekungan kutai dan kelurusan timur – barat tinggian Mangkaliai. Proses pengendapan cekungan Tarakan dimulai dari proses pengangkatan (transgresi) yang diperkirakan terjadi pada kala Eosen sampai Miosen awal bersamaan dengan terjadinya proses pengangkatan gradual pada tinggian Kuching dari barat ke timur. Pada kala Miosen tengah terjadi penurunan (regresi) pada cekungan tarakan, yang dilanjutkan dengan terjadinya pengendapan progradasi kearah timur dan membentuk endapan delta yang menutupi endapan prodelta dan batial. Cekungan Tarakan mengalami proses penurunan secara lebih aktif lagi pada kala Miosen sampai Pliosen. Proses sedimentasi delta yang relatif bergerak kearah timur terus berlanjut selaras dengan waktu. Cekungan Tarakan berupa depresi berbentuk busur yang terbuka ke timur kearah selat Makassar/Laut Sulawesi yang meluas ke Utara ke Sabah dan berhenti pada zona subduksi di

tinggian Semporna dan merupakan cekungan paling utara di Kalimantan. Tinggian Kuching dengan inti lapisan Pra-Tersier terletak disebelah baratnya sedangkan batas selatannya adalah punggung Suikerbood dan Tinggian Mangkaliat. Ditinjau dari fasies dan lingkungan pengendapannya, cekungan tarakan terbagi menjadi empat sub cekungan, yaitu Sub Cekungan Tidung, Sub Cekungan Tarakan, Sub Cekungan Muras dan Sub Cekungan Berau.



Gambar 2.1 Cekungan Tarakan (dimodifikasi dari Core-Lab G and G Evaluation Simenggaris Blok, dalam Sriyanto dan Ifantyana, 2016)

2.1.1 Geomorfologi Regional

Berdasarkan interpretasi pada peta geologi lembar Malinau skala 1:250.000 (1995) geomorfologi daerah Malinau dan sekitarnya dapat dibagi atas dua satuan morfologi sebagai berikut:

1. Satuan Morfologi Dataran

Satuan morfologi dataran merupakan daerah dataran aluvium yang mendominasi daerah Malinau pada ketinggian berkisar antara 15 – 25 m di atas muka laut. Sungai utama adalah Sungai Sesayap yang mengalir dari arah timur ke barat dengan anak-anak sungai yang bermuara daerah pegunungan di daerah timur. Sungai Sesayap berbentuk meander yang lebih ke arah timur menuju laut di selat Makasar. Proses meandering sungai Sesayap ini akibat dari kondisi batuan pada satuan aluvium yang berupa lumpur, lanau, pasir, kerikil, sampai kerakal, dan bersifat lepas. Bentuk sungai Sesayap ini berbentuk “U” yang menandakan stadia sungai ini stadia dewasa sampai stadia tua.

2. Satuan Morfologi perbukitan rendah-tinggi

Satuan morfologi perbukitan rendah-tinggi ini mendominasi daerah bagian timur dari kota Malinau dan membentang dari utara ke selatan. Pada satuan morfologi ini merupakan hutan belukar membentuk tapal kuda mengelilingi kota Malinau. Satuan morfologi berkisar antara 50-100 m di atas muka laut dengan kemiringan lereng berkisar antara 10-150 dengan batuan penyusunnya terdiri dari konglomerat, batu-pasir, batu lempeng dan batu gamping terumbu. Pada satuan morfologi perbukitan tinggi umumnya menempati daerah bagian barat dengan elevasi berkisar antara 100-200 m di atas muka laut dengan kemiringan lereng antara 20-250. Pada satuan morfologi perbukitan tinggi batuan penyusunnya terdiri dari batu pasir, batu lempung, serpih, dan setempat breksi dan konglomerat. Secara stratigrafi umur batuan pada satuan morfologi perbukitan tinggi lebih tua (kapur akhir s/d Paleosen) dari pada satuan batuan pada satuan morfologi

pebukitan rendah (umur Eosen Tengah sampai dengan Eosen Akhir). Pola aliran sungai (*drainage pattern*) berupa pola aliran dendritik berbentuk menyerupai cabang-cabang pohon yang mencerminkan kekerasan batuan yang sama atau *soil* seragam dengan lapisan batuan sedang horisontal atau miring landai serta kontrol struktur tidak begitu tampak jelas. Pola aliran sungai dendritik ini mengalir dari bagian puncak pebukitan dengan arah lembah sungai yang tidak teratur dan mengalir menuju ke arah sungai induk yaitu sungai Sesayap (RPJMD Kab Malinau, 2021).

2.1.2 Stratigrafi Regional

Secara umum stratigrafi regional daerah penelitian termasuk pada lembar Malinau (Gambar 2.3), diantaranya yaitu :

1. Formasi Malinau

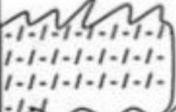
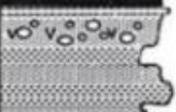
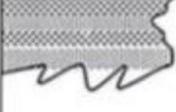
Formasi Malinau terletak dibagian barat dari wilayah konsesi IUP PT. MA, formasi ini tersusun oleh batupasir, felsparan, lempungan dan mikaan. Berwarna abu-abu kehijauan, berbutir sedang sampai kasar, terpilah buruk, tebal, tebal lapisan 20-50 cm, setempat beberapa meter. Berselingan dengan batu lanau lempungan atau argilit, berwarna abu tuahitam, bersifat mikaan dan gampingan. Lingkungan pengendapannya laut dangkal dan diduga berumur Eosen tengah.

2. Formasi Langap

Formasi ini dicirikan oleh lapisan konglomerat, batupasir, tufa, batulanau, batu lempung, dengan sisipan batubara. Konglomerat merupakan ciri formasi Langap. Konglomerat tersusun oleh fragmen batupasir lempungan dan kuarsa susun serta unconsolidated. Konglomerat ini bersisipan dengan batupasir dan

batulempung. Batupasir umumnya berwarna abu-abu, tersusun oleh material piroklastik, terpilah baik, bentuk butir menyudut, porositas sedang, ukuran butir halus sampai kasar, kompak dan agak keras. Berdasarkan singkapan (terutama pada Formasi Langap) memperlihatkan sedimen Laminasi dimana beberapa lumine sangat karbonan sehingga terlihat sebagai pita-pita hitam. Kadang-kadang dijumpai juga struktur silang siur dan *ripple mark*. Warna pelapukan coklat kadang-kadang kemerahan. Sedangkan dibagian bawahnya terlihat berlapisan sedang sampai tebal. Juga terlihat singkapan batupasir konglomerat dan memperlihatkan struktur *graded bedding*. Batulanau juga berwarna abu-abu gelap dan memperlihatkan struktur luminasi, batulempung, berwarna abu-abu gelap sampai hitam, kompak agak keras, mudah pecah, pecahannya berbentuk runcing, kadang-kadang konkoidal. Batubara terdapat pada lapisan batulempung dan batulanau.

Adapun penampang stratigrafi dari daerah penelitian sebagai berikut (Gambar 2.2).

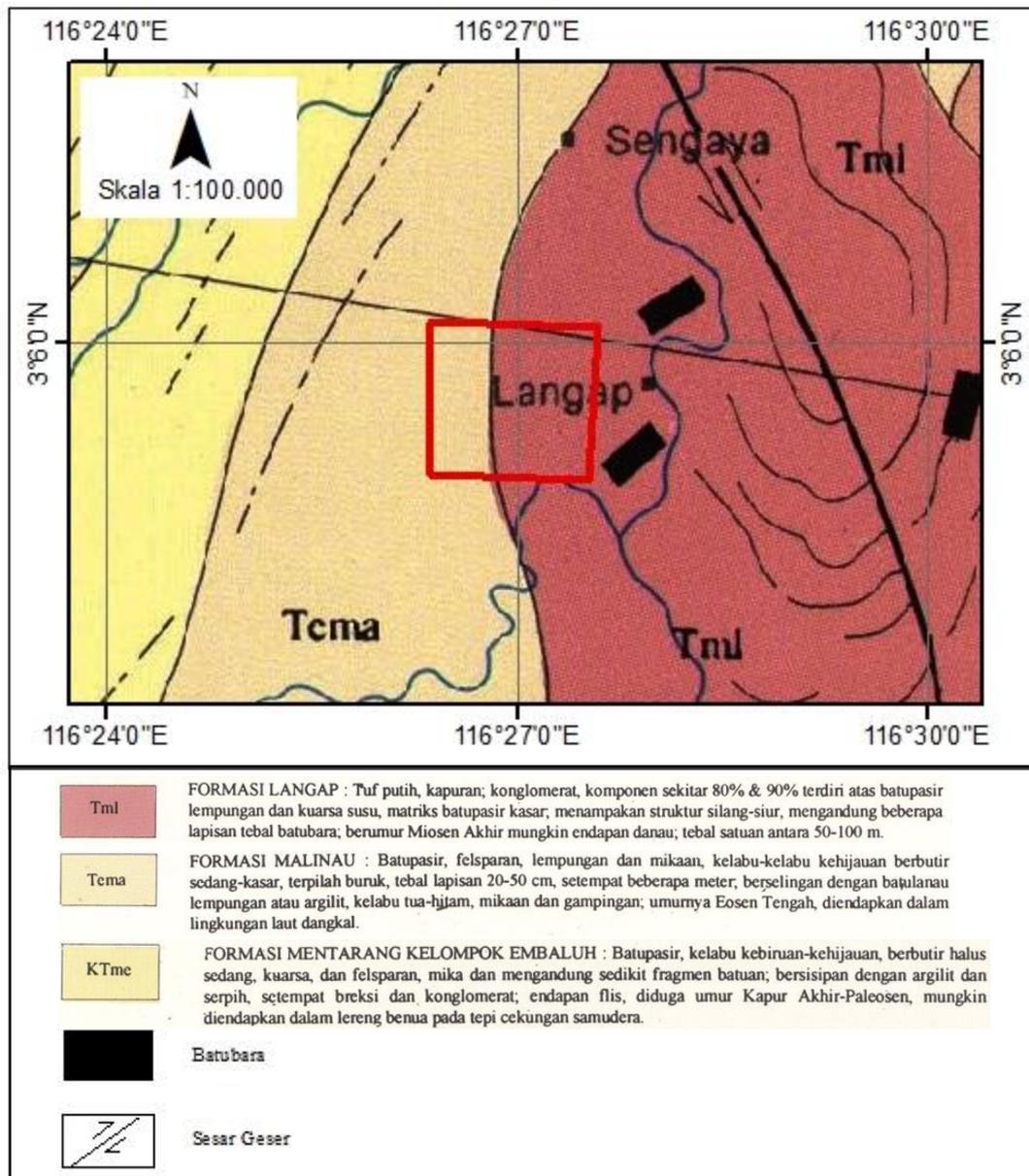
KALA	FORMASI	TEBAL (m)	LITOLOGI	PEMERIAN
HOLOSEN	ALUVIUM			Terdiri dari material lepas berukuran lempung sampai kerakal, hasil pelapukan batuan yang lebih tua, terdiri dari kerikil, pasir, batubara, lempung, dan lumpur
				Bidang Erosi
MIOSEN	LANGAP	22,50		Tersusun oleh perulangan batupasir, batulempung, lanau, batubara, kadang sisipan lempung karbonan
		0,30 s/d 2,32		Batubara Seam A, A1, A2 Hitam mengkilap, kilap kaca, masif, pecahan concoidal, brittle
		0,30 s/d 3,35		Batubara Seam B, B1, B2 Hitam mengkilap, kilap kaca, masif, pecahan concoidal, brittle
		0,30 s/d 6,58		Batubara Seam C, C1, C2, C3 Hitam mengkilap, kilap kaca, masif, pecahan concoidal, brittle
				Batupasir konglomeratan, tufaan dengan struktur silang siur
				Tersusun oleh perulangan batulempung, lanau, batubara, kadang sisipan lempung karbonan dan batupasir.
		0,30 s/d 7,26		Batubara Seam D, D1, D2 Hitam mengkilap, kilap kaca, masif, pecahan concoidal, brittle
		0,30 s/d 5,68		Batubara Seam E, E1, E2 Hitam mengkilap, kilap kaca, masif, pecahan concoidal, brittle
		0,30 s/d 0,79		Batubara Seam F Hitam mengkilap, kilap kaca, masif, pecahan concoidal, brittle
				Batupasir konglomeratan kompak
EOSEN	MALINAU			Kontak Sesar Perselingan batulempung, batupasir dan batupasir masif

Gambar 2.2 Kolom stratigrafi daerah penelitian yang terdiri dari Formasi Malinau dan Formasi Langap (PT. Mitrabara Adiperdana, 2013)

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Secara regional struktur geologi yang ada adalah sesar, terutama sesar geser, dengan arah dominan adalah Timur Laut – Barat Daya – Barat Laut – Tenggara yang terdapat disebelah utara sampai Timur Laut dan terdapat dilokasi IUP PT. MA. Struktur geologi yang dapat diamati disekitar daerah studi adalah struktur sesar, baik normal maupun mendatar. Interpretasi adanya struktur sesar ini pada umumnya ditentukan berdasarkan data pemboran.

Data-data yang kelihatannya dipermukaan untuk meyakinkan adanya indikasi sesar yang minim, antara lain ditunjukan dengan adanya singkapan-singkapan breksi patahan dan bidang-bidang sesar. Dari bentuk morfologi tidak dapat diamati adanya bentuk-bentuk yang mengindikasi adanya sesar. Dari data pemboran dan data lainnya pada wilayah IUP PT. MA tidak ditemukan adanya struktur geologi berupa sesar



Gambar 2.3 Peta Geologi Regional Lembar Malinau, Kalimantan Utara

2.2 Batubara

2.2.1 Pengertian

Batubara dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tanaman selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tanaman ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan,

pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras (Mutasim, 2010).

Bahan organik utamanya yaitu tumbuhan yang dapat berupa jejak kulit pohon, daun, akar, struktur kayu, spora, polen, damar, dan lain-lain. Adapun material pembentuk batubara sebagai berikut (Teichmuller, 1982).

- Alga
- Silofita
- Pteridofita
- Gimnospermae
- Angiospermae

2.2.2 Genesa Batubara

Batubara terbentuk pada zaman Karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu. Pada masa itu pembentukan batubara terjadi paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk. Pada Zaman Permian, kira-kira 270 juta tahun, juga terbentuk endapan-endapan batubara yang ekonomis di belahan bumi bagian selatan, seperti Australia, dan berlangsung terus hingga ke Zaman Tersier (70 - 13 jutat) di berbagai belahan bumi lain.

Genesa batubara berdasarkan tempat dibedakan menjadi dua (Sukandarrumidi, 1995) yaitu :

a. Teori Insitu

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuk di tempat dimana tumbuh - tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian setelah tumbuhan itu mati, sebelum terjadi proses transportasi segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Batubara dengan proses ini penyebarannya luas, merata dan kualitasnya baik.

b. Teori *Drift*

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian tumbuhan yang telah mati mengalami transportasi oleh media air dan terakumulasi disuatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan terjadi proses *coalification*. Batubara dengan proses *drift* penyebarannya tidak luas tetapi banyak dan kualitasnya kurang baik.

Bahan organik mengalami berbagai tingkat perubahan sehingga menyebabkan perubahan sifat-sifat fisika maupun kimia baik sebelum ataupun sesudah tertutup oleh endapan lainnya.

1. Tahapan Pembentukan Batubara

Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap seperti pada (Gambar 2.4) yaitu:

a. Tahap biokimia (penggambutan)

Tahap Diagenetik atau Biokimia, dimulai pada saat material tanaman terdeposisi hingga lignit terbentuk. Agen utama yang berperan dalam proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat oksidasi dan gangguan biologis yang

dapat menyebabkan proses pembusukan (dekomposisi) dan kompaksi material organik serta membentuk gambut.

Tahap penggambutan (*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah yang ideal untuk pembentukan gambut misalnya rawa, delta sungai, danau dangkal atau daerah dalam kondisi tertutup udara dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5-10 meter.

Gambut bersifat porous, tidak padat dan umumnya masih memperlihatkan struktur tumbuhan asli, kandungan airnya lebih besar dari 75% (berat) dan komposisi mineralnya kurang dari 50% (dalam keadaan kering). Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut.

Syarat terbentuknya formasi batubara antara lain adalah kenaikan muka air tanah yang lambat, perlindungan rawa terhadap pantai atau sungai dan energi relief rendah. Jika muka air tanah terlalu cepat naik (atau penurunan dasar rawa cepat) maka kondisi akan menjadi *limnic* atau bahkan akan terjadi endapan marin. Sebaliknya jika terlalu lambat, maka sisa tumbuhan yang terendapkan akan teroksidasi dan tererosi. Terjadinya kesetimbangan antara penurunan cekungan/*land-subsidence* dan kecepatan penumpukan sisa tumbuhan (kesetimbangan bioteknik) yang stabil akan menghasilkan gambut yang tebal.

Lingkungan tempat terbentuknya rawa gambut umumnya merupakan tempat yang mengalami depresi lambat dengan sedikit sekali atau bahkan tidak

ada penambahan material dari luar. Pada kondisi tersebut muka air tanah terus mengikuti perkembangan akumulasi gambut dan mempertahankan tingkat kejenuhannya. Kejenuhan tersebut dapat mencapai 90% dan kandungan air menurun drastis hingga 60% pada saat terbentuknya *brown-coal*. Sebagian besar lingkungan yang memenuhi kondisi tersebut merupakan *topogenic low moor*. Hanya pada beberapa tempat yang mempunyai curah hujan sangat tinggi dapat terbentuk rawa gambut ombrogenik (*high moor*) (Anshari, 2016).

b. Tahap geokimia (pembatubaraan).

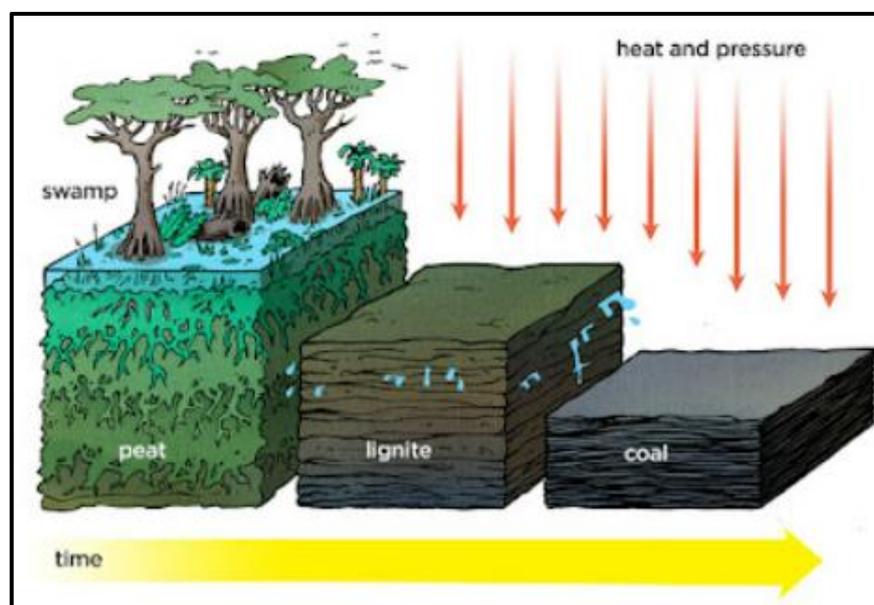
Proses pembentukan gambut dapat berhenti karena beberapa proses alam seperti misalnya karena penurunan dasar cekungan dalam waktu yang singkat. Jika lapisan gambut yang telah terbentuk kemudian ditutupi oleh lapisan sedimen, maka tidak ada lagi bahan anaerob, atau oksigen yang dapat mengoksidasi, maka lapisan gambut akan mengalami tekanan dari lapisan sedimen. Tekanan terhadap lapisan gambut akan meningkat dengan bertambah tebalnya lapisan sedimen. Tekanan yang bertambah besar pada proses pematubaraan akan mengakibatkan menurunnya porositas dan meningkatnya anisotropi. Porositas dapat dilihat dari kandungan airnya yang menurun secara cepat selama proses perubahan gambut menjadi *brown coal*. Hal ini memberi indikasi bahwa masih terjadi kompaksi.

Proses pematubaraan terutama dikontrol oleh kenaikan temperatur, tekanan dan waktu. Pengaruh temperatur dan tekana dipercayai sebagai faktor yang sangat dominan, karena sering ditemukan lapisan batubara *high-rank* (antrasit) yang berdekatan dengan intrusi batuan beku sehingga terjadi kontak

metamorfisme. Kenaikan peringkat batubara juga dapat disebabkan karena bertambahnya kedalaman. Sementara bila tekanan makin tinggi, maka proses pembatubaraan semakin cepat, terutama didaerah lipatan dan patahan (Anshari, 2016).

Tahap pembatubaraan (*coalification*) merupakan gabungan proses biologi, kimia, dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan dari sedimen yang menutupinya, temperatur, tekanan, dan waktu terhadap komponen organik dari gambut.

Pada tahap ini prosentase karbon akan meningkat, sedangkan prosentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit.



Gambar 2.4 Tahap pembentukan batubara (Susilawati, 1992)

2. Faktor yang berpengaruh dalam pembentukan batubara

a. Posisi Geotektonik

Yaitu suatu keadaan batubara yang keberadaannya dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik dengan adanya pengaruh dari gaya - gaya tersebut akan mempengaruhi iklim lokal dan morfologi cekungan lingkungan pengendapan batubara maupun kecepatan penurunannya.

b. Topografi

Topografi dari cekungan pada saat pembentukan gambut sangat penting karena menentukan penyebaran rawa - rawa dimana batubara tersebut terbentuk. Topografi mungkin mempunyai efek yang terbatas terhadap iklim dan keberadaannya bergantung pada posisi geoteknik. Bentuk muka bumi yang berupa cekungan akan sangat berpengaruh dan dapat menentukan arah penyebaran batubara.

c. Iklim

Keberadaan memegang peranan penting dalam pembentukan batubara dan merupakan faktor pengontrol pertumbuhan flora dan kondisi yang sesuai. Iklim tergantung pada posisi geografi dan lebih luas lagi dipengaruhi oleh posisi geoteknik. Temperatur yang lembab pada iklim tropis dan subtropis pada umumnya sesuai untuk pertumbuhan flora dibandingkan wilayah yang lebih dingin. Pada iklim tropis atau subtropis umumnya akan membentuk batubara yang mengkilap, sedangkan pada daerah yang lebih dingin batubara terbentuk lebih kusam.

d. Penurunan

Penurunan cekungan batubara dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik, jika penurunan dan pengendapan gambut seimbang maka akan menghasilkan lapisan batubara yang tebal. Pergantian transgresi dan regresi akan mempengaruhi pertumbuhan flora dan pengendapannya yang menyebabkan adanya infiltrasi material dan mineralnya, hal ini mempengaruhi kualitas batubara yang terbentuk.

e. Umur Geologi

Merupakan umur formasi pembawa lapisan batubara. Proses geologi menentukan berkembangnya evolusi kehidupan berbagai macam tumbuhan, berpengaruh pada sejarah pengendapan batubara dan metamorfosa organik. Dimana makin tua umur pembawa lapisan batubara maka akan semakin tinggi nilai kalorinya.

f. Tumbuhan

Flora merupakan unsur utama pembentuk batubara yang tumbuh pada masa Karbon dan Tersier terdiri berbagai jenis tumbuhan. Pertumbuhan dari flora terakumulasi pada suatu lingkungan dan zona fisiografi dengan iklim dan topografi tertentu.

g. Dekomposisi

Dekomposisi flora merupakan bagian dari transformasi biokimia dari organik menjadi gambut yang merupakan titik awal untuk seluruh altersi, bila tumbuhan tertutup air dengan cepat maka pembusukan tidak akan terjadi tetapi akan di integrasi atau penguraian hewan mikrobiologi, bila tumbuhan yang

mati berada di udara terbuka maka kecepatan pembentukan gambut akan berkurang sehingga bagian keras saja yang tertinggal.

h. Metamorfosa Organik

Tingkat kedua dalam pembentukan batubara adalah penimbunan atau penguburan oleh sedimen baru. Proses ini lebih didominasi oleh proses dinamokimia yang menyebabkan perubahan gambut menjadi batubara dalam berbagai mutu. Proses metamorfosa organik akan dapat mengubah gambut menjadi batubara sesuai dengan perubahan sifat kimia, fisik, dan optiknya. Selama Proses ini terjadi pengurangan air lembab, oksigen, zat terbang, serta bertambahnya presentase karbon padat, belerang dan kandungan abu.

i. Sejarah Setelah Pengendapan

Sejarah cekungan batubara secara luas bergantung pada posisi geoteknik yang mempengaruhi perkembangan batubara dan cekungan batubara. Secara singkat terjadi proses biokimia dan metamorfosa organik sesudah pengendapan gambut, secara geologi intrusi menyebabkan terbentuknya struktur cekungan batubara berupa perlipatan, sesar, intrusi. Terbentuknya batubara pada cekungan batubara umumnya mengalami deformasi oleh gaya tektonik, yang akan menghasilkan lapisan batubara dengan bentuk-bentuk tertentu. Disamping itu adanya erosi yang intensif menyebabkan bentuk lapisan batubara tidak menerus.

2.2.3 Jenis Batubara

Batubara pada umumnya dibagi dalam 5 kelas, yaitu :

1. Antrasit

Antrasit adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.

2. Bituminus

Bituminus mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batubara yang paling banyak ditambang di Australia.

3. Sub-bituminus

Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.

4. Lignit

Lignit atau batubara coklat adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.

5. Gambut

Gambut, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah

2.2.4 Lingkungan Pengendapan dan Fasies Batubara

Batubara merupakan hasil dari akumulasi tumbuh-tumbuhan pada kondisi lingkungan pengendapan tertentu. Akumulasi tersebut telah dikenai pengaruh *syndimentary* dan *post-sedimentary*. Akibat pengaruh-pengaruh tersebut dihasilkanlah batubara dengan tingkat (*rank*) dan kerumitan struktur yang bervariasi. Lingkungan pengendapan batubara dapat mengontrol penyebaran

lateral, ketebalan, komposisi, dan kualitas batubara. Untuk pembentukan suatu endapan yang berarti diperlukan suatu susunan pengendapan dimana terjadi produktifitas organik tinggi dan penimbunan secara perlahan-lahan namun terus menerus terjadi dalam kondisi reduksi tinggi dimana terdapat sirkulasi air yang cepat sehingga oksigen tidak ada dan zat organik dapat terawetkan. Kondisi demikian dapat terjadi diantaranya di lingkungan paralik (pantai) dan limnik (rawa-rawa).

Horne (1979) mengemukakan terdapat 4 lingkungan pengendapan utama pembentuk batubara yaitu *upper delta plain*, *transitional delta plain*, *lower delta plain*, *back barrier*. Tiap lingkungan pengendapan mempunyai asosiasi dan menghasilkan karakter batubara yang berbeda.

1. Lingkungan pengendapan *back barrier*

Lingkungan *back barrier* menghasilkan lapisan batubara yang tipis, pola sebarannya memanjang sejajar sistem penghalang, bentuk lapisan melebar karena dipengaruhi tidal *channel* setelah pengendapan atau bersamaan dengan proses pengendapan dan kandungan sulfurnya tinggi.

2. Lingkungan pengendapan *lower delta plain*

Lingkungan *lower delta plain* karakteristik batubaranya mengkilap, indeks pengawetan jaringan maseral rendah-menengah, indeks gelifikasi maseral tinggi-sangat tinggi, sulfurnya agak tinggi. Lapisan batubaranya tipis, sebaran sepanjang *channel* atau jurus pengendapan, ditandai hadirnya *splitting*. Litologinya didominasi oleh urutan serpih dan batulanau yang mengkasar kearah atas, ketebalannya berkisar antara 15-55 meter dengan pelamparan lateral. Pada

bagian bawah dari teluk tersusun atas lempung-serpih abu-abu gelap sampai hitam yang merupakan litologi dominan, kadang-kadang terdapat batugamping dan *mudstone siderite* yang sebarannya tidak teratur, pada bagian atas sikuen ini terdapat batupasir *ripples* dan struktur lain yang ada hubungannya dengan arus, hal ini menunjukkan adanya penambahan energi pada perairan dangkal ketika teluk terisi endapan.

3. Lingkungan pengendapan *upper delta plain*

Upper delta plain-fluvial tebal dapat mencapai lebih dari 10 meter, sebaran luas cenderung memanjang sejajar jurus pengendapan, kemenerusan lapisan lateral sering terpotong *channel*, di tandai *splitting*, *washout* dan kandungan sulfur rendah. Endapannya didominasi oleh bentuk linier, tubuhpasir lentikuler, pada tubuhpasir dapat gerusan pada bagian bawahnya, permukaan terpotong tajam, tetapi secara lateral pada bagian atas bagian batupasir ini melidah dengan serpih abu-abu, batulanau dan lapisan batubara. Sifat khas tersebut menunjukkan energi yang besar pada *channel* pada sekitar rawa kecil dan danau-danau, dari bentuk batupasir dan pertumbuhan lapisan *point bar* menunjukkan bahwa hal ini dikontrol oleh *meandering*.

4. Lingkungan pengendapan *transitional lower delta plain*

Tebal dapat lebih dari 10 meter, sebaran luas cenderung memanjang sejajar jurus pengendapan, kemenerusan lateral sering terpotong *channel*, di tandai *splitting* dan *washout* serta kandungan sulfur agak rendah. Lapisan batubara pada umumnya tersebar meluas dengan kecenderungan agak memanjang sejajar dengan jurus pengendapan. Lapisan batubara pada daerah *transitional lower*

delta plain terbentuk pada daerah transisi antara *upper delta plain* dan *lower delta plain* dan merupakan yang paling tebal dan penyebarannya juga paling luas karena perkembangan rawa yang ekstensif pada pengisian yang hampir lengkap dari teluk yang interdistribusi.

2.2.5 Kegunaan dan Pemakaian Batubara

Batubara ini memiliki nilai yang strategis dan potensial untuk memenuhi sebagian besar energi dalam negeri. Batubara sebagai bahan bakar digunakan pada industri kereta api, kapal laut, pembangkit tenaga listrik, dan industri semen (Anshari, 2016). Penggunaan batubara dalam bentuk briket untuk keperluan rumah tangga dan industri kecil. Pemanfaatan teknologi batubara bersih yang terus dikembangkan, antara lain adalah:

1. *UBC (Upgrading Brown Coal)*

UBC adalah proses peningkatan batubara berkalori rendah. Peningkatan mutu batubara dilakukan untuk batubara mutu rendah (< 5.000 kcal/kg) menjadi batubara mutu menengah sampai tinggi (>6.000 kcal/kg) dengan cara pengurangan kandungan total air (*total moisture reduction*). Kemudian dilanjutkan dengan pembangunan Demonstration Plant UBC berkapasitas di Kalimantan yang diresmikan pada tahun 2008 dengan menjalin kerjasama dengan Jepang. (Anshari, 2016).

2. *Pencairan Batubara (Coal Liquefaction)*

Coal liquifaction merupakan proses yang dilakukan pada jenis batubara peringkat rendah yang dibuat dalam bentuk batubara cair yang disebut minyak mentah sintetis. Minyak sintetis ini diproses lebih lanjut untuk mendapatkan

jenis bahan bakar yang siap pakai, seperti minyak bensin, solar, dan minyak tanah. Program pencairan batubara menjadi sangat penting, sehubungan dengan kebijakan energi yang dituangkan dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang didasarkan pada Perpres No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, dan Inpres No. 2 Tahun 2006 tentang Penyediaan Batubara yang dicairkan sebagai bahan bakar lain, yang salah satu sarannya adalah batubara cair harus dapat memenuhi kebutuhan akan bahan bakar sekitar dua persen dari jumlah kebutuhan nasional pada tahun 2025 mendatang. (Anshari, 2016).

3. Gasifikasi Batubara (*Coal Gasification*)

Seiring dengan program pencairan batubara, program gasifikasi batubara juga terus dilaksanakan. Proses gasifikasi batubara adalah proses yang mengubah batubara dari bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas dengan mengubah batubara menjadi gas, maka material yang tidak diinginkan yang terkandung dalam batubara seperti senyawa sulfur dan abu, dapat dihilangkan dari gas dengan menggunakan metode tertentu sehingga dapat dihasilkan gas bersih dan dapat dialirkan sebagai sumber energi. Teknologi gasifikasi batubara ini juga telah diterapkan sebagai campuran bahan bakar mesin diesel untuk keperluan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan kapasitas 250 kW (Anshari, 2016).

2.2.6 Sumberdaya Batubara

Sumber daya batubara adalah bagian dari endapan batubara yang diharapkan dapat dimanfaatkan. Perhitungan sumberdaya batubara dilakukan

dengan tujuan mengetahui berapa banyak endapan batubara yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pertambangan.

1. Dasar Klasifikasi Sumberdaya Batubara

Investigasi dari setiap deposit batubara dilakukan untuk memastikan apakah batubara dapat ditambang secara ekonomi, dan bahwa produk batubara dapat diperoleh yang akan dipasarkan. Persyaratan penting dari setiap penyelidikan batubara adalah itu penilaian dari sumber daya batubara di dalam area. Klasifikasi sumberdaya batubara didasarkan pada tingkat keyakinan geologi dan kajian kelayakan (Thomas,2013).

a. Tingkat Kepastian Geologis Mereka

Tingkat kepastian geologi secara kuantitatif diceminkan oleh jarak titik pengamatan dan kompleksitas geologi. Untuk menjustifikasi kondisi geologi (sederhana, moderat, kompleks) ini dilakukan oleh orang yang berkompoten. Berdasarkan tingkat kepastian geologi (Tabel 2.1), sumberdaya terukur harus mempunyai tingkat kepastian yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber daya tertunjuk, begitu pula sumber daya tertunjuk harus mempunyai tingkat keyakinan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber daya tereka. Sumber daya terukur dan tertunjuk secara berturut-turut dapat dikonversi menjadi cadangan terkira dan terbukti setelah memenuhi kriteria layak.

Tabel 2.1 Jarak titik informasi menurut kondisi geologi (SNI 5015:2019)

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumberdaya			
		Hipotetik	Terkira	Tertunjuk	Terukur
Sederhana	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$1000 < x = 1500$	$500 < x = 1000$	$x = 500$
Moderat	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$500 < x = 1000$	$250 < x = 500$	$x = 250$
Komplek	Jarak titik informasi (m)	Tidak terbatas	$200 < x = 400$	$100 < x = 200$	$x = 100$

b. Tingkat Kelayakan Ekonomi

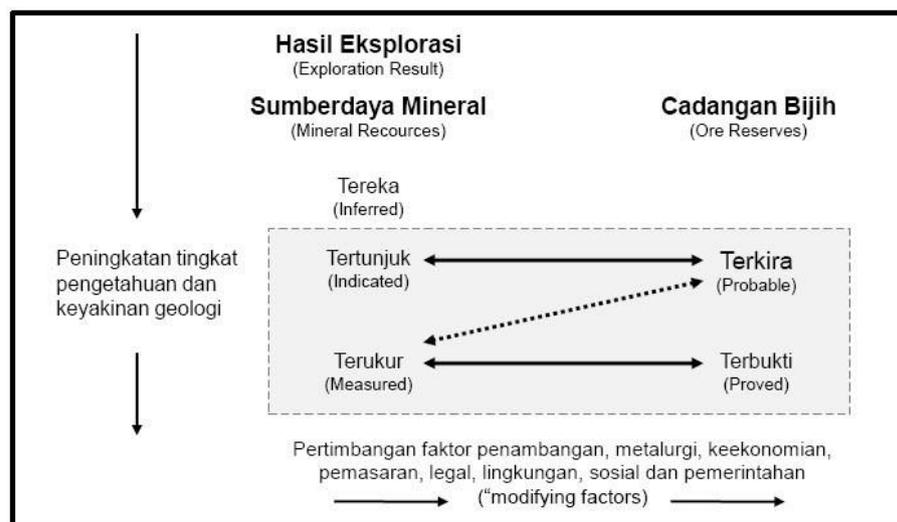
Aspek kelayakan merupakan faktor pengubah yang meliputi teknis penambangan, pengolahan, ekonomi, pemasaran, legalitas, lingkungan, sarana dan prasarana, sosial, serta peraturan perundang-undangan.

Hubungan antara sumberdaya berdasarkan SNI 4726:2011 (Gambar 2.3) adalah sebagai berikut :

- Sumberdaya tereka (*Inferred resource*), bagian dari sumber daya batubara di mana tonase dan kualitasnya dapat diperkirakan pada tingkat kepercayaan yang rendah menggunakan singkapan, lubang, cara kerja dan lubang bor. Jumlah dan distribusi titik pengamatan ditambah interpretatif data, jika tersedia, harus memberikan pemahaman yang cukup tentang geologi untuk memperkirakan kontinuitas lapisan batubara, kisaran ketebalan batubara dan kualitas batubara.
- Sumberdaya tertunjuk (*Indicated coal resource*) adalah sumber daya batubara dengan sumber daya yang lebih tinggi tingkat kepercayaan diri. Poin-poin pengamatan ditambah data interpretatif cukup untuk

memungkinkan yang realistis estimasi ketebalan rata-rata batubara, luas area, kisaran kedalaman, kualitas dan kuantitas insitu.

- Sumberdaya terukur (*Measured coal resource*) adalah sumber daya batubara di mana titik-titik pengamatan, yang dapat dilengkapi dengan data interpretatif, cukup untuk memungkinkan estimasi andal dari ketebalan rata-rata batubara, areal tingkat, kisaran kedalaman, kualitas dan kuantitas insitu. Ini untuk memberikan tingkat kepercayaan yang cukup untuk menghasilkan rencana tambang yang terperinci dan menentukan biaya penambangan dan biaya batubara ditambah spesifikasi untuk produk yang dapat dipasarkan. Batubara terukur sumber daya dapat diperkirakan menggunakan data yang diperoleh dari titik pengamatan biasanya kurang dari 500 m. Jarak ini dapat diperpanjang jika orang yang kompeten menganggap bahwa variasi apa pun untuk estimasi akan tidak mungkin secara signifikan mempengaruhi potensi kelayakan ekonomi.



Gambar 2.4 Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara (SNI 4726:2011)

2. Metode Perhitungan Sumberdaya Batubara

Penghitungan sumber daya batubara dilakukan dengan berbagai metode diantaranya *cross section*, *isoline*, model blok dan poligon.

a. Metode *Cross section*

Masih sering dilakukan pada tahap-tahap paling awal dari perhitungan. Hasil perhitungan secara manual ini dapat dipakai sebagai alat pembanding untuk mengecek hasil perhitungan yang lebih canggih dengan menggunakan komputer.

b. Metode *Isoline* (Metode Kontur)

Metode ini dipakai untuk digunakan pada endapan dimana ketebalan dan kadar mengecil dari tengah ke tepi endapan. Volume dapat dihitung dengan cara menghitung luas daerah yang terdapat di dalam batas kontur, kemudian mempergunakan prosedur-prosedur yang umum dikenal.

c. Metode Model Blok (*Grid*)

Aspek yang paling penting dalam perhitungan cadangan adalah metode penaksiran, terdapat bermacam-macam metode penaksiran yang bisa dilakukan yaitu metode klasik yang terdiri dari NNP (*Neighborhood Nearest Point*) dan IDW (*Inverse Distance Weighting*) serta metode non klasik yaitu penaksiran dengan menggunakan Kriging. Metode Kriging adalah yang paling baik dalam hal ketepatan penaksirannya (interpolasi), metode ini sudah memasukkan aspek spasial (posisi) dari titik referensi yang akan digunakan untuk menaksir suatu titik tertentu.

d. Metode poligon (*area of influence*)

Metode poligon ini merupakan metode perhitungan yang konvensional. Metode ini umum diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana. Kadar pada suatu luasan di dalam poligon ditaksir dengan nilai contoh yang berada di tengah-tengah poligon sehingga metode ini sering disebut dengan metode poligon daerah pengaruh (*area of influence*). Daerah pengaruh dibuat dengan membagi dua jarak antara dua titik contoh dengan satu garis sumbu.

Perhitungan sumberdaya batubara di Indonesia sendiri sudah memiliki acuan terhadap metode perhitungan sumberdaya batubara yaitu berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional. Metode perhitungan besarnya sumberdaya batubara berdasarkan SNI prinsipnya adalah sama dengan metode circular USGS. Perbedaannya hanya terletak pada radius dari jarak titik informasi batubara yang mengacu pada kondisi geologi daerah tersebut. Untuk menghitung besarnya sumberdaya batubara berdasarkan SNI 2011.

2.2.7 Tahap Eksplorasi Rinci Batubara

Eksplorasi Rincian (*Detailed exploration*) Tahap eksplorasi ini dimaksudkan untuk mengetahui kuantitas dan kualitas serta model tiga dimensi endapan batubara secara lebih rinci.

Kegiatan yang harus dilakukan adalah pemetaan geologi dan topografi dengan skala minimal 1:2.000, pemboran dan pencontohhan yang dilakukan dengan

jarak yang sesuai dengan kondisi geologinya, penampangan (*logging*) geofisika, serta pengkajian geohidrologi dan geoteknik.

1. Pemboran

Kegiatan pengeboran dalam eksplorasi batubara ini secara umum bertujuan untuk mengetahui data geologi bawah permukaan (*subsurface*) nya, diantaranya urutan stratigrafi batuan, posisi kedalaman batubara, ketebalan batubara, untuk mendapatkan sampel batubara untuk kemudian dianalisis kualitasnya, termasuk untuk kajian tertentu seperti geologi teknik ataupun geohidrologi yang bertujuan untuk mendapatkan data geologi teknik dan muka air tanah. Tujuan lain dari kegiatan pengeboran ini adalah untuk menambah titik informasi yang berguna untuk meningkatkan kelas sumberdaya dan cadangan serta menambah keyakinan geologi (Nurcahyo, 2014).

Metode pengeboran yang digunakan dalam kegiatan pengeboran Batubara adalah *Open Hole*, *Full core*, dan *Touch Core*.

- a. *Open Hole* merupakan teknik pengeboran dengan melubangi area tertentu sampai kedalaman yang telah direncanakan. Pengambilan sampelnya berdasarkan hasil potongan batuan dari tiap gerusan mata bor per *run* atau per pipa bor biasanya per 1,5 meter yang biasa disebut *cutting* (Nurcahyo, 2014).
- b. *Full Core* merupakan teknik pengeboran yang dilakukan sampai kedalaman yang direncanakan dengan mengambil sampel berupa inti (*core*) batuan tanpa dilakukan pengeboran *open hole*. Pengambilan sampel ini pun

biasanya per 1,5 meter atau 3 meter tergantung panjang pipa yang digunakan (Nurcahyo, 2014)

- c. *Touch Core* merupakan teknik pengeboran yang awalnya dilakukan dengan teknik *open hole* dan ketika mata bor menyentuh lapisan batubara, yang terindikasi dari lubang bor dengan keluarnya sampel *cutting* batubara dan air pengeboran berwarna coklat tua-hitam akibat batubara tergerus, maka pomboran akan di *stop* putaran bornya. Selanjutnya, stang bor diangkat dan mata bor akan diganti dengan jenis mata bor seperti pada *full core* untuk pengambilan sampel inti batuan (Nurcahyo, 2014).

2. Percontohan

Percontohan merupakan kegiatan lanjutan dari eksplorasi terdahulu yakni pembuatan sumur uji/*trenching* guna mendapatkan data-data yang lebih teliti.

3. *Logging* geofisika

Penampangan (*logging*), merupakan kegiatan perekaman data-data hasil dari pemboran. *Logging* geofisik untuk eksplorasi batubara dirancang tidak hanya untuk mendapatkan informasi geologi, tetapi untuk memperoleh berbagai data lain, seperti kedalaman, ketebalan dan kualitas lapisan batubara, dan sifat geomekanik batuan yang menyertai penambahan batubara. Dan juga mengkompensasi berbagai masalah yang tidak terhindar apabila hanya dilakukan pengeboran, yaitu pengecekan kedalaman sesungguhnya dari lapisan penting, terutama lapisan batubara atau *sequence* rinci dari lapisan batubara termasuk parting dan lain lain (Anshari, 2016).

2.2.8 Analisa Kualitas Batubara

Kualitas batubara berperan penting dalam menentukan kelas batubara. Terdapat lima unsur utama pembentuk batubara, yaitu karbon (C), hidrogen (H), sulfur (S), nitrogen (N), oksigen (O₂), dan fosfor. Penentuan kualitas batubara dapat diperoleh dengan cara mengetahui parameter kualitas pada batubara. Hal ini dapat diketahui menggunakan analisis kimia dan pengujian laboratorium terhadap sampel batubara. Analisis kualitas batubara terdiri dari dua jenis, yaitu analisis ultimat dan analisis proksimat.

Analisis ultimat adalah analisis sederhana yang digunakan untuk mengetahui unsur-unsur pembentuk batubara dengan hanya memperhatikan unsur kimia pembentuk yang penting dan mengabaikan keberadaan senyawa kompleks yang ada di dalam batubara.

Salah satu senyawa yang umum dijumpai pada endapan batubara adalah sulfur. Beberapa jenis sulfur yang umum dijumpai pada batubara, yaitu:

1. Pirit (FeS₂), dijumpai berupa bentukan makrodeposit, seperti lensa, urat, dan rekahan (*joint*).
2. Sulfur organik, secara kimia terikat dalam endapan batubara dengan jumlah antara 20 – 80%.
3. Sulfur sulfat, umumnya dijumpai berupa kalsium sulfat dan besi sulfat dengan jumlah relatif kecil.

Analisis proksimat digunakan untuk menentukan kelas (*rank*) batubara. Analisis ini memiliki empat parameter utama yang digunakan, yaitu:

1. Kadar air (*moisture*), yaitu kandungan air yang terdapat pada batubara. Kadar air sendiri dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:
2. Kadar air bebas (*free surface moisture*), yaitu air yang menempel pada permukaan batubara yang berasal dari air hujan dan juga air semprotan yang mana akan mudah menguap dalam kondisi laboratorium.
3. Kadar air bawaan (*inherent moisture*), yaitu air yang terdapat pada rongga (pori) dan mineral yang terdapat dalam batubara. Air ini dapat dihilangkan dengan suhu pemanasan 105⁰-110⁰C.
4. Kadar air total (*total moisture*), merupakan jumlah dari kadar air bebas ditambah dengan kadar air bawaan.
5. Kadar abu (*ash*), yaitu kandungan bahan inorganik yang tertinggal atau tidak terbakar sewaktu batubara dibakar pada suhu 815⁰C.

Zat terbang (*volatile matter*), yaitu komponen-komponen dalam batubara yang dapat lepas atau menguap pada saat dipanaskan di ruang hampa udara pada suhu 900⁰C. Zat terbang ini meliputi zat terbang mineral (*volatile mineral matter*) dan zat terbang organik (*volatile organik matter*)

2.3. Program *Minescape* 5.7

2.3.1. Stratmodel

Stratmodel adalah salah satu aplikasi dari *minescape* yang dirancang untuk membuat dan mengolah model tiga dimensi suatu endapan geologi yang berlapis terutama batubara atau endapan-endapan geologi lainnya. Stratmodel adalah produk yang dipergunakan untuk membuat model struktur geologi endapan batubara, gunan membentuk suatu model struktur geologi batubara yang

komprehensif maka diperlukan data-data seperti data-data lubang bor, data survei, data singkapan dan data struktur patahan. Stratmodel didasarkan pada prinsip umum stratigrafi terutama tentang urutan lapisan yang diendapkan pada suatu periode tertentu yang menerus atau selaras. Sesuai dengan prinsip stratigrafi tersebut, stratmodel membuat model dengan cara mengkorelasikan unit-unit yang sama pada suatu lapisan pemboran, survey dan lain sebagainya. Model yang dibuat atau dihasilkan akan dikontrol oleh suatu defenisi yang disebut *schema* (Hawadi,2019).