

SKRIPSI

TIPE IIA

**ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA DENGAN METODE
CIRCULAR USGS PT BARA INDAH LESTARI DI DESA
SEKALAK, KABUPATEN BENGKULU SELATAN, PROVINSI
BENGKULU**

Sebagai salah satu syarat memenuhi Kurikulum yang
berlaku pada Program Studi Teknik Geologi, Fakultas
Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional
Yogyakarta



Disusun oleh:

RAMDES SYAHPUTRA

410018024

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

2023

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi Tipe II A

ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA DENGAN METODE *CIRCULAR USGS* PT BARA INDAH LESTARI DI DESA SEKALAK, KABUPATEN BENGKULU SELATAN, PROVINSI BENGKULU



Oleh :

RAMDES SYAHPUTRA

No. Mahasiswa: 410018024

Program Studi: Teknik Geologi S1

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Rizqi M. Mahbub, S.T., M.T.

NIK. 1973 0305



Al Hussein Flowers R, S.T., M.Eng.

NIK. 1973 0336

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA DENGAN METODE *CIRCULAR USGS* PT BARA INDAH LESTARI DI DESA SEKALAK, KABUPATEN BENGKULU SELATAN, PROVINSI BENGKULU

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi Tipe IIA dan diterima sebagai syarat menyusun Skripsi pada Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Disahkan :

Hari/Tanggal :

Tempat :

Waktu :

Dewan penguji:

Rizqi M. Mahbub, S.T., M.T.

NIK. 1973 0305

Ketua Tim Penguji

(.....)

Al Hussein Flowers R, S.T., M.Eng.

NIK. 1973 0336

Anggota Penguji

(.....)

Obrin Trianda, S.T., M.T.

NIK. 1973 0284

Anggota penguji

(.....)



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknologi Mineral

Dr. Ir. Hill Gendoet Hartono, S.T., M.T.

NIK . 1973 0066

Menyetujui,
Ketua Program Studi Teknik Geologi

Obrin Trianda, S.T., M.T

NIK. 1973 0284

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dipersembahkan untuk

Kedua Orang Tua :

Bapak Syahirwanto S.Sos

Ibu Suaima

SARI

Batubara menjadi sumber utama yang masih dibutuhkan hingga sekarang. Indonesia pada dasarnya merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, terutama bahan tambang yang merupakan sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui. Salah satu contoh sumberdaya alam tersebut adalah Batubara. Bengkulu merupakan salah satu daerah yang prospek terhadap batubara. Sehingga diperlukan pengujian kualitas batubara pada daerah tersebut agar nantinya dapat dijadikan perbandingan terhadap kualitas batubara daerah lain dan sebagai acuan kelayakan eksplorasi lanjutan, Batubara pada daerah penelitian tersingkap pada desa Sekalak, Kab Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu lebih tepatnya tersingkap pada Formasi Lemau yang berumur Miosen Tengah-Akhir terendapkan pada lingkungan Transisi-laut Dangkal. Beberapa metode dilakukan mulai dari kajian Pustaka, pemetaan atas permukaan, pengeboran hingga analisis *core* batubara. Metode yang digunakan dalam mengestimasi sumberdaya batubara menggunakan metode *Circular*, membentuk lingkaran dengan menjadikan radius terluar berdasarkan ketetapan batas SNI sebagai area of influence. Metode ini diawali berdasarkan *USGS* 1983. Dari hasil analisis tersebut dapat dikatakan daerah penelitian tergolong layak untuk dilakukan eksplorasi lebih lanjut.

Kata kunci: Bengkulu, Batubara, *Circular USGS*.

ABSTRACT

Coal is the main source that is still needed today. Indonesia is basically a country rich in natural resources, especially minerals which are non-renewable natural resources. One example of this natural resource is coal. Bengkulu is one of the areas with prospects for coal. So that it is necessary to test the quality of coal in the area so that later it can be used as a comparison with the quality of coal in other areas and as a reference for the feasibility of further exploration. -Finally deposited in a Shallow-Sea Transitional environment. Several methods were carried out starting from literature review, surface mapping, drilling to analysis of coal cores. The method used in estimate coal resources using circular method, form a circle by making outermost radius based on boundary determination SNI as an area of influence. this method based on USGS 1983. From the results of this analysis it can be said that the research area is classified as feasible for further exploration.

Keywords: Bengkulu, Coal, Circular USGS.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas cinta kasih dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi Tipe IIA yang berjudul “Estimasi sumberdaya batubara dengan metode *circular USGS* PT Bara Indah Lestari di Desa Sekalak, Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu” ini dengan baik.

Selesainya penelitian dan penulisan Skripsi Tipe IIA ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Setyo Pambudi, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Hill Gendoet Hartono, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Bapak Obrin Trianda, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Bapak Rizqi Muhammad Mahbub S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I atas bimbingan, waktu, serta ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
5. Bapak Al Hussein Flowers R, S.T., M,Eng., selaku dosen pembimbing II atas bimbingan, waktu, serta ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
6. Bapak Hendro HW. Selaku General Manager PT Bara Indah Lestari yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk KP sekaligus belajar di Kawasan IUP PT BIL.
7. Bapak Harmen Roza S.T., Selaku Senior Geologist PT Bara Indah Lestari yang telah membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini dan membimbing selama KP di Kawasan IUP PT BIL.
8. Kedua orang tua atas dukungannya baik material dan doanya.
9. Teman-teman kanada dan anak tiri 18 yang sudah saya anggap sebagai keluarga saya sendiri.

Akhirnya, penulis berharap semoga Skripsi Tipe IIA ini dapat bermanfaat bagi kita semuanya. Penulis juga memohon kritik dan saran dari pembaca sehingga dapat lebih baik dikemudian hari. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis ucapkan terima kasih.

Yogyakarta, 11 Maret 2023

Ramdes syahputra

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iiiv
SARI.....	v
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR DIAGRAM.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batas Masalah	2
1.4 Maksud dan Tujuan	2
1.5 Administrasi dan Kesampaian Daerah Penelitian	3
BAB II METODE PENELITIAN.....	5
2.1 Metode Penelitian.....	5
2.2 Tempat dan Waktu	7
2.3 Tahap Persiapan	7
2.4 Tahapan Pengambilan Data Lapangan.....	8
2.5 Tahap Pengolahan dan Analisis Data.....	8
2.6 Hasil Penelitian	9
2.7 Alat dan Bahan	10
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	12
3.1 Geologi Regional.....	12
3.2 Tataan Teknonik.....	12
3.3 Struktur Regional	14
3.4 Stratigrafi Regional	16
3.5 Morfologi	19

3.6 Batubara	20
3.6.1 Pembentukan Batubara	23
3.6.2 Faktor-Faktor Pembentukan Batubara	28
3.6.3 Derajat Batubara (<i>Coal Rank</i>).....	35
3.6.4 Lingkungan Pengendapan.....	39
3.6.5 Geometri Lapisan Batubara	43
3.6.6 Pola Sebaran dan Kemenerusan Batubara	44
3.7 Metode <i>Circular USGS</i>	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Data Pengeboran	48
4.2 Data Geomorfologi dan Atas Permukaan.....	49
4.2.1 Satuan Morfologi Perbukitan Punggungan Sesar,	51
4.2.2 Satuan Morfologi Lembah Graben	51
4.3 Analisis dan Perhitungan <i>Circular USGS</i>	51
4.4 Kelayakan Batubara Daerah Penelitian.....	56
BAB V KESIMPULAN	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran dan Masukan	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rute perjalanan dari bandara Fatmawati menuju daerah penelitian ...4	
Gambar 3. 1 Sketsa cekungan-cekungan back arc, fore arc, dan intra arc di Sumatera	14
Gambar 3. 2 Peta cekungan Bengkulu.....	15
Gambar 3. 3 Batubara daerah penelitaan.....	22
Gambar 3. 4 Unsur bangun senyawa batubara	23
Gambar 3. 5 Ilustrasi proses pembentukan batubara (<i>Coalification proses</i>).....	28
Gambar 3. 6 Rank batubara menurut <i>Americans Society For Testing & Materials</i>	36
Gambar 3. 7 Metode Circular.....	47
Gambar 4. 1 Peta lokasi pengeboran pada daerah penetilian.....	49
Gambar 4. 2 Gambar citra SRTM dengan <i>Overlay</i> ketinggian.....	50
Gambar 4. 3 Peta Sumberdaya di Blok Operasi Produksi (OP) 7 pengeboran 2022	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Titik koordinat daerah penelitian.	3
Tabel 3. 1 Korelasi Stratigrafi daerah dan darat dicekungan Bengkulu.	18
Tabel 3. 2 Perubahan Komposisi Kayu ke Batubara.....	26
Tabel 3. 3 Skala Waktu Geologi Pembentukan Batubara	34
Tabel 3. 4 Tipe Lingkungan Pengendapan Batubara	349
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengeboran.....	52
Tabel 4. 2 Komplexitas Geologi Berdasarkan SNI 505:2011	53
Tabel 4. 3 Jarak Titik Informasi Menurut Kondisi Geologi (Sumber : Badan Standarisasi Nasional Indonesia SNI 2011, Pedoman pelaporan, Sumberdaya dan cadangan). :	563
Tabel 4. 4 Estimasi Sumberdaya :	56

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 2. 1 Diagram alir metode penelitian	6
---	---

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa metode interpolasi telah dikembangkan dalam perangkat lunak (*software*), diantaranya adalah metode *circular USGS* dan metode geostatistik *kriging*. Dalam dunia pertambangan dan eksplorasi metode interpolasi digunakan dalam penaksiran kadar suatu mineral berharga atau elemen-elemen lain pada lokasi-lokasi yang tidak tersampel atau tidak mempunyai data.

Pada kegiatan eksplorasi batubara terutama pada tahapan prospeksi dan eksplorasi pendahuluan metode *interpolasi circular USGS* sering digunakan karena dalam proses perhitungannya metode ini lebih sederhana dan lebih mudah dipahami, tidak seperti metode geostatistik *kriging* yang memerlukan tahapan pemodelan variogram sebelum proses perhitungan *kriging* itu sendiri. Selain itu metode *kriging* memerlukan data yang lebih banyak dibandingkan untuk metode *circular USGS* 1983.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Metode perhitungan sumberdaya batubara daerah penelitian?
2. Sumberdaya tereka, tertunjuk dan tereka Batubara pada daerah penelitian?
3. Hal apa saja yang mempengaruhi sumberdaya batubara daerah penelitian?

1.3 Batas Masalah

Ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada pengambilan data geologi atas permukaan berupa sampe-sampel batuan yang berjumlah 3 titik lokasi pengamatan yang kemudian di jadikan titik utama dalam penentuan sumberdaya. Data-data tersebut kemudian diolah menggunakan software global mapper 17 (16 bit) dan Arcgis 10.8 sehingga menghasilkan peta lokasi pengamatan, peta sumberdaya,. Batasan masalah pada daerah penelitian ini dibatasi pada data assay perusahaan yang bersifat terbatas dan tidak bisa dipublikasikan secara rinci.

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian masalah khusus Skripsi Tipe IIA ini adalah melakukan pemetaan lanjutan (ekplorasi lanjutan) dengan maksud membuka atau memperluas Kawasan IUP PT BIL dan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan sumberdaya batubara yang diambil dari 3 lokasi pengamatan yang telah di tentukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perhitungan sumberdaya batubara pada daerah penelitian, melakukan pemetaan atas permukaan untuk mengetahui hal apa saja yang mempengaruhi sumberdaya batubara daerah penelitian dan dari hasil perhitungan sumberdaya batubara pada daerah penelitian digunakan untuk menentukan apakah lokasi pemetaan lanjutan tersebut layak dan memiliki prospek kedepannya.

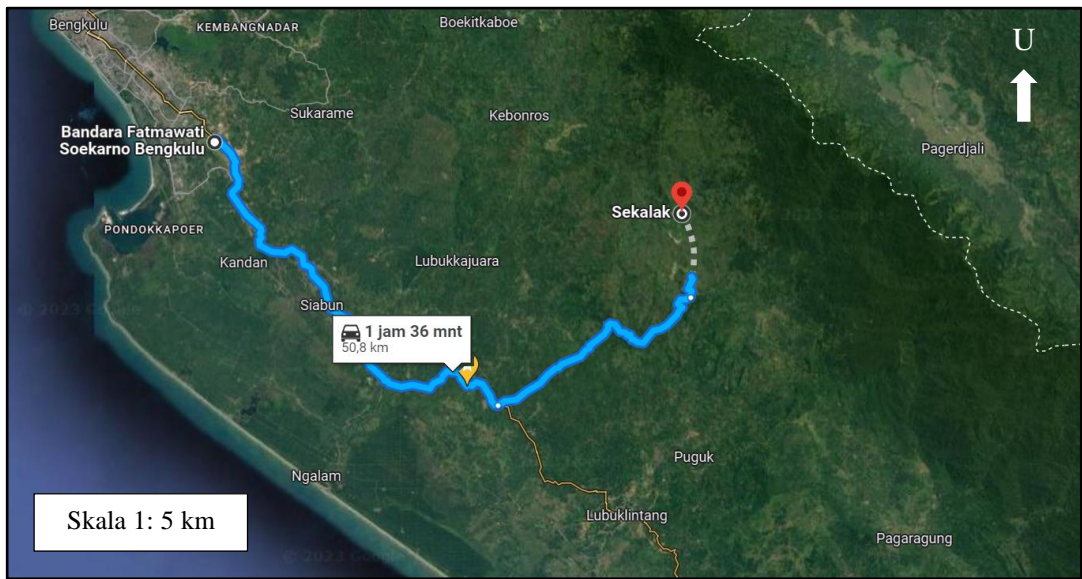
1.5 Administrasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Daerah penelitian berada pada titik koordinat daerah penelitian dengan luas ± 700 Ha yang secara rinci tidak dapat di sebutkan (Tabel 1.1). Secara administrasi, daerah penelitian berada Desa Skalak, Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu.

Daerah penelitian dapat ditempuh dari bandara Fatmawati menuju daerah penelitian melalui rute perjalanan darat menggunakan kendaraan roda empat melalui jalan provinsi menuju Desa Sekalak, Kabupaten Bengkulu Selatan selama ± 1 jam (Gambar 1.2).

Tabel 1. 1 Titik koordinat daerah penelitian.

NO	LS	BT
1	3°55'40.29"S	102°36'39.04"E
2	3°56'0.31"S	102°36'20.21"E
3	3°55'5.63"S	102°35'21.78"E
4	3°54'3.82"S	102°36'18.58"E
5	3°54'51.18"S	102°37'9.67"E
6	3°55'9.51"S	102°36'52.83"E
7	3°56'13.41"S	102°38'1.76"E
8	3°56'25.07"S	102°37'51.55"E
9	3°56'37.46"S	102°37'40.72"E
10	3°56'37.46"S	102°37'40.72"E



Gambar 1. 1 Rute perjalanan dari bandara Fatmawati menuju daerah penelitian

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan langkah atau cara yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan geologi yang ada pada daerah penelitian secara efektif dan maksimal, dengan tujuan agar permasalahan geologi yang ada di daerah penelitian dapat terselesaikan secara efektif dan maksimal berdasarkan fakta geologi lapangan, hasil analisis laboratorium serta hasil analisis studio. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan data geologi atas permukaan (*geological surface mapping*) melalui kegiatan pemetaan pada lokasi penelitian sehingga mendapatkan litologi batuan baik litologi batuan umum, batuan penciri batubara dan batubara itu sendiri, kemudian Pengambilan data geologi bawah permukaan (*sub surface*) melalui kegiatan pengeboran sehingga didapatkan data geologi bawah permukaan secara vertikal dan contoh batuan/litologi.

Berdasarkan tahapannya, metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap persiapan meliputi kegiatan pendahuluan (pengajuan proposal kegiatan dan pengurusan izin penelitian), studi literatur dan pengenalan lingkup kerja praktik. Tahap kedua yaitu tahap kegiatan pengambilan data geologi secara langsung di lapangan meliputi observasi unsur geologi yang ada di lapangan seperti kondisi geomorfologi, singkapan batubara (litologi) dan pengambilan data lapangan lain seperti dokumentasi kegiatan lapangan. Tahap ketiga adalah tahap pengolahan dan perhitungan sumberdaya

batubara. Tahapan terakhir yaitu *output*, meliputi peta lokasi pengamatan, perhitungan sumberdaya batubara pada daerah penelitian hingga penarikan interpretasi dari faktor-faktor geologi yang mempengaruhi sumberdaya batubara tersebut.

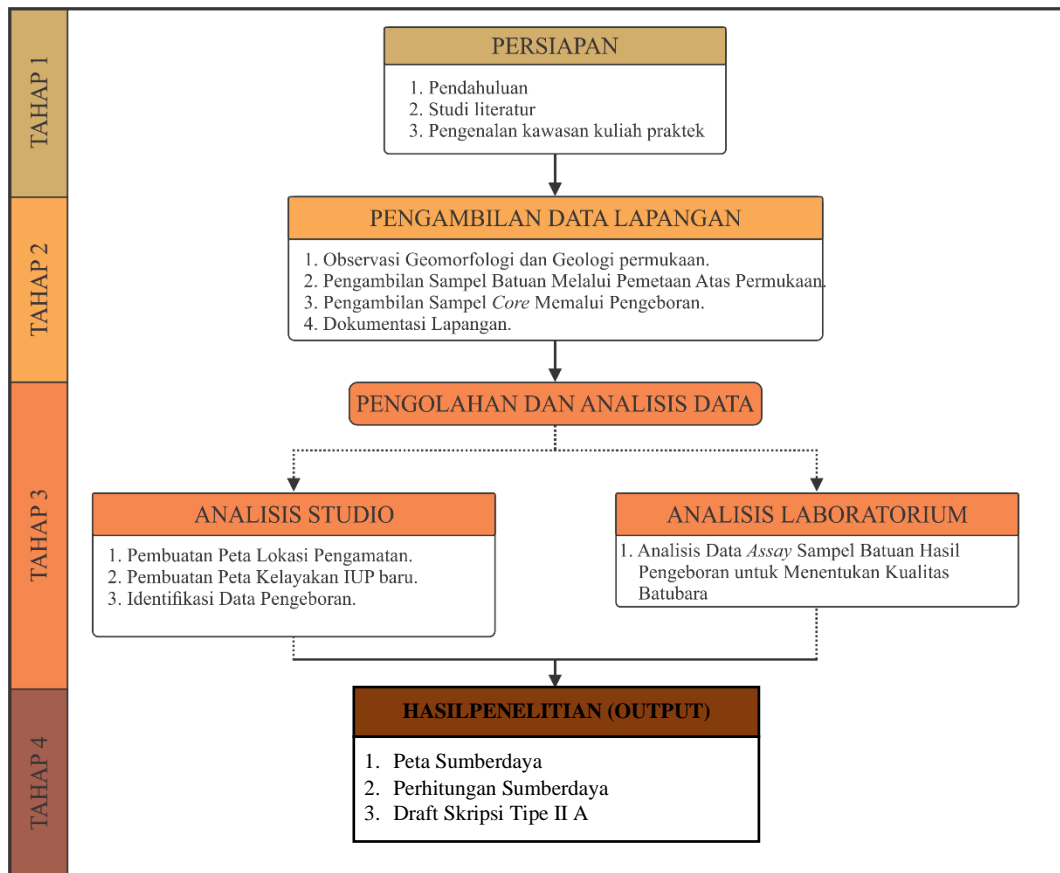


Diagram 2. 1 Diagram alir metode penelitian

2.2 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan untuk mendapatkan data yang akurat, oleh karena itu penelitian terhadap kualitas batubara ini dilakukan di kawasan WIUP PT BIL (Bara Indah Lestari) dan sekitarnya, melibatkan semua pihak BIL. Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan 3 hari dimulai dari tanggal 2 juni 2022 sampai 6 juli 2022.

2.3 Tahap Persiapan

Tahap Persiapan Tahap persiapan merupakan tahapan awal yang dilakukan pada penelitian (masalah khusus) yang meliputi kegiatan pendahuluan seperti pengajuan proposal kegiatan kerja praktik, presentasi rencana kegiatan kerja praktik hingga pengurusan izin penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari literatur dan pustaka yang relevan dengan kondisi geologi yang ada di daerah penelitian baik berupa buku-buku pedoman, jurnal, laporan penelitian, peta geologi regional hingga standart operational procedure (SOP) yang digunakan dalam kegiatan perusahaan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal secara umum yang ada di daerah penelitian sehingga memudahkan dalam pembuatan rencana kerja dan pengambilan data yang dibutuhkan, tahapan ini dilakukan sebelum dan selama penelitian berlangsung, yang kemudian dijadikan pembanding data geologi yang di dapatkandi lapangan. Pada tahap persiapan ini juga dilakukan 18 kegiatan pengenalan lingkup kerja praktik yang bertujuan untuk memperkenalkan kondisi perusahaan tempat dilakukanya kerja praktik sehingga peneliti dapat menyesuaikan dan mengikuti arahan serta peraturan yang diberlakukan di perusahaan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan oleh peneliti.

2.4 Tahapan Pengambilan Data Lapangan

Tahapan pengambilan data lapangan merupakan tahap dilakukannya kegiatan pengambilan data geologi yang dibutuhkan guna menyelesaikan permasalahan khusus atau penelitian yang ada pada daerah penelitian. Tahapan ini meliputi observasi geomorfologi dan kondisi geologi permukaan daerah penelitian, pengambilan data *subsurface* melalui kegiatan pengeboran, pengambilan sampel inti batuan hasil pengeboran hingga dokumentasi kegiatan lapangan.

2.5 Tahap Pengolahan dan Analisis Data

1. Tahap pengolahan dan analisis data merupakan tahapan yang dilakukan pasca pengambilan data yaitu dengan melakukan analisis studio dari data yang telah diperoleh. Tahap analisis ini dilakukan dengan melakukan perhitungan sumberdaya batubara pada lokasi yang telah ditentukan.
2. Pada tahapan analisis studio, tahap ini dimulai dengan melakukan deskripsi pada sampel batuan yang telah diambil pada pemetaan atas permukaan, kemudian dari data tersebut dapat ditentukan lokasi untuk perhitungan sumberdaya batubara yang akan dilakukan nantinya, selanjutnya kegiatan identifikasi data perhitungan sumberdaya batubara yaitu dengan melakukan evaluasi data yang sebelumnya telah didapatkan, hal ini bertujuan untuk memastikan kevalidan data dan mengurangi risiko kesalahan data geologi yang ada. Data tersebut kemudian dipisahkan menjadi 3 kelompok utama

yang akan digunakan dalam perhitungan sumberdaya batubara pada daerah penelitian, meliputi data sumberdaya tereka, tertunjuk dan terukur.

3. Tahapan perhitungan estimasi sumberdaya batubara pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Circular USGS*. Pada pembuatan visualisasi sebaran batubara dihasilkan beberapa *output* atau keluaran meliputi peta kelayakan IUP baru, penampang (*cross section*) ketebalan zona batubara (2 dimensi) hingga tabel perhitungan estimasi sumberdaya yang kemudian digunakan sebagai dasar faktor pengontrol geologi yang ada pada daerah penelitian
4. Tahapan perhitungan sumberdaya batubara pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Circular USGS*. Pada tahapan ini hanya 3 data utama yang digunakan yaitu sumberdaya tereka, tertunjuk dan terukur. Dari data perhitungan sumberdaya batubara tersebut dihasilkan *output* atau keluaran berupa peta sumberdaya batubara daerah penelitian.

2.6 Hasil Penelitian

Hasil penelitian merupakan korelasi data geologi yang telah didapatkan baik meliputi hasil observasi data lapangan hingga data analisis studio maupun hasil analisis laboratorium. Data hasil observasi lapangan tersebut meliputi kondisi geomorfologi hingga struktur geologi regional yang berperan dalam pembentukan batubara pada daerah penelitian.

Hasil observasi lapangan tersebut kemudian ditunjang data perhitungan sumberdaya batubara yang telah didapatkan pada 3 titik di lokasi penelitian. Hasil

analisis studio tersebut kemudian digunakan sebagai database dalam penentuan sumberdaya batubara pada daerah penelitian yang berupa peta lokasi pengamatan, peta sumberdaya batubara hingga identifikasi faktor geologi yang mempengaruhi sumberdaya batubara. Data hasil analisis studio tersebut kemudian disimpulkan dalam sebuah naskah Skripsi Tipe IIA.

2.7 Alat dan Bahan

Pada rangkaian kegiatan penelitian ini, baik dalam pekerjaan lapangan, pekerjaan studio hingga pekerjaan laboratorium memerlukan beberapa peralatan guna mendukung kelancaran pekerjaan. Berikut adalah peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian, meliputi:

A. Peralatan Lapangan

1. Peta Geologi Regional Lembar Poso - 2115 (Simandjuntak dkk, 1997) skala 1:100.000.
2. Peta Rencana lintasan
3. Peta Topografi daerah penelitian
4. 1 Set Alat Bor tipe Jackro 200
5. Global Positioning System (GPS)
6. Form deskripsi pengeboran
7. Form logging data pengebooran 22
8. Alat tulis
9. Kaca pembesar (loupe)
10. *Core Box*

11. Plastik sampel
12. Karung
13. Ember
14. Perlengkapan kode sampel
15. Pen magnet dan scratcher
16. Kamera digital
17. Peralatan keselamatan kerja / safety (helm lapangan, safety vest, kacamata, jas hujan, dan sarung tangan)
18. Peralatan pendukung lainnya.

B. Peralatan Analisis Laboratorium dan Studio

1. Komputer/laptop yang telah terinstal software Arcgis 10.8, Global Mapper 12, Microsoft Office 2016, Logplot 7 dan GEOVIA Surpac
- 6.6.2. 3. Peta Geologi Regional Lembar Bengkulu - 0912 (S. Gafoer, T. C. dkk, 1992) skala 1:100.000.
2. Peta Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS; Anonim 2018).
3. Peralatan tulis dan kerja.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Geologi Regional

Salah satu cekungan sedimentasi yang mengandung batubara di Indonesia terdapat di daerah Bengkulu. Van Bemmelen (1949) melaporkan adanya beberapa singkapan di daerah Bukit Sunur, Bukit Gandis, Air Lais dan Air Langkap. Secara stratigrafi posisi endapan batubara di Bengkulu umumnya dijumpai berupa sisipan dalam batuan yang terdiri dari batupasir, konglomerat, breksti tufan, batupasir kuarsa dan batulanau.

Pada umumnya proses pembentukan batubara dicekungan Bengkulu sangat dipengaruhi oleh proses tektonik pembentukan pulau Sumatra sehingga mengakibatkan lapisan batubara yang terbentuk tidak terlalu tebal dan penyebarannya banyak terpotong oleh adanya sesar-sesar tersebut. Selain itu adanya aktifitas magmatisme-vulkanisme yang dialami cekungan ini juga mengakibatkan adanya ketidakseragaman kualitas endapan batubara di cekungan Bengkulu menurut Gafoer (1992) (Gambar 2.1).

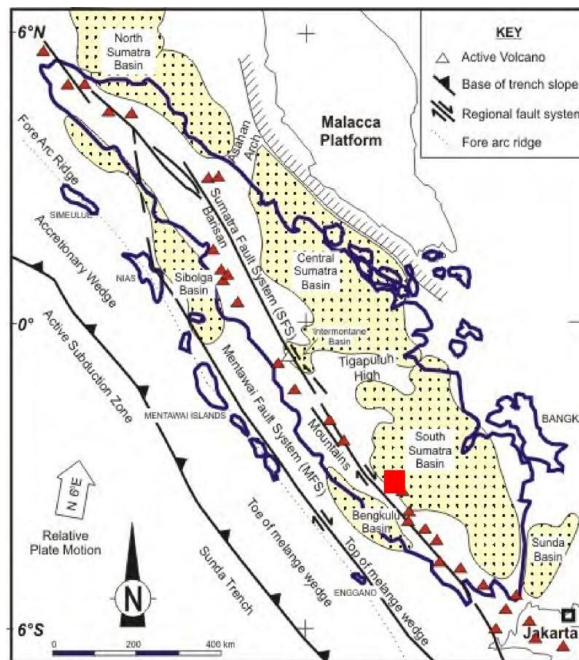
3.2 Tataan Teknonik

Pulau Sumatera yang terletak di perbatasan bagian barat daya Paparan Sunda, sebagai perpanjangan dari Lempeng Asia. Sumatera terbentuk sebagai hasil dari konvergensi atau kolisi, akresi dari beberapa lempeng benua dalam waktu Mesozoikum sampai Awal Kenozoikum (Pulunggono dan Cameron, 1984).

Konvergensi Lempeng India dan Lempeng Eurasia didominasi oleh tektonik strike slip. Pada saat ini, lempeng India tersubduksi ke bagian bawah Lempeng Eurasia dengan arah N 6° E dan kecepatan antara 6 dan 7 cm/tahun.

Konvergensi antar lempeng menghasilkan orientasi Pulau Sumatera yang berarah baratlaut – tenggara dan subduksi sepanjang Palung Sunda. Zona konvergensi oblique ini ditandai dengan Sistem Palung-Busur Sunda yang memanjang lebih dari 5000 km, dari Myanmar di utara hingga pada wilayah tumbukan Lempeng Australia dengan Indonesia Timur di selatan. Akumulasi gaya dari subduksi menyebabkan pergerakan lateral mengenai dari sistem Sesar Sumatra (Fitch, 1972). Pola utama pergerakan sesar ini dinamakan Sistem Sesar Sumatera.

Tektonik pulau Sumatera terjadi pada beberapa tahap dalam selang waktu yang berbeda dan pada akhirnya menghasilkan kondisi geologi seperti sekarang. Evolusi tektonik pulau Sumatera adalah sebagai berikut: pada Mesozoik Tengah, terjadi kompresi akibat kolisi antara lempeng Eurasia dan lempeng India. Setelah itu terjadi tektonik ekstensional selama Paleosen – Miosen Awal. Tektonik relatif tenang pada Miosen Awal – Pliosen yang disertai pengisian cekungan Sumatera Selatan. Pengisian tersebut diantaranya berupa Talangakar, Baturaja, Gumai, Air Benakat dan formasi yang lebih muda. Setelah itu, tektonik berupa pengangkatan basement yang disertai tektonik kompresi dan inversi cekungan pada Pliosen hingga sekarang (Suhendan, 1984).



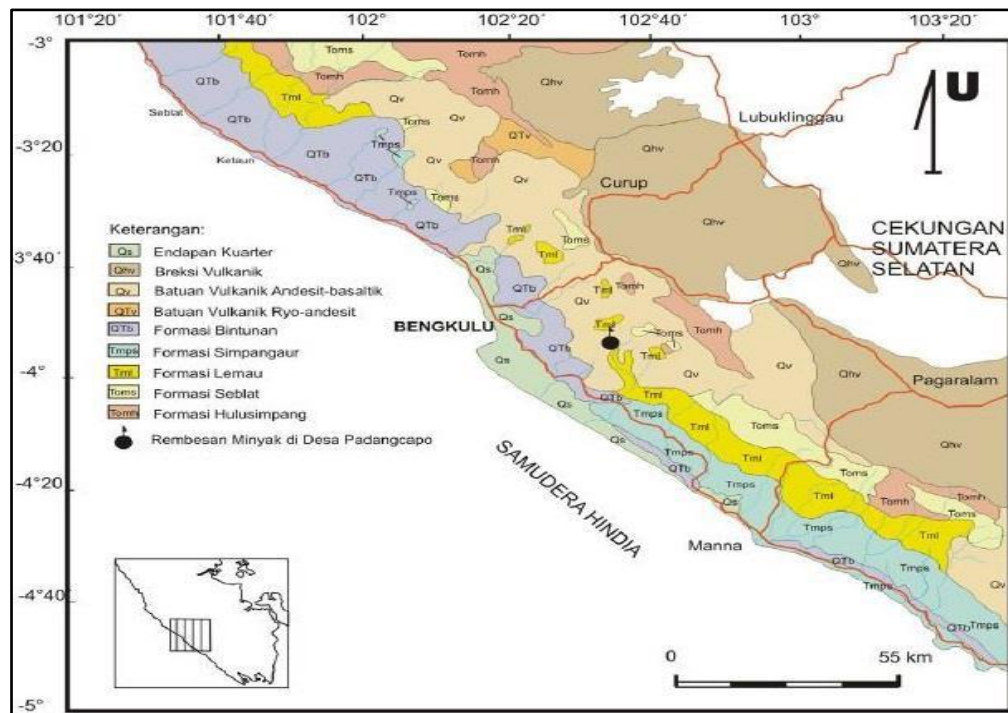
Gambar 3. 1 Sketsa cekungan-cekungan back arc, fore arc, dan intra arc di Sumatera. (Barber dkk, 2005).

3.3 Struktur Regional

Secara umum ditinjau dari segi tektonik, daerah Bengkulu dibagi menjadi beberapa elemen tektonik utama yang terbentuk akibat tektonik pada kala Kapur Akhir dan Pliosen - Pleistosen. Elemen-elemen tersebut adalah punggungan Busur Luar Non Vulkanik (P.Enggano), Cekungan Busur Muka (Zona Sesar Mentawai dan cekungan Bengkulu), jalur magmatic barisan/zona sesar sumatera.

Akibat tektonik tersebut menyebabkan terjadinya tiga arah bidang sesar utama di Kawasan daratan dan lepas pantai Cekungan Muka Busur Bengkulu. Dua Bidang sesar tersebut mempunyai arah timur laut-barat daya dan barat laut-tenggara searah dengan sesar mendatar sumatera dan satu bidang sesar lainnya

mempunyai arah utara-selatan, Sesar utama tersebut diantaranya adalah sesar Air kotok, sesar Air Susup, Sesar Air Ringkis dan sesar Air Kemumu.



Gambar 3. 2 Peta cekungan Bengkulu (Disederhanakan oleh Gafoer, 1992).

Terdapatnya banyak struktur sesar di daerah sesar Bengkulu akan sangat berpengaruh terhadap lapisan batubara yang terbentuk yang menyebabkan penyebaran batubara menjadi tidak konsisten dan banyak yang terjadi rekahan-rekahan dalam batuan yang diakibatkan adanya sesar tersebut. Untuk selanjutnya hal ini tentu saja akan mempengaruhi kualitas dan penambangan batubara nantinya.

Formasi Lemau (batulempung, batulempung gampingan, batubara, batupasir, dan konglomerat) yang berumur Miosen Tengah-Akhir dan terendapkan di daerah transisi sampai laut dangkal menindih secara tak selaras Formasi Seblat

(Yulihanto dr., 1995). Formasi Lemau yang tertindih secara tak selaras oleh Formasi Simpangaur (batupasir konglomeratan, batupasir, batulumpur mengandung cangkang moluska dan batupasir tufan), berumur Miosen Akhir – Pliosen, dan terendapkan di daerah transisi.

Formasi Bintunan (batuan tufan, konglomerat polimik, tuf, dan batulempung tufan dengan sisipan lignit dan sisa tumbuhan) berumur Plioplistosen, yang terendapkan di lingkungan air tawar sampai payau dan setempat laut dangkal, menindih tak selaras Formasi Simpangaur (Gafuer dr., 1992), sedangkan menurut Yulihanto dr. (1995;) (Gambar 3.2) bagian bawah Formasi Bintunan tersebut menjemari dengan bagian atas Formasi Simpangaur. Formasi Bintunan setara dengan Formasi Ranau yang tersingkap di Lembar Manna (Amin dr., 1994), terdiri atas breksi gunung api berbatuapung dan tuf riolitikandesitik. Breksi gunung api tampak berwarna kekuningan, lunak, tidak berlapis, berkomponen kepingan batuapung dan lava andesit-basal di dalam matriks tuf pasiran (Amin dr., 1994). Kemudian satuan batuan yang termuda adalah aluvium yang terdiri atas bongkah, kerakal, pasir, lanau, lumpur, dan lempung.

3.4 Stratigrafi Regional

Berdasarkan peta geologia lembar Bengkulu skala 1:250.000 yang diterbitkan oleh pusat penelitian dan pengembangan Geologi 1992 secara regional susunan stratigrafi dari tua ke muda (Tabel 3.1)

A. Formasi Hulusimpang (Tomh)

Diendapkan pada oligosen akhir-miosen tengah pada lingkungan peralihan darat hingga laut dangkal terdiri dari lava dan breksi gunung api serta tuff terubah.

B. Formasi Seblat (Toms)

Terdiri dari batupasir, konglomeratan, berselang seeking dengan serpih gampingan, batugamping, batulanau, batulempung gampingan dan batupasir. Diendapkan pada kala oligosen akhir-miosen tengah pada lingkungan laut dengan kondisi turbidit. formasi ini mempunyai hubungan menjemari dengan formasi Hulu Simpang.

C. Formasi Bal (Tmba)

Terdiri dari batupasir, konglomerat, berselang seling dengan serpih gampingan, batugamping, batulanau, batulempung gampingan dan batupasir. diendapkan pada kala oligosen Akhir-Miosen tengah pada lingkungan laut dengan kondisi turbidit. Formasi ini mempunyai hubungan secara menjemari dengan Formasi Hulu Simpang.

D. Formasi Lemau (Tnk)

Terdiri dari batupasir tufaan, Sebagian konglomeratan kadang terdapat sisipan batubara, batulempung dan batupasir gampingan. Formasi diendapkan pada Miosen Tengah-miosen Akhir dan menindih secara tidak selaras di atas formasi seblat dan formasi Bal.

Tabel 3. 1 Korelasi Stratigrafi daerah dan darat dicekungan Bengkulu

(modifikasi dari Yulianto dr.1995).

UMUR			BENGKULU		LINGKUNGAN	PROSES STRUKTUR
N ZONE	UNIT STRATIGRAFIS		LEPAS PANTAI	DARATAN		
1.9	N.23	PLISTOSEN		BINTUNAN	KONTINENTAL - TRANSISI	INVERSI CEKUNGAN
	N.22					
5	N.21	PLIOSEN	EBURNA	SIMPANG AUR	TRANSISI	PENURUNAN CEKUNGAN
	N.20					
	N.19					
11	N.18	MIOSEN	MUARA ENIM	LEMAU	TRANSISI - LAUT DANGKAL	TENSIONAL
	N.17					
	N.16					
	N.15					
	N.14					
	N.13					
14	N.12	MIOSEN	AIR BENAKAT	SEBLAT	LAUT DANGKAL - DALAM	PENURUNAN CEKUNGAN
	N.11					
	N.10					
	N.9					
	N.8					
	N.7					
	N.6					
27.5	N.5	MIOSEN	BATURAJA		TRANSISI - KONTINENTAL	TENSIONAL
	N.4					
	N.3					
	N.2					
30	N.1	OLIGOSEN	TALANG AKAR	HULUSIMPANG	FLUVIAL - LAKUSTRINE	SYSTEM GRABEN TENSIONAL PALEOGEN
	N.0					
37.5	P.19	EOSAEN	SETARA LAHAT		FLUVIAL - LAKUSTRINE	SYSTEM GRABEN TENSIONAL PALEOGEN
	P.18					
43	P.17	EOSAEN	BATUAN DASAR ?		FLUVIAL - LAKUSTRINE	SYSTEM GRABEN TENSIONAL PALEOGEN
	P.16					
	P.15					
	P.14					
49	P.13	PALEOSEN	BATUAN DASAR ?		FLUVIAL - LAKUSTRINE	SYSTEM GRABEN TENSIONAL PALEOGEN
	P.12					
53.5	P.7	PALEOSEN	BATUAN DASAR ?		FLUVIAL - LAKUSTRINE	SYSTEM GRABEN TENSIONAL PALEOGEN
	P.6					
65	P.1	PALEOSEN	BATUAN DASAR ?		FLUVIAL - LAKUSTRINE	SYSTEM GRABEN TENSIONAL PALEOGEN
144		PRATERSIER				

E. Formasi Simpangaur (Tmps)

Berumur miosen akhir-pliosen awal terdiri dari konglomerat, breksi, batupasir tufaan, batulempung dan sisipan batubara, formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Lemau.

F. Batuan Beku dasit (andesit)

Berwarna abu-abu berbintik kehitaman, kompak Sebagian lapuk, berumur Pliosen, Terobosan batuan beku ini yang mempengaruhi peningkatan kualitas lapisan batubara formasi yang terendapkan sebelumnya.

G. Formasi Bintuna (Qtb)

Terdiri konglomerat polimik, batupasir, berbatuapung, batu lanau, batulempung dengan sisa tanaman, sisipan lignit dan batugamping, diendapkan di lingkungan peralihan berair payau pada Plio-pleistosen.

H. Endapan Berumur Kuartar (Qa)

Terdiri dari alluvium, batugamping terumbu, endapan rawa dan undak Alluvium, batuan piroklastika andesit basalt, tuff dan breksi lahar.

3.5 Morfologi

Secara umum morfologi daerah penyelidikan merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian 450m-700m diatas permukaan laut (Mdpl). Daerah penyelidikan dapat dibagi dalam dua satuan geomorfologi berdasarkan (Brahmantyo dan Bando, 1999).

A. Satuan Morfologi Perbukitan Punggungan Sesar

Satuan ini menempati hampir 70% dari keseluruhan luas IUP dicirikan dengan bentukan bukit yang bergelombang kuat dengan kemiringan lereng hingga mencapai hingga 60°, didominasi oleh litologi berupa endapan piroklastika seperti ignimbrite, batupasir, lapilli dan agglomerat dan di beberapa tempat ditemukan adanya singkapan out *sub crop* berupa Intrusi Andesit.

B. Satuan Morfologi Lembah Graben

Satuan ini menempati hampir 30% dari keseluruhan luas IUP dicirikan dengan bentukan lembah yang curam dan biasanya terisi dengan sungai muda yang memiliki pola pengaliran “rectangular” sebagai ciri dari bentukan zona sesar yang kuat. Lokasi penelitian didominasi oleh litologi berupa batupasir, lempung hitam dan singkapan *sub crop* batubara di beberapa tempat di dekat aliran sungai.

3.6 Sumberdaya dan Batubara

Menurut departemen pendidikan nasional sumber daya adalah suatu nilai potensi yang dimiliki oleh suatu materi atau unsur tertentu dalam kehidupan. Sumber daya tidak selalu bersifat berwujud (*tangible*), tetapi juga tanwujud (*intangibile*). Sumber daya ada yang dapat berubah, baik menjadi semakin besar maupun hilang, dan ada pula sumber daya yang kekal (selalu tetap). Selain itu, dikenal pula istilah sumber daya yang dapat pulih atau terbarukan (*renewable resources*) dan sumber daya tak terbarukan (*non-renewable resources*) termasuk ke dalam sumber daya yang dapat pulih termasuk tanaman dan hewan (sumber daya hayati). Batubara merupakan jenis batuan sedimen, dengan kandungan karbon sebagai mineral utama dan juga hidrogen, belerang serta oksigen dalam mineral sekundernya. Tingginya nilai karbon, hydrogen, oksigen dan belerang pada kandungan senyawa ini membuat batubara mudah terbakar.

Batubara ini merupakan batuan fosil yang telah terbentuk secara alami lebih dari 340 juta tahun yang lalu. Beberapa definisi batubara lainnya yang digunakan oleh para ahli dalam berbagai literatur antara lain :

- a. Batubara adalah batuan yang diturunkan dari jasad tumbuh- tumbuhan yang telah mengalami perubahan fisik dan kimiawi dalam kurun waktu yang panjang oleh Winans & Crelling.
- b. Batubara adalah batuan sedimen yang tersusun dari maceral dan mineral oleh Davidson. Maceral tersebut meliputi : *vitrinite, exinite dan innernite*.
- c. batubara adalah batuan yang struktur utamanya tersusun dari senyawa- senyawa aromatik dan *hidro aromatic* oleh Van Krevelen dan Meyer.
- d. Batubara adalah batuan yang tersusun dari kopolimer yang amorphous melalui ikatan silang dari gugus aromatik yang stabil oleh Edger.
- e. Batubara adalah batuan yang tersusun dari dominasi senyawa organik dan senyawa pengotor anorganik/mineral oleh Hendricks, Grimes & Meyer. “Batuan yang mengandung senyawa anorganik > 50 % dinamakan Hendricks sebagai *carbonaceous shale*”.



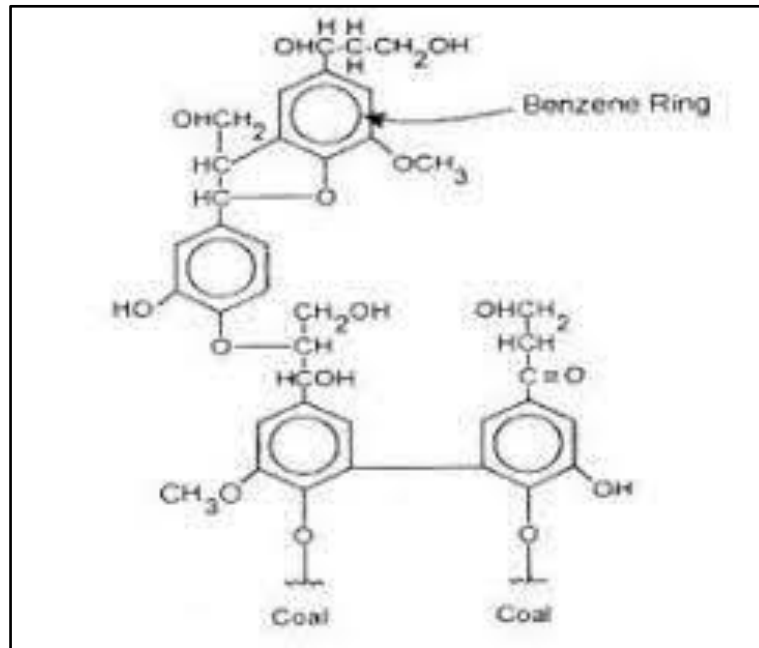
Gambar 3. 3 Batubara daerah penelitian

Struktur kimia batubara diperkirakan berbentuk polimer padat yang tidak larut dalam pelarut organik. Batubara tersusun dari group aromatik dan group polisiklik yang masing-masingnya dihubungkan oleh struktur alifatik dan gugus fungsional oksigen.

Berdasarkan hasil analisis *nuclear magnetic resonance (nmr) spectroscopy*, semakin tinggi peringkat batubara maka semakin tinggi pula kandungan group aromatiknya. Batubara sub bituminus dan bituminus mempunyai kandungan group aromatik antara 40 – 75% (Gavalas, 1982).

Jumlah cincin aromatik dalam batubara juga ditentukan oleh peringkat batubara; batubara dengan kandungan carbon 70 – 80 % rerata mempunyai cincin aromatik dua, kandungan carbon 85 – 90 % rerata cincin aromatiknya 3 – 5 dan kandungan carbon 95 % rerata cincin aromatiknya bisa mencapai 40-an (Tsai, 1982). Group polisiklik batubara biasanya terdiri dari gugus fungsional oksigen,

nitrogen dan sulfur (Shinn, 1984). Struktur kimiawi batubara dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Unsur bangun senyawa batubara

3.6.1 Pembentukan Batubara

Batubara terbentuk dari fosil-fosil tumbuhan dan juga hewan yang tertimbun dan mengalami proses pemanasan di dalam tanah untuk waktu yang sangat lama. Sehingga yang menyebabkan batubara terbentuk adalah tekanan, suhu panas dan waktu. Proses pembentukan induk batubara (*peat*) dari fosil tumbuhan dinamakan proses koalifikasi. Proses ini memerlukan kondisi-kondisi tertentu, karena itu proses koalifikasi hanya terjadi pada tempat-tempat dan era-era tertentu saja sepanjang sejarah geologi.

Era/zaman karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu (jtl), adalah era pembentukan batubara yang paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk pada era tersebut. Pada Zaman Permian, kira-kira 270 jtl, juga terbentuk endapan-endapan batubara yang ekonomis di belahan bumi bagian selatan, seperti Australia, dan berlangsung terus hingga ke Zaman Tersier (70 - 13 jtl) di berbagai belahan bumi lainnya. Ada tiga teori tentang proses pembentukan induk batubara yang dikemukakan oleh para ahli yakni :

3.6.1.1 Teori Taylor

Menurut Taylor pembentukan induk batubara diawali dengan perubahan tingkat kebasahan lapisan tanah yang disebabkan oleh perubahan senyawa kompleks kalsium alumino menjadi senyawa kompleks natrium alumino. Senyawa ini selanjutnya dihidrolisa oleh air membentuk larutan alkali yang menyebabkan lapisan tanah menjadi impermeable terhadap gas dan air. Setelah lapisan impermeable ini terbentuk maka bakteri anaerob akan melakukan aksi dekomposisi membentuk *humid acid*. *Humid acid* yang terbentuk akan dinetralkan oleh larutan alkali yang terdapat pada lapisan tanah tersebut. Proses ini terus berlanjut sampai terbentuk induk batubara (*peat*). Jadi proses pembentukan induk batubara semata mata hanya akibat aksi bakteri anaerob (*bio processing*), tidak dipengaruhi oleh aksi panas dan tekanan.

3.6.1.2 Teori Bergious

Teori Bergious ini didasarkan pada hasil penelitian yang menunjukkan bahwa bila material kayu dipanaskan sampai temperatur $\pm 340^{\circ}$ C dalam kondisi inert (tidak berkontak dengan oksigen/udara) maka akan diperoleh padatan yang mirip batubara dengan kandungan karbon mencapai 80 %. Kandungan karbon bisa melebihi 80 % bila pemanasan dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi.

Jadi menurut Bergious pembentukan batubara dalam lapisan tanah diawali dengan tumbang/robohnya tumbuh-tumbuhan, kemudian jasad tumbuhan tersebut tertimbun oleh lapisan tanah disekitarnya. Dengan berjalannya waktu maka jasad tumbuhan tersebut akan semakin jauh tertimbun dari permukaan bumi, dimana temperatur dan tekanan juga semakin tinggi, sehingga jasad tumbuhan akan terdekomposisi membentuk batubara. Kualitas batubara akan ditentukan oleh temperatur dan tekanan dekomposisi yang dialami oleh jasad tumbuhan serta biasanya berbanding lurus dengan perjalanan waktu.

3.6.1.3 Teori Kombinasi

Menurut teori kombinasi pembentukan batubara diawali dari proses biokimia yakni proses pembusukan kayu oleh bakteri. Proses ini dipengaruhi oleh peredaran air, temperatur, keasaman, dan toksisitas dari lingkungan tempat terjadinya pembusukan. Proses pembusukan ini dikenal juga dengan proses penggabutan (*peatification*) yang akan menghasilkan induk batubara. Tahap penggabutan adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang

buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5 – 10 meter. Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut .

Setelah *peat* terbentuk dalam tahap biokimia, selanjutnya proses pembentukan batubara diikuti oleh tahap dinamokimia yakni proses penimbunan peat oleh lapisan tanah disekitarnya sehingga peat akan mendapatkan tekanan dari lapisan tanah diatasnya (*overburden*) dan dari samping sebagai akibat dari pergeseran kulit bumi. Pada tahap ini terjadi proses dekomposisi terhadap peat sehingga prosentase karbonnya akan meningkat, sedangkan prosentase hidrogen dan oksigennya akan berkurang . Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organikya mulai dari lignit (brown coal), sub bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit. Perubahan komposisi batubara selama proses koalifikasi diberikan oleh tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3. 2 Perubahan Komposisi Kayu ke Batubara

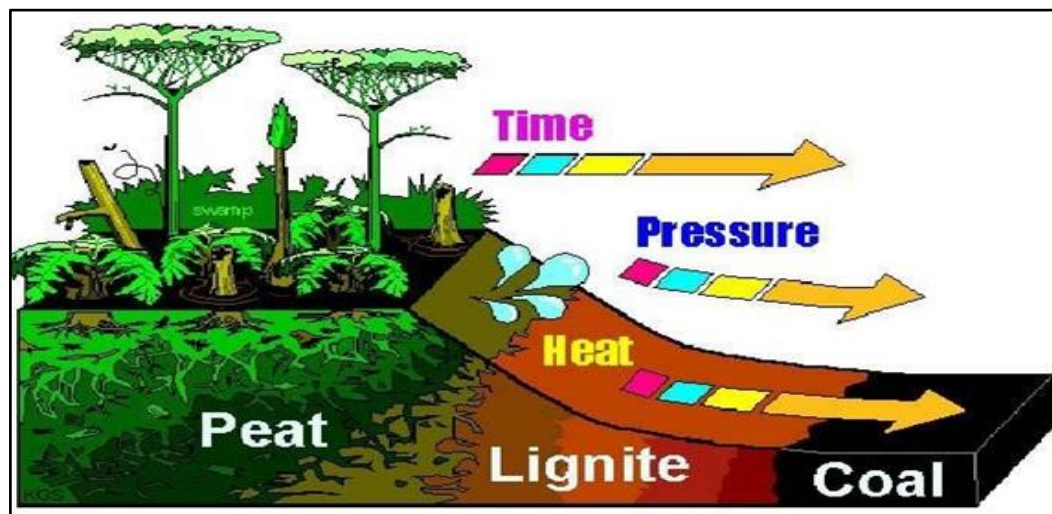
JENIS	MOISTURE	KARBON	HIDROGEN	OKSIGEN	.M (900°C)
<i>Wood</i>	20	50	6	42,5	75
<i>Peat</i>	90	60	5,5	32,3	65
<i>Brown Coal</i>	40 – 60	60 – 70	+ 5	> 25	> 50
Lignit	20 – 40	65 – 75	+ 5	16 – 25	40 – 50
Subbituminus	10 - 20	75 - 85	4,5 – 5,5	12 – 21	+ 45
Bituminus	10	75 – 90	4,5 – 5,5	5 – 20	18 – 40
Semi Antrasit	> 5	90 – 92	4,0 – 4,5	4 – 5	5 – 20
Antrasit	< 5	92 - 94	3,0 – 4,0	3 – 4	15

Ket : V.M (900°C) adalah bagian dari bahan organik (batubara) yang hilang bila bahan organik tersebut dipanaskan dalam kondisi inert pada temperatur 900°C .

Menurut teori kombinasi, proses pembentukan batubara merupakan gabungan dari aksi bakteri (bio kimia) serta aksi panas dan aksi tekanan (dinamo kimia).

Keadaan topografi juga mempengaruhi proses terbentuknya batubara dan merupakan salah satu faktor dan syarat topografi yang memungkinkan terbentuknya endapan batubara secara umum adalah sebagai berikut :

1. Ada dataran rendah dengan hutan yang lebat
2. Dekat dengan daerah rawa yang sukar kering (daerah ini diharapkan sebagai tempat penumpukan jasad kayu)
3. Dekat dengan daerah yang tinggi (daerah ini diharapkan sebagai penimbun jasad kayu).
4. Penurunan tanahnya terjadi perlahan-lahan sehingga keadaan rawa tetap bisa dipertahankan (daerah tingginya tidak rawan longsor).
5. Muara-muara/delta sungai. Bila daerah hutan lebat berada di daerah aliran sungai maka keberadaan muara/delta sungai akan menyamai fungsi rawa pada daerah air tergenang yakni sebagai tempat penumpukan jasad tumbuhan. Gambaran umum proses pembentukan batubara (*Coalification proses*) dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Ilustrasi proses pembentukan batubara (*Coalification proses*)

3.6.2 Faktor-Faktor Pembentukan Batubara

Pembentukan batubara merupakan proses yang kompleks yang harus dipelajari dari banyak segi, karena ada bermacam-macam proses yang berbeda satu dengan lainnya yang mempengaruhi pembentukan batubara, baik derajat maupun jenis batubaranya pada suatu cekungan (L.E.Schlatter's, 1973). Faktor-faktor pembentuk batubara adalah sebagai berikut:

A. Posisi Geotektonik (*Geotectonic Position*)

Di dalam genesa cekungan batubara, posisi geotektonik merupakan faktor yang umum, dominan, dan memegang peranan penting. Posisi geotektonik mempengaruhi iklim, morfologi cekungan, kecepatan sedimentasi, kecepatan penurunan dasar cekungan, jenis flora, dan pada akhirnya akan berpengaruh terhadap jenis batubara (*coal type*), derajat batubara (*coal rank*), dan geometri lapisan batubara yang terbentuk. Pada daerah bertektonik kuat, penurunan cekungan akan berjalan cepat selama

pengendapan berlangsung. Akibatnya akan berpengaruh terhadap perbedaan petrografi dan geometri lapisan batubara serta menambah kontaminasi mineral, seperti sulfida, klorit, dan karbonat.

B. Topografi Purba (*Paleotopografi*)

Morfologi cekungan mempunyai arti penting di dalam menentukan penyebaran rawa-rawa tempat batubara terbentuk. Pada daerah pantai datar dan tidak berbukit merupakan lingkungan yang baik untuk pembentukan batubara, demikian juga di daerah cekungan benua, tetapi jumlahnya terbatas. Pada dataran stabil, erosi akan mempengaruhi ukuran dan bentuk lakustrin, asal dan luas pengaliran, aliran air, dan permukaan air tanah. Faktor-faktor tersebut mempengaruhi pembentukan batubara.

C. Posisi Geografi (*Geographycal Position*)

Posisi geografi berpengaruh terhadap iklim, khususnya temperatur. Pada daerah tropik dan subtropik, tumbuhan dapat tumbuh subur dibanding di daerah sedang, di daerah kutub tidak baik bagi pertumbuhan tumbuhan. Pembentukan batubara akan baik pada rawa-rawa paralik yang tingginya sama dengan permukaan air laut. Lingkungan pembentukan endapan gambut dipengaruhi oleh:

1. Kenaikan muka airtanah lambat atau penurunan dasar cekungan lambat, sehingga endapan gambut terhindar dari abrasi air laut.

2. Adanya beting pantai, gosong pasir, atau tanggul alam yang menghalangi rawa-rawa dari abrasi air laut, sehingga dapat mempertahankan endapan gambut dari banjir sungai dan abrasi laut.
3. Relief daratan yang rendah, sehingga pengendapan material fluviatil berbutir halus akan menutupi endapan gambut yang terbentuk terlebih dahulu

Berdasarkan posisi geografinya, terjadinya endapan batubara dapat di lingkungan daratan (*limnic*) dan pantai laut (*paralic*). Pada prinsipnya pembentukan endapan gambut memerlukan kondisi permukaan airtanah yang konstan sepanjang tahun, sehingga endapan organik dari tumbuhan yang mati segera terdekomposisi. Kondisi demikian tergantung posisi geografinya, di samping iklim dan biasanya dijumpai di daerah tepi pantai dimana air laut membendung air yang datang dari daratan. Juga pada rawa-rawa dekat pantai. Untuk gambut di daratan dapat pada garis tepi danau atau rawa yang besar.

D. Iklim (*Climate*)

Gambut berasal dari tumbuhan, sedangkan perkembangan tumbuhan dipengaruhi oleh iklim, lebih khusus lagi adalah kelembaban. Pada daerah beriklim tropik dan subtropik yang bertemperatur tinggi, umumnya sesuai untuk pertumbuhan tumbuhan dibandingkan daerah beriklim dingin. Di samping itu, suhu yang lebih panas tidak hanya mempercepat pertumbuhan tumbuhan, tetapi juga mempercepat pembusukan. Hasil penelitian menyebutkan bahwa hutan rawa tropis

mempunyai siklus pertumbuhan setiap 7-9 tahun dan tumbuhan mencapai tinggi sekitar 30 m, sementara di iklim dingin atau sedang untuk waktu yang sama pertumbuhannya hanya mencapai ketinggian 5-6 m. Daerah iklim sedang miskin bahan makanan, sehingga didominasi oleh lumut, sedangkan daerah tropik didominasi pohon. Pada Karbon Akhir atau Tersier Awal, umumnya gambut terbentuk di iklim tropis dan basah. Meskipun demikian, di belahan bumi selatan dan Siberia dijumpai batubara yang terbentuk di iklim sedang dan basah, bahkan di iklim dingin seperti batubara Gondwana (Permo-Karbon) dengan tumbuhan utama Gangamopteris, Glossopteris, *Cycadophyta*, dan Conifers. Lapisan batubara yang terbentuk di lingkungan iklim tropis basah umumnya tebal dan cemerlang (*bright coal*), sebaliknya di iklim sedang atau dingin terdiri dari sedikit batubara cemerlang. Meskipun demikian, selama pembentukan batubara tidak selalu iklimnya tetap, seperti di belahan bumi selatan terdapat batubara tebal diselingi lapisan yang tidak mengandung batubara. Kondisi ini ditafsirkan sebagai masa yang kering dengan ciri sedimen berkadar garam tinggi dan diperkirakan suhunya lebih dingin dibanding suhu sekarang.

E. Pembusukan (*Decomposition*)

Pembusukan tumbuhan adalah proses peruraian unsur yang merupakan bagian transformasi biokimia dari bahan organik tumbuhan. Setelah tumbuhan mati, maka yang berperan adalah proses

degradasi biokimia. Prosesnya adalah pembusukan oleh kerja bakteri dan jamur, terutama di daerah yang bertemperatur hangat dan lembab daripada di daerah kering dan bertemperatur dingin. Bakteri bekerja pada lingkungan tanpa oksigen, mula-mula menghancurkan bagian yang lunak dari tumbuhan seperti *cellulose*, protoplasma, dan pati. Dalam suasana kekurangan oksigen akan berakibat keluarnya air dan sebagian unsur karbon dalam bentuk karbondioksida, karbonmonoksida, dan metan. Akibat pelepasan unsur atau senyawa tersebut, maka jumlah relatif unsur karbon akan bertambah. Dari proses ini akan terjadi perubahan dari kayu menjadi gambut. Kecepatan pembentukan gambut bergantung pada kecepatan pertumbuhan tumbuhan dan proses pembusukan. Bila tumbuhan yang mati tertutup oleh air dengan cepat, maka akan terjadi proses penguraian oleh bakteri. Sebaliknya apabila tumbuhan yang telah mati terlalu lama berada di udara terbuka, maka kecepatan pembentukan gambut akan berkurang, karena hanya bagian yang keras saja yang tertinggal, sehingga menyulitkan penguraian oleh bakteri. Pembusukan umumnya berjalan lebih cepat pada kondisi lingkungan yang selalu berganti, yaitu dari reduksi ke oksidasi dan seterusnya. Kadar pembusukan akan berpengaruh terhadap batubara yang akan terbentuk

F. Penurunan Dasar Cekungan (*Subsidence*)

Penurunan cekungan merupakan hal penting, yaitu jika penurunan dan akumulasi tumbuhan berjalan seimbang, maka akan

menghasilkan endapan batubara tebal. Pergantian transgresi dan regresi juga akan mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan dan pengendapannya, juga menyebabkan adanya infiltrasi material dan mineral yang akan mempengaruhi komposisi batubara. Kecepatan penurunan yang lebih cepat dari kecepatan akumulasi tumbuhan akan mengakibatkan air menggenangi rawa-rawa dan hutan sekelilingnya, sehingga kehidupan tumbuhan terganggu. Jika penurunan lebih lambat dari kecepatan akumulasi tumbuhan, maka akan menyebabkan akumulasi tumbuhan di permukaan. Akibatnya permukaan airtanah akan turun dan tumbuhan membusuk oleh udara.

G. Skala waktu geologi.

Waktu geologi menentukan berkembangnya beragam tumbuhan, misal pada jaman Karbon dijumpai endapan batubara yang melimpah karena pada jaman tersebut perkembangan tumbuhan mencapai puncaknya.

Waktu geologi juga dapat meningkatkan derajat batubara, karena makin tua umur endapan batubara, maka besar kemungkinannya tertimbun lebih dalam dan lebih tebal oleh endapan sedimen dibandingkan yang berumur muda. Meskipun demikian, pada batubara yang lebih tua selalu ada risiko mengalami deformasi tektonik dan pengaruh erosi, sehingga dapat mengganggu atau mengurangi endapan batubara yang ada. Perkecualian dapat terjadi, sekalipun endapan batubara berumur tua, belum tentu akan tertimbun oleh sedimen yang lebih tebal atau mempunyai peringkat yang lebih tinggi. Bahkan adanya terobosan batuan beku dapat

membuat endapan batubara muda mencapai peringkat yang tinggi, misalnya endapan semi-antrasit yang berumur Mio-Pliosen di Suban, Tanjung Enim dan berumur Miosen Tengah di Bukit Sunur, Bengkulu. Ada delapan waktu geologi pembentukan batubara seperti diberikan pada tabel 3.3 berikut ini :

Tabel 3. 3 Skala Waktu Geologi Pembentukan Batubara

No.	Periode	Waktu Geologi
1	<i>Quarternary</i>	Sekarang – 2 juta tahun yang lalu
2	<i>Tertiary</i>	2 – 65 juta tahun yang lalu
3	<i>Cretaceous</i>	65 – 135 juta tahun yang lalu
4	<i>Jurassic</i>	135 – 180 juta tahun yang lalu
5	<i>Treasic</i>	180 – 225 juta tahun yang lalu
6	<i>Permian</i>	225 – 275 juta tahun yang lalu
7	<i>Carboniferous</i>	275 – 350 juta tahun yang lalu
8	<i>Devonian</i>	350 – 410 juta tahun yang lalu

H. Sejarah Setelah Pengendapan (*Post-depositional history*)

Sejarah cekungan batubara sangat tergantung pada posisi geotektoniknya, karena posisi geotektonik mempengaruhi perkembangan cekungan batubara dan berpengaruh pada tebalnya lapisan penutup yang pada akhirnya menentukan proses kecepatan metamorfosa organik dan bertanggung jawab terhadap struktur cekungan batubara, lipatan, sesar, atau terobosan batuan beku. Secara singkat dapat berpengaruh terhadap aspek geometri lapisan batubara dan kualitas batubara.

I. Metamorfosa Organik (*Organic metamorphism*)

Perubahan fisik dan kimia dari organisme secara berangsur menjadi bentuk lain yang susunannya lebih kompleks, umumnya pada kondisi tanpa oksigen. Prosesnya dibagi menjadi dua tahap, yaitu perubahan biokimia dan perubahan geokimia. Proses biokimia yaitu perubahan dari tumbuhan mati menjadi gambut dan proses geokimia yaitu perubahan dari gambut menjadi batubara. Pada proses geokimia, kenaikan suhu memegang peranan penting, yaitu berkurangnya unsur hidrogen dan oksigen yang diikuti oleh meningkatnya unsur karbon sehingga derajat batubara makin meningkat. Kenaikan suhu ini terutama disebabkan oleh tebalnya batuan yang menindihnya atau adanya terobosan magma batuan beku. Metamorfosa organik dipengaruhi oleh proses yang bekerja setelah pengendapan, secara tidak langsung juga dipengaruhi oleh posisi geotektonik, kecepatan penurunan cekungan, dan waktu geologi

3.6.3 Derajat Batubara (*Coal Rank*)

Derajat batubara merupakan akibat dari kenaikan temperatur yang berlangsung pada waktu dan tekanan tertentu, sehingga menghasilkan seri gambut-antrasit (Diesel, 1986). Ada empat rank utama batubara yakni lignit (*brown coal*), sub-bituminus, bituminus dan antrasit.



Gambar 3. 6 Rank batubara menurut *Americans Society For Testing & Materials* (ASTM,1958)

Beberapa jenis batubara menurut kualitas yang didasari proses pembentukannya, yaitu:

A. *Lignite*

Lignite merupakan bentuk awal pembentukan batubara yang memiliki kandungan mineral air yang paling tinggi yakni 75% dibanding jenis lainnya. Jenis ini dapat digunakan untuk bahan bakar serta penyerap minyak yang begitu efektif. Terdiri dari 2 grup yaitu :

1. Lignit A ; Merupakan grup batubara dalam rank lignitic yang mempunyai nilai kalori sebesar >6300 BTU/lb - <8300 BTU/lb (dalam keadaan kering).
2. Lignit B ; Merupakan grup batubara dalam rank lignitic yang mempunyai nilai kalori <6300 BTU/lb (dalam keadaan kering)

B. *Sub-Bituminous*

Jenis *lignite* ini merupakan batubara yang memiliki kandungan mineral air lebih rendah dari pada gambut yaitu 35% hingga 68%. Tekstur batubara *lignite* ini cukup lunak, dan sering dijumpai untuk bahan bakar listrik tenaga uap. Terdiri dari 3 grup yaitu :

1. *Sub-Bituminous A* ; Merupakan batubara dalam *rank subbituminous* yang mempunyai nilai kalori sebesar >10500 BTU/lb - <11500 BTU/lb (dalam keadaan kering).
2. *Sub-Bituminous B* ; Merupakan batubara dalam *rank subbituminous* yang mempunyai nilai kalori sebesar >9500 BTU/lb - <10500 BTU/lb (dalam keadaan kering).
3. *Sub-Bituminous C* ; Merupakan batubara dalam *rank subbituminous* yang mempunyai nilai kalori sebesar >8300 BTU/lb - <9500 BTU/lb (dalam keadaan kering).

C. *Bituminous*

Jenis bitumen atau *bituminous* ini merupakan batubara yang sangat padat berwarna hitam atau coklat. Batu ini memiliki kandungan mineral air 8% hingga 10% saja, dengan kandungan karbon setinggi 68% hingga 86%. Jenis ini paling sering digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga uap, dan juga pembangkit daya panas di sektor industri. Terdiri dari 5 grup yaitu :

1. *Low - Volatile Bituminous* ; Merupakan grup batubara dalam *rank bituminous* yang mengandung persentase *fixed* karbon sebesar >78%

- <86% serta persentase kandungan *volatile matter*-nya sebesar >14% - <22% (dalam keadaan kering).
- 2. *Medium – Volatile Bituminous* ; Merupakan grup batubara dalam *rank bituminous* yang memiliki kandungan *fixed* karbon sebesar >69% - <78% serta persentase kandungan *volatile matter* sebesar >22% - <31% (dalam keadaan kering).
- 3. *High – Volatile A Bituminous* ; Merupakan grup batubara dalam *rank bituminous* yang memiliki persentase *fixed* karbon sebesar <69% , persentase kandungan *volatile matter*-nya sebesar >31%, serta nilai kalorinya >14000 BTU/lb (dalam keadaan kering).
- 4. *High – Volatile B Bituminous* ; Merupakan batubara dalam *rank bituminous* yang mempunyai nilai kalori sebesar >13000 BTU/lb - <14000 BTU/lb (dalam keadaan kering).
- 5. *High – Volatile C Bituminous* ; Merupakan batubara dalam *rank bituminous* yang mempunyai nilai kalori sebesar >11500 BTU/lb - <13000 BTU/lb (dalam keadaan kering).

D. Anthracite

Jenis antrasit merupakan batubara tertinggi yang memiliki tekstur jauh lebih *glossy* dan hitam. Antrasit memiliki kandungan air kurang dari 8% saja dan kandungan karbon 86% hingga 98%. Sehingga antrasit ini paling sering digunakan untuk pembangkit panas pada mesin alat elektronik seperti pemanas ruangan. Terdiri dari 3 grup yaitu :

1. *Meta – Anthracite* ; Merupakan grup batubara pada *rank anthracite* yang memiliki kualitas paling baik, dimana kandungan *fixed* karbonnya bisa mencapai >98% serta persentase kandungan *volatile matter*-nya <2% (dalam keadaan kering).
2. *Anthracite* ; Merupakan grup batubara pada *rank anthracite* yang mengandung persentase *fixed* karbon >92% - <98% serta persentase kandungan *volatile matter*-nya >2% - <8% (dalam keadaan kering).
3. *Semi – Anthracite* ; Merupakan grup batubara pada *rank anthracite* yang mengandung persentase *fixed* karbon >86% - <92% serta persentase kandungan *volatile matter*-nya >9% - <14% (dalam keadaan kering)

3.6.4 Lingkungan Pengendapan

Lingkungan pengendapan batubara dapat dikelompokkan lagi kedalam 6 lingkungan pengendapan seperti yang akan dijelaskan berikut ini.

Batubara merupakan hasil akumulasi tumbuh-tumbuhan pada kondisi lingkungan pengendapan tertentu. Akumulasi tersebut telah dikenai pengaruh-pengaruh *syn-sedimentary* 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 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 tercipta kondisi anaerob dan zat organik dapat terawetkan. Kondisi demikian dapat terjadi diantaranya di lingkungan paralik (pantai atau muara sungai) dan limnik (rawa-rawa).

Menurut Diessel (1984) lebih dari 90% batubara di dunia terbentuk di lingkungan paralik (daerah seperti ini dapat dijumpai di dataran pantai, lagunal, deltaik, atau juga fluviatil) dan sisanya di lingkungan limnik.

Diessel juga mengemukakan bahwa terdapat 6 tipe lingkungan pengendapan utama pembentuk batubara (Tabel 3.3) yaitu *gravelly braid plain*, *sandy braid plain*, *alluvial valley and upper delta plain*, *lower delta plain*, *backbarrier strand plain*, dan *estuary*. Tiap lingkungan pengendapan mempunyai asosiasi dan menghasilkan karakter batubara yang berbeda.

Tabel 3.4 Tipe Lingkungan Pengendapan Batubara (diessel(1984))

<i>Environment</i>	<i>Sub Environment</i>	<i>Coal Characteristics</i>
<i>Gravelly braid plain</i>	<i>Bars, channel, overbank plains, swamps, raised bogs</i>	<i>mainly dull coals, medium to low TPI, low GI, low sulphur</i>
<i>Sandy braid plain</i>	<i>Bars, channel, overbank plains, swamp, raised bogs,</i>	<i>mainly dull coals, medium to high TPI, low to medium GI, low sulphur</i>

<i>Alluvial valley and upper</i>	<i>channels, point bars, floodplains and</i>	<i>mainly bright coals, high TPI, medium to high GI, low</i>
<i>delta plain</i>	<i>basins, swamp, fens, raised bogs</i>	<i>sulphur</i>
<i>Lower delta plain</i>	<i>Delta front, mouth bar, splays, channel, swamps, fans and Marshes</i>	<i>mainly bright coals, low to medium TPI, high to very high GI, high sulphur</i>
<i>Backbarrier strand plain</i>	<i>Off-, near-, and backshore, tidal inlets, lagoons, fens, swamp, and marshes</i>	<i>transgressive : mainly bright coals, medium TPI, high GI, high sulphur regressive : mainly dull coals, low TPI and GI, low sulphur</i>
<i>Estuary</i>	<i>channels, tidal flats, fens and marshes</i>	<i>mainly bright coal with high GI and medium TPI</i>

Proses pengendapan batubara pada umumnya berasosiasi dengan lingkungan fluvial *flood plain* dan *delta plain*. Akumulasi dari endapan sungai (fluvial) di daerah pantai akan membentuk delta dengan mekanisme pengendapan progradasi (Allen dan Chambers, 1998).

Lingkungan delta plain merupakan bagian dari kompleks pengendapan delta yang terletak di atas permukaan laut (subaerial). Fasies-fasies yang berkembang di lingkungan delta plain ialah endapan *channel, levee, crevasse, splay, flood plain*, dan

swamp. Masing-masing endapan tersebut dapat diketahui dari litologi dan struktur sedimen.

Endapan *channel* dicirikan oleh batupasir dengan struktur *sedimen cross bedding, graded bedding, paralel lamination*, dan *cross lamination* yang berupa laminasi karbonan. Kontak di bagian bawah berupa kontak erosional dan terdapat bagian deposit yang berupa fragmen-fragmen batubara dan plagioklas. Secara lateral endapan *channel* akan berubah secara berangsur menjadi endapan *flood plain*. Di antara *channel* dengan *flood plain* terdapat tanggul alam (*natural levee*) yang terbentuk ketika muatan sedimen melimpah dari *channel*. Endapan *levee* yang dicirikan oleh laminasi batupasir halus dan batulanau dengan struktur sedimen *ripple lamination* dan *paralel lamination*.

Pada saat terjadi banjir, *channel* utama akan memotong *natural levee* dan membentuk *crevasse play*. Endapan *crevasse play* dicirikan oleh batupasir halus – sedang dengan struktur sedimen *cross bedding, ripple lamination*, dan bioturbasi. Laminasi batupasir, batulanau, dan batulempung juga umum ditemukan. Ukuran butir berkurang semakin jauh dari *channel* utamanya dan umumnya memperlihatkan pola mengasar ke atas.

Endapan *crevasse play* berubah secara berangsur ke arah lateral menjadi endapan *flood plain*. Endapan *flood plain* merupakan sedimen klastik halus yang diendapkan secara suspensi dari air limpahan banjir. Endapan *flood plain* dicirikan oleh batulanau, batulempung, dan batubara berlapis.

Endapan *swamp* merupakan jenis endapan yang paling banyak membawa batubara karena lingkungan pengendapannya yang terendam oleh air dimana

lingkungan seperti ini sangat cocok untuk akumulasi gambut.

Tumbuhan pada sub-lingkungan *upper delta plain* akan didominasi oleh pohon-pohon keras dan akan menghasilkan batubara yang blocky. Sedangkan tumbuhan pada *lower delta plain* didominasi oleh tumbuhan pohon – pohon nipah yang menghasilkan batubara berlapis (Allen, 1985).

3.6.5 Geometri Lapisan Batubara

Secara umum geometri lapisan batubara lebih sederhana bila dibandingkan dengan endapan mineral yang lain , Tetapi kenyataan di lapangan, selain ditemukan sebagai lapisan yang melampar luas dengan ketebalan menerus dan dalam urutan yang teratur, juga dijumpai lapisan batubara yang tersebar tidak teratur, tidak menerus, menebal, menipis, terpisah dan melengkung dengan geometri yang bervariasi.

Pembagian parameter geometri lapisan batubara (menurut Jeremic (1985) dalam B. Kuncoro (2000)) ini didasarkan pada hubungannya dengan terdapatnya seam batubara ditambang dan kestabilan lapisannya meliputi :

- A. Ketebalan lapisan batubara
- B. Kemiringan lapisan batubara
- C. Pola kedudukan lapisan batubara dan sebarannya.
- D. Kemenerusan lapisan batubara dapat diketahui dari eksplorasi pemboran

3.6.6 Pola Sebaran dan Kemenerusan Batubara

A. Pola Sebaran

Lingkungan pengendapan batubara merupakan salah satu kendali utama yang mempengaruhi pola sebaran, ketebalan, kemenerusan, kondisi *roof* dan kandungan sulfur pada lapisan batubara . Melalui model pengendapan aau fasies juga dapat ditentukan lapisan batubara ekonomis yang ditandai oleh sebarannya yang luas, tebal, kandungan abu dan sulfur rendah. Artinya ada hubungan genetik antara geometri lapisan batubara dan lingkungan pengendapannya .

Aspek geometri lapisan batubara berhubungan atau dikendalikan oleh faktor lingkungan pengendapan dan proses tektonik yang berlangsung. Kedua faktor tersebut di atas dicerminkan oleh proses-proses geologi, yaitu:

1. Proses geologi yang berlangsung bersamaan dengan pembentukan batubara: perbedaan kecepatan sedimentasi dan bentuk morfologi dasar pada cekungan, pola struktur yang sudah terbentuk sebelumnya, dan kondisi lingkungan saat batubara terbentuk.
2. Proses geologi yang berlangsung setelah lapisan batubara terbentuk: adanya sesar, erosi oleh proses-proses yang terjadi di permukaan, atau terobosan batuan beku (intrusi).

Oleh karena itu, pemahaman geometri lapisan batubara hanya akan diperoleh jika hubungannya dengan lapisan batuan yang

berasosiasi (lingkungan pengendapan) diperhitungkan bersamaan dengan proses tektonik yang mempengaruhi daerah tersebut.

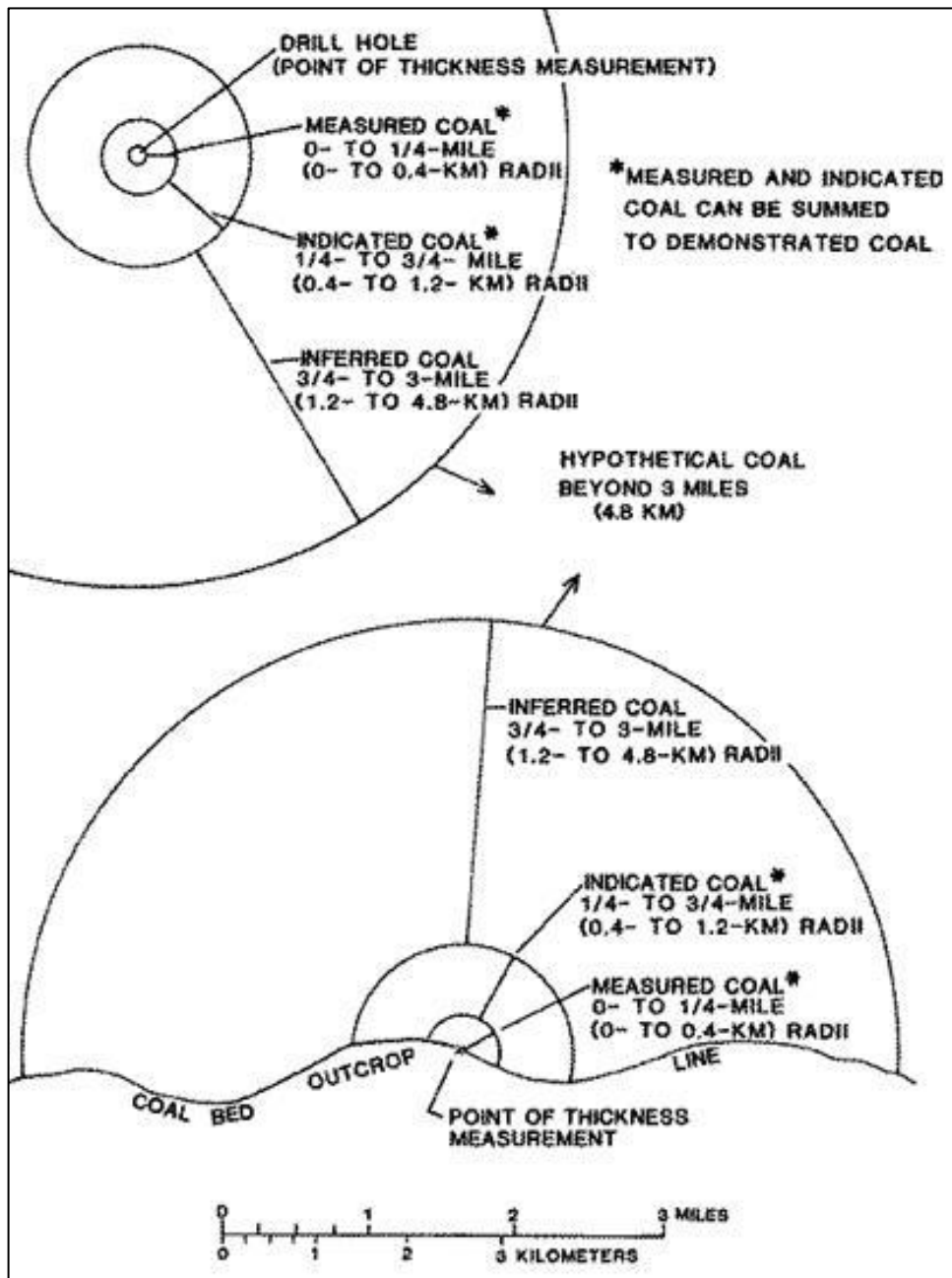
B. Kemenerusan batubara

Selain jarak kemenerusan, maka faktor pengendalinya juga perlu diketahui, yaitu apakah kemenerusannya dibatasi oleh proses pengendapan, split, sesar, intrusi, atau erosi. Misal pada split, kemenerusan lapisan batubara dapat terbelah oleh bentuk membaji dari sedimen bukan batubara. Berdasarkan penyebabnya dapat karena proses sedimentasi (*auto sedimentational split*) atau tektonik yang ditunjukkan oleh perbedaan penurunan dasar cekungan yang mencolok akibat sesar (Warbroke, 1981 dalam Diessel, 1992). Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang split akan sangat membantu pada:

1. kegiatan eksplorasi untuk menentukan sebaran lapisan batubara dan penentuan perhitungan cadangan.
2. Kegiatan penambangan hadirnya split dengan kemiringan sekitar 45° yang umumnya disertai dengan perubahan kekompakan batuan, maka akan menimbulkan masalah dalam kegiatan tambang terbuka, kestabilan lereng, dan kestabilan atap pada operasi penambangan bawah tanah.

3.7 Metode *Circular USGS*

Metode yang digunakan dalam mengestimasi sumberdaya batubara menggunakan metode Circular, membentuk lingkaran dengan menjadikan radius terluar berdasarkan ketetapan batas SNI sebagai *area of influence*. Metode ini diawali berdasarkan USGS 1983, namun karena tidak mempertimbangkan ketebalan sebenarnya (*True thickness*) dalam perhitungan maka metode circular ini tidak berpatokan dengan USGS melainkan menggunakan standar SNI yang tidak menjelaskan terkait dengan metode pemodelan. Prosedur atau teknik perhitungannya adalah dengan membuat lingkaran-lingkaran pada setiap titik informasi endapan batubara, yaitu singkapan batubara dan atau titik pengeboran. Setelah menjustifikasi kondisi geologi (sederhana, moderat, kompleks) ini kemudian bisa diketahui radius lingkaran yang digunakan merupakan jarak informasi terluar dari SNI 5015 – 2011 yang tetap berprinsip pada problema 3 titik.



Gambar 3.7 Metode Circular (USGS, 1983)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

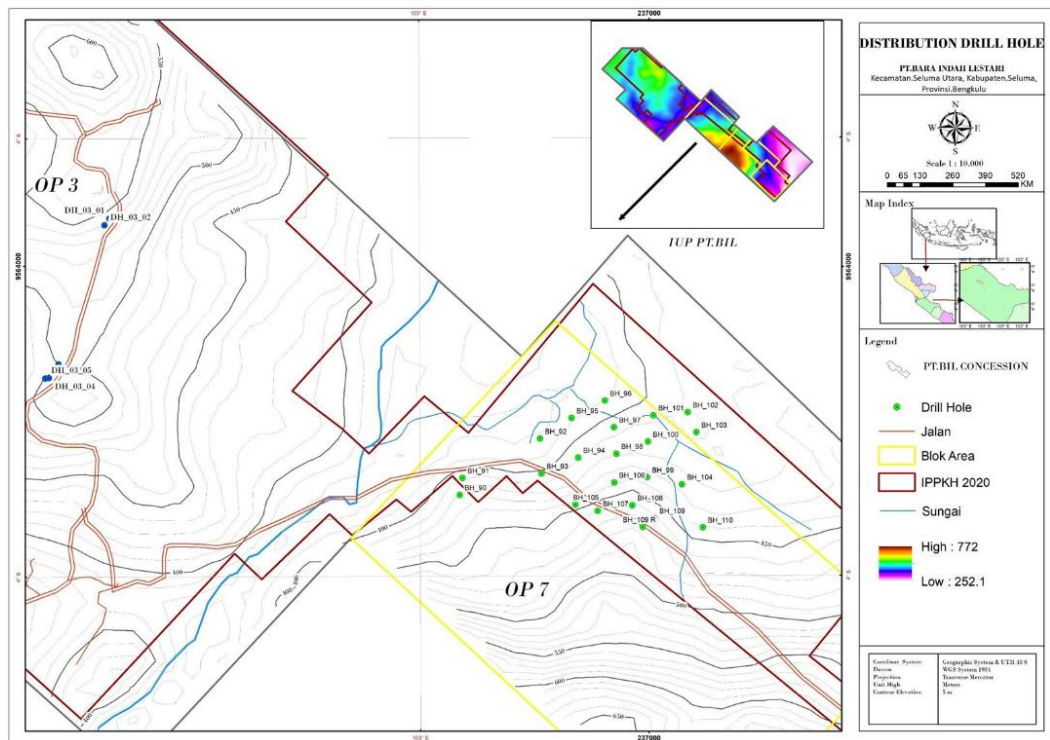
Pengambilan data geologi terkait masalah khusus yang telah dilakukan pada daerah penelitian, mendapatkan hasil berupa data primer atau data lapangan dan data sekunder. Data primer tersebut meliputi data geomorfologi, data kondisi geologi atas permukaan dan data bawah permukaan hasil pengeboran berupa jenis litologi, data sampel inti batuan. Data sekunder yang didapatkan berupa informasi dan gambaran kondisi geologi secara umum pada daerah penelitian yang didasarkan pada hasil kegiatan studi pustaka terhadap penelitian.

Data-data tersebut kemudian digunakan sebagai bahan analisis terkait masalah khusus yang peneliti lakukan. Dalam analisisnya, sampel inti batuan akan digunakan pada analisis laboratorium dengan melakukan uji kimia terkait kadar dan persentase mineral penyusun batuan sedangkan data geologi bawah permukaan hasil pengeboran akan digunakan sebagai data analisis studio. Pada bab ini, akan dibahas secara khusus mengenai hasil penelitian dan pembahasan atau interpretasi yang telah peneliti lakukan di daerah penelitian.

4.1 Data Pengeboran

Pengeboran dilakukan pada lokasi pengamatan ke sebelas pada titik koordinat 9xx0xx8x, 2xx2xx menggunakan satu unit rig tipe *jackro 200* menggunakan metode *openhole* dengan pipa sepanjang 80 meter ke bawah permukaan. Pengambilan *core* batubara dilakukan metode *fullcore*, Tidak semua

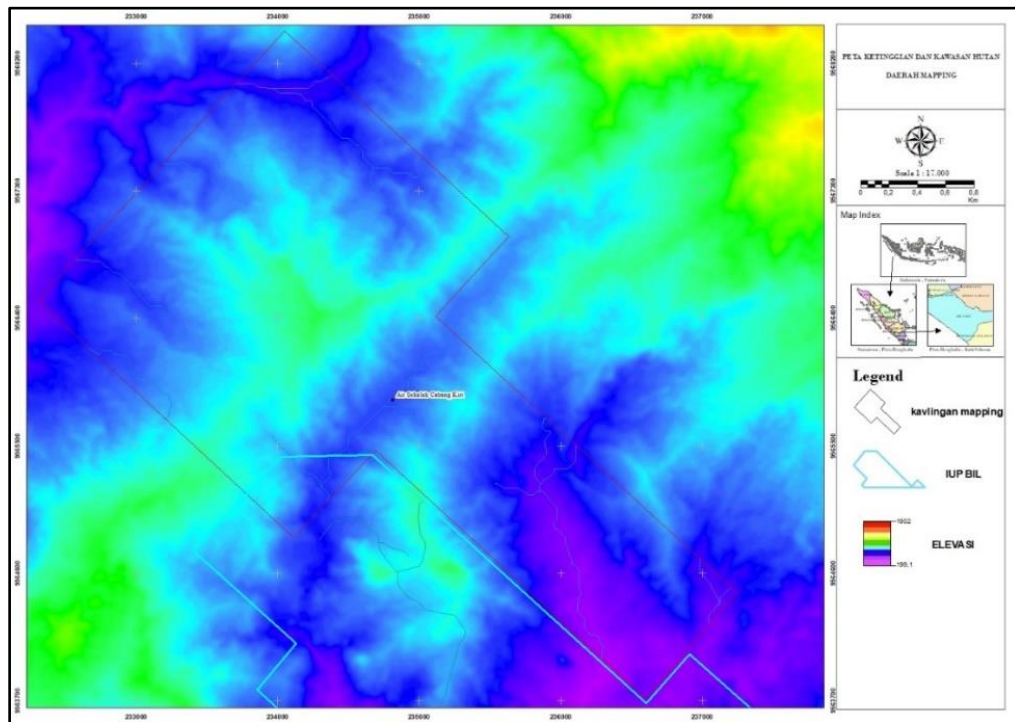
titik bor dilakukan Coring dapat diambil sampel *core* batubaranya, hal ini dikarenakan *core* recovery yang tidak bagus (*lostcore*) dan terlalu banyak lapisan batubara yang tergerus pada saat proses pengeboran (Gambar 4.1)



Gambar 4. 1 Peta lokasi pengeboran pada daerah penelitian.

4.2 Data Geomorfologi dan Atas Permukaan

Morfologi merupakan hasil interaksi antar proses eksogen dan endogen (Thornbury, 1996). Analisis geomorfologi ini akan membahas mengenai aspek-aspek diatas berdasarkan pada peta SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), peta topografi serta pengamatan langsung kondisi di lapangan seperti kelurusan sungai, bentuk lembah sungai, tingkat erosional, serta data litologi dan struktur geologi (Gambar 4.2)



Gambar 4. 2 Gambar citra SRTM dengan *Overlay* ketinggian

Dari citra SRTM dan hasil pemetaan lapangan dapat dilihat bahwa bentuk daerah pemetaan bertopografi tersayat kuat.

Secara umum morfologi daerah penyelidikan merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian 250m-650m di atas permukaan laut (Mdpl). Daerah penyelidikan dapat dibagi dalam dua satuan geomorfologi berdasarkan Klasifikasi (van Zuidam-Cancelado, 1979).

Berdasarkan nilai sayatan kelereng yang dianalisa dengan menggunakan *software Arcgis* maka dapat disimpulkan bahwa morfometri dan morfogenesis pembentuk daerah lokal penelitian adalah sebagai berikut :

4.2.1 Satuan Morfologi Perbukitan Punggungan Sesar,

satuan ini menempati $\pm 54\%$ dari keseluruhan luas Pemetaan yang memiliki kemiringan lereng lebih dari 10 derajat dan didominasi oleh morfogenesis berupa batuan produk vulkanik seperti ignimbrite, tuff dan intrusi andesit serta singkapan sub crop di beberapa titik yang mengindikasikan bahwa morfologi dilokasi tersebut berupa bentukan bukit yang bergelombang kuat.

4.2.2 Satuan Morfologi Lembah Graben

Satuan ini menempati $\pm 46\%$ dari keseluruhan luas Pemetaan yang memiliki kemiringan lereng lebih dari 6 derajat dan didominasi oleh morfogenesis berupa batuan sedimen seperti pasir, lempung, dan singkapan sub crop di beberapa tempat dialiran sungai yang mengindikasikan bahwa morfologi dilokasi pemetaan tersebut dicirikan bentukan lembah yang curam dan biasanya terisi dengan sungai muda yang memiliki pola pengaliran "*Rectangular*" sebagai ciri dari bentukan zona sesar yang kuat.

4.3 Analisis dan Perhitungan *Circular USGS*

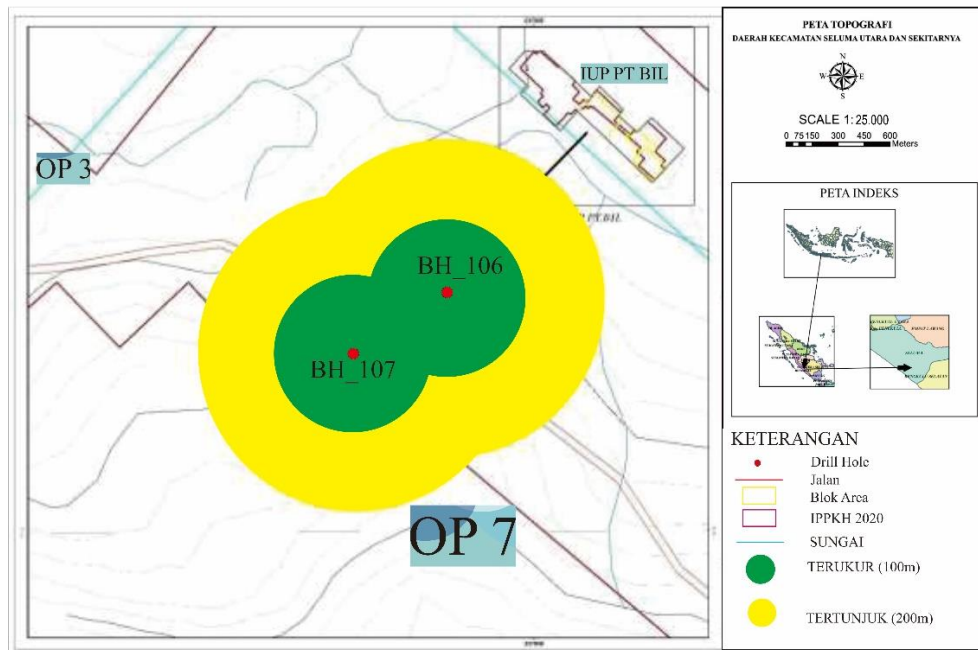
Dari hasil pengeboran didapatkan bahwa titik yang memiliki ketersediaan batubara ialah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengeboran

NO.	HOLE NO.	DATE START	DATE FINISH	COORDINATE			TOTAL DEPTH (m)			LITHOLOGY	COMMENTS			
				EASTING	NORTHING	ELEVATIO N	OPEN HOLE	CORING	FROM (m)		TO (m)	THICK (m)		
1	BH0P7_21.1 05	8/24/2021	8/28/2021	9.563.249.65	236.768.100	394.321	37.00	3.00	0.00	5.00	5.00	Top soil (cutting)	Open Hole	Open hole = 37 m
									5.00	9.00	4.00	Batu kamping coklat abu (cutting)	Open Hole	Conting = 3 m
									9.00	9.80	0.80	Batu kamping coklat	Conting	Tebal batubara = 2.1m
									9.80	30.00	0.20	Batu bara	Conting	
									30.00	31.00	1.00	Batu kamping putih abu (cutting)	Open Hole	
									31.00	37.00	6.00	Batu kamping abu abu (cutting)	Open Hole	
									37.00	27.00	10.00	Batu kamping coklat abu abu (cutting)	Open Hole	
									27.00	27.80	0.80	Batu bara	Conting	
									27.80	28.00	0.20	Batu kamping coklat	Conting	
									28.00	36.00	8.00	Batu kamping coklat abu abu (cutting)	Open Hole	
									36.00	40.00	4.00	Batu kamping abu abu (cutting)	Open Hole	
2	BH0P7_21.1 06	8/30/2021	8/31/2021	9.563.318.998	236.890.307	416.401	28.50	1.50	0.00	4.00	4.00	Top soil (cutting)	Open Hole	Open hole = 28.5 m
									4.00	15.00	11.00	Batu kamping abu abu (cutting)	Open Hole	Conting = 1.5 m
									15.00	36.00	1.00	Batu kamping abu abu coklat (cutting)	Open Hole	Tebal batubara = 2.1m
									36.00	36.80	0.80	Batu kamping coklat (cutting)	Open Hole	
									36.80	37.00	0.20	Batu bara (cutting)	Open Hole	
									37.00	21.50	8.50	Batu kamping coklat abu abu (cutting)	Open Hole	
									21.50	26.30	0.80	Batu bara	Conting	
									26.30	27.00	0.70	Batu kamping abu abu coklat	Conting	
									27.00	30.00	3.00	Batu kamping abu abu (cutting)	Open Hole	

Note : batubara dengan ketebalan dibawah <0.5 meter tidak dihitung

Dengan jarak spasi dari drill hole BH07_105 ke BH07_106 adalah 140.5 meter dan ketebelan batubara adalah 0.8 meter maka didapatkan dip sebesar 6°



Gambar 4. 3 Peta Sumberdaya di Blok Operasi Produksi (OP) 7 pengeboran 2022

Daerah pengeboran yang berada diblok OP 7 PT.bara indah lestari termasuk kedalam daerah geologi “*complex*” atau rumit yang dikarenakan situasi dan kondisi geologi didaerah tersebut banyak dipengaruhi sesar patahan mayor dari sesar semangko yang berarah barat laut – tenggara yang membentang sepanjang pulau sumatera. Sesar ini terbentuk dari hubungan antar lempeng samudera india- australia dan lempeng *sundaland*.

Tabel 4. 2 Komplexitas Geologi Berdasarkan SNI 505:2011

Kondisi Geologi	Sederhana	Moderat	Kompleks
Parameter			
1.A. Aspek Sedimentasi			
1. Variasi Ketebalan	Sedikit Bervariasi	Bervariasi	Sangat Bervariasi
2. kesinambungan	Ribuan Meter	Ratusan Meter	Puluhan Meter
3. Percabangan	Hampir Tidak Ada	Beberapa	Banyak
1.B. Aspek Tektonik			
1. Sesar	Hampir Tidak Ada	Jarang	Rapat
2. Lipatan	Hampir Tidak Terlipat	Terlipat Sedang	Terlipat Kuat
3. Intrusi	Tidak Berpengaruh	Berpengaruh	Sangat Berpengaruh
4. Kemiringan	Landai	sedang	Terjal
B. Variasi Kualitas	Sedikit Bervariasi	Bervariasi	Sangat Bervariasi

Tabel 4.3 Jarak Titik Informasi Menurut Kondisi Geologi (Sumber : Badan Standarisasi Nasional Indonesia SNI 2011, Pedoman pelaporan, Sumberdaya dan cadangan).

Kondisi geologi	kriteria	sumberdaya			
		Hipotetik	Tereka	Tertunjuk	Terukur
sederhana	Jarak titik informasi	tidak terbatas	$1000 < x < 1500$	$500 < x < 1000$	$x < 500$
moderat	Jarak titik informasi	tidak terbatas	$500 < x < 1000$	$250 < x < 500$	$x < 250$
Komplek	Jarak titik informasi	tidak terbatas	$200 < x < 400$	$100 < x < 200$	$x < 100$

Berdasarkan kondisi geologi dilapangan sesuai dengan arahan badan standarisasi nasional SNI Indonesia 2011. SNI-5015-2011: pedoman pelaporan, sumberdaya dan cadangan , sehingga dilakukan perhitungan sumber daya dengan daerah pengaruh sebagai berikut :

Tereka = 400 meter

Terunjuk = 200 meter

Terukur = 100 meter

Perhitungan manual estimasi sumberdaya dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$(T) = ((L/\cos a) \times t \times D$ Keterangan :

T = Tonase batuan = Tebal batuan

D = berat batubara per volume (density)

$L = \text{Luas Area batubara (m}^2\text{)}$

$A = \text{dip lapisan batubara}$

Estimasi sumberdaya batubara di daerah pengeboran khususnya blok OP7 PT.Bara indah lestari menggunakan metode estimasi *Circular USGS* . hasil perhitungan sumber daya sebagai berikut :

1. Sumberdaya tertunjuk yaitu :

Luas area (L') batubara dari hasil perhitungan menggunakan *Software Arcgis 10.4* dengan membuat radius daerah pengaruh 200 m (*complex*) adalah 181474.1 m². Luas area terkoreksi (L) batubara diperoleh dari hasil pembagian L' dengan cosinus kemiringan perlapisan batubara, yaitu 6° Maka diperoleh hasil 180476 m².

Volume batubara pada daerah penelitian dihitung dengan menggunakan variable luas terkoreksi L dikalikan dengan dengan tebal rata rata perseam ($c=0.8$ m) maka diperoleh total volume batubara tertunjuk 142.937 m³.

Tonase sumberdaya tertunjuk batubara diperoleh dari hasil perhitungan volume batubara dikalikan densitas batu bara (1.3 ton/m³) maka diperoleh sumberdaya tertunjuk batubara yaitu 185.818 Ton .

2. Sumberdaya terukur, yaitu :

Luas area (L') batubara dari hasil perhitungan menggunakan *Software Arcgis 10.4* dengan membuat radius daerah pengaruh 100 m (*complex*) adalah 56934.6 m². Luas area terkoreksi (L) batubara diperoleh

dari hasil

pembagian L' dengan cosinus kemiringan perlapisan batubara, yaitu 6° . Maka diperoleh hasil 56621 m². Volume batubara pada daerah penelitian dihitung dengan menggunakan variable luas terkoreksi L dikalikan dengan dengan tebal rata-rata perseam ($c=0.8$ m) maka diperoleh total volume batubara tertunjuk 44844.2 m³.

Tonase sumberdaya tertunjuk batubara diperoleh dari hasil perhitungan volume batubara dikalikan densitas batubara (1.3 ton/m³) maka diperoleh sumberdaya tertunjuk Table 1 . batubara yaitu 58297.45 Ton.

Tabel 4. 4 Estimasi Sumberdaya

seam	tebal rata- rata(m)	Dip (cos a)	Densitas	luas terkoreksi m ²		volume m ³		tonase m ³ /ton	
				tertunjuk (200m)	Terukur (100m)	Tertunjuk	Terukur	Tertunjuk	Terukur
c	0.8	6	1.3	180,476	56,621	142936.96	44844.2	185818.1	58297.45

4.4 Kelayakan Batubara Daerah Penelitian

Rencana perluasan Kawasan IUP PT Bara Indah Lestari menjadi salah satu alasan dilakukannya penelitian ini. Pada penelitian ini, hasil analisis laboratorium pada *core* digunakan dalam penentuan kualitas batubara daerah penelitian mengikuti dari standart operational procedure PT Bara Indah Lestari yaitu kadar densitas 1.3 kg/m³. Mengacu pada klasifikasi batubara (ASTM, 2016) didapatkan nilai tertinggi pada sampel *core* yaitu kalori dengan nilai tertinggi 5308 kkal/kg, *Fixed carbon* dengan nilai tertinggi 35,48 % dan nilai tertinggi *Volatiles* 21%.

Kemudian, sampel batubara yang telah diambil pada pemetaan atas permukaan yang mengikuti arah *Strike&dip* relatif berarah tenggara-barat laut pada batubara juga dijadikan acuan sebagai penentu kelayakan Kawasan baru IUP PT Bara Indah Lestari. Berikut adalah peta kelayakan daerah penelitian yang bertujuan untuk perluasan Kawasan IUP PT Bara Indah Lestari yang telah peneliti lakukan pada daerah penelitian.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemboran yang telah dilakukan selama 3 kali periode terhitung dari bulan Oktober, November hingga Desember didapati :

1. Hanya dua titik bor yang memiliki keterdapatan batubara dengan kedalaman kurang lebih diantara 26 meter dan tebal 0.8 meter yaitu titik BH_106 dan BH_107. Dengan jarak spasi antara dua titik tersebut adalah 140.5 meter
2. Dari dua titik tersebut didapatkan hasil sumberdaya tertunjuk dengan area pengaruh 200 m adalah 185818.1 Ton.
3. Sedangkan hasil sumberdaya terukur dengan area pengaruh 100 m adalah 58297.45 Ton.

5.2 Saran dan Masukan

Dari hasil yang didapatkan dari pengeboran selama 3 bulan dirasa belum cukup untuk menjadi bahan acuan dan pertimbangan untuk ketahap mining selanjutnya dikarenakan kurangnya sumber daya yang terukur dan mengingat besarnya biaya pengupasan *over burden* (1:26).. perlu adanya kajian mendalam dan pengeboran di area baru yang lebih prospect dengan spasi jarak yang relatif pendek ($x > 100m$) dikarenakan situasi dan kondisi geologi yang sangat kompleks diareal PT.BARA INDAH LESTARI untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, T.C, Kusnama, Rustandi, E., dan Gafoer, S., 1994. Geologi Lembar Manna dan Enggano, Sumatera, Skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Arifin M. and Parmanoan D., Teknologi Pembakaran Batubara : Tinjauan Khusus di Pabrik Semen, PT. Semen Padang, 2000
- ASTM D388, 2016. Standard classification of coal by rank, ASTM International, United States of America.
- Barber, A. J., Crow M. J., & Milsom J. S. (2005). Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society Memoir No. 31, London: The Geological Society.
- Bemmelen Van, R.W. 1949. The Geology of Indonesia. Martinus Nyhoff, Netherland: The Haque.
- Berkowitz N., The Chemistry of Coal, Coal Science and Technology 7, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1985
- Brahmantyo, B., dan Bandonu, 1999. Geomorphologic Information in Spatial Planning of Indonesian Region, *Proc. of Indonesian Assoc. of Geologists, the 28th Ann. Conv.*, Jakarta., pp. 255- 259
- Gafoer, S., Amin, T.C., dan Pardede, R., 1992. *Geologi Lembar Bengkulu, Sumatera Skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan, Bandung.*
- Greb S., Eble, C., Peters D., and Papp A., Coal and the Environment, The American Geological Institute, (2006).
- Horne J.C., Perm, J.C., Caruccio, F.T., Baganz, B.P., 1978. Depositional Karakteristiks in Coal Exploration and Mining Planning in Appalachian Region. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 62(12), 2379- 2411
- Ismail S., Pengantar Perbatubaraan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang, 1988.
- Ismail S., Proses Perbatubaraan dan Aspek Lingkungannya, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang, 1989.

- Kartikasari, R., Marwanto., H.G., 2020. *Pedoman penulisan seminar, proposal/usulan skripsi, dan skripsi fakultas Teknologi mineral. Jogjakarta: Institut Teknologi Nasional Jogjakarta.*
- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). Kamus Besar Bahasa Indonesia Pusat Bahasa Edisi Keempat. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- L.E. Schlatter's, 1973, Coal and Coal Geology, SIPM – Exploration and mining Division, Hague.
- NASIONAL-BSN, Badan Standardisasi. Pedoman Pelaporan, Sumberdaya, dan Cadangan Batubara. *Standar Nasional Indonesia Amandemen*, 2011.
- Tsai S.C., Fundamentals of Coal Beneficiation and Utilization, Coal Science and Technology 2, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1981
- Unsworth J. F., Barrat D.J. and Roberts P.T., Coal Quality and Combustion Performance, Elsevier, Amsterdam, 1991
- WOOD, Gordon Harry, et al. *Coal resource classification system of the US Geological Survey*. US Department of the Interior, Geological Survey, 1983.
- Yulihanto, B., Situmorang, B., Nurdjaji, A., dan sain, B., 1995. Structural Analysis of the onshore Bengkulu Forearc Basin and Its Implication for the Future Hydrocarbon Exploration Activity. *Proceecings, Indonesia Petroleum Association Twinty Fourth Annual Convention, October, 1995.*
- van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Government Printing Office, The Hague 1949, Batavia.
- van Zuidam, R.A. dan Cancelado, F.I., 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Area Photographs, A Geomorphological Approach*, Netherland, Enschede: ITC.
- Van Zuidam, R. A., 1983. *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. ITC, Netherlands.
- Van Zuidam, R. A. 1985. *Aerial Photo – Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smith Publisher, The Hague, ITC.
- Zimmerman R.E., Evaluating and Testing the Cooking Properties of Coal, Miller Freeman Publications Inc., San Francisco, 1979

