

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil dan pengeksport batubara terbesar di dunia. Batubara diperlukan hampir diseluruh pelosok dunia terutama di asia, sehingga disadari betapa pentingnya peranan batubara sebagai salah satu sumber devisa negara yang terbesar. Hampir seluruh negara di dunia ini memerlukan bahan bakar jenis ini, baik untuk keperluan industri maupun untuk memenuhi kebutuhan rakyatnya. Indonesia sebagai salah satu negara produsen batubara sangat memperhatikan masalah ini, karena batubara berhubungan dengan kehidupan orang banyak. Batubara adalah suatu batuan sedimen organik berasal dari penguraian sisa berbagai tumbuhan yang merupakan campuran yang heterogen antara senyawa organik dan zat anorganik yang menyatu di bawah beban strata yang menghimpitnya. (Muchjidin. 2006)

Batubara adalah bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuh tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen dan terkena pengaruh temperatur serta tekanan yang berlangsung sangat lama (Priyono *at. all*, 1992). Berdasarkan data dari Badan Geologi, potensi tambang batubara di Indonesia mencapai 161 miliar ton, dengan 53 persen berada di Pulau Sumatera dan 47 persen di Pulau Kalimantan.

Berdasarkan Peta Geologi Regional dari PT. Kaltim Prima Coal, wilayah penambangan ini berada pada Formasi Balikpapan yang dikenali sebagai salah satu formasi pembawa batubara di Indonesia. Kegiatan eksplorasi batubara dilakukan untuk mengidentifikasi keterdapatn batubara, ukuran, bentuk, sebaran, dan juga kualitas sebagai dasaran penilaian untuk dilakukan investasi penambangan (Rahmad *at. all*, 2017 dalam Rafif, M. S., 2024).

Berdasarkan hal-hal diatas maka, penelitian ini dibangun dengan mengangkat tema yaitu “ Pengaruh Fasies Lingkungan Pengendapan Terhadap Kualitas Batubara Pada *Seam* X, Y, Z Pit Pedayak West North PT. Kaltim Prima Coal ” ketiga *seam* batubara diurutkan dari *seam* tertua ke *seam* termuda yaitu *Seam* X, *Seam* Y, dan *Seam* Z. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam eksploitasi penambangan batubara berikutnya di Pit Pedayak West North PT. Kaltim Prima Coal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik batubara *Seam* X, Y, dan Z daerah penelitian



ualitas batubara di daerah penelitian berdasarkan klasifikasi produk
ima Coal dan klasifikasi A.S.T.M
sistem lingkungan pengendapan yang bekerja pada daerah

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui fasies lingkungan pengendapan batubara *Seam X, Y, Z* Pit Pedayak West North pada daerah penelitian.
2. Mengetahui kualitas batubara *Seam X, Y, Z* Pit Pedayak West North pada daerah penelitian.
3. Mengetahui pengaruh lingkungan pengendapan terhadap kualitas batubara *Seam X, Y, Z* Pit Pedayak West North pada daerah penelitian.

1.4 Batasan Masalah

Terdapat batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini yang memiliki tujuan yaitu untuk memfokuskan penelitian ini. Adapun batasan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Deskripsi litologi dan batubara didasarkan dari data singkapan dan data *log bor*.
2. Analisis uji data proksimat yang hanya berfokus pada 3 *seam* yaitu *Seam X, Y, Z* pada Pit Pedayak West North.
3. Menentukan klasifikasi dan rank kualitas batubara menggunakan klasifikasi produk PT. Kaltim Prima Coal dan klasifikasi A.S.T.M
4. Penentuan lingkungan pengendapan berfokus pada hasil data lapangan berupa *Measuring Section*, data *log bor* berfokus pada 3 *Seam* yaitu *Seam X, Y, Z* pada Pit Pedayak West North

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini diharapkan bermanfaat yaitu sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi lingkungan pengendapan dan menjawab permasalahan yang dicantumkan dalam latar belakang pada daerah penelitian.
2. Bagi mahasiswa, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait faktor-faktor yang dapat berpengaruh dari lingkungan pengendapan khususnya terhadap batubara.
3. Memberikan informasi kepada akademisi maupun industri mengenai kualitas batubara pada daerah penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan penelitian.

1.6 Peneliti Terdahulu

1. Imansyah, D. P. E. (2024). Analisis Geofisika Well Logging Dan Data Kualitas Batubara Untuk Menentukan Lingkungan Pengendapan *Seam BN, B2, NGA*, asasi Balikpapan Pada Pit South Pinang – South Pinang Extension PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta, Kalimantan Timur. (Tugas Akhir Sarjana), UIN Ar-Raniry, Ponegoro, Fakultas Teknik, Teknik Geologi.
2. (2024). Geologi Dan Lingkungan Pengendapan Batubara *Seam B2*, pada Pit Bendili, PT. Kaltim Prima Coal, Kecamatan Sangatta Utara, Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. (Tugas Akhir Sarjana), UIN Ar-Raniry, Ponegoro, Fakultas Teknik, Teknik Geologi.



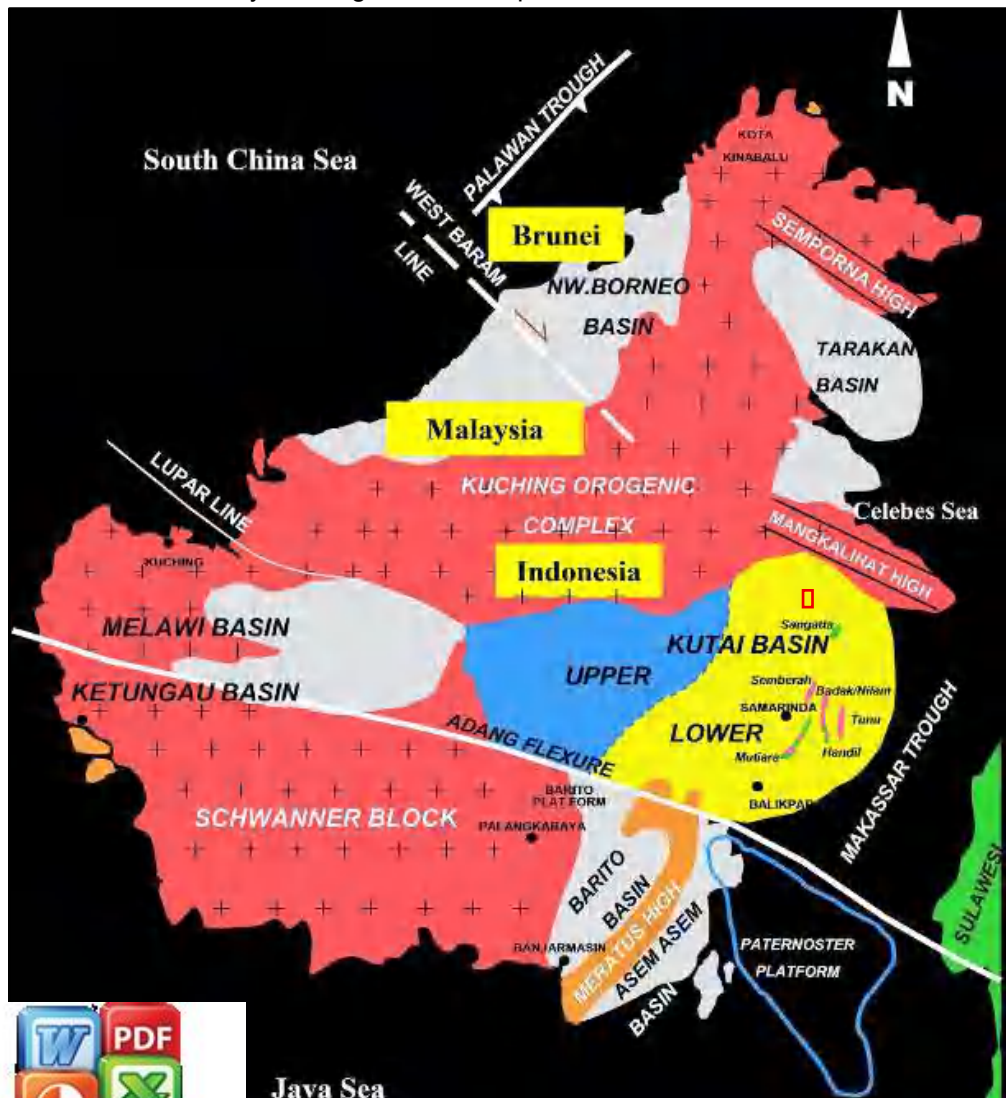
1.7 Kajian Teori

1.7.1 Geologi Regional

Daerah penelitian secara geologi regional merupakan bagian dari Cekungan Kutai, yang termasuk dalam Peta Geologi Lembar Sangatta (Sukardi *at. all*, 1995).

1.7.1.1 Fisiografi Cekungan Kutai

Fisiografi Cekungan Kutai seperti terlihat pada Gambar 1. Cekungan Kutai merupakan salah satu cekungan Tersier yang terbesar di Indonesia, luasnya 165.000 km² dan kedalamannya kurang lebih mencapai 14.000 m.



Gambar 1. Fisiografi Cekungan Kutai (Biantoro *at. all*, 1992)

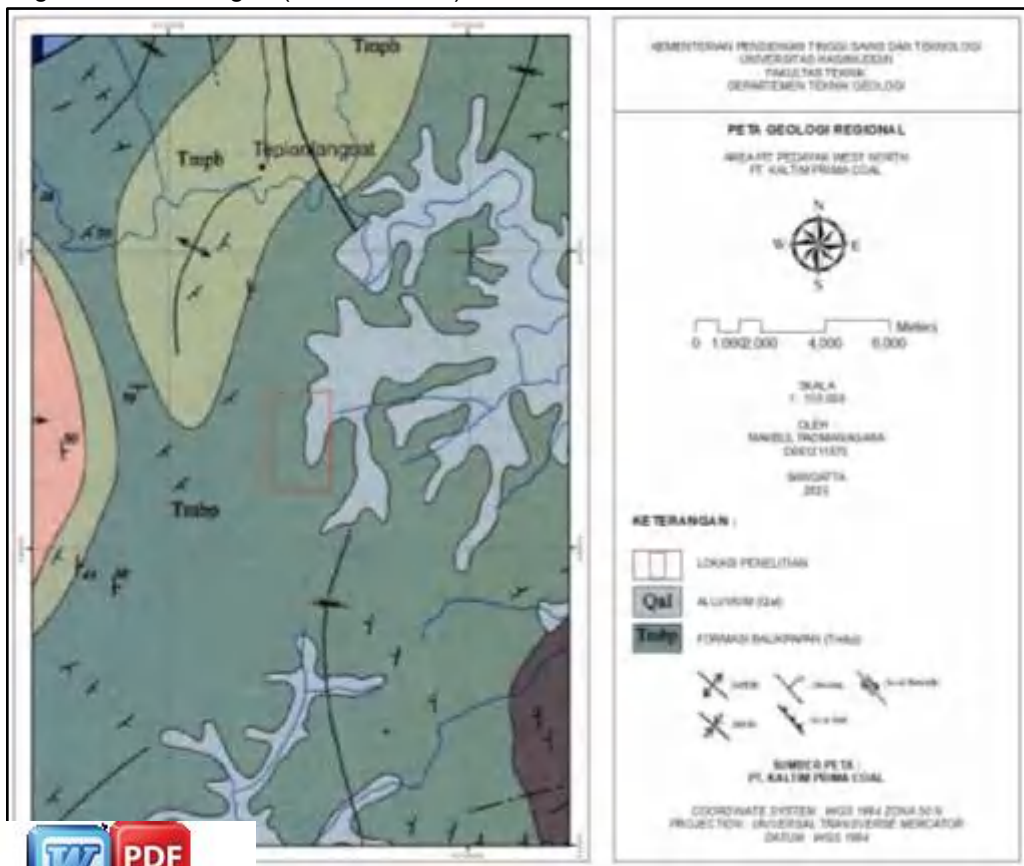
Secara umum, Cekungan Kutai dibatasi oleh Sesar Sangkulirang dan Sesar Samarinda di bagian selatan dibatasi oleh Sesar Adang (Biantoro *at. all*,



1992). Secara tektonik, Cekungan Kutai dipisahkan dari Cekungan Tarakan di utara oleh punggungan Mangkalihit dan dipisahkan dari Cekungan Barito di selatan oleh Adang flexure. Bagian barat Cekungan Kutai dibatasi Tinggian Kuching yang tersusun oleh batuan metasedimen berumur Kapur dan sedimen berumur Paleosen, sedangkan bagian timur Cekungan Kutai terbuka ke Selat Makassar dengan kedalaman air laut mencapai lebih dari 2000 meter (Allen dan Chambers, 1998. Dalam Resmawan, 2007).

1.7.1.2 Geologi Regional Cekungan Kutai

Kerangka tektonik Kalimantan Timur selain dipengaruhi oleh perkembangan tektonik regional yang melibatkan interaksi Lempeng Pasifik, Hindia-Australia dan Eurasia, juga dipengaruhi oleh tektonik regional di bagian Asia Tenggara. Cekungan Kutai di Kalimantan merupakan cekungan busur belakang atau *back arc* di bagian barat yang terbentuk akibat tumbukan antara lempeng benua dan lempeng samudera. Peregangan di Selat Makassar sangat mempengaruhi pola pengendapan terutama pada bagian timur cekungan (Ibrahim, 2005).



ologi Lembar Sangatta, Kalimantan Timur Skala 1 : 250.000 diperbesar dengan skala 1 : 150.000 (Sukardi *at. all*, 1995).

Awal, Cekungan Kutai dan Cekungan Barito merupakan satu arah utara timurlaut–selatan baratdaya. Kedua cekungan tersebut

mulai terpisah setelah pengangkatan Blok Meratus, dicirikan oleh kelurusan zona patenosfer yang dikontrol oleh Sesar Adang atau disebut *South Kutai Boundary Fault*. Pemisahan ini diduga terjadi selama Miosen Tengah, berdasarkan fasies yang berbeda pada lapisan sedimen antara kedua cekungan dari Miosen Akhir sampai Resen (Biantoro *at. all*, 1992).

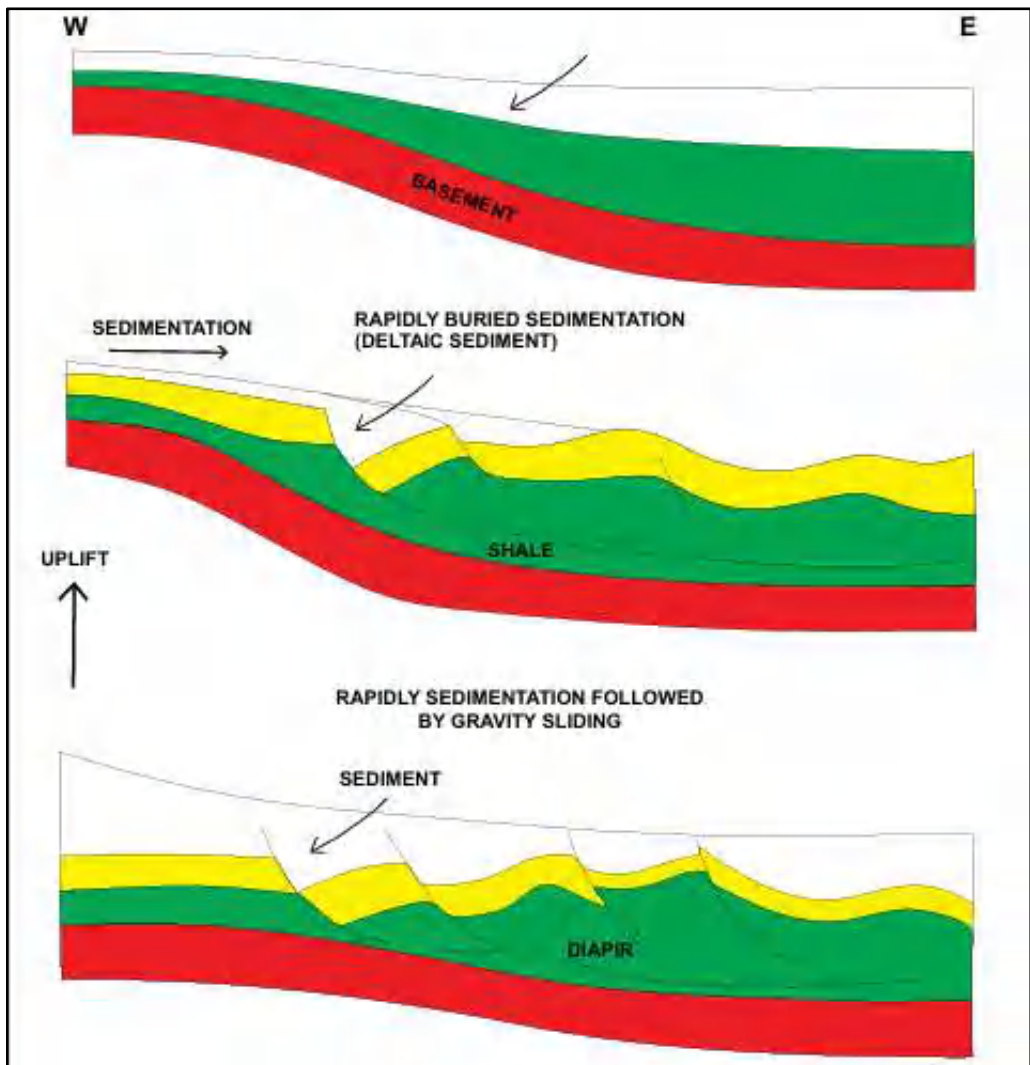
Cekungan Kutai terbentuk karena proses pemekaran pada Kala Eosen Tengah yang diikuti oleh fase pelenturan dasar cekungan yang berakhir pada Oligosen Akhir. Peningkatan tekanan karena tumbukan lempeng mengakibatkan pengangkatan dasar cekungan ke arah barat laut yang menghasilkan siklus regresif utama sedimentasi klastik di Cekungan Kutai dan tidak terganggu sejak Oligosen Akhir hingga sekarang (Ferguson dan McClay, 1997; dalam Resmawan, 2007). Pada Kala Miosen Tengah pengangkatan dasar cekungan dimulai dari bagian barat Cekungan Kutai yang bergerak secara progresif ke arah timur sepanjang waktu dan bertindak sebagai pusat pengendapan. Selain itu juga terjadi susut laut yang berlangsung terus-menerus sampai Miosen Akhir.

1.7.1.3 Geologi Regional Daerah Sangatta

Daerah Sangatta terletak di antara Delta Mahakam dan Tinggian Mangkalihat yang merupakan Cekungan Kutai bagian utara. Berdasarkan hasil analisis dari Formasi Balikpapan di daerah Sangatta, dapat disimpulkan bahwa sistem delta di Sangatta merupakan perkembangan delta tersendiri, yang berkembang di bagian utara Cekungan Kutai dan terpisah dari sistem Delta Mahakam purba di bagian selatan (Snedden *at. all*, 1996). Di sebelah barat cekungan terjadi pengangkatan yang disertai erosi yang menyebabkan di daerah timurlaut (sekitar Sangatta) terjadi sedimentasi, sebaliknya jika pengangkatan di sebelah barat berkurang intensitasnya maka terjadi transgresi dari timurlaut berlangsung ke arah barat.

Di kawasan Sangatta pengendapan delta yang cepat pada Miosen Tengah mulai membebani endapan lempung tebal berumur Tersier dan mengakibatkan masa lempung yang belum mampat (kompak) itu menjadi labil. Akibatnya masa lempung mencuat, berdiapirik menerobos sedimen regresif di atasnya, sehingga di kawasan ini ditemui suatu struktur antiklin yang sempit, memanjang dan sejajar dengan garis pantai. Struktur antiklin sempit ini dipisahkan oleh sinklin-sinklin yang lebar. Proses pembentukan struktur ini berlangsung setahap demi setahap, beruntun bersamaan dengan progradasi pengendapan delta (Samuel, 1976) (Gambar 3).





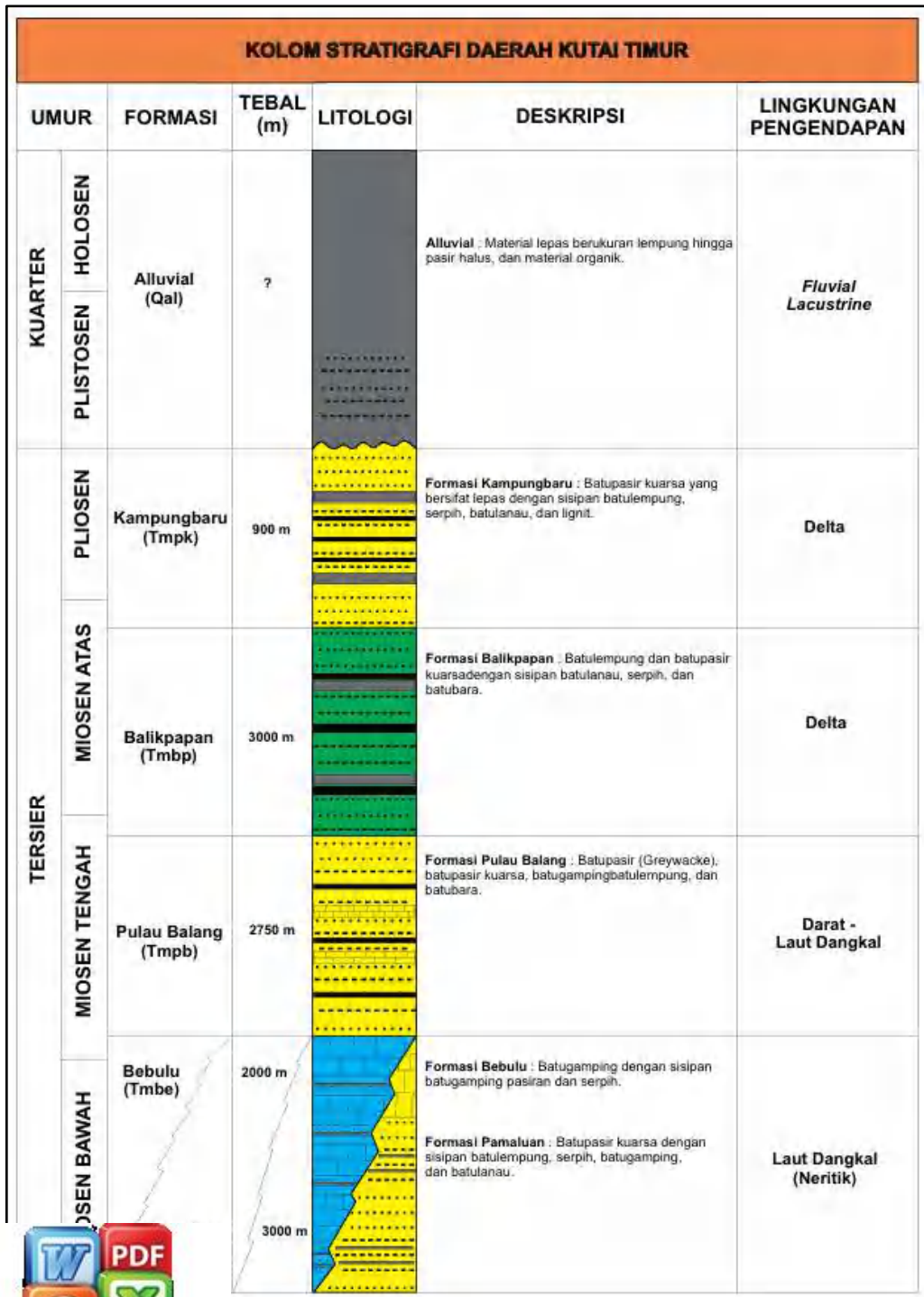
Gambar 3. Model Pembentukan Struktur Diapirik Massa Lempung di Sangatta (Biantoro *at. all*, 1992).

Sistem delta Sangatta ini terbentuk bersamaan dengan Proto-delta Mahakam dan diperkirakan mulai berlangsung sejak Miosen Awal (Duval *at. all*, 1992).

1.7.2 Stratigrafi Geologi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Sangatta (Sukardi *at. all*, 1995), membagi daerah Kutai Timur menjadi 6 (enam) formasi dengan urutan dari atas sebagai berikut:





Stratigrafi daerah Kutai Timur, Cekungan Kutai bagian utara (Dimodifikasi dari Resmawan, 2007).

Formasi Pamaluan (Tmp) : Batulempung dengan sisipan tipis napal, batupasir dan batubara. Bagian atas terdiri dari batulempung pasiran yang mengandung sisa tumbuhan dan beberapa lapisan tipis batubara. Secara umum bagian bawah lebih gampingan dan mengandung lebih banyak foraminifera plankton dibanding dengan bagian atasnya. Fosil penunjuk terdiri dari Globigerinoides primordius, Globigerinoides trilobus, Globigerinita sp. yang berumur N.4-N.5 atau Te5 Bawah (Miosen Awal). Lingkungan pengendapan berkisar dari neritik dalam sampai neritik dangkal.

Formasi Bebuluh (Tmbe) : Batugamping dengan sisipan batulempung, batulanau, batupasir dan sedikit napal. Batugamping mengandung koral dan foraminifera besar. Batugamping dari formasi ini adalah terumbu dan tebaran batugamping terumbu. Berumur Miosen Awal, dengan tebal diperkirakan 2000 meter, formasi ini ditutupi selaras oleh Formasi Pulau Balang.

Formasi Pulau Balang (Tmpb) : Perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, setempat bersisipan tipis lignit, batugamping atau batupasir gampingan. Berumur Miosen Awal – Miosen Tengah. Sedimentasinya diperkirakan terjadi di daerah pro-delta, dengan tebaran terumbu di beberapa tempat.

Formasi Balikpapan (Tmbp) : Batupasir, batulempung, lanau, tuf dan batubara. Pada perselingan batupasir kuarsa, batulempung dan batulanau memperlihatkan struktur silang siur. Setempat mengandung sisipan batubara dengan ketebalan antara 20-40 cm. Batulempung berwarna kelabu, getas, mengandung muskovit, bitumen dan oksida besi. Tebal formasi ± 2000 meter, dengan lingkungan pengendapan muka daratan-delta. Umur formasi ini Miosen Tengah - Miosen Akhir. Formasi ini tertindih selaras oleh Formasi Kumpangbaru.

Formasi Kumpangbaru (Tmpk) : Batulempung pasiran, batupasir dengan sisipan batubara dan tuf, setempat mengandung lapisan tipis oksida besi dan bintal limonit. Berumur Miosen Akhir hingga Plio-Plistosen, dengan lingkungan pengendapan delta sampai laut dangkal dengan tebal formasi antara 500-800 meter.

Endapan Aluvial (Qal) : Material lepas berupa lempung dan lanau, pasir, lumpur, dan kerikil, merupakan endapan pantai, rawa, dan sungai.

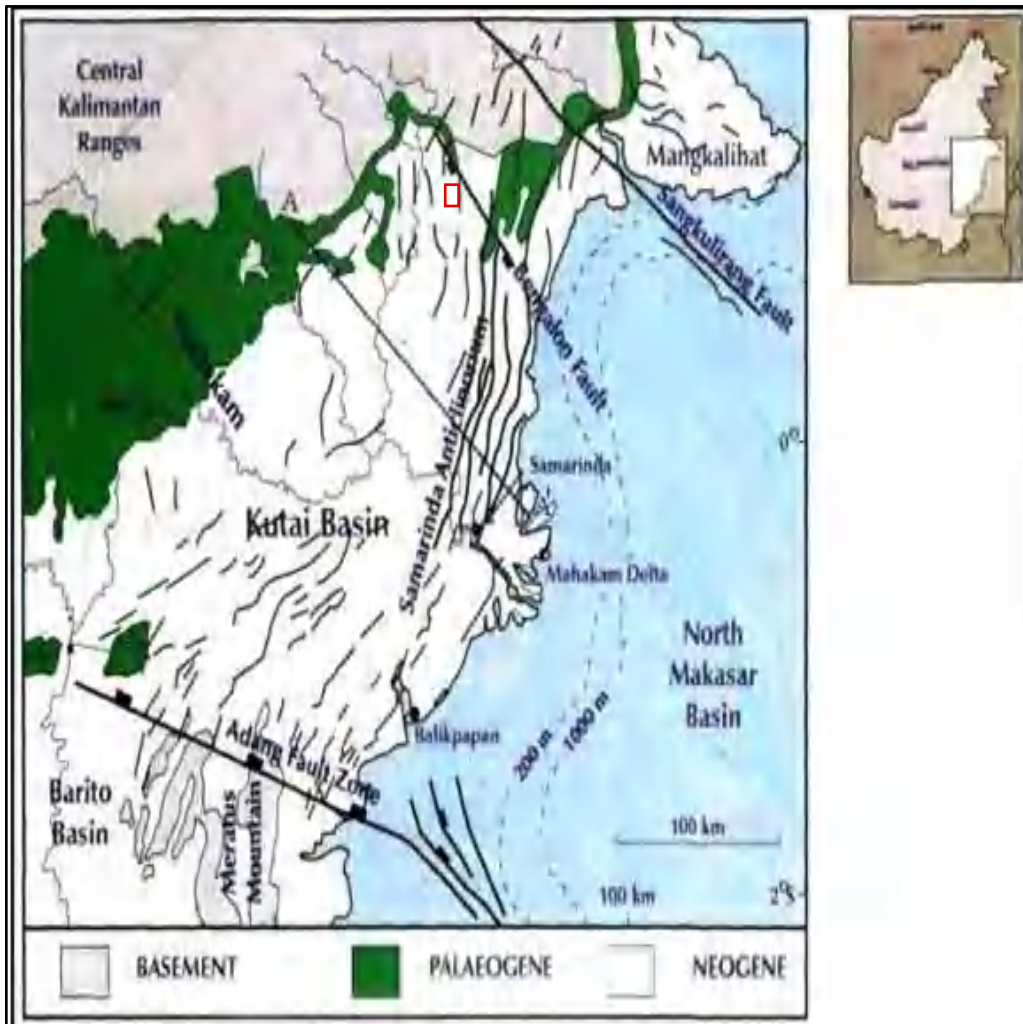
1.7.3 Struktur Geologi Regional

Pembentukan struktur geologi di Cekungan Kutai sangat dipengaruhi oleh adanya spreading di sepanjang Selat Makassar yang menimbulkan sesar-sesar mendatar dengan arah pergerakan barat laut-tenggara serta memisahkan Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi. Pola struktur Cekungan Kutai dipengaruhi oleh pengangkatan Tinggian Kuching yang tegasannya berasal dari arah barat laut. Pengangkatan ini terus berlangsung hingga mengakibatkan berkurangnya kestabilan. Akibat ketidakstabilan ini maka terjadi pelengseran batuan ke arah timur. Gambar 4.



ran struktur geologi regional yang mempengaruhi pembentukan struktur yang ada adalah Antiklinorium Samarinda yang berarah sesar Bengalon, Sesar Sangkulirang dan Sesar Adang. Struktur geologi yang berkembang di dalam Cekungan Kutai adalah lipatan dan seperti Formasi Pamaluan, Formasi Bebuluh dan Formasi Pulau Balikpapan lipatan kuat dengan kemiringan sekitar 40° , tetapi ada juga yang merupakan batuan yang berumur lebih muda seperti Formasi Balikpapan

dan Formasi Kampungbaru pada umumnya terlipat lemah, namun di beberapa tempat dekat zona sesar yang terlipat kuat. Di daerah ini terdapat 3 (tiga) jenis sesar, yaitu sesar naik, sesar normal dan sesar mendatar. Sesar naik diduga terjadi pada Miosen Akhir yang kemudian dipotong oleh sesar mendatar yang terjadi kemudian, sedangkan sesar turun terjadi pada Kala Pliosen (Supriatna dan Rustandi, 1995; dalam Resmawan, 2007).



Gambar 5. Struktur Geologi Cekungan Kutai (Allen dan Chambers, 1998)

Proses pembentukan lipatan di Cekungan Kutai terdapat dua pendapat, yaitu:

1. Menurut Ott, 1987; dalam Resmawan, 2007, menyatakan bahwa pola struktur lipatan Kutai disebabkan oleh adanya proses gelinciran akibat gaya vity sliding) pada batuan dasar yang mempunyai plastisitas tinggi a pengangkatan Tinggian Kuching selama Zaman Tersier. (May at. all, 2000; dalam Resmawan, 2007, menyatakan bahwa daerah dataran Cekungan Kutai merupakan hasil dari tektonik delta, lipatan dari sedimentasi yang cepat dan gaya tektonik. Akibat



penumpukan terjadi pelengseran lateral yang mengakibatkan pelengseran lateral yang mengakibatkan lipatan dan sesar turun, kemudian mengalami reaktivasi menjadi sesar naik akibat gaya kompresi.

1.8 Batubara

1.8.1 Definisi

Batubara dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen yang terbentuk dari dekomposisi tumpukan tumbuhan selama kira-kira 300 juta tahun. Dekomposisi tumbuhan ini terjadi karena proses biologi dengan mikroba dimana banyak oksigen dalam selulosa diubah menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Perubahan yang terjadi dalam kandungan bahan tersebut disebabkan oleh adanya tekanan, pemanasan yang kemudian membentuk lapisan tebal sebagai akibat pengaruh panas bumi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun, sehingga lapisan tersebut akhirnya memadat dan mengeras (Billah, 2010).

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

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

1.8.2 Genesa Batubara

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

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

- a. Teori Insitu

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



1. pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda
2. di tempat tumbuhan semula hidup dan berkembang. Dengan demikian
3. ang telah mati mengalami transportasi oleh media air dan
4. di suatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan terjadi

proses coalification. Batubara dengan proses drift penyebarannya tidak luas tetapi banyak dan kualitasnya kurang baik.

Bahan organik mengalami berbagai tingkat perubahan sehingga menyebabkan perubahan sifat-sifat fisika maupun kimia baik sebelum ataupun sesudah tertutup oleh endapan lainnya. (Sukandarrumidi, 1995)

1. Tahapan Pembentukan Batubara

Proses pembentukan batubara terdiri dari dua tahap yaitu:

a. Tahap biokimia (penggambutan)

Tahap Diagenetik atau Biokimia, dimulai pada saat material tanaman terdeposisi hingga lignit terbentuk. Agen utama yang berperan dalam proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat oksidasi dan gangguan biologis yang dapat menyebabkan proses pembusukan (dekomposisi) dan kompaksi material organik serta membentuk gambut (Diessel, C.F.K, 1992).

Tahap penggambutan (*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah yang ideal untuk pembentukan gambut misalnya rawa, delta sungai, danau dangkal atau daerah dalam kondisi tertutup udara. dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5 – 10 meter (Diessel, C.F.K, 1992).

Gambut bersifat porous, tidak padat dan umumnya masih memperlihatkan struktur tumbuhan asli, kandungan airnya lebih besar dari 75% (berat) dan komposisi mineralnya kurang dari 50% (dalam keadaan kering). Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut (Diessel, C.F.K, 1992).

Syarat terbentuknya formasi batubara antara lain adalah kenaikan muka air tanah yang lambat, perlindungan rawa terhadap pantai atau sungai dan energi relief rendah. Jika muka air tanah terlalu cepat naik (atau penurunan dasar rawa cepat) maka kondisi akan menjadi *limnic* atau bahkan akan terjadi endapan marin. Sebaliknya jika terlalu lambat, maka sisa tumbuhan yang terendapkan akan teroksidasi dan tererosi. Terjadinya kesetimbangan antara penurunan cekungan / *land-subsidence* dan kecepatan penumpukan sisa tumbuhan (kesetimbangan bioteknik) yang stabil akan menghasilkan gambut yang tebal (Diessel, C.F.K, 1992).

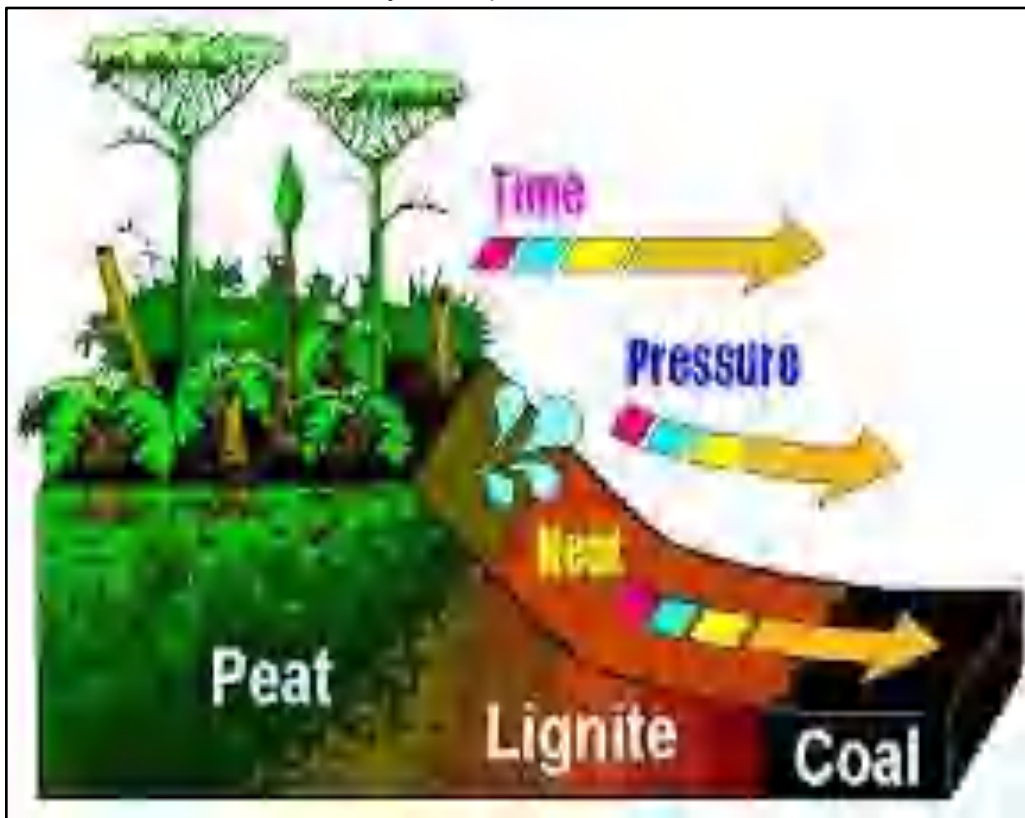
Lingkungan tempat terbentuknya rawa gambut umumnya merupakan tempat yang mengalami depresi lambat dengan sedikit sekali atau bahkan tidak ada penambahan material dari luar. Pada kondisi tersebut muka air tanah terus mengikuti perkembangan akumulasi gambut dan mempertahankan tingkat



a. Kejenuhan tersebut dapat mencapai 90% dan kandungan air stis hingga 60% pada saat terbentuknya *brown-coal*. Sebagian igan yang memenuhi kondisi tersebut merupakan *topogenic low* pada beberapa tempat yang mempunyai curah hujan sangat tinggi uk rawa gambut ombrogenik (*high moor*) (Diessel, C.F.K, 1992).

b. Tahap geokimia (pembatubaraan).

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



Gambar 6. Teori Pembentukan Batubara menjadi Jenis-Jenis Batubara (Cook, 1982)

Proses pematubaraan terutama dikontrol oleh kenaikan temperatur, tekanan dan waktu. Pengaruh temperatur dan tekanan dipercaya sebagai faktor dominan, karena sering ditemukan lapisan batubara *high-rank* berdekatan dengan intrusi batuan beku sehingga terjadi kontak. Kenaikan peringkat batubara juga dapat disebabkan karena kedalaman. Sementara bila tekanan makin tinggi, maka proses akan semakin cepat, terutama di daerah lipatan dan patahan (Diessel,



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

Pada tahap ini prosentase karbon akan meningkat, sedangkan prosentase hidrogen dan oksigen akan berkurang. Proses ini akan menghasilkan batubara dalam berbagai tingkat kematangan material organiknya mulai dari lignit, sub bituminus, bituminus, semi antrasit, antrasit, hingga meta antrasit (Diessel, C.F.K, 1992).

2. Faktor yang berpengaruh dalam pembentukan batubara

Berikut adalah faktor Faktor yang berpengaruh dalam pembentukan batubara (Diessel, C.F.K, 1992). yaitu :

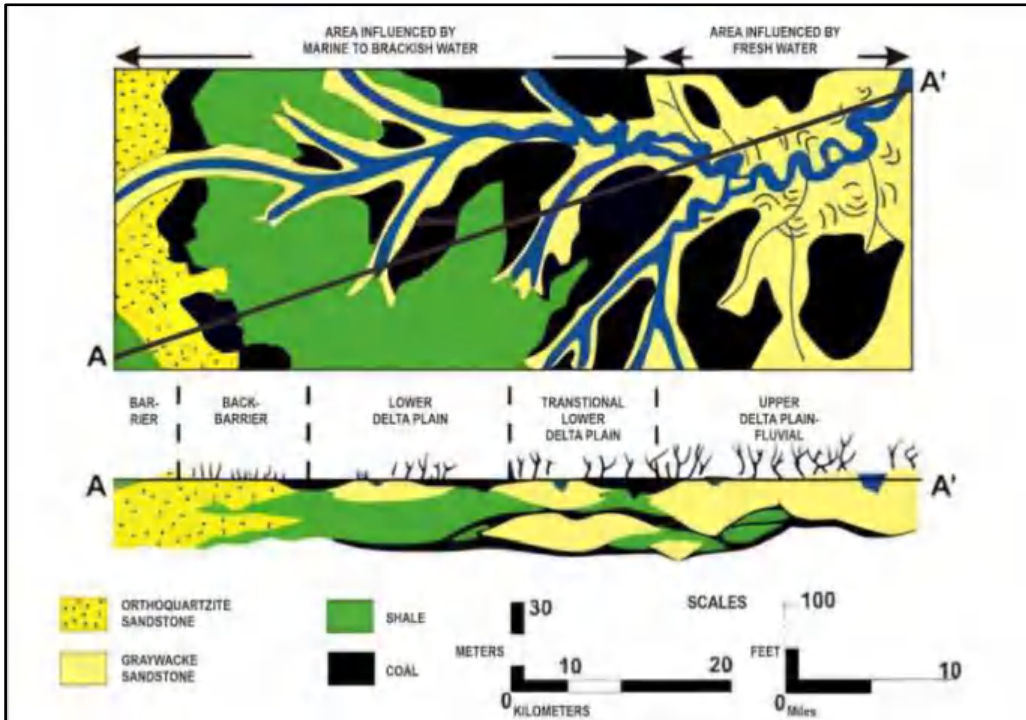
- a. Posisi Geotektonik
- b. Topografi
- c. Iklim
- d. Penurunan
- e. Umur Geologi
- f. Tumbuhan
- g. Dekomposisi
- h. Metamorfosa Organik
- i. Sejarah Setelah Pengendapan.

1.9 Lingkungan Pengendapan dan Fasies Batubara

Batubara merupakan hasil dari 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 yang berarti diperlukan suatu susunan pengendapan dimana terjadi produktifitas organik tinggi dan penimbunan secara perlahan-lahan namun terus menerus terjadi dalam kondisi reduksi tinggi dimana terdapat sirkulasi air yang cepat sehingga oksigen tidak ada dan zat organik dapat terawetkan. Kondisi demikian dapat terjadi diantaranya di lingkungan paralik (pantai) dan limnik (rawa-rawa). (Horne, dkk, 1978)

Tiap lingkungan pengendapan mempunyai asosiasi dan menghasilkan karakter batubara yang berbeda. (Horne, dkk, 1978) mengemukakan terdapat 5 lingkungan pengendapan utama pembentuk batubara yaitu *Upper Delta Plain*, *Transional Lower Delta Plain*, *Lower Delta Plain*, *Backbarrier* dan *Barrier*.





Gambar 7. Model lingkungan pengendapan batubara (Horne dkk, 1978).

1. **Lingkungan Pengendapan Barrier**

Lingkungan Pengendapan Barrier merupakan struktur penghalang di tepi laut biasanya pasir pantai, busur pasir (*sand barrier*), atau formasi pasir pantai/shoreface yang dibangun oleh gelombang dan arus laut—yang memisahkan laut atau teluk (*lagoon, back-barrier*) dari laut lepas. Barrier ini berfungsi sebagai penahan atau penghalang terhadap pengaruh langsung dari laut (gelombang, pasang, air asin) ke bagian belakangnya (*back-barrier*), sehingga memungkinkan kondisi yang lebih stabil untuk pembentukan gambut. (Horne, dkk, 1978)

2. **Lingkungan Pengendapan Back Barrier**

Lingkungan back barrier menghasilkan lapisan batubara yang tipis, pola sebarannya memanjang sejajar sistem penghalang, bentuk lapisan melebar karena dipengaruhi *tidal channel* setelah pengendapan atau bersamaan dengan proses pengendapan dan kandungan sulfurnya tinggi. (Horne, dkk, 1978)

3. **Lingkungan Pengendapan Lower Delta Plain**

Lingkungan lower delta plain karakteristik batubaranya mengkilap, indeks pengawetan aringan maseral rendah-menengah, indeks gelifikasi maseral tinggi, sulfurnya agak tinggi. Lapisan batubaranya tipis, sebaran channel atau jurus pengendapan, ditandai hadirnya splitting. dominasi oleh urutan serpih dan batulanau yang mengkasar kearah anyanya berkisar antara 15-55m dengan pelamparan lateral. Pada h dari teluk tersusun atas lempung-serpih abu-abu gelap sampai merupakan litologi dominan, kadang-kadang terdapat batugamping



dan mudstone siderite yang sebarannya tidak teratur, pada bagian atas sikuen ini terdapat batupasir ripples dan struktur lain yang ada hubungannya dengan arus, hal ini menunjukkan adanya penambahan energi pada perairan dangkal ketika teluk terisi endapan. (Horne, dkk, 1978)

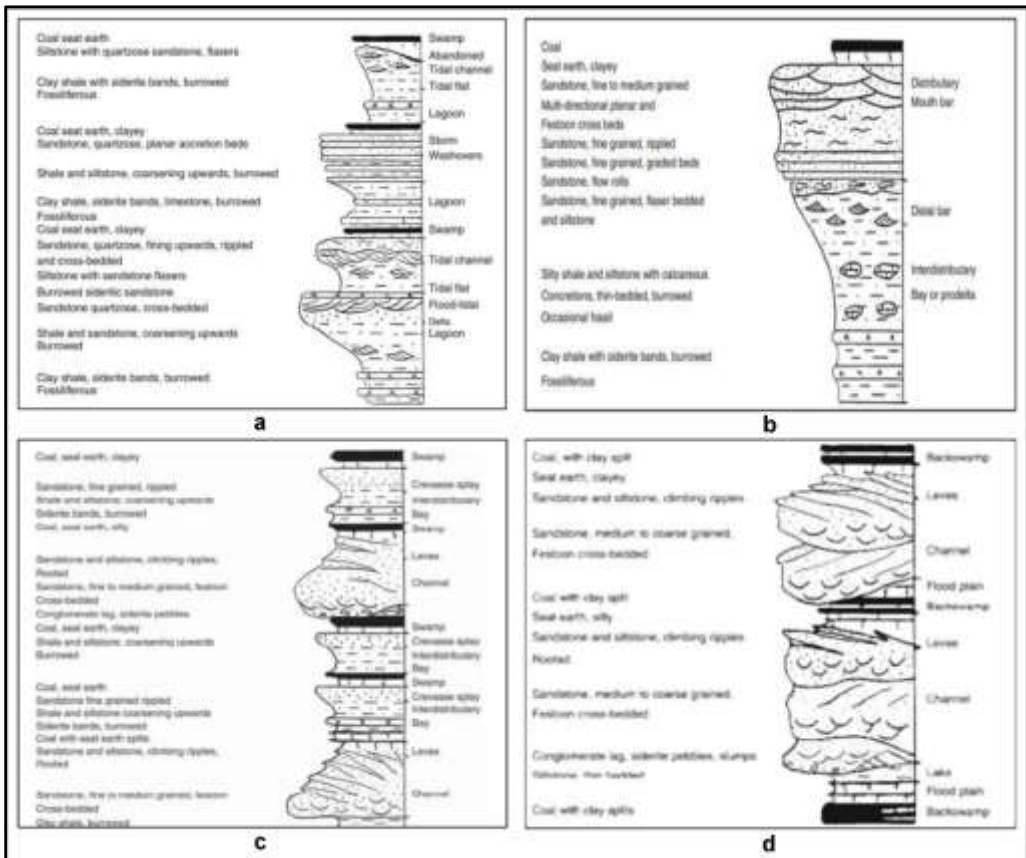
4. **Lingkungan Pengendapan Transitional Lower Delta Plain**

Tebal dapat lebih dari 10m, sebaran luas cenderung memanjang sejajar jurus pengendapan, kemenerusan lateral sering terpotong channel, di tandai *splitting* dan *Washout* serta kandungan sulfur agak rendah. Lapisan batubara pada umumnya tersebar meluas dengan kecenderungan agak memanjang sejajar dengan jurus pengendapan. Lapisan batubara pada daerah transitional lower delta plain terbentuk pada daerah transisi antara upper delta plain dan lower delta plain dan merupakan yang paling tebal dan penyebarannya juga paling luas karena perkembangan rawa yang ekstensif pada pengisian yang hampir lengkap dari teluk yang interdistribusi. (Horne, dkk, 1978)

5. **Lingkungan Pengendapan Zona upper delta plain**

Upper delta plain-fluvial tebal dapat mencapai lebih dari 10 meter, sebaran luas cenderung memanjang sejajar jurus pengendapan, kemenerusan lapisan lateral sering terpotong channel, di tandai *splitting*, *washout* dan kandungan sulfur rendah. Endapannya didominasi oleh bentuk linier, tubuh pasir lentikuler, pada tubuh pasir terdapat gerusan pada bagian bawahnya, permukaan terpotong tajam, tetapi secara lateral pada bagian atas bagian batupasir ini melidah dengan serpih abu-abu, batulanau dan lapisan batubara. Sifat khas tersebut menunjukkan energi yang besar pada channel pada sekitar rawa kecil dan danau-danau, dari bentuk batupasir dan pertumbuhan lapisan point bar menunjukkan bahwa hal ini dikontrol oleh meandering. (Horne, dkk, 1978)





Gambar 8. Model vertikal lingkungan pengendapan batubara (Horne *at. all*, 1978) (a) *Barrier-back barrier*, (b) *Lower delta plain*, (c) *Transitional lower delta plain*, dan (d) *Upper delta plain-fluvial*.

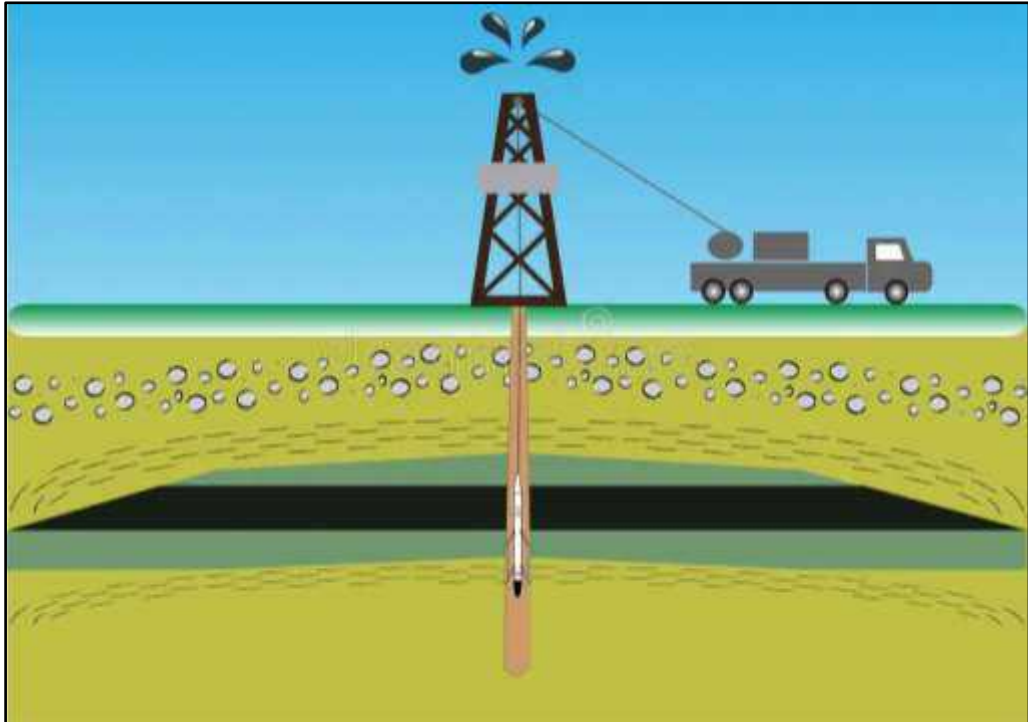
1.10 Metode Geofisika *Well Logging*

Geofisika *well logging* merupakan metode pengukuran besaran-besaran fisika batuan pada tiap-tiap kedalaman lubang bor. Geophysical well logging bertujuan untuk menentukan tipe atau jenis litologi, kedalaman serta ketebalan batuan pada lubang bor (Harsono, 1997). Dalam logging sumur geofisika, banyak ditemukan perbedaan sifat fisik yang dapat digunakan bersama dalam menentukan karakteristik geologi di sekitar lubang bor. Saat ini geophysical well logging diartikan sebagai perekaman karakteristik dari suatu formasi batuan yang diperoleh melalui pengukuran pada sumur bor (Ellis and Singer, 1987). Empat parameter fisika yang dihasilkan meliputi natural gamma, density, self potential, serta resistivity yang tergambar dalam bentuk kurva-kurva log. Metode ini



Optimized using
trial version
www.balesio.com

terkadang dalam eksplorasi minyak bumi untuk analisis kondisi geologi. Logging untuk eksplorasi batubara dirancang tidak hanya untuk analisis geologi, tetapi untuk memperoleh berbagai data lain, seperti jenis dan kualitas lapisan batubara, juga mengkompensasi berbagai risiko yang terhindarkan apabila hanya dilakukan pengeboran, yaitu untuk memastikan bahwa benar-benar ada lapisan batubara yang sesungguhnya dari lapisan penting (Iswati, 2012).



Gambar 9. Gambaran Perekaman *Well Logging*

log sinar gamma (GR) merupakan salah satu dari beberapa jenis pengukuran log lainnya pada *well logging* yaitu *logspontaneous potential (SP)*, *log caliper*, *log resistivitas*, *log densitas*, *log neutron*, dan *log akustik*. (Serra, 1984). Sinar gamma pada well logging akan terhenti ketika membentur elektron-kepadatan batuan yang lebih kecil mengakibatkan sinar gamma dapat mencapai detektor (Verhoef, 1992). (Dalam Aziza, 2021)

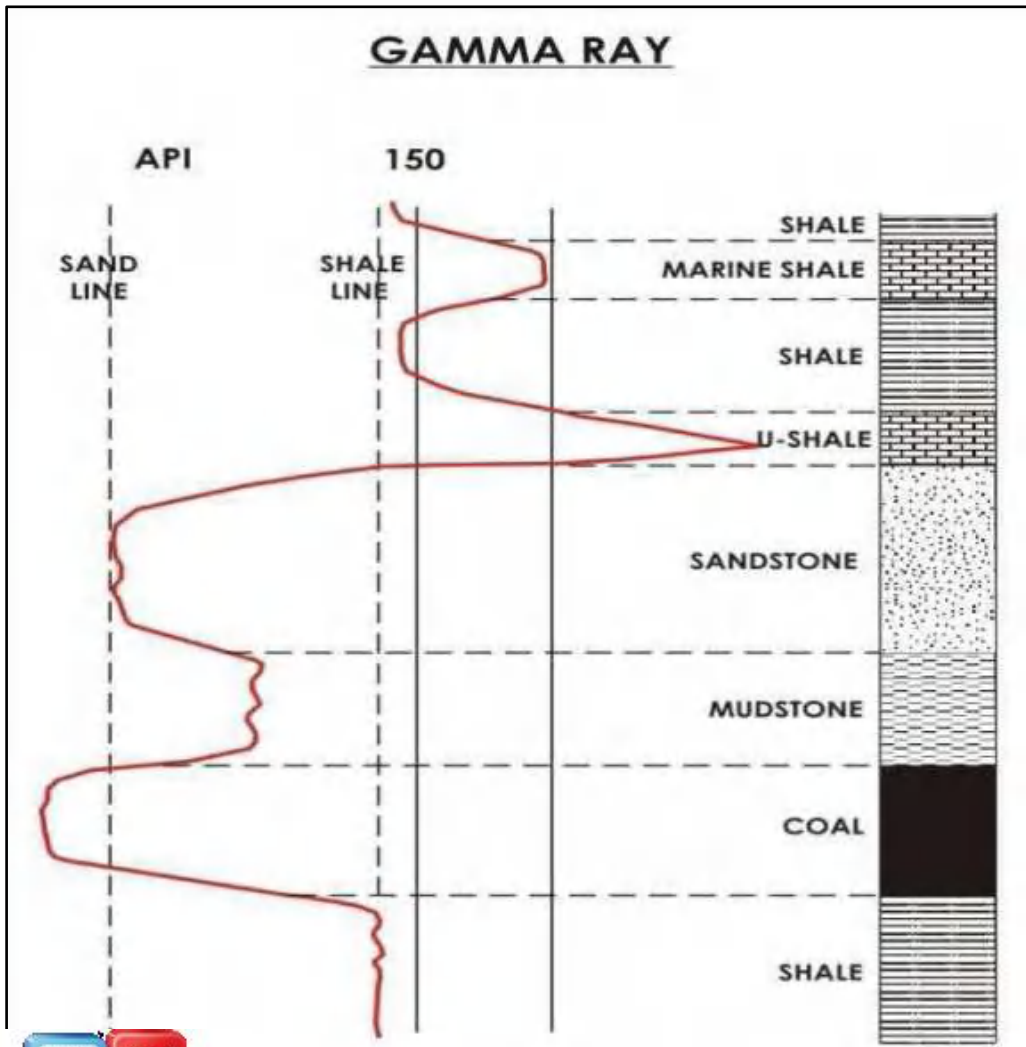
1.10.1 Log Gamma Ray

Prinsip dari log gamma ray adalah perekaman radioaktif alami bumi. Unsur-unsur seperti thorium (Th), potassium (K), dan uranium (U) adalah ketiga unsur radioaktif utama yang terdapat dalam batuan. Setiap GR yang terdeteksi akan menimbulkan pulsa listrik pada detektor. Parameter yang direkam adalah jumlah dari pulsa yang tercatat per satuan waktu (Harsono, 1997). Secara khusus log gamma ray berguna untuk mengetahui lapisan permeabel dan impermeable.



Tabel 1. Respon litologi perlapisan batuan (Haryono, 2010 dalam Aziza, 2021)

	<i>Coal</i>	<i>Coaly Shale</i>	<i>Shale</i>	<i>Sandstone</i>
Density	1.3 - 1.5 gr/cc	1.5 - 2.0 gr/cc	2.0 gr/cc	2.2 - 2.4 gr/cc
Gamma Ray	20 -70 API	75 - 125 API	100 - 150 API	50 - 75 API
Resistivity	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>low</i>	<i>low</i>
Self Potensial	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>low</i>	<i>high</i>



Optimized using
trial version
www.balesio.com

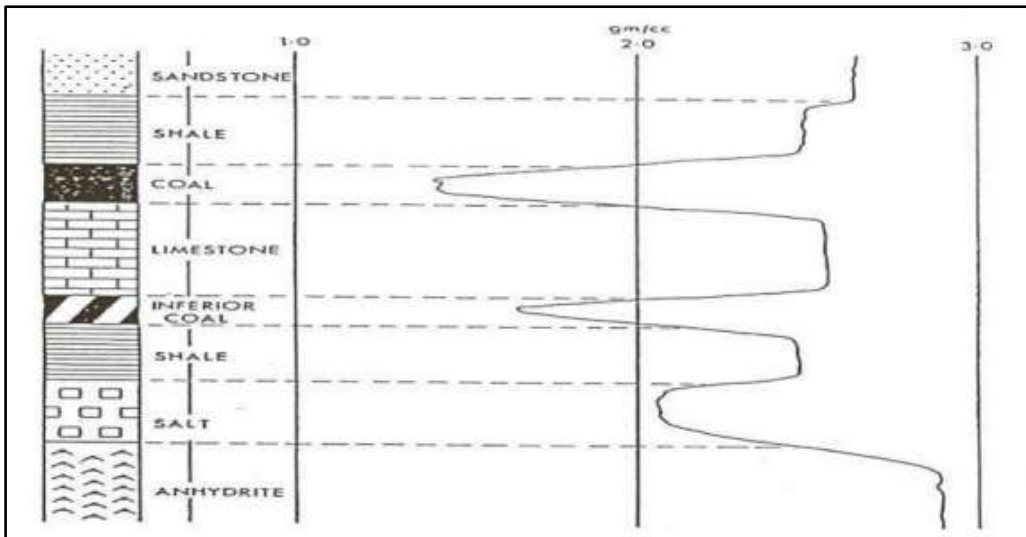
batuan Penarikan Sand Base Line dan Shale Base Line (BPB, 1981).

tologi dengan menggunakan *log gamma ray* dalam eksplorasi pada sebuah model *sand base line* yang dapat dilihat pada gambar, dilakukan adalah membuat sand base line dan shale base line untuk menginterpretasikan batuan pengapit dari lapisan yang dianalisis.

Sand base line adalah garis lurus yang ditarik pada log gamma ray yang menunjukkan batas penginterpretasian litologi pasir. Sedangkan shale base line adalah garis lurus yang ditarik pada log gamma ray yang digunakan sebagai batas penarikan litologi lempung (BPB, 1981 dalam Aziza, 2021).

1.10.2 Log Density

Prinsip kerja log densitas, yaitu sumber radioaktif dari alat pengukuran dipancarkan sinar gamma dengan intensitas energi tertentu menembus formasi/batuan. Dalam log densitas kurva dinyatakan dalam satuan gr/cc, karena energi yang diterima untuk deflektor dipengaruhi oleh matrik batuan ditambah kandungan yang ada dalam pori batuan, maka satuan gr/cc merupakan besaran bulk density (pb). Beberapa respon yang khas pada log densitas dalam satuan gr/cc. (Aziza, 2021).



Gambar 11. Respon litologi dengan metode log density (BPB, 1981).

Log density terdiri dari 2 jenis, yaitu *long spaced density* (LSD) dan *short spaced density* (SSD). Di dalam pelaksanaan density log, umumnya digunakan dua detektor untuk mengukur sinar gamma yang menembus formasi. Kedua detektor yang digunakan adalah *long spacing density* (LSD) dan *short spacing density* (SSD). *Long spacing density* digunakan untuk evaluasi lapisan batubara karena menunjukkan densitas yang mendekati sebenarnya berkat pengaruh yang kecil dari dinding lubang bor. *Short spacing density* mempunyai resolusi yang tinggi terhadap variasi dinding lubang bor, oleh karena itu SSD hanya digunakan untuk mengoreksi pengaruh lumpur yang digunakan. (Aziza, 2021).

Pada penelitian ini log density yang digunakan adalah berjenis LSD dan satuan log density ini adalah *counts per second* (CPS). *Counts per second* yang digunakan untuk menghitung jumlah atom yang terdeteksi al yang menyeluruh tiap detik. Hubungan nilai satuan CPS dengan nilai satuan gram/cc. Apabila data yang diperoleh ng tinggi dalam satuan CPS, maka akan menunjukkan nilai yang gram/cc dan sebaliknya. Maka dari itu, lapisan batubara umumnya



memiliki bacaan CPS tinggi yang mengindikasikan massa jenis yang bernilai rendah.(Imansyah,2024)

1.10.3 Self Potensial

Log self potensial adalah rekaman perbedaan potensial antara elektroda di permukaan dengan elektroda yang terdapat di dalam bor yang bergerak naik dan turun. Log self potensial digunakan untuk mengidentifikasi lapisan permeabel, mencari batasbatas lapisan permeabel dan korelasi antar sumur berdasarkan lapisan batuan, mengukur resistivitas air, serta menentukan indikasi kualitatif lapisan serpih (Rider, 2002).

1.10.4 Resistivity

Resistivitas atau tahanan jenis satu batuan adalah suatu kemampuan untuk menghambat jalannya arus listrik yang mengalir melalui batuan. Nilai resistivitas rendah apabila batuan mudah untuk mengalirkan arus listrik, sedangkan nilai resistivitas tinggi apabila batuan sulit untuk mengalirkan arus listrik. *Log resistivity* adalah rekaman tahanan jenis di batuan ketika dilewati oleh arus listrik resistivity ini mencerminkan batuan dan fluida yang terkandung di dalam pori-pori batuan, yang mana tahanan ini tergantung pada porositas efektif dan banyaknya hidrokarbon dalam pori-pori batuan (Rider, 2002).

1.11 Interpretasi Elektrofasi Metode Geofisika Well Logging

Pada saat menggunakan gamma ray, maka tentunya akan didapatkan pola-pola gamma ray yang dapat terbaca, Pola-pola yang ada di dalam hasil gamma ray inilah yang nantinya dapat dijadikan acuan dalam interpretasi lingkungan pengendapan karena dapat menginterpretasikan dinamika sedimentasi yang terjadi pada saat proses pengendapan.

Bentuk log ini secara umum dapat dibedakan menjadi lima macam, yaitu berupa *Cylindrical, Irregular, Bell Shape, Funnel Shape, Symetrical, dan asymmetrical* (Kendall, 2003). Berikut merupakan penjelasan dari setiap bentuk atau pola *gamma ray* yang terdapat:

1. *Cylindrical*

Cylindrical merupakan bentuk yang cenderung diminati oleh geologist karena bentuk ini dianggap sebagai bentuk dasar yang dapat diinterpretasikan homogenitas. Bentuk ini dapat juga menandakan endapan sedimen berupa Braided channel, estuarine, sub-marine channel fill, anastomosed channel, tidal sands, dan eolian dunes. Pola ini memiliki dinamika sedimentasi yang terendapkan pada daerah dengan kuat arus yang tinggi, supply sedimen yang tinggi juga dengan ruang akomodasi nya cenderung rendah. Pola ini juga



adanya bentuk blocky, cukup tebal, dan juga dapat menunjukkan batubara pada lubang bor apabila dikorelasikan menggunakan log

gular)

a *irregular* ini menunjukkan adanya pola gamma ray yang seperti *ark teeth*). Bentuk ini dianggap sebagai bentuk dasar dalam

merepresentasikan heterogenitas batuan reservoir yang mana jika terdapat pola seperti ini, maka lingkungan pengendapan yang dapat terbentuk seperti endapan sedimen *alluvial plain*, *flood plain*, *tidal sands shelf*, atau juga *back barrier*. Pola ini memiliki dinamika sedimentasi yang memiliki kuat arus cenderung tenang, sehingga memiliki supply sedimen yang rendah, dengan ruang akomodasi yang besar. Hal ini menyebabkan ukuran sedimen yang terendapkan pun juga akan semakin halus. Endapan-endapan yang terdapat dalam pola ini mungkin menandakan adanya sub-lingkungan pengendapan berupa *floodplain* atau dataran banjir, *storm domated shelf*, dan *distal deep marine slope*.

3. *Bell-Shaped*

Bell Shaped merupakan bentuk yang ada di dalam logging geofisika yang mana memiliki bentuk yang cenderung fining upward atau menghalus keatas. Dalam hal ini, bisa diinterpretasikan apabila terdapat mekanisme pengendapan dalam satu *stacking pattern* nya berupa supply sedimen yang semakin berkurang dan juga berkaitan dengan ruang akomdasinya. Ruang akomodasi dalam mekanisme pengendapan ini cenderung meningkat. Elektrofases ini biasanya menandakan adanya perubahan eustasy ataupun pasang surut dari air laut dimaa pengaruh air laut semakin besar yang membuat ruang akomadasinya meningkat. Bentukkan *bell* ini dihasilkan oleh endapan *points bar*, *tidal deposits*, *transgressive shelf sand*, *submarine channel*, dan juga dapat menandakan adanya endapan turbidit.

4. *Funnel-Shaped*

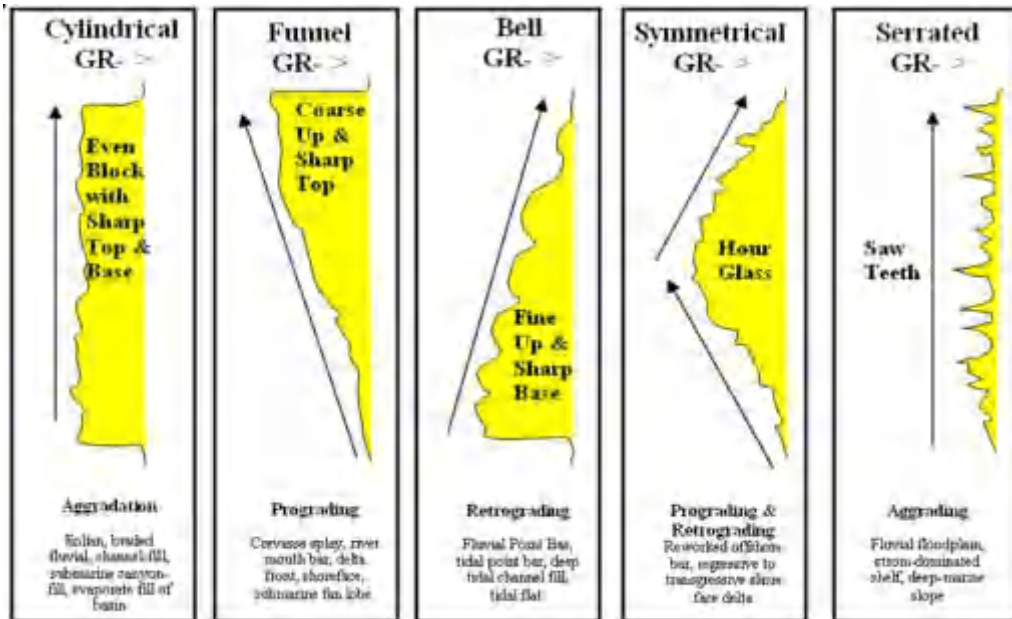
Funnel-shape merupakan bentuk yang berkebalikan dengan *bellshaped*, yaitu cenderung mengkasar ke atas atau *coarsening upward*. Dalam satu bentuk *stacking pattern* ini maka mekanisme pengendapannya supply sedimen yang meningkat dengan ruang akomodasi yang menurun. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan fraksi dari batuan sedimen yang terendapkan. Pola elektrofases ini juga dapat menandakan adanya perubahan eustasy dengan interpretasi adanya penyusutan air laut. Bentuk *funnel* cenderung menandakan adanya lingkungan pengendapan berupa *delta front (distributary mouth bar)*, *crevasse splay*, *bench*, *barrier*, *strandplain*, *prograding*, *shoreface*, *shellsands*, *submarine fan lobes*.

5. *Symetrical-Asymetrical Shaped*

Bentuk ini menandakan adanya kesamaan bentuk antara *bell-funnel* dengan bentuk yang awalnya mengalami pengkasaran ke atas lalu kembali menghalus ke atas. Bentuk ini dapat menginterpretasikan apabila terdapat aliran kuat arus yang pada awalnya menjadi cepat lalu kembali ke arus semula atau kembali



mekanisme sedimentasi dalam pola ini yaitu supply sedimen yang meningkat kemudian menurun dalam satu waktu yang diikuti dengan dasi yang meningkat kemudian menurun dalam satu waktu. Hal ini akan karena adanya proses bioturbasi, Bentukkan ini menandakan *sands bodies*, *submarine fans*, and *sandy offshore bars*.



Gambar 12. Respon Gamma Ray (Kendall, 2003)

1.12 Analisa Kualitas Batubara

Kualitas batubara memiliki peran krusial dalam menentukan klasifikasinya. Batubara terbentuk dari lima unsur utama, yaitu karbon (C), hidrogen (H), sulfur (S), nitrogen (N), oksigen (O₂), dan fosfor. Untuk mengetahui kualitas batubara, diperlukan pengukuran terhadap parameter kualitasnya. Hal ini dapat dilakukan melalui analisis kimia serta uji laboratorium terhadap sampel batubara. Terdapat dua jenis analisis kualitas batubara, yaitu analisis ultimat dan analisis proksimat. Analisis proksimat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat atau peringkat batubara (Rafif, 2024). Analisis ini melibatkan tiga parameter utama, yaitu:

1. Moisture

Kandungan *Moisture* dalam batubara dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu *inherent Moisture* dan *Extraneous Moisture* seperti yang dijelaskan oleh (Cook, 1982). *Inherent Moisture* merujuk pada kandungan air yang terdapat dalam batubara dan tidak dapat menguap atau hilang melalui pengeringan udara atau air drying pada suhu tertentu, bahkan setelah batubara tersebut digiling hingga ukuran 200 mikron. *Moisture* ini hanya dapat dihapus dari batubara melalui pemanasan lebih dari 100 derajat Celsius. *Extraneous Moisture*, di sisi lain, merupakan *Moisture* yang berasal dari luar, menempel atau terserap di permukaan batubara, serta terkumpul dalam retakan-retakan atau lubang-batubara. Sumber *Extraneous Moisture* dapat berasal dari air au hujan. *Moisture* ini dapat dihilangkan atau diuapkan melalui pengeringan atau pemanasan di oven pada suhu tertentu. Istilah lain yang merujuk pada *Extraneous Moisture* ini adalah *Surface Moisture* atau *Free*



Batubara didefinisikan sebagai residu yang tidak terbakar, saat batubara dibakar (Cook, 1982). Fenomena ini tidak muncul secara langsung dalam batubara; sebaliknya, ia terbentuk sebagai hasil dari perubahan kimia yang terjadi pada unsur mineral selama proses pembentukan batubara. Oleh karena itu, lebih tepat untuk menggunakan istilah "abu hasil" ketimbang "kadar abu." Abu, sebagai bahan pembentuk batubara, dapat dibagi menjadi dua jenis: *Extraneous* mineral dan *inherent ash*. *Extraneous* mineral terdiri dari lempung atau unsur lanau, kalsit, pirit, atau marcasite, beserta komponen kecil seperti sulfat anorganik, klorida, dan fluorida. Sementara itu, *inherent ash* melibatkan unsur anorganik yang terkombinasi dengan bagian organik dari batubara, mungkin berasal dari sumber asli seperti bahan tanaman yang menjadi asal-usul batubara.

Tabel 2. Kadar abu (Graese *at. all*,1992)

Kadar Abu % adb	Kelas
15 - 20	Sangat Tinggi
10 - 15	Tinggi
5 - 10	Sedang
<5	Rendah

3. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Volatile matter ini merupakan zat yang berasal dari batubara yang dibakar sehingga dapat menghasilkan energi panas. Zat ini antara lain seperti hidrogen, karbon monoksida atau CO dan metan (CH₄). *Volatile matter* ini sangat berkaitan erat dan sangat mempengaruhi terhadap kelas batubara, semakin kecil zat terbang maka akan semakin tinggi peringkat kelas batubara (Muchjidin, 2006). Proses pembakaran zat terbang ini berpengaruh terhadap kesempurnaan pembakaran yang dapat ditentukan dengan perbandingan antara fixed karbon dan *Volatile matter* yang nantinya akan menghasilkan yang disebut dengan *fuel ratio*. Fuel ratio ini jika nilainya semakin tinggi maka jumlah karbon yang tidak terbakar semakin banyak.

4. *Fixed Carbon*

Fixed carbon adalah suatu parameter yang tidak diukur secara analisis tetapi dihitung sebagai selisih dari 100% dengan total kadar *moisture*, *ash*, dan *volatile matter*. Perlu dicatat bahwa *fixed carbon* tidak identik dengan total *carbon* pada analisis Ultimat. Perbedaan yang mencolok adalah bahwa *fixed carbon* adalah kandungan karbon yang tidak menguap pada suhu penetapan *volatile matter*.



karbon yang menguap pada suhu tersebut termasuk dalam kategori *volatile matter*. Sementara itu, total carbon yang diukur pada analisis Ultimat merupakan semua bentuk karbon dalam batubara, kecuali karbon yang berasal dari *volatile matter*. Oleh karena itu, baik *hydrocarbon* yang termasuk dalam *volatile matter* maupun *fixed carbon* dihitung dalam total *carbon*. Penggunaan nilai

parameter ini serupa dengan *volatile matter*, yakni sebagai parameter penentu dalam mengklasifikasikan batubara berdasarkan standar ASTM.

5. Kandungan Sulfur (*Sulfur Content*)

Batubara kandungan sulfur ini dapat dibagi menjadi tiga antara lain sulfur pirit, sulfur organik dan senyawa sulfat. Sulfur organik dan beberapa sulfur pirit ini dalam proses pembakarannya akan teroksidasi menjadi senyawa SO_2 dan sisanya menjadi senyawa SY, serta jika bereaksi dengan uap air pada saat proses pembakaran maka SO_2 akan berubah menjadi senyawa H_2SO_4 . Pemanfaatannya kandungan sulfur ini harus standar maksimal kadar yaitu relatif rendah yang menunjukkan nilai di bawah 1%.

Tabel 3. Klasifikasi Kadar Sulfur (Hunt, 1996)

Tingkat Kadar Sulfur	Presentase Kandungan
Tinggi	>1%
Sedang	1 - 0,55%
Rendah	<0,55%

6. Nilai Kalori (*Caloric Value*)

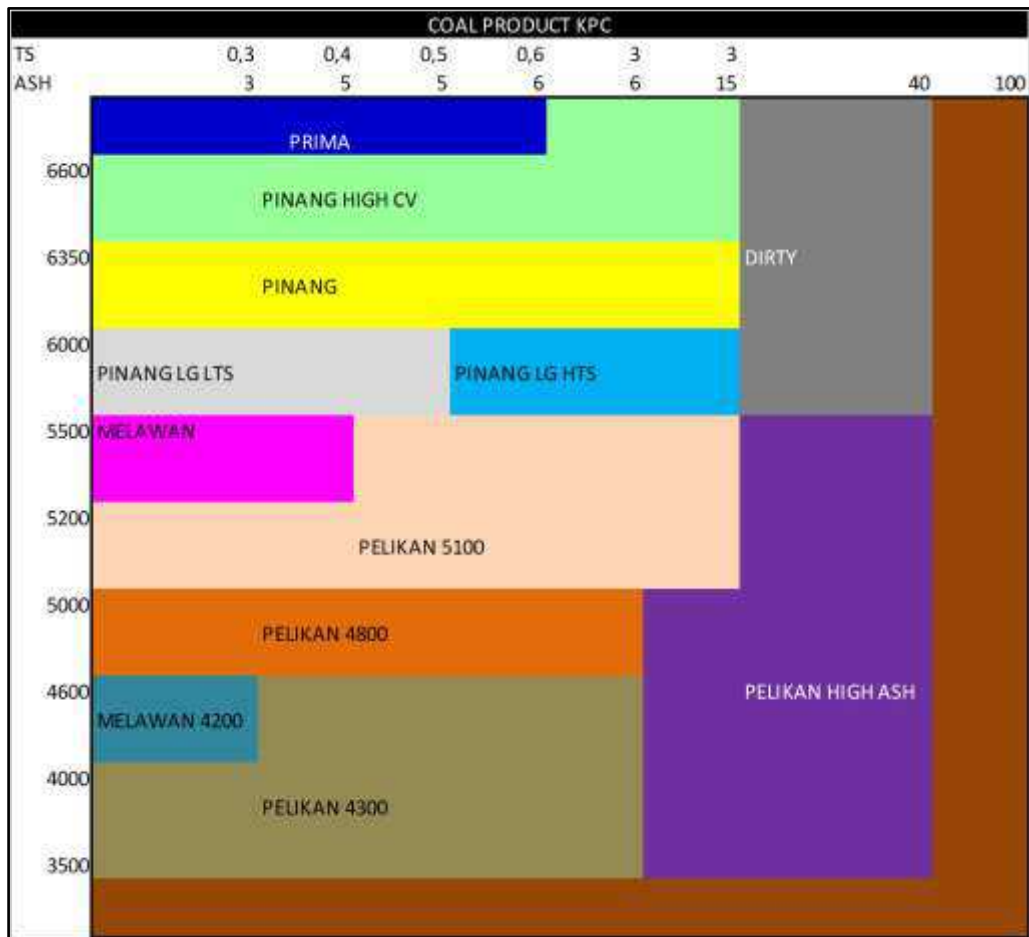
Nilai Kalori atau *Calorific Value* adalah jumlah unit panas yang dikeluarkan per unit bahan bakar yang dibakar dengan oksigen, nitrogen, oksida, nitrogen, karbondioksida, sulfur dioksida, uap air dan abu padat. Penentuan nilai kalori batubara yang digunakan misalnya dengan alat Calorimeter dengan sistem Isoperibol. Alat ini menggunakan siklus Isotermik, dimana secara komputerize, panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara dalam calorimeter tersebut dikonversikan ke dalam satuan Megajoule per kilogram (MJ/kg) atau Calori per gram (Cal/g). (Sidiq, 2011).

Tabel 4. Kelas Batubara Berdasarkan Nilai Kalori (Kementrian ESDM, 2003)

Nilai Kalor (cal/g)	Kelas Batubara
<5100	Rendah
5100 - 6100	Sedang
6100 - 7100	Tinggi
>7100	Sangat Tinggi



1.12.1 Klasifikasi Kualitas Batubara PT. Kaltim Prima Coal



Gambar 13. Klasifikasi Batubara (PT. Kaltim Prima Coal, 2004)

Penentuan klasifikasi batubara dapat ditentukan menggunakan beberapa acuan klasifikasi sesuai standard yang digunakan oleh perusahaan. Pada Perusahaan PT. Kaltim Prima Coal, terdapat acuan klasifikasinya sendiri untuk mengelompokkan batubara berdasarkan parameter yang sudah ditentukan. Tabel dibawah ini merupakan tabel Klasifikasi Batubara yang digunakan oleh PT. Kaltim Prima Coal.



Tabel 5. Klasifikasi Batubara (PT. Kaltim Prima Coal, 2004)

No	Coal Classification	CV GAR	Sulphur % adb	Ash % adb
1	PRIMA	>6600	<0.60	<6%
2	PN High CV	>6350	0 - 3	0 – 40%
3	PN	6000 - 6350	<0.6	0 – 40%
4	PN LG Low TS	5500 - 6000	<0.5	0 – 40%
5	PN LG High TS	5500 – 6350	<0.5	0 – 40%
6	Melawan	5200 - 5500	>0.4	<5%
7	Pelikan 5100	5000 - 5500	0 - 3	<15%
8	Pelikan 5800	4600 - 5000	0 - 3	<6%
9	Melawan 4200	4000 - 4600	<0.3	<3%
10	Pelikan 4300	3500 - 4600	0 - 3	<6%
11	Pelikan High Ash	< 5500	0 - 3	<6% - 40%

Penentuan klasifikasi batubara, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhinya. Acuan yang digunakan perusahaan PT. Kaltim Prima Coal melibatkan 3 parameter, yaitu nilai CV GAR, sulphur dan *ash*. PT. Kaltim Prima Coal merupakan Perusahaan yang memiliki Pit cukup besar dan banyak. Setiap Pit yang ada pada PT. Kaltim Prima Coal memiliki kualitas Batubara yang berbeda beda. Maka dari itu Perusahaan membuat klasifikasi Batubara tersendiri untuk membantu dalam mengelompokkan Batubara sesuai parameter yang sudah ditentukan. Sehingga jika dibutuhkannya sebuah jenis Batubara, dalam proses blending setiap jenis Batubara dapat lebih memudahkan. Setiap nama dari klasifikasi Batubara ini merupakan nama daerah dan nama pit yang berada pada PT. Kaltim Prima Coal.

1.12.2 Klasifikasi Kualitas Batubara Menurut A.S.T.M

Klasifikasi Batubara ASTM (*American Society for Testing and Material*) digunakan untuk menentukan peringkat batubara dengan menggunakan analisis kimia. Batubara dapat dibagi menjadi beberapa peringkat berdasarkan kandungan karbon dalam *dry mineral matter free* (dmmf) dan nilai kalor dalam *Moisture mineral matter* (mmmf), dimana dikelompokkan menjadi lignit, sub bituminus, bituminus, dan antrasit. (Nurlaili dan Wibowo, 2025)

Penentuan peringkat batubara menurut ASTM D 388-99 diperlukan merubah basis *adb* menjadi basis dmmf, dimana data yang digunakan yaitu, *Fixed Carbon* (dmmf), dan nilai kalor (mmmf) dalam Btu/lb. (Nurlaili dan Wibowo, 2025)



(1) yang digunakan untuk mengubah basis *adb* menjadi mmmf,

$$MM = (Aadb \times 1.08) + (Sadb \times 0.55) \quad (1)$$

Diawali dengan perhitungan *mineral matter* (MM), setelah didapatkan nilai mineral matter. dilakukan perhitungan *Fixed Carbon* (FC) dengan basis data *dry mineral matter free* (dmmf) dengan persamaan (2) berikut:

$$FC_{(dmmf)} = \frac{100 (FC_{adb} - (0.15 \times S_{adb}))}{(100 - (IM + MM))} \quad (2)$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Volatile matter* (VM) dmmf dengan rumus:

$$(VM)_{dmmf} = 100 - (FC)_{dmmf} \quad (3)$$

Didapatkan nilai *Volatile matter* dan *fixed carbon*. Jika pengklasifikasian dilakukan pada batubara dengan peringkat rendah, maka dilakukan perhitungan untuk mencari *caloric value* (CV) dengan basis data *Moisture, mineral matter free basis* (mddf) dengan satuan btu/lb, terlebih dahulu mengkonversi satuan dari CV (adb) cal/g menjadi CV (adb) btu/lb, yaitu:

$$CV_{adb} (btu/lb) = CV_{adb} (cal/g) \times 1.8 \quad (4)$$

Dan mencari *caloric value* (CV) dengan basis data *Moisture, mineral matter free basis* (mddf) dengan satuan btu/lb mempunyai rumus:

$$CV_{mddf} = \frac{100 \times (1.8185 \times CV_{adb}) - (50 \times S_{adb})}{100 - ((1.08 \times A_{adb}) + (0.55 \times S_{adb}))} \quad (5)$$

Keterangan:

FC : Fixed Carbon

IM : Inherent Moisture (%adb)

A : Ash Content (%adb)

S : Total Sulfur (%adb)

GCV : Gross Calorific Value (mddf btu/lb)

Btu : British thermal unit per pound (Btu/lb) (1.8185*CV)

Tabel 6. Klasifikasi batubara menurut ASTM D388 (ASTM, 2005)

Class/Group	Fixed Carbon Limits (Dry, Mineral-Matter-Free Basis), %		Volatile Matter Limits (Dry, Mineral-Matter-Free Basis), %		Gross Calorific Value Limits (Moist ^b Mineral-Matter-Free Basis)				Agglomerating Character
					Btu/lb		Mj/kg ^c		
	Equal or Greater Than	Less Than	Greater Than	Equal or Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	Equal or Greater Than	Less Than	
Anthracitic:									nonagglomerating
Meta-anthracite	98	...	...	2	...	...	...	...
Anthracite	92	96	2	8	...	...	...	...
Semi-anthracite ^d	86	92	8	14	...	...	...	...
Bituminous:									commonly agglomerating ^e
Low volatile bituminous coal	78	86	14	22	...	...	...	...
Medium volatile bituminous coal	69	78	22	31	...	...	...	...
High volatile A bituminous coal	...	69	31	...	14 000 ^f	...	32.6	...	
High volatile B bituminous coal	...	...	...	...	13 000 ^f	14 000	30.2	32.6
High volatile C bituminous coal	...	...	...	...	11 500	13 000	26.7	30.2
					10 500	11 500	24.4	26.7	agglomerating
Subbituminous:									nonagglomerating
Subbituminous A coal	...	...	...	...	10 500	11 500	24.4	26.7
Subbituminous B coal	...	...	...	...	9 500	10 500	22.1	24.4
Subbituminous C coal	...	...	...	...	8 300	9 500	19.3	22.1
					6 300 ^g	8 300	14.7	19.3	
					...	6 300	...	14.7	

certain coals, as discussed in Section 1.
^a Inherent moisture but not including visible water on the surface of the coal.
^b British thermal units per pound to megajoules per kilogram, multiply by 0.902 326.
^c In the high volatile C subbituminous coal group of the bituminous class.
^d Agglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and that there are notable exceptions in the high volatile C subbituminous coal group of the bituminous class.
^e Agglomerating varieties in these groups of the bituminous class, and that there are notable exceptions in the high volatile C subbituminous coal group of the bituminous class.
^f Basis on the dry, mineral-matter-free basis shall be classified according to fixed carbon, regardless of gross calorific value.

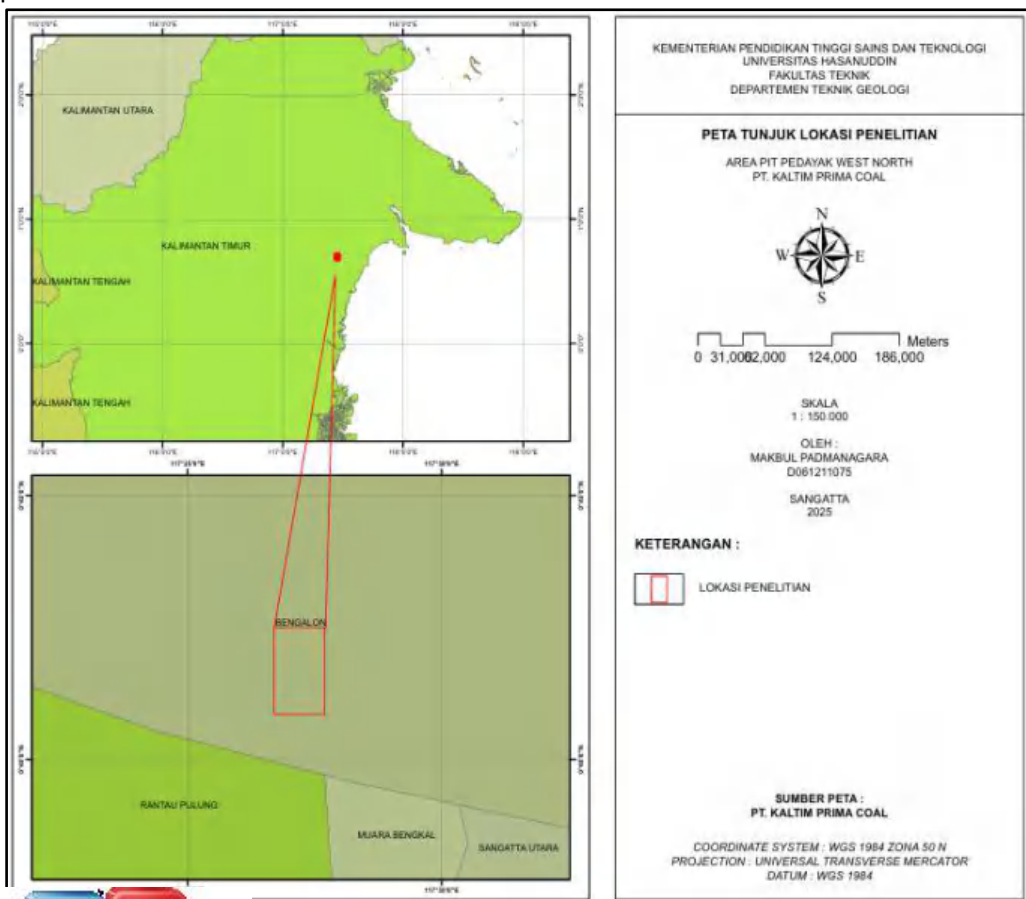


BAB II METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Secara administratif daerah penelitian termasuk Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis terletak pada $0^{\circ}42.5' \text{ N}$, $117^{\circ}26.7' \text{ E}$ - $0^{\circ}42.5' \text{ N}$, $117^{\circ}27.78' \text{ E}$ dan $0^{\circ}40.86' \text{ N}$, $117^{\circ}26.7' \text{ E}$ - $0^{\circ}40.86' \text{ N}$, $117^{\circ}27.78' \text{ E}$.

Jarak tempuh dari Kota Makassar menuju daerah penelitian adalah sekitar ± 900 km yang dapat dituju dengan menggunakan jalur udara berupa pesawat ke Balikpapan sekitar ± 1 jam, dan dilanjutkan dengan jalur darat menggunakan mobil ± 8 jam ke lokasi penelitian.



Gambar 14. Peta Tunjuk Lokasi Penelitian

han

i terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk pengolahan, analisis dan penyusunan data akhir hasil penelitian. at dan bahan yang digunakan dalam penelitian:



2.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian tugas akhir yaitu sebagai berikut:

1. Alat tulis
2. Kompas
3. Palu
4. Kantong Sampel
5. Meteran
6. Buku Catatan Lapangan
7. Laptop dan Mouse
8. Aplikasi Microsoft (Microsoft Word dan Microsoft Excel)
9. Aplikasi ArcGIS 10.8
10. Aplikasi CorelDraw
11. Aplikasi Avenza
12. Aplikasi Minex
13. Aplikasi Logplot

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian tugas akhir yaitu sebagai berikut:

1. Peta Geologi Regional daerah penelitian untuk mengetahui secara regional daerah penelitian dan untuk pembuatan peta lokasi penelitian.
2. Data hasil laboratorium uji analisis proksimat untuk menentukan kualitas dan klasifikasi batubara dari 3 *seam* yaitu *Seam X*, *Y*, dan *Z* yang telah di analisis oleh Perusahaan yang meliputi nilai *TM*, *IM*, *ASH*, *CV* dan *TS*.
3. Data *log bor* untuk interpretasi litologi dan batubara dari hasil pengeboran perusahaan.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam melaksanakan penelitian kali ini terbagi menjadi tiga tahapan, yang pertama yaitu pendahuluan, tahap pengambilan dan pengolahan data, kemudian yang terakhir adalah tahap penyusunan dan penyajian data.

2.3.1 Tahap Pendahuluan

- 1) Studi Literatur yaitu pemahaman data yang dibutuhkan untuk menjalankan penelitian.
- 2) Mempelajari dan memahami referensi yang ada pada penelitian sebelumnya yang terletak pada daerah penelitian dan membahas topik yang sama.



gambilan Data

Litologi Dan *Seam* Batubara

litologi dilakukan pada lokasi penelitian yang belum mengalami untuk melihat jenis litologi secara jelas, pengamatan ini bertujuan t persebaran litologi dan bisa dihubungkan dengan lingkungan

pengendapan, sama halnya dengan pengamatan *seam* batubara. *Seam* batubara yang diamati merupakan *seam* batubara target yaitu *seam* X, Y, Z. Pengamatan *seam* batubara meliputi ketebalan, tingkat kekerasan, dan tingkat pelapukan. Pengamatan *seam* batubara bertujuan untuk melihat kondisi batubara secara fisik dan bisa dihubungkan dengan nilai kualitas batubaranya, kemudian untuk melihat ketebalan batubara secara langsung dan bisa dihubungkan dengan ketebalan batubara dari hasil well logging.

b. *Measuring Section*

Measuring Section dilakukan pada Side Wall Pit Pedayak West North. Hal ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang terperinci dari urutan-urutan perlapisan batuan, ketebalan setiap satuan stratigrafi.

2.3.3 Tahap Pengolahan Data

Adapun tahapan dalam pengolahan data yang dapat dibagi menjadi beberapa tahap pengolahan, yaitu tahap Pembuatan Peta, Analisis Struktur Geologi, Pembuatan Kolom Stratigrafi, Analisis Kualitas dan klasifikasi Batubara dan tahap Analisis Fasies Lingkungan Pengendapan daerah penelitian.

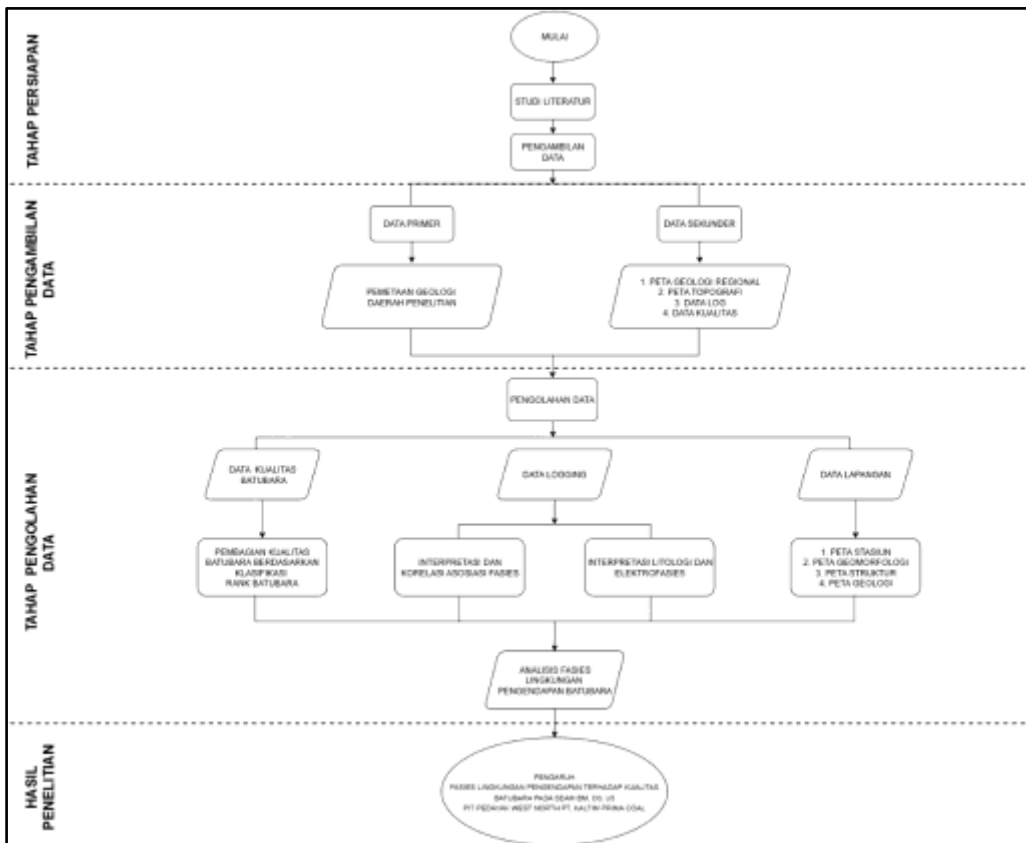
1. Pembuatan Peta daerah penelitian
Pembuatan peta pada penelitian yang meliputi peta stasiun pengamatan, peta geomorfologi, peta struktur geologi, peta geologi, peta persebaran titik bor, peta pengambilan data kualitas batubara. Peta menggunakan software ArcGis 10.8.
2. Analisis Struktur Geologi
Pada daerah penelitian didapatkan penciri struktur geologi yang berupa data strike/dip, lipatan, dan kekar. Analisis struktur menggunakan software dips.
3. Pembuatan Kolom Stratigrafi
Litologi pada daerah penelitian dikorelasikan dari data *Measuring Section* dengan data *log bor*. Pembuatan kolom stratigrafi menggunakan aplikasi sedlog.
4. Analisis Kualitas dan klasifikasi Batubara
Pengambilan sampel batubara berfokus pada *seam* X, Y dan Z yang kemudian dikorelasikan dengan hasil *log bor* yang telah diuji sebelumnya. Sampel batubara kemudian dibawa ke laboratorium preparasi perusahaan (CPP). Untuk menentukan kualitas batubara daerah penelitian menggunakan klasifikasi PT. Kaltim Prima Coal dan Klasifikasi A.S.T.M untuk menentukan rank batubara
5. Analisis Fasies Lingkungan Pengendapan
Berdasarkan hasil penelitian, analisis fasies lingkungan pengendapan dilakukan *Measuring Section* dan profil singkapan serta struktur sedimen untuk memvalidasi dan membantu dalam interpretasi lingkungan pengendapan

2.3.4 Tahap Penyusunan Laporan



Penyusunan laporan ini merupakan tahap terakhir dari kegiatan penelitian ini disajikan dalam bentuk laporan tertulis berupa naskah yang akan dipresentasikan pada seminar hasil penelitian dan ujian akhir di Program Studi Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin.

2.4 Diagram Alir



Gambar 15. Diagram Alir Penelitian

