

**SKRIPSI**

**PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA UNTUK  
ESTIMASI SUMBERDAYA BERDASARKAN DATA PENGEBORAN  
PADA PIT 3HWE *WESTBLOCK* PT INDOMINCO MANDIRI  
KALIMANTAN TIMUR**

**Disusun dan diajukan oleh**

**CHATLINE PATRICIA R.  
D061 18 1514**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA  
UNTUK ESTIMASI SUMBERDAYA BERDASARKAN DATA  
PENGEBORAN PADA PIT 3HWE WESTBLOCK PT  
INDOMINCO MANDIRI KALIMANTAN TIMUR

Disusun dan diajukan oleh :

**CHATLINE PATRICIA R.**

**D061 18 1514**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi  
Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Agustus  
2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

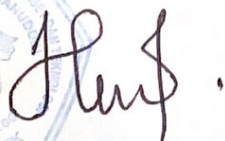


Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil  
NIP. 19800428 200501 1 001



Meinarni Thamrin, S.T., M.T  
NIP. 19710512 200812 2 001

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 dibawah ini ;

Nama : CHATLINE PATRICIA R.

NIM : D061181514

Program Studi : TEKNIK GEOLOGI

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

{PEMODELAN GEOLOGI DAN SEBARAN LAPISAN BATUBARA UNTUK ESTIMASI  
SUMBERDAYA BERDASARKAN DATA PENGEBORAN PADA PIT 3HWE  
*WESTBLOCK* PT INDOMINCO MANDIRI KALIMANTAN TIMUR}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan 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 manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

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.

Gowa, 16 Agustus 2023

Menyatakan



Chatline Patricia R.

## ABSTRAK

Daerah penelitian terletak pada area penambangan PIT 3HWE, *Westblock* PT. Indominco Mandiri, Kecamatan Sangata, Kabupaten Kutai Timur, Kecamatan Bontang Utara dan Bontang Selatan, dan Kecamatan Marang Kayu, Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur, bertujuan untuk dapat mengidentifikasi pola sebaran ketebalan lapisan batubara, kualitas batubara dan estimasi sumberdaya batubara. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan *seam* batubara menggunakan *software* *minescape* 4.118 dan metode *polygon*. Data yang digunakan yaitu data 166 titik pengeboran, jarak bor berkisar 75 meter hingga 100 meter dalam konsesi area seluas 1900 hektar.

Hasil pemodelan batubara menghasilkan lima *seam* yaitu, *seam* C1, *seam* L1, *seam* U2, *seam* C2, *seam* L2, dengan arah umum penyebaran relatif tenggara ke barat daya, Adapun hasil estimasi sumberdaya terukur pada daerah penelitian yaitu pada *seam* C1 sebanyak 3,029.75 ton, *seam* L1 sebanyak 1,412.77 ton, *seam* U2 sebanyak 1,595.77 ton, *seam* C2 sebanyak 10,460.27 ton, *seam* L2 sebanyak 694.88 ton. Rata – rata ketebalan *seam* pada daerah penelitian yaitu pada *seam* L1 = 0.38 meter, *seam* C1 = 1.02 meter, *seam* U2 = 0.34 meter, *seam* C2 = 1.98 meter, *seam* L2 = 0.35 meter. Hasil dari nilai kualitas pada daerah penelitian yaitu *seam* L1 memiliki CV antara 5240 – 6291 Kcal/kg dan TS 0.31%, *seam* C1 memiliki CV antara 5640 – 6716 Kcal/kg dan TS 0.39%, *seam* U2 memiliki CV antara 4915 – 6459 Kcal/kg dan TS 0.35%, *seam* C2 memiliki CV antara 5838 – 6752 Kcal/kg dan TS 0.21%, *seam* L2 memiliki CV antara 4468 – 6542 Kcal/kg dan TS 0.4%. 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** : Peringkat batubara; PT Indominco Mandiri; *minescape*; pemodelan; lapisan batubara

## **ABSTRACT**

*The research area is located in the mining area of PIT 3HWE, Westblock PT. Indominco Mandiri, Sangata District, East Kutai District, North Bontang and South Bontang Districts, and Marang Kayu District, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province, aim to be able to identify the distribution pattern of coal seam thickness, coal quality and coal resource estimation. The method used in this study is coal seam modeling using minescape 4.118 software and polygon method. The data used are data on 166 drilling points, drill distances ranging from 75 meters to 100 meters in a concession area of 1900 hectares.*

*The results of coal modeling produced five seams, namely, C1 seam, L1 seam, U2 seam, C2 seam, L2 seam, with the general direction of distribution relative southeast to southwest, The results of estimated measured resources in the study area were in C1 seam as much as 3,029.75 tons, L1 seam as much as 1,412.77 tons , seam U2 as much as 1,595.77 tons, C2 seam as much as 10,460.27 tons, L2 seam as much as 694.88 tons. The average thickness of the seam in the study area was at seam L1 = 0.38 meters, seam C1 = 1.02 meters, seam U2 = 0.34 meters, seam C2 = 1.98 meters, seam L2 = 0.35 meters. The results of the quality value in the research area are L1 seam has a CV between 5240 – 6291 Kcal / kg and TS 0.31%, C1 seam has a CV between 5640 – 6716 Kcal / kg and TS 0.39%, U2 seam has a CV between 4915 – 6459 Kcal / kg and TS 0.35%, C2 seam has a CV between 5838 – 6752 Kcal / kg and TS 0.21 %, The L2 seam has a CV between 4468 – 6542 Kcal/kg and a TS of 0.4%. The coal deposition environment is an upper delta plain determined from quality parameters indicating low sulfur content, coal thickness varying from thin to thick.*

**Keywords :** Coal rank; PT Indominco Mandiri; minescape,; modelling; seam

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya yang selalu diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemodelan Geologi dan Sebaran Lapisan Batubara untuk Estimasi Sumberdaya Berdasarkan Data Pengeboran pada PIT 3HWE Westblock PT. Indominco Mandiri Kalimantan Timur”**.

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 ayahanda Ronny Rombe S.T dan ibunda Sherly Pasang Amd. Kom. selaku orang tua 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. Pak Angga Pratama sebagai pembimbing Tugas Akhir di PT. Indominco Mandiri atas segala bimbingannya.
2. Bapak Yuli Purwanto S.T sebagai Kepala Departemen *Mine Geology* PT. Indominco Mandiri atas bimbingan dan arahan selama pengambilan data Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M. Phill dan Ibu Meinarni Thamrin, S.T, M.T sebagai dosen pembimbing yang telah banyak

meluangkan waktu dan tenaga selama memberikan bimbingan dalam pengerjaan laporan ini.

4. Bapak Prof. Dr. Rer.nat. Ir. A.M. Imran dan Bapak Dr. Ir. M. Fauzi Arifin, M. Si. sebagai dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan dalam hasil laporan ini.
5. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri,,S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
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), yang telah memberikan wawasan dan pengalaman serta menjadi wadah pengembangan *softskill* dan *hardskill*.
10. Seluruh mahasiswa dan peserta PKL batch 2022 PT. Indominco Mandiri terutama teman mess penulis Aisyah, Seshy, Shyfa serta teman mess B3 dan C7 yang telah banyak membantu selama berada di bontang.
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. Amiin.

Makassar, 15 Juni 2023

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>SARI.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Geologi Regional .....	5
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	6
2.1.2 Stratigrafi Regional.....	7
2.1.3 Struktur Geologi Regional .....	11
2.2 Teori Pembentukan Batubara .....	12
2.2.1 Ganesa Batubara .....	13
2.2.2 Jenis Batubara.....	21
2.2.3 Lingkungan Pengendapan dan Fasies Batubara .....	22
2.2.4 Kegunaan dan Pemakaian Batubara .....	25
2.2.5 Tipe Endapan Batubara dan Kondisi Geologi.....	27
2.2.6 Sumberdaya Batubara .....	29
2.2.7 Tahap Eksplorasi Rinci Batubara .....	34

2.2.8 Analisis Kualitas Batubara .....	39
2.3 Program <i>Minescape</i> 4.118.....	40
2.3.1 Stratmodel .....	41
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN.....</b>	<b>42</b>
3.1 Metode Penelitian .....	42
3.2 Tahapan Pendahuluan .....	42
3.2.1 Tahap Persiapan.....	42
3.2.2 Tahap Pengambilan Data .....	43
3.2.3 Tahap Pengolahan Data .....	44
3.2.4 Tahap Penyusunan Laporan .....	54
3.3 Diagram Alir.....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>57</b>
4.1 Data Penelitian.....	57
4.2 Pemodelan Batubara .....	58
4.3 Identifikasi Pola Sebaran Lapisan Batubara.....	62
4.4 Sebaran Kualitas <i>Seam</i> Batubara Daerah Penelitian .....	64
4.4.1 Kualitas <i>Seam</i> C1.....	65
4.4.2 Kualitas <i>Seam</i> L1 .....	66
4.4.3 Kualitas <i>Seam</i> U2 .....	66
4.4.4 Kualitas <i>Seam</i> C2.....	66
4.4.5 Kualitas <i>Seam</i> L2.....	66
4.5 Sumberdaya Batubara Pada Daerah Penelitian .....	67
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
1. Tabel Data Bor.....	74
2. Peta Sebaran Titik Bor .....	78
3. Peta Isopach Seam C1 .....	79
4. Peta Isopach Seam L1 .....	80

5. Peta Isopach Seam U2.....	81
6. Peta Isopach Seam C2.....	82
7. Peta Isopach Seam L2 .....	83
8. Peta Cropline .....	84
9. Penampang 2 Dimensi.....	85
10. Tabel Kualitas Batubara .....	86
11. Peta Isoqual Cv Seam C1 .....	88
12. Peta Isoqual Cv Seam L1 .....	89
13. Peta Isoqual Cv Seam U2.....	90
14. Peta Isoqual Cv Seam C2.....	91
15. Peta Isoqual Cv Seam L2 .....	92
16. Peta Isoqual Ts Seam C1.....	93
17. Peta Isoqual Ts Seam L1 .....	94
18. Peta Isoqual Ts Seam U2.....	95
19. Peta Isoqual Ts Seam C2.....	96
20. Peta Isoqual Ts Seam L2 .....	97
21. Peta Resources Seam C1 .....	98
22. Peta Resources Seam L1 .....	100
23. Peta Resources Seam U2.....	101
24. Peta Resources Seam C2 .....	102
25. Peta Resources Seam L2 .....	103

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Peta tunjuk lokasi .....	3
<b>Gambar 2.1</b> Peta Geologi Regional Lembar Sangata Kalimantan Timur .	5
<b>Gambar 2.2</b> Kolom Stratigrafi Regional Cekungan Kutai .....	11
<b>Gambar 2.3</b> Peta Struktur Geologi Regional Cekungan Kutai .....	12
<b>Gambar 2.4</b> Tahap pembentukan batubara .....	17
<b>Gambar 2.5</b> Hubungan urutan komposit Batubara dengan kedalaman, kalori dan kelas Batubara.....	22
<b>Gambar 2.6</b> Model lingkungan pengendapan batubara di lingkungan delt	25
<b>Gambar 2.7</b> Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara.....	32
<b>Gambar 2.8</b> Kegiatan Pemboran dengan metode <i>open hole, full core, dan touch core</i> .....	35
<b>Gambar 2.9</b> Contoh <i>core box</i> metode <i>full core</i> pada <i>drill hole</i> OPT C2-22-02C .....	36
<b>Gambar 2.10</b> Contoh <i>core box</i> metode <i>touch core</i> pada <i>drill hole</i> OPT C2-22-02C.....	37
<b>Gambar 2.11</b> Contoh data <i>Geophysical Logging</i> pada <i>drill hole</i> OPT C2-22-02C .....	38
<b>Gambar 3.1</b> Model <i>surface</i> topo .....	45
<b>Gambar 3.2</b> Tampilan <i>schema</i> yang memuat data stratigrafi dan parameter model pada <i>form schema</i> .....	48
<b>Gambar 3.3</b> Tampilan data <i>post drill hole</i> yang diinput kedalam <i>project stratmodel</i> .....	49
<b>Gambar 3.4</b> Tampilan <i>cropline</i> model yang diinput kedalam <i>project stratmodel</i> .....	50
<b>Gambar 3.5</b> Tampilan <i>section</i> 3D yang di sayat searah dip (A,B,C) dan searah <i>strike</i> (D) .....	51
<b>Gambar 3.6</b> Tampilan kontur struktur semua <i>seam</i> pada <i>project stratmodel</i> . .....	52

<b>Gambar 3.7</b> Tampilan <i>quality calorific value seam C2</i> .....	52
<b>Gambar 3.8</b> Tampilan hasil model <i>polygon resource seam L1</i> .....	54
<b>Gambar 3.9</b> Diagram alir metodologi Penelitian .....	56
<b>Gambar 4.1</b> Kenampakan singkapan batubara dari <i>seam C1, seam L1,</i> <i>seam U2, seam C2 dan seam L2</i> .....	58
<b>Gambar 4.2</b> Model penyebaran titik bor.....	59
<b>Gambar 4.3</b> Model penyebaran <i>seam C1</i> .....	59
<b>Gambar 4.4</b> Model penyebaran <i>seam L1</i> .....	60
<b>Gambar 4.5</b> Model penyebaran <i>seam U2</i> .....	60
<b>Gambar 4.6</b> Model penyebaran <i>seam C2</i> .....	61
<b>Gambar 4.7</b> Model penyebaran <i>seam L2</i> .....	61
<b>Gambar 4.8</b> Pemodelan 3D sebaran <i>seam</i> batubara .....	62
<b>Gambar 4.9</b> Diagram statistik ketebalan seam batubara .....	64

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tipe endapan batubara berkaitan dengan sedimentasi, tektonik, dan variasi kualitas (Sumber : SNI 5015:2019 ) .....	29
<b>Tabel 2.2</b> Jarak titik informasi menurut kondisi geologi (SNI 5015:2019) .	30
<b>Tabel 4.1</b> Kualitas Batubara pada daerah penelitian .....	65
<b>Tabel 4.2</b> Sumberdaya batubara pada daerah penelitian format IMM.....	68
<b>Tabel 4.3</b> Sumberdaya batubara pada daerah penelitian .....	68

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam dan sumber daya geologi, pada setiap pulau yang ada di Indonesia selalu memiliki kekayaan sumber daya geologi yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat Indonesia. Salah satu sumber daya geologi yang ada di Indonesia yaitu sumber daya batubara. Saat ini batubara telah menjadi komoditas ekonomis yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia dan batubara juga merupakan salah satu komoditas sumber daya energi yang cadangannya termasuk salah satu terbesar di dunia.

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 (Linggadipura,2017).

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 Berdasarkan Data Pengeboran pada PIT 3HWE *Westblock* PT. Indominco Mandiri Kalimantan Timur”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Berapa estimasi sumberdaya batubara yang ada pada daerah penelitian?
2. Bagaimana penyebaran dan ketebalan tiap *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian?
3. Bagaimana penyebaran dan nilai kualitas *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian?

## **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui estimasi sumberdaya batubara di daerah penelitian.
2. Mengetahui penyebaran dan ketebalan tiap *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian.
3. Mengetahui penyebaran kualitas *seam* batubara yang terdapat di daerah penelitian.

## **1.4 Batasan Masalah**

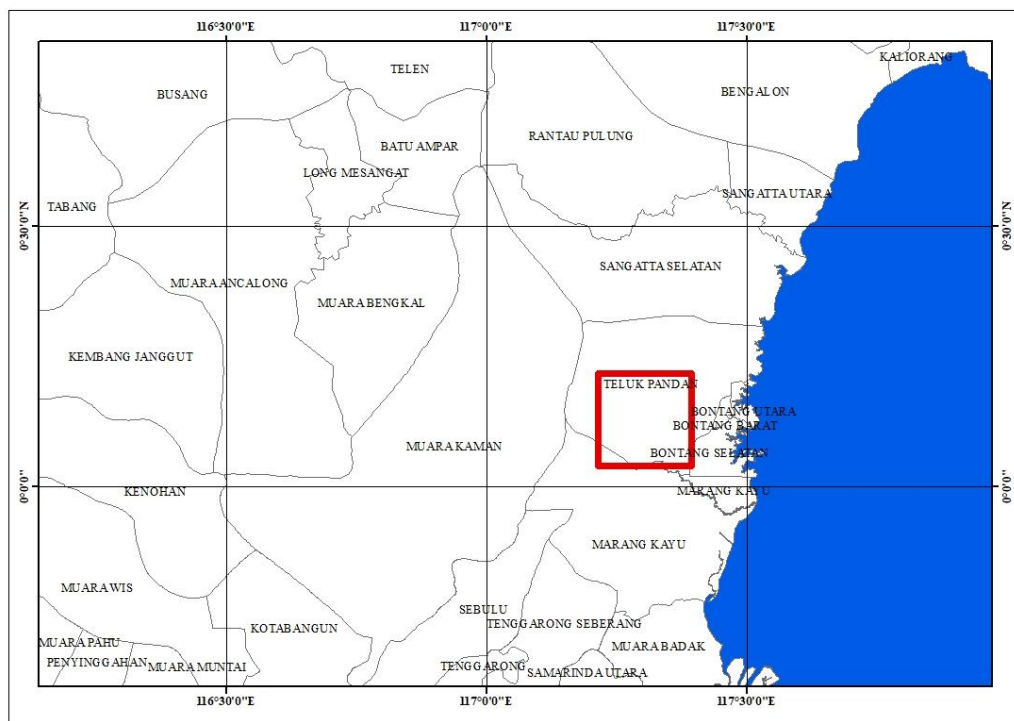
Dalam penelitian ini cakupan permasalahan dibatasi pada identifikasi pola sebaran lapisan batubara, penyebaran kualitas, dan estimasi sumberdaya batubara di area penambangan PIT 3HWE *Westblock* dari *seam* C1, L1, U2, C2 dan L2 PT. Indominco Mandiri, Kalimantan Timur, Indonesia.

## **1.5 Waktu, Letak dan Kesampaian Daerah**

Secara administratif daerah penelitian termasuk Kecamatan Sangata, Kabupaten Kutai Timur, Kecamatan Bontang Utara dan Bontang Selatan, Kota



Bontang dan Kecamatan Marang Kayu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis terletak pada  $117^{\circ}12'50''$ - $117^{\circ}23'30''$  BT dan  $00^{\circ}02'20''$ - $00^{\circ}13'00''$  LU. Jarak tempuh dari Kota Makassar menuju daerah penelitian adalah sekitar  $\pm 833$  km yang dapat dituju dengan menggunakan jalur udara berupa pesawat ke Balikpapan sekitar  $\pm 1$  jam, lalu dilanjutkan dengan jalur darat menggunakan kendaraan beroda empat  $\pm 5$  jam ke Kota Bontang atau lokasi penelitian (Gambar 1.1).



**Gambar 1.1** Peta Tunjuk Lokasi

## 1.6 Manfaat Penelitian

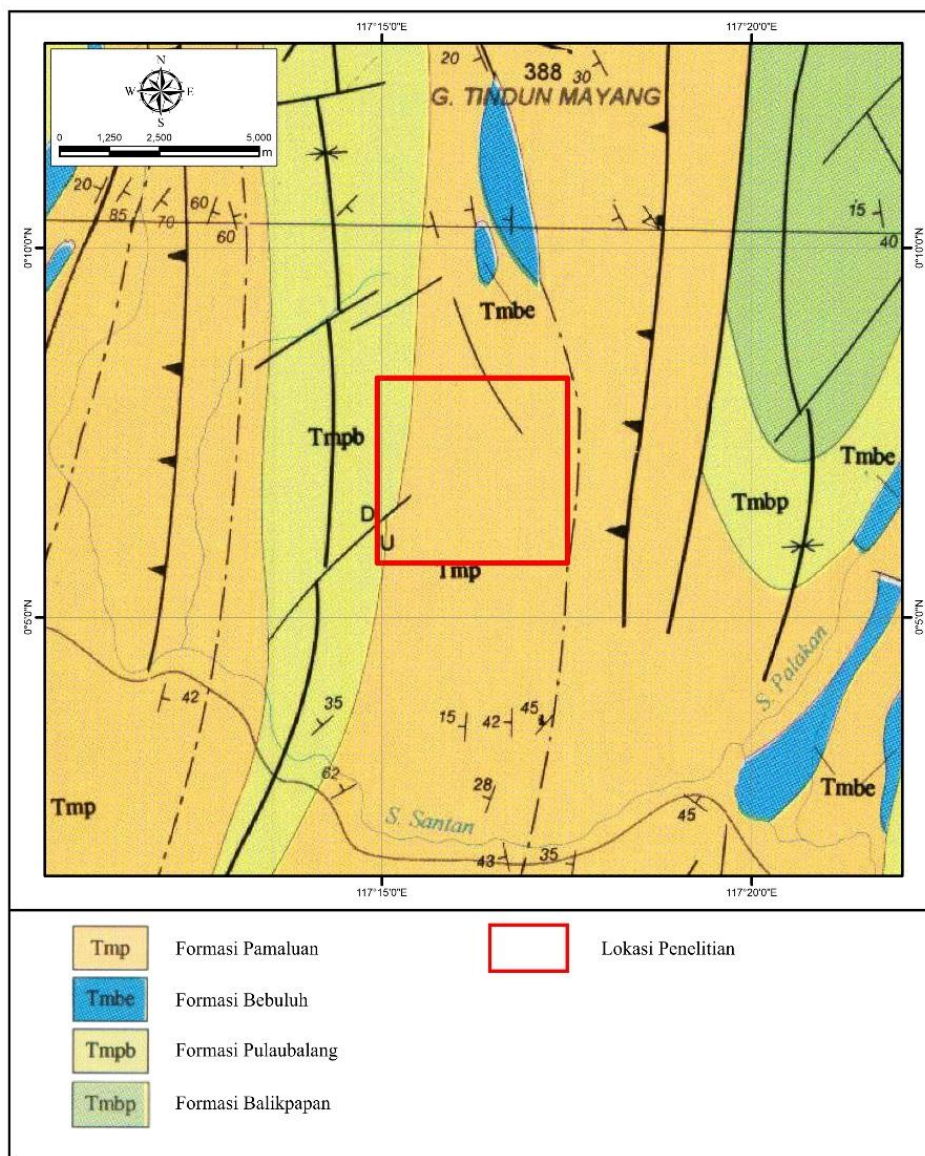
Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah mengetahui pola sebaran lapisan batubara untuk mengetahui kemenerusan tiap lapisan sehingga dapat digunakan sebagai perkiraan lokasi dan batas limit potensial yang dapat digunakan sebagai dasar dalam tahapan perencanaan penambangan untuk produksi

batubara dan mengetahui jumlah cadangan batubara yang terdapat di daerah penelitian.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geologi Regional

Daerah penelitian secara geologi regional merupakan bagian dari Cekungan Kutai dan termasuk dalam Peta Geologi Lembar Sangata (Supriatna dkk 1995 dalam M. Dede 2011).



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Lembar Sangata, Kalimantan Timur

### 2.1.1 Geomorfologi Regional

Dalam Laporan Estimasi Sumber Daya PT IMM 2020 dan berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisa dari Peta Topografi Bakosurtanal 1993, lokasi penelitian dapat dibagi 3 satuan morfologi, yaitu:

#### 1. Satuan Morfologi Relief Tinggi

Satuan ini membentuk beberapa perbukitan yang memanjang relatif utara - selatan dan masing-masing perbukitan dipisahkan oleh satuan morfologi sedang, meliputi :

- a. Bagian tengah, perbukitan ini terletak pada sumbu antiklin (Antiklin Api-Api), mempunyai ketinggian antara 100 – 305 m dari permukaan air laut dengan puncak G. Togar dan G. Lobang Batik (305 m). Batuan penyusun perbukitan ini adalah batugamping dari Formasi Pamaluan, dengan kemiringan lereng antara  $62^{\circ}$  -  $74^{\circ}$ .
- b. Bagian barat, perbukitan ini terletak pada sumbu antiklin (Antiklin Pelakan), mempunyai ketinggian antara 100 – 370 m dari permukaan air laut dengan puncak G.Tandung Mayang (370 m). Batuan penyusun perbukitan ini adalah batu gamping dari Formasi Balikpapan, dengan kemiringan lereng antara  $53^{\circ}$  –  $64^{\circ}$ .
- c. Bagian selatan, perbukitan ini terletak pada sumbu antiklin (Antiklin Pelakan, selatan S. Santan), mempunyai ketinggian antara 75 – 290 m dari permukaan air laut dengan puncak G. Punggung beruk (290 m). Batuan penyusun perbukitan ini adalah batugamping dari Formasi Balikpapan, dengan kemiringan lereng antara  $45^{\circ}$  -  $70^{\circ}$ .

## 2. Satuan Morfologi Relief Sedang

Satuan ini membentuk bukit-bukit kecil yang berlereng relatif kecil, sebagian dataran dan berawa, memisahkan perbukitan yang bermorfologi tinggi, terletak di bagian timur, tengah, dan barat dengan ketinggian antara 50 – 100 m dari permukaan air laut. Batuan penyusun morfologi ini adalah batupasir, batulempung, batulumpur, sisipan batugamping dan batubara (bagian tengah dan barat). Kemiringan lereng antara  $0^{\circ}$  –  $33^{\circ}$ .

## 3. Satuan Morfologi Relief Rendah

Satuan ini merupakan dataran rendah, lembah sungai dan sebagian besar berawa, menempati bagian timur sebelah utara (Kota Bontang) dan selatan (Sekaming dan Santan), memisahkan morfologi sedang (di bagian timur). Ketinggian satuan morfologi ini antara 0 – 50 m dari permukaan air laut, dengan kemiringan lereng antara  $0^{\circ}$  –  $5^{\circ}$ . Batuan penyusun morfologi ini adalah batulempung, batulumpur, sisipan batupasir dan sisa tumbuhan.

### 2.1.2 Stratigrafi Regional

Secara umum stratigrafi regional daerah penelitian termasuk pada Lembar Sangata (Gambar 2.2), dibagi menjadi (dari tua ke muda) yaitu (Supriatna dkk 1995 dalam M. Dede 2011) :

#### 1. Formasi Pamaluan (*Tomp*)

Formasi Pamaluan memperlihatkan ciri litologi serpih dengan sisipan batupasir kuarsa dan batubara. Berbeda dengan formasi-formasi sedimen Tersier yang lebih tua, Formasi Pamaluan tersingkap pada daerah yang luas, menempati daerah topografi rendah. Berdasarkan kandungan fosil pada serpih, menunjukkan

lingkungan pengendapan litoral – supralitoral. Umurnya tidak lebih tua dari Oligosen. Diatasnya diendapkan batugamping Formasi Bebulu. Dari litologi penyusun Formasi Pamaluan terlihat bahwa bagian bawah formasi ini diendapkan dalam lingkungan paparan delta (*delta plain*) dengan terdapatnya batubara. Kemudian terjadi transgresi, lingkungan berubah menjadi pantai dengan diendapkannya batugamping Formasi Bebulu yang memiliki hubungan menjemari pada bagian atas Formasi Pamaluan.

## 2. Formasi Bebulu (*Tmbe*)

Formasi Bebulu dengan litologi penyusunnya terdiri dari batugamping terumbu dengan sisipan batugamping pasir dan serpih warna kelabu, padat, mengandung foraminifera besar, berbutir sedang. Setempat batugamping menghablur, terkekar tak beraturan. Serpih, kelabu kecoklatan berselingan dengan batupasir halus kelabu tua kehitaman. Foraminifera besar yang dijumpai antara lain : *Lepidocyclina sumatraensis* BRADY, *Miogypsina* sp., *Operculina* sp., menunjukkan umur Miosen Awal – Miosen Tengah. Lingkungan pengendapan laut dangkal dengan ketebalan sekitar 300 m. Formasi Bebulu tertindih selaras oleh Formasi Pulau Balang.

## 3. Formasi Pulau Balang (*Tmpb*)

Supriatna dkk, 1995 menyatakan bahwa formasi ini terdiri dari litologi berupa perselingan antara *graywacke* dengan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara dan tuff dasit. Batupasir *graywacke*, kelabu kehijauan, padat, tebal lapisan antara 50 – 100 cm. Batupasir kuarsa, kelabu kemerahan, setempat tuffan dan gampingan, tebal lapisan antara 15 – 60

cm. Batugamping, coklat muda kekuningan, batugamping ini terdapat sebagai sisipan dan lensa dalam batupasir kuarsa, tebal lapisan 10 – 40 cm. 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.

Pada bagian bawah formasi ini diendapkan pada lingkungan *inner neritic* dengan pengaruh deltaik – paralik dan pada bagian atas formasi diendapkan dengan lingkungan laut terbuka (*middle neritic*) dengan kisaran umur N5 – N7 (Miosen Awal) dan kemungkinan dapat lebih muda. Di Sungai Loa Haur mengandung foraminifera besar antara lain *Austrotrilina howchini*, *Borelis sp.*, *Lepidocyclina sp.*, *Miogypsina sp.*, menunjukkan umur Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapan laut dangkal.

Ditemukannya fragmen batubara pada batuan yang ada pada formasi ini menunjukkan bahwa adanya pengangkatan di daerah barat dimana endapan batubara berumur tua tererosi yang kemudian diendapkan kembali pada Formasi Pulau Balang. Pengangkatan ini menyebabkan terjadinya *prograding* delta ke timur pada Miosen Tengah.

#### 4. Formasi Balikpapan (*Tmpb*)

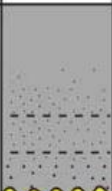
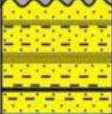

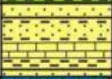

Formasi Balikpapan terdiri dari beberapa siklus endapan delta yang disusun oleh litologi yang terdiri dari perselingan batupasir dan lempung dengan sisipan lanau, serpih, batugamping dan batubara. Batupasir kuarsa, putih kekuningan, tebal lapisan 1 – 3 m, disisipi lapisan batubara tebal 5 – 10 cm. Batupasir gampingan, coklat, berstruktur sedimen lapisan bersusun dan

silangsiur, tebal lapisan 20 – 40 cm, mengandung foraminifera kecil, disisipi lapisan tipis karbon. Lempung, kelabu kehitaman, setempat mengandung sisa tumbuhan, oksida besi yang mengisi rekahan - rekahan setempat mengandung lensa-lensa batupasir gampingan. Lanau gampingan, berlapis tipis, serpih kecoklatan, berlapis tipis. Batugamping pasiran mengandung foraminifera besar, moluska, menunjukkan umur Miosen Akhir bagian bawah – Miosen Tengah bagian atas. Lingkungan pengendapan Perengan paras delta – dataran delta, tebal 1000 – 1500 m. Formasi ini memiliki hubungan bersilang jari dengan Formasi Pulau Balang.

#### 5. Formasi Kampungbaru (*Tpkb*)

Tediri dari 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, tuffan atau lanau 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 Plistosen, lingkungan pengendapan delta – laut dangkal, tebal lebih dari 500m. Formasi ini menindih selaras dan setempat tidak selaras terhadap Formasi Balikpapan.

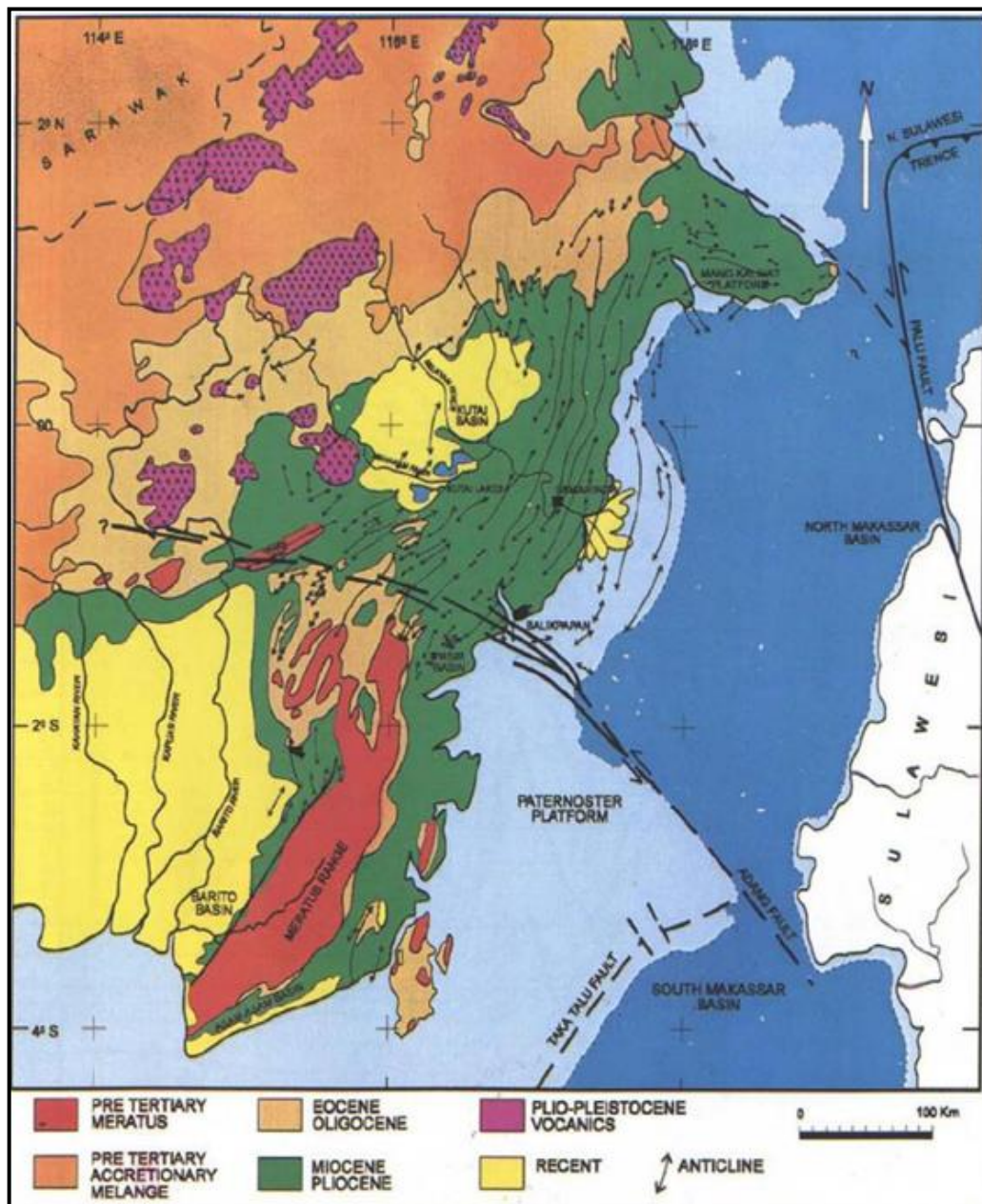


UMUR		FORMASI	TEBAL (m)	LITologi	DESKRIPSI	LINGKUNGAN PENGENDAPAN
KUARTER	HOLOSEN	Alluvial (Qa)	?		Material lepas berukuran lempung hingga pasir halus, dan material organik.	Fluvial Lacustrine
	PLISTOSEN					
TERSIER	PLIOSEN	Kampungbaru	900		Batupasir kuarsa yang bersifat lepas dengan sisipan batulempung, serpih, batulanau dan lignit.	Delta
	MIOSEN ATAS	Balikpapan	3000		Batulempung dan batupasir kuarsa dengan sisipan batulanau serpih, dan batubara	Delta
	MIOSEN TENGAH	Pulau Balang	2750		Batupasir (greywacke), batupasir kuarsa, batugamping, batulempung dengan sisipan batubara.	Darat - laut dangkal
	MIOSEN BAWAH	Bebulu Pamalu	2000 3000		Formasi Bebulu : batugamping dengan sisipan batugamping pasir dan serpih. Formasi Pamalu : batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, batugamping dan batulanau.	Laut Dangkal (Neritik)

**Gambar 2.2** Kolom Stratigrafi Regional Cekungan Kutai (Supriatna & Rustandi 1995 dalam Resmawan 2007 dalam M. Dede 2011)

### 2.1.3 Struktur Geologi Regional

Secara regional Struktur geologi yang berkembang di daerah penyelidikan adalah struktur lipatan dan sesar. Struktur lipatan berupa antiklin dan sinklin yang sumbunya berarah relatif Baratlaut – Tenggara sedangkan struktur sesar berarah relatif Utara – Selatan. Salah satu unsur struktur yang dominan di daerah ini adalah struktur sinklin. Sinklin-sinklin tersebut umumnya terlipat lemah dengan kemiringan kedua sayap yang cukup landai yaitu bervariasi dari 5° hingga 20° (Rahmat, 2007).



**Gambar 2.3** Peta Struktur Geologi Regional Cekungan Kutai (van de Weerd & Armin 1992)

## 2.2 Teori Pembentukan Batubara

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 ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). 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

### **2.2.1 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 juta tahun) di berbagai belahan Bumi lain (Sukandarrumidi, 1995).

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 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan NH<sub>3</sub> 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).

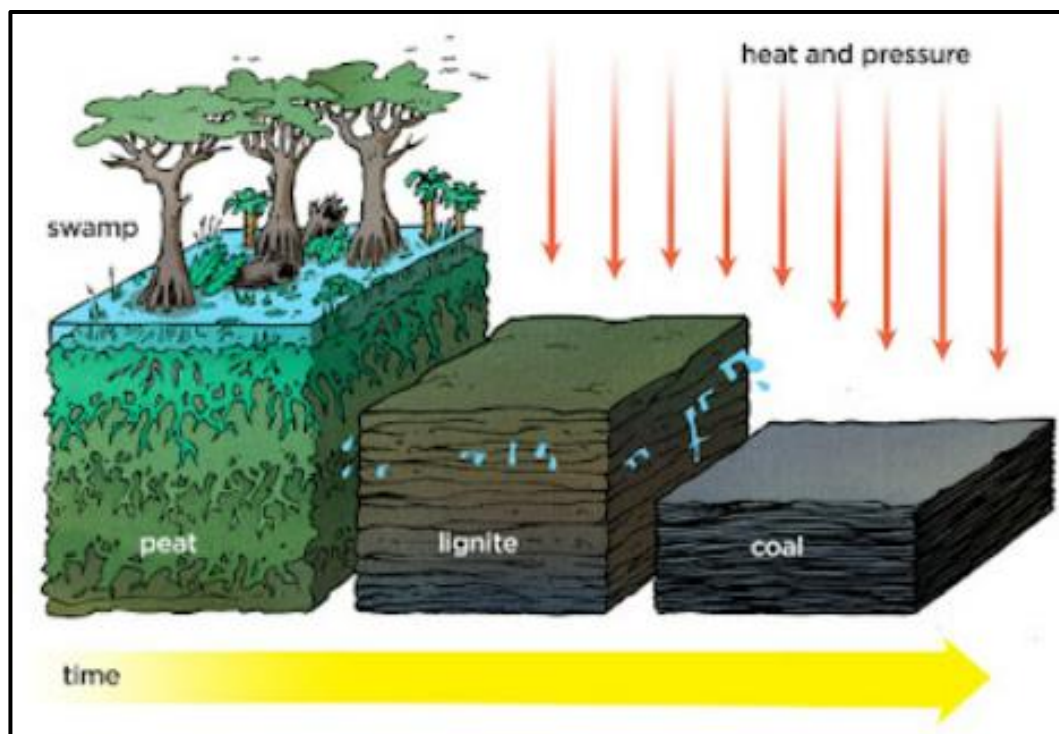
b. Tahap geokimia (pembatubaraan).

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 pembatubaraan 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 (Anshari, 2016).

Proses pembatubaraan 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 (Anshari, 2016).



**Gambar 2.4** Tahap pembentukan batubara (Susilawati, 1992)

2. Faktor yang berpengaruh dalam pembentukan batubara (Susilawati, 1992)

antara lain:

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.

### 2.2.2 Jenis Batubara

Menurut Sari (2009), 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

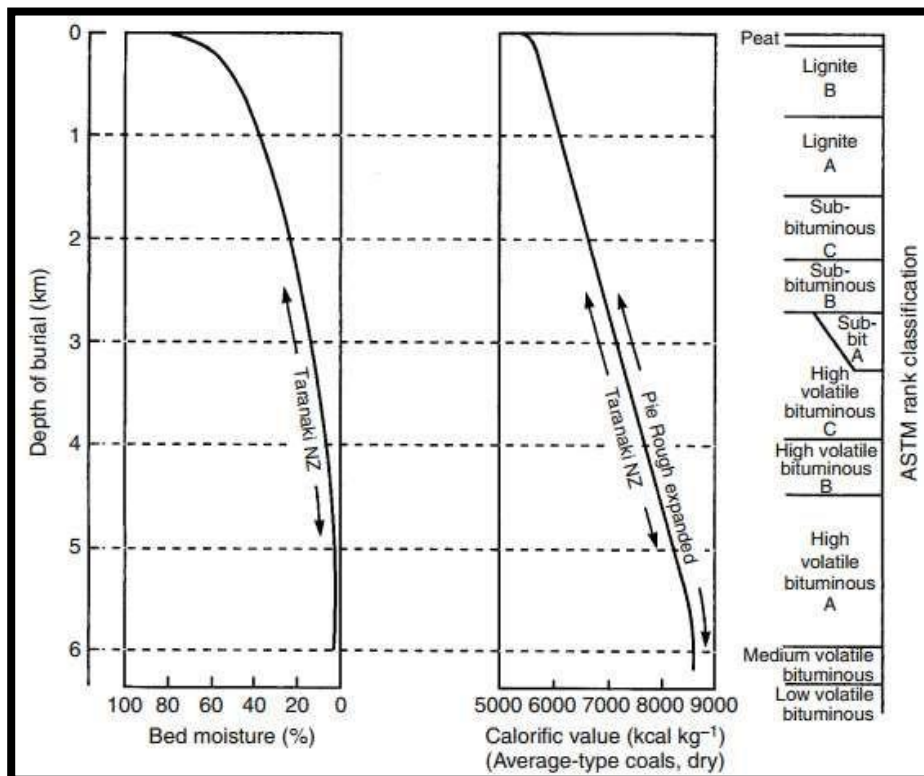
Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.

#### 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.



**Gambar 2.5** Hubungan urutan komposit Batubara dengan kedalaman, kalori dan kelas Batubara (Thomas Larry 2013)

### 2.2.3 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).

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 15-55meter 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,

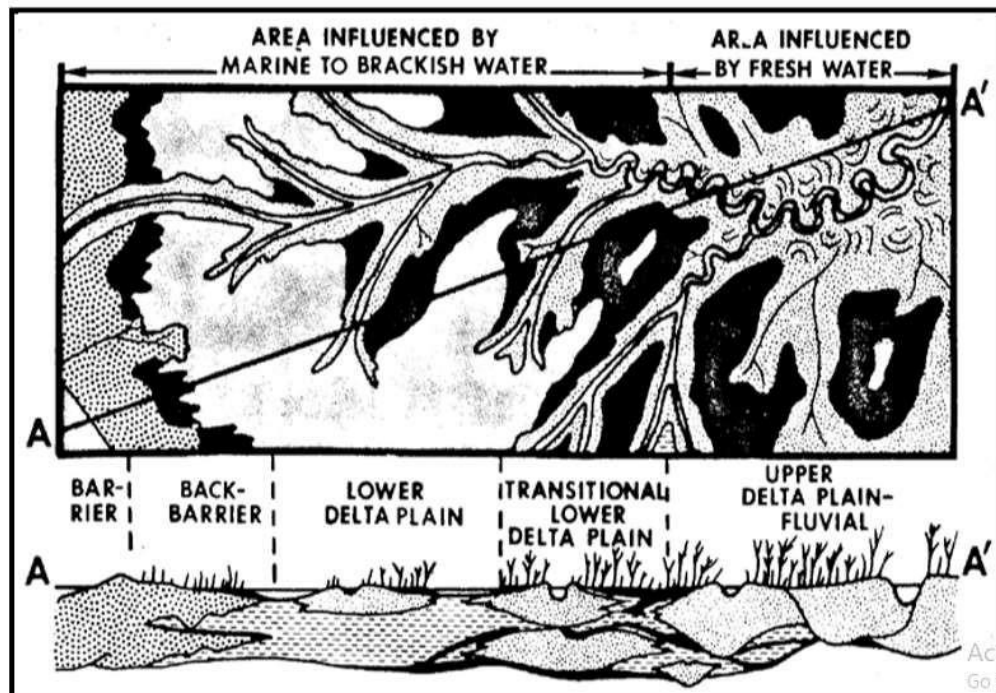
hal ini menunjukkan adanya penambahan energi pada perairan dangkal ketika teluk terisi endapan.

### 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.



**Gambar 2.6** Model lingkungan pengendapan batubara di lingkungan delta (Thomas Larry, 2013)

#### 2.2.4 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).

### **2.2.5. Tipe Endapan Batubara dan Kondisi Geologi**

Berdasarkan proses sedimentasi dan pengaruh tektonik, karakteristik geologi tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama: kelompok geologi sederhana, kelompok geologi moderat, dan kelompok geologi kompleks. Ketiga tingkat kompleksitas geologi ini dapat terjadi di daerah tertentu. Uraian tentang batasan umum untuk tiap-tiap kelompok tersebut beserta tipe lokalitasnya adalah sebagai berikut. (SNI 5015:2019).

#### **2.2.5.1 Kompleksitas Geologi**

Berdasarkan proses sedimentasi dan pengaruh tektonik, karakteristik geologi tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama: kelompok geologi sederhana, kelompok geologi moderat, dan kelompok geologi kompleks. Ketiga tingkat kompleksitas geologi ini dapat terjadi di daerah tertentu. Uraian tentang batasan umum untuk tiap – tiap kelompok tersebut beserta tipe lokalitasnya adalah sebagai berikut (SNI 5015:2019).

##### **2.2.5.1.1 Kelompok Geologi Sederhana**

Endapan batubara dalam kelompok ini umumnya tidak dipengaruhi secara signifikan oleh lipatan, sesar, dan intrusi. Lapisan batubara pada umumnya landai, menerus secara lateral sampai ribuan meter, dan hampir tidak mempunyai pencabangan. Ketebalan lapisan batubara secara lateral dan kualitasnya tidak memperlihatkan variasi yang signifikan (SNI 5015:2019).

#### **2.2.5.1.1 Kelompok Geologi Moderat**

Batubara dalam kelompok ini diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang lebih bervariasi sampai tingkat tertentu dan telah mengalami pengaruh tektonik pascaproses pengendapan, ditandai oleh adanya pelipatan dan sesar. Kelompok ini dicirikan pula oleh kemiringan lapisan yang sedang dan variasi ketebalan lateral yang sedang serta munculnya pencabangan lapisan batubara, namun sebarannya masih dapat diikuti sampai ratusan meter. Kualitas batubara dapat dipengaruhi secara langsung berkaitan dengan tingkat perubahan yang terjadi baik pada saat proses sedimentasi maupun pascapengendapan. Pada beberapa tempat intrusi batuan beku mempengaruhi struktur lapisan dan kualitas batubaranya (SNI 5015:2019).

#### **2.2.5.1.1 Kelompok Geologi Kompleks**

Batubara pada kelompok ini umumnya diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang kompleks atau telah mengalami deformasi tektonik yang ekstensif yang mengakibatkan terbentuknya lapisan batubara dengan ketebalan yang beragam. Kualitas batubaranya banyak dipengaruhi oleh perubahan-perubahan yang terjadi pada saat proses sedimentasi berlangsung atau pada pascapengendapan seperti percabangan atau kehilangan lapisan (*washout*). Pelipatan, pembalikan, dan pergeseran yang ditimbulkan oleh aktivitas tektonik, umum dijumpai dan sifatnya rapat sehingga menjadikan lapisan batubara sulit direkonstruksi dan dikorelasikan. Bentuk pelipatan yang kuat juga mengakibatkan kemiringan lapisan yang terjal. Secara lateral, sebaran lapisan batubaranya terbatas dan hanya dapat diikuti sampai puluhan meter (SNI 5015:2019).

**Tabel 2.1** Tipe endapan batubara berkaitan dengan sedimentasi, tektonik, dan variasi kualitas (Sumber : SNI 5015:2019 )

Parameter	Kondisi Geologi		
	Sederhana	Moderat	Kompleks
<b>I.A. Sedimentasi</b>			
1. Variasi Ketebalan	Sedikit Bervariasi	Bervariasi	Sangat Bervariasi
2. Kesenambungan	Ribuan meter	Ratusan meter	Puluhan meter
3. Percabangan	Hampir tidak ada	Beberapa	Banyak
<b>I.B. Tektonik</b>			
1. Sesar	Tidak ada	Jarang	Rapat
2. Lipatan	Ada, Landai	Terlipat sedang	Terlipat kuat
3. Intrusi	Tidak ada	Berpengaruh	Sangat berpengaruh
4. Kemiringan	Landai	Sedang	Terjal
<b>II. Variasi Kualitas</b>	Sedikit Bervariasi	Bervariasi	Sangat Bervariasi

### 2.2.6 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 (Thomas, 2013).

#### 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 berkompeten. Berdasarkan tingkat kepastian geologi (Tabel 2.2), 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 (Thomas, 2013).

**Tabel 2.2** 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

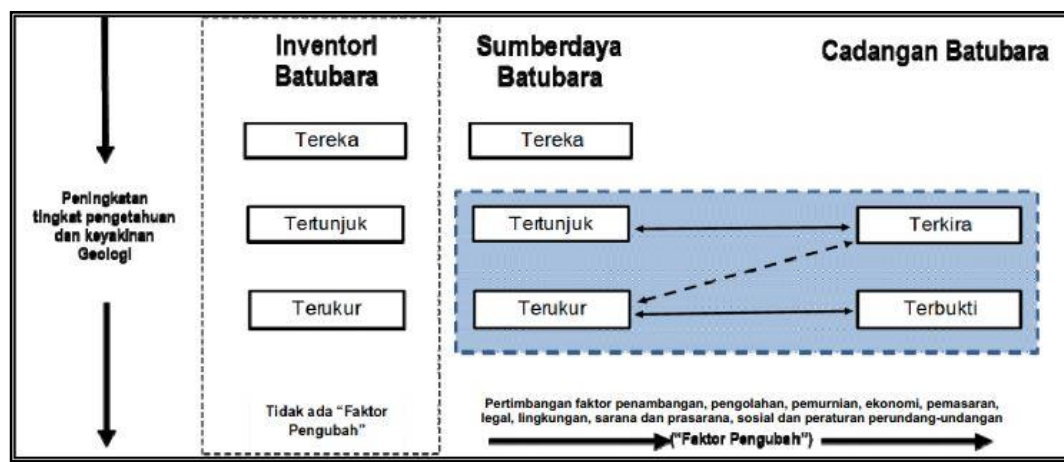
Aspek kelayakan merupakan faktor pengubah yang meliputi teknis penambangan, pengolahan, ekonomi, pemasaran, legalitas, lingkungan,

sarana dan prasarana, sosial, serta peraturan perundang-undangan (Thomas, 2013).

Hubungan antara sumberdaya berdasarkan SNI 4726:2011 (Gambar 2.7) 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 2.7** Hubungan antara sumberdaya dan cadangan batubara (SNI 5015:2019)

## 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 2019.

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

#### **1. Pemboran**

Kegiatan pengeboran dalam ekplorasi 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).





**Gambar 2.8** Kegiatan Pengeboran dengan metode *open hole*, *full core*, dan *touch core* oleh tim Dando PT. IMM

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* (Nurchahyo, 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)



**Gambar 2.9** Contoh *core box* metode *full core* pada *drill hole* OPT C2-22-02C.

- 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).



**Gambar 2.10** Contoh *core box* metode *touch core* pada *drill hole* OPT C2-22-02C.

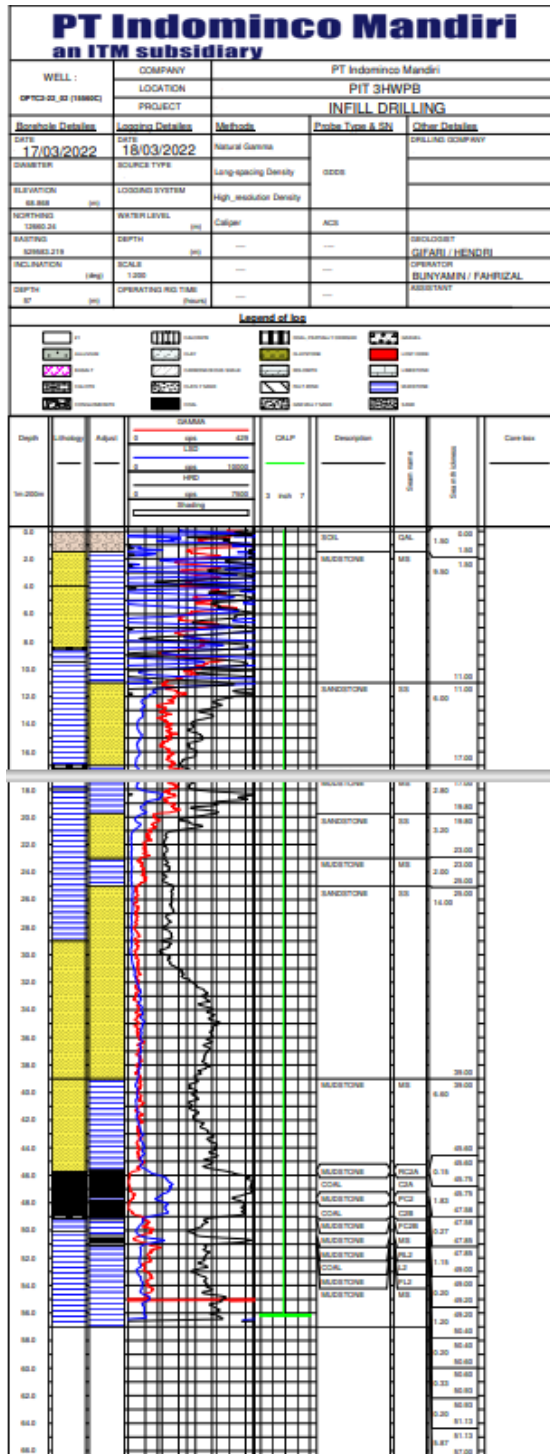
## 2. Sampel Percontaan

Pengambilan sampel percontaan 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).



Gambar 2.11 Contoh data Geophysical Logging pada drill hole OPT C2-22-02C.

### 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 (O<sub>2</sub>), 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 (FeS<sub>2</sub>), 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 105<sup>0</sup>-110<sup>0</sup>C.
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 815<sup>0</sup>C.

Zat terbang (*volatile matter*), yaitu komponen-komponen dalam batubara yang dapat lepas atau menguap pada saat dipanaskan di ruang hampa udara pada suhu 900<sup>0</sup>C. Zat terbang ini meliputi zat terbang mineral (*volatile mineral matter*) dan zat terbang organik (*volatile organik matter*) (IMM, 2020).

### **2.3. Program Minescape 4.118**

Metode perhitungan dengan mempergunakan perangkat lunak (*software*) adalah perhitungan dengan mempergunakan data yang diformat khusus dan disimpan secara digital. Dengan mempergunakan software, dapat mempermudah seorang *engginer* dalam melakukan pengolahan data dan mendapatkan data yang cepat dan akurat. Dalam tugas akhir ini penulis mempergunakan *software minescape*.

*Minescape* merupakan *software* sistem pertambangan terpadu yang dirancang khusus untuk industri pertambangan. Dengan menggunakan *open* arsitektur. *Minescape* mampu meningkatkan semua aspek informasi teknik suatu *site* tambang, mulai dari data eksplorasi, survei geologis, sampai ke penjadwalan produksi tambang (Pekerjatambang, 2016).

### **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)