

TESIS

**ANALISIS RIPPABILITAS BATUAN PENUTUP PADA
TAMBANG BATUBARA PARAPATAN, KABUPATEN BERAU,
PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

*Rippability Analysis Rock Overburden at the Parapatan Coal Mine,
Berau Regency, East Kalimantan Province*

SYAMSUL BAHRI

D062202005



**PROGRAM STUDI MAGISTER GEOLOGI
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

PENGAJUAN TESIS

**ANALISIS RIPPABILITAS BATUAN PENUTUP PADA
TAMBANG BATUBARA PARAPATAN, KABUPATEN BERAU,
PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Magister Geologi

Disusun dan diajukan oleh

SYAMSUL BAHRI

D062202005

Kepada

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2023

TESIS

ANALISIS RIPPABILITAS BATUAN PENUTUP PADA TAMBANG BATUBARA PARAPATAN, KABUPATEN BERAU, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

SYAMSUL BAHRI
D062202005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 26 Oktober 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Busthan Azikin, MT
NIP. 195910081987031001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Sultan, S.T., MT
NIP. 197007051997021002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
Magister Teknik Geologi



Dr. Eng. Meutia Farida, ST., MT
NIP. 1973100320001220001

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Syamsul Bahri
Nomor mahasiswa : D062202005
Program studi : Magister Teknik Geologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul “Analisis rippabilitas batuan penutup pada tambang batubara Parapatan, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Busthan Azikin., MT dan Dr. Sultan, ST., MT). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding (Nama, Volume, Halaman, dan DOI) sebagai artikel dengan judul “*Rippability Analysis Using Graphics Method and Seismik Approximation at the Parapatan Coal Mine, Berau Regency, East Kalimantan Province*” dan Kajian rippabilitas batuan penutup tambang pit GRB Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa,

Yang menyatakan



[Handwritten Signature]
Syamsul Bahri
D062202005

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Shalawat serta salam semoga terlimpah kepada Nabi Muhammad Saw, juga kepada keluarga, sahabat, dan para pengikutnya.

Perkembangan industri pertambangan batubara di Indonesia terus meningkat dan seiring berbagai potensi munculnya permasalahan terhadap lingkungan social sekitar, memerlukan dukungan teknologi dan analisis yang komprehensif, untuk itulah penulis tertarik mengangkat judul penelitian “**Analisis Rippabilitas Batuan Penutup Pada Tambang Batubara Parapatan, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur**”.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dengan tulus kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T sebagai dosen pembimbing utama dan penasehat akademik yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dengan ikhlas selama penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Sultan, ST., MT sebagai Sekertaris Departemen Teknik Geologi dan sebagai pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan arahan dan wawasan kepada penulis dengan ikhlas selama penyusunan tesis ini.
3. Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, ST., MT sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi dan sebagai dosen penguji tesis yang banyak memberikan bimbingan selama berjalannya perkuliahan dan saran serta koreksinya dalam melengkapi tesis ini.
4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, ST., M. Eng. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi dan sebagai dosen penguji tesis yang banyak memberikan saran dan koreksinya dalam melengkapi tesis ini.
5. Bapak Dr. Eng. Purwanto, ST., MT. sebagai dosen penguji tesis yang banyak memberikan saran dan koreksinya dalam melengkapi tesis ini.
6. Ibu Dr. Ir. Ratna Husain L., M.T sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Geologi periode sebelumnya yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan selama proses perkuliahan.

7. Seluruh Dosen dan staf program studi Magister Teknik Geologi,
8. Istri tercinta Noor Hamsiah, anak tersayang Raishauqi IS dan Raishaka AS serta kedua orang tua kami H. Saparuddin dan Hj. Maswati yang telah banyak memberi dukungan, perhatian dan doanya,
9. Rekan-rekan program Magister Teknik Geologi atas bantuan dan kebersamaannya selama perkuliahan.
10. Atasan kami dan seluruh rekan-rekan kerja di PT. Berau Coal khususnya Departemen Geoteknik dan Hidrologi yang telah banyak membantu.
11. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan berakah-Nya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan tesis dan semoga amal baik tersebut mendapatkan imbalan dari-Nya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang. Semoga tesis ini dapat memberikan banyak manfaat, Amin Ya Rabbal Alamin.

Gowa, Oktober 2023

Syamsul Bahri
D062202005

ABSTRAK

SYAMSUL BAHRI *Analisis Rippabilitas Batuan Penutup Pada Tambang Batubara Parapatan, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur* (dibimbing oleh **Busthan Azikin** dan **Sultan**, Tim Penguji **Hendra Pachri**, **Meutia Farida** dan **Purwanto**).

Penggalian batuan merupakan aspek penting dalam proses penambangan dimana pemberaian batuan dilakukan secara mekanis dan proses peledakan, proses pemberaian secara mekanis dapat dilakukan dengan penggaruan menggunakan alat berat namun terkadang terdapat permasalahan terkait produktifitas sehingga pemberaian menggunakan peledakan menjadi pilihan utama untuk mencapai target produksi. Dengan memperhatikan kondisi geologi daerah penelitian, pemberaian batuan secara mekanis memungkinkan untuk dilakukan yang didasarkan atas material penyusun dan tingkat pelapukan pada daerah penelitian, Tujuan penelitian ini untuk mengetahui batas kedalaman nilai rippabilitas batuan penutup pada daerah penelitian dan untuk melihat hubungan antara metode yang digunakan sehingga dapat dijadikan referensi dan acuan dalam proses penambangan. Metodologi penelitian dimulai dari studi literatur, pengambilan data (pemboran geoteknik dan survei seismik refraksi), pengolahan data, analisis dan kesimpulan. Dalam melakukan pengolahan dan analisis data pemboran geoteknik menggunakan metode grafis sedangkan pada pengolahan dan analisis data seismik menggunakan metode aproksimasi seismik refraksi. Berdasarkan hasil analisis rippabilitas yang dilakukan dengan menggunakan metode aproksimasi seismik refraksi dan metode grafis, menunjukkan bahwa proses gali bebas dan ripping batuan penutup dapat dilakukan pada daerah penelitian dengan persentase lebih dari 50 persen.

Kata Kunci: Rippabilitas, Metode Grafis, Aproksimasi Seismik Refraksi, *Uniaxial Compressive Strength* (UCS)

ABSTRACT

SYAMSUL BAHRI *Rippability Analysis of Rock Overburden at Parapatan Coal Mine, Berau District, East Kalimantan Province (supervised by **Busthan Azikin** and **Sultan**, examined by **Hendra Pachri**, **Meutia Farida** dan **Purwanto**).*

Rock excavation is important aspect in the mining process, rock breaking are mechanically and blasting process, mechanical breaking can be done by digging using heavy equipment but sometimes there are problems about productivity, and the better option using blasting is the main option to achieve production targets. Take notice the geological conditions of the research area, it is possible to using mechanical rock breaking based on rock materials and weathering condition in the research area. The aim of this research is to determine the depth limit of the rippability value of overburden rock and knowing the relation between the methods that it can used as a reference and benchmark in the mining process. The research methodology started literature study, data collection (geotechnical drilling and refraction seismic survey), data processing, analysis and conclusion. The processing and analysis of geotechnical drilling data use the graphical method, at same time processing and analysis of seismic data use the seismic refraction approximation method. Based on the results of rippability analysis which was carried out using the refractive seismic approximation method and the graphical method, indicating that the free excavation and ripping process can be carried out in the study area with a percentage of more than 50 percent.

Keywords: *Rippability, Graphical Method, Seismic Refraction Approximation, Uniaxial Compressive Strength (UCS)*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERSETUJUAN	
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Daerah Penelitian	5
2.1.1 Fisiografi regional.....	5
2.1.2 Stratigrafi.....	7
2.1.3 Struktur Geologi	9
2.2. Batubara dan Batuan Penutup.....	11
2.3. Rippabilitas Batuan.....	12
2.4 Analisis Rippabilitas.....	15
2.4.1 Rippabilitas Berdasarkan Keceptan Gelombang Seismik.....	15
2.4.2 Rippabilitas Berdasarkan Metode Grafis	18
2.4.3 Rippabilitas Berdasarkan Metode Grading	19

2.5 Uji Laboratorium	20
2.5.1 Uniaxial Compressive Strength Test.....	20
2.5.2 Point Load Test	21
2.6 Bulldozer Ripper.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Rancangan Penelitian	24
3.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	24
3.3 Peralatan Penelitian	26
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	26
3.4.1 Data Primer	26
3.4.1.1 Data Survei Seismik.....	28
3.4.1.2 Data Pemboran Geoteknik	29
3.4.2 Data Sekunder	32
3.5 Teknik Pengolahan Data	32
3.5.1 Metode Aproksimasi Gelombang Seismik	32
3.5.3 Metode Grafis.....	34
3.6 Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Kondisi Umum Daerah Penelitian	40
4.1 Aproksimasi Seismik Refraksi	41
4.2 Metode Grafis.....	46
4.4 Korelasi Metode Rippabilitas.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN	
Lampiran 1	Summary UCS test DDGT-PRP-20-02
Lampiran 2	Summary UCS test DDGT-PRP-20-03
Lampiran 3	Summary UCS test DDGT-PRP-20-04
Lampiran 4	Summary UCS test DDGT-PRP-20-015

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Geologi Cekungan Tarakan (Tossin & Kadir, 1996)	6
Gambar 2.2 Peta geologi daerah sekitar Berau (Situmorang & Burhan, 1995).	8
Gambar 2.3 Stratigrafi daerah sekitar Berau (Situmorang & Burhan, 1995)...	9
Gambar 2.4 Struktur geologi cekungan Tarakan (Situmorang&Burhan, 1995).	10
Gambar 2.5 Profil batubara dan batuan penutup.....	12
Gambar 2.6 Grafik kinerja ripper Caterpillar D8.....	16
Gambar 2.7 Sketsa skema akuisisi data seismik refraksi.....	17
Gambar 2.8 Grafik kemampugaruan oleh Franklin, et al (1971).....	18
Gambar 2.9 Regangan yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan	20
Gambar 2.10 Alat uji point load test	21
Gambar 2.11 Bulldozer dengan ripper	22
Gambar 2.12 Proses penggaruan di lapangan dengan Bulldozer.....	22
Gambar 3.1 Lokasi daerah penelitian.....	25
Gambar 3.2 Peta area pengamatan	27
Gambar 3.3 Alat receiver dan sumber getaran AWD-250.....	28
Gambar 3.4 Penampang rekaman seismik	29
Gambar 3.5 Foto conto batuan terkait tingkat pelapukan	30
Gambar 3.6 Penentuan nilai GSI dari conto inti pemboran	31
Gambar 3.7 Kurva travel-time	33
Gambar 3.8 Contoh hasil inversi tomografi.....	33
Gambar 3.9 Pengolahan data seismik refraksi	34
Gambar 3.10 Cara perhitungan nilai fracture indeks	35

Gambar 3.11 Plotting nilai UCS dan fracture indeks pada grafik Franklin.....	35
Gambar 3.12 Contoh analisis korelasi nilai rippabilitas	37
Gambar 3.13 Proses penambangan di site GRB	38
Gambar 3.14 Bagan alur tahapan penelitian	39
Gambar 4.1 Profil singkapan batuan di daerah penelitian	40
Gambar 4.2 Profil singkapan soil dan batuan di daerah penelitian.....	41
Gambar 4.3 Penampang kecepatan seismik pada <i>Line A</i>	41
Gambar 4.4 Penampang kecepatan seismik pada <i>Line B</i>	42
Gambar 4.5 Penampang kecepatan seismik pada <i>Line C</i>	42
Gambar 4.6 Tingkat rippabilitas batuan <i>Line A</i>	43
Gambar 4.7 Tingkat rippabilitas batuan <i>Line B</i>	44
Gambar 4.8 Tingkat rippabilitas batuan <i>Line C</i>	44
Gambar 4.9 Korelasi hasil analisis seismik.....	45
Gambar 4.10 Plot titik bor geoteknik DDGT-PRP-20-02.....	47
Gambar 4.11 Plot titik bor geoteknik DDGT-PRP-20-03.....	48
Gambar 4.12 Plot titik bor geoteknik DDGT-PRP-20-04.....	49
Gambar 4.13 Plot titik bor geoteknik DDGT-PRP-20-15.....	50
Gambar 4.14 Korelasi hasil plot data dari titik pemboran geoteknik	51
Gambar 4.15 Plot titik bor geoteknik DDGT-PRP-20-03 pada line A	52
Gambar 4.16 Plot titik bor geoteknik DDGT-PRP-20-04 pada line B	53
Gambar 4.17 Hubungan nilai UCS dengan kecepatan seismik	54
Gambar 4.18 Kenampakan lapangan Batupasir yang terberai dilapangan	55
Gambar 4.19 Penampanga litologi berdasarkan data pemboran	56
Gambar 4.20 Penampang korelasi batas kedalaman nilai rippabilitas.....	56
Gambar 4.21 Penampang litologi dan korelasi nilai rippabilitas	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi massa batuan Weaver (1975).....	19
Tabel 3.1 Penentuan jenis pelapukan dilapangan	29
Tabel 3.2 Penentuan nilai strength batuan dilapangan.....	30
Tabel 3.3 Nilai UCS dan nilai fracture indeks	36
Tabel 4.1 Nilai UCS dan nilai fracture indeks DDGT-PRP-20-02.....	46
Tabel 4.2 Nilai UCS dan nilai fracture indeks DDGT-PRP-20-03.....	47
Tabel 4.3 Nilai UCS dan nilai fracture indeks DDGT-PRP-20-04.....	48
Tabel 4.4 Nilai UCS dan nilai fracture indeks DDGT-PRP-20-015.....	49
Tabel 4.5 Pengelompokan data nilai rippabilitas	54

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Daerah Berau terletak pada cekungan Tarakan dengan pegunungan yang pada umumnya rendah dengan bukit bergelombang (*rugged*). Daerahnya kebanyakan berair, rawa mangrove pasang surut yang menghiasi pantai, sungai besar dan delta. Pada daerah Berau mengalir Sungai Kelai dan Sungai Segah yang bermuara di Laut Sulawesi dan membentuk delta Berau, kedua sungai tersebut memiliki penampang lebar dan tersusun oleh material alluvial yang tebal dan memiliki tingkat pelapukan batuan yang tinggi (Situmorang dan Burhan, 1992).

Penggalian batuan merupakan aspek penting dalam proses penambangan dimana pemberaian batuan dilakukan secara mekanis dan proses peledakan, proses pemberaian secara mekanis dapat dilakukan dengan penggaruan menggunakan alat berat namun terkadang terdapat permasalahan terkait produktifitas sehingga pemberaian menggunakan peledakan menjadi pilihan utama untuk mencapai target produksi.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan di daerah ini, Penelitian-penelitian yang dilakukan belum terdapat pembahasan terkait rippabilitas atau kemampugaruan tetapi lebih dititik beratkan pada kondisi geologi dan potensi batubara pada daerah penelitian. Selain itu perusahaan tambang batubara yang beroperasi di daerah penelitian dalam melakukan pemberaian material batuan menggunakan metode peledakan dan metode rippabilitas secara langsung yaitu dengan uji coba di lapangan untuk mengetahui estimasi hasil produksi penggaruan dari suatu alat.

Dengan memperhatikan kondisi geologi daerah penelitian, pemberaian batuan secara mekanis memungkinkan untuk dilakukan yang didasarkan atas material penyusun dan tingkat pelapukan pada daerah penelitian, tetapi yang perlu menjadi perhatian yaitu batas-batas kedalaman dari batuan penutup (*overburden*) dan batuan yang terletak antar lapisan batubara (*interburden*) yang masih memungkinkan untuk dilakukan pemberaian secara mekanis sehingga dapat

memberikan informasi khususnya kepada Tim *Mineplan* untuk dilakukan pembuatan model dan rencana penambangan.

Menurut Purwanto dkk (2017) nilai kuat tekan uniaksial batuan sangat dipengaruhi oleh derajat pelapukan, Oleh sebab itu tingkat pelapukan merupakan parameter yang sangat berpengaruh pada kekuatan batuan hubungannya dengan proses pembersihan material batuan.

Oleh karena itu berdasarkan hal tersebut penulis mencoba untuk melakukan penelitian tentang analisis rippabilitas batuan di daerah penelitian dengan menggunakan metode aproksimasi berdasarkan kecepatan gelombang seismik yang dikemukakan oleh Caterpillar (1960) yang dikutip dalam Caterpillar (2001) dan dengan menggunakan metode grafis yang dikemukakan oleh Franklin dkk (1971) yang dikutip dalam Sing dkk (2011) yang berdasarkan data pemboran geoteknik (data *unconfined compressive strength* (UCS) dan spasi kekar, sehingga akan diketahui batas-batas kedalaman nilai rippabilitas di daerah penelitian yang lebih detail.

I.2 Rumusan Permasalahan

Analisis data diawali dengan melakukan pengukuran dan perhitungan data seismik refraksi untuk menentukan model perlapisan kecepatan gelombang medium bawah permukaan atau VP. Nilai VP berasosiasi dengan kekuatan material untuk menahan kompresi, semakin tinggi nilai VP maka material tersebut mempunyai kekompakan yang baik (berasosiasi dengan batuan yang keras) dan sebaliknya nilai VP yang rendah akan menunjukkan sifat material tersebut kurang kompak (berasosiasi dengan batuan yang lunak).

Selain itu dilakukan perhitungan nilai uji kuat tekan dari batuan dan data discontinuity/joint/kekar batuan yang diperoleh dari hasil pemboran geoteknik dan uji laboratorium, selanjutnya dilakukan plotting nilai tersebut kedalam grafis.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka masalah yang muncul dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Berapakah batas kedalaman nilai rippabilitas batuan yang diperoleh dari pengukuran dan pengolahan data aproksimasi seismik refraksi di daerah penelitian?

- b) Berapakah batas kedalaman nilai rippabilitas batuan yang diperoleh dari pengukuran dan pengolahan data hasil pemboran geoteknik di daerah penelitian dengan menggunakan metode grafis?
- c) Bagaimana hubungan hasil pengukuran dari metode aproksimasi seismik dan metode grafis?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

- a) Mengetahui dan menentukan batas kedalaman nilai rippabilitas batuan yang diperoleh dari pengukuran dan pengolahan data seismik refraksi di daerah penelitian.
- b) Mengetahui dan menentukan batas kedalaman nilai rippabilitas batuan yang diperoleh dari pengukuran dan pengolahan data hasil pemboran geoteknik di daerah penelitian dengan menggunakan metode grafis.
- c) Mengetahui hubungan hasil pengukuran dari metode aproksimasi seismik dan metode grafis.

I.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai berikut:

- a) Dapat diperoleh batas kedalaman nilai rippabilitas batuan sebagai pengembangan dari beberapa metode yang telah dikemukakan oleh peneliti-peneliti terdahulu.
- b) Dapat dijadikan referensi dan rekomendasi dalam kegiatan operasional penambangan khususnya oleh perusahaan yang beroperasi di daerah penelitian dan secara umum dalam industri pertambangan batubara di Indonesia.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian meliputi pengamatan, pengukuran lapangan, analisis data lapangan dan hasil uji laboratorium serta pembuatan model penampang nilai rippabilitas di daerah penelitian. Pengamatan dan pengukuran lapangan yang dilakukan yaitu pengukuran menggunakan alat seismik refraksi pada lintasan lapangan dan pengambilan data pemboran geoteknik berupa pengukuran

diskontinuitas dan pengambilan sampel batuan untuk uji kuat tekan batuan (*Uniaxial Compressive strength*).

Pada proses analisis meliputi analisis data seismik yang diperoleh dari pengukuran lapangan dan dihubungkan dengan kriteria rippabilitas yang di ajukan oleh Catterpillar (2001). Paralel dengan hal tersebut dilakukan analisis data pemboran geoteknik berupa nilai *fracture* indeks dan hasil uji kuat tekan batuan yang diplot pada grafik yang diajukan oleh Franklin dkk (1971). Tahapan selanjutnya dilakukan pembuatan model penampangan nilai rippabilitas dan melakukan korelasi tiap kedalaman dari data dan analisis yang telah dilakukan.

BAB II

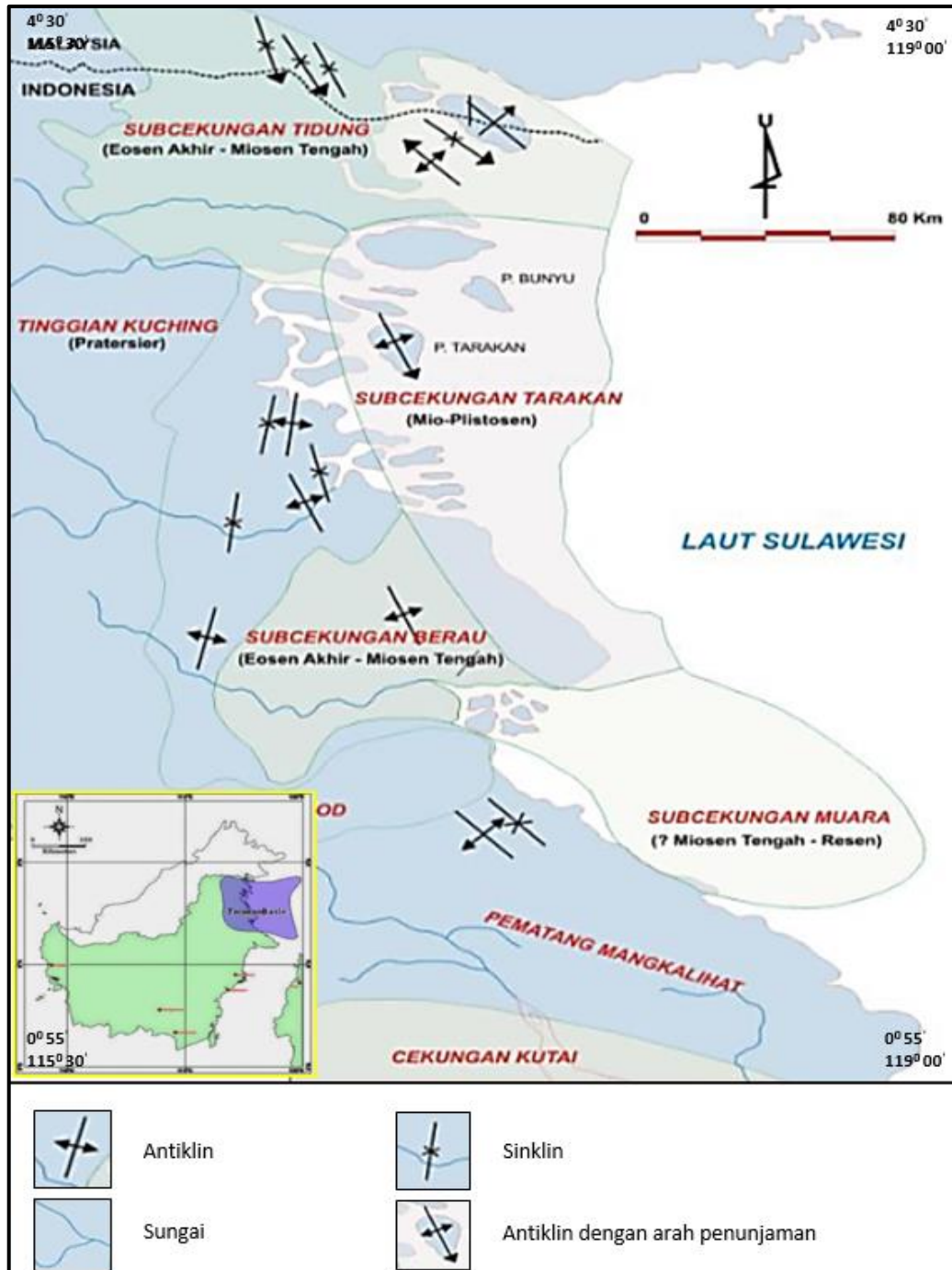
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional

2.1.1 Fisiografi regional

Menurut Situmorang dan Burhan (1995) daerah penelitian terletak pada Cekungan Tarakan dengan pegunungan yang umumnya rendah dengan bukit yang bergelombang (*rugged*). Pada daerah Berau mengalir Sungai Kelai dan Sungai Segah yang bermuara di Laut Sulawesi dan membentuk delta Berau, kedua sungai tersebut memiliki penampang lebar dan tersusun oleh material alluvial yang tebal dan memiliki tingkat pelapukan batuan yang tinggi. Daerahnya kebanyakan berair, rawa mangrove pasang surut yang menghiasi pantai, sungai besar, dan delta. Berau sendiri dikelilingi oleh topografi *rugged*, khususnya ke arah selatan sepanjang Panisula Mangkaliat yang didominasi oleh batugamping yang berupa topografi Karst. Terjadinya punggung pantai (*beach ridge*) sepanjang Pantai Panisula Kasai dan dasar lepas pantainya adalah *barrier reef* dan *patch reef*. Cekungan Tarakan merupakan salah satu dari tiga cekungan utama yang terbentuk sepanjang tepi Timur Kontinental Kalimantan pada kurun waktu tersier. Menurut Tossin & Kadir (1996) cekungan Tarakan sendiri dibagi menjadi empat sub cekungan, yakni: Sub Cekungan Tarakan, Sub Cekungan Tidung, Sub Cekungan Muara, dan Sub Cekungan Berau. Sedimen pada cekungan Tarakan didominasi oleh sedimen klastik dan beberapa endapan karbonat. Cekungan Tarakan terbentuk saat proses transgresi pada kurun waktu Eosen sampai Miosen awal, di mana terjadi pengangkatan Tinggian Kuching yang menyebabkan garis pantai purba mengalami pergeseran ke arah timur. Selanjutnya pada kurun waktu Miosen Tengah terjadi proses regresi. Pada kurun waktu ini pula proses sedimentasi berlangsung aktif, membentuk fasies endapan delta. Cekungan ini mengalami penurunan secara cepat pada kurun waktu Miosen dan Pliosen, yang secara bersamaan diendapkan sedimen delta yang tebal. Pada kurun waktu ini pula pusat cekungan bergeser ke arah Timur. Lokasi penelitian sendiri terletak di Sub Cekungan Berau. Sub cekungan ini, yang berpusat di sekitar Sungai Berau

dibatasi oleh tinggian di ketiga sisinya, sedangkan sisi keempat dibatasi oleh laut terbuka yaitu Laut Sulawesi di sebelah Timur. Tinggian Suiker Brood dan Semenanjung Mangkaliat membatasi tepi selatan sub cekungan. Tinggian dan semenanjung ini memisahkan Sub Cekungan Berau dengan Sub Cekungan Tidung. Sedangkan sisi barat dibatasi oleh Tinggian Kuching.



Gambar 2.1 Peta Geologi Cekungan Tarakan yang terbagi menjadi empat subcekungan, yaitu Tidung, Tarakan, Berau dan Muara (Tossin & Kadir, 1996)

2.1.2 Stratigrafi regional

Tatanan stratigrafi di daerah penelitian (Situmorang & Burhan, 1995), secara berurutan dimulai dari yang tertua, adalah Formasi Sembakung, Formasi Talabar, Formasi Birang, Formasi Lati, Formasi Labanan, Formasi Domaring, Formasi Sinjin, dan Aluvium. Batuan Tersier Awal terdiri atas Formasi Sembakung, Formasi Talabar, dan Formasi Birang.

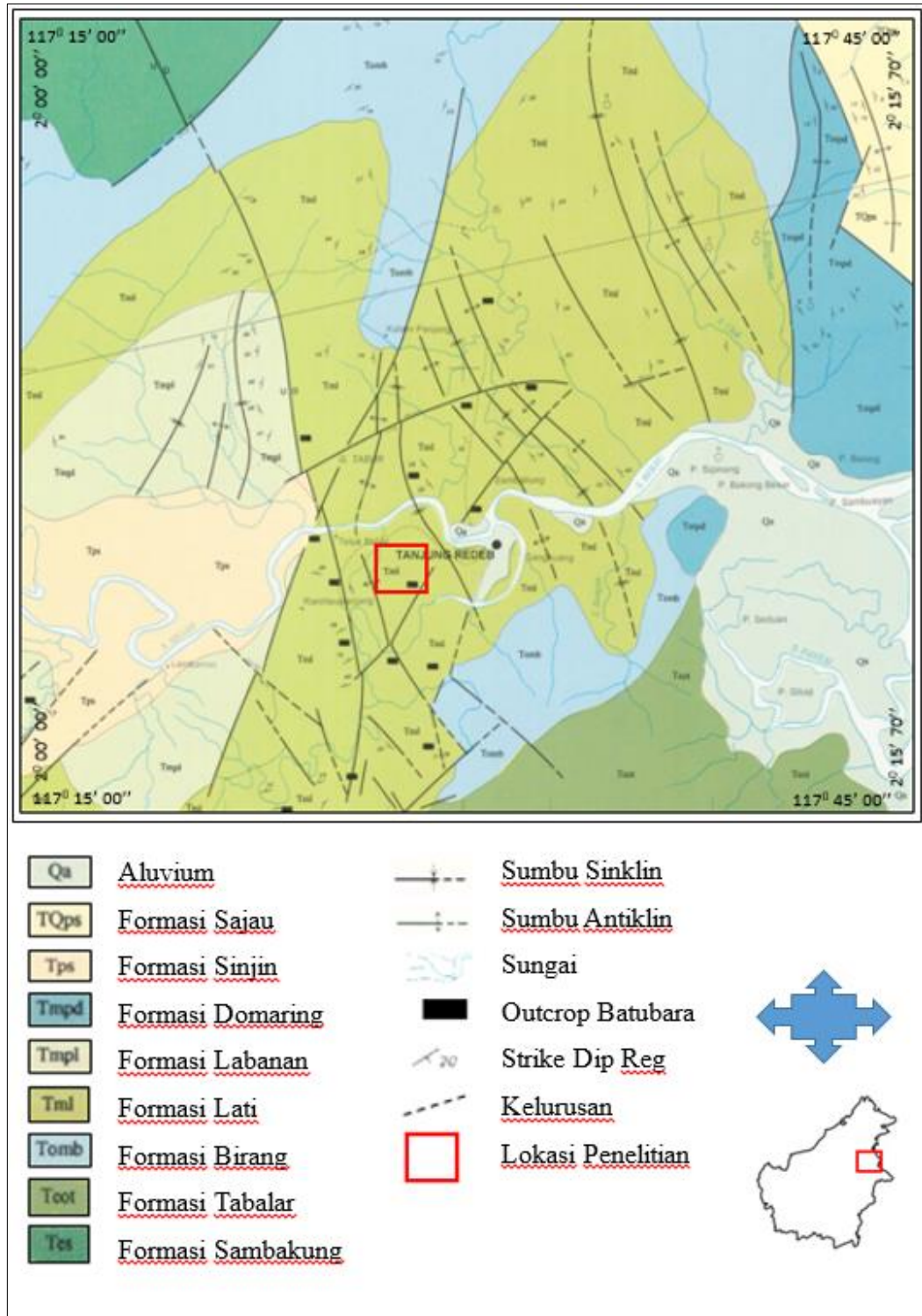
Formasi Sembakung menindih tak selaras batuan alas Kapur Akhir, terdiri atas batuan silisiklastika karbonatan dari lingkungan laut pada kala Eosen. Formasi Tabalar terdiri atas batuan silisiklastika halus dan karbonat dari lingkungan fluviatil - laut dangkal pada kala Eosen-Oligosen.

Formasi Birang menindih tak selaras di atas Formasi Tabalar, terdiri atas batuan silisiklastika, karbonat, dan tuff dari lingkungan laut dangkal hingga laut dalam pada kala Oligo-Miosen.

Formasi Lati (koreksi dari Formasi Latih berdasarkan nama sungai yang dipakai sebagai lokasi tipe di daerah penelitian) menindih selaras di atas Formasi Birang, terdiri atas batuan silisiklastika halus dan batubara yang pada bagian bawahnya karbonatan dari lingkungan delta, estuarin dan laut dangkal kala Miosen Awal - Miosen Tengah dengan ketebalan sekitar 800 meter. Secara berurutan Formasi Lati tertindih tak selaras oleh Formasi Labanan, Formasi Domaring, dan Formasi Sinjin.

Formasi Labanan menindih tak selaras di atas Formasi Lati, terdiri atas batuan silisiklastika disisipi batubara dari lingkungan fluvial pada Miosen Akhir - Pliosen. Formasi Domaring menjemari dengan Formasi Labanan, terdiri atas batuan karbonat dengan sisipan lignit dari lingkungan rawa - litoral pada kala Miosen Akhir - Pliosen.

Formasi Sinjin terendapkan selaras di atas Formasi Labanan dan Formasi Domaring, terdiri atas batuan volkanik-klastika dari lingkungan darat pada kala Pliosen. Aluvium menindih tak selaras satuan batuan yang sudah terbentuk sebelumnya.



Gambar 2.2 Peta geologi daerah Berau (Situmorang & Burhan, 1995)

UMUR		SATUAN BATUAN	LITOLOGI	TEBAL (m)	LINGKUNGAN
KUARTER		ALUVIUM	Lumpur, lanau, pasir keriki, kerakal dan gambut	40	Sungai & rawa
PLISTOSEN	AKHIR	FORMASI SINJIN	Tuf, tuf terkersikkan aglomerat, lava andesit, batulempung tufaan dan kaolin	>500	Darat
	AWAL	FORMASI DOMARING	Batugamping, napal, dan batubara muda	1.000	Rawa hingga litoral
MIOSEN	AKHIR	FORMASI LABANAN	Konglomerat, batupasir, batulanau, batulempung, batugamping dan batubara	450	Fluviatil
	TENGAH	FORMASI LATI	Batulempung, batulanau, batupasir kuarsa dan batubara	800	Delta, estuarin dan laut dangkal
	AWAL	FORMASI BIRANG	Napal, rijang, batupasir kuarsa, konglomerat, batugamping dan tuf		Laut dangkal hingga laut dalam
OLIGOSEN	AKHIR				
	AWAL	FORMASI TABALAR	Napal, batupasir, serpih, batugamping dolomitan, konglomerat	1.000	Fluviatil hingga Laut dangkal
EOSEN	AKHIR	FORMASI SEMBAKUNG	Batulempung, batupasir, batulanau, batugamping pasiran, rijang dan tuf	>1.000	Laut
	TENGAH				
	AWAL				
PALEOSEN	AKHIR				
	AWAL				

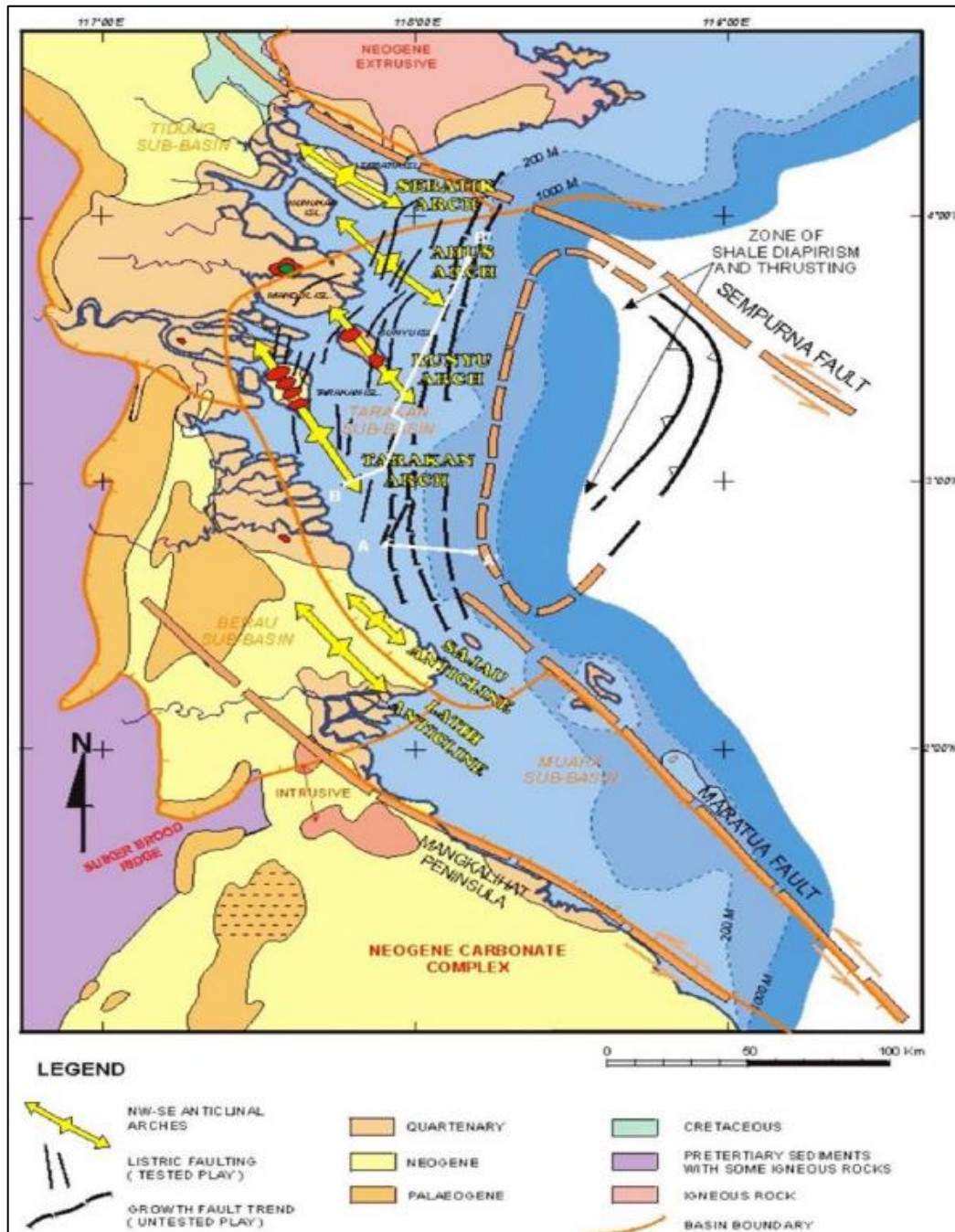
Gambar 2.3 Stratigrafi daerah sekitar Berau, Kalimantan Timur menurut Situmorang & Burhan (1995)

2.1.3 Struktur geologi regional

Situmorang dan Burhan (1995) menyimpulkan bahwa daerah Lembar Geologi Tanjung Redeb, yang merupakan struktur utama berupa sesar normal, sesar geser dan sesar naik yang mempunyai arah umum Barat Laut - Tenggara dan Barat Daya - Timur Laut. Di daerah ini diduga paling sedikit terdapat empat kali tektonik.

Tektonik yang pertama terjadi pada akhir kapur atau lebih tua. Gejala ini menyebabkan terjadinya perlipatan dan persesaran serta peralihan regional derajat rendah pada Formasi Banggara yang berumur Kapur Akhir - Eosen Awal.

Tektonik dua terjadi pada akhir Eosen Awal atau sesudah terbentuknya Formasi Sembakung yang berumur Eosen yang mengakibatkan formasi ini terlipat, tersesarkan dan mengalami metamorfosa derajat rendah yang diikuti oleh terobosan batuan beku andesit berumur Oligosen Awal.



Gambar 2.4 Peta Struktur geologi regional cekungan Tarakan menurut Situmorang & Burhan (1995)

Bersamaan dengan pengendapan Formasi Birang pada Miosen Awal juga diikuti dengan Formasi Lati di Daerah Teluk Bayur dan sekitarnya. Selanjutnya

pada Miosen Akhir sampai Awal Pliosen terbentuk Formasi Labanan. Sesudah pembentukan Formasi Labanan ini, terjadi lagi kegiatan tektonik yang ketiga sehingga terbentuk lipatan, sesar, dan diikuti oleh terobosan andesit yang mengalami alterasi dan mineralisasi. Morfologi dan Fisiografi yang terlipat sekarang terbentuk sebagai akibat kegiatan tektonik yang keempat yang terjadi setelah pembentukan Formasi Sajau yang berumur Pliosen – Pleistosen.

2.2. Batubara dan Batuan Penutup

Menurut Sukandarrumidi (2004) batubara terbentuk dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama di bawah pengaruh fisika, kimia ataupun geologi.

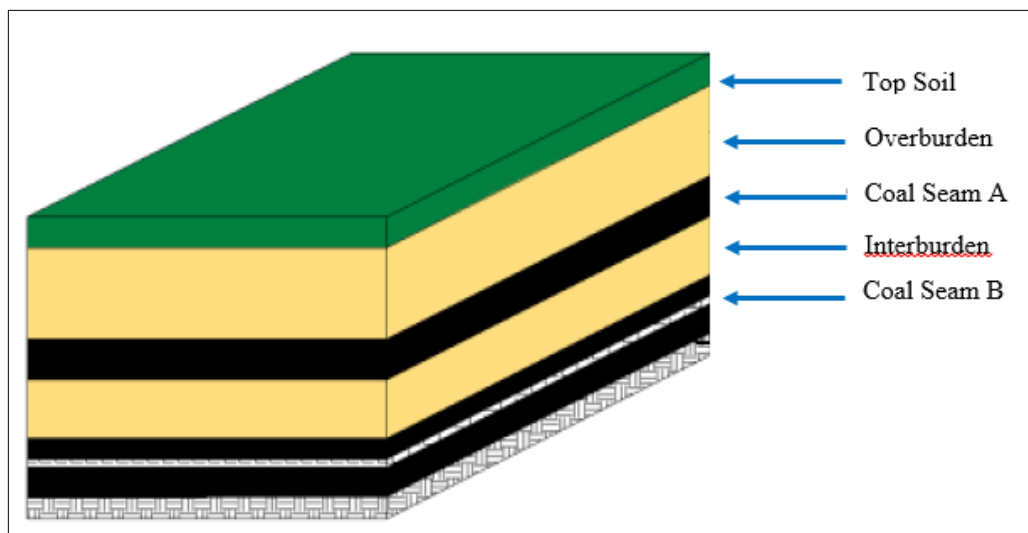
Akumulasi batubara hanya dapat terjadi bila ada keseimbangan yang tepat, faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembentukan batubara menurut Shell, 1977 (dalam Sukandarrumidi, 2004), antara lain yaitu:

- a. Material dasar, yakni flora atau tumbuhan yang tumbuh beberapa juta tahun yang lalu, kemudian terakumulasi pada suatu lingkungan dan zona fisiografi dengan iklim dan topografi tertentu.
- b. Proses dekomposisi, yakni proses transformasi biokimia dari material dasar pembentuk batubara menjadi batubara. Dalam proses ini, sisa tumbuhan yang terendapkan akan mengalami perubahan baik secara fisika maupun kimia.
- c. Umur geologi, yakni skala waktu (dalam jutaan tahun) yang menyatakan berapa lama material dasar yang diendapkan mengalami transformasi. Untuk material yang diendapkan dalam skala waktu geologi yang panjang, maka proses dekomposisi yang terjadi adalah fase lanjut yang menghasilkan batubara dengan kandungan karbon yang tinggi.
- d. Posisi geotektonik,
 - Tekanan yang dihasilkan oleh proses geotektonik dan menekan lapisan batubara yang terbentuk.
 - Struktur dari lapisan batubara tersebut, yakni bentuk cekungan stabil, lipatan, atau patahan.
 - Intrusi magma, yang akan mempengaruhi atau merubah grade dari lapisan batubara yang dihasilkan.

e. Lingkungan pengendapan, yakni lingkungan pada saat proses sedimentasi dari material dasar menjadi material sedimen. Lingkungan pengendapan ini sendiri dapat ditinjau dari beberapa aspek sebagai berikut:

- Struktur cekungan batubara, yakni posisi dimana material dasar diendapkan.
- Topografi dan morfologi, yakni bentuk dan kenampakan dari tempat cekungan pengendapan material dasar. Topografi dan morfologi cekungan pada saat pengendapan sangat penting karena menentukan penyebaran rawa-rawa dimana batubara terbentuk.
- Iklim, yang merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pembentukan batubara karena dapat mengontrol pertumbuhan flora atau tumbuhan sebelum proses pengendapan.

Batuan penutup dapat dimaksudkan sebagai batuan yang tidak mengandung mineral berharga. Pada tambang batubara, batuan penutup digolongkan atas overburden dan interburden, overburden adalah semua lapisan batuan selain batubara yang posisinya berada di atas lapisan batubara pertama yang akan ditambang, sedangkan interburden adalah lapisan batuan yang dibatasi oleh dua seam batubara.



Gambar 2.5 Profil batubara dan batuan penutup

2.3. Rippabilitas Batuan

Rippabilitas atau juga sering disebut kemampugaruan, secara sederhana didefinisikan sebagai suatu ukuran apakah suatu masa batuan dapat digaru/digali.

Kemampugaruan sangat dipengaruhi oleh karakteristik material. Oleh sebab itu, ada material yang sangat mudah digaru, mudah digaru, moderate, sulit digaru, sangat sulit digaru, bahkan sangat sangat sulit digaru (*extremely hard ripping*) dan apabila penggaruan dianggap tidak ekonomis lagi, maka dilakukan peledakan.

Menurut Sing dkk (2011) batuan sedimen biasanya mudah digaru, pada batuan metamorf seperti *gneisses*, *quartzites*, *schists* dan *slate* akan tergantung pada tingkat laminasi dan kandungan mineral mika, sedangkan pada batuan beku umumnya tidak mungkin untuk digaru kecuali yang memiliki laminasi tipis seperti aliran lava vulkanik. Menurut Weaver (1975) faktor geologi yang dapat mempengaruhi penilaian rippabilitas yaitu:

a) Tipe Batuan

Tipe batuan tertentu memiliki karakteristik tersendiri, maka identifikasi tipe batuan menjadi hal pertama yang mungkin dilakukan untuk memperoleh petunjuk tentang perilaku batuan.

b) Kekuatan Batuan

Kekuatan mekanik batuan merupakan sifat kekuatan terhadap gaya luar. Pada prinsipnya kekuatan batuan tergantung pada komposisi dari mineralnya yang terkandung di dalam batuan. Penggaruan maupun metode penggalian lainnya sangat dipengaruhi oleh kekuatan batuan. Pada proses penggaruan, batuan terbongkar karena adanya gaya kompresi dan *tension* yang bekerja sehingga dalam penaksiran kemampugaruan tidak lepas dari uji kekuatan batuan.

c) Abrasivitas

Parameter yang sering diabaikan dalam evaluasi kemampugaruan batuan adalah abrasivitas. Abrasivitas merupakan sifat batuan dalam menggores permukaan material lain. Sifat ini umumnya digunakan sebagai parameter yang mempengaruhi keausan matabor (bit) dan batang bor. Parameter ini sangat penting hubungannya dengan keekonomisan penggunaan alat garu. Dalam estimasi biaya, pengeluaran terbesar terletak pada penggunaan shank dan tip. Karena komponen ini bekerja dengan kontak langsung dan melawan kekuatan batuan saat proses pembongkaran batuan. Singh (1983) telah mengusulkan sistem klasifikasi abrasivitas berdasarkan mineral

pembentuk batuan, derajat kebundaran mineral (*mineral angularity*), kekuatan material perekat (*cementing material*) dan indeks kekerasan batuan (*toughness*).

d) Tingkat Pelapukan

Pelapukan batuan terjadi karena adanya pengaruh hydrosphere dan atmosphere. Pelapukan bisa terjadi karena disintegrasi mekanis maupun dekomposisi kimia atau keduanya. Pelapukan yang terjadi karena disintegrasi mekanis dapat dilihat dengan adanya retakan batuan dan retakan pada belahan (*cleavage*) butir mineral. Sedangkan pelapukan kimia menghasilkan perubahan kimia pada mineralnya.

e) Struktur Batuan

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi perilaku masa batuan adalah struktur seperti kekar, bidang perlapisan, laminasi, belahan dan patahan. Struktur batuan berupa ketidakhomogenitas dapat menggambarkan gangguan mekanis pada sifat batuan. Parameter kekar yang harus diukur hubungannya dengan pengaruhnya terhadap kemampuan batuan antara lain orientasi kekar, spasi, kemenerusan dan material pengisi.

f) Densitas Material

Densitas juga merupakan faktor yang dipertimbangkan dalam penaksiran kemampuan batuan. Tingkat sementasi, sortasi, kekompakan dan ukuran butir dapat ditaksir melalui densitas. Semakin tinggi densitas maka semakin sedikit pori dalam batuan dan kekuatan ikat antar butir mineral semakin tinggi.

g) Kemas Batuan (*Rock Fabric*)

Kemas (*fabric*) merupakan suatu ukuran untuk menggambarkan struktur mikro dan tekstur material batuan. Para peneliti mengemukakan bahwa kemas batuan berpengaruh terhadap kemampuan. Batuan berbutir kasar (ukuran butir > 5 mm) seperti pegmatite dan batupasir bisa digaru dengan lebih mudah dari pada batuan berbutir halus (ukuran butir < 1 mm) seperti quartzite, basalt dan batugamping.

h) Kecepatan Seismik

Metode dengan menggunakan parameter kecepatan seismik telah digunakan secara luas untuk memprediksi tingkat kemampugaruan batuan. Kecepatan gelombang seismik tergantung pada densitas, porositas, kadar air dan tingkat pelapukan batuan (Singh dkk, 2011). Semakin tinggi kecepatan seismik pada batuan maka penggaruan akan relatif lebih sulit.

i) Bidang Perlapisan dan Batas Pelapukan

Perbedaan tingkat pelapukan pada perlapisan batuan memiliki pengaruh penting hubungannya dengan *performance* penggaruan. Para peneliti menemukan bahwa material dengan kekuatan rendah (*low strength*), akan mudah digaru apabila material tersebut ‘berdiri sendiri’, namun akan sulit digaru apabila material tersebut tersisip diantara material yang tidak bisa digaru. Selain itu, penggaruan pada material dengan banyak perlapisan menyebabkan *performance* penggaruan tidak menentu dimana kekerasan tiap perlapisan dapat saling berbeda satu dengan lainnya.

2.4. Analisis Rippabilitas

Menurut Abdullatif dan Cruden (1983) metode yang digunakan dalam menentukan nilai rippabilitas batuan dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

a) **Metode langsung**

Metode langsung dilakukan dengan cara uji coba di lapangan untuk estimasi hasil produksi penggaruan dari suatu alat. Sebuah alat garu dihitung bobot dan horse power-nya, lalu dibandingkan dengan tingkat produksi.

b) **Metode tak langsung**

Jika uji coba di lapangan tidak memungkinkan, maka metode tak langsung menjadi pilihan untuk estimasi kemampugaruan. Metode tak langsung terdiri dari tiga yaitu:

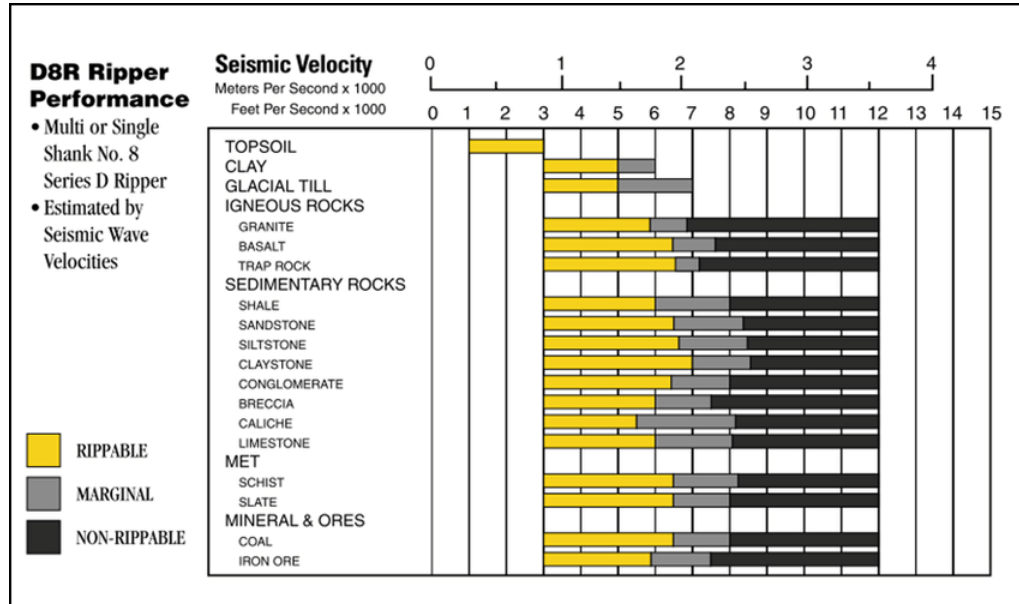
- Metode aproksimasi berdasarkan kecepatan gelombang seismik
- Metode grafis
- Metode grading (penilaian terhadap parameter batuan yang diukur).

2.4.1 Rippabilitas berdasarkan kecepatan gelombang seismik

Metode ini berdasarkan pembiasan gelombang seismik, merupakan metode yang paling populer dan sangat berguna dalam identifikasi karakteristik massa batuan yang mana dapat menjadi acuan dalam pemilihan metode

penggalian. Metode kecepatan gelombang seismik dapat mewakili beberapa sifat batuan seperti porositas, densitas, ukuran dan bentuk butir, anisotropi, mineralogi serta kadar air.

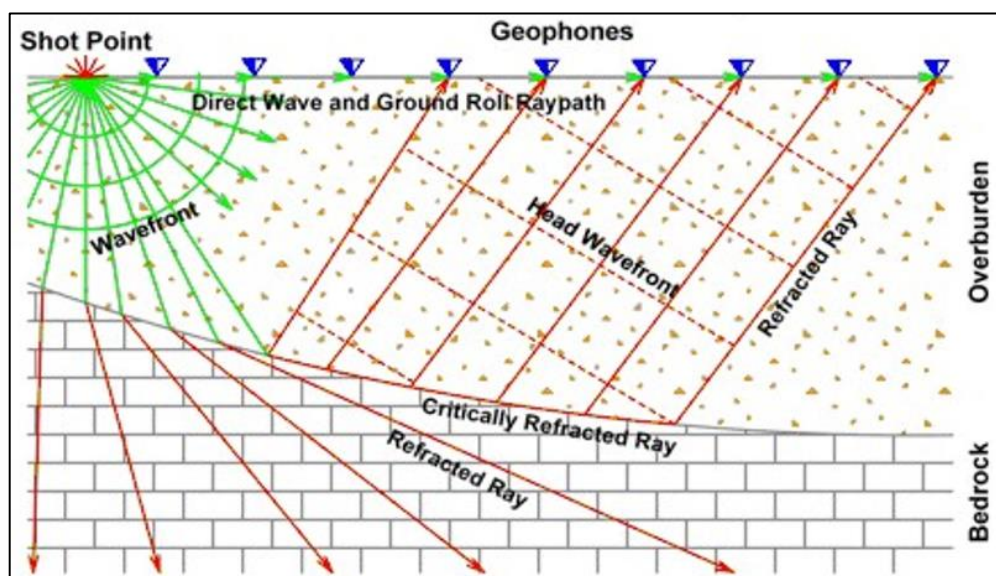
Dalam dekade 1920 sampai 1930, metode seismik biasa digunakan dalam eksplorasi minyak dan kemudian diterapkan dalam pekerjaan penggalian. Metode seismik pertama digunakan oleh perusahaan Caterpillar pada tahun 1958 dan digunakan dalam lingkup yang lebih luas pada tahun 1960-an untuk pemilihan metode penggalian. Meskipun metode seismik banyak digunakan, namun metode ini mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Metode seismik tidak dapat membedakan material alami. Sebagai contoh, kecepatan gelombang seismik yang melewati batupasir mungkin saja sama dengan granit padahal batupasir tergolong batuan yang mudah digaru sedangkan granit sulit untuk digaru. Gelombang seismik akan merambat lebih cepat pada material jenuh dibandingkan dengan material tak jenuh atau kering. Hal ini dikarenakan air dapat membantu perambatan gelombang. Ini yang mungkin dijadikan acuan dalam mengidentifikasi batuan dengan porositas tertentu.



Gambar 2.6 Contoh grafik kinerja ripper Caterpillar D8 (Caterpillar, 2001)

Seismik refraksi adalah suatu metoda geofisika yang umum digunakan untuk menginvestigasi model bawah permukaan dengan memanfaatkan perambatan gelombang akustik (V_p) pada medium (tanah/batuan). Sumber gelombang akustik (palu godam, *weight drop*, dll) yang dipancarkan di

permukaan akan merambat ke bawah permukaan melewati suatu medium dan kemudian akan ditransmisikan kembali ke permukaan. Gelombang yang kembali ke permukaan akan diterima oleh jaringan penerima (*receiver array*). Setelah mendapat nilai waktu tempuh pada gelombang yang terekam pertama pada sensor penerima (*receiver*), penentuan model perlapisan kecepatan gelombang medium bawah permukaan (V_p) dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya adalah metode konvensional (*hagiwara, plus-minus, atau GRM*) maupun metode inversi tomografi. Nilai V_p berasosiasi dengan kekuatan medium untuk dapat menahan kompresi. Semakin tinggi nilai V_p , maka medium tersebut mempunyai kekompakan yang baik (berasosiasi dengan batuan yang keras), dan sebaliknya, nilai V_p yang rendah akan menunjukkan sifat medium tersebut kurang kompak (Recsalog, 2020).



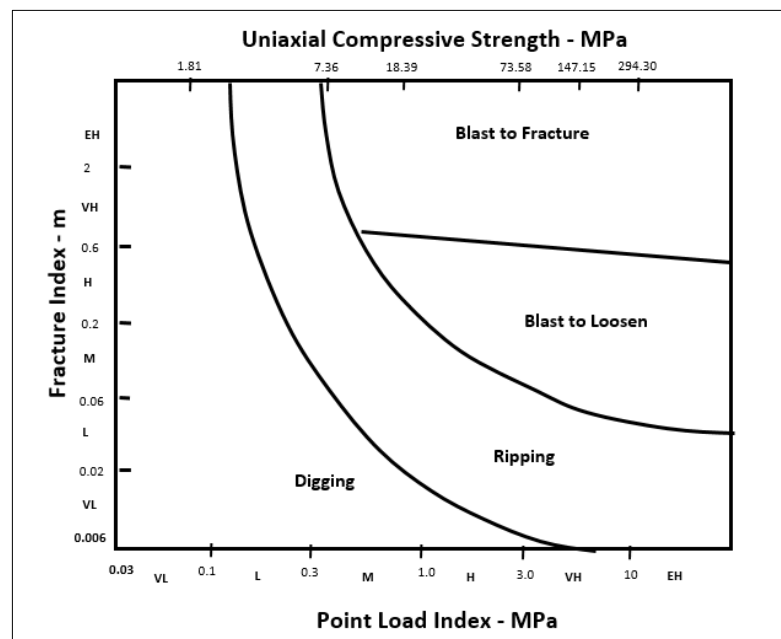
Gambar 2.7 Sketsa skema akuisisi data seismik refraksi (Recsalog, 2020)

Mekanisme pengambilan data lapangan yang dipergunakan dalam seismik refraksi adalah mengetahui jarak dan waktu yang terekam oleh alat seismograf untuk mengetahui kedalaman dan jenis lapisan tanah yang diteliti. Dari getaran atau gelombang yang diinjeksikan ke permukaan tanah akan merambat ke bawah lapisan tanah secara radial. Saat bertemu lapisan dengan sifat elastic batuan yang berbeda, maka gelombang yang datang akan mengalami pemantulan dan pembiasan. Gelombang yang melewati bidang batas dengan sifat lapisan yang

berbeda akan terpantul dan terbiaskan ke permukaan kemudian ditangkap oleh geophone, seperti ditunjukkan pada gambar 2.7.

2.4.2 Rippabilitas Berdasarkan Metode Grafis

Metode ini diusulkan oleh beberapa peneliti untuk memberikan gambaran tentang metode penggalian yang cocok. Metode ini menggunakan parameter spasi ketidakteraturan, nilai UCS (*Uniaxial Compressive Strength*) dan nilai *point load* untuk estimasi metode penggalian tanpa mengacu pada batuan tertentu saja. Salah satu peneliti yang menggunakan kemampuan berdasarkan metode grafis adalah Franklin dkk (1971). Mereka menggunakan grafik yang dihasilkan dari beberapa studinya di Hongkong, Afrika, UK dan melalui diskusi dengan beberapa Staff serta pengamatan langsung di ratusan site. Mereka menemukan bahwa spasi kekar dan kekuatan batuan merupakan pengaruh yang sangat besar terhadap rippabilitas batuan.



Gambar 2.8 Grafik rippabilitas oleh Franklin dkk (1971)

Klasifikasi rippabilitas batuan menggunakan dua parameter, yaitu *fracture Index* dan *Point Load Index* atau *Uniaxial compressive strength*, *fracture Index* dipakai sebagai ukuran karakteristik diskontinuiti dan didefinisikan sebagai jarak rata-rata fraktur dalam sepanjang bor inti atau massa batuan. Kedua parameter ini digambarkan dalam satu diagram untuk menduga kemampuan penggalian suatu massa batuan. Diagram klasifikasi dibagi kedalam tiga zona umum yaitu, penggalian

bebas (*free digging*), *ripping* dan peledakan (*blasting*). Massa batuan yang terkekarkan dan lemah masuk kedalam kategori bagian bawah kiri diagram, sedangkan massa batuan massif dan kuat diplot dibagian atas kanan. Yang pertama tentunya sangat mudah untuk digali dan yang terakhir sangat sulit digali dengan alat mekanis.

2.4.3 Rippabilitas berdasarkan metode grading

Rippabilitas batuan tergantung pada nilai dari sifat sifat geomekaniknya seperti kekar, pelapukan, ukuran butir dan kekuatan massa batuan. Pada dasarnya, pengujian batuan yang dilakukan dengan satu pengujian tidak dapat menentukan sifat batuan. Oleh sebab itu, biasanya banyak pengujian yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai dari sifat batuan. Selain itu, kondisi kerja, alat yang digunakan juga dapat mempengaruhi rippabilitas batuan. Berdasarkan faktor-faktor inilah, sifat massa batuan diberi nilai (bobot) untuk estimasi rippabilitas.

Tabel 2.1 Klasifikasi massa batuan Weaver (1975)

Kelas batuan	I	II	III	IV	V
Dekripsi	Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Kecepatan seismik (m/s)	> 2150	2150-1850	1850-1500	1500-1200	1200-450
Bobot	26	24	20	12	5
Kekerasan	Eks. keras	Sangat keras	Keras	Lunak	Sangat lunak
Bobot	10	5	2	1	0
Pelapukan	Tdk. lapuk	Agak lapuk	Lapuk	Sangat lapuk	Lapuk total
Bobot	9	7	5	3	1
Jarak kekar (mm)	> 3000	3000-1000	1000-300	300-50	< 50
Bobot	30	25	20	10	5
Kemenerusan kekar	Tdk. menerus	Agak menerus	Menerus - tdk ada gouge	Menerus-beberapa gouge	Menerus dgn. gouge
Bobot	5	5	3	0	0
Gouge kekar	Tdk ada pemisahan	Agak pemisahan	Pemisahan < 1mm	Gouge < 5 mm	Gouge > 5 mm
Bobot	5	5	4	3	1
Orientasi kekar	Sgt. menguntungkan	Tdk. menguntungkan	Agak tdk menguntungkan	Menguntungkan	Sgt. menguntungkan
Bobot	15	13	10	5	3
Bobot total	100-90	90-70	70-50	50-25	<25
Penaksiran kemampugaruan	Peledakan	Eks. susah garu & ledak	Sangat susah garu	Susah garu	Mudah garu
Pemilihan traktor	-	D9G	D9 / D8	D8 / D7	D7
Horse power		770-385	385-270	270-180	180
Kilowatt		575-290	290-200	200-135	135

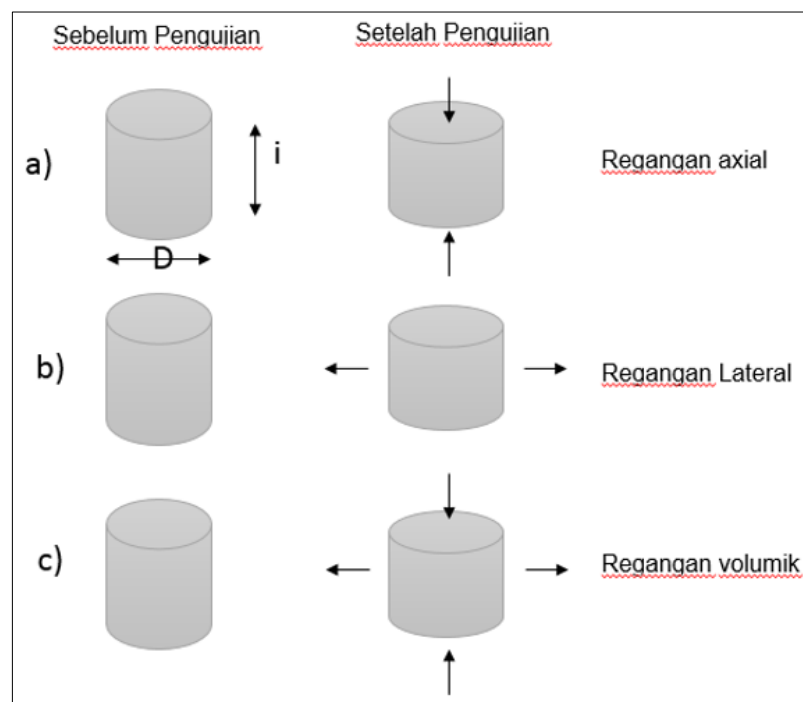
Weaver (1975) merancang analisis rippabilitas berdasarkan sistem geomekanik yang dirancang oleh Bieniawski. Meskipun begitu kondisi air tanah

diabaikan dalam sistem ini. Namun RQD dan kecepatan gelombang seismik telah digunakan. Dengan menggunakan indeks dan angka- angka yang menggambarkan kondisi yang berbeda-beda, indeks total akan dihitung dan metode penggalian ditentukan.

2.5 Uji Laboratorium

2.5.1 Uniaxial compressive strength test.

Uniaxial Compression Strength test atau pengujian kuat tekan batuan utuh untuk menentukan kuat kekuatan batuan *intact* dengan sampel berbentuk silinder hasil dari pengeboran *full coring*. Pengujian ini menggunakan mesin tekan untuk menekan sampel batuan yang berbentuk silinder dari satu arah (uniaksial). Perbandingan antara tinggi dan diameter percontoh (l/D) mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Untuk pengujian kuat tekan secara umum digunakan perbandingan $L= 2D$. L adalah Length atau panjang dari sampel sedangkan D adalah diameter dari sampel batuan yang akan diuji (standard ASTM D 2166 *Uniaxial Compressive Strength*).



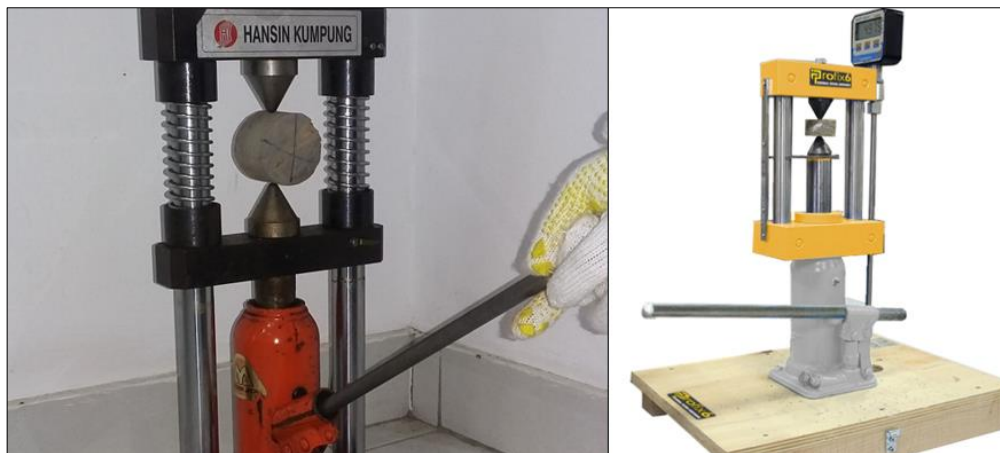
Gambar 2.9 Regangan yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan batuan (Bineawski, 1973)

Perpindahan gaya regangan dari sampel batuan baik aksial (Δl) maupun lateral (ΔD) selama pengujian dapat diukur dengan menggunakan *dial*

gauge secara manual yang membutuhkan ketelitian tinggi atau bisa juga dengan *electric strain gauge* yang hasilnya akan tercatat secara otomatis secara komputerisasi dan lebih praktis. Dari hasil pengujian kuat tekan, dapat digambarkan kurva tegangan-regangan (*stress-strain*) untuk tiap sampel batu, kemudian dari kurva ini dapat ditentukan sifat mekanik batuan.

2.5.2 Point load test.

Menurut Broch & Franklin (1972), *Point load index* merupakan substansi pengujian dari faktor kehadiran bidang lemah yang mempengaruhi kecepatan rambat gelombang ultrasonik dari suatu batuan (spesimen batuan). Perconto batuan dapat berbentuk silinder. Peralatan yang digunakan mudah dibawa-bawa, tidak begitu besar dan cukup ringan. Pengujian cepat, sehingga dapat diketahui kekuatan batuan di lapangan, sebelum pengujian dilaboratorium dilakukan.



Gambar 2.10 Pengujian point load test

Pengujian ini menggunakan mesin uji *point load* dengan perconto berupa silinder atau bentuk lain yang tidak beraturan. Pengujian *point load* ini merupakan pengujian yang dapat dilakukan langsung di lapangan, dengan demikian dapat diketahui kekuatan batuan di lapangan sebelum pengujian di laboratorium dilakukan. Perconto yang disarankan untuk pengujian ini adalah batuan berbentuk silinder dengan diameter kurang lebih 50 mm. Dari pengujian ini didapat:

$$I_s = F \cdot \frac{P}{D^2}$$

$$F = (D/50)^{0.45}$$

Dimana:

I_s = *Point load strength index (Index Franklin)*

P = Beban maksimum sampai percontoh pecah (Kg)

D = Diameter/Jarak antara dua konus penekan (mm)

F = Faktor koreksi

2.6 *Bulldozer Ripper*

Menurut Indonesianto (2005) *Bulldozer* merupakan alat gusur berupa alat yang dilengkapi dengan kemampuan dorong/gusur akibat adanya gaya dorong yang diberikan dan gaya tarikan akibat adanya gaya tarik. *Bulldozer* memiliki kemampuan beroperasi pada daerah lunak sampai keras serta mampu beroperasi pada daerah datar, daerah dengan kemiringan tertentu dan daerah berbukit. *Bulldozer* menggunakan traktor sebagai penggerak utamanya yang dilengkapi dengan *dozer attachment*. *Attachment* yang dipasangkan pada bagian depan disebut *blade* atau *rake* (bila berupa garpu) serta yang dipasang dibagian belakang disebut *ripper* (Gambar 2.11).



Gambar 2.11. *Bulldozer* dengan *ripper* (Komatsu, 2009)



Gambar 2.12. Proses penggaruan di lapangan dengan *Bulldozer*

Kemampuan *ripper* tergantung pada kemampuan gigi-giginya untuk masuk ke dalam tanah dan kekuatan mesin penarik, Gigi-gigi *ripper* dapat diturunkan dan dinaikkan (*adjustable*), disesuaikan dengan dalamnya penggalian yang dikehendaki dan keadaan material yang akan digaru.