

SKRIPSI

**ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA TERUKUR
BERDASARKAN DATA PENGEBORAN PADA BLOK X PIT
NAKULA KALIMANTAN TIMUR**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD ISHAR YASRI
D061 18 1017**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA TERUKUR
BERDASARKAN DATA PENGEBORAN PADA BLOK X PIT
NAKULA KALIMANTAN TIMUR**

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

OLEH

**MUHAMMAD ISHAR YASRI
D061 18 1017**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA TERUKUR BERDASARKAN DATA PENGEBORAN PADA BLOK X PIT NAKULA KALIMANTAN TIMUR

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD ISHAR YASRI
D061 18 1017


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


Pada tanggal 24 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Sultan, S.T., M.T.
NIP 19700705 199702 1 002


Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng
NIP 19880130 201903 1 005

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Ishar Yasri

NIM : D061181017

Program Studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Estimasi Sumberdaya Batubara Terukur Berdasarkan Data Pengeboran Pada Blok X Pit Nakula Kalimantan Timur”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak mana pun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Makassar, 24 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Ishar Yasri

ABSTRAK

MUHAMMAD ISHAR YASRI. *Estimasi Sumberdaya Batubara Terukur Berdasarkan Data Pengeboran Pada Blok X Pit Nakula Kalimantan Timur (dibimbing oleh Dr. Sultan, S.T., M.T. dan Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng.)*

Pemodelan merupakan penggambaran keadaan di bawah permukaan bumi secara 3 dimensi. Pemodelan geologi ini bertujuan untuk mengetahui penyebaran dan ketebalan batubara, estimasi sumberdaya batubara, dan analisa lingkungan pengendapan batubara pada PIT Nakula Kalimantan Timur.

Secara administratif daerah penelitian ini terletak di Desa Batuah, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis terletak pada 117°5'4.16" BT dan 0°43'18.15" LS. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan *seam* batubara dengan menggunakan *software minescape 5.7*. Data yang digunakan yaitu data 25 titik bor pada lokasi penelitian.

Hasil dari pemodelan batubara menghasilkan 5 *seam* yaitu, *seam* B, *seam* BU, *seam* BL, *seam* C dan *seam* D, dengan arah umum penyebaran relatif Utara ke Selatan. Rata-rata ketebalan *seam* B 3.19 meter, *seam* BU 3.53 meter, *seam* BL 1.62 meter, *seam* C 1.73 meter, dan *seam* D 4.83 meter. Sumberdaya terukur pada *seam* B sebanyak 1.352.849 ton. Sumberdaya terukur pada *seam* BU sebanyak 1.146.571 ton. Sumberdaya terukur pada *Seam* BL sebanyak 394.494 ton. Sumberdaya terukur pada *Seam* C adalah sebanyak 926.654 ton. Sumberdaya terukur pada *Seam* D sebanyak 3.987.316 ton. Lingkungan pengendapan batubara adalah *lower delta plain* yang ditentukan dari parameter kualitas yang menunjukkan kandungan sulfur yang sedang-tinggi, kenampakan perlapisan dan ketebalan batubara yang bervariasi dari tipis hingga tebal.

Kata Kunci : Batubara, Pemodelan, *Minescape*, Penyebaran Ketebalan, Estimasi Sumberdaya

ABSTRACT

MUHAMMAD ISHAR YASRI. *Estimation of Measured Coal Resources Based on Drilling Data at Block X Pit Nakula East Kalimantan (supervised by Dr. Sultan, S.T., M.T. and Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng.).*

Modeling is a 3-dimensional depiction of the earth's subsurface. This geological modeling aims to determine the distribution and thickness of coal, estimation of coal resources, and analysis of coal deposition environment at PIT Nakula East Kalimantan. Administratively, the research area is located in Batuah Village, Loa Janan District, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province.

Geographically located at 117°5'4.16" East and 0°43'18.15" LS. The method used in this research is coal seam modeling using minescape 5.7 software. The data used is data from 25 drill points at the research location.

The results of coal modeling produced 5 seams, namely, seam B, seam BU, seam BL, seam C and seam D, with the general direction of relative distribution from north to south. The average thickness of seam B is 3.19 meters, seam BU is 3.53 meters, seam BL is 1.62 meters, seam C is 1.73 meters, and seam D is 4.83 meters. The measured resource in seam B is 1,352,849 tons. Measured resource in seam BU is 1,146,571 tons. Measured resource in Seam BL is 394,494 tons. Measured resource in Seam C is 926,654 tons. Measured resource in Seam D is 3,987,316 tons. The coal depositional environment is lower delta plain which is determined from the quality parameters that show medium-high sulfur content, the appearance of coal seams and thickness that varies from thin to thick.

Keywords: *Coal, Modeling, Minescape, Distribution Thickness, Resource Estimation*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayahnya yang selalu diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Estimasi Sumberdaya Batubara Terukur Berdasarkan Data Pengeboran pada Blok X PIT Nakula Kalimantan Timur”**.

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

Teristimewa penulis haturkan terima kasih kepada ibunda Asma Gala dan ayahanda Yasri Mallarangan selaku orang tua dan saudara 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 Dr. Sultan, S.T., M.T. sebagai Pembimbing Utama atas segala bimbingannya selama ini.
2. Bapak Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng. sebagai Pembimbing Pendamping atas segala bimbingannya selama ini.
3. Bapak Safruddim, S.T., M. Eng dan Ibu Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam proses penyusunan laporan.
4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri,,S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Yuno Rialdi, Bapak Ryan Muhammad, dan Bapak Decky sebagai pembimbing kuliah praktik di PT. Ansaf Inti Resources atas segala bimbingannya.
6. Bapak dan Ibu dosen di Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama ini
7. Bapak dan Ibu staf administrasi Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama ini.

8. Teman-teman mahasiswa geologi Angkatan 2018 (Xenolith) atas segala dukungannya.
9. Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH).
10. 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 skripsi 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, 24 Agustus 2023

Muhammad Ishar Yasri

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Waktu, Letak dan Kesampaian Daerah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional.....	5
2.1 1 Stratigrafi regional	6
2.1 2 Struktur geologi regional	9
2.2 Batubara	10
2.2.1 Pengertian	10

2.2.2	Genesa batubara	11
2.2.3	Klasifikasi peringkat batubara	14
2.2.4	Lingkungan pengendapan batubara	15
2.2.5	Pemanfaatan batubara	18
2.2.6	Struktur lapisan batubara	19
2.2.7	Sumberdaya batubara.....	21
2.2.8	Explorasi rinci batubara	25
2.3	<i>Minescape 5.7</i>	26
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....		28
3.1	Metode Penelitian.....	28
3.2	Tahap Penelitian.....	28
3.2.1	Tahap pendahuluan	28
3.2.2	Tahap pengambilan data	29
3.2.3	Tahap pengolahan data.....	32
3.2.4	Tahap penyusunan laporan.....	33
3.3	Diagram Alir	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Rekapitulasi Data Penelitian	35
4.2	Pola Sebaran Lapisan Batubara.....	38
4.3	Ketebalan Batubara Daerah Penelitian.....	39
4.3.1	<i>Seam BU</i>	40
4.3.2	<i>Seam B</i>	41
4.3.3	<i>Seam BL</i>	41
4.3.4	<i>Seam C</i>	42
4.3.5	<i>Seam D</i>	42
4.4	Sumberdaya Batubara Daerah Penelitian	43

4.4.1 Sumberdaya batubara <i>seam</i> BU	44
4.4.2 Sumberdaya batubara <i>seam</i> B	44
4.4.3 Sumberdaya batubara <i>seam</i> BL.....	44
4.4.4 Sumberdaya batubara <i>seam</i> C	44
4.4.5 Sumberdaya batubara <i>seam</i> D.....	44
4.5 Lingkungan Pengendapan Batubara Daerah Penelitian	44
BAB V PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data survei titik bor daerah penelitian	35
Tabel 2 Data keterdapatn batubara pada setiap sumur bor.....	36
Tabel 3 Data ketebalan batubara seam BU pada 15 sumur bor berdasarkan data bor.....	40
Tabel 4 Data ketebalan batubara seam B pada 7 sumur bor berdasarkan data bor.....	41
Tabel 5 Data ketebalan batubara seam BL pada 15 sumur bor berdasarkan data bor.....	41
Tabel 6 Data ketebalan batubara seam C pada 18 sumur bor berdasarkan data bor	42
Tabel 7 Data ketebalan batubara seam D pada 9 sumur bor berdasarkan data bor	43
Tabel 8 Sumberdaya batubara pada daerah penelitian.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta tunjuk lokasi	4
Gambar 2 Peta Regional Cekungan Kutai (Modifikasi Moss et al., 1997).....	5
Gambar 3 Stratigrafi Peta Geologi Regional Lembar Samarinda (S. Supriatna ddk, 1995)	8
Gambar 4 Peta Geologi Regional Lembar Samarinda (S. Supriatna dkk, 1995)...	10
Gambar 5 Tahap pembentukan batubara (Susilawati, 1992)	12
Gambar 6 Model lingkungan pengendapan batubara (Horne dkk, 1978).....	17
Gambar 7 Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara (SNI 4726:2011)	23
Gambar 8 Kegiatan drilling dengan tipe rig Jacro 175 dan hole id DHKB_B01C30	
Gambar 9 Contoh sampel cutting pada hole DHKB_B05C	30
Gambar 10 Contoh sampel coring pada hole DHKB_B04C	31
Gambar 11 Diagram alir	34
Gambar 12 Kenampakan PIT Nakula menggunakan drone.....	37
Gambar 13 Penampang 3D sebaran seam batubara	38
Gambar 14 Diagram statistik ketebalan seam batubara PIT Nakula	40

DAFTAR LAMPIRAN

1. Tabel data pengeboran
2. Tabel data survei
3. Peta sebaran titik bor
4. Peta *Isopach Seam B*
5. Peta *Isopach Seam BU*
6. Peta *Isopach Seam BL*
7. Peta *Isopach Seam C*
8. Peta *Isopach Seam D*
9. Peta *Cropline*
10. Penampang 2 Dimensi
11. Penampang 3 Dimensi
12. Peta Sumberdaya *Seam B*
13. Peta Sumberdaya *Seam BU*
14. Peta Sumberdaya *Seam BL*
15. Peta Sumberdaya *Seam C*
16. Peta Sumberdaya *Seam D*

LAMPIRAN LEPAS

1. Pemodelan 3D *Seam B*
2. Pemodelan 3D *Seam BU*
3. Pemodelan 3D *Seam BL*
4. Pemodelan 3D *Seam C*
5. Pemodelan 3D *Seam D*
6. Pemodelan *Seam Batubara*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari proses penggabutan dan pembatubaraan di dalam suatu cekungan (daerah rawa) dalam jangka waktu geologi yang meliputi aktivitas bio-geokimia terhadap akumulasi flora di alam yang mengandung selulosa dan lignin. Proses pembatubaraan juga dibantu oleh faktor tekanan (berhubungan dengan kedalaman), dan suhu (berhubungan dengan pengurangan kadar air dalam batubara) (Sukandarrumidi, 1995).

Kebanyakan sumberdaya batubara di Indonesia merupakan peringkat rendah. Diperkirakan sumberdaya batubara tersebut mencapai 58 milyar ton yang terbentang di beberapa wilayah Indonesia. Sumberdaya batubara paling banyak terdapat di Sumatera dan Kalimantan. Keterdapatannya pada suatu area eksplorasi dipengaruhi oleh berbagai hal, salah satunya ialah kondisi geologi. Karena berbagai pengaruh inilah, maka akan ada perbedaan karakter dari tiap lapisannya, baik dari segi kuantitatif maupun kualitatif.

Kegiatan eksplorasi ini meliputi pemboran geologi dan pemetaan geologi yang lebih rinci. Hasil dari kegiatan eksplorasi ini diharapkan dapat memberikan informasi geologi yang lebih akurat terkait jumlah sumberdaya dan kualitas batubara sehingga dapat menjadi sumber informasi yang sangat baik dalam membuat perencanaan dan pengembangan wilayah tambang dalam keberlangsungan bisnis perusahaan serta dapat menentukan daerah yang prospek untuk ditambang.

Maka dari itu, untuk mengetahui informasi yang representatif mengenai kompleksitas keterdapatannya endapan batubara dirasa perlu untuk penulis membuat suatu penelitian yang berjudul “Estimasi Sumberdaya Batubara Terukur Berdasarkan Data Pengeboran Pada Blok X Pit Nakula”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan menjadi pembahasan dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana pola penyebaran endapan batubara pada daerah penelitian ?
2. Berapa rata-rata ketebalan tiap *seam* batubara pada daerah penelitian ?
3. Berapa estimasi sumberdaya terukur tiap *seam* batubara pada daerah penelitian ?
4. Bagaimana analisa lingkungan pengendapan dari lapisan batubara pada daerah penelitian ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Memberikan informasi dan mengetahui pola penyebaran endapan batubara pada daerah penelitian.
2. Mengetahui rata-rata dari ketebalan tiap *seam* batubara pada daerah penelitian.
3. Mengetahui jumlah estimasi sumberdaya terukur tiap *seam* batubara pada daerah penelitian.
4. Mampu menganalisa lingkungan pengendapan dari lapisan batubara pada daerah penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada akademisi maupun industri mengenai pola penyebaran, ketebalan serta estimasi sumberdaya batubara pada daerah penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan penelitian yang lebih berkelanjutan.

1.5 Batasan Masalah

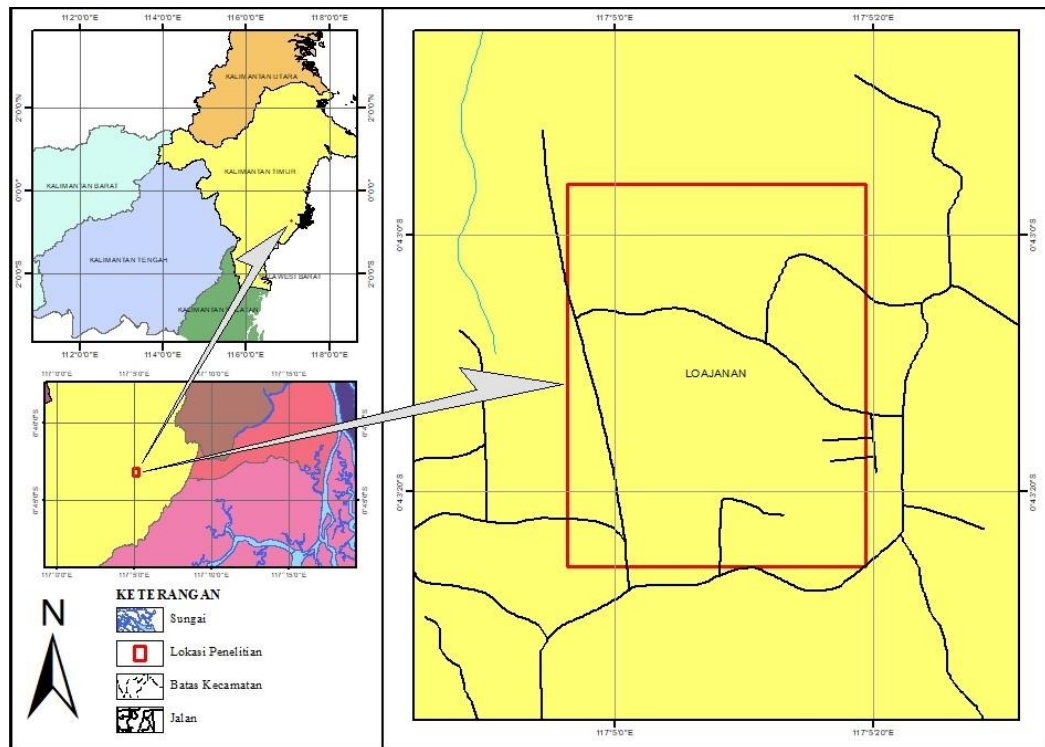
Dalam penelitian ini cakupan permasalahan dibatasi pada identifikasi pola sebaran lapisan batubara, ketebalan, dan estimasi sumberdaya batubara di area penambangan PIT Nakula pada *seam* BU, B, BL, C, dan D, Kalimantan Timur, Indonesia.

1.6 Waktu, Letak dan Kesampaian Daerah

Secara administratif daerah penelitian ini terletak di Desa Batuah, Kecamatan Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis terletak pada $117^{\circ}5'4.16''$ BT dan $0^{\circ}43'18.15''$ LS. Jarak tempuh dari Kota Makassar menuju daerah penelitian adalah sekitar ± 686 Km yang dapat dituju dengan menggunakan jalur udara berupa pesawat ke Balikpapan sekitar ± 45 menit, dan dilanjutkan dengan jalur darat menggunakan mobil ± 2 jam ke lokasi penelitian.

Daerah penelitian juga dapat ditempuh menggunakan jalur laut dengan kapal laut melalui dua rute perjalanan. Pertama dari Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan menuju Pelabuhan Soekarno Hatta, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan dengan jarak ± 16 Km yang di tempuh sekitar ± 1 jam. Selanjutnya menggunakan transportasi kapal laut menuju Pelabuhan Semayang, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur dengan jarak 535 Km yang ditempuh sekitar ± 24 jam. Kemudian menggunakan kendaraan roda dua atau roda empat dari Pelabuhan Semayang, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur menuju lokasi penelitian, Kecamatan Loajanan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur dengan jarak 90 Km yang ditempuh sekitar ± 2 jam.

Rute kedua menggunakan kendaraan roda dua atau roda empat dari Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan menuju Pelabuhan Nusantara Pare pare, Kota Pare pare, Provinsi Sulawesi Selatan dengan jarak ± 165 Km yang di tempuh sekitar ± 4 jam. Selanjutnya menggunakan transportasi kapal laut menuju Pelabuhan Samarinda, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur dengan jarak 566 Km yang ditempuh sekitar ± 20 jam. Kemudian menggunakan kendaraan roda dua atau roda empat dari Pelabuhan Samarinda, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur menuju lokasi penelitian, Kecamatan Loajanan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur dengan jarak 36 Km yang ditempuh sekitar ± 1 jam

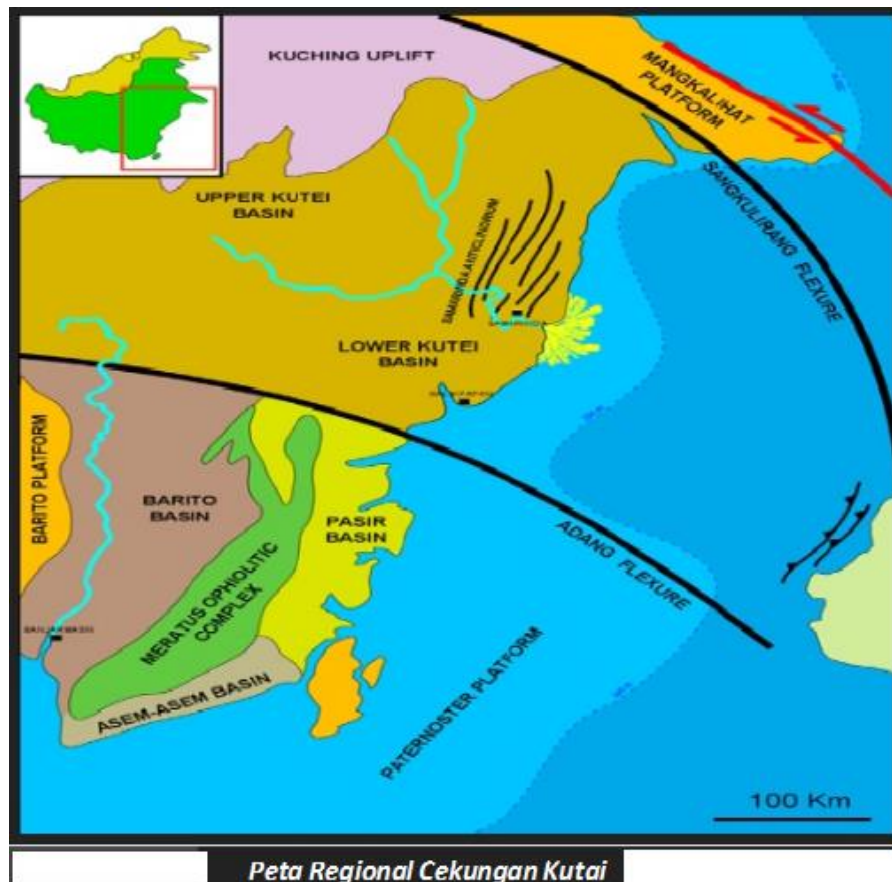


Gambar 1 Peta tunjuk lokasi

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Secara regional daerah penelitian termasuk dalam cekungan Kutai yang terdiri dari batuan sedimen dengan kisaran umur dari Tersier sampai Kuartar. Cekungan Kutai dari tua ke muda terdiri dari Formasi Beriun, Formasi Atan, Formasi Marah, Formasi Pamaluan, Formasi Bebuluh, Formasi Pulau Balang, Formasi Balikpapan, Formasi Kumpangbaru dan Formasi Mahakam (menurut Satyana et al, 1999). Daerah penelitian termasuk dalam lingkungan pengendapan Cekungan Tarakan, Cekungan Tarakan merupakan salah satu dari tiga cekungan tersier utama yang terdapat di bagian 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.



Gambar 2 Peta Regional Cekungan Kutai (Modifikasi Moss et al., 1997)

Cekungan Kutai dibatasi oleh *Paternoster Platform*, Barito Basin, dan Pegunungan Meratus ke selatan, dengan *Schwaneer Blok* ke barat daya, lalu Tinggian Mangkalihat di sebelah utara – timur laut, dan *Central Kalimantan Mountains* (Moss dan Chambers, 1999) untuk barat dan utara. *Cekungan Kutai* memiliki sejarah yang kompleks (Moss et al., 1997), dan merupakan satu – satunya cekungan Indonesia yang telah berevolusi dari internal *rifting fracture/foreland basin* ke *marinal-sag*. Sebagian besar produk awal pengisi Cekungan Kutai telah terbalik dan diekspos (Satyana et al., 1999), pada Miosen Tengah sampai Miosen Akhir sebagai akibat dari terjadinya tumbukan / kolusi *block Micro Continent*. Dari peristiwa ini menyebabkan adanya pengangkatan cekungan, perubahan sumbu antiklin dan erosi permukaan yang mengontrol sedimentasi pada Delta Mahakam. Delta Mahakam terbentuk di mulut sungai Mahakam sebelah timur pesisir Pulau Kalimantan. Dengan garis pantainya berorientasi arah NE – SW dan dibatasi oleh Selat Makassar, selat yang memisahkan pulau Kalimantan dan Sulawesi.

Cekungan Kutai termasuk cekungan tersier terbesar dan terdalam yang ada di Indonesia. Cekungan ini termasuk dalam klasifikasi *Paleogene Continental Fracture-Neogen Passive Margin*. Secara geografis, cekungan ini terletak di bagian timur Pulau Kalimantan dengan koordinat 103° LU - 2° LS dan 113°-118° BT. Batuan dasar Cekungan Kutai disusun oleh kerak kontinen yang di mana merupakan bagian dari Kraton Sunda dan akresi dari lempeng mikro. *Adang Flexure* dengan arah umur barat laut – tenggara membatasi bagian selatan dari Cekungan Kutai dan Cekungan Barito.

2.1 1 Stratigrafi regional

Merujuk pada Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan Timur, PIT Nakula dari muda ke tua didominasi formasi yang tersusun atas Aluvium, Formasi Kampungbaru, Formasi Balikpapan, Formasi Pulau Balang, Formasi Bebuluh dan Formasi Pamaluan.

1. Satuan Aluvium (Qa)

Kerikil, pasir, dan lumpur terendapkan dalam lingkungan sungai, rawa, delta dan pantai.

2. Formasi Kampungbaru (Tpkb)

Batupasir kuarsa dengan sisipan lempung, serpih, lanau dan lignit. Pada umumnya lunak, mudah hancur. Batupasir kuarsa, putih, setempat kemerahan atau kekuningan, tidak berlapis, mudah hancur. Setempat mengandung lapisan tipis oksida besi atau konkresi, tufaan atau lanauan dan sisipan batupasir konglomeratan atau konglomerat dengan komponen kuarsa, kalsedon, serpih merah dan lempung, diameter 0.5-1 cm, mudah lepas. Lempung kelabu kehitaman mengandung sisa tumbuhan, kepingan batubara, koral lanau, kelabu tua, menyerpih, laminasi lignit, tebal 1-2 m. Diduga berumur Miosen Akhir-Plio Pleistosen. Lingkungan pengendapan delta-laut dangkal, tebal lebih dari 500 m. Formasi ini menindih selaras dan setempat tidak selaras terhadap Formasi Balikpapan.

3. Formasi Balikpapan (Tmbp)

Perselingan batupasir dan lempung dengan sisipan lanau, disisipi lapisan batubara, tebal 5-10 cm. Batupasir gampingan, coklat, berstruktur sedimen lapisan bersusun dan silang siur, tebal lapisan 20-40 cm, mengandung foram kecil, disisipi lapisan tipis karbon. Lempung kelabu kehitaman, setempat mengandung lensa-lensa batupasir gampingan. Lensa gampingan berlapis tipis, serpih kecokelatan, berlapis tipis. Batugamping pasiran mengandung foraminifera besar, moluska. Menunjukkan umur Miosen Akhir Bagian Bawah-Miosen Tengah Bagian Atas. Lingkungan Pengendapan paras delta-dataran delta. Tebal 1000 - 1500 m.

4. Formasi Pulau Balang (Tmpb)

Perselingan antara greywake dan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara dan tufa dasit. Batupasir grewacke, kelabu kehijauan, padat, tebal lapisan antara 50-100 cm. Batupasir kuarsa, kelabu kemerahan, setempat tufa dan gampingan, tebal lapisan antara 10-40 cm. Di S. Lon Haur mengandung foram besar antara lain *Austrotrilina howchini*, *Borelis Sp*, *Lepidocyclina Sp*, *Miogypsina Sp*, menunjukkan umur Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapan laut dangkal. Batulempung kelabu kehitaman, tebal lapisan 1-2 cm. Setempat berselingan dengan batubara, tebal ada yang mencapai 4 m. Tufa dasit, putih merupakan sisipan dalam batupasir kuarsa.

5. Formasi Bebuluh (Tmb)

Batugamping terumbu dengan sisipan batugamping pasiran dan serpih, warna kelabu, padat mengandung foram besar, berbutir sedang. Setempat

batugamping menghablur, terkekar tak beraturan. Serpih, kelabu kecokelatan berselingan dengan batupasir halus kelabu tua kehitaman. Foraminifera besar yang dijumpai antara lain *Lepidocyclina Sumatraensis* Brady, *Myogipsina* sp., *Operculina* sp., menunjukkan umur Miosen Awal - Miosen Tengah. Lingkungan pengendapan laut dangkal dengan ketebalan sekitar 300 m. Formasi Bebuluh tertindih selaras oleh Formasi Pulau Balang.

AGE	COLUMN	UNIT	LITHOLOGY	FAUNAL ZONES	THICKNESS (MT)	
TERTIARY	MIOCENE-PLIOCENE	KAMPUNG BARU	SANDSTONE LIGNITE SILTSTONE MUDSTONE		0 TO 666	
		BALIKPAPAN BEDS	LIGNITE WHITE SANDSTONE LIMESTONE		233 TO 3500	
	EARLY MIOCENE	PULAU BALANG BEDS	UPPER	MUDSTONE THIN SANDSTONE COAL	<i>Globigerinoides sicanus</i> <i>Globigerinoides diminutus</i>	1265 TO
			LOWER	GRAY SANDSTONE MUDSTONE LIMESTONE		3000
		BEBULUH MEMBER	PAMALUAN BEDS	LIMESTONE MUDSTONE SANDSTONE	<i>Globigerinita stainforthi</i> <i>stainforthi</i>	600 TO 2733
				MUDSTONE COAL SANDSTONE LENSES	<i>Globigerinita dissimilis dissimilis</i> <i>Globigerina binaleis</i>	466 TO 1616
				TUJU BEDS	MUDSTONE	<i>Globorotalia kugleri</i>
	OLIGOCENE	TELAKAI BEDS	CALCIRUDITE	<i>Globorotalia (T) centralis</i> <i>Globogenna gortanii gortanii</i>	1233 TO	
			MUDSTONE	<i>Cribahantkenina inflata</i> <i>Globorotalia (T) cerroazunensis</i>	2600	
	LATE EOCENE	KUARO BEDS	CALCIRUDITE BROWNSHALE SANDSTONE CONGLOMERATE	<i>Globigerapsis mexicana</i>	600 TO 1750	
PRE-TERTIARY		BASEMENT	METASEDIMENTARY SERPENTINE-EXTRUSIVE	NONE (IGNEOUS, METAMORPHIC)		

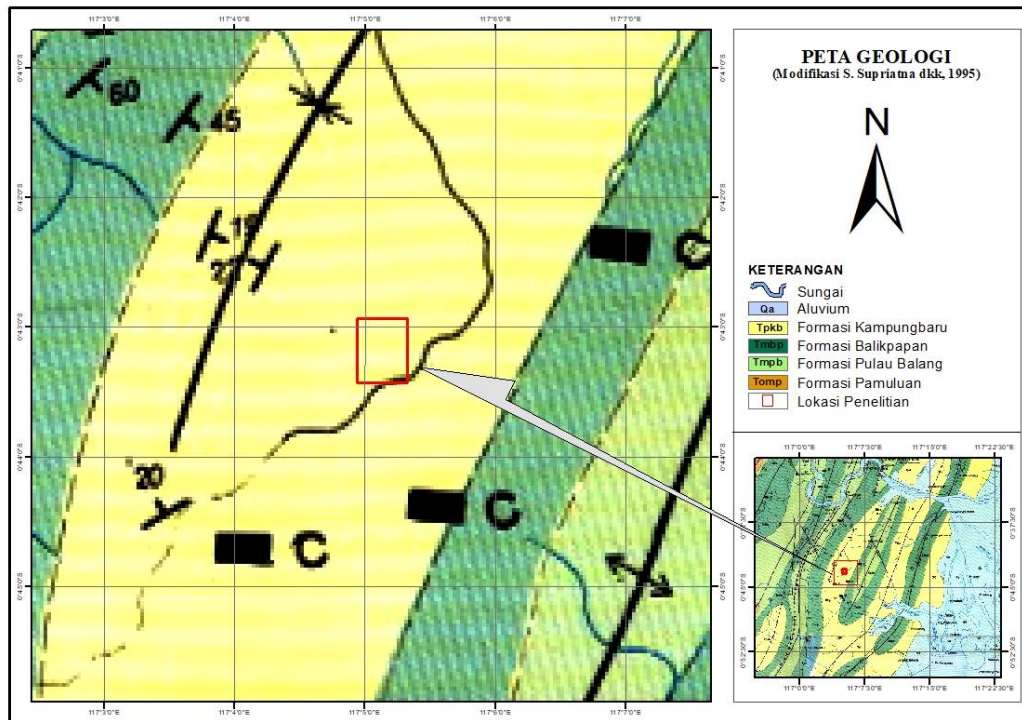
Gambar 3 Stratigrafi Peta Geologi Regional Lembar Samarinda (S. Supriatna ddk, 1995)

6. Formasi Pamaluan (Tomp)

Batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, batugamping dan batulanau, berlapis sangat baik. Batupasir kuarsa merupakan batuan utama, kelabu kehitaman-kecokelatan, berbutir halus-sedang, terpilah baik, butiran membulat-membulat tanggung, padat, karbonan dan gampingan. Setempat dijumpai struktur sedimen silang-siur dan perlapisan sejajar. Tebal lapisan antara 1-2 m. Batulempung tebal, rata-rata 45 cm. Serpih, kelabu kecokelatan-kelabu tua, padat, tebal sisipan 10-20 cm. Batugamping kelabu, pejal, berbutir sedang-kasar, setempat berlapis dan mengandung foram besar. Batulanau kalbu tua-kehitaman. Formasi Pamaluan merupakan batuan paling bawah yang tersingkap di lembaran ini dan bagian atas formasi ini berhubungan menjemari dengan Formasi Bebuluh. Tebal Formasi lebih kurang 2000 m.

2.1 2 Struktur geologi regional

Struktur yang dapat diamati di Lembar Samarinda berupa lipatan antiklinorium dan sesar. Lipatan umumnya berarah timur laut-barat daya, dengan sayap lebih curam di bagian tenggara. Formasi Pamaluan, Bebulu dan Balikpapan sebagian terlipat kuat dengan kemiringan antara 40° - 75° . Batuan yang lebih muda pada umumnya terlipat lemah. Di daerah ini terdapat tiga jenis sesar yaitu sesar naik, sesar turun dan sesar mendatar. Sesar naik diduga terjadi pada Miosen Akhir yang kemudian terpotong oleh sesar mendatar yang terjadi kemudian. Sesar turun terjadi pada kala pliosen.



Gambar 4 Peta Geologi Regional Lembar Samarinda (S. Supriatna dkk, 1995)

2.2 Batubara

2.2.1 Pengertian

Sukandarrumidi (1995) mengatakan bahwa batubara merupakan bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari proses penggabutan dan pembatubaraan di dalam suatu cekungan (daerah rawa) dalam jangka waktu geologi yang meliputi aktivitas bio-geokimia terhadap akumulasi flora di alam yang mengandung selulosa dan lignin. Proses pembatubaraan juga dibantu oleh faktor tekanan (berhubungan dengan kedalaman), dan suhu (berhubungan dengan pengurangan kadar air dalam batubara).

Menurut Miller (2005), batubara ditemukan dalam endapan yang disebut lapisan yang berasal dari akumulasi vegetasi yang telah mengalami perubahan fisik dan kimia. Perubahan-perubahan ini termasuk pembusukan vegetasi, pengendapan dan penguburan oleh sedimentasi, pemadatan, dan transformasi sisa-sisa tanaman menjadi batuan organik yang ditemukan saat ini. Batubara memiliki karakteristik yang berbeda-beda di seluruh dunia dalam jenis bahan tanaman yang disimpan (jenis batubara), dalam tingkat metamorfisme atau *rank* batubara (peringkat batubara), dan dalam kisaran kotoran yang termasuk (kadar batubara).

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).

- a. Alga
- b. Silofita
- c. Pteridofita
- d. Gimnospermae
- e. Angiospermae

2.2.2 Genesa batubara

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

- a. Teori Insitu

Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuk di tempat di mana 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*

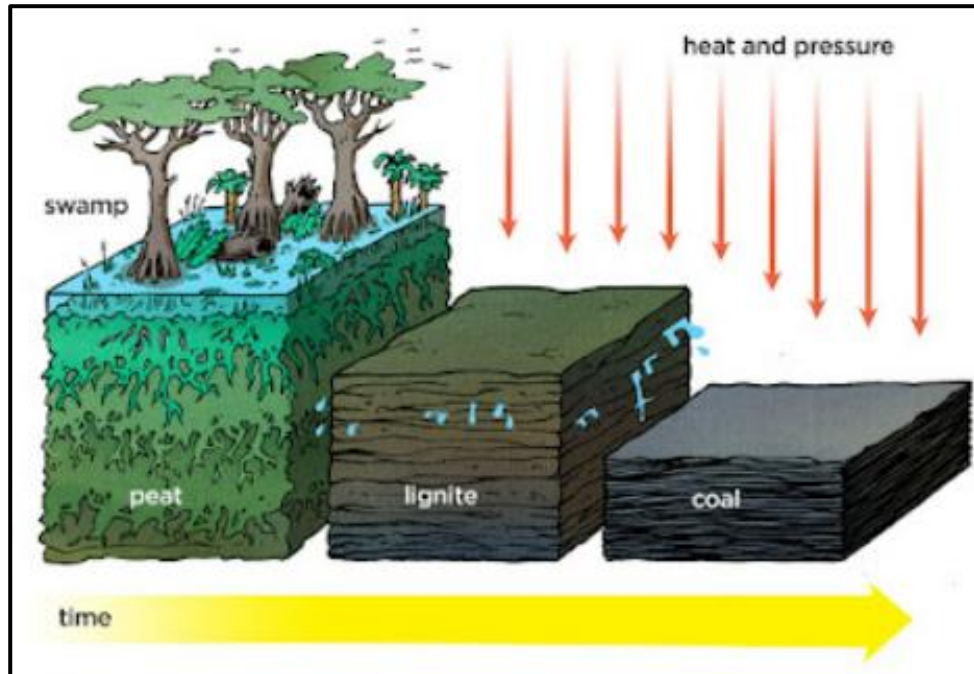
Bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian tumbuhan yang telah mati mengalami transportasi oleh media air dan terakumulasi di suatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan terjadi proses *coalification*. Batubara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

Proses pembentukan batubara itu sendiri terdiri atas dua tahap, yaitu seperti (Gambar 5):

1. Tahap biokimia (penggambutan)

Merupakan tahap ketika sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (anaerobik) di daerah rawa dengan sistem penyisiran (*drainage system*) yang buruk dan selalu tergenang air beberapa inci dari permukaan air rawa. Material tumbuhan yang busuk tersebut melepaskan unsur H,

N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO_2 , H_2O dan NH_3 untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi, material tumbuhan itu diubah menjadi gambut. (Stach, 1982, opcit. Susilawati 1992).



Gambar 5 Tahap pembentukan batubara (Susilawati, 1992)

2. Tahap pembatubaraan (coalification)

Merupakan proses diagenesis terhadap komponen organik dari gambut yang menimbulkan peningkatan temperatur dan tekanan sebagai gabungan proses biokimia, kimia dan fisika yang terjadi karena pengaruh pembebanan sedimen yang menutupinya dalam kurun waktu geologi. Pada tahap tersebut, persentase karbon akan meningkat, sedangkan persentase hidrogen dan oksigen akan berkurang sehingga menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat maturitas material organiknya. (Susilawati 1992).

Cara terbentuknya batubara merupakan proses yang kompleks, dalam arti harus dipelajari dari berbagai sudut pandang yang berbeda. Terdapat serangkaian faktor yang diperlukan dalam proses pembentukan batubara yaitu :

a. Posisi Geoteknik

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 di mana 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. Tumbuhan (Flora)

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.

e. Dekomposisi

Dekomposisi flora merupakan transformasi biokimia dari organik yang merupakan titik awal untuk seluruh alterasi, 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.

f. Penurunan Cekungan

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.

g. 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. Di mana makin tua umur pembawa lapisan batubara maka akan semakin tinggi nilai kalorinya.

h. 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. Di samping itu adanya erosi yang intensif menyebabkan bentuk lapisan batubara tidak menerus.

i. Metamorfosa Organik

Pada tingkat penimbunan oleh sedimen baru, proses degradasi biokimia tidak berperan lagi tidak di dominasi oleh proses dinamokimia yang menyebabkan perubahan gambut menjadi batubara dan menjadi berbagai macam. Selama Proses ini terjadi pengurangan air lembab, oksigen, zat terbang, serta bertambahnya persentase karbon padat, belerang dan kandungan abu.

2.2.3 Klasifikasi peringkat batubara

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batubara umumnya dibagi dalam lima kelas: antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut.

a. 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%.

b. Bituminus

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

c. Sub-bituminus

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

d. Lignit

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

e. Gambut

Gambut berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah (Sari, 2009).

2.2.4 Lingkungan pengendapan 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 di mana terjadi produktivitas organik tinggi dan penimbunan secara perlahan-lahan namun terus menerus terjadi dalam kondisi reduksi tinggi di mana terdapat sirkulasi air yang cepat sehingga oksigen tidak ada dan zat organik dapat terawetkan. Kondisi demikian dapat terjadi di antaranya di lingkungan paralik (pantai) dan limnik (rawa-rawa).

Horne (1979) mengemukakan terdapat 5 lingkungan pengendapan utama pembentuk batubara yaitu *upper delta plain*, *transitional delta plain*, *lower delta plain*, *back barrier* dan *barrier*. Tiap lingkungan pengendapan mempunyai asosiasi dan menghasilkan karakter batubara yang berbeda.

1. Lingkungan pengendapan *barrier*

Kriteria utama untuk mengenali lingkungan barrier adalah hubungan lateral dan vertikal struktur sedimen dan urutan tekstur serta mineral dari batupasir. Jika semakin ke arah laut, batupasir menjadi lebih halus dan disisipi dengan serpih karbonatan berwarna merah, hijau dan batuan karbonat dengan fauna laut. Sedangkan semakin ke darat kenampakannya berupa serpih lagoonal gelap hingga keabu-abuan dengan fauna air payau. Karena aktivitas gelombang dan pasang surut, batupasir pada sistem *barrier* didominasi mineral kuarsa dan lebih tersortasi dibandingkan lingkungan pengendapan lainnya meskipun diendapkan di wilayah yang sama.

2. 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.

3. 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 mengasar ke arah atas, ketebalannya berkisar antara 15-55 meter dengan pelamparan lateral. Pada bagian bawah dari teluk tersusun atas lempung-serpih berwarna 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.

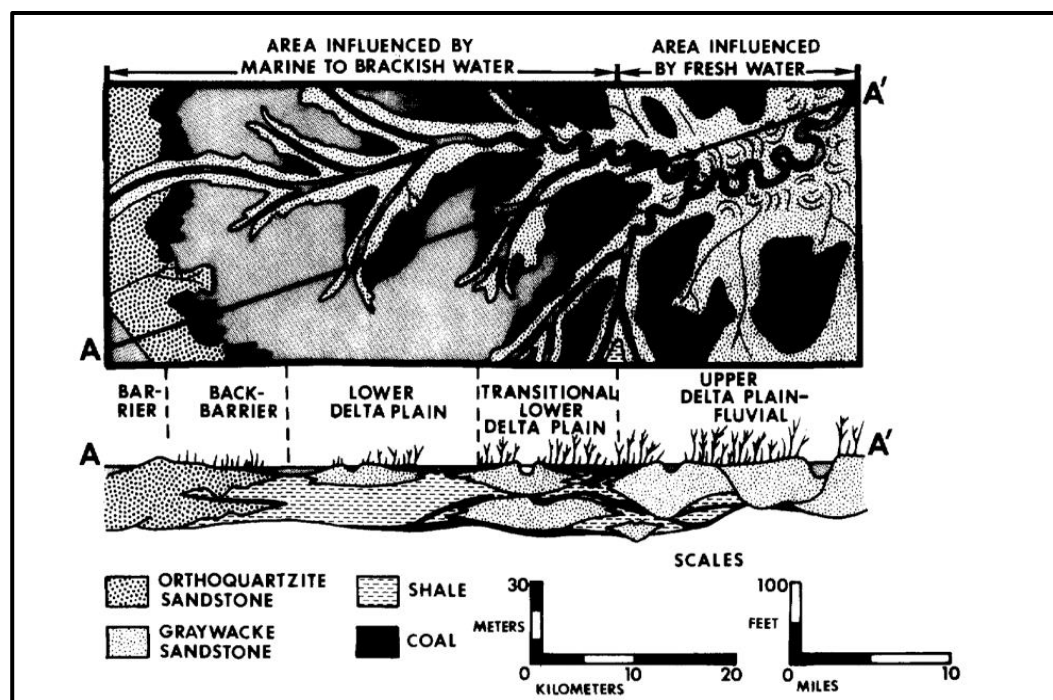
4. Lingkungan pengendapan *upper delta plain*

Upper delta plain-fluvial, tebal batuan 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, tubuh pasir lentikuler.

Pada tubuh pasir terdapat gerusan pada bagian bawahnya, permukaan terpotong tajam, tetapi secara lateral pada bagian atas batupasir ini melidih 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*.

5. 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.



Gambar 6 Model lingkungan pengendapan batubara (Horne dkk, 1978)

2.2.5 Pemanfaatan batubara

Batubara memiliki nilai yang strategis dan potensial untuk memenuhi sebagian besar energi dalam negeri. Batubara sebagai bahan bakar yang digunakan pada industri kereta api, kapal laut, pembangkit 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 kerja sama 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. *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 dikonversi 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 kV (Anshari, 2016).

2.2.6 Struktur lapisan batubara

1. Asosiasi Batuan

Mengacu pada proses pembentukan batubara, batuan yang sering berasosiasi dengan batubara adalah batulempung, batulanau dan batupasir serta serpih. Kadang-kadang dijumpai berasosiasi dengan batugamping. Di samping itu, juga dapat berasosiasi dengan material lepas (*carbon*) seperti lempung, lanau dan pasir. Material lepas ini umumnya berasosiasi, dengan *lignit* dan biasanya *sub-bituminous* karena pengaruh tekanan dan temperatur masih kurang.

2. Parting

Pada lapisan batubara terkadang disisipi oleh lapisan anorganik, umumnya berupa serpih, batulempung atau batupasir. Secara umum sisipan batuan tersebut disebut *parting*. *Parting* yang tipis kadang disebut *band*, misalnya berupa *clayband* atau *tonstein*. Pada umumnya *parting* terbentuk bersamaan dengan terbentuknya batubara, misalnya jika terjadi banjir, maka akan terjadi akumulasi material anorganik pada ke seluruh cekungan.

3. Splitting

Parting yang lebih tebal disebut dengan *splitting*. Hal dapat mengakibatkan kemenerusan lapisan batubara sering terbelah dengan bentuk membelah dari sedimen *non coal*, kemudian membentuk dua lapisan batubara yang terpisah (*autosedimentational split*).

4. Variasi Ketebalan dan Penyebaran

Ketebalan lapisan batubara di suatu tempat selalu bervariasi biasanya hanya pada jarak yang dekat. Faktor utama yang menyebabkan variasi tersebut adalah kondisi cekungan tempat terbentuknya batubara. Pada cekungan yang luas, variasi ketebalannya sangat sedikit dibanding dengan cekungan yang sempit, misalnya

daerah delta. Demikian pula dengan dasar cekungan awal sebelum batubara diendapkan juga mempengaruhi variasi ketebalan batubara. Faktor lain yang mempengaruhi adalah kerapatan tumpukan tumbuhan yang akan membentuk gambut yang selanjutnya membentuk batubara dan perbedaan tekanan lapisan sedimen yang berada di atas lapisan batubara serta aktivitas tektonik.

5. *Washout*

Washout muncul di mana suatu lapisan batubara telah tererosi oleh gelombang atau aliran sungai. Selanjutnya saluran hasil erosi, tersebut terisi oleh material sedimen. *Washout* dapat menghilangkan sebagian atau seluruh lapisan batubara secara tiba-tiba. *Washout* biasanya berbentuk memanjang dan terisi oleh material klastik seperti batulempung, batupasir dan batulanau.

6. *Floor Rolls*

Floor rolls adalah lawan dari *washout* yang dicirikan oleh adanya pematang atau material batuan yang tumbuh berkembang ke arah depan/atas sehingga menyebabkan *floor* relatif tidak datar. Kondisi ini menyebabkan batubara yang terendapkan tidak memiliki ketebalan yang sama.

7. Variasi Kualitas

Variasi kualitas pada batubara dapat terjadi secara vertikal maupun secara horizontal. Secara vertikal, misalnya kandungan abu pada bagian bawah akan mengendap sedangkan pada bagian atas banyak mengandung sulfur. Hal ini disebabkan oleh pengendapan material lain yang terjadi bersamaan dengan proses akumulasi gambut. Variasi secara horizontal, pada suatu lapisan batubara lebih dipengaruhi oleh proses pematubaraan (*Coalification*) seperti perbedaan tekanan dan temperatur atau aktivitas magma.

8. Variasi Ketebalan Batubara dan *Overburden*

Variasi ketebalan batubara dan *overburden/interburden* sangat berpengaruh pada kualitas batubara. Khusus untuk *overburden/interburden* juga berpengaruh pada proses penambang yaitu sifat fisik batuan yang berpengaruh pada proses *blasting* (PT. Berau Coal, 2012).

9. *Cleat*

Menurut Laubach dkk. (1998), *cleat* adalah rekahan alami yang terbuka pada lapisan batubara, berupa serangkaian rekahan sejajar dengan jarak yang

tertentu. Pengaruh positif dari *cleat* dapat membantu penentuan metode *ripping* batubara. Pengaruh negatif adanya *cleat* dapat sebagai tempat/ruang pengotor batubara yang menambah nilai *Ash* dan *Moisture*.

2.2.7 Sumberdaya batubara

Sumberdaya 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 ekonomis, dan bahwa produk batubara yang diperoleh dapat dipasarkan. Persyaratan penting dari setiap penyelidikan batubara adalah penilaian dari sumberdaya batubara yang terdapat dalam area tertentu.

Klasifikasi sumberdaya batubara didasarkan pada tingkat keyakinan geologi dan kajian kelayakan (Thomas,2013). Tingkat kepastian geologi secara kuantitatif dicerminkan oleh jarak titik pengamatan dan kompleksitas geologi. Untuk menjustifikasi kondisi geologi (sederhana, moderat, kompleks) ini dilakukan oleh orang yang berkompeten.

Berdasarkan tingkat kepastian geologi, sumberdaya terukur harus mempunyai tingkat kepastian yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumberdaya tertunjuk, begitu pula sumberdaya tertunjuk harus mempunyai tingkat keyakinan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumberdaya tereka. Sumberdaya terukur dan tertunjuk secara berturut-turut dapat dikonversi menjadi cadangan terkira dan terbukti setelah memenuhi kriteria layak.

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 7) adalah sebagai berikut :

- a. Sumberdaya tereka (*Inferred resource*)

Bagian dari sumberdaya batubara di mana tonase dan kualitasnya dapat diperkirakan pada tingkat kepercayaan yang rendah menggunakan singkapan, cara kerja dan lubang bor. Jumlah dan distribusi titik pengamatan ditambah agar data lebih interpretatif jika tersedia, harus memberikan pemahaman yang cukup tentang geologi untuk memperkirakan kontinuitas lapisan batubara, kisaran ketebalan batubara dan kualitas batubara.

b. Sumberdaya tertunjuk (*Indicated coal resource*)

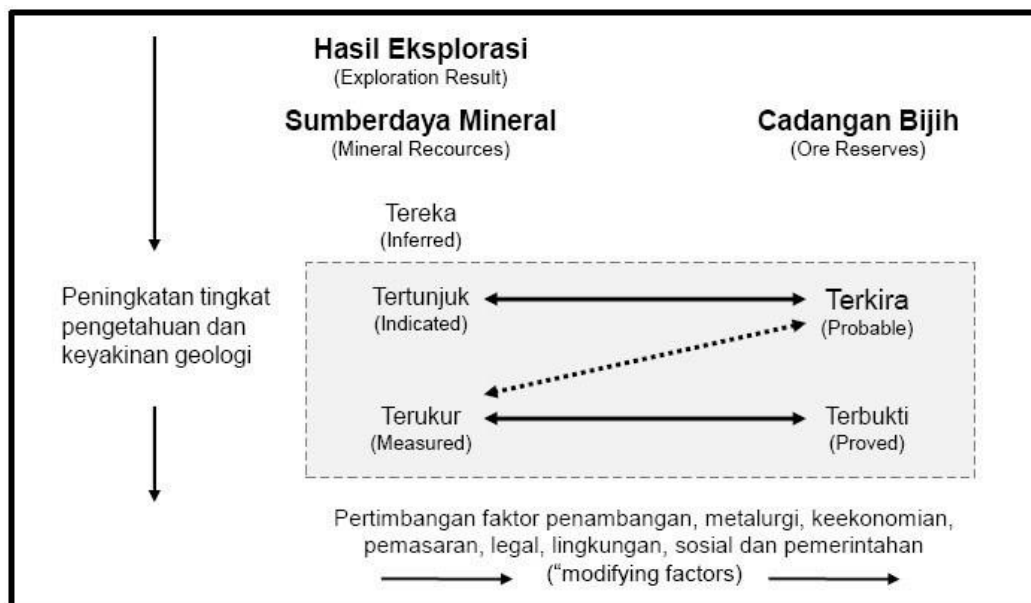
Merupakan sumberdaya batubara dengan sumberdaya yang lebih tinggi tingkat kepercayaannya. Poin-poin pengamatan ditambah data interpretatif cukup untuk memungkinkan realistis estimasi ketebalan rata-rata batubara, luas area, kisaran kedalaman, kualitas dan kuantitas insitu.

c. Sumberdaya terukur (*Measured coal resource*)

Merupakan sumberdaya batubara di mana titik-titik pengamatan yang dapat dilengkapi dengan data interpretatif, cukup untuk memungkinkan estimasi andal dari ketebalan rata-rata batubara, luas area, kisaran kedalaman, kualitas dan kuantitas insitu. Ini agar 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. Sumberdaya batubara terukur 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.

Table 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	$200 < x = 400$	$100 < x = 200$	$x = 100$



Gambar 7 Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara (SNI 4726:2011)

2. Metode Perhitungan Sumberdaya Batubara

Penghitungan sumberdaya batubara dilakukan dengan berbagai metode di antaranya *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 di mana 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.

2.2.8 Explorasi rinci batubara

Eksplorasi Rinci (*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, pengeboran dan percontohan yang dilakukan dengan jarak yang sesuai dengan kondisi geologinya, penampang (*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*), di antaranya urutan stratigrafi batuan, posisi kedalaman batubara, ketebalan batubara, untuk mendapatkan sampel batubara yang 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 – 3 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 biasanya per 1,5 meter - 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 (Nurchahyo, 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

Logging Geofisika merupakan kegiatan perekaman data-data hasil dari pemboran. *Logging* geofisika 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. Kemudian 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).

2.3 *Minescape* 5.7

Model geologi batubara adalah gambaran kemenerusan serta kemiringan batubara di bawah permukaan secara 3D. Tujuan pemodelan yaitu untuk menghitung sumberdaya maupun cadangan batubara yang ada. Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai dasar pembuatan desain *pit* untuk proses penambangan yang bernilai ekonomis. Area prospek tambang (*mineable*) ditentukan berdasarkan perhitungan nilai SR (*Stripping Ratio*). Nilai SR adalah perbandingan volume antara *overburden* (bcm) yang dikupas dengan batubara (ton) yang diperoleh. Pada tahap awal eksplorasi, nilai SR dapat dihitung dengan perbandingan ketebalan untuk studi kelayakan (Faid Muhlis, 2019).

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, guna 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, survei dan lain sebagainya. Model yang dibuat atau dihasilkan akan dikontrol oleh suatu definisi yang disebut *schema* (Hawadi, 2019).