

SKRIPSI

ESTIMASI SUMBERDAYA TERTUNJUK BATUBARA MENGUNAKAN METODE *CIRCULAR USGS* 1983

(Studi Kasus: KM 14, Blok Batulaki, PT Kalimantan Mitra Maju Bersama,
Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan)

Disusun dan diajukan oleh

MUH ARIF AKBAR

D111 17 1501



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ESTIMASI SUMBERDAYA TERTUNJUK BATUBARA
MENGUNAKAN METODE *CIRCULAR USGS 1983***

(Studi Kasus: KM 14, Blok Batulaki, PT Kalimantan Mitra Maju Bersama,
Kecamatan Satuji, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan)

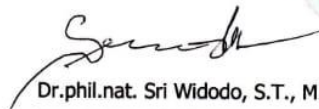
Disusun dan diajukan oleh

**MUH. ARIF AKBAR
D111171501**


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 17 Januari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,


Pembimbing Utama,


Dr.phil.nat. Sri Widodo, S.T., M.T.
NIP. 197101012012121001

Pembimbing Pendamping,


Dr. Ir. Irzal Nur, M.T.
NIP. 196604091997031002

Ketua Program Studi,


Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T.
NIP. 197111282005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUH. ARIF AKBAR
NIM : D111 17 1501
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ESTIMASI SUMBERDAYA TERTUNJUK BATUBARA MENGGUNAKAN
METODE *CIRCULAR USGS* 1983

(Studi Kasus: KM 14 Blok Batulaki, PT Kalimantan Mitra Maju Bersama,
Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan)

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 17 Januari 2022

Yang menyatakan



MUH. ARIF AKBAR

ABSTRAK

Sumberdaya terbagi menjadi tiga jenis, yaitu sumberdaya tereka, sumberdaya tertunjuk, dan sumberdaya terukur. Berdasarkan BSN, sumberdaya tertunjuk memiliki jarak antar titik pengamatan maksimum seratus meter, hal ini hanya berdasarkan dari informasi yang diperoleh melalui teknik yang memadai dari lokasi singkapan, parit uji, sumur uji, dan lubang bor, maka penelitian tugas akhir ini berfokus pada sumberdaya tertunjuk batubara. Aktivitas eksplorasi yang dilakukan merupakan kegiatan eksplorasi langsung dengan metode pengeboran *open hole*. Tujuan penelitian ini ialah mengetahui jumlah *seam* dan arah korelasi endapan batubara, mengetahui elevasi keberadaan endapan batubara berdasarkan kontur struktur *seam*, serta mengetahui jumlah tonase batubara menggunakan Metode *Circular USGS 1983*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebaran *seam* memiliki kedudukan $N355^{\circ}E/22^{\circ}$. Elevasi endapan batubara *seam* S11 berada pada elevasi 36 meter di atas permukaan laut - 19 meter di bawah permukaan air laut, *seam* S22 pada elevasi 11 meter di atas permukaan laut - 26 meter di bawah permukaan air laut, *seam* S22A pada elevasi 1 - 28 meter di bawah permukaan air laut, dan *seam* S22B pada elevasi 4 - 35 meter di bawah permukaan air laut. Perhitungan sumberdaya tertunjuk batubara menggunakan Metode *Circular USGS 1983* dengan bantuan *Software Minescape 5.7* diperoleh hasil sebagai berikut: Sumberdaya tertunjuk untuk *seam* S11 2.502.755,14 ton, *seam* S22 1.427.485,53 ton, *seam* S22A 1.513.514,76 ton, dan *seam* S22B 631.351,87 ton. Total keseluruhan sumberdaya tertunjuk batubara pada daerah penelitian adalah 6.075.107,30 ton.

Kata Kunci: Batubara, *open hole*, estimasi, sumberdaya tertunjuk, metode *Circular USGS 1983*

ABSTRACT

Resources are divided into three types, namely inferred resource, indicated resource, and measured resource. Based on BSN, indicated resource have a maximum distance between observation points of one hundred meters, this is only based information obtained through adequate techniques from the locations of outcrop, trenching, test pitting, and drill holes, so this study focuses on indicated resource. Exploration activities carried out are direct exploration activities using the open hole drilling method. The purpose of this study was to determine the number of seams and the direction of the correlation of coal deposits, to determine the elevation of the presence of coal deposits based on the contours of the seam structure, and to determine the total tonnage of coal using the 1983 USGS Circular Method. The results of this study showed that the seam distribution had a position of N355°E/22°. The elevation of coal deposits seam of S11 is at an elevation of 36 meters above sea level - 19 meters below sea level, seam of S22 at an elevation of 11 meters above sea level - 26 meters below sea level, seam of S22A at an elevation of 1 - 28 meters below sea level, and seam of S22B at an elevation of 4 - 35 meters below sea level. The calculation of the indicated coal resource using the Circular USGS 1983 method with the help of Minescape 5.7 Software obtained the following results: The indicated resource for seam of S11 2,502,755.14 tons, seam of S22 1,427,485.53 tons, seam of S22A 1,513,514.76 tons, and seam of S22B 631,351.87 tons. The total indicated coal resources in the study area are 6,075,107.30 tons.

Keywords: Coal, open hole, estimation, indicated resource, 1983 USGS circular method

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul "Estimasi Sumberdaya Tertunjuk Batubara Menggunakan Metode *Circular USGS 1983*". Salam dan Sholawat senantiasa terhaturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan para sahabatnya.

Selama kegiatan penelitian sampai penyusunan tugas akhir, Penulis mendapatkan banyak pengalaman dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada PT Kalimantan Mitra Maju Bersama, dalam hal ini perusahaan yang telah menerima penulis untuk melaksanakan penelitian tugas akhir. Departemen Eksplorasi PT Kalimantan Mitra Maju Bersama, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk bergabung, memberi referensi kepada penulis, serta berbagi ilmu, dan pengalaman. Bapak Hyandi A Kriswanto S.T, selaku PJO PT KMMB sekaligus pembimbing di lokasi penelitian yang telah meluangkan waktunya dalam membantu dan mengarahkan penulis selama kegiatan penelitian. Bapak Samsul Anwar S.T, Bapak Sukri Halim, Bapak Guntur Setiawan S.T, dan karyawan-karyawan PT Kalimantan Mitra Maju Bersama yang tidak sempat disebutkan satu persatu yang telah memberikan banyak pengetahuan, pengalaman, dan bantuan selama di lokasi penelitian.

Ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. phil. nat. Sri Widodo, S.T., M.T, dalam hal ini selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk penulis dalam membimbing dan mengarahkan hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Seluruh dosen Departemen

Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dalam bidang teknik pertambangan.

Teman-teman CONTINUITY17 yang turut meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran kepada penulis selama penyusunan penelitian tugas akhir. Anggota Laboratorium Eksplorasi Mineral Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dan memberikan saran-saran selama kegiatan penelitian tugas akhir.

Kepada ayahanda, ibunda, saudara, dan seluruh keluarga tercinta yang telah memberikan motivasi, dukungan, dan do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir.

Penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi penyempurnaan laporan ini. Akhir kata, semoga laporan penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai bekal ilmu pengetahuan bagi penulis dan pembaca khususnya dalam bidang industri pertambangan.

Gowa, Januari 2022

Muh. Arif Akbar

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Tahapan Penelitian	4
1.6. Lokasi Penelitian	5
BAB II ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA.....	7
2.1 Geologi Lokal.....	7
2.2 Batubara	9
2.3 Sumberdaya Batubara	19
2.4 Estimasi Sumberdaya Batubara	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Pengumpulan Data.....	27

3.2 Pengolahan Data	30
3.3 Bagan Alir Penelitian	47
BAB IV ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA.....	48
4.1 Analisis Univarian.....	48
4.2 Pemodelan Topografi Endapan Batubara	54
4.3 Pemodelan Geologi Endapan Batubara	54
4.4 Pemodelan Kontur Struktur	55
4.5 Estimasi Sumberdaya Batubara	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta lokasi penelitian.....	6
2.1 Peta geologi Kabupaten Tanah Bumbu	8
2.2 Proses pembentukan batubara	13
2.3 Lapisan batubara bentuk <i>horse back</i>	16
2.4 Lapisan batubara bentuk <i>pinch</i>	16
2.5 Lapisan batubara bentuk <i>clay vein</i>	17
2.6 Intrusi batuan beku pada lapisan batubara	17
2.7 Lapisan batubara bentuk <i>fault</i>	18
2.8 Lapisan batubara bentuk <i>folding</i>	18
2.9 <i>Split</i> yang disebabkan oleh lempung	19
2.10 <i>Wash out</i> akibat erosi sungai	19
2.11 Klasifikasi sumberdaya	21
2.12 Sketsa Metode <i>Circular USGS</i> 1983	22
2.13 Kriteria kemiringan batubara menurut Metode <i>Circular USGS</i> 1983.....	23
2.14 Sketsa Metode Penampang	24
2.15 Sketsa perhitungan Metode Poligon	26
3.1 Sumur uji (<i>test pit</i>)	28
3.2 Pengeboran (<i>open hole</i>)	29
3.3 Pengeboran Metode <i>Open Hole</i>	29
3.4 Penanda kedalaman lubang bor.....	30
3.5 Penentuan ketebalan <i>seam</i> batubara	31
3.6 Persamaan trigonometri	31
3.7 Data statistik ketebalan batubara	32

3.8	Tab peng- <i>inpu</i> -tan data topografi	33
3.9	Topografi <i>point</i> daerah penelitian	33
3.10	<i>Sheet specification</i>	34
3.11	Tab <i>grid specification</i>	34
3.12	Tab peng- <i>input</i> -an <i>grid file</i> ke <i>design file</i>	35
3.13	Tab pembuatan <i>schema</i>	35
3.14	Ilustrasi kolom <i>continuity</i>	36
3.15	Ilustrasi <i>compound</i> dan <i>element</i>	37
3.16	Tab pengaturan <i>schema</i> pada <i>current model</i>	37
3.17	Tab pengaturan tampilan <i>drill hole</i>	38
3.18	Tab peng- <i>input</i> -an <i>drill hole</i>	39
3.19	Hasil <i>report database drill hole</i>	39
3.20	Hasil pembuatan <i>cross section</i>	40
3.21	<i>Cross section</i> (penampang).....	41
3.22	Tab pembuatan kontur struktur	41
3.23	Tab pembuatan <i>post drill hole</i>	43
3.24	Tab pembuatan poligon jenis sumberdaya	44
3.25	Area pengaruh yang dibatasi oleh <i>cropline</i>	45
3.26	Tab penghitungan sumberdaya batubara (<i>coal resource</i>)	45
3.27	Hasil perhitungan sumberdaya batubara (<i>coal resource</i>)	46
3.28	Bagan alir penelitian.....	47
4.1	Grafik distribusi ketebalan <i>seam S11</i>	50
4.2	Grafik distribusi ketebalan <i>seam S22</i>	50
4.3	Grafik distribusi ketebalan <i>seam S22A</i>	50
4.4	Grafik distribusi ketebalan <i>seam S22B</i>	51
4.5	Topografi <i>string</i> daerah penelitian	54

4.6	Korelasi data-data pengeboran.....	55
4.7	Kontur struktur atap (<i>roof seam</i> S11 dan <i>seam</i> S22	56
4.8	Kontur struktur atap (<i>roof seam</i> S22A dan <i>seam</i> S22B	56
4.9	Hasil Metode <i>Circular USGS</i> 1983.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1	Pengelompokan kondisi geologi batubara 11
2.2	Jarak titik informasi menurut kondisi geologi 12
2.3	Karakteristik utama dari peringkat batubara 14
3.1	Data sumur uji (<i>test pit</i>) 27
4.1	Daftar <i>seam</i> pada daerah penelitian..... 48
4.2	Analisis statistik univarian data ketebalan <i>seam</i> batubara..... 49
4.3	Persyaratan kuantitatif ketebalan <i>seam</i> batubara dan lapisan pengotor 51
4.4	Data ketebalan sebenarnya pada <i>seam</i> S11 52
4.5	Data ketebalan sebenarnya pada <i>seam</i> S22 52
4.6	Data ketebalan sebenarnya pada <i>seam</i> S22A 53
4.7	Data ketebalan sebenarnya pada <i>seam</i> S22B 53
4.8	Hasil perhitungan sumberdaya batubara 59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batubara merupakan batuan sedimen yang bersifat mudah terbakar (*combustible*), yang terbentuk sebagai hasil dari proses litifikasi sisa tumbuhan yang terendapkan di lingkungan rawa atau *swamp* dan membentuk gambut (Suarez and Crelling, 2008). Batubara secara geokimia terbentuk karena proses pematubaraan yang terjadi akibat kenaikan temperatur, tekanan, dan waktu, sehingga persentase unsur karbon dalam bahan asal pembentuk batubara cenderung meningkat, namun sebaliknya kandungan unsur hidrogen dan oksigen dalam batubara menjadi berkurang. Proses pematubaraan ini menghasilkan batubara dengan berbagai peringkat yang sesuai dengan tingkat kematangan bahan organiknya (Taylor *et al.*, 1998).

Eksplorasi merupakan kegiatan penyelidikan suatu daerah yang diperkirakan atau diketahui mengandung endapan batubara sekaligus membuktikan kuantitas dan kualitas dari endapan batubara tersebut. Tahap eksplorasi berikutnya sampai pada menentukan ukuran, bentuk, letak sebaran kualitas dan kuantitas untuk kemudian dapat kajian kemungkinan dilakukan penambangan (Sirnipson dkk., 2020). Estimasi sumberdaya batubara sangat penting, karena dari kegiatan tersebut akan diperoleh taksiran kuantitas (tonase). Dalam proses perhitungannya, hal yang harus diperhatikan yaitu perhitungan luas dan ketebalan *seam*. Perhitungan luas dan ketebalan *seam* sangat berpengaruh terhadap hasil akhir dari kuantitas sumberdaya batubara, luas yang tidak beraturan akan menyebabkan sulitnya melakukan estimasi.

Berdasarkan badan standarisasi nasional (BSN, 2011), sumberdaya terbagi menjadi beberapa jenis sumberdaya, yaitu sumberdaya terduga (*inferred resource*),

sumberdaya tertunjuk (*indicated resource*), dan sumberdaya terukur (*measured resource*). Sumberdaya tertunjuk memiliki jarak antar titik pengamatan maksimum seratus meter, hal ini hanya berdasarkan dari informasi yang diperoleh melalui teknik yang memadai, seperti lokasi singkapan (*outcrop*), parit uji (*trenching*), sumur uji (*test pitting*), dan lubang bor.

PT Kalimantan Mitra Maju Bersama di bawah naungan PT Borneo Indobara melaksanakan kegiatan penambangan di Blok Batulaki dengan tujuan utama yaitu untuk memaksimalkan penambangan cadangan batubara yang terdapat pada Blok Batulaki. Pada lokasi KM 14 Blok Batulaki, sedang dilakukan tahapan eksplorasi langsung, kegiatan tersebut harus dilakukan untuk mengetahui layak atau tidaknya kegiatan penambangan dilakukan. Metode yang penulis angkat dalam menghitung tonase sumberdaya tertunjuk batubara pada daerah penelitian adalah Metode *Circular USGS* 1983. Penentuan metode dilakukan berdasarkan kondisi geologi pada daerah tersebut, dimana daerah tersebut masuk dalam kondisi geologi moderat. Pada daerah tersebut juga jarang terjadi peristiwa tektonik seperti sesar, sehingga kesinambungan endapan batubara terjadi sampai ratusan meter dan percabangan (*split*) bisa terjadi pada daerah tersebut (BSN, 1998). Data lubang bor juga menentukan metode yang akan dipakai, semakin banyak data lubang bor yang digunakan, maka gambaran endapan batubara pada daerah tersebut akan semakin jelas. Oleh karena penelitian ini hanya menggunakan 16 lubang bor, maka metode yang cocok ialah Metode *Circular USGS* 1983.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah tonase sumberdaya batubara pada lokasi penelitian yang sedang dalam proses eksplorasi di Blok Batulaki PT Kalimantan Mitra Maju Bersama. Berdasarkan uraian tersebut, maka disusunlah sebuah studi dengan judul "Estimasi Sumberdaya Tertunjuk Batubara Menggunakan Metode *Circular USGS* 1983".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang , maka rumusan masalah penelitian ialah:

1. Berapa jumlah *seam* dan arah korelasi antar lubang bor pada daerah penelitian.
2. Berapa elevasi keberadaan endapan batubara berdasarkan kontur struktur *seam* batubara pada daerah penelitian.
3. Berapa jumlah tonase batubara berdasarkan data pengeboran menggunakan metode *Circular USGS* 1983 dengan bantuan *Software Minescape 5.7*

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui jumlah *seam* dan arah korelasi antar lubang bor pada daerah penelitian.
2. Mengetahui elevasi keberadaan endapan batubara berdasarkan kontur struktur *seam* batubara pada daerah penelitian.
3. Mengetahui jumlah tonase batubara berdasarkan data pengeboran menggunakan metode *Circular USGS* 1983 dengan bantuan *Software Minescape 5.7* pada daerah penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian, manfaat daripada penelitian ini ialah mengetahui jumlah *seam* dan tonase batubara yang ada di lokasi penelitian, serta penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi sekaligus rekomendasi kepada PT Kalimantan Mitra Maju Bersama terkait jumlah *seam* dan jumlah tonase batubara pada daerah penelitian.

1.5 Tahapan Kegiatan

Tahapan kegiatan pada penelitian ini terdiri atas 5 tahapan, yaitu studi literatur, perumusan masalah, pengumpulan data, pengolahan data, dan penyusunan laporan tugas akhir.

1.5.1 Studi literatur

Studi literatur merupakan tahap dalam mempersiapkan kajian materi baik berupa teori maupun sebuah penelitian yang dapat diperoleh dari buku, jurnal, artikel, dan hasil penelitian terdahulu. Kajian materi yang diperoleh dijadikan sebagai acuan dalam tahap persiapan hingga tahapan penyusunan laporan tugas akhir penelitian.

1.5.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahapan dalam menentukan masalah-masalah yang akan dibahas dalam penelitian. Masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah mengenai jumlah *seam* dan arah korelasi, elevasi keberadaan endapan batubara, serta estimasi sumberdaya batubara yang ada pada daerah penelitian.

1.5.3 Pengumpulan Data

Tahapan ini merupakan tahapan mencari dan pengumpulan data yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan. Data-data yang digunakan adalah data primer berupa data *log* bor dan data sekunder berupa data topografi.

1.5.4 Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data yang pertama ialah membuat peta sebaran lubang bor beserta dengan elevasi masing-masing menggunakan *Software ArcGis 10.3*, kemudian menjabarkan data *log* bor menggunakan *Software Microsoft excel 2010* dan *IBM SPSS Statistic 20*. Untuk tahapan estimasi tonase sumberdaya menggunakan *Software Minescape 5.7*.

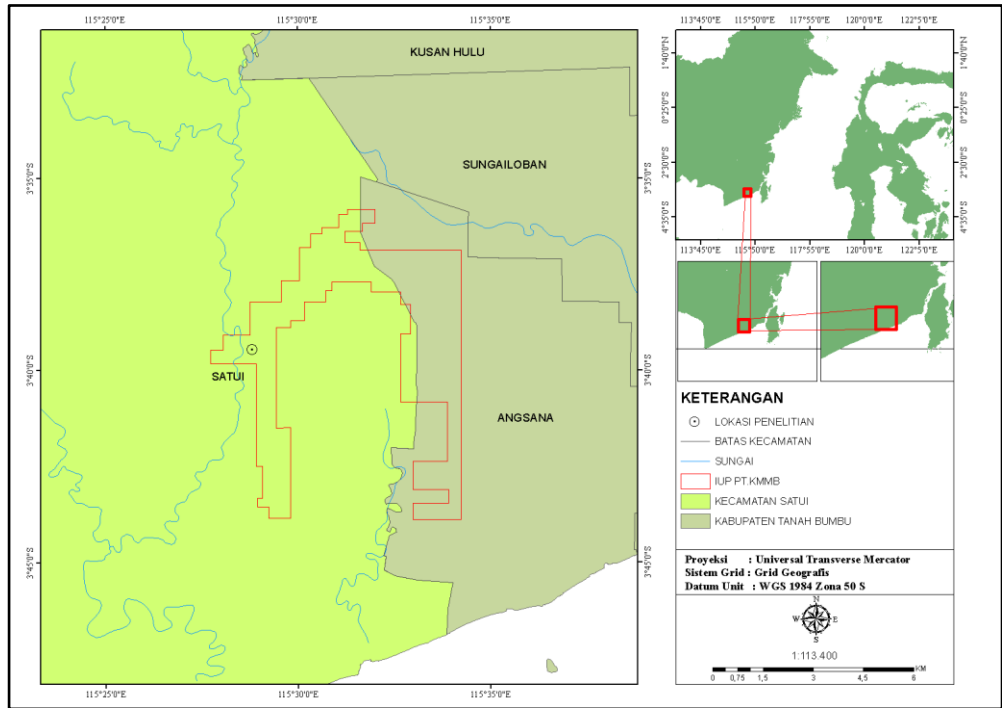
1.5.5 Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penyusunan laporan tugas akhir dilakukan sesuai dengan kaidah penulisan yang tertera pada Buku Pedoman Tugas Akhir Mahasiswa Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin. Tugas akhir yang telah disetujui oleh pembimbing akan dipresentasikan dalam seminar hasil.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di KM 14, Blok Batulaki, PT Kalimantan Mitra Maju Bersama, Desa Wonorejo, Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Lokasi penelitian berjarak sekitar \pm 185 km dari Kota Banjarmasin, Ibu Kota Kalimantan Selatan atau sekitar \pm 87 km dari Pelabuhan Samudera, Kabupaten Tanah Bumbu. Perjalanan dapat ditempuh menggunakan jalur laut, dimulai dari Pelabuhan Soekarno Kota Makassar menuju Pelabuhan Samudera Kabupaten Tanah Bumbu, kemudian dilanjutkan menggunakan kendaraan roda empat sekitar 87 km menuju lokasi penelitian. Akses perjalanan dari kota Makassar menuju ke lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perjalanan dari kota Makassar menuju Kabupaten Tanah Bumbu ditempuh menggunakan jalur laut. Dari Pelabuhan Soekarno menuju pelabuhan Samudera dengan waktu tempuh \pm 3 hari 2 malam.
2. Pelabuhan Samudera Kecamatan Batu Licin menuju Kecamatan Satui ditempuh menggunakan jalur darat \pm 2 jam dengan jarak lintasan \pm 87 km menggunakan jasa travel lokal.
3. *Mess* menuju Blok Batulaki KM 14 ditempuh menggunakan jalur darat \pm 20 menit dengan jarak lintasan \pm 6 km menggunakan kendaraan roda empat dengan kondisi normal. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian

BAB II

ESTIMASI SUMBERDAYA BATUBARA

2.1 Geologi Lokal

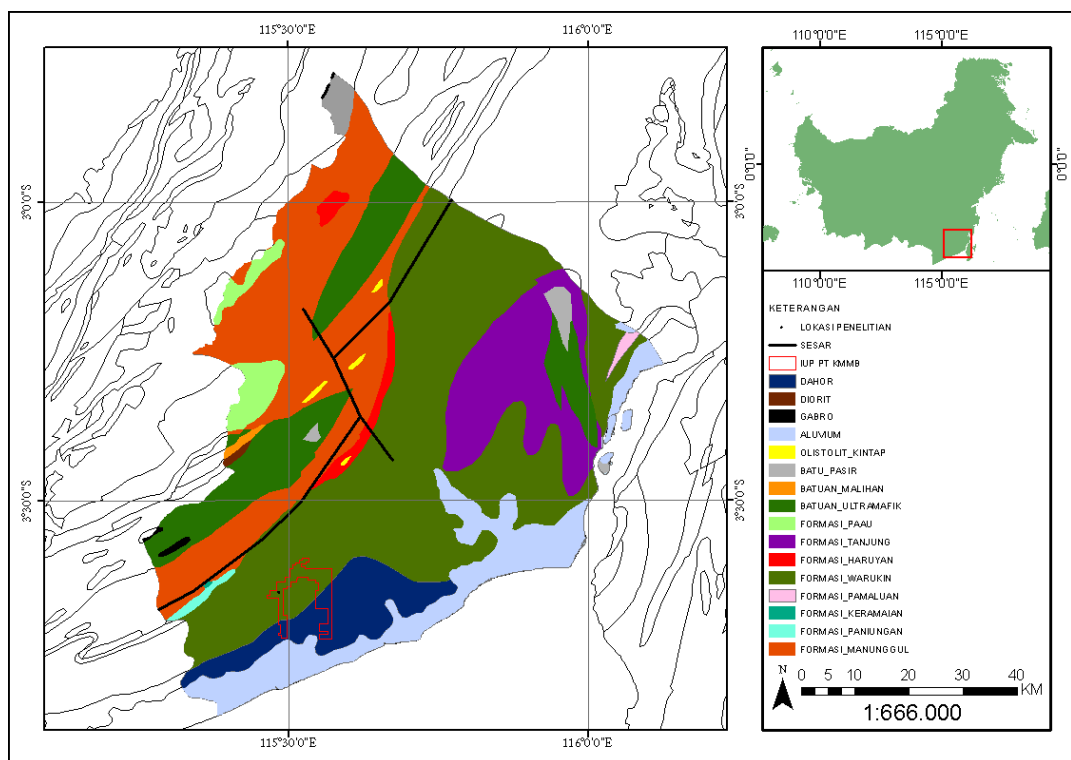
Menurut Bemmelen (1949), Pulau Kalimantan dibagi menjadi beberapa zona fisiografi, yaitu:

1. Blok Schwaner yang dianggap sebagai bagian dari Dataran Sunda.
2. Blok Paternoster, meliputi Paparan Paternoster sekarang yang terletak dilepas Pantai Kalimantan Tenggara dan sebagian di dataran Kalimantan yang dikenal sebagai sub Cekungan Pasir.
3. Pegunungan Meratus, terletak diantara blok Schwaner dan Paternoster.
4. Tinggian Kuching, merupakan sumber untuk pengendapan Barat laut dan Tenggara Cekungan Kalimantan selama Neogen. Cekungan–cekungan tersebut antara lain:
 - a. Cekungan Tarakan, yang terletak paling utara dari Kalimantan Timur. Disebelah utara cekungan ini dibatasi oleh "*Semporna High*"
 - b. Cekungan Kutai, yang terletak sebelah selatan dari Tinggian Kuching. Cekungan ini dipisahkan oleh suatu unsur tektonik yang dikenal sebagai *Paternoster Cross High* dari Cekungan Barito.

Cekungan yang terdapat di Kalimantan selatan yaitu Cekungan Barito dan Cekungan Asam-asam. Cekungan barito dan cekungan Asam-asam ini dipisahkan oleh pegunungan Meratus. Pada bagian utara berbatasan dengan Cekungan Kutai yang dipisahkan oleh *Adang Flexure*. Sedangkan pada bagian barat dibatasi oleh paparan Sunda. Pada mulanya Cekungan Barito dan Cekungan Asam-asam merupakan satu cekungan yang sama. Hingga pada Miosen Awal terjadi pengangkatan Pegunungan

Meratus yang menyebabkan terpisahnya kedua cekungan tersebut (Satyana and Silitonga, 1994).

Kabupaten Tanah Bumbu secara stratigrafi termasuk dalam Cekungan Barito. Cekungan Barito merupakan lingkungan pengendapan batubara delta. Menurut Satyana dan Silitonga (1994), pada mulanya Cekungan Barito dan Cekungan Asam-asam adalah suatu cekungan yang sama, tetapi pengangkatan Pegunungan Meratus pada periode Miosen Awal menyebabkan cekungan tersebut terpisah menjadi dua cekungan. Gambar 2.1 memperlihatkan peta geologi Kabupaten Tanah Bumbu.



Gambar 2.1 Peta geologi Kabupaten Tanah Bumbu (SiKumbang dan heryanto, 1994; Rustandi dkk., 1995).

Geologi lokal pada daerah Kabupaten Tanah Bumbu bersifat kompleks dibuktikan dengan adanya antiklin, sinklin, sesar naik, sesar mendatar, dan sesar turun. Periode Kapur Awal terjadi aktivitas tektonik yang menyebabkan tersesarkannya batuan ultramafik dan malihan ke atas Kelompok Alino. Kemudian pada periode Paleosen tektonik menyebabkan batuan berumur Mesozoikum terangkat yang diikuti

juga oleh batuan andesit porfiri. Aktivitas tektonik yang terakhir terjadi pada periode Miosen dan menyebabkan batuan tua terangkat. Batuan ini membentuk tinggian Meratus dan memberikan tekanan pada batuan Tersier dan Pra-Tersier sehingga terlipatkan. Bersamaan dengan aktivitas tektonik tersebut terjadi juga sesar naik, normal dan mendatar serta pembentukan Formasi Dahor pada Kala Pliosen (SiKumbang dan Heryanto, 1994).

2.2 Batubara

Batubara merupakan batuan sedimen organik yang terbentuk dari akumulasi hancuran tumbuhan yang terendapkan pada lingkungan tertentu. Akumulasi endapan tersebut dipengaruhi oleh proses *syn-sedimentary* dan *post-sedimentary* sehingga menghasilkan batubara dengan berbagai peringkat/*rank* dalam proses pembentukan batubara. Terdapat dua tahapan penting dalam proses pembentukan batubara, tahap pertama adalah terbentuknya gambut oleh proses microbial dan perubahan kimia. Tahap kedua adalah terbentuknya batubara oleh proses yang terdiri dari perubahan kimia dan fisika (Thomas, 2002). Pembentukan tanaman menjadi gambut dan batubara melalui dua tahap pematubaraan (*coalification*) (Moore and Shearer, 2003).

Batubara adalah batuan yang mudah terbakar yang mengandung karbon 50% dalam berat atau lebih 70% dalam volume termasuk kandungan air bawaan (Wood *et al.*, 1983). Sedangkan menurut Darjianto (1999) batubara adalah sedimen padatan yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan, berwarna coklat sampai hitam yang sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia menghasilkan pengkayaan kandungan karbon dimana mengandung karbon 50% dalam berat atau 70% dalam volume.

Batubara berasal dari gambut maupun rawa yang menyerap energi selama proses fotosintesis. Setelah mati maka tumbuhan tersebut terurai dan mengalami

beberapa tahap perubahan. Berawal dari bakteri yang melapukkan tumbuhan hingga membentuk gambut, benda coklat gelap yang halus dan berserat. Di saat sedimen dan tumbuhan mati di atasnya maka secara perlahan gambut berubah menjadi batubara lignit, lalu menjadi batubara bituminus, dan apabila mendapatkan suhu dan tekanan yang cukup tinggi maka akan berubah menjadi batubara antrasit (Hynes, 2007). Muchjidin (2005) menuliskan bahwa kualitas batubara menjadi bagian penting dalam aspek pemanfaatan batubara.

Potensi batubara di pulau Kalimantan merupakan sumberdaya batubara terbesar ke-2 setelah pulau Sumatera di Indonesia (Belkin *et al.*, 2009). Batubara merupakan sisa tumbuhan yang telah menjadi fosil yang mengandung beberapa unsur yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur dengan karakteristiknya berwarna gelap, padat, dan dapat dibakar (Sukandarrumidi, 2009).

2.2.1 Kondisi Geologi Batubara

Berdasarkan proses sedimentasi dan pengaruh tektonik, karakteristik geologi dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama:

a. Geologi Sederhana

Lapisan batubara umumnya landai, menerus secara lateral sampai ribuan meter dan hampir tidak mempunyai percabangan. Batubara kelompok ini tidak dipengaruhi aktivitas tektonik seperti sesar, lipatan, dan intrusi. Ketebalan lapisan secara lateral dan kualitasnya tidak memperlihatkan variasi yang berarti. Contoh batubara kelompok geologi sederhana antara lain terdapat di Bangko Selatan dan Muara Tiga Besar (Sumatera Selatan), Senakin Barat (Kalimantan Selatan) dan Cerenti (Riau).

b. Geologi Moderat

Batubara kelompok ini diendapkan dalam kondisi sedimentasi yang lebih bervariasi dan sampai tingkat tertentu telah mengalami penyusutan dan

perlipatan. Kelompok ini dicirikan pula oleh kemiringan lapisan dan variasi ketebalan lateral, baik pada saat proses sedimentasi berlangsung maupun paska pengendapan. Endapan batubara kelompok ini terjadi antara lain di daerah Senakin, Formasi Tanjung (Kal-Se), Loa Janan-Loa Kulu, Petanggis (Kal-Tim), Suban dan Air Laya (Sum-Sel), serta Gunung Batu Besar (Kal-Sel).

c. Geologi Kompleks

Batubara kelompok ini umumnya diendapkan dalam sistem sedimentasi yang kompleks atau telah mengalami deformasi tektonik yang intensif yang mengakibatkan terbentuknya lapisan batubara dengan ketebalan yang beragam. Kualitas batubara akan banyak dipengaruhi oleh perubahan-perubahan yang terjadi saat proses sedimentasi berlangsung atau pascapengendapan seperti adanya kerusakan lapisan (*wash out*). Pengelompokan kondisi geologi batubara dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pengelompokan kondisi geologi batubara (BSN, 1998).

Parameter	Kondisi Geologi		
	Sederhana	Mederat	Kompleks
1. Aspek Sedimentasi			
Variasi Ketebalan	Sedikit bervariasi	Bervariasi	Sangat bervariasi
Kesinambungan	Ribuan meter	Ratusan meter	Puluhan meter
Percabangan	Hampir tidak ada	Beberapa	Banyak
2. Aspek Tektonik			
Sesar	Hampir tidak ada	Jarang	Rapat
Lipatan	Hampir tidak	Terlipat sedang	Terlipat kuat
Intrusi	Terlipat	Berpengaruh	Sangat
Kemiringan	Tidak berpengaruh	Sedang	Berpengaruh terjal
3. Variasi Kualitas			
	Sedikit bervariasi	Bervariasi	Sangat bervariasi

Tingkat keyakinan geologi tersebut secara kuantitatif dicerminkan oleh jarak titik informasi (sumur uji, lubang bor). Jarak titik informasi menurut kondisi geologi dapat dilihat pada tabel 2.2.

Table 2.2 Jarak titik informasi menurut kondisi geologi (BSN, 1998)

Kondisi Geologi	Kriteria	Sumberdaya			
		Hipotetik	Tereka (m)	Terunjuk (m)	Terukur (m)
Sederhana			1000 <math><X \leq 1500</math>	500 <math><X \leq 1000</math>	≤ 1000
Moderat	Jarak Titik Informasi	Tidak terbatas	500 <math><X \leq 1000</math>	250 <math><X \leq 500</math>	≤ 250
Kompleks			200 <math><X \leq 400</math>	100 <math><X \leq 200</math>	≤ 100

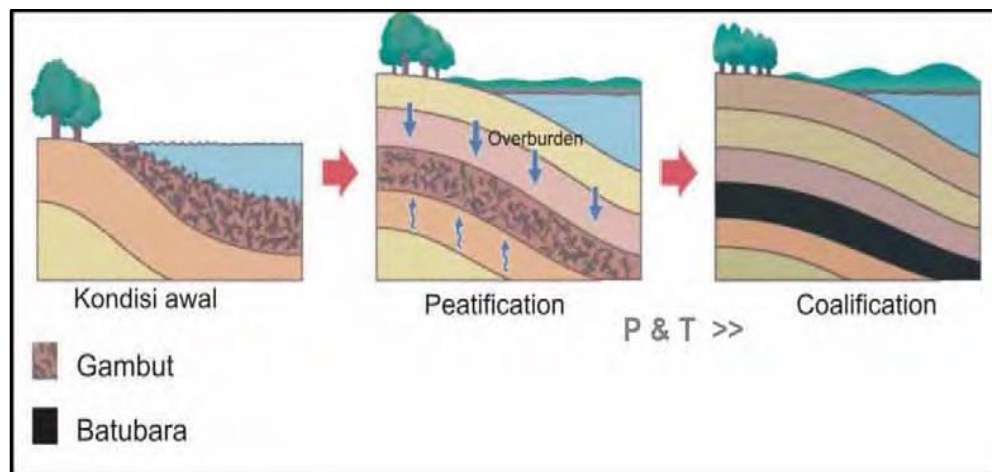
2.2.2 Proses Pembentukan Batubara

Batubara berasal dari tumbuhan yang disebabkan karena adanya proses-proses geologi, kemudian berbentuk endapan batubara yang dikenal sekarang ini. Bahan-bahan tumbuhan mempunyai komposisi utama yang terdiri dari karbon dan hidrogen. Selain itu, terdapat kandungan unsur nitrogen. Substansi utamanya adalah *cellulose* yang merupakan bagian dari selaput sel tumbuhan yang mengandung karbohidrat yang tahan terhadap perubahan kimiawi. Pembusukan dari bahan tumbuhan merupakan proses yang terjadi tanpa adanya oksigen, kemudian berlangsung di bawah air yang disertai aksi dari bakteri, sehingga terbentuklah arang kayu.

Tidak adanya oksigen menyebabkan hidrogen lepas dalam bentuk karbon dioksida atau karbon monoksida dan beberapa dari keduanya berubah menjadi metan. Vegetasi pada lingkungan tersebut mati kemudian terbentuklah *peat* (gambut). Kemudian gambut tersebut mengalami kompresi dan pengendapan di antara lapisan sedimen dan juga mengalami kenaikan temperatur akibat geotermal gradien. Akibat proses tersebut maka akan terjadi pengurangan porositas dan pengurangan *moisture*

sehingga terlepasnya grup OH, COOH, OCH₃, dan CO dalam wujud cair dan gas. Karena banyaknya unsur oksigen dan hidrogen yang terlepas, maka unsur karbon relatif bertambah yang mengakibatkan terjadinya lignit (*brown coal*).

Kemudian dengan adanya kompresi yang terus menerus serta kenaikan temperatur, maka terbentuklah batubara *sub-bituminous* dan *bituminous* dengan tingkat kalori yang lebih tinggi dibandingkan dengan *brown coal*. Bumi tidak pernah berhenti berputar, oleh karena itu kompresi terus berlangsung diiringi bertambahnya temperatur sehingga *moisture* sangat sedikit serta unsur karbon yang banyak merubah batubara sebelumnya ke tingkat yang lebih tinggi, yaitu antrasit yang merupakan kasta tertinggi pada batubara (Cook, 1982).



Gambar 2.2 Proses pembentukan batubara dari pengendapan sisa tumbuhan, penggambutan (*peatification*) dan pematubaraan (*coalification*) (Anggayana, 2002)

Untuk penggolongan batubara ada beberapa klasifikasi batubara, namun yang umum digunakan baik oleh perusahaan tambang maupun untuk kepentingan yang bersifat komersil adalah klasifikasi yang dikeluarkan oleh ASTM (*American Standard for Testing Materials*). Karakteristik utama dari peringkat batubara dapat dilihat pada table 2.3 (Merritt, 1987).

Tabel 2.3 Karakteristik utama dari peringkat batubara (Merritt, 1987)

Peringkat	gambaran diagnostik
Gambut	Bukan batubara sepenuhnya, undeveloped, lunak, menyerupai sponge, struktur tanaman lebih mudah dikenali, pembusukan bahan organik berwarna coklat, nilai kalori rendah, kandungan kelembaban tinggi, karbon tetap 20-25%, terendapkan jutaan tahun dari sisa tanaman yang terbusukkan.
Lignit	Bentuk batubara pertama, nilai panas rendah, beberapa endapan ditemukan di dekat permukaan tanah, dapat dibedakan dengan mudah dari batubara sub bituminus, berwarna coklat dan mempunyai tekstur kayu yang berbeda, kadar kelembaban lebih tinggi (biasanya 20-40%) dari pada batubara sub bituminus.
Sub Bituminus	Lebih rendah karbon tetapnya dibandingkan dengan batubara bituminus, biasanya mudah dibedakan berdasarkan pada karakter fisiknya. Apabila terkena udara terbuka akan kehilangan kelembabannya selanjutnya akan menyusut kemudian retak.
Bituminus	Berwarna gelap, berlapis (<i>banded</i>), padat, peringkat medium sampai tinggi, kandungan zat terbang tinggi sampai rendah, mengandung gas, minyak, dan tar. Karbon tinggi 65-85%, oksigen rendah 5-15%. Biasanya tidak <i>slack</i> tetapi mungkin retak atau hancur. Pecahan kecil akan tetap segar secara komparatif dan tidak berubah untuk beberapa tahun.
Antrasit	Keras, tahan lama, densitas tinggi, batubara hitam cerah, pecah pada retakan konkoidal, kandungan abu rendah, zat terbang rendah, karbon tetap 85-98%. Terbatas hanya pada wilayah orogenik.

2.2.3 Eksplorasi Batubara

Kegiatan eksplorasi dapat dikatakan sebagai kegiatan yang memiliki tujuan yang pada akhirnya adalah penemuan geologis, yang berarti bahan galian endapan yang bernilai ekonomis (Bateman *and* Jansen, 1981). Menurut (Peters, 1978) kegiatan eksplorasi adalah kegiatan yang dilakukan setelah bahan galian tersebut ditemukan dan bertujuan untuk mengetahui ukuran, bentuk, kedudukan, dan sifat dari endapan bahan galian tersebut.

2.2.4 *Seam* Batubara

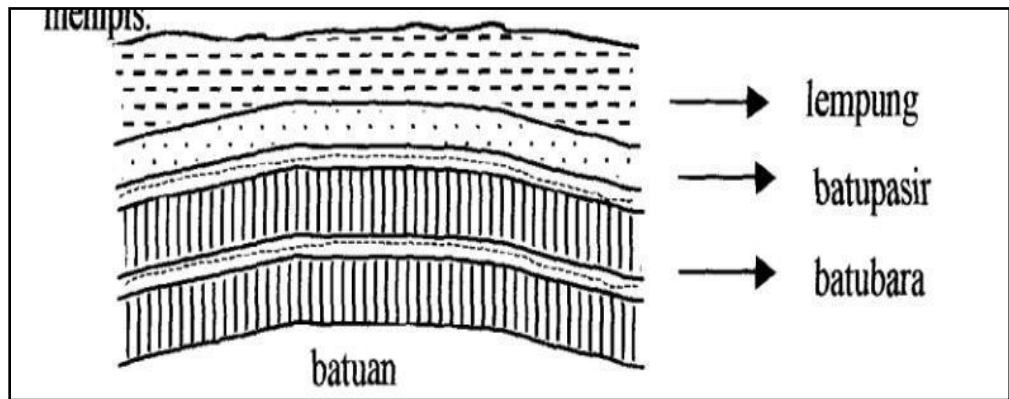
Seam batubara adalah lapisan batubara di bawah permukaan tanah (Jelonek *et al.*, 2007). *Seam* merupakan lapisan tunggal dari batubara yang sebenarnya, batas atas disebut atap (*roof*) dan batas bawah disebut lantai (*floor*). Batuan-batuan yang terdapat pada atap dan lantai mempunyai hubungan yang erat dengan pengendapan batubara tersebut. *Seam* batubara jarang terdiri dari batubara murni seluruhnya, biasanya lapisan yang tipis dari mineral-mineral (umumnya *silt* dan *shale*) bertindak sebagai sisipan dan disebut sebagai *dirth bands* atau *shale parting*. Lapisan tipis setebal beberapa millimeter sampai centimeter tersebut dapat berkembang sehingga *seam* batubara terpisah menjadi dua lapisan atau lebih (*splitting*) (Kadarisman, 1999).

2.2.5 Bentuk-Bentuk Lapisan Batubara

Bentuk cekungan, proses sedimentasi, proses geologi selama dan sesudah proses *coalification* akan menentukan lapisan batubara, mengetahui bentuk lapisan batubara sangat menentukan dalam menghitung cadangan dan merencanakan cara penambangannya. Ada beberapa bentuk lapisan batubara diantaranya:

1. Bentuk *Horse Back*

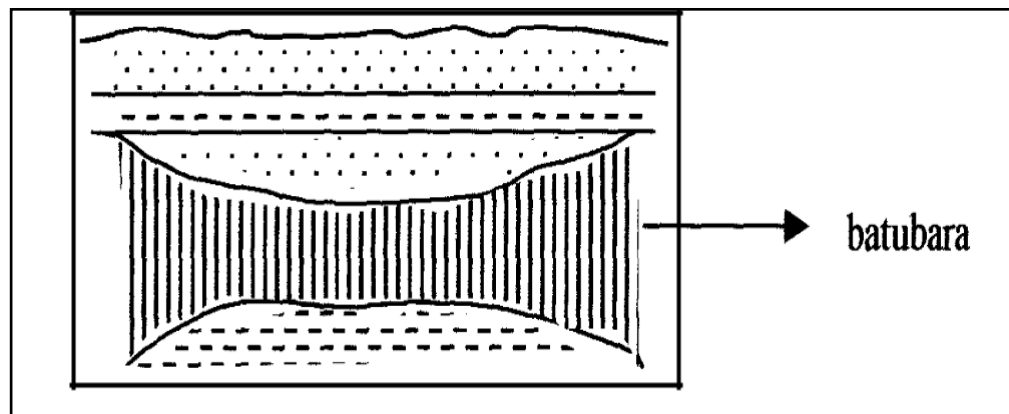
Bentuk ini dicirikan oleh perlapisan batubara dan batuan yang menutupinya melengkung ke arah atas akibat gaya kompresi. Ketebalan ke arah lateral lapisan batubara kemungkinan sama ataupun menjadi lebih kecil atau menipis.



Gambar 2.3 Lapisan batubara bentuk *horse back* (Thrush, 1968).

2. Bentuk *Pinch*

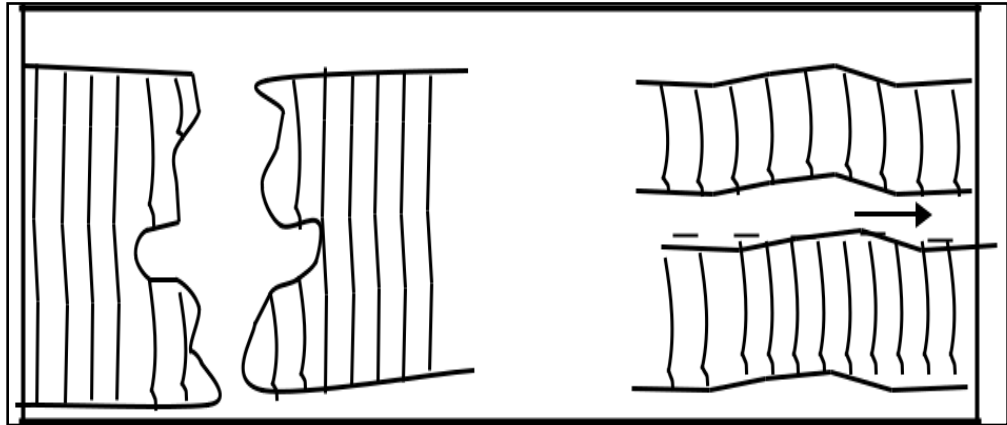
Bentuk ini dicirikan oleh perlapisan yang menipis di bagian tengah. Pada umumnya dasar dari lapisan batubara merupakan batuan yang plastis misalnya batulempung sedang diatas lapisan batubara secara setempat ditutupi oleh batupasir yang secara lateral merupakan pengisian suatu alur.



Gambar 2.4 Lapisan batubara bentuk *pinch* (Thrush, 1968).

3. Bentuk *Clay Vein*

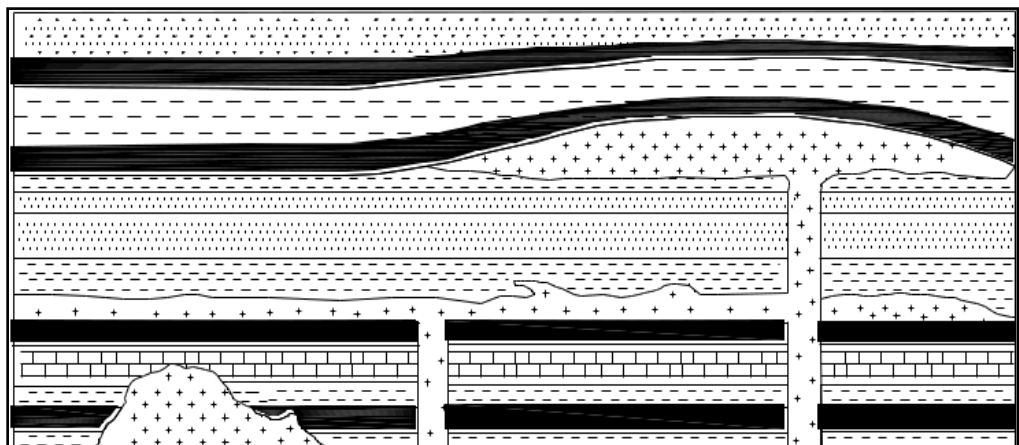
Bentuk ini terjadi apabila diantara dua bagian deposit batubara tersesar, terjadi apabila salah satu deposit batubara mengalami patahan, yang kemudian pada bidang patahan yang merupakan rekahan terbuka, terisi oleh material lempung atau pasir.



Gambar 2.5 Lapisan batubara bentuk *clay vein* (Thrush, 1968).

4. Bentuk *Burried Hill*

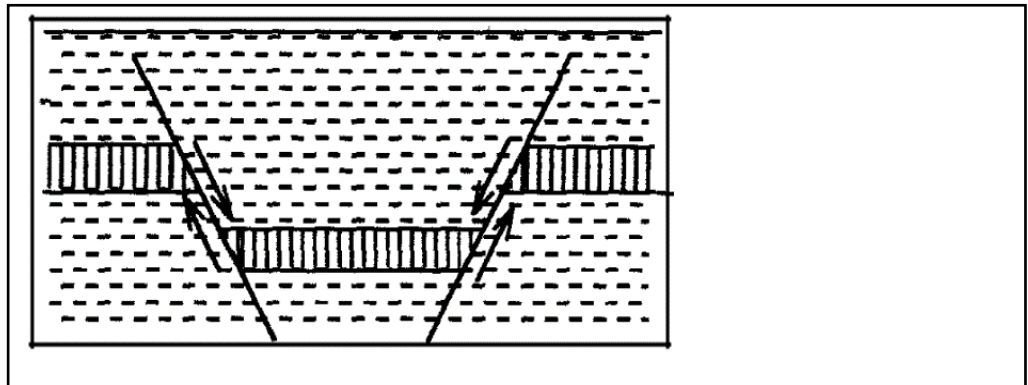
Kontribusi utama dari intrusi batuan beku pada struktur lapisan batubara adalah pemanasan dan efek devolatilisasi (penguapan materi *volatile*) yang terjadi ketika magma panas membentuk suatu *sill* atau *lacolith* di dekat lapisan batubara, atau ketika korok (*dike*) menembus formasi batubara. *Lacolith* dan *sill* memiliki daerah pengaruh pemanasan yang lebih besar terhadap formasi batuan di sekitarnya dibanding korok. Kualitas batubara atau kandungan karbon akan meningkat dengan semakin dekatnya jarak lapisan batubara terhadap sumber panas. Terjadinya gradasi dalam *rank* ini adalah disebabkan oleh perbedaan tingkat devolatilisasi yang dipengaruhi oleh panas.



Gambar 2.6 Intrusi batuan beku pada lapisan batubara (Thrush, 1968).

5. Bentuk *Fault*

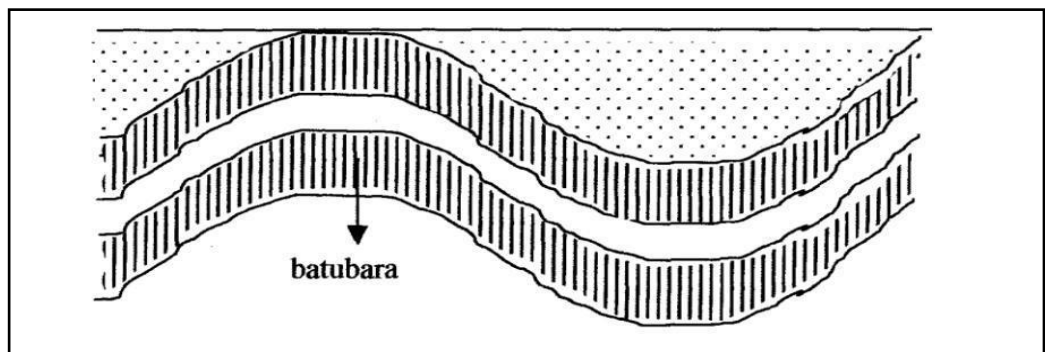
Bentuk ini terjadi apabila di daerah dimana deposit batubara mengalami beberapa seri patahan. keadaan ini mengacaukan di dalam perhitungan cadangan karena adanya pemindahan per lapisan akibat pergeseran ke arah vertikal.



Gambar 2.7 Lapisan batubara bentuk *fault* (Thrush, 1968).

6. Bentuk *Folding*

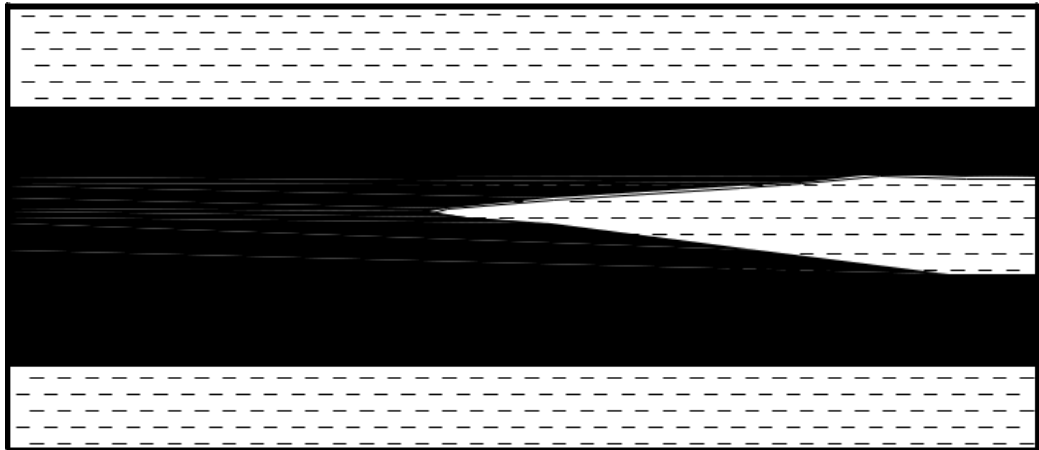
Bentuk ini terjadi apabila di daerah deposit batubara mengalami perlipatan. Makin intensif gaya yang bekerja, pembentukan perlipatan akan makin kompleks.



Gambar 2.8 Lapisan batubara bentuk *folding* (Thrush, 1968).

7. *Split Coal*

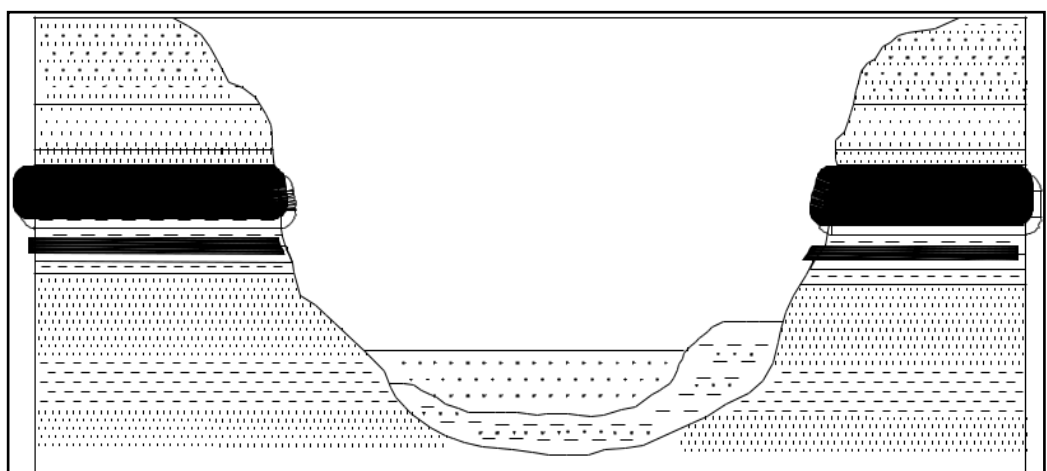
Split coal adalah lapisan batubara yang terpisah oleh *parting* lempung, serpih, atau *sandstone* dengan ketebalan tertentu sehingga mengakibatkan lapisan yang terpisah tidak dapat ditambang secara bersamaan.



Gambar 2.9 *Split* yang disebabkan oleh lempung (Thrush, 1968).

8. *Wash Out*

Wash out adalah adanya *cut out* lapisan batubara. *Cut out* sendiri didefinisikan sebagai batulempung, batuserpih atau batulempung yang mengisi bagian tererosi dalam lapisan batubara (*Dictionary of Geological Term, 3rd edition*). (Stefanko, 1983) *Wash out* adalah hilangnya sebagian atau seluruh lapisan batubara yang kemudian tergantikan oleh endapan sedimen lain akibat adanya erosi dan pengendapan. Hilangnya lapisan batubara tersebut bisa disebabkan oleh pengikisan sungai purba, sungai recent, ataupun gletser.



Gambar 2.10 *Wash out* akibat erosi sungai (Stefanko, 1983).

2.3 Sumberdaya Batubara

Sumberdaya batubara adalah bagian dari endapan batubara yang diharapkan dapat dimanfaatkan. Sumberdaya batubara ini dibagi dalam kelas-kelas sumberdaya berdasarkan tingkat keyakinan geologi yang ditentukan secara kualitatif oleh kondisi geologi dan secara kuantitatif oleh jarak titik informasi ke batas area pengaruh (BSN, 2011).

a. Sumberdaya Batubara Hipotetik (*Hypothetical Coal Resource*)

Sumberdaya batubara hipotetik adalah jumlah batubara di daerah penyelidikan atau bagian dari daerah penyelidikan, yang dihitung berdasarkan data yang memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan untuk tahap penyelidikan survei tinjau.

b. Sumberdaya Batubara Tereka (*inferred Coal Resource*)

Sumberdaya batubara tereka adalah bagian dari total estimasi sumberdaya batubara yang kualitas dan kuantitasnya dapat diperkirakan dengan tingkat kepercayaan yang rendah. Titik informasi yang didukung oleh data pendukung tidak cukup untuk membuktikan kemenerusan lapisan batubara dan atau kualitasnya. Estimasi dari kategori kepercayaan ini dapat berubah secara berarti dengan eksplorasi lanjut. Sumberdaya tereka memiliki tingkat keyakinan lebih rendah dalam penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya tertunjuk.

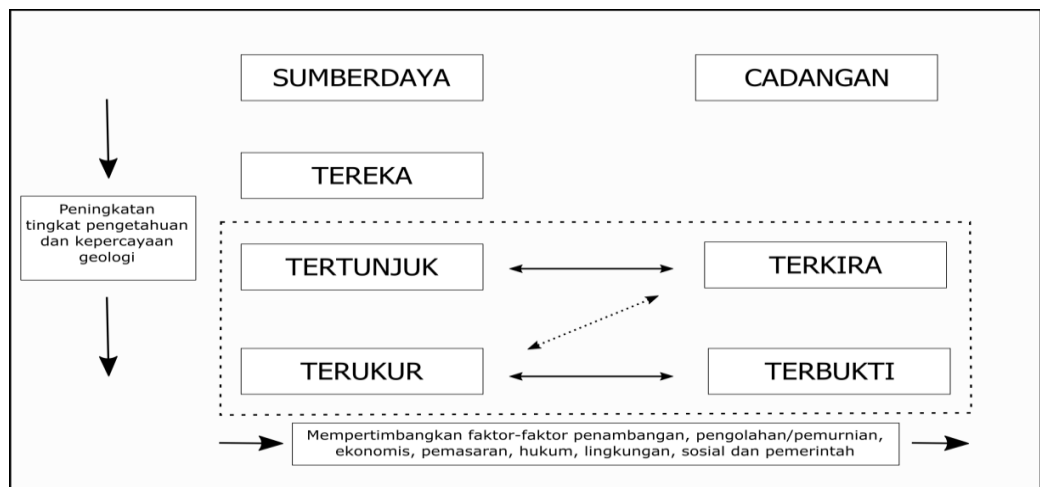
c. Sumberdaya Batubara Tertunjuk (*indicated Coal Resource*)

Sumberdaya batubara tertunjuk adalah bagian dari total sumberdaya batubara yang kualitas dan kuantitasnya dapat diperkirakan dengan tingkat kepercayaan yang masuk akal, didasarkan pada informasi yang didapat dari titik-titik pengamatan yang didukung oleh data pendukung. Titik informasi yang ada

cukup untuk menginterpretasikan kemenerusan lapisan batubara, tetapi tidak cukup untuk membuktikan kemenerusan lapisan batubara dan atau kualitasnya.

d. Sumberdaya Batubara Terukur (*measured Coal Resource*).

Sumberdaya batubara terukur adalah bagian dari total sumberdaya batubara yang kualitas dan kuantitasnya dapat diperkirakan dengan tingkat kepercayaan yang tinggi, didasarkan pada informasi yang didapat dari titik-titik pengamatan yang diperkuat dengan data-data pendukung. Titik-titik pengamatan jaraknya cukup berdekatan untuk membuktikan kemenerusan lapisan batubara dan atau kualitasnya. Gambar 2.10 memperlihatkan klasifikasi sumberdaya.



Gambar 2.11 Klasifikasi sumberdaya (BSN, 2011)

2.4 Estimasi Sumberdaya Batubara

Estimasi sumberdaya batubara adalah cara untuk menentukan jumlah potensi batubara menggunakan suatu metode yang sesuai dengan geologi endapan batubara. Menurut Metode *Circular USGS 1983* (Wood *et al.*, 1983), tingkat sumberdaya batubara dibagi menjadi empat, yaitu sumberdaya batubara hipotetik (*hypothetical coal resources*), sumberdaya batubara tereka (*inferred coal resources*), sumberdaya batubara tertunjuk (*indicated coal resources*), dan sumberdaya batubara terukur (*measured coal resources*).

2.4.1 Metode Estimasi Sumberdaya Batubara

a. Metode *Circular USGS* 1983

Metode yang digunakan dalam mengestimasi sumberdaya batubara menggunakan Metode *Circular USGS* 1983 membentuk lingkaran dengan menjadikan radius terluar berdasarkan ketentuan batas BSN sebagai *area of influence*.

Perhitungan sumberdaya dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$T = L \times t \times D \quad \text{Persamaan 2.1}$$

Keterangan:

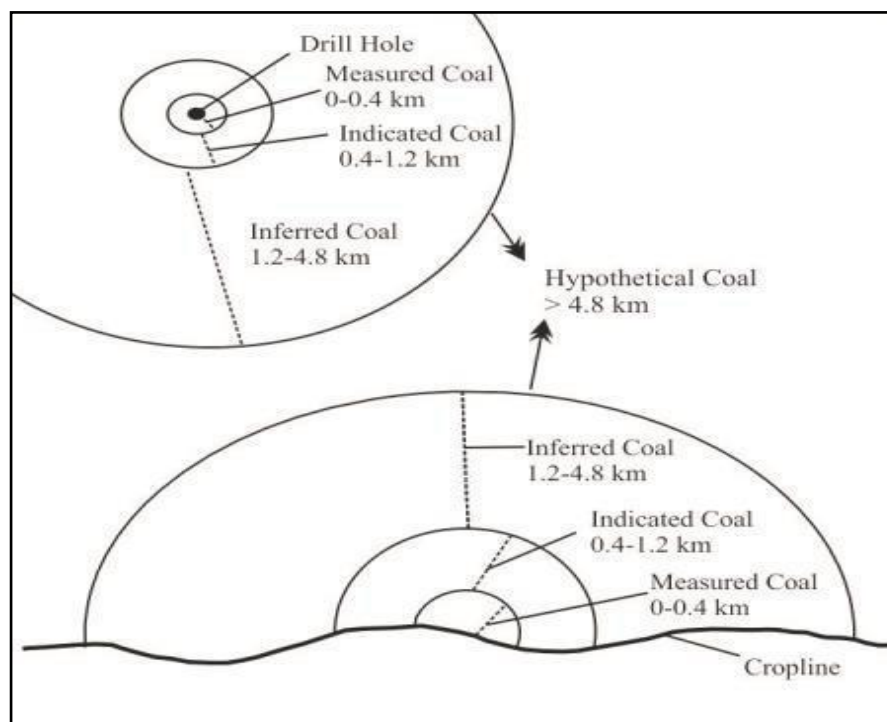
T = Tonase Batubara (ton)

t = Tebal batubara (m)

D = Densitas batubara (ton/m³)

L = Luas area batubara (m²)

Gambar 2.11 memperlihatkan sketsa perhitungan sumberdaya batubara menggunakan Metode *Circular USGS* 1983.



Gambar 2.12 Sketsa Metode *Circular USGS* 1983 (Wood *et al.*, 1983)

Kemiringan lapisan batubara juga memberikan pengaruh dalam perhitungan sumberdaya batubara. Bila lapisan batubara memiliki kemiringan yang berbeda-beda, maka perhitungan dilakukan secara:

1. Kemiringan 0° - 10°

Perhitungan tonase dilakukan langsung dengan menggunakan rumus tonase yaitu luas area batubara \times tebal batubara \times densitas batubara.

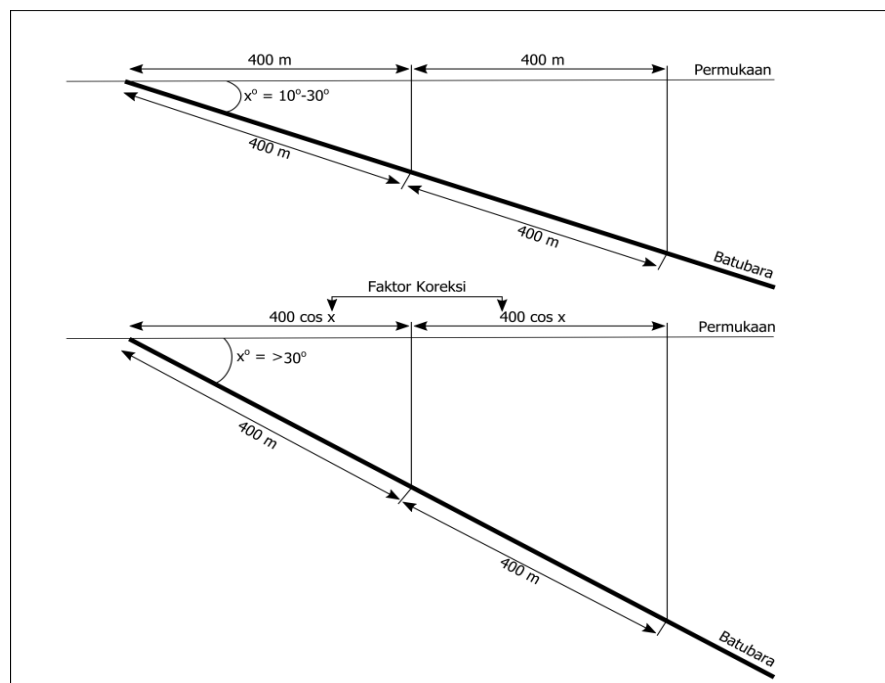
2. Kemiringan 10° - 30°

Perhitungan tonase dilakukan dengan membagi nilai luas area batubara dengan nilai cosinus kemiringan lapisan batubara.

3. Kemiringan $>30^{\circ}$

Perhitungan tonase dilakukan dengan mengkalikan nilai luas area batubara dengan nilai cosinus kemiringan lapisan batubara.

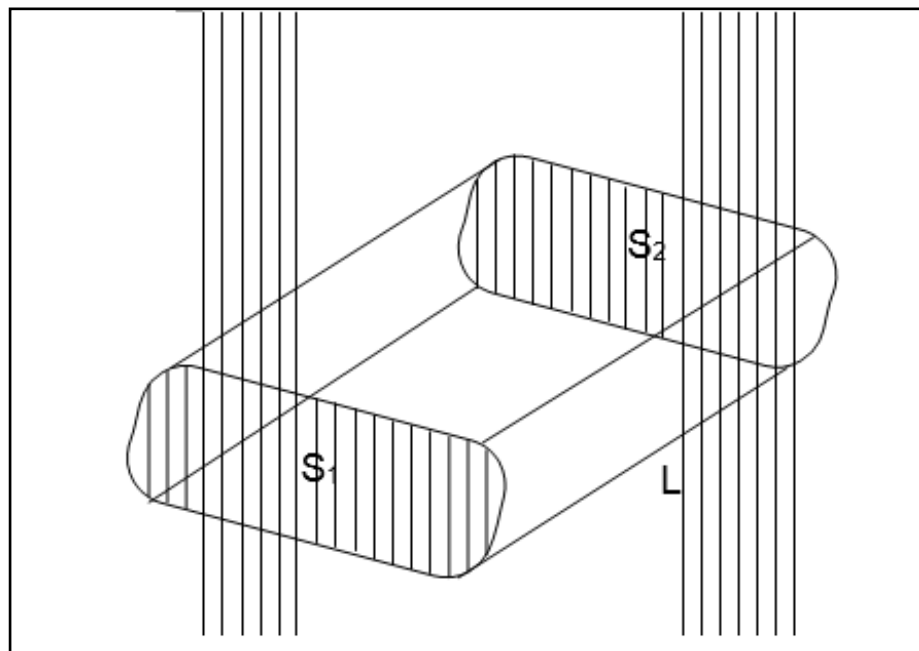
Gambar 2.12 memperlihatkan kriteria kemiringan batubara menurut Metode *Circular USGS* 1983.



Gambar 2.13 Kriteria kemiringan batubara menurut Metode *Circular USGS* 1983 (Wood *et al.*, 1983)

b. Metode Penampang (*cross section*)

Metode ini adalah salah satu metode perhitungan secara konvensional. Mengikuti pedoman dengan menghubungkan titik antar pengamatan terluar. Sehingga untuk mencari satu volume dibutuhkan dua penampang. Penerapan perhitungan tonase sumberdaya batubara dengan Metode Penampang sangat tergantung pada data pengeboran. Pada prinsipnya, ada beberapa langkah dalam metode perhitungan sumberdaya menggunakan Metode Penampang. Berikut adalah salah satu rumus yang bisa digunakan untuk mencari jumlah sumberdaya batubara yang ada. Gambar 2.13 memperlihatkan sketsa perhitungan Metode Penampang.



Gambar 2.14 Sketsa Metode Penampang (Notosiswoyo dkk., 2005)

$$V = L \frac{(S_1 + S_2)}{2} \quad \text{Persamaan 2.2}$$

Keterangan: V = Volume
L = Jarak Antar Penampang
S₁ dan S₂ = Luas Penampang

Keuntungan dari metode ini adalah proses perhitungannya tidak rumit dan sekaligus dapat dipergunakan untuk menyajikan hasil interpretasi model dalam sebuah

penampang atau irisan horisontal. Sedangkan kekurangan metode penampang adalah tidak bisa dipergunakan untuk tipe endapan dengan mineralisasi yang kompleks. Disamping itu hasil perhitungan secara konvensional ini dapat dipakai sebagai alat pembandingan untuk mengecek hasil perhitungan yang lebih canggih misalnya dengan sistem blok.

c. Metode Poligon

Metode Poligon merupakan metode perhitungan yang konvensional dibandingkan dengan metode lainnya, karena pada perhitungan cadangan endapannya tidak begitu memperhatikan struktur patial daerah yang akan diobservasi dan tidak begitu memperhatikan data-data dari lubang bor disekitarnya. Metode ini umum diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana.

Berikut adalah rumus perhitungan cadangan batubara dengan menggunakan Metode Poligon (Notosiswoyo dkk., 2005):

1. Rumus perhitungan kapasitas.

$$V = t \times a \qquad \text{Persamaan 2.3}$$

Keterangan :

V = Volume daerah pengaruh (m^3)

t = Tebal lapisan setiap lubang bor (m)

a = Luas daerah pengaruh (m^2)

2. Rumus perhitungan Tonase

$$T = V \times \rho \qquad \text{Persamaan 2.4}$$

Keterangan

T = Tonase (Ton)

V = Volume daerah pengaruh (m^3)

ρ = berat jenis (ton/m^3)

3. Rumus perhitungan total

$$T_{\text{total}} = T_1 + T_2 + T_3 + T_n \quad \text{Persamaan 2.4}$$

Keterangan :

T_{total} = Tonase keseluruhan

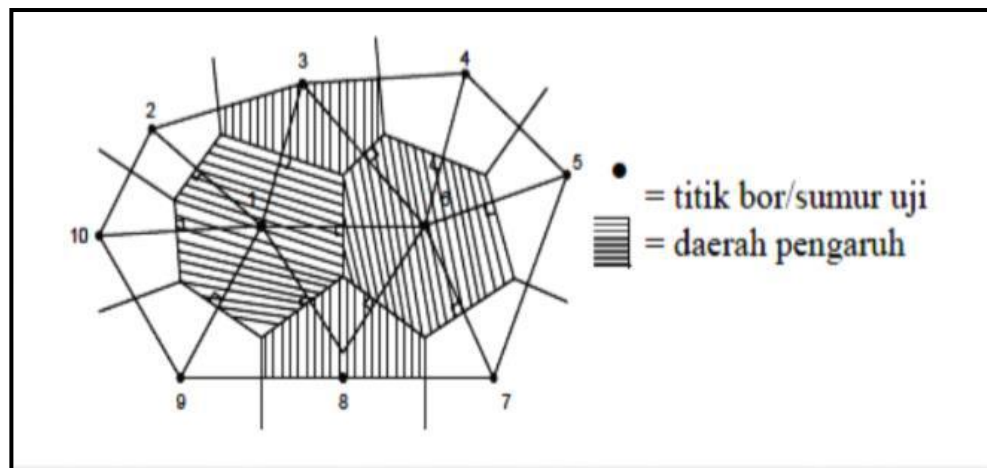
T_1 = Tonase daerah pengaruh T1

T_2 = Tonase daerah pengaruh T2

T_3 = Tonase daerah pengaruh T3

T_n = Tonase daerah pengaruh Tn

Gambar 2.14 memperlihatkan sketsa perhitungan sumberdaya menggunakan metode poligon.



Gambar 2.14 Sketsa perhitungan Metode Poligon (Notosiswoyo dkk., 2005)