

**PENENTUAN POTENSI CADANGAN BATUBARA
DAN ANALISIS KELAYAKAN PENAMBANGAN BATUBARA
DENGAN MENGGUNAKAN DATA *LOGGING* GEOFISIKA
PADA LAPANGAN BATUBARA “ZAM”
LAHAT-SUMATERA SELATAN**

(Skripsi)

Oleh

SARI PUTRI ZAM



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2016**

ABSTRACT

DETERMINATION OF COAL RESERVES POTENTIAL AND COAL MINING FEASIBILITY ANALYSIS USING GEOPHYSICAL LOGGING DATA IN "ZAM" COAL FIELD LAHAT-SOUTH SUMATERA

By

SARI PUTRI ZAM

Research determination of potential coal reserves and coal mining feasibility analysis use geophysical logging data in coal field "ZAM" Lahat South Sumatra. This study aims to identify coal, knowing the potential of coal with 3D volumetric calculation methods and analyze the economic feasibility of coal mining plan in the area of research. The tools used are a laptop complete with software strater 4 and rockwork 15, geological map sheets Lahat, the coordinates of the boundary study (complete with borehole location) and 24 log data (gamma ray, caliper, long density and short density). Log data processed by using strater 4 and show log graph that is then interpreted, so the lithology of the study area known. Then the lithology processed using rockwork 15 to produce a 3D longitudinal section, so the value of the volume and tonase of each lithology in the area of research known. Lithology found in the study area includes coal, sandstone and claystone, with the three seam of coal, namely Seam A, Seam B and Seam C. The lithology of the study area was found to be tilted with a slope ranging from 21, so that the existence of coal on each of the wells were different. From the mass of coal and overburden, it is known stripping ratio value, where the value of SR in the research area is 0.28. Furthermore, the calculation of economic feasibility analysis by considering the sale of the third coal seam to the overall expenditure of up coal sold. Which gained a sales value of 9.9 trillion and expenditure of 8.4 trillion, in order to obtain a profit of 1.1 trillion. Based on the stripping ratio calculation and economic feasibility analyze, so coal in the study area declared eligible to be mined.

Keywords: Log, coal, seam, gamma ray, density, stripping ratio.

ABSTRAK

PENENTUAN POTENSI CADANGAN BATUBARA DAN ANALISIS KELAYAKAN PENAMBANGAN BATUBARA DENGAN MENGGUNAKAN DATA *LOGGING* GEOFISIKA PADA LAPANGAN BATUBARA “ZAM” LAHAT-SUMATERA SELATAN

Oleh

SARI PUTRI ZAM

Penelitian penentuan potensi cadangan batubara dan analisis kelayakan penambangan batubara ini dilakukan dengan menggunakan data *logging* gofisika pada lapangan batubara “ZAM” Lahat-Sumatera Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan batubara, mengetahui potensi batubara dengan metode perhitungan volumetrik 3D serta menganalisis kelayakan ekonomi rencana penambangan batubara di daerah penelitian. Alat yang digunakan berupa laptop lengkap dengan software *strater* 4 dan *rockwork* 15, serta bahan berupa peta geologi lembar Lahat, koordinat batas penelitian (lengkap dengan *borehole location*) dan data sumur yaitu 24 data log (*gamma ray*, *caliper*, *long density* dan *short density*). Dari data log diolah dengan software *strater* sehingga diperoleh grafik yang kemudian diinterpretasikan, maka diketahui litologi daerah penelitian. Selanjutnya litologi diolah dengan menggunakan software *rockwork* 15 sehingga menghasilkan penampang 3D, maka diketahui nilai volume dan tonase masing-masing litologi di daerah penelitian. Litologi yang ditemukan di daerah penelitian meliputi batubara, batupasir dan batulempung, dengan jumlah tiga seam batubara yaitu seam A, seam B dan seam C. Litologi di daerah penelitian ditemukan dalam keadaan miring yaitu dengan kemiringan berkisar 21° , sehingga mempengaruhi keberadaan batubara pada masing-masing sumur. Dari total volume (tonase) batubara dan *overburden* maka dapat diketahui nilai *stripping ratio*, dimana nilai SR di daerah penelitian adalah 0,28. Selanjutnya dilakukan perhitungan analisis kelayakan ekonomi dengan pertimbangan aspek penjualan dari ketiga *seam* batubara terhadap pengeluaran secara keseluruhan hingga batubara terjual. Total nilai penjualan adalah 9,9 triliun sementara pengeluaran sebesar 8,4 triliun, sehingga diperoleh keuntungan sebesar 1,1 triliun. Dari perhitungan SR dan analisis kelayakan ekonomi, maka batubara di daerah penelitian dinyatakan layak untuk ditambang.

Kata kunci : Log, batubara, *seam*, *gamma ray*, *density*, *stripping ratio*.

**PENENTUAN POTENSI CADANGAN BATUBARA
DAN ANALISIS KELAYAKAN PENAMBANGAN BATUBARA
DENGAN MENGGUNAKAN DATA *LOGGING* GEOFISIKA
PADA LAPANGAN BATUBARA “ZAM”
LAHAT-SUMATERA SELATAN**

Oleh

SARI PUTRI ZAM

Skripsi

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2016**

Judul Skripsi : **PENENTUAN POTENSI CADANGAN BATUBARA
DAN ANALISIS KELAYAKAN PENAMBANGAN
BATUBARA DENGAN MENGGUNAKAN DATA
LOGGING GEOFISIKA PADA LAPANGAN
BATUBARA "ZAM" LAHAT-SUMATERA
SELATAN**

Nama Mahasiswa : **Sari Putri Zam**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115051032

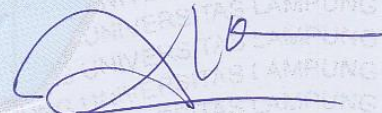
Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si.
NIP 19711210 199702 1 001


Rustadi, S.Si., M.Si.
NIP 19720511 199703 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika


Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.
NIP 19700120 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si.

Sekretaris : Rustadi, S.Si., M.Si.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.**

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Juni 2016

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah inisebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benarmaka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Juni 2016

Yang Membuat Pernyataan,



Sari Putri Zam

NPM. 1115051032

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Sari Putri Zam. Lahir di Suliki Baruh, Sumatera Barat pada tanggal 25 Januari 1993. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Efni Zamrat, S.Pd. dan Ibu Eni Gustia. Penulis memiliki seorang abang bernama Adhi Putra Zam, seorang kakak bernama Rahmi Putri Zam dan seorang adik

laki-laki bernama Ilham Putra Zam. Alamat rumah penulis di Jorong Penago Kenagarian Limbanang Kecamatan Suliki Kabupaten Limapuluh Kota Sumatera Barat 25625.

Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam. Pendidikan yang pernah ditempuh oleh penulis :

1. Taman Kanak-Kanak Pertiwi Limbanang, diselesaikan pada tahun 1998
2. SD 06 Limbanang, diselesaikan pada tahun 2005
3. MTsN Limbanang, diselesaikan pada tahun 2008
4. SMA Negeri 1 Payakumbuh, diselesaikan pada tahun 2011.

Pada bulan Agustus 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Geofisika Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis terdaftar sebagai mahasiswa penerima beasiswa PPA. Penulis juga aktif di berbagai kegiatan kampus antara lain sebagai Anggota Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia

(2011-sekarang), Anggota Forum Studi Islam Fakultas Teknik (2011/2012), Anggota bidang Sosial Budaya Masyarakat HIMA TG BHUWANA (2012/2013), Sekertaris bidang Sosial Budaya Masyarakat HIMA TG BHUWANA (2013/2014), Bendahara Umum Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia Regional Sumatera (2014/2015) dan Sekretaris Dinas Eksternal Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Lampung (2014/2015). Pada Agustus 2014 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata di Kelurahan Sumber Agung Kecamatan Kemiling Kota Bandar Lampung. Pada bulan Maret-April 2015, penulis melakukan Kerja Praktek di PT Dizamatra Powerindo Lahat Sumatera selatan dengan judul “Estimasi Cadangan Batubara dengan Menggunakan Metode *Cross-Section* pada Lapangan Batubara “X” di Daerah Lahat Sumatera Selatan”. Pada semester akhir bulan Desember 2015 - Februari 2016 penulis melakukan Tugas Akhir di Laboratorium Geofisika Gedung L Teknik Geofisika Universitas Lampung dengan data *logging* dari PT Dizamatra Powerindo Lahat Sumatera Selatan dengan judul “Penentuan Potensi Cadangan Batubara dan Analisis Kelayakan Penambangan Batubara dengan Menggunakan Data *Logging* Geofisika pada Lapangan Batubara “ZAM” Lahat-Sumatera Selatan.

PERSEMBAHAN

*Bismillahirrohmanirrohiim,
dengan mengucap syukur kehadirat Allah SWT,*

Sari persembahkan karya ini kepada :

*Papa dan mama tercinta, Efni Zamrat dan Eni Gustia
yang selalu mendoakan, menafkahi dan menyayangi
dengan tulus hingga Sari mampu menyelesaikan
pendidikan S1*

*Uda, Kakak dan Adikku tersayang Adhi Putra Zam,
Rahmi Putri Zam dan Ilham Putra Zam*

*Keluarga besar yang selalu mendukung,
Guru- guru dan sahabat-sahabatku*

KELUARGA TEKNIK GEOFISIKA 2011,

Serta almamater tercinta, Universitas Lampung.

MOTTO

*“Barangsiapa bersungguh-sungguh,
sesungguhnya kesungguhan itu adalah untuk
dirinya sendiri” (QS. Al-Ankabut:6)*

*“Don’t tell how educated you are, tell me how
much you travelled”
(Rasulullah SAW)*

*“Tatkala waktumu habis tanpa karya dan
pengetahuan, lantas apa makna umurku ini”
(KH. Wahid Hasyim)*

*“Hakekat sebuah perjalanan hidup yang
sesungguhnya adalah untuk menambah iman,
ilmu pengetahuan, kawan dan pengalaman”
(Sari Putri Zam)*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Penentuan Potensi Cadangan Batubara dan Analisis Kelayakan Penambangan Batubara dengan Menggunakan Data Logging Geofisika pada Lapangan Batubara “Zam” Lahat-Sumatera Selatan”* sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pada Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Sholawat dan salam senantiasa tercurah untuk sang Teladan dan Pemimpin umat, junjungan umat, Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia dari zaman Jahiliyah kepada zaman yang berilmu pengetahuan seperti saat ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran diharapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Harapannya semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 23 Juni 2016
Penulis,

Sari Putri Zam

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “Penentuan Potensi Cadangan Batubara dan Analisis Kelayakan Penambangan Batubara dengan Menggunakan Data *Logging* Geofisika Pada Lapangan Batubara “ZAM” Lahat-Sumatera Selatan” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. **Bapak Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.** selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
2. **Bapak Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.** selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung;
3. **Bapak Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing I. Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi;
4. **Bapak Rustadi, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing II. Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi;

5. **Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.** selaku dosen penguji. Terimakasih atas ilmu, kritik dan saran yang telah diberikan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik;
6. **Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T., M.Si., Bapak Alimuddin, S.Si., M.Si., Bapak Syamsulrijal Rasimeng, S.Si., M.Si., Bapak Karyanto, S.Si., M.T., Bapak Nandi Haerudin, S.Si., M.Si, Kak Rahmat Catur Wibowo, S.T., M.Eng.** selaku dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung. Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan selama penulis kuliah;
7. Seluruh staf TU Jurusan Teknik Geofisika, **Mba Anita Dewi, Bapak Marsuno, Bapak Pujiono** terimakasih telah banyak membantu penulis dalam hal administrasi dan pelaksanaan seminar;
8. **Bapak Kusmat dan Bapak Agung,** terimakasih banyak penulis ucapkan karena telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di PT. Dizamatra Powerindo – Lahat Sumatera Selatan.
9. **Bapak Farid Martadinata, S.T** selaku Pembimbing I. Terimakasih atas ilmu yang bapak diberikan;
10. **Bapak Muhammad Jamil** selaku pembimbing lapangan. Terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta atas kesediaannya dalam membantu dalam pelaksanaan penelitian;
11. **Bapak Dores, Bapak Daden, Bapak Dian, Bapak Rahmat, Bapak Andika,** terimakasih banyak kepada bapak-bapak engineer yang telah berbagi ilmu dengan penulis selama pelaksanaan penelitian disana;

12. Papa dan mamaku tercinta, **Papa Efni Zamrat, S.Pd** dan **Mama Eni Gustia** terima kasih atas doa serta dukungan semangat yang tiada henti, semoga papa dan mama selalu berada dalam lindunganNya;
13. Saudara dan saudariku tercinta, **Uda Adhi Putra Zam, Kakak Rahmi Putri Zam dan Adik Ilham Putra Zam**, terimakasih untuk setiap cerita, perhatian, kepedulian, motivasi, kebersamaan dan kasih sayang yang kalian berikan. Penulis sangat menyayangi kalian dan kalian adalah sekian dari banyak alasan untuk tetap berkarya dan meraih mimpi, semoga kita berempat bisa menjadi kebanggaan orang tua kita. Semoga Allah selalu merahmati kita dan menjadi orang sukses;
14. Nenek ku tercinta **Nenek Nurmailisman (Nenek Ibu)**, yang selalu menantikan kepulangan penulis dan saudara-saudara penulis serta tiada henti mendoakan kami cucu-cucunya. Semoga sehat selalu nek;
15. **Mak Tuo (Emi) Asmi Warli** dan **Om Us**. Terimakasih atas segala dukungan motivasi dan nasehat yang selalu diberikan kepada penulis;
16. Keluarga besarku yang telah membantu lewat doa;
17. Sahabat-sahabatku tersayang **Teknik Geofisika 2011. Ahmad Dezi Farista, Achmadi Hasan Nasution, Adityo Nugroho Kalandoro, Agung Mahesya Hakim, Alwi Karya Sasmita, Andrian Nisar, Annisa Eka Putri, Arenda Reza Riyanda, Asri Wulandari, Bagus Hardiansyah, Christian Sibuea, Dian Nur Rizkiani, Dian Triyanto, Doni Zulfafa, Farid Anshari, Fitri Rusmala Dewi, Fitri Wahyuningsih, Guspriandoko, Hardeka Pameramba, Hilda Ayu Utami, Leo Rivandi Purba, Lia Tri Khairum, M.Herwanda, Mezrin Romosi, Nanda Hanyfa Maulida, Rahmi Alfani**

Putri, Ratu Mifta Fadila, Rika Indrawati, Rosita Renovita, Syamsul Ma'arif, Titi Setianing Rahayu, Tri Pamungkas, Wilyan Pratama, Yeni Purnama Sari, Yunita Permata Sari, dan Yusuf Effendi terimakasih atas segalanya, kebersamaannya, kepedulian, motivasi, cerita, perjalanan, ilmu, pengalaman, nasehat, kasih sayang, canda tawa haru tangis bersamanya. Terimakasih atas segala pelajaran hidup yang telah diberikan kepada penulis. Kalian adalah keluarga bagi penulis. Percayalah saat penulis sudah tidak menginjakkan kaki di ranah perantauan ini kelak, akan ada banyak rindu yang membendung dihati. Akan selalu merindukan kekonyolan kalian TG'11. Semoga kita semua menjadi orang-orang yang sukses dan semoga masih diberikan kesempatan untuk kita dapat bertemu dan berkumpul kembali. Penulis sangat menyayangi kalian;

18. Kakak – kakak Teknik Geofisika Universitas Lampung angkatan 2007, 2008, 2009, 2010 dan Adik–adik angkatan 2012, 2013, 2014, dan 2015 terimakasih atas pengalaman dan canda tawa yang selalu tercipta serta kekeluargaan yang sangat erat ini;
19. Keluarga kecil satu atap empat puluh hari teman-teman KKN yang aku sayangi, **Dini Dian Prajawati (Cudin)** terimakasih telah menjadi teman dan pendengar yang baik atas segala keluh kesah penulis, selalu menyayangi, mengingatkan dan memotivasi penulis tentang kehidupan, kehadiran dan doamu selalu menjadi penyemangat bagi penulis. **Alm. Arief Awangga** terimakasih telah menjadi pemimpin bagi kami selama empat puluh hari, darimu penulis banyak belajar tentang kehidupan tentang berlapang hati, senyuman, kebaikan, disiplin, ilmu, pengalaman dan tanggung jawab, semoga

engkau ditempatkan di tempat terbaik di surgaNya. **Rio Panduwinata** dan **Adi Irawan** terimakasih atas kebersamaan, cerita, canda tawa nya, ilmu pengetahuan, pengalaman dan segalanya. Aku merindukan kalian;

20. Para penghuni Wisma Putri Albarokah yang sangat menyenangkan. **Nanda Hanyfa Maulida (Nandul)** terimakasih atas ilmu-ilmu dan pengalaman yang diberikan, selalu mengingatkan akan kebaikan dan membantu penulis dalam banyak hal baik akademis non akademis materi ataupun tidak, terimakasih atas kebersamaannya, kebaikannya, canda tanya, banyak maaf karena sering direpotkan oleh penulis. **Janiar Rizkina (Jantung)** terimakasih untuk kebersamaannya dan kebaikannya semoga selalu menjadi pribadi yang lebih baik. **Nurhana (Hanun)** terimakasih untuk setiap kebersamaan, tawa canda, kekonyolan, cerita-ceritanya, teman paling setia jikalau sudah dikossan, partner masak dikala lapar melanda, teman nonton tv bareng, yang hampir setiap saat menghabiskan waktu bersama yang suka banget ngusilin penulis, terimakasih untuk waktu, kasih sayang dan kepeduliannya, kamu baik dan akan tetap ku gelari dengan sebutan mak-mak cerewet yang cengeng tapi rajin dan suka baper, kamu lucu. Pasti nanti kamu bakalan kangen sama aku. **Umy Maya Sari (Umay)** terimakasih untuk kebersamaan, kasih sayang, ceritanya, canda tawanya, kejailannya, semangatnya, terimakasih sudah selalu menemani penulis enam bulan pertama kamu disini, kamu asyik dan menyenangkan. Semangat ya kuliahnya baik-baik dimanapun berada. **Indri Puspita (Cimit)** anak pramuka yang cerewetnya kebangetan gak ada habis-habisnya kalo udah ngobrol sama dia, terimakasih untuk semua kebaikan, kasih sayang, canda tawa, doa dan pelajaran yang telah diberikan kepada

penulis, semangat untuk kuliahnya, titip kamar yang akan selalu penulis rindukan ini banyak cerita sudah terlewatkan disini, kamar ini sungguh menyenangkan hingga tak jarang mengundang kalian untuk berkunjung dan bertahan betah disini. **Wayan Astika (Astong)** aktivis cerewet super sibuk bawel, terimakasih untuk canda tawa, cerita, kebersamaannya sukses selalu ya jangan galau lagi sama jaga kesehatannya. **Reza Tihardila (Ejak)** cewek cantik tomboy, tegar, cerewet, super bawel, lucu, menggemaskan, pinter makasih ya buat kebersamaan, cerita, ilmu, leluconan dan canda tawanya, selalu jadi tameng ya buat kosan kita kamu macho. **Eka Zurina, Luklu'al Fuadah, Hikmah Patricia, Novia (Nobita) dan Endah** terimakasih untuk kebersamaan ini semoga lancar kuliahnya semoga sehat selalu;

21. Sahabat sejak kecilku **Anita Rozalina (Oja)** terimakasih untuk pengalaman yang tak terhitung, kebersamaan, kasih sayang, kepedulian, semua cerita selama kita bersama, penulis selalu merindukan dan menyayangi mu, lebaran terasa begitu berarti mengingat itu adalah waktu dimana aku bisa menatapmu dengan sejuta cerita yang ingin diceritakan, sehat selalu ya ja sukses selalu dan semoga selamanya persahabatan ini dapat kita jaga. **Rona Oktaviya (Ona)** sahabat sekaligus saudara yang selalu peduli, terimakasih untuk segala cerita, pengalaman, ilmu, kebersamaan, kasih sayang dan doa, penulis menyayangi dan merindukanmu. **Liana Zamri (Ana)** sahabat yang baik dan lucu, terimakasih untuk kebersamaan, cerita, ilmu, pengalaman, dan kasih sayangmu, penulis menyayangi dan merindukanmu, semoga sehat dan sukses na. **Serli Safria** sampai kapanpun kamu adalah sahabat yang selalu penulis sayangi, terimakasih atas segala ilmu, pengalaman, kebersamaan dan

- kebaikan yang diberikan, semoga sukses dan sehat selalu, penulis merindukanmu. **Iga Yolanda** sahabat baik, cerewet, bawel, pintar, cerdas calon dokter gigi terimakasih Iga atas segala kebaikan, kasih sayang, perhatian, motivasi, cerita, ilmunya, penulis menyayangi dan merindukanmu;
22. Terimakasih juga kepada **Kak Diantoro Deka Saputra (Kadekrusuh)** terimakasih atas kebersamaan, ilmu dan pengalamannya dari sejak penulis masih maba. **Kak Widya Seto Aji (A Acel)** untuk canda tawa, kekonyolan dan ceritanya, makasih juga untuk pinjaman laptop sementara dikala running data sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. **Kak Ryan Tanjung Priseptian** terimakasih untuk sedikit ceritanya, darimu penulis sedikit belajar tentang menyikapi kehidupan, semoga sukses kak. **Edo Pratama (Edok)** terimakasih untuk ceritanya, pengalaman, ilmu, kebersamaan, canda tawanya semoga lancar skripsi cepet lulus semoga sukses dok. **Febrina Bunga T (Bungek)** kecil unyil yang suka ngusilin penulis, terimakasih untuk cerita, canda tawa, kebersamaan, ilmu, kasih sayang yang diberikan kepada penulis, penulis menyayangimu sebagai adik penulis sendiri, belajar yang rajin dan baik-baik disini ya. **Pratiwi Ayurizky Partika (Tuwik)** terimakasih telah baik kepada penulis, canda tawa, kebersamaannya, penulis masih tetap menjadi pendengar yang baik kapanpun dibutuhkan, semangat kuliah wik baik-baik ya disini, ada banyak orang-orang yang menyayangimu, teruslah berkarya jangan patah semangat;
23. Teman-teman seperjuangan saat penulis melakukan penelitian. **Kakak Hardeka Pameramba** lucu, kocak, konyol yang selalu baik kepada penulis. Terimakasih banyak atas segalanya, kebersamaan, pengalaman yang sungguh

berarti dan tak ternilai, cerita, ilmu, canda tawa, terimakasih untuk segala pelajaran yang diberikan sehingga penulis bisa menjadi lebih baik dalam menyikapi kehidupan. **Pranita Apriana Sari**, budak akamigas baik, pintar, hebat, terimakasih atas kebersamaan, ilmu, pengalamannya, semoga sukses ta. **Herri Susanto, M. Benfarhan, Iku Tatra dan Rahmat** terimakasih atas kebersamaan, canda tawa, petualangan singkat dan pengalamannya selama di Lahat semoga kita dipertemukan lagi untuk petualangan selanjutnya aamiin;

24. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sebaik harapan, namun harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 23 Juni 2016
Penulis,

Sari Puti Zam

DAFTAR ISI

ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR.....	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xx
DAFTAR GAMBAR.....	xxii
DAFTAR TABEL	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Maksud dan Tujuan Penelitian	3
C. Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Letak dan Lokasi Penelitian	4

B. Kondisi Geologi	4
--------------------------	---

BAB III TEORI DASAR

A. Batubara	19
1. Proses Pembentukan Batubara	20
2. Tempat Terbentuknya Batubara	25
3. Faktor Yang Berpengaruh	26
4. Bentuk Lapisan Batubara	31
5. Jenis Batubara dan Sifatnya	35
B. Well Logging.....	38
1. <i>Log Gamma Ray</i> (Log Sinar Gamma).....	39
2. <i>Log Density</i> (Log Rapat Massa).....	43
3. <i>Log Caliper</i>	46
C. Stripping Ratio	47
D. Analisis Kelayakan Tambang Batubara.....	50

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	61
B. Jadwal Penelitian.....	61
C. Alat dan Bahan	61
D. Metodologi Penelitian	62
1. Studi Literatur	62
2. Persiapan Data	62
3. Pengolahan Data	63
4. Analisis Data.....	63
E. Diagram Alir.....	63

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Interpretasi Litologi Batuan Daerah Penelitian.....	65
B. Sebaran Endapan Lapisan Batubara Daerah Penelitian	72
C. Analisis Striping Ratio	98
D. Analisis Kelayakan Ekonomi Penambangan Batubara.....	103

BAB VI KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta lokasi dan kesampaian daerah IUP PT Dizamatra Powerindo ..5	
Gambar 2. Stratigrafi daerah penelitian.....7	7
Gambar 3. Geologi daerah penelitian.....8	8
Gambar 4. Proses pembentukan batubara.....24	24
Gambar 5. Bentuk lapisan batubara <i>hoorse back</i>32	32
Gambar 6. Bentuk lapisan batubara <i>pinch</i>32	32
Gambar 7. Bentuk lapisan batubara <i>clay vein</i>33	33
Gambar 8. Bentuk lapisan batubara <i>burried hill</i>33	33
Gambar 9. Bentuk lapisan batubara <i>fault</i>34	34
Gambar 10. Bentuk lapisan batubara <i>fold</i>34	34
Gambar 11. Jenis-jenis batubara.....35	35
Gambar 12. Pengukuran <i>wireline logging</i> sumur eksplorasi.....38	38
Gambar 13. Respon litologi yang umumnya dijumpai pada lapisan pembawa batubara dengan metode log gamma ray.....41	41
Gambar 14. Penentuan tebal lapisan batubara berdasarkan log gamma ray.....42	42
Gambar 15. Respon litologi yang umumnya dijumpai pada lapisan pembawa batubara dengan metode <i>log density</i>44	44
Gambar 16. Hubungan antara satuan CPS dan gram/cc menurut (Warren,2002) yang telah dimodifikasi.....45	45
Gambar 17. <i>Log Caliper</i> yang menggambarkan keadaan diameter <i>borehole</i>47	47

Gambar 18. Diagram Alir Penelitian	64
Gambar 19. Data sumur (.LAS)	65
Gambar 20. Grafik log dan litologi batuan.....	66
Gambar 21. Peta topografi dan pola sebaran <i>drill hole</i> daerah penelitian.....	74
Gambar 22. <i>Striplog</i> sumur dan sebaran litologi batuan daerah penelitian.....	76
Gambar 23. Model 3D sebaran litologi batuan daerah penelitian	77
Gambar 24. Model 3D irisan penampang litologi daerah penelitian.....	79
Gambar 25. Pola sebaran lapisan batubara di daerah penelitian	84
Gambar 26. Pola sebaran batubara di daerah penelitian (2).....	85
Gambar 27. Pola sebaran lapisan batubara tipis	87
Gambar 28. Grafik <i>log seam</i> A (atas) dan <i>seam</i> B (bawah).....	88
Gambar 29. Model 3D pola sebaran batubara <i>seam</i> A	91
Gambar 30. Peta <i>isopach</i> sebaran ketebalan batubara <i>seam</i> A.....	92
Gambar 31. Peta <i>isopach</i> sebaran ketebalan batubara <i>seam</i> B.....	93
Gambar 32. Model 3D pola sebaran batubara <i>seam</i> B	94
Gambar 33. Grafik <i>log seam</i> C.....	96
Gambar 34. Pola sebaran batubara <i>seam</i> C	97
Gambar 35. Peta <i>isopach</i> sebaran ketebalan batubara <i>seam</i> C.....	98
Gambar 36. Model 3D sebaran litologi dan volume masing – masing litologi...99	
Gambar 37. Hasil pemodelan dan perhitungan volume OB, IB dan <i>seam</i> batubara di daerah penelitian.....	101
Gambar 38. Struktur organisasi dalam pelaksanaan penambangan batubara di daerah penelitian.....	105

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Respon litologi perlapisan batuan	43
Tabel 2. Jadwal Penelitian	61
Tabel 3. Tabel litologi batuan pada sumur SR-019	72
Tabel 4. Tabel sebaran <i>drill hole</i>	73
Tabel 5. Tabel sebaran endapan lapisan batubara di daerah penelitian.....	80
Tabel 6. Tabel hasil perhitungan volume litologi daerah penelitian	100
Tabel 7. Tabel perhitungan stripping ratio batubara daerah penelitian	102
Tabel 8. Biaya <i>overburden removal</i> dan <i>coal getting stockpiling</i> per ton	104
Tabel 9. Perhitungan gaji pegawai	106
Tabel 10. Tabel perhitungan pengeluaran	107
Tabel 11. Perhitungan biaya reklamasi kegiatan untuk 1 ha area penelitian.....	108
Tabel 12. Tabel harga penjualan batubara di daerah penelitian	109
Tabel 13. Tabel perhitungan total pengeluaran selama proses penambangan.....	109
Tabel 14. Tabel perhitungan laba rugi.....	10

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada masa mendatang, produksi batubara Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri (domestik), tetapi juga untuk memenuhi permintaan luar negeri (ekspor). Hal ini mengingat sumber daya batubara Indonesia yang masih melimpah, di lain pihak harga BBM yang tinggi, menuntut industri yang selama ini berbahan bakar minyak untuk beralih menggunakan batubara, karena batubara merupakan sumber energi yang tergolong murah.

Adanya rencana pembangunan PLTU baru yang dikenal sebagai proyek 35 ribu MW di dalam dan luar Pulau Jawa dan semakin berkembangnya industri-industri lain yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan domestik batubara. Demikian pula halnya dengan permintaan batubara dari negara-negara pengimpor. Hal ini dipicu oleh semakin banyaknya pembangunan PLTU di luar negeri yang menggunakan bahan bakar batubara. Berdasarkan data produksi, konsumsi dan cadangan batubara yang dikutip dari BP Statistical Review Of World Energy edisi ke-64 tahun 2015, diketahui bahwa Indonesia termasuk kedalam sepuluh negara penghasil batubara terbesar di dunia dengan urutan

ketiga setelah China dan Amerika Serikat yaitu dengan jumlah produksi 281,7 juta ton dan 60,8 juta ton dikonsumsi oleh Indonesia sendiri. Porsi ekspor batubara Indonesia lebih dari 75%.

Terkait dengan hal tersebut, pemerintah mengeluarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) melalui PP No.79 Tahun 2014 yang memiliki tujuan untuk mewujudkan kemandirian energi dan ketahanan energi nasional demi mendukung pembangunan nasional yang berkelanjutan, pemanfaatan energi secara efisien, dan terwujudnya bauran energi (*energy mix*) yang optimal pada tahun 2025. Untuk itu ketergantungan terhadap satu jenis sumber energi seperti BBM harus dikurangi dengan memanfaatkan sumber energi alternatif di antaranya batubara.

Untuk mendukung pencapaian sasaran bauran energi nasional yang dicanangkan pemerintah, hal yang perlu dilakukan adalah melakukan kajian batubara secara nasional untuk mengetahui kondisi sumberdaya, pengusahaan, dan pemanfaatan batubara, serta permasalahannya, yang kemudian digunakan untuk membuat langkah-langkah yang diperlukan. Hal ini dilakukan melalui studi atau analisis kelayakan ekonomi rencana penambangan batubara.

Studi kelayakan tambang merupakan kegiatan untuk menghitung dan mempertimbangkan suatu endapan bahan galian ditambang dan atau diusahakan secara menguntungkan. Studi kelayakan merupakan salah satu kewajiban normatif yang harus dipenuhi dan prasyarat untuk memperoleh IUP Operasi Produksi. Studi kelayakan merupakan dokumen penting yang berguna bagi berbagai pihak, khususnya bagi pelaku usaha, pemerintah, dan investor atau perbankan. Dengan demikian, dokumen studi kelayakan bukan hanya seonggok tumpukan kertas yang

di dalamnya memuat konsep, perhitungan angka-angka dan gambar-gambar semata, tetapi merupakan dokumen yang sangat berguna bagi manajemen dalam mengambil keputusan strategi apakah rencana tambang tersebut layak untuk dilanjutkan atau tidak.

B. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan strata satu di Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengidentifikasi batubara berdasarkan data log
2. Mengetahui potensi batubara lapangan batubara “ZAM” berdasarkan data log dengan metode perhitungan volumetrik 3D
3. Menganalisis kelayakan ekonomi rencana penambangan batubara pada lapangan batubara “ZAM” di daerah Lahat Sumatera Selatan.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah data yang dimiliki meliputi data *log gamma ray*, densitas dan *caliper*, dengan jumlah 24 data sumur bor dengan luas daerah penelitian 2 km², yang akan diolah dengan menggunakan *software rockwork 15* untuk mengetahui potensi cadangan batubara dan kemudian dilakukan analisis kelayakan ekonomi rencana penambangan batubara pada daerah penelitian tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Letak dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Dizamatra Powerindo yang secara administratif berlokasi di Keban Agung, Desa Kebur, Kecamatan Merapi Barat, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Dan secara astronomis berada pada koordinat $103^{\circ} 35' 54,30'' - 103^{\circ} 38' 47,10''$ BT dan $3^{\circ} 43' 18,60'' - 3^{\circ} 45' 38,20''$ LS. Lokasi ini dapat dilihat pada peta Lokasi dan Kesampaian Daerah IUP PT Dizamatra Powerindo pada Gambar 1.

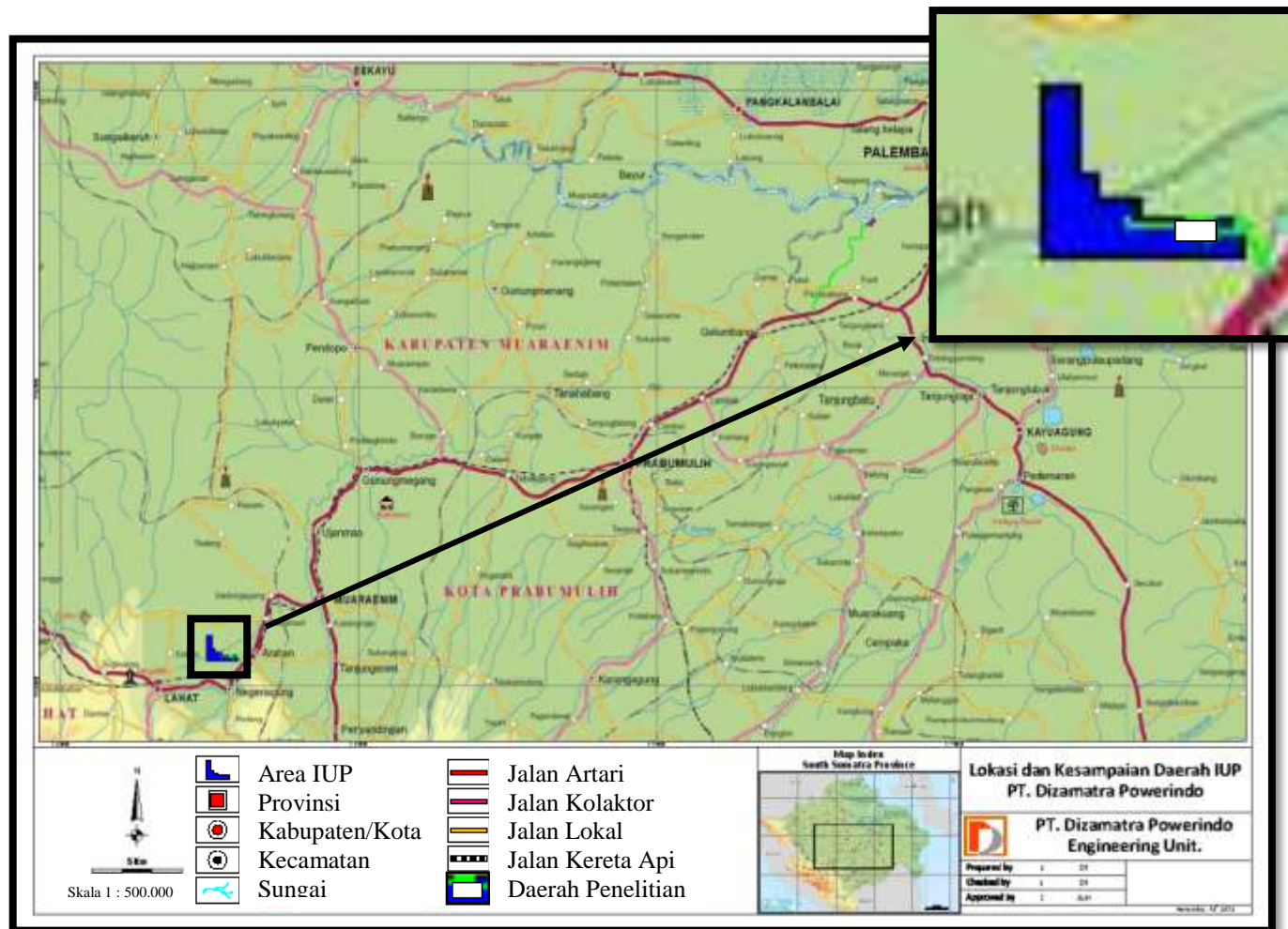
Blok biru pada peta menunjukkan denah lokasi daerah IUP PT Dizamatra Powerindo. Perusahaan ini bergerak dibidang pertambangan, pengeboran dan perdagangan dengan luas wilayah Izin Usaha Pertambangan Eksploitasi ± 971 Ha.

B. Kondisi Geologi

Keadaan geologi daerah penelitian berdasarkan topografi, stratigrafi dan kondisi geologi Sumatera Selatan adalah:

1. Topografi

Topografi daerah penelitian terdiri dari hamparan perbukitan dan lembah



Gambar 1. Peta lokasi dan kesampaian daerah IUP PT Dizamatra Powerindo (PT. Dizamatra Powerindo)

yang tidak beraturan. Daerah tertinggi mempunyai ketinggian puncak ± 100 meter dan daerah terendah merupakan daerah lembah dengan ketinggian ± 39 meter di atas permukaan air laut. Vegetasi yang terdapat di daerah penelitian berupa hutan sekunder (semak belukar) yang mendominasi area lahan yang belum dibuka secara keseluruhan.

1. Stratigrafi

Tabel stratigrafi daerah pertambangan PT Dizamatra Powerindo (diurutkan dari tua ke muda) diperlihatkan pada Gambar 2.

Sejarah geologi PT. Dizamatra Powerindo dimulai dengan diendapkannya formasi air benakat di cekungan Sumatera Selatan. Pada Cekungan Sumatera Selatan terjadi 3 orogenesis yaitu orogenesis Mesozoik Tengah, tektonik Kapur Akhir-Tersier Awal dan Orogenesa Plio-Plistosen.

Pada kala Mio-Pliosen diendapkan Formasi Muara Enim yang terdiri dari batu pasir, batu lanau, batu lempung dan batubara. Menjelang akhir pengendapan formasi ini, terjadi kegiatan vulkanik di sebelah Barat Daya-Selatan cekungan Sumatera Selatan yang menyebabkan material yang diendapkan berikutnya bersifat tufaan. Pada kala Pliosen Atas diendapkan Formasi Kasai, selaras di atas Formasi Muara Enim, dengan litologi yaitu batu pasir tufaan, batu lanau tufaan, dan tufa. Pada kala Plio-Pleistosen terjadi kegiatan tektonik yang mengakibatkan terbentuknya lipatan (*fold*) dan sesar (*fault*) disusul adanya intrusi dangkal andesit-piroksen, berupa *dyke* yang menerobos lapisan sedimen di atasnya, setelah itu terjadi denudasi, meliputi

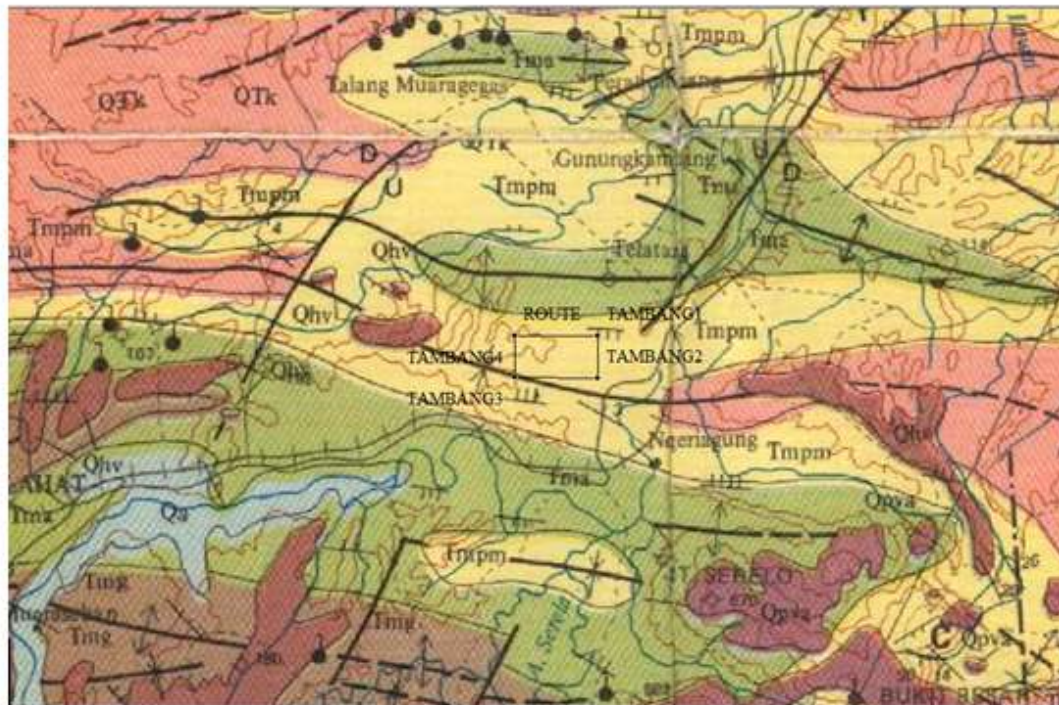
AGE		ROCKS FORMATION						
MILLION AGE	PERIOD	EPOCH	BLOW ZONATION	FORMATION NAME	FORMATION THICKNESS INTERPRETATION (METRES)	FACIES OF DEPOSITIONAL ENVIRONMENT	EXPLANATION	
0,01	QUATERNARY	HOLOCENE		ALLUVIUM	0,5 - 30,0	MARSH AND RIVER FACIES	OUTCROPPING IN INVESTIGATION AREA	
1,6		PLISTOCENE	N 23	erosional				
			N 22	unconformity				
5,3	T	PLIOCENE	N 21	KASAI FORMATION	400 - 1.000 ?	VOLCANIC ACTIVITIES DOMINANT	OUTCROPPING IN INVESTIGATION AREA	
			N 20					unconformity
			N 19	MESUJI LIMEAU ENEM M-4	250-400 rata-rata	FLOOD PLAIN LINNIC BRACKISH FLOOD PLAIN	OUTCROPPING IN INVESTIGATION AREA	
			N 18		350 rata-rata			
			10-11,3	E	LATE MIOCENE	N 17	MUARA M-3	100 - 200
N 16	E-K I M M-2	40 - 120				290 - 320		
N 15	FORMATION M-1	100 - 250				270		
16,2	R	MIDDLE MIOCENE	N 14			SHALLOW SEA - INNER NERITIC FACIES	OUTCROPPING IN INVESTIGATION AREA	
			N 13					
			N 12					
			N 11					
			N 10	AIR BENAKAT FORMATION	100 - 1.000 Rata-rata 600			
20-23,7	I	EARLY MIOCENE	N 9			SHALLOW SEA - INNER - OUTER NERITIC FACIES	OUTCROPPING IN INVESTIGATION AREA	
			N 8	GUMAI FORMATION	500 - 2.500			
			N 7					
			N 6	BATURAJA FORMATION	60 - 300			
			N 5	TRANSITIONAL MEMBER SANDSTONE MEMBER				
26,2	R	LATE OLIGOCENE	N 5	TALANG AKAR FORMATION	450 - 750	INNER NERITIC FACIES		
			PRA N 5					
30,0	I	MIDDLE OLIGOCENE						
36,5		EARLY OLIGOCENE		LAHAT FORMATION	> 600	CONTINENT FACIES		
		EARLY EOCENE						

Gambar 2. Stratigrafi daerah penelitian (PT Dizamatra Powerindo)

PETA GEOLOGI DAERAH PENELITIAN
2 KM² WILAYAH TAMBANG BATUBARA PT DIZAMATRA POWERINDO
KEBAN AGUNG DESA KEBUR KECAMATAN MERAPI BARAT KABUPATEN LAHAT

KOORDINAT LOKASI PENELITIAN

X	Y	Z
349684.8	9585224.4	71
349686.4	9584218.2	75
347683.6	9584221.3	89
347684.8	9585221.3	101



SKALA 1 : 250.000

KETERANGAN :

	F. Aluvium		Qa	Kontak
	F. Gunung Api		Qhv	Antiklin
	F. Pasumah		Qpv	Sinklin
	F. Ranau		Qvv	Sesar
	F. Andesit		Qpva	Sesar
	F. Kasai		QTK	Kelurusan
	F. Muara Enim		Tmpm	
	F. Air Benakat		Tma	
	F. Gumai		Tmg	

PETA GEOLOGI LEMBAR LAHAT



Gambar 3. Geologi daerah penelitian (PT. Dizamatra Powerindo)

proses pelapukan, erosi, dan transportasi yang berlangsung terus menerus sampai sekarang. Peta geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Persegi panjang ditengah peta merupakan lokasi penelitian dengan ukuran (2x1) km, yang merupakan bagian dari Daerah IUP PT Dizamatra Powerindo.

1. Kondisi Geologi Sumatera Selatan (Cekungan Sumatera Selatan)

Wilayah Nusantara dikenal mempunyai 62 cekungan yang diisi oleh batuan sedimen berumur Tersier. Sekitar 40 % dari seluruh cekungan berada di daratan (onshore). Ke 62 cekungan tersebut tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua. Cekungan berumur Pratersier kebanyakan ditemukan di wilayah Indonesia Bagian Timur, dan kebanyakan sulit ditarik batasnya dengan cekungan berumur Tersier, karena umumnya ditindih (overlain) oleh cekungan berumur Tersier.

Hampir semua cekungan batuan sedimen di Indonesia sangat berpotensi mengandung sumber daya migas, batubara dan serpih minyak (*oil shale*). Namun, batasan stratigrafi, sedimentologi, tektonik & struktur maupun dinamika cekungan semua formasi pembawa potensi sumber daya belum terakomodasi dan tergambar dalam bentuk atlas.

Geologi Cekungan Sumatera Selatan adalah suatu hasil kegiatan tektonik yang berkaitan erat dengan penunjaman Lempeng Indi-Australia, yang bergerak ke arah utara hingga timurlaut terhadap Lempeng Eurasia yang relatif diam. Zone penunjaman lempeng meliputi daerah sebelah barat Pulau Sumatera dan selatan Pulau Jawa. Beberapa lempeng kecil (micro-plate) yang

berada di antara zone interaksi tersebut turut bergerak dan menghasilkan zone konvergensi dalam berbagai bentuk dan arah. Penunjaman lempeng India-Australia tersebut dapat mempengaruhi keadaan batuan, morfologi, tektonik dan struktur di Sumatera Selatan. Tumbukan tektonik lempeng di Pulau Sumatera menghasilkan jalur busur depan, magmatik, dan busur belakang

Cekungan Sumatera Selatan terbentuk dari hasil penurunan (*depression*) yang dikelilingi oleh tinggian-tinggian batuan Pratersier. Pengangkatan Pegunungan Barisan terjadi di akhir Kapur disertai terjadinya sesar-sesar bongkah (*block faulting*). Selain Pegunungan Barisan sebagai pegunungan bongkah (*block mountain*) beberapa tinggian batuan tua yang masih tersingkap di permukaan adalah di Pegunungan Tigapuluh, Pegunungan Duabelas, Pulau Lingga dan Pulau Bangka yang merupakan sisa-sisa tinggian "Sunda Landmass", yang sekarang berupa Paparan Sunda. Cekungan Sumatera Selatan telah mengalami tiga kali proses orogenesis, yaitu yang pertama adalah pada Mesozoikum Tengah, kedua pada Kapur Akhir sampai Tersier Awal dan yang ketiga pada Plio-Plistosen. Orogenesis Plio-Plistosen menghasilkan kondisi struktur geologi seperti terlihat pada saat ini. Tektonik dan struktur geologi daerah Cekungan Sumatera Selatan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu, Zone Sesar Semangko, zone perlipatan yang berarah baratlaut-tenggara dan zona sesar-sesar yang berhubungan erat dengan perlipatan serta sesar-sesar Pratersier yang mengalami peremajaan.

Secara fisiografis Cekungan Sumatra Selatan merupakan cekungan Tersier berarah barat laut – tenggara, yang dibatasi Sesar Semangko dan Bukit

Barisan di sebelah barat daya, Paparan Sunda di sebelah timur laut, Tinggian Lampung di sebelah tenggara yang memisahkan cekungan tersebut dengan Cekungan Sunda, serta Pegunungan Dua Belas dan Pegunungan Tiga Puluh di sebelah barat laut yang memisahkan Cekungan Sumatera Selatan dengan Cekungan Sumatera Tengah.

Posisi Cekungan Sumatera Selatan sebagai cekungan busur belakang (Blake, 1989)

Tektonik Regional, Blake (1989) menyebutkan bahwa daerah Cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan busur belakang berumur Tersier yang terbentuk sebagai akibat adanya interaksi antara Paparan Sunda (sebagai bagian dari lempeng kontinen Asia) dan lempeng Samudera India. Daerah cekungan ini meliputi daerah seluas $330 \times 510 \text{ km}^2$, dimana sebelah barat daya dibatasi oleh singkapan Pra-Tersier Bukit Barisan, di sebelah timur oleh Paparan Sunda (*Sunda Shield*), sebelah barat dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh dan ke arah tenggara dibatasi oleh Tinggian Lampung.

Cekungan Sumatera Selatan terbentuk selama Awal Tersier (Eosen – Oligosen) ketika rangkaian (seri) graben berkembang sebagai reaksi sistem penunjaman menyudut antara lempeng Samudra India di bawah lempeng Benua Asia.

Menurut De Coster (1974), diperkirakan telah terjadi 3 episode orogenesis yang membentuk kerangka struktur daerah Cekungan Sumatera Selatan yaitu orogenesis Mesozoik Tengah, tektonik Kapur Akhir – Tersier Awal dan Orogenesa Plio – Plistosen.

Episode pertama, endapan–endapan Paleozoik dan Mesozoik termetamorfosa, terlipat dan terpatahkan menjadi bongkah struktur dan diintrusi oleh batolit granit serta telah membentuk pola dasar struktur cekungan. Menurut Pulunggono (1992), fase ini membentuk sesar berarah barat laut–tenggara yang berupa sesar–sesar geser.

Episode kedua pada Kapur Akhir berupa fase ekstensi menghasilkan gerak–gerak tensional yang membentuk *graben* dan *horst* dengan arah umum utara–selatan. Dikombinasikan dengan hasil orogenesis Mesozoik dan hasil pelapukan batuan–batuan Pra–Tersier, gerak gerak tensional ini membentuk struktur tua yang mengontrol pembentukan Formasi Pra–Talang Akar.

Episode ketiga berupa fase kompresi pada Plio–Plistosen yang menyebabkan pola pengendapan berubah menjadi regresi dan berperan dalam pembentukan struktur perlipatan dan sesar sehingga membentuk konfigurasi geologi sekarang. Pada periode tektonik ini juga terjadi pengangkatan Pegunungan Bukit Barisan yang menghasilkan sesar mendatar Semangko yang berkembang sepanjang Pegunungan Bukit Barisan. Pergerakan horisontal yang terjadi mulai Plistosen Awal sampai sekarang mempengaruhi kondisi Cekungan Sumatera Selatan dan Tengah sehingga sesar–sesar yang baru terbentuk di daerah ini mempunyai perkembangan hampir sejajar dengan sesar Semangko. Akibat pergerakan horisontal ini, orogenesis yang terjadi pada Plio–Plistosen menghasilkan lipatan yang berarah barat laut–tenggara tetapi sesar yang terbentuk berarah timur laut–barat daya dan barat laut–

tenggara. Jenis sesar yang terdapat pada cekungan ini adalah sesar naik, sesar mendatar dan sesar normal.

Kenampakan struktur yang dominan adalah struktur yang berarah barat laut – tenggara sebagai hasil orogenesis Plio–Plistosen. Dengan demikian pola struktur yang terjadi dapat dibedakan atas pola tua yang berarah utara–selatan dan barat laut–tenggara serta pola muda yang berarah barat laut–tenggara yang sejajar dengan Pulau Sumatera .

Stratigrafi Regional, Sub Cekungan Jambi merupakan bagian Cekungan Sumatra Selatan yang merupakan cekungan belakang busur (*back arc basin*) berumur Tersier yang terbentuk sebagai akibat tumbukan antara Sundaland dan Lempeng Hindia. Secara Geografis Sub Cekungan Jambi dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh di sebelah utara, Tinggian Lampung di bagian selatan, Paparan Sunda di sebelah timur, dan Bukit Barisan di sebelah barat.

Tatanan stratigrafi Sub Cekungan Jambi pada dasarnya terdiri dari satu siklus besar sedimentasi dimulai dari fase transgresi pada awal siklus dan fase regresi pada akhir siklusnya. Secara detail siklus ini dimulai oleh siklus non marin yaitu dengan diendapkannya Formasi Lahat pada Oligosen Awal dan kemudian diikuti oleh Formasi Talang Akar yang diendapkan secara tidak selaras di atasnya.

Menurut De Coster (1974), Formasi Talang Akar merupakan suatu endapan kipas alluvial dan endapan sungai teranyam (*braided stream deposit*) yang mengisi suatu cekungan. Fase transgresi terus berlangsung hingga Miosen

Awal dimana pada kala ini berkembang Batuan karbonat yang diendapkan pada lingkungan *back reef*, *fore reef*, dan *intertidal* (*Formasi Batu Raja*) pada bagian atas Formasi Talang Akar. Fase Transgresi maksimum ditunjukkan dengan diendapkannya Formasi Gumai bagian bawah secara selaras di atas Formasi Baturaja yang terdiri dari Batu serpih laut dalam.

Fase regresi dimulai dengan diendapkannya Formasi Gumai bagian atas dan diikuti oleh pengendapan Formasi Air Benakat yang didominasi oleh litologi Batu pasir pada lingkungan pantai dan delta. Formasi Air Benakat diendapkan secara selaras di atas Formasi Gumai. Pada Pliosen Awal, laut menjadi semakin dangkal dimana lingkungan pengendapan berubah menjadi laut dangkal, paludal, dataran delta dan non marin yang dicirikan oleh perselingan antara batupasir dan batulempung dengan sisipan berupa batubara (*Formasi Muara Enim*). Tipe pengendapan ini berlangsung hingga Pliosen Akhir dimana diendapkannya lapisan batupasir tufaan, *pumice* dan konglomerat.

1. **Batuan Dasar**, Batuan Pra-Tersier atau *basement* terdiri dari kompleks batuan Paleozoikum dan batuan Mesozoikum, batuan metamorf, batuan beku dan batuan karbonat. Batuan Paleozoikum akhir dan batuan Mesozoikum tersingkap dengan baik di Bukit Barisan, Pegunungan Tigapuluh dan Pegunungan Duabelas berupa batuan karbonat berumur permian, Granit dan Filit. Batuan dasar yang tersingkap di Pegunungan Tigapuluh terdiri dari filit yang terlipat kuat berwarna kecoklatan berumur Permian. Lebih ke arah Utara tersingkap Granit yang telah mengalami pelapukan kuat. Warna pelapukan

adalah merah dengan butir-butir kuarsa terlepas akibat pelapukan tersebut. Kontak antara Granit dan filit tidak teramati karena selain kontak tersebut tertutupi pelapukan yang kuat, daerah ini juga tertutup hutan yang lebat. Umur Granit adalah Jura, hal ini berarti Granit mengintrusi batuan filit.

2. **Formasi Lahat**, Formasi Lahat diendapkan secara tidak selaras di atas batuan dasar, merupakan lapisan dengan tebal 200 m - 3350 m yang terdiri dari konglomerat, tufa, breksi vulkanik andesitik, endapan lahar, aliran lava dan batupasir kuarsa.

Formasi ini memiliki 3 anggota, yaitu :

- Anggota Tuf Kikim Bawah, terdiri dari tuf andesitik, breksi dan lapisan lava. Ketebalan anggota ini bervariasi, antara 0 - 800 m.
- Anggota Batupasir Kuarsa, diendapkan secara selaras di atas anggota pertama. Terdiri dari konglomerat dan batupasir berstruktur *crossbedding*. Butiran didominasi oleh kuarsa.
- Anggota Tuf Kikim Atas, diendapkan secara selaras dan bergradual di atas Anggota Batupasir Kuarsa. Terdiri dari tuf dan batulempung tufaan berselingan dengan endapan mirip lahar.

Formasi Lahat berumur Paleosen hingga Oligosen Awal.

3. **Formasi Talang Akar**, Formasi Talang Akar pada Sub Cekungan Jambi terdiri dari batulanau, batupasir dan sisipan batubara yang diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga transisi. Formasi Talang Akar berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal dan diendapkan secara selaras di atas Formasi Lahat. Bagian bawah formasi ini terdiri dari batupasir kasar, serpih

dan sisipan batubara. Sedangkan di bagian atasnya berupa perselingan antara batupasir dan serpih. Ketebalan Formasi Talang Akar berkisar antara 400 m – 850 m.

4. **Formasi Baturaja**, Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Fm. Talang Akar dengan ketebalan antara 200 m sampai 250 m. Litologi terdiri dari batugamping, batugamping terumbu, batugamping pasiran, batugamping serpihan, serpih gampingan dan napal kaya foraminifera, moluska dan koral. Formasi ini diendapkan pada lingkungan litoral-neritik dan berumur Miosen Awal.
5. **Formasi Gumai**, Formasi Gumai diendapkan secara selaras di atas Formasi Baturaja dimana formasi ini menandai terjadinya transgresi maksimum di Cekungan Sumatera Selatan. Bagian bawah formasi ini terdiri dari serpih gampingan dengan sisipan batugamping, napal dan batulanau. Sedangkan di bagian atasnya berupa perselingan antara batupasir dan serpih. Ketebalan formasi ini secara umum bervariasi antara 150 m - 2200 m dan diendapkan pada lingkungan laut dalam. Formasi Gumai berumur Miosen Awal-Miosen Tengah.
6. **Formasi Air Benakat**, Formasi Air Benakat diendapkan secara selaras di atas Formasi Gumai dan merupakan awal terjadinya fase regresi. Formasi ini terdiri dari batulempung putih kelabu dengan sisipan batupasir halus, batupasir abu-abu hitam kebiruan, glaukonitan setempat mengandung lignit dan di bagian atas mengandung tufaan sedangkan bagian tengah kaya akan fosil foraminifera. Ketebalan Formasi Air Benakat bervariasi antara 100-1300

m dan berumur Miosen Tengah-Miosen Akhir. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal.

7. **Formasi Muara Enim**, Formasi Muara Enim mewakili tahap akhir dari fase regresi tersier. Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Air Benakat pada lingkungan laut dangkal, paludal, dataran delta dan non marin. Ketebalan formasi ini 500–1000m, terdiri dari batupasir, batulempung, batulanau dan batubara. Batupasir pada formasi ini dapat mengandung glaukonit dan debris vulkanik. Pada formasi ini terdapat oksida besi berupa kongresi-kongresi dan *silisified wood*. Sedangkan batubara yang terdapat pada formasi ini umumnya berupa lignit. Formasi Muara Enim berumur Mioosen Akhir – Pliosen Awal.
8. **Formasi Kasai**, Formasi Kasai diendapkan secara selaras di atas Formasi Muara Enim dengan ketebalan 850 – 1200 m. Formasi ini terdiri dari batupasir tufan dan tefra riolitik di bagian bawah. Bagian atas terdiri dari tuf *pumice* kaya kuarsa, batupasir, konglomerat, tuf pasiran dengan lensa rudit mengandung *pumice* dan tuf berwarna abu-abu kekuningan, banyak dijumpai sisa tumbuhan dan lapisan tipis lignit serta kayu yang terkarsikkan. Fasies pengendapannya adalah *fluvial* dan *alluvial fan*. Formasi Kasai berumur Pliosen Akhir-Plistosen Awal.
9. **Sedimen Kuartar**, Satuan ini merupakan Litologi termuda yang tidak terpengaruh oleh orogenesis Plio-Plistosen. Golongan ini diendapkan secara tidak selaras di atas formasi yang lebih tua yang terdiri dari batupasir, fragmen-fragmen konglomerat berukuran kerikil hingga bongkah, hadir

batuan volkanik andesitik-basaltik berwarna gelap. Satuan ini berumur resen (Pulunggono, 1992)

BAB III

TEORI DASAR

A. Batubara

Batubara adalah batuan sedimen organik yang dapat terbakar, berasal dari akumulasi pengendapan bahan tumbuhan dalam kondisi tertutup dari udara (bebas oksigen) dan terkena pengaruh panas serta tekanan yang berlangsung lama sekali, berwarna coklat sampai hitam, yang sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia, yang mana mengakibatkan pengayaan kandungan karbonnya. Secara garis besar batubara terdiri dari zat organik, air dan bahan mineral. Batubara dapat diklasifikasikan menurut tingkatan, yaitu lignit, *sub bituminous*, *bituminous* dan antrasit.

Menurut Diessel (1992) ada enam parameter yang mengendalikan pembentukan endapan batubara, yaitu : adanya sumber vegetasi, posisi muka air tanah, penurunan yang terjadi bersamaan dengan pengendapan, penurunan yang terjadi setelah pengendapan, kendali lingkungan geotektonik endapan batubara dan lingkungan pengendapan terbentuknya batubara. Model geologi untuk pengendapan batubara menerangkan hubungan antara genesa batubara dan batuan sekitarnya baik secara vertikal maupun lateral pada suatu cekungan pengendapan dalam kurun waktu tertentu.

1. Proses Pembentukan Batubara

Dua tahap penting yang dapat di bedakan untuk mempelajari genesa batubara adalah gambut dan batubara. Dua tahap ini merupakan hasil dari suatu proses yang berurutan terhadap bahan dasar yang sama (tumbuhan).

Menurut Wolf (1984) secara definisi dapat diterangkan sebagai berikut:

a. Gambut

Adalah batuan sedimen organik yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan atau bagian dari tumbuhan yang *terhumifikasi* (proses pembentukan asam humin) dan dalam kondisi tertutup udara, umumnya di bawah air dan tidak padat, dengan kandungan air lebih dari 75 % berat pada saat diambil di lapangan, serta kandungan mineral lebih kecil dari 50 % dalam kondisi kering.

b. Batubara

Adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan, berwarna coklat sampai hitam. Sejak pengendapannya mengalami proses fisika dan kimia yang mengakibatkan pengkayaan kandungan karbon. Berdasarkan klasifikasi Badan Standardisasi Nasional Indonesia tentang batubara, pengertian endapan batubara adalah : Endapan yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang telah mengalami kompaksi, ubahan kimia dan hampir proses metamorfosis oleh panas dan tekanan selama waktu geologi, yang berat kandungan bahan organiknya lebih dari 50% atau volume bahan organik tersebut termasuk kandungan lengas bawaan (*inherent moisture*) lebih dari 70%. Untuk menjadi batubara, ada beberapa tahapan yang harus di lewati oleh bahan

dasar pembentuknya. Pada tiap tahapan ada proses yang terjadi dan proses-proses tersebut tergantung kepada banyak faktor.

White (1961) mengatakan bahwa tahap perubahan tanaman yang mati menjadi batubara secara fisik dan kimiawi di tunjukan oleh hal-hal seperti:

a. Fisik

1. Komposisi, pengeringan, pengerasan lithifikasi.
2. Kekar, belah, skitstositas.
3. Rekontruksi.
4. Perubahan optik.
5. Dehidrasi hingga antrasit.
6. Perubahan warna kehitaman.
7. Kenaikan densitas.
8. Perubahan kilap.
9. perubahan pecahan dari berlapis ke konkoidal.

b. Kimia

1. Berkurangnya air hingga antrasit.
2. Berkurangnya oksigen.
3. Konservasi hidrogen hingga grafit.
4. Berkurangnya bitumen
5. Pembentukan hidrokarbon.
6. Hilangnya H dalam antrasit.
7. Naiknya daya tahan terhadap pelarut.
8. Naiknya daya tahan bakar.

Tahap gambut merupakan syarat mutlak untuk pembentukan batubara. Dalam keadaan normal tumbuhan mati yang tersingkap di udara akan hancur oleh proses oksidasi dan oleh organisme, terutama fungi dan bakteri anaerob. Bila tumbuhan tertimbun dalam rawa sehingga jenuh air, maka terdapat beberapa kemungkinan perubahan. Bakteri aerobik yang membutuhkan oksigen akan segera mati seiring dengan berkurangnya oksigen dalam rawa. Sementara itu, bakteri anaerob yang tidak membutuhkan oksigen akan muncul dengan fungsi yang sama, yaitu menguraikan unsur-unsur tanaman. Jika keadaan air rawa tenang maka hasil kegiatan bakteri tidak akan hilang dan terkumpul di atasnya. Akibatnya, lingkungan rawa menjadi tidak bersih, aktifitas bakteri menjadi terbatas dan peruraian tumbuhan sisa kemudian berhenti. Pada tingkat ini hasilnya disebut *peat* (gambut). Jika gambut dialiri air maka bahan-bahan penghambat menjadi hilang terbawa aliran dan peruraian berlangsung lagi dan kemungkinan gambut tidak terbentuk. Jika endapan gambut tidak teraliri lagi, akan tetapi terkubur oleh lapisan sedimen halus yang sifatnya kedap air (*impermeable*) maka pengawetan secara alami mungkin terjadi. Bila proses ini berlangsung berulang – ulang maka akan terbentuk perlapisan batubara.

Faktor-faktor lain yang mengontrol pembentukan gambut :

- Kelembaban yang berlebihan (*exces moisture*)
- Derajat keasaman atau alkalinitas
- Potensial oksidasi reduksi (redoks).
- Pengiriman zat makan (suply of nutrients)

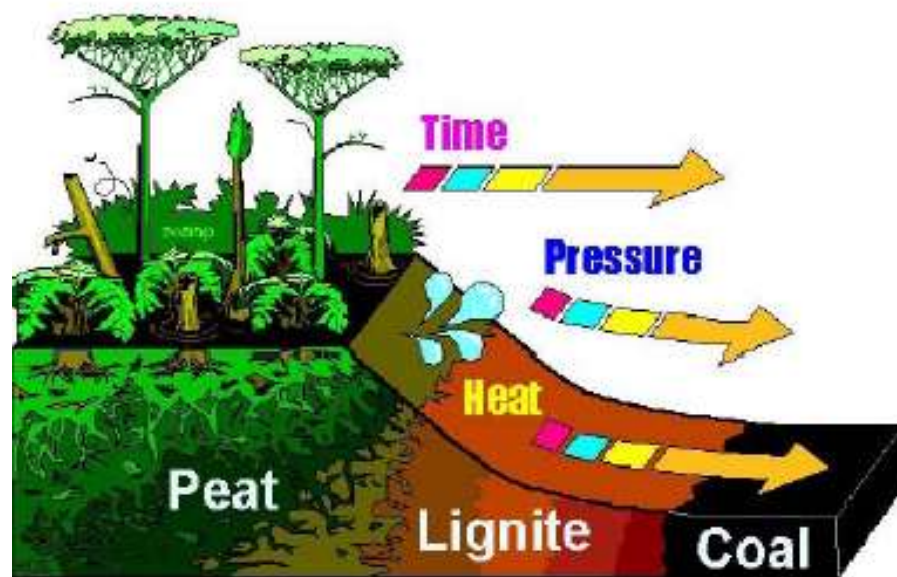
Kelembaban yang berlebihan menyebabkan oksidasi berjalan pelan, kecepatan dari pembusukan lambat dan gambut cenderung tertimbun terus. Keasaman dari medium sekitar di pengaruhi oleh kandungan kapur (CaCO_3) dalam air.

Berikut adalah urutan proses pembentukan batubara, yaitu sebagai berikut:

- a. Batubara akan terbentuk di daerah yang rendah seperti: pantai, rawa-rawa, delta, cekungan dan sebagainya yang mempunyai vegetasi/ hutan lebat dan merupakan daerah yang tergenang air.
- b. Daerah tersebut mengalami penurunan secara perlahan-lahan yang diimbangi dengan penumpukan tumbuhan kemudian diendapkan pula material sebagai lapisan penutup dan terjadi secara berulang yang disebut sebagai proses sedimentasi.
- c. Akibat terjadinya proses biokimia, dimana sisa tumbuhan tersebut mengalami pengawetan tanpa pembusukan dalam kondisi asam sehingga terbentuk gambut (*peat*).
- d. Dengan terjadinya perubahan/peningkatan tekanan serta temperatur sebagai akibat dari penurunan cekungan dan proses sedimentasi yang berulang-ulang tersebut, maka akan berubah menjadi batubara yang berlapis-lapis dengan ketebalan yang bervariasi. Proses ini akan berlangsung selama jutaan tahun.
- e. Sebagai akibat dari adanya gejala geologi tersebut maka akan terbentuklah *rank* (peringkat) batubara, yaitu:
 - (1) *Peat* (gambut)

- (2) *Lignite/ Brown Coal* (lignit)
- (3) *Bituminous* (bituminus)
- (4) *Antracite* (antrasit)

Proses pembentukan batubara dari gambut hingga menjadi batubara akibat perubahan suhu dan tekanan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses pembentukan batubara

Tahap penggambutan (*peatification*) adalah tahap dimana sisa-sisa tumbuhan yang terakumulasi tersimpan dalam kondisi bebas oksigen (*anaerobik*) di daerah rawa dengan sistem pengeringan yang buruk dan selalu tergenang air pada kedalaman 0,5 - 10 meter. Material tumbuhan yang busuk ini melepaskan unsur H, N, O, dan C dalam bentuk senyawa CO₂, H₂O, dan NH₃ untuk menjadi humus. Selanjutnya oleh bakteri anaerobik dan fungi diubah menjadi gambut. 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.

2. Tempat Terbentuknya Batubara

Berdasarkan tempat terbentuknya batubara dikenal dengan dua teori, yaitu:

a. Teori *In situ*

Teori ini mengatakan bahwa bahan – bahan pembentukan lapisan batubara, terbentuknya di tempat dimana tumbuh – tumbuhan asal itu berada. Dengan demikian segera setelah tumbuhan tersebut mati belum mengalami proses transportasi, tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses *coalification*. Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran luas dan merata kualitasnya lebih baik, karena abunya relatif kecil. Batubara yang terbentuk seperti ini di Indonesia didapatkan di lapangan batubara Muara Enim, Sumatra selatan.

b. Teori *Drift*

Teori ini menyebutkan bahwa bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadinya di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhnya semula hidup dan berkembang. Dengan demikian tumbuhan yang telah mati diangkut oleh media air dan berakumulasi di suatu tempat, tertutup oleh batuan sedimen dan mengalami proses *coalification*.

Jenis batubara yang terbentuk dengan cara ini mempunyai penyebaran tidak luas, tetapi dijumpai di beberapa tempat, kualitas kurang baik karena banyak mengandung material pengotor yang terangkut bersama selama proses pengangkutan dari tempat asal tanaman ke tempat sedimentasi. Batubara yang terbentuk seperti di Indonesia didapatkan di lapangan batubara delta Mahakam purba, Kalimantan Timur.

3. Faktor Yang Berpengaruh

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

a. Posisi Geotektonik

Posisi geotektonik adalah suatu tempat yang keberadaannya dipengaruhi oleh gaya - gaya tektonik lempeng. Dalam pembentukan cekungan batubara, posisi geotektonik merupakan faktor yang dominan. Posisi ini akan mempengaruhi iklim lokal dan morfologi cekungan pengendapan batubara maupun kecepatan penurunannya. Pada fase terakhir, posisi geotektonik mempengaruhi proses metamorfosa organik dan struktur dari lapangan batubara melalui masa sejarah setelah pengendapan akhir.

b. Topografi (Morfologi)

Morfologi dari cekungan pada saat pembentukan gambut sangat penting karena menentukan penyebaran rawa - rawa dimana batubara

tersebut terbentuk. Topografi mungkin mempunyai efek terbatas terhadap iklim dan keadaan bergantung pada posisi geotektonik.

c. Iklim

Kelembaban memegang peranan penting dalam pembentukan batubara dan merupakan faktor pengontrol pertumbuhan flora dalam kondisi yang sesuai. Iklim tergantung pada posisi geografi dan lebih luas lagi dipengaruhi oleh posisi geotektonik. Temperatur yang lembab pada iklim tropis dan subtropis pada umumnya sesuai untuk pertumbuhan flora dibanding wilayah yang lebih dingin. Hasil pengkajian menyatakan bahwa hutan rawa tropis mempunyai siklus pertumbuhan setiap 7-9 tahun ketinggian pohon sekitar 30m. Sedangkan pada iklim yang lebih dingin ketinggian pohon hanya mencapai 5 - 6 m dalam selang waktu yang sama.

d. Kecepatan Penurunan Cekungan

Kecepatan penurunan cekungan batubara dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik. Jika penurunan cekungan dan pengendapan gambut seimbang akan dihasilkan endapan batubara tebal. Pergantian transgresi dan regresi mempengaruhi pertumbuhan flora dan pengendapan. Hal tersebut menyebabkan adanya infiltrasi material dan mineral yang mempengaruhi mutu batubara yang terbentuk. Proses geologi menentukan berkembangnya evolusi kehidupan berbagai macam tumbuhan. Dalam masa perkembangan geologi secara tidak langsung membahas sejarah perkembangan batubara dan

metamorfosa organik. Semakin tua umur batuan makin dalam penimbunan yang terjadi, sehingga terbentuk batubara yang bermutu tinggi. Tetapi pada batubara yang mempunyai umur geologi lebih tua selalu ada resiko mengalami deformasi tektonik yang membentuk struktur perlipatan atau patahan pada lapisan batubara. Di samping itu faktor erosi akan merusak semua bagian dari endapan batubara.

e. Umur Geologi

Proses geologi menentukan berkembangnya evolusi kehidupan berbagai macam tumbuhan. Masa perkembangan geologi secara tidak langsung membahas sejarah pengendapan batubara dan metamorfosa organik. Makin tua umur batuan makin dalam penimbunan yang terjadi, sehingga terbentuk batubara yang bermutu tinggi. Tetapi pada batubara yang memiliki umur geologi lebih tua selalu ada deformasi tektonik yang membentuk struktur dan perlipatan atau patahan pada lapisan batubara. Disamping itu faktor erosi akan merusak semua bagian dari endapan batubara.

f. Tumbuhan

Flora merupakan unsur utama pembentukan batubara. Pertumbuhan dari flora terakumulasi pada suatu lingkungan dan zona fisiografi dengan iklim dan topografi tertentu. Flora merupakan faktor penentu terbentuknya berbagai tipe batubara. Evolusi dari kehidupan menciptakan kondisi yang berbeda selama masa sejarah geologi. Mulai dari paleozoic hingga Devon, flora belum tumbuh dengan baik.

Setelah Devon pertama kali terbentuk lapisan batubara di daerah laguna yang dangkal. Periode ini merupakan titik awal dari pertumbuhan flora secara besar - besaran dalam waktu singkat pada setiap kontinen. Hutan tumbuh dengan subur selama masa Karbon. Pada masa Tersier merupakan perkembangan yang sangat luas dari berbagai jenis tanaman.

g. Dekomposisi Flora

Dekomposisi flora yang merupakan bagian dari transformasi biokimia dari material organik merupakan titik awal untuk seluruh alterasi. Dalam pertumbuhan gambut, sisi tumbuhan akan mengalami perubahan, baik secara fisik maupun kimiawi. Setelah tumbuhan mati proses degradasi biokimia lebih berperan. Proses pembusukan (*decay*) akan terjadi oleh kerja mikrobiologi (bakteri anaerob). Bakteri ini bekerja dalam suasana tanpa oksigen menghancurkan bagian yang lunak dari tumbuhan secara *cellulosa*, protoplasma dan pati. Dari proses di atas terjadi perubahan dari kayu menjadi lignit dan batubara berbitumen. Dalam suasana kekurangan oksigen terjadi proses biokimia yang berakibat keluarnya air (H_2O) dan sebagian unsur karbon akan hilang dalam bentuk karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO) dan metan (CH_4). Akibat pelepasan unsur atau senyawa tersebut jumlah relatif unsur karbon akan bertambah. Kecepatan pembentukan gambut bergantung pada kecepatan perkembangan tumbuhan dan proses pembusukan. Bila tumbuhan tertutup oleh air dengan cepat, maka akan terhindar oleh proses

pembusukan, tetapi disintegrasi dan penguraian oleh mikroorganisme. Bila tumbuhan yang telah mati terlalu lama berada di udara terbuka, maka kecepatan pembentukan gambut akan berkurang, sehingga hanya bagian keras saja tertinggal yang menyulitkan penguraian oleh mikroorganisme.

h. Sejarah Sesudah Pengendapan

Sejarah cekungan batubara secara luas bergantung pada posisi geotektonik yang mempengaruhi perkembangan batubara dan cekungan batubara. Secara singkat terjadi proses geokimia dan metamorfosa organik setelah pengendapan gambut. Di samping itu sejarah geologi endapan batubara, berupa perlipatan, pensesaran, intrusi magnetik dan sebagainya.

i. Struktur Cekungan Batubara

Terbentuknya batubara pada cekungan batubara pada umumnya mengalami deformasi oleh gaya tektonik, yang akan menghasilkan lapisan batubara dengan bentuk - bentuk tertentu. Di samping itu adanya erosi yang intensif menyebabkan bentuk lapisan batubara tidak menerus.

j. Metamorfosa Organik

Tingkat pembentukan adalah penimbunan atau penguburan oleh sedimen baru. Pada tingkat ini proses degradasi biokimia tidak berperan lagi tetapi lebih didominasi oleh proses dinamokimia. Proses ini menyebabkan terjadinya perubahan gambut menjadi

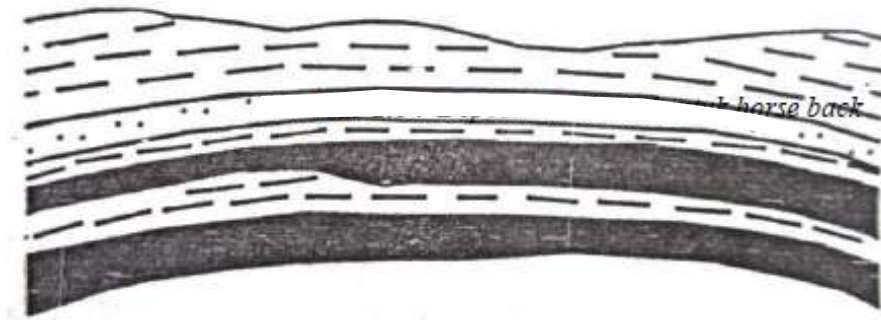
batubara dalam berbagai mutu. Selama proses ini terjadi pengurangan air lembab oksigen dan zat terbang (seperti CO₂, CO), CH₄ dan gas lainnya) serta bertambahnya prosentase karbon padat, belerang dan kandungan abu. Perubahan batubara diakibatkan oleh faktor tekanan dan waktu. Tekanan dapat disebabkan oleh lapisan sedimen penutup yang sangat tebal atau karena tektonik. Hal ini menyebabkan bertambahnya tekanan dan percepatan proses metamorfosa organik. Proses metamorfosa organik akan dapat mengubah gambut menjadi batubara sesuai dengan perubahan sifat kimia, fisika dan optiknya.

4. Bentuk Lapisan Batubara

Bentuk cekungan, proses sedimentasi, proses geologi selama dan sesudah proses pembatubaraan akan menentukan lapisan batubara. Mengetahui bentuk lapisan batubara sangat menentukan dalam menghitung cadangan dan merencanakan cara penambangannya. Berikut ini beberapa bentuk dari lapisan batubara:

a. Bentuk *Horse Back*

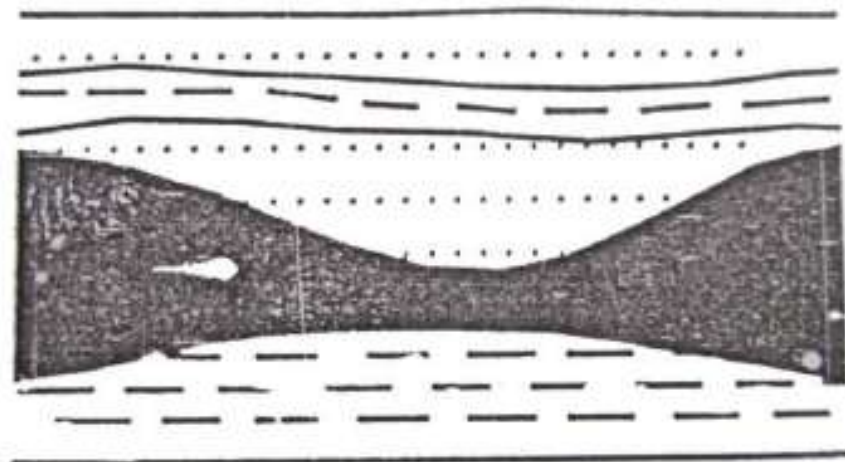
Bentuk ini dicirikan oleh perlapisan batubara dan batuan yang menutupinya melengkung ke arah atas akibat gaya kompresi. Ketebalan ke arah lateral lapisan batubara kemungkinan sama ataupun menjadi lebih kecil atau menipis. Bentuk batubara ini terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk lapisan batubara *hoorse back*

b. 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 di atas lapisan batubara secara setempat ditutupi oleh batupasir yang secara lateral merupakan pengisian suatu alur. Lapisan ini terlihat ada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk lapisan batubara *pinch*

c. Bentuk *Clay Vein*

Bentuk ini terjadi apabila diantara 2 bagian deposit batubara terdapat urat lempung. Bentuk ini terjadi apabila pada satu seri deposit batubara mengalami patahan, kemudian pada bidang patahan yang

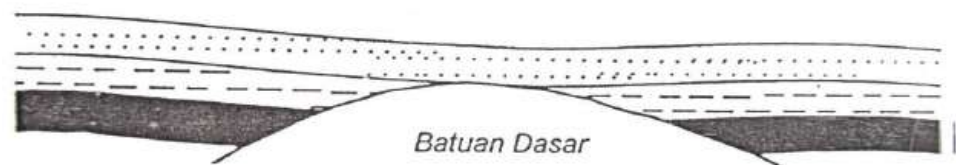
merupakan rekahan terbuka terisi oleh material lempung atau pasir, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Bentuk lapisan batubara *clay vein*

d. Bentuk *Burried Hill*

Bentuk ini terjadi apabila di daerah dimana batubara semua terbentuk, terdapat suatu kulminasi sehingga lapisan batubara seperti terintrusi (diterobos). Bentuk lapisan batubara *burried hill* ini terlihat pada Gambar 8.

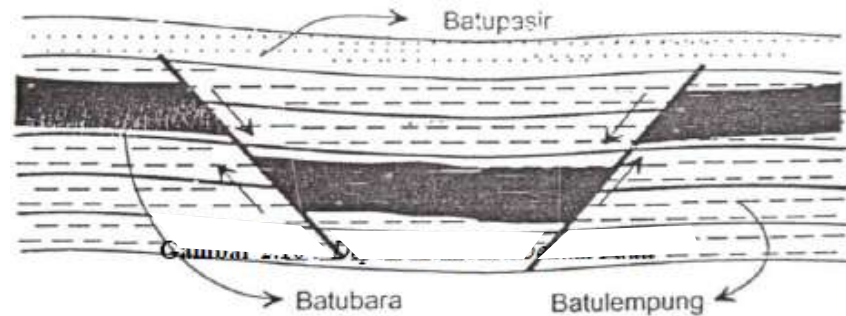


Gambar 8. Bentuk lapisan batubara *burried hill*

e. Bentuk *Fault*

Bentuk ini terjadi apabila di daerah dimana deposit batubara mengalami beberapa seri patahan. Keadaan ini akan mangacaukan di dalam perhitungan cadangan, akibat adanya perpindahan perlapisan akibat pergeseran ke arah vertikal. Dalam melakukan eksplorasi batubara di daerah yang banyak gejala patahan harus dilakukan dengan tingkat etelitian yang tinggi. Pada daerah seperti ini disamping kegiatan pemboran, maka penyelidikan geofisika sangat membantu di

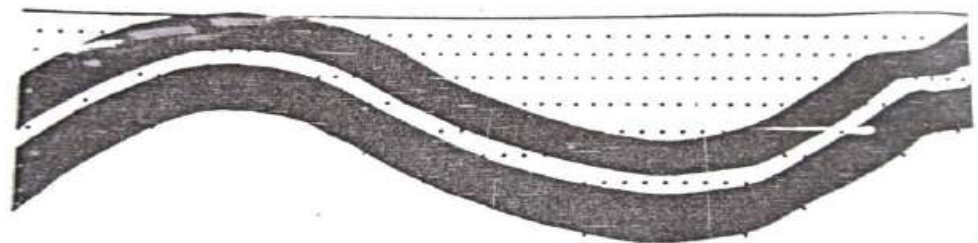
dalam melakukan interpretasi dan korelasi lubang pemboran. Bentuk lapisan ini ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk lapisan batubara *fault*

f. Bentuk *Fold*

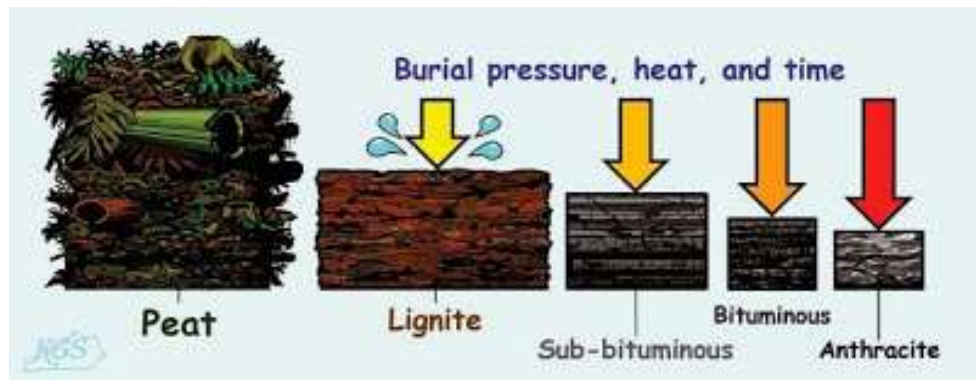
Bentuk ini terjadi apabila di daerah dimana deposit batubara mengalami perlipatan. Semakin intensif gaya yang bekerja, pembentukan perlipatan akan semakin kompleks. Dalam melakukan eksplorasi batubara di daerah yang banyak gejala perlipatan, apalagi bila di daerah tersebut juga terjadi patahan, harus dengan ketelitian yang tinggi. Untuk daerah seperti ini disamping kegiatan pemboran, maka penyelidikan geofisika sangat membantu di dalam melakukan interpretasi dan korelasi antar lubang pemboran. Gambar 10 menggambarkan bentuk dari perlapisan batubara bentuk *fold*.



Gambar 10. Bentuk lapisan batubara *fold*

5. Jenis Batubara dan Sifatnya

Dari tinjauan beberapa senyawa dan unsur yang terbentuk pada saat proses *coalification* (proses pembatubaraan), maka dapat dikenal beberapa jenis batubara, yaitu peat, lignit, *sub-bituminous*, *bituminous* dan antrasit, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Jenis-jenis batubara

a. Antrasit

Antrasit merupakan kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86-98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%. Nilai panas yang dihasilkan hampir 15.000 BTU per pon.

Ciri-ciri :

- warna hitam mengkilat
- material terkompaksi dengan kuat
- mempunyai kandungan air rendah
- mempunyai kandungan karbon padat tinggi
- mempunyai kandungan karbon terbang rendah
- relatif sulit teroksidasi
- nilai panas yang dihasilkan tinggi

b. Bituminus

Bituminus mengandung 68-86% unsur karbon (C) serta berkadar air 8 - 10% dari beratnya. Nilai panas yang dihasilkan antara 10.500 - 15.500 BTU per pon.

Ciri-ciri :

- warna hitam
- material sudah terkompaksi
- mempunyai kandungan air yang sedang
- mempunyai kandungan karbon padat sedang
- mempunyai kandungan karbon terbang sedang
- sifat oksidasi menengah
- nilai panas yang dihasilkan sedang

c. Sub-Bituminus

Sub-bituminus mengandung sedikit karbon dan banyak air, oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus, dengan kandungan karbon 35-45% dan menghasilkan nilai panas antara 8.300 hingga 13.000 BTU per pon. Meskipun nilai panasnya rendah, batubara ini umumnya memiliki kandungan belerang yang lebih rendah daripada jenis lainnya, yang membuatnya disukai untuk dipakai karena hasil pembakarannya yang lebih bersih.

Ciri-ciri :

- warna hitam
- material sudah terkompaksi

- mempunyai kandungan air yang sedang
- mempunyai kandungan karbon padat sedang
- mempunyai kandungan karbon terbang sedang
- sifat oksidasi menengah
- nilai panas yang dihasilkan sedang

d. Lignit atau Batubara Coklat

Lignit atau biasa dikenal dengan *brown coal* adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya. Lignit merupakan batubara geologis muda yang memiliki kandungan karbon terendah, 25-35%. Nilai panas yang dihasilkan berkisar antara 4.000 hingga 8.300 BTU per pon (Sukandarrumidi, 1995)

Ciri-ciri :

- warna kecoklatan
- material terkompaksi namun sangat rapuh
- mempunyai kandungan air yang tinggi
- mempunyai kandungan karbon padat rendah
- mempunyai kandungan karbon terbang tinggi
- mudah teroksidasi
- nilai panas yang dihasilkan rendah

e. Gambut (C₆₀H₆O₃₄)

Gambut berpori dan memiliki kadar air diatas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

Ciri-ciri :

- warna coklat
- material belum terkompaksi
- mempunyai kandungan air yang sangat tinggi
- mempunyai kandungan karbon padat yang sangat rendah
- mempunyai kandungan karbon terbang sangat tinggi
- sangat mudah teroksidasi
- nilai panas yang dihasilkan amat rendah

B. Well Logging (Log Sumur)

Logging adalah pengukuran satu atau lebih kuantitas fisik di dalam atau di sekitar lubang sumur relatif terhadap kedalaman sumur atau terhadap waktu atau kedua - duanya. Kata *logging* berasal dari kata Bahasa Inggris "*log*" yang berarti catatan atau rekaman. Data "*wireline logs*" di ambil di dalam sumur memakai alat yang disebut "*logging tool*", ditransmisikan lewat kabel konduktor listrik (disebut *wireline*) ke atas permukaan untuk direkam dan diolah (Samperuru, 2005).

Proses logging saat pengeboran terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengukuran *wireline logging* sumur eksplorasi (Martono, 2004)

Menurut Mares (1984) well logging merupakan suatu pencatatan perekaman, penggambaran sifat, karakter, ciri, data, keterangan, dan urutan bawah permukaan secara bersambung dan teratur selaras dengan majunya peralatan yang dipakai. Sedangkan Musset (2001), berpendapat bahwa well logging adalah salah satu metode geofisika yang relatif akurat dalam penentuan kedalaman dan ketebalan suatu lapisan dengan menggunakan kombinasi gamma ray dan densitas.

Metode well logging bekerja dengan cara mengirimkan sinyal radioaktif ke dalam lapisan bumi yang telah digali berupa lubang bor dan menangkap kembali respon tersebut. Formasi batuan yang mengandung unsur-unsur radioaktif akan memancarkan radiasi dimana intensitas radiasi tersebut akan diterima oleh detektor. Hasil penerimaan detektor langsung dapat dilihat berupa grafik log gamma ray dan log densitas yang siap untuk diinterpretasi (Haryono, 2010).

Terdapat beberapa Jenis *log* yang digunakan dalam eksplorasi geofisika diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Log Gamma Ray (Log Sinar Gamma)

Log Gamma Ray adalah metoda untuk mengukur radiasi sinar gamma yang dihasilkan oleh unsur - unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan di sepanjang lubang bor. Unsur radioaktif yang terdapat dalam lapisan batuan tersebut diantaranya *Uranium, Thorium, Potassium, Radium*, dan lain - lain. Unsur radioaktif umumnya banyak terdapat dalam *shale* dan sedikit sekali terdapat dalam *sandstone, limestone, dolomite, coal, gypsum*, dan lain - lain. Oleh karena itu *shale* akan memberikan respon *Gamma Ray* yang sangat signifikan dibandingkan dengan batuan yang lainnya (Abdullah, 2009).

Mengutip Haryono (2010), log gamma ray adalah suatu kurva dimana kurva tersebut menunjukkan besaran intensitas radioaktif yang ada dalam formasi batuan, sehingga log gamma ray berguna untuk mendeteksi adanya endapan-endapan mineral radioaktif seperti Uranium, Thorium, dan Potasium. Prinsip log gamma ray adalah perekaman radioaktif alami bumi, yang secara kontinu memancarkan sinar gamma dalam bentuk pulsa-pulsa energi radiasi tinggi.

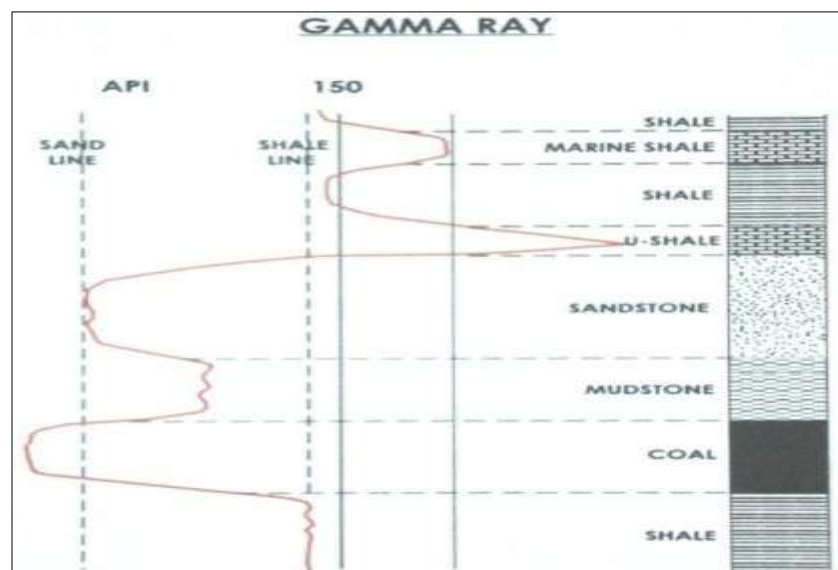
Sinar gamma merupakan sinar elektromagnet yang mampu menembus batuan sampai pada ketebalan tertentu dan akan dideteksi oleh sensor yang berupa detektor sintilasi. Parameter yang direkam adalah jumlah dari pulsa yang dicatat per satuan waktu atau yang sering disebut sebagai cacah gamma ray. Terbentuknya sinar gamma merupakan hasil disintegrasi inti atom, dimana inti atom akan membentuk inti-inti baru dengan tingkat energi yang tinggi.

Penentuannya berdasarkan pada ketersediaan konsentrasi uranium. Sumber dari *gamma ray* adalah potassium atau lebih khusus lagi berasosiasi dengan isotop K^{40} . Potasium umumnya terdapat pada *shale/clay* sehingga pengukuran *gamma ray* biasanya digunakan untuk mengevaluasi kandungan *shale/clay* (BPB manual, 1981) dalam (Haryono, 2010).

Caranya *gamma* alami dipancarkan oleh sumber radioaktif, karena ada perbedaan kandungan mineral lempung dari tiap batuan maka pancaran sinar balik yang terekam akan berbeda, dari perbedaan ini akhirnya litologinya dapat ditentukan. Dalam penentuan lapisan batuan pembawa batubara, garis *shale* adalah respon tetapan harga 100% pada *log*, sehingga selalu dapat

ditentukan. Pembacaan lebih kecil dari besaran garis *shale* berarti bertambahnya keberadaan batupasir, batugamping dan batubara, sedangkan pembacaan diatas garis *shale* menunjukkan lapisan marin (*marine bands*) atau konsentrasi uranium (BPB manual, 1981) mengutip (Haryono, 2010).

Penggambaran garis batupasir berada dibawah garis batupasir biasanya menunjukkan batubara atau batugamping. Untuk *defleksi* diantara garis *shale* dan batupasir menunjukkan gradasi antara batupasir dan *shale*, seperti batulanau, batugamping *argilaceous* dan kadang batubara kotor sebagaimana yang terlihat pada Gambar 13 (BPB manual, 1981).

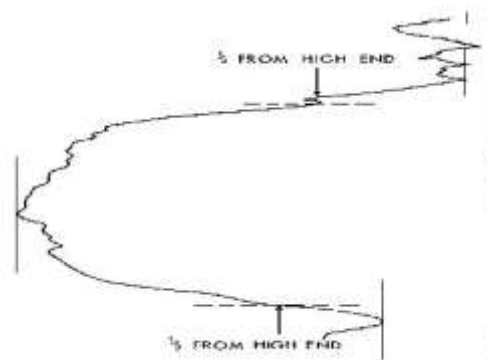


Gambar 13. Respon litologi yang umumnya dijumpai pada lapisan pembawa batubara dengan metode log gamma ray (BPB manual, 1981).

Skala untuk log gamma ray adalah dalam satuan API (*American Petroleum Institute*), dimana tipikal kisaran API biasanya berkisar antara 0 sampai dengan 150. Satu API sama dengan satu per dua ratus dari tanggapan yang diperoleh dari kalibrasi standar suatu formasi. Manfaat dari log gamma ray ini antara lain adalah untuk korelasi antar lubang bor dan untuk memastikan

batas antar lapisan batuan.

Cara pembacaan respon log gamma ray untuk mendapatkan batas litologi adalah dengan menetapkan titik batas antara lapisan batubara dengan batuan lain yaitu pada $\frac{1}{3}$ dari atas dan bawah menuju garis puncak seperti terlihat pada Gambar 14. Cara ini merupakan aturan yang digunakan untuk mendapatkan ketelitian batas litologi.



Gambar 14. Penentuan tebal lapisan batubara berdasarkan log gamma ray

Hal yang perlu dilakukan dalam penggunaan gamma ray sebagai bahan korelasi antar lubang bor adalah kecepatan penurunan probe ke dalam lubang bor harus diusahakan agar selalu konstan, yaitu sekitar 5 sampai 6 meter per menit. Penurunan probe yang terlalu cepat akan memberikan respon yang cenderung rata, sehingga kepekaan pembacaan grafik terhadap perubahan litologi akan semakin kecil. Sebaliknya selang waktu penurunan probe yang terlalu lambat akan menampilkan perubahan-perubahan kurva yang terlalu kecil, sehingga perbedaan yang terjadi akan sulit terbaca.

Pada batuan sedimen unsur-unsur radioaktif banyak terkonsentrasi dalam shale dan clay, sehingga besar kecilnya intensitas radioaktif akan

menunjukkan ada tidaknya mineral-mineral tersebut. Pada formasi permeabel tingkat radiasi gamma ray akan lebih rendah, sehingga kurva tersebut dapat memperlihatkan adanya pemisah antar lapisan. Tabel 1 memperlihatkan respon litologi tiap lapisan batuan untuk beberapa tipe log.

Tabel 1. Respon litologi per lapisan batuan (Haryono, 2010)

	<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	High	Low – Middle	Low	Low
SP	Low	Low	Low	High
Sonic	Large	-	-	-
Neutron	Large	-	-	-

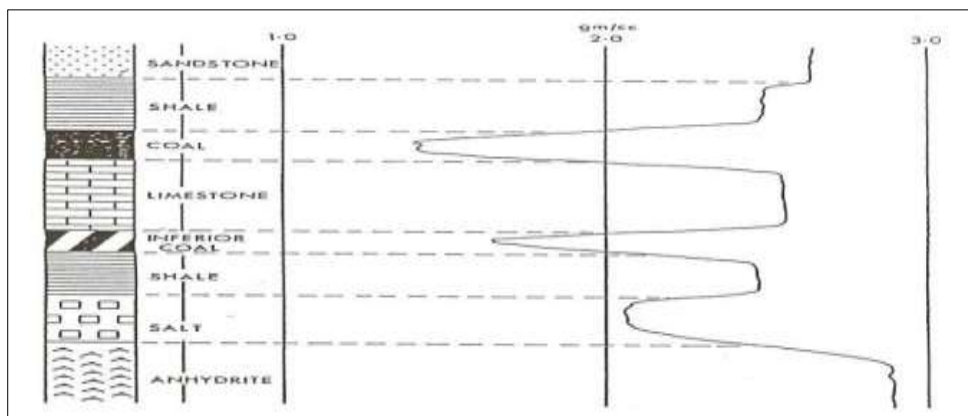
2. *Log Density (Log Rapat Massa)*

Prinsip kerja log density menurut Harsono (1993) yaitu suatu sumber radioaktif dari alat pengukur di pancarkan sinar gamma dengan intensitas energi tertentu menembus formasi/batuan. Batuan terbentuk dari butiran mineral, mineral tersusun dari atom-atom yang terdiri dari *proton* dan *elektron*. Partikel sinar *gamma* membentur *elektron-elektron* dalam batuan. Akibat benturan ini sinar *gamma* akan mengalami pengurangan energi (*lose energy*). Energi yang kembali sesudah mengalami benturan akan diterima oleh detektor yang berjarak tertentu dengan sumbernya. Makin lemahnya energi yang kembali menunjukkan makin banyaknya *elektron-elektron* dalam batuan, yang berarti makin banyak/padat butiran/mineral penyusun batuan persatuan volume. Besar kecilnya energi yang diterima oleh detektor tergantung dari :

- Besarnya densitas matriks batuan.
- Besarnya porositas batuan.
- Besarnya densitas kandungan yang ada dalam pori-pori batuan.

Volume batuan yang diselidiki oleh alat *density log* tergantung pada jarak antara sumber radioaktif dan detektor. Untuk batuan yang tidak memerlukan resolusi tinggi, lebih baik menggunakan jarak antara sumber dan detektor agak jauh yaitu *long spacing density tool* (BPB manual, 1981).

Respon kerapatan di atas lapisan batubara agak unik disebabkan kerapatan batubara yang rendah. Hal ini akan mendekati kebenaran apabila batubara berkualitas rendah. Pada defleksi *gamma ray*, batubara dan batupasir adalah serupa, tapi menunjukkan perubahan kerapatan yang kuat pada *log density* (Gambar 15), sehingga dapat dibedakan (BPB manual, 1981).

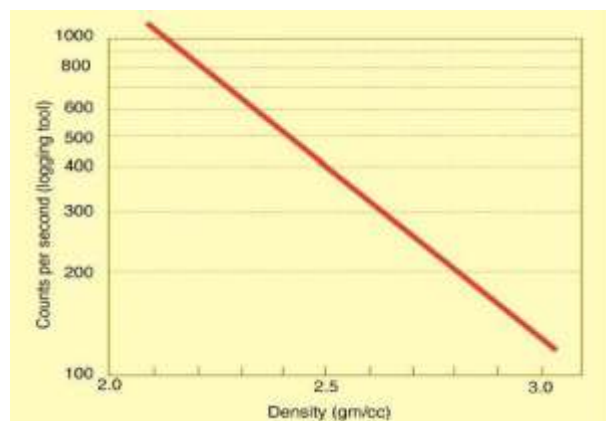


Gambar 15. Respon litologi yang umumnya dijumpai pada lapisan pembawa batubara dengan metode *log density* (BPB manual, 1981).

Berdasarkan Gambar 15. terlihat bahwa batubara mempunyai nilai densitas antara 1,2 s/d 1,8 gr/cc yang berarti densitas terendah diantara semua batuan kecuali bila dibandingkan dengan densitas dari air dan gas yang berada di bawahnya.

Dalam densitas log 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 batuan (ρ_b). pada penelitian yang dilakukan, satuan dari log densitas adalah *counts per second* (CPS) untuk memudahkan perhitungan maka dilakukan kalibrasi satuan dari CPS ke gr/cc nilai satuan CPS berbanding terbalik dengan nilai satuan gr/cc. Apabila defleksi log dalam satuan CPS menunjukkan nilai yang tinggi, maka akan menunjukkan nilai yang rendah dalam satuan gr/cc.

Pemanahan adalah apabila nilai dalam CPS tinggi berarti sinyal radioaktif yang ditangkap kembali oleh sensor juga tinggi, hal ini disebabkan sinyal radioaktif yang mengukur kerapatan elektron batuan hanya sedikit, karena kerapatan elektron batuan hanya sedikit atau rendah maka nilai kerapatan massa batuan dalam gr/cc juga rendah, sebaliknya apabila nilai dalam CPS rendah berarti sinyal radioaktif yang mengukur kerapatan elektron batuan lebih banyak atau tinggi sehingga rapat massa batuan dalam gr/cc juga lebih tinggi, sebagaimana terlihat pada grafik Gambar 16.



Gambar 16. Hubungan antara satuan CPS dan gram/cc menurut (Warren,2002) yang telah dimodifikasi.

Berdasarkan gambar tersebut dapat diperoleh rumus sebagai berikut:

$$Y = 177598 e^{-2.4325X}$$

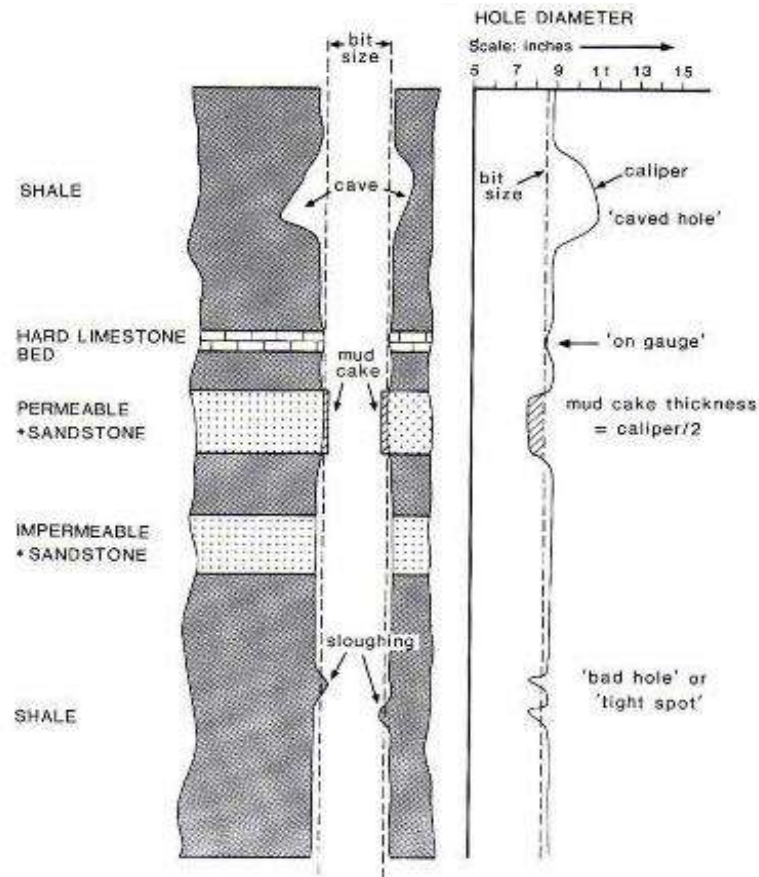
Keterangan :

Y : nilai densitas dalam satuan CPS X : nilai densitas dalam satuan gr/cc
dan secara manual kurva hubungan antara satuan CPS dengan gr/cc
(Warren, 2002) dapat dilihat pada (lampiran gambar kurva).

Log density terdiri dari 2 macam yaitu *Long Spacing Density (LSD)* dan *Short Spacing Density (SSD)* atau *Bed Resolution Density (BRD)*. *Long spacing density* digunakan untuk evaluasi lapisan batubara karena menunjukkan densitas yang mendekati sebenarnya berkat pengaruh yang kecil dari dinding lubang bor. Sedangkan *Short spacing density* mempunyai resolusi vertikal yang tinggi, maka cocok untuk pengukuran ketebalan lapisan batubara.

3. *Log Caliper*

Pada *logging out casing*, *log* ini mengukur diameter lubang sumur yang bervariasi yang diakibatkan adanya variasi lapisan. Pada lapisan *shale* permeabilitasnya mendekati nol sehingga tak terjadi kerak lumpur dan sering terjadi keruntuhan sehingga diameternya menjadi lebih besar. Pada lapisan permeabel terjadi kerak lumpur sehingga diameter lubang sumur menjadi lebih kecil, sedangkan pada lapisan kompak tak terjadi kerak lumpur dan terjadi pula keruntuhan sehingga diameternya sama dengan diameter semula. Jadi *log* ini juga berguna untuk menentukan adanya lapisan permeabel. Gambaran lubang bor oleh *log Caliper* dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Log Caliper yang menggambarkan keadaan diameter borehole (Martono, 2004).

C. Stripping Ratio

Dalam menganalisis nilai potensialitas seam Batubara di suatu area penelitian dapat dilakukan langkah – langkah dalam uraian berikut ini;

1. Faktor Volume

Faktor volume merupakan tahap awal dalam penentuan *Stripping Ratio*. Penampang litologi pemboran menunjukkan formasi litologi yang ditembus dan ketebalan masing - masing formasi litologi. Dari informasi tersebut, dilakukan identifikasi ketebalan tanah penutup dan batubara. Untuk batubara dengan sistem perlapisan *multiseam*, dilakukan penjumlahan total ketebalan untuk seluruh seam. Prosedur

ini berlaku untuk seluruh lubang bor. Perbedaan ketebalan dari tanah penutup dan batubara berpengaruh terhadap elevasi batas atas dan batas bawah keduanya. Dalam kasus ini batasan antara batubara dan batubara diasumsikan jelas.

2. Faktor Tonase

Pada industri pertambangan, penjualan bahan galian dan kapasitas produksi dilakukan selain atas dasar volume juga dilakukan atas dasar berat dari bahan galian tersebut. Konversi dari volume ke berat harus dilakukan dalam kaitannya dengan kegiatan pemuatan, pengangkutan maupun untuk kegiatan pengolahan. Dalam perhitungan cadangan, tanah penutup yang akan dikupas maupun batubara yang akan ditambang dihitung dalam satuan berat (tonase). Konversi satuan volume ke satuan berat dilakukan dengan bantuan suatu faktor tonase. Faktor tonase yang dimaksud adalah Densitas.

Besar nilai Densitas untuk setiap material berbeda-beda. Umumnya satuan yang digunakan untuk densitas antara lain gram/cm^3 , pound/feet^3 dan ton/meter^3 . Nilai Densitas untuk tanah penutup (humus dan lempung) sekitar sebesar $1,365 \text{ ton/m}^3$ dan Densitas batubara sebesar $1,3 \text{ ton/m}^3$.

Berat (tonase) tanah penutup yang akan dikupas maupun batubara yang akan ditambang diperoleh dengan mengalikan volume keduanya dengan Densitas masing-masing. Perhitungan tonase dinyatakan pada persamaan berikut :

Tonase = Volume * Densitas

3. Nisbah Pengupasan

Salah satu cara menguraikan efisiensi geometri dari operasi penambangan Berdasarkan nisbah pengupasan. Nisbah pengupasan (*Stripping Ratio*) menunjukkan perbandingan antara volume tanah penutup dengan volume Batubara atau tonase tanah penutup dengan tonase batubara pada areal yang akan ditambang.

Rumusan umum yang sering digunakan untuk menyatakan perbandingan ini dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\textit{Stripping Ratio} = \text{Tanah Penutup (ton)} / \text{Batubara (ton)}$$

Perbandingan antara tanah penutup dengan batubara juga dapat dinyatakan Melalui perbandingan volume dengan rumusan seperti berikut ini: $\textit{Stripping Ratio} = \text{Tanah Penutup (m}^3\text{)} / \text{Batubara (m}^3\text{)}$.

Dalam dunia tambang perbandingan tebal lapisan ini disebut sebagai *Stripping Ratio*. Secara mudah bisa dikatakan *SR* akan menentukan berapa banyak *Overburden* yang harus “dikupas” untuk mendapatkan batubara. Ilustrasi nya, dengan $SR = 15$, *Overburden (OB)* yang harus dikupas adalah 15 ton atau 15 m³ untuk mendapatkan 1 ton atau m³ batubara. Makin besar *SR* maka akan semakin besar biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan 1 ton atau m³ batubara karena harus membuang lebih banyak *Overburden* (Aziz, 2011).

D. Analisis Kelayakan Tambang Batubara

Analisa kelayakan ekonomi tambang adalah suatu kegiatan yang dimaksudkan dan bertujuan untuk menilai layak atau tidaknya usaha penambangan batubara.

Hal-hal yang menjadi dasar analisa adalah sebagai berikut:

1. Cadangan

Dalam hal penentuan cadangan, langkah yang perlu diperhatikan antara lain:

- a. Memadai atau tidaknya kegiatan dan hasil eksplorasi.
- b. Kebenaran penyebaran dan kualitas cadangan berdasarkan korelasi seluruh data eksplorasi seperti pemboran, analisis contoh, dll.
- c. Kelayakan penentuan batasan cadangan, seperti stripping ratio, kedalaman maksimum penambangan, ketebalan minimum dan sebagainya bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi dan sebaran batubara bawah permukaan.

2. Target Produksi

Pada penentuan target produksi diuraikan faktor-faktor yang menentukan besarnya target produksi yang direncanakan serta alasan penentuan jumlah target produksi.

3. Aspek Pasar dan Pemasaran Produk

Dalam analisa kelayakan ekonomi kita perlu memberikan gambaran proyeksi permintaan batubara dimasa yang akan datang serta tujuan pemasaran. Untuk memberikan gambaran tentang perkembangan pasar

sehingga pembuatan analisa kelayakan, kita juga perlu mengetahui tingkat kebutuhan negara-negara pengimpor batubara serta negara tujuan untuk pemasaran produk.

4. Proyeksi Jumlah Batubara

Perusahaan memproyeksikan jumlah permintaan batubara selama umur tambang baik secara keseluruhan maupun menurut segmen-segmen pasar. Perusahaan harus terlebih dahulu mengetahui harga pasaran batubara lalu memberikan gambaran tujuan pemasaran dengan mempertimbangan berbagai aspek ekonomi berdasarkan tingkat permintaan pasar dan teknis pemasaran.

5. Faktor Persaingan

Indonesia bukanlah satu-satunya negara pengekspor batubara sehingga perlu diperhatikan faktor persaingan agar tidak kehilangan pasar. Perusahaan harus mengetahui kekuatan dan kelemahan mereka dibandingkan dengan pesaingnya. Dalam analisa kelayakan ekonomi juga perlu diperkirakan suasana persaingan dimasa yang akan datang, baik antar perusahaan dalam negeri maupun perusahaan dari negara pengekspor lainnya.

6. Perkembangan Harga Batubara

Dalam analisa kelayakan ekonomi juga mengantisipasi perkembangan harga untuk penjualan batubara dengan kondisi ekonomi dalam negeri. Pada analisa kelayakan ekonomi juga perlu memperhatikan harga batubara pada masa lampau dan memperkirakan harga batubara pada masa

akan datang serta mengantisipasi penurunan harga penjualan batubara setiap tahunnya.

7. Rencana Pemasaran Batubara

Dalam analisa kelayakan ekonomi juga perlu membahas rencana pemasaran baik tujuan pemasaran maupun strategi pemasaran agar mampu bersaing di pasar. Selain itu juga perlu membahas target produksi batubara agar bisa memperkirakan anggaran penjualan batubara selama umur tambang.

8. Aspek Teknis dan Teknologi

Pada analisa kelayakan ekonomi kita juga perlu mengevaluasi berbagai macam hal yang bersangkutan dengan kapasitas produksi, teknis penambangan yang digunakan, jumlah peralatan dan jenis alat yang digunakan dan tenaga kerja langsung serta modal yang digunakan.

9. Teknis Penambangan

Dalam penentuan/pemilihan sistem penambangan yang akan digunakan ada beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya adalah:

- a. Karakteristik ruang dari endapan/deposit (ukuran, bentuk, letak dan kedalaman endapan). Jika letak endapan terlalu dalam dengan jumlah yang cukup besar maka sebaiknya dilakukan penambangan bawah tanah karena apabila dilakukan penambangan dengan sistem tambang terbuka maka akan memakan ongkos yang besar dalam pengupasan overburden sebaliknya apabila letak endapan tidak dalam maka sebaiknya dilakukan penambangan dengan sistem tambang terbuka

karena sistem tambang terbuka biayanya lebih kecil dari tambang bawah tanah.

- b. Sifat-sifat fisik dari endapan/deposit dan batuan sekitarnya. Batuan sekitar sangat mendukung dalam pemilihan sistem penambangan karena cukup berperan dalam kekuatan bench atau terowongan.
- c. Air tanah dan kondisi hidrologis. Jika areal yang akan ditambang mengandung air tanah yang cukup tinggi maka akan berpengaruh pada pengadaan pompa dan kondisi jalan.
- d. Faktor ekonomi (kadar, ongkos penambangan, produksi dll). Sistem penambangan bawah tanah mempunyai ongkos yang lebih besar dari pada sistem tambang terbuka jadi perusahaan lebih banyak yang memilih sistem tambang terbuka.
- e. Faktor lingkungan. Sistem penambangan bawah tanah lebih ramah lingkungan sehingga lebih disarankan menggunakan sistem tambang bawah tanah tapi melihat dari ongkos yang cukup besar sehingga perusahaan lebih banyak menggunakan tambang terbuka.

10. Teknologi

Teknologi dan alat-alat yang digunakan tergantung pada beberapa faktor yaitu :

- a. Umur tambang
- b. Sistem penambangan
- c. Modal yang tersedia
- d. Kadar batubara

11. Sumber Daya Manusia

Untuk menyusun anggaran tahunan perlu dievaluasi segala sesuatu yang berhubungan dengan kebutuhan tenaga kerja untuk dipekerjakan pada perusahaan.

12. Kebutuhan Tenaga Kerja

Pada kebutuhan tenaga kerja akan dibahas beberapa hal yaitu :

- a. Jumlah kualifikasi tenaga kerja
- b. Struktur organisasi
- c. Penjelasan perihal jumlah dan kualifikasi tenaga kerja serta manajemen yang diperlukan untuk mengisi struktur organisasi tersebut.

13. Sumber Tenaga Kerja Dan Gaji Karyawan

Uraian tenaga kerja yang diharapkan, jenis dan besar gaji masing-masing karyawan berdasarkan jabatannya. Agar tidak terjadi konflik antara perusahaan dengan masyarakat setempat tentu perusahaan perlu memperhatikan keadaan penduduk sekitar seperti penyerapan tenaga kerja dari penduduk sekitar. Untuk kemajuan perusahaan tentunya perusahaan juga tidak dapat mengandalkan penduduk sekitar dan harus mendatangkan tenaga ahli yang berasal dari berbagai daerah.

14. Aspek keuangan dan Ekonomi

Dalam analisa kelayakan hal terpenting yang perlu dibahas adalah aspek keuangan dan ekonomi. Anggaran investasi untuk membangun dan mengoperasikan tambang terdiri dari modal tetap dan modal kerja awal.

- a. Modal tetap

Modal tetap adalah modal yang digunakan untuk kebutuhan biaya penambangan seperti : biaya perijinan, biaya eksplorasi, biaya amdal, biaya masa konstruksi, biaya kebutuhan peralatan, biaya jaminan reklamasi, biaya pembelian sarana pemantauan dan pengelolaan lingkungan, dll.

b. Modal Kerja

Modal Kerja adalah modal yang digunakan untuk keperluan biaya operasi penambangan seperti : biaya administrasi, biaya operasi penambangan, gaji karyawan, upah buruh dan biaya penambangan yang lain.

15. Inflasi

Fenomena kenaikan harga-harga pada sebuah lingkup ekonomi, tingkat inflasi biasanya diberikan dalam persentase. Jika inflasi pada sebuah tahun adalah 10% maka rata-rata harga barang pada akhir tahun lebih mahal 10% dari pada awal tahun atau dengan kata lain, nilai yang bisa dibeli sejumlah uang berkurang 10% pada akhir tahun dibanding awal tahun.

Inflasi dihitung secara statistik dengan mengambil sampel harga-harga dipasaran. Karena itu bisa saja perhitungan inflasi dari dua buah pihak berbeda antara satu dan yang lainnya. Perbedaan ini disebabkan oleh faktor perbedaan cara pengambilan data, metodologi yang berbeda, fokus perhitungan, serta waktu pengambilan sampel yang berbeda.

16. Deflasi

Deflasi adalah kebalikan dari inflasi yaitu penurunan harga-harga. Pada keadaan deflasi pendapatan nasional berkurang dengan demikian turun

pula tingkat kehidupan rata-rata sebagai akibat dari pada fakta bahwa kesibukan umum terus menerus hingga tingkat yang makin rendah. Semua orang yang berpendapat tetap seperti para pegawai negeri sipil dan para pekerja tertentu menikmati keuntungan berupa harga-harga yang menurun, sebaliknya menurunnya harga mengurangi gairah industri hingga terjadi pengangguran. Ciri-ciri terjadinya deflasi dapat dilihat dari gejala-gejala seperti : penurunan produksi dan kesempatan kerja, penurunan harga, perbaikan neraca perdagangan. Penurunan harga secara umum mengakibatkan pincangnya perimbangan-perimbangan pendapatan ekonomi.

17. Pajak

Pajak adalah kewajiban yang harus dibayar kepada pemerintah dengan atas keuntungan yang diperoleh. Pajak mengurangi keuntungan bersih dari income proyek sehingga dapat mempunyai pengaruh nyata pada penentuan proyek dari segi ekonomis.

18. Jumlah Anggaran Investasi

Jumlah anggaran modal tetap secara keseluruhan yang meliputi biaya pra-investasi, pembangunan kantor dan bangunan lain, peralatan, kendaraan, bunga pinjaman selama masa pembangunan serta biaya produksi 6 bulan pertama. Untuk menutupi kebutuhan dana tidak terduga maka hendaknya dianggarkan biaya tidak terduga sebesar 5%-10%.

19. Struktur Pembiayaan

Dilakukan Pembahasan lebih rinci, agar dapat mencapai sumber

pembiayaan yang diharapkan maupun syarat minimal yang ditetapkan setiap jenis sumber. Sebagai contoh, apabila salah satu sumber pembiayaan adalah pinjaman dari bank hendaknya diutarakan persentasi suku bunga, jangka waktu tenggang, jumlah angsuran tiap masa tertentu, cara pembayaran angsuran, jaminan kredit yang diminta dan lain-lain.

20. Evaluasi Profibilitas Rencana Investasi

Evaluasi Profibilitas proyek dapat dilakukan dengan mempergunakan dua macam metode, yaitu metode konvensional dan metode discounted cash flow. Dalam metode konvensional dipergunakan dua macam tolak ukur yaitu : *Payback period* (PB) dan *Average Rate of return* (AVR) sedangkan dalam *methode discounted cash flow* dipergunakan tiga macam tolak ukur *profitability* yaitu : *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Retrn* (IRR), *profitability Indeks* (PI).

21. Metode konvensional

a. Average Rate of Return (ARR)

Menurut tolak ukur ini, profibilitasi proyek dapat dihitung dengan jalan membagi jumlah rata-rata keuntungan yang diperoleh selama umur ekonomis proyek dengan jumlah rata-rata investasi dana, dikalikan seratus persen.

b. Payback period

Yaitu waktu yang diperlukan proyek untuk menghimpun dana intern untuk mengembalikan jumlah dana yang telah diinvestisir dalam proyek. Analisis ini biasanya berkaitan dengan seberapa cepat nilai investasi dapat

dikembalikan. Analisis Payback period dapat dilakukan dengan memperhitungkan time value of money atau mengabaikan ($i=0\%$). Dengan memperhitungkan time value of money. Lamanya periode pengembalian (n), dihitung dengan menggunakan persamaan. Dengan memperhitungkan atau mengabaikan time value of money.

Hasil analisa payback period hanya menyajikan kecepatan pengembalian investasi. oleh karena itu, penggunaan analisis tersebut hanya disarankan untuk mendapatkan informasi tambahan untuk mengukur seberapa cepat pengembalian modal investasi.

22. Discounted Cash Flow

a. Net Present Value

Keuntungan pada masa yang akan datang dapat dihitung dengan mempergunakan rumus present value. menurut metode net present value (NPV), seluruh aliran kas bersih di-present valuekan atas dasar faktor diskonto (*discount factor* = DF). Hasilnya dibandingkan dengan initial investmenmt. Selisih antara keduanya merupakan value-kan aliran kas bersih adalah *cost of caital* (COC) perusahaan atau *rate of retrn* (ROR). Apabila NCF (*Net Cash Flow*) pada masa mendatang mutlak terjamin, maka DF adalah sama, yaitu sebesar tingkat bunga atas surat berharga yang aman sepoerti sertifikat bank indonesia (SBI) apabila NCF pada masa mendatang tidak pasti, maka NCF yang diharapkan harus didiskontokan menurut tingkat pendapatan yang ditawarkan oleh jenis surat berharga yang mengandung resiko yang besar.

b. *Internal Rate of Retrn*

Cara mengevaluasi profibilitas rencana investasi proyek kedua yang mempergunakan nilai waktu uang.

c. *Profibilitas Indeks*

Dalam metode ini, profibilitas dicari dengan membandingkan jumlah seluruh present value net cash flow dan salvage value dengan nilai investasi proyek.

23. Evaluasi Analisa Kelayakan

Untuk evaluasi analisa kelayakan digunakan metode *Net Present Value*, *Internal Rate of Retrn* dan *Payback period*. Kriteria dalam pengambilan keputusan dengan menggunakan metode NPV, np dan IRR yaitu :

1. Kriteria pengambilan keputusan berdasarkan metode NPV sebagai berikut :
 - Jika NPV positif menunjukkan bahwa NCF dapat menutupi investasi berarti proyek layak terima.
 - Jika NPV negatif menunjukkan bahwa NCF belum cukup menutupi investasi berarti proyek tidak layak terima
 - Jika $NPV = 0$ berarti investasi tidak menguntungkan tapi tidak merugikan.
2. Kriteria pengambilan keputusan berdasarkan metode payback period sebagai berikut :
 - Jika payback period lebih kecil dari umur proyek berarti proyek layak diterima

- Jika payback period lebih besar dari umur proyek berarti proyek tidak layak diterima
 - Jika payback period = umur proyek berarti proyek tidak menguntungkan tapi tidak merugikan.
3. Kriteria pengambilan keputusan berdasarkan metode IRR sebagai berikut :
- Jika IRR lebih besar dari return yang diminta oleh investor berarti proyek layak untuk diterima
 - Jika IRR lebih kecil dari return yang diminta oleh investor berarti proyek tidak layak untuk diterima
 - Jika IRR = return yang diminta investor berarti proyek tidak menguntungkan (Sido, 2015).

BAB IV
METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 26 Januari 2016 sampai dengan 26 April 2016 di Gedung L Teknik Geofisika Universitas Lampung, dengan data yang diperoleh dari PT. Dizamatra Powerindo.

B. Jadwal Penelitian

Adapun rincian jadwal waktu penelitian, dapat dilihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Waktu											
		Bulan 1			Bulan 2			Bulan 3			Bulan 4		
1	Studi Literatur	■											
2	Persiapan Data			■									
3	Interpretasi Data				■	■	■						
4	Pengolahan Data						■	■	■	■			
5	Analisis Data									■	■	■	■
6	Penyusunan Laporan												■

C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Literatur Pustaka
2. Buku dan alat tulis lainnya

3. Peta area prospek tambang
4. Data lokasi *borehole* (*easting, northing, elevation*)
5. Data log sumur
6. Laptop dan *Software Rockwork 15*

D. Metode Penelitian

1. Studi Literatur

Pada studi pustaka, tentunya yang paling utama adalah literatur-literatur berkenaan batubara, *logging* (*gamma ray, caliper, density*), lingkungan pengendapan atau geologi regional sumatera selatan dan studi kelayakan suatu area tambang. Literatur lain yang dibutuhkan berupa keadaan geologi regional yang dapat diketahui dari peta geologi lembar Lahat, serta stratigrafi daerah penelitian.

2. Persiapan Data

Persiapan data dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data yang telah dimiliki oleh perusahaan dari hasil pengeboran, yakni data *drill hole* yang merupakan data utama yang akan diolah untuk dilakukan perhitungan cadangan batubara pada daerah yang akan diteliti. Dimana data *log* sumur yang dimiliki pada luasan (2x1) km ini adalah 24 titik lubang bor. Disamping itu juga dibutuhkan data sebaran lokasi *drill hole*.

3. Pengolahan Data

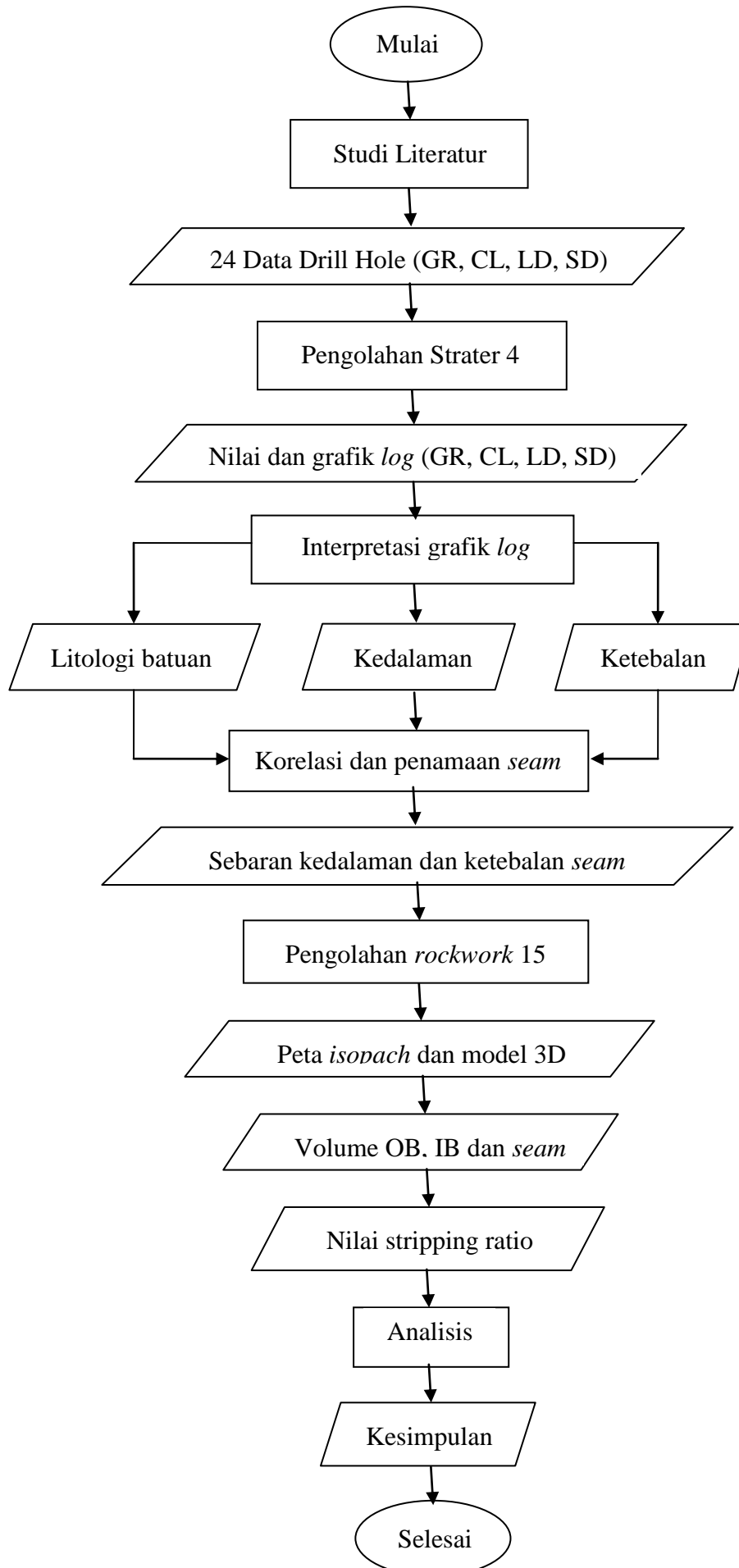
Data *drillhole* dengan jumlah 24 data *log* diolah dengan menggunakan *software rockwork 15* untuk menampilkan keadaan bawah permukaan daerah penelitian dengan fokus litologi batubara dalam penampang 3D.

4. Analisis Data

Dari penampang 3D, selanjutnya dilakukan analisis data yang diawali dengan melakukan perhitungan terhadap aspek ekonomi dalam melakukan rencana penambangan batubara, dimana perhitungan ini mencakup pada aspek pasar dan aspek teknis. Sehingga pada akhirnya diketahui apakah area penelitian layak atau tidak untuk dilakukan penambangan batubara.

E. Diagram Alir

Adapun diagram alir terdapat pada Gambar 18.



Gambar 18. Diagram alir penelitian

BAB VI

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil identifikasi batubara berdasarkan data log diperoleh tiga *seam* batubara yang dihitung nilai keekonomisannya yaitu *seam* A dengan ketebalan rata – rata 14,5 meter, *seam* B dengan ketebalan rata – rata 18 meter serta *seam* C dengan ketebalan rata –rata 8,5 meter.
2. Dari hasil perhitungan volumetrik 3D diperoleh nilai volume masing – masing *seam* batubara, yaitu *seam* A dengan volume 6.260.500 m³ (8.138.650 ton), *seam* B dengan volume 8.462.000 m³ (11.000.600 ton), *seam* C dengan volume 2.227.000 m³ (2.895.100 ton) dan total volume keseluruhan batubara adalah 16.949.500 m³ (22.034.350 ton). Dengan volume OB adalah 8.030.500 m³ (49.439.650 ton), volume IB 1 adalah 3.110.500 m³ (4.043.650 ton), volume IB 2 adalah 20.356.000 m³ (26.462.800 ton) dan total *overburden* dan *interburden* adalah 61.497.000 m³ (79.946.100 ton).
3. Perhitungan dan analisis kelayakan ekonomi dilakukan dengan menghitung biaya operasional meliputi biaya pembebasan lahan,

overburden removal dan *coal getting stockpiling*, biaya untuk sumber daya manusia, biaya eksplorasi dan biaya reklamasi yang kemudian diperhitungkan terhadap nilai jual batubara. Dengan penjualan batubara sejumlah 9,9 triliun (rupiah) diperoleh keuntungan sebesar 1,4 triliun (rupiah) maka batubara di daerah penelitian dinyatakan layak untuk diproduksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. *Gamma Ray Log*. Ensiklopedi Seismik Online. January 31, 2009. Januari 10, 2015.
<http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2009/01/gamma-ray-log.html>
- Aziz, A. 2011. *About SR, Density, Tonase*. August 10, 2011. Januari 10, 2015.
<http://www.scribd.com/doc/67977189/About-SR-Density-Tonase>
- Blake. 1989. The Geological Regional and Tectonic of South Sumatera Basins. *Proceeding Indonesia Petroleum Association 11th Annual Convention*.
- De Coster, G., L. 1974. The Geology of the Central Sumatera and South Sumatera Basins. *Proceeding Indonesia Petroleum Association 11th Annual Convention*.
- Diessel, C. 1992. *Coal Bearing Depositional System*. Springer-Verlag Berlyn Heidelberg. Germany.
- Haryono, A. 2010. *Interpretasi Pola sebaran Lapisan Batubara Berdasarkan Data Log Gamma Ray*. Fisika Mulawarman, Vol.6 No.2.
- Mares,S.1997. *Introduction to Applied Geophysics*. Reidel Publishing Company. Boston.
- Martono. 2004. *Prinsip Pengukuran Logging (Dokumen Recsa LOG)*. Bandung.
- Musset, A.E. 2001. *Loking Into The Earth*. Cambridge University Press. New York.
- Pulunggono, A. 1992. Pre-Tertiary and Tertiary Fault System as a Framework of the South Sumatera Basin. *Proceeding IPA 21st Annual Convention voll. P. 339-360*.
- Putro, S.D., Santoso, A. dan Hidayat, W. 2014. *Analisa Log Densitas Dan Volume Shale Terhadap Kalor , Ash Content Dan Total Moisture Pada Lapisan Batubara Berdasarkan Data Well Logging Daerah Banko Pit 1 Barat, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi*

Sumatera Selatan. UPN “Veteran” Yogyakarta.

Samperuru, D. *Prinsip Mendasar Wirelene*. December 11, 2005. Nov 29,2015.
http://tech.groups.yahoo.com/group/Migas_Indonesia/message/33766.

Santosa, A.W., Kamaludin & Kananiua, P.S. 2013. *studi kelayakan penambangan batubara (studi kasus pada rencana penambangan batubara oleh pt. inti bara perdana di taba penanjung Bengkulu)*. Volume 15, Nomor 3, Oktober 2013.

Sukandarrumidi. 1995. *Batubara dan Gambut*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.