



**MENENTUKAN KEDALAMAN “BEDROCK”
MENGUNAKAN METODE SEISMIK REFRAKSI
(Studi Kasus di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember)**

SKRIPSI

Oleh

**Sustriamah
NIM 031810201098**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2007

RINGKASAN

Menentukan Kedalaman “*Bedrock*” dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi (Studi Kasus di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember); Sustriamah, 031810201098; 2007; 73 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Metode seismik refraksi adalah salah satu metode seismik yang menggunakan metode penjalaran gelombang mekanik atau elastis terhadap medium bumi yang bersifat homogen isotropis. Seismik refraksi efektif digunakan untuk penentuan struktur geologi yang dangkal sehingga metode inilah yang efektif digunakan untuk mengetahui nilai kedalaman lapisan relatif kedap air (*bedrock*) sebagai salah satu parameter kelongsoran suatu daerah.

Salah satu daerah rawan longsor di Kabupaten Jember berada di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi kedalaman lapisan *bedrock* dengan menggunakan metode seismik refraksi sebagai penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi kelongsoran pada salah satu lokasi rawan longsor di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 14-15 April 2007 dengan cara *end-on (common shot)* dimana *source* yang digunakan adalah *weightdrop* seberat 50 kilogram, dijatuhkan pada ketinggian 1 meter di atas permukaan tanah untuk jarak *geophone* terjauh dari *source (far offset)* sejauh 32 meter. Jarak spasi antar *geophone* sebesar 2 meter dimana lintasan yang diambil adalah lintasan horisontal dan lintasan vertikal.

Lintasan horisontal yang diambil dari lokasi penelitian berada di sepanjang jalan setapak antara jalan sampai tepi jurang dengan jarak 90 meter. Sedangkan lintasan vertikal yang dipakai adalah berada di sekitar tepi jurang. Karena akuisisi data yang dilakukan pada dua lintasan tersebut bolak-balik maka hasilnya diperoleh empat jenis lintasan. Setelah dilakukan akuisisi dan interpretasi data

maka diperoleh hasil dari keempat lintasan adalah medium tiga lapis horisontal, dimana nilai kecepatan pada masing-masing lintasan adalah kecepatan lapisan pertama yaitu antara 168,9 m/s sampai 198,8 m/s, lapisan kedua mempunyai kecepatan yang berkisar 425,1 m/s sampai 511,7 m/s dan lapisan ketiga mempunyai nilai kecepatan antara 909,1 m/s sampai 972,2 m/s. Nilai kecepatan antar lapisan di bawah permukaan tanah mempunyai kemampuan perambatan yang berbeda pada tiap lapisannya sehingga besarnya kecepatan tiap lapisannya menjadi berbeda pula.

Setelah proses perhitungan, maka didapatkan nilai kedalaman *bedrock*. Pada kedalaman lapisan *bedrock* pertama mempunyai nilai 3,03 m sampai 6,76 m. Sedangkan untuk lapisan *bedrock* kedua mempunyai kedalaman sebesar 4,37 m sampai 9,93 m. Hasil yang mempunyai ketidakseksamaan yaitu pada lintasan horisontal 2. Hal tersebut mengakibatkan kemiringan lapisan pertama pada lintasan horisontal.

Jadi hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian ini merupakan daerah bertopografi miring dengan kemiringan lapisan *bedrock* menuju jurang sehingga potensi pergerakan tanah (*moving soil*) menuju jurang sangat memungkinkan dapat terjadi.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PEMBIMBINGAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR ISTILAH	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Profil Desa Kemuning Lor	6
2.2 Struktur Tanah	7
2.3 Bedrock	8
2.4 Seismik Refraksi	12
2.4.1 Pemantulan dan Pembiasan Gelombang	14
2.4.2 Asumsi Dasar	15

2.4.3 Metode Refraksi	15
2.4.4 Pembiasan pada Bidang Lapis Batas	16
2.4.5 <i>Travel Time</i> Gelombang Langsung, Bias dan Pantul.....	18
2.4.6 Penjalaran Gelombang pada Medium Dua Lapis Horisontal.	18
2.4.7 Penjalaran Gelombang pada Medium Tiga Lapis Horisontal.	21
2.4.8 Penjalaran Gelombang pada Lapisan Miring.....	23
2.4.9 Menentukan Tebal Lapisan di Bawah <i>Geophone</i> dengan Metode Waktu Tunda (<i>Delay Time Method</i>)	27
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Diagram Kerja Penelitian	33
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	37
3.4 Desain Survei Seismik Refraksi	38
3.5 Pengambilan Data	39
3.6 Akuisisi Data.....	43
3.7 Pengolahan dan Analisa Data	44
BAB 4. HASIL DAN ANALISA DATA	46
4.1 Hasil Penelitian.....	46
4.1.1 Data Hasil Penelitian.....	46
4.1.2 Konversi Data Penelitian.....	46
4.2 Analisa Data.....	56
4.2.1 Analisa Data Penelitian	56
4.2.2 Analisa Konversi Data Penelitian	56
BAB 5. PEMBAHASAN	59
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	62
6.1 KESIMPULAN.....	62
6.2 SARAN	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.	68

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Musibah tanah longsor di tanah air akhir-akhir ini sering terdengar. Kasus di Banjarnegara adalah salah satu yang mencuat pada pemberitaan nasional. Harian Jawa Pos edisi 5 Januari 2006 melaporkan, tanah longsor menimbun sedikitnya 102 rumah yang dihuni 180 kepala keluarga. Korban tewas diperkirakan sekitar 90 orang. Longsoran tanah menimbun kawasan seluas empat hektar yang terdiri atas permukiman penduduk, kebun, dan hutan. Tinggi timbunan mencapai tiga meter, bahkan ada yang mencapai enam meter sehingga rumah-rumah betul-betul rata dengan tanah atau menimbun keseluruhan rumah. Besarnya kerugian akibat bencana ini menyadarkan kita akan pentingnya pembelajaran massal bagi para pejabat publik dan masyarakat untuk mengenal seluk-beluk masalah terkait musibah yang kerap melanda terutama di saat musim hujan.

Pada tanggal 30 Januari 2001 akibat hujan yang deras, terjadi longsoran di Dusun Darungan, Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember (Anonim, 2001). Pada hari Minggu tanggal 3 Pebruari 2002, sekitar 10 hektar sawah longsor sedalam 27 meter di Dusun Darungan, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember (Djunaidi, 2002). Hari Rabu tanggal 26 Pebruari 2003 tanah longsor menimbun 17 rumah penduduk di Dusun Calok, Desa Arjasa, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember dan pada tanggal 4 Maret 2003 tanah longsor juga merusak 21 rumah penduduk di Dusun Calok, Desa/Kecamatan Arjasa, Jember (Sir, 2003).

Bencana tanah longsor adalah salah satu bencana alam kebumihantaran yang disebabkan oleh faktor geologi atau ulah manusia (Surono, 2002). Para ilmuwan mengategorikan tanah longsor sebagai salah satu bencana geologis yang bisa diperkirakan (Mustofa, 2005). Fenomena ini merupakan fenomena kompleks, melibatkan lapisan-lapisan dengan sifat fisika kontras, yang mengakibatkan kegagalan struktur pada suatu kemiringan lapisan, dan lapisan tersebut meluncur ke bawah akibat gaya gravitasi (Bogoslovsky *et al*, 1977). Tanah longsor biasanya bergerak pada suatu bidang tertentu yang disebut dengan bidang gelincir, bidang gelincir berada diantara bidang yang stabil (*bedrock*) dan bidang yang bergerak (bidang yang tergelincir).

Investigasi lapisan batuan dasar/*bedrock* yang selama ini banyak dilakukan adalah dengan metode konvensional yaitu dengan jalan melakukan pengeboran secara *sampling* terhadap daerah yang diteliti, kemudian dilakukan analisa terhadap hasil bor tersebut. Metode ini sangat teliti, akan tetapi sangat mahal dan tidak bisa melihat kelanjutan dari lapisan yang diteliti karena dilakukan dengan cara *sampling*, sehingga diperlukan metode lainnya sebagai alternatif diantaranya metode seismik.

Metode seismik terdiri dari 2 metode konsentrasi yaitu metode seismik refraksi dan metode refleksi. Seismik refraksi efektif digunakan untuk penentuan struktur geologi yang dangkal sedang seismik refleksi untuk struktur geologi yang dalam (Susilawati, 2004). Metode seismik refraksi inilah yang efektif digunakan guna mengetahui nilai kedalaman lapisan relatif kedap air (*bedrock*) sebagai parameter kelongsoran suatu daerah.

Desa Kemuning Lor terletak di Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember dengan luas kurang lebih 1275, 740 ha (Anonim, 2003). Wajdi (2004) dan Amin (2006) telah berhasil mempelajari kestabilan lereng di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Sedangkan Wahyuningtyas (2006) berhasil menentukan pemetaannya berdasarkan data resistivitas 2-D dan GPS di lokasi tersebut. Penelitian terakhir di

lokasi Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten telah dilakukan Fariadi (2007) yang berhasil menentukan karakteristik fisis tanah di lokasi tersebut dengan menggunakan *Resistivity Sounding* konfigurasi Schlumberger. Berdasarkan peta geologi teknik Kabupaten Jember, Desa Kemuning Lor termasuk pada daerah *breksi* Argopuro (Qvab). Daerah ini merupakan hasil kegiatan Gunung Argopuro yang terakhir. Batuannya sudah sangat lapuk sehingga membentuk tanah laterit yang cukup tebal berwarna merah bata. Tanah pelapukan umumnya berupa lempung lanauan. Lempung lanauan berwarna coklat tua dan coklat kekuningan, plastisitas sedang dan tinggi, lunak, tebal mencapai 2-3 meter. Daya dukung untuk pondasi dangkal (kedalaman 2 meter) pada satuan batuan ini berkisar antara 4,24 sampai 10,96 kg/cm² dan nilai penurunan tanahnya berkisar antara 0,07 sampai 0,14 cm (Utami *et al*, 2000). Artinya desa ini rentan terhadap bahaya tanah longsor sehingga desa ini tergolong pada zona kekuatan rendah. Karena alasan inilah daerah tersebut dipilih sebagai lokasi penelitian untuk mengetahui nilai kedalaman lapisan relatif kedap air (*bedrock*) yang berada di bawah permukaan tanah. Metode seismik refraksi akan digunakan pada penelitian di lokasi ini untuk mengetahui kedalaman lapisan *bedrock*. Sehingga dengan menggunakan metode seismik refraksi diharapkan secara efektif dapat memperoleh hasil yang menunjang penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian lapangan, dengan fokus melakukan identifikasi kedalaman lapisan batuan dasar (*bedrock*). Karena itu, permasalahan dalam penelitian ini adalah berapakah kedalaman lapisan *bedrock* dengan menggunakan metode seismik refraksi?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan adalah :

1. Penelitian ini merupakan penelitian lapangan, yang akan dilakukan untuk mengidentifikasi kedalaman *bedrock* pada salah satu lokasi yaitu daerah rawan longsor di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember.
2. Penggunaan metode hanya pada metode seismik refraksi.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan untuk melakukan identifikasi kedalaman lapisan batuan dasar (*bedrock*) pada salah satu lokasi yaitu daerah rawan longsor di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini merupakan suatu penelitian awal untuk menentukan kedalaman lapisan batuan dasar (*bedrock*). Hasil analisa penelitian ini diharapkan akan dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi ilmu pengetahuan, khususnya bidang rekayasa sebagai alternatif untuk mengidentifikasi kedalaman lapisan *bedrock* dalam upaya eksplorasi bencana tanah longsor khususnya bidang geofisika sebagai data penunjang alternatif untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengetahuan tentang struktur lapisan bumi dan kedudukan batuan di bawah permukaan bumi dapat diketahui dari sifat geologinya. Hal tersebut menjadi sangat penting karena dengan menggunakan ilmu geologi maka seluruh karakter di atas atau di dalam permukaan bumi dapat didefinisikan. Geologi berasal dari istilah Yunani $\gamma\eta$ -(*ge*-, "bumi") dan $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$ (*logos*, "kata", "alasan") dan bila didefinisikan secara menyeluruh geologi adalah ilmu (sains) yang mempelajari bumi, komposisinya, struktur, sifat-sifat fisik, sejarah, dan proses yang membentuknya (Anonim, 2007c).

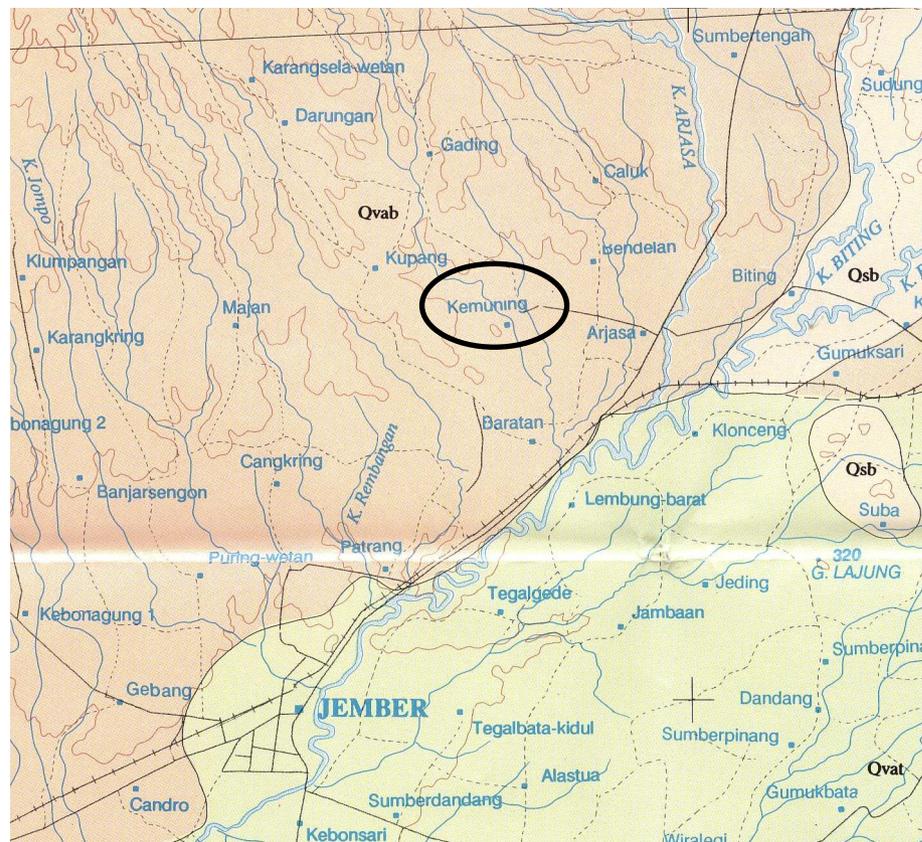
Ilmu ini dapat membantu para geologiawan menemukan dan mengeksploitasi sumber daya alam yang ada di bumi, seperti minyak bumi, batu bara, dan juga metal seperti besi, tembaga, dan uranium serta mineral lainnya yang memiliki nilai ekonomi. Ilmu tersebut juga membantu geofisikawan untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi melibatkan pengukuran di atas permukaan bumi terhadap parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di dalam bumi. Pengukuran geofisika dapat menafsirkan bagaimana sifat-sifat dan kondisi di bawah permukaan bumi baik itu secara vertikal maupun horisontal (Anonim, 2007b).

Suprianto dan Priyantari (2005:20) menyatakan bahwa kondisi di bawah permukaan bumi layaknya lapisan tanah sebagai lapisan terluar mantel bumi perlu diperhatikan. Kita masih menjumpai ratusan ribu hektar tanah-tanah kritis akibat perlakuan dan tindakan manusia yang mengabaikan hukum-hukum alam di seluruh kawasan tanah air. Oleh karena itu, kita harus memahami kondisi tanah dan lingkungan sehingga kita dapat memperlakukan tanah sebaik mungkin.

2.1 Profil Desa Kemuning Lor

Desa Kemuning Lor memiliki luas kurang lebih 1275,740 ha yang terdiri dari tanah sawah 536 ha, tanah kering 292,40 ha, tanah perkebunan 406 ha, tanah hutan 20 ha dan tanah fasilitas umum dengan luas 11,340 ha. Desa ini terletak di sebelah utara Kecamatan Arjasa pada ketinggian 500 meter dpt (di atas permukaan tanah) dan curah hujan rata-rata tiap tahunnya mencapai 2000 mm dengan batas-batas wilayahnya sebagai berikut:

- Sebelah Barat : Desa Bintoro (Patrang),
- Sebelah Timur : Desa Baratan (Arjasa),
- Sebelah Utara : Desa Darsono (Arjasa), dan
- Sebelah Selatan : Desa Baratan (Patrang) (Anonim, 2003).



Sumber: Sapei, T *et al.* Tahun 1992

Gambar 2.1 Peta Geologi Jember

Berdasarkan peta geologi pada gambar 2.1, Kecamatan Arjasa merupakan daerah *breksi* Argopuro (*Qvab*). Pada permukaan daerah ini didominasi oleh sebaran *breksi* gunung api dengan sisipan lava. *Breksi* gunung api umumnya melapuk ringan-tinggi, berwarna abu-abu, bersusunan andesit, dengan masa dasar tuf. Secara umum batuan dari formasi ini mempunyai tingkat kekuatan tanah dan batuan rendah-tinggi. Tanah pelapukan umumnya berupa lempung lanauan. Lanau lempungan berwarna coklat tua dan coklat kekuningan, plastisitas sedang dan tinggi, lunak, tebal mencapai 2-3 meter (Utami *et al*, 2000).

Kondisi sebelum terjadi musibah tanah longsor, Desa Kemuning Lor merupakan desa yang tergolong mempunyai distribusi lahan tidak kritis. Selain itu tanahnya yang subur merupakan penghasil utama bahan pangan yang cukup besar distribusinya bagi Kabupaten Jember. Setelah terjadinya krisis moneter situasi desa berubah total, penduduk desa mulai kesulitan untuk mencari penghasilan, yang pada akhirnya melakukan penebangan secara liar, penjarahan besar-besaran, pembangunan perumahan yang sudah menyalahi aturan dan banyaknya lahan kering yang dijadikan lahan basah oleh penduduk. Hal ini dapat mengakibatkan tanah menjadi tidak stabil sehingga ketika musim penghujan tanah mudah terbawa oleh air baik secara perlahan-lahan ataupun lebih cepat dan akhirnya menjadi suatu bencana yang lebih besar yaitu musibah tanah longsor (Anonim, 2003).

2.2 Struktur Tanah

Tanah merupakan suatu sistem yang ada dalam suatu keseimbangan dinamis dengan lingkungannya (lingkungan hidup atau lingkungan lainnya). Tanah tersusun atas 5 komponen, yaitu: (1) partikel mineral, berupa fraksi anorganik, hasil perombakan bahan-bahan batuan anorganik yang terdapat di permukaan bumi, (2) bahan organik yang berasal dari sisa-sisa tanaman dan binatang serta berbagai hasil kotoran binatang, (3) air, (4) udara tanah, dan (5) kehidupan jasad renik (Suprianto & Priyantari, 2005:20). Perbedaan perbandingan

komponen-komponen tersebut akan menyebabkan adanya perbedaan antara tanah yang satu dengan tanah yang lainnya.

Menurut Suprianto dan Priyantari (2005:22) struktur tanah dapat dibagi dalam struktur makro dan mikro. Struktur makro/struktur lapisan bawah tanah yaitu penyusunan agregat-agregat tanah satu dengan yang lainnya sedangkan struktur mikro ialah penyusunan butir-butir majemuk/agregat-agregat yang satu sama lain dibatasi oleh bidang-bidang belah alami dari awal pembentukan agregat tanah tersebut.

2.3 Bedrock

”Petrologi adalah bidang geologi yang berfokus pada studi mengenai batuan dan kondisi pembentukannya” (Anonim, 2007d). Sedangkan Anonim (2007a) menyatakan, ”*bedrock* adalah batuan gabungan asli di bawah permukaan bumi”. Di atas *bedrock* biasanya adalah daerah batuan yang tidak tergabung dalam subtanah basal. Pada daerah-daerah tertentu di permukaan planet, batuan pun akan ditemukan. Lapisan *bedrock* dapat ditemukan pada suatu kemiringan maupun pada suatu area horisontal yang mempunyai panjang dan nilai ketebalan tertentu yang terbentuk akibat parameter-parameter pembentukannya. Peta geologi suatu daerah selalu menunjukkan lapisan yang membedakan tipe pembentukan batuan, contohnya, batuan yang terbentuk pada permukaan jika seluruh tanah telah berpindah. Lapisan batuan yang berbeda diperkirakan sebagai hasil erosi permukaan nonparalel (kemiringan) pada tepi lapisan datar atau erosi permukaan normal dari lapisan tertentu yang dipindah bagian atas dari lapisan tertinggi.

Batuan dapat didefinisikan sebagai bahan padat yang terjadi di alam membentuk kerak bumi. Berdasarkan cara terbentuknya batuan dapat dibedakan atas:

1. Batuan beku (*igneous rocks*)

Batuan beku dapat dibedakan dengan golongan batuan lainnya terdapat tiga ciri yaitu (1) tidak mungkin mengandung fosil, (2) teksturnya padat, mampat, serta strukturnya homogen dengan bidang permukaan ke semua arah sama, dan (3) susunan sesuai dengan pembentukannya (Darmawijaya, 1997:39).

Proses pematatan batuan dapat terjadi dalam beberapa keadaan yang berbeda yaitu :

- seluruh massa magma mengalami kristalisasi, sehingga terbentuk kristal sempurna yang dinamakan *holokristalin*,
- sebagian massa mengalami kristalisasi sedang sisanya membentuk molekul amorf seperti gelas, dan
- seluruhnya memadat seperti gelas.

”Petrologi batuan beku berfokus pada komposisi dan tekstur dari batuan beku” (Anonim, 2007d). Batuan tersebut seperti granit atau basalt yang telah mengkristal dari batu lebur atau magma. Sehingga batuan beku mencakup batuan vulkanik dan plutonik.

2. Batuan endapan (*sedimentary rocks*)

Ciri umum untuk dapat membedakan batuan endapan dari batuan lainnya ialah (1) batuan endapan biasanya berlapis-lapis baik nyata maupun kurang jelas, (2) mengandung sisa-sisa jasad atau bekas-bekasnya, (3) adanya keseragaman yang nyata dari bagian-bagian berbentuk bulat-bulat yang menyusunnya (Darmawijaya, 1997:54).

Adapun lapisan-lapisan dalam batuan disebabkan karena terbentuk dari timbunan lapisan pengendapan yang masing-masing berbeda bahan, tekstur, warna dan tebalnya. Perbedaan ini terutama disebabkan karena berbeda waktu pengendapannya dan yang diendapkannya. Jika bahan yang diendapkan seragam maka ciri ini kurang jelas, salah satu contohnya seringkali batu gamping berwarna hitam dan kristalin mudah dikelirukan dengan batuan

andesit. Batuan endapan dibentuk dari bahan-bahan yang dihasilkan oleh pecahnya batuan yang telah ada sebelumnya.

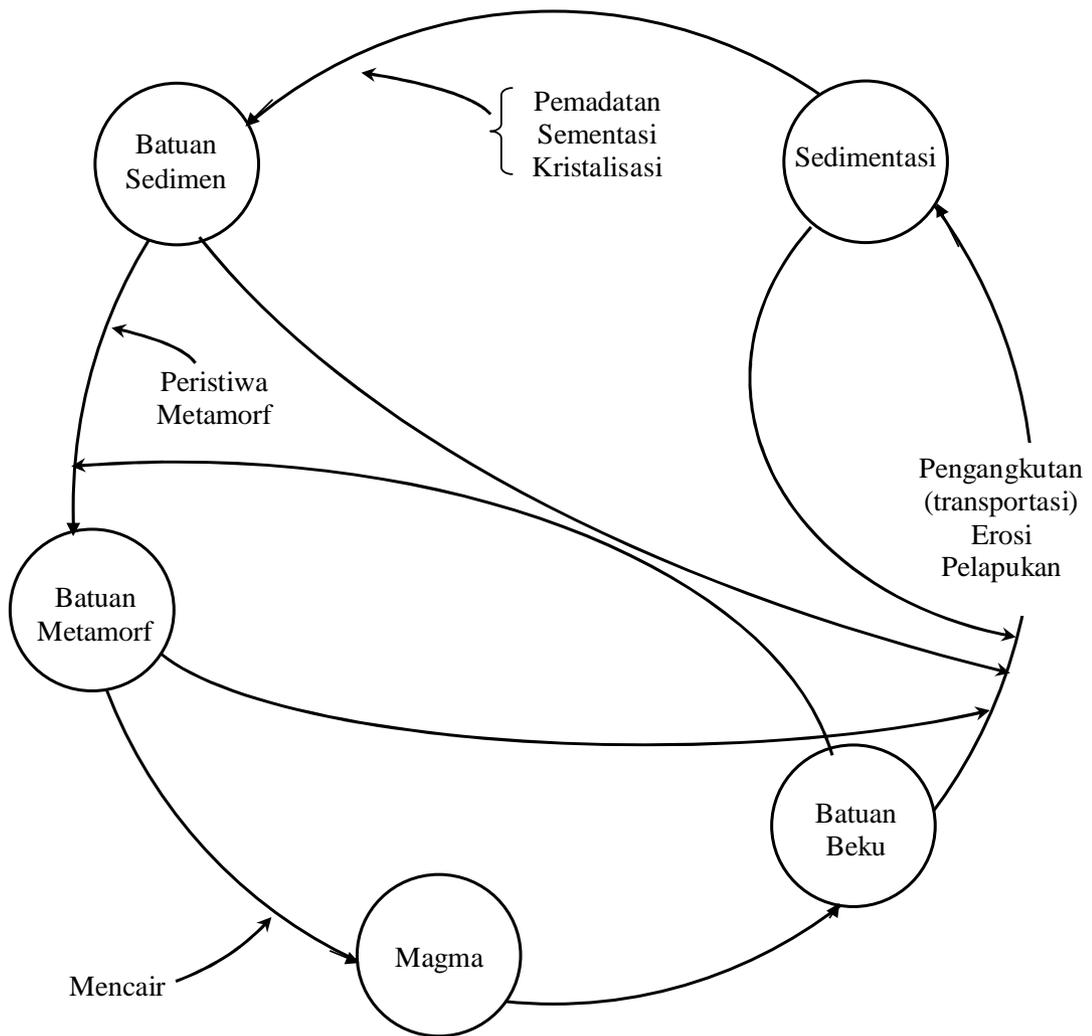
Proses pembentukan batuan endapan terbagi atas beberapa periode yaitu pelapukan (*weathering*), pengangkutan (*transportation*), pengendapan (*deposition*), dan perkembangan bentuk (*diagnese*) (Darmawijaya, 1997:54). "Petrologi batuan sedimen berfokus pada komposisi dan tekstur dari batuan sedimen" (Anonim, 2007d). Batuan tersebut seperti batu pasir atau batu gamping yang mengandung partikel-partikel sedimen terikat dengan matrik atau material lebih halus.

3. Batuan malihan (*metamorphic rocks*)

"Batuan malihan adalah batuan yang memiliki sifat-sifat akibat telah malihnya batuan semula, baik batuan beku maupun batuan endapan" (Darmawijaya, 1997:68). Proses malihan yang dimaksud ialah sejumlah proses yang bekerja dalam zone pelapukan dan menyebabkan pengkristalan kembali (*recrystalization*) bahan induk.

Syarat utama proses malihan ada tiga, ialah: (1) temperatur tinggi, (2) tekanan kuat, dan (3) waktu lama (Darmawijaya, 1997:68). "Petrologi batuan metamorf berfokus pada komposisi dan tekstur dari batuan metamorf" (Anonim, 2007d). Batuan tersebut seperti batu sabak atau batu marmer yang bermula dari batuan sedimen atau beku tetapi telah melalui perubahan kimia, mineralogi atau tekstur dikarenakan kondisi ekstrim dari tekanan, suhu, atau keduanya.

Pada gambar 2.2 ditunjukkan diagram dari siklus kejadian beberapa tipe batuan tersebut berikut proses kejadiannya. Diagram tersebut disebut *siklus batuan*. Juga diberi beberapa keterangan singkat untuk tiap-tiap elemen dari siklus batuan tersebut.



Sumber: Das Braja M. Tahun 1988

Gambar 2.2 Siklus Batuan.

2.4 Seismik Refraksi

Menurut Telford (1976), dasar teknik seismik dapat digambarkan sebagai berikut. Suatu sumber gelombang dibangkitkan di permukaan bumi. Karena material bumi bersifat elastik maka gelombang seismik yang terjadi akan dijalarkan ke dalam bumi dalam berbagai arah. Pada bidang batas antar lapisan, gelombang ini sebagian dipantulkan dan sebagian lain dibiaskan untuk diteruskan ke permukaan bumi. Di permukaan bumi gelombang tersebut diterima oleh serangkaian detektor (*geophone*) yang umumnya disusun membentuk garis lurus dengan sumber ledakan (*profil line*), kemudian dicatat/direkam oleh suatu alat seismograf. Dengan mengetahui waktu tempuh gelombang dan jarak antar *geophone* dan sumber ledakan, struktur lapisan geologi di bawah permukaan bumi dapat diperkirakan berdasarkan besar kecepatannya.

Metode seismik adalah salah satu metode geofisika yang menggunakan gelombang mekanik atau elastik sebagai sumber yang menjalar ke dalam bumi. Respon bumi sebagai bidang pemantul, kemudian ditangkap oleh penerima yang telah disusun berdasarkan geometrinya di permukaan. Dari sini akan didapatkan data waktu gelombang seismik yang melewati atau bahkan menembus medium bumi dan kembali lagi ke permukaan yang dicatat sebagai *two-way time* (Aditya, 2005). Selain digunakan dalam bidang eksplorasi hidrokarbon metode seismik juga dapat digunakan untuk tujuan lainnya, seperti untuk bidang geoteknik. Dalam bidang geoteknik metode seismik digunakan untuk menentukan kekakuan tanah dengan mengetahui kecepatan gelombang yang merambat dalam medium. Dalam menentukan struktur geologi, metode seismik dikategorikan ke dalam dua bagian yang besar yaitu seismik bias dangkal (*head wave or refracted seismic*) dan seismik refleksi (*reflected seismic*). Karena survei refleksi membutuhkan biaya yang lebih besar daripada survei refraksi, maka sebagai konsekuensinya survei refraksi lebih senang digunakan untuk lingkup sempit/kecil. Misalnya digunakan dalam mendukung analisis lingkungan atau geologi teknik. Sedangkan survei refleksi lebih banyak digunakan dalam eksplorasi minyak bumi. Seismik refraksi

efektif digunakan untuk penentuan struktur geologi yang dangkal sedang seismik refleksi untuk struktur geologi yang dalam (Susilawati, 2004). Metode seismik refraksi inilah yang efektif digunakan guna mengetahui nilai kedalaman lapisan relatif kedap air (*bedrock*) sebagai parameter kelongsoran suatu daerah.

Seismik refraksi adalah teknik yang telah digunakan untuk mengamati tanah longsor sejak awal tahun 1960-an. Menurut Narwold dan Owen (2005) pengamatan refraksi digunakan untuk menduga kedalaman permukaan rusak (longsor) dan sisi lateral tanah longsor (Cummings and Clark, 1988; Palmer and Weisgarber, 1988; Bogoslovsky, 1977; Brooke, 1972; Carroll et al., 1972; Trantina, 1963). Dasar dari interpretasi tersebut adalah perbedaan sifat-sifat fisik dari bahan yang longsor (tergelincir) dan keberadaan sedimen keras (tak tembus) atau *bedrock* yang menghasilkan perbedaan kecepatan seismik (Abramson *et al.*, 2002). Akhir-akhir ini untuk menggambarkan luasan dari massa kemiringan, pengamatan refraksi dapat juga memberikan data yang bersangkutan untuk konstruksi/pembuatan, kemungkinan riak, dan faktor pergerakan bumi. (Stephens, 1978).

Beberapa pengalaman pengamatan refraksi dalam investigasi tanah longsor lebih menggunakan metode-metode dimana tidak merusak lingkungannya, perlengkapan mudah dibawa, dan tekniknya relatif tidak mahal (McGuffey et al., 1996). Satu hal yang membatasi seismik refraksi adalah ketidakmampuannya untuk melihat keberadaan lapisan-lapisan tertentu, menganggapnya sebagai lapisan yang tidak terlihat atau wilayah buta, karena kontras kecepatannya tidak cukup atau lapisannya terlalu tebal (Redpath, 1973). Hal lainnya yang membatasi dari seismik refraksi adalah perhitungan kedalaman yang tidak tepat untuk lapisan-lapisan tertentu dimana terdapat pembalikan kecepatan dan lain sebagainya, dimana kecepatan lapisan tidak bertambah dengan kedalaman progresif (Redpath, 1973). Menurut Susilawati (2004) survei geofisika dengan metode seismik refraksi adalah bertujuan untuk :

a. Mendeteksi struktur geologi di bawah permukaan dangkal, misalnya patahan.

- b. Menentukan kedalaman di bawah sumber pada medium dua lapis atau lebih yang horizontal maupun miring.
- c. Menentukan jenis batuan berdasarkan kecepatan gelombang yang merambat dalam batuan tersebut.

2.4.1 Pemantulan dan Pembiasan Gelombang

Hal-hal yang menjadi dasar pada pemantulan dan pembiasan gelombang adalah :

- Asas Fermat
Gelombang menjalar dari satu titik ke titik lain melalui jalan tersingkat waktu penjarannya.
- Prinsip Huygens
Titik-titik yang dilewati gelombang akan menjadi sumber gelombang baru. *Front* gelombang yang menjalar menjauhi sumber adalah superposisi *front* gelombang-*front* gelombang yang dihasilkan oleh sumber gelombang baru tersebut.
- Sudut Kritis
Sudut datang yang menghasilkan gelombang bias sejajar bidang batas ($r = 90^0$).
- Hukum Snellius
“Gelombang akan dipantulkan atau dibiaskan pada bidang batas antara dua medium”, menurut persamaan :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} \quad (1)$$

dimana:

i = Sudut datang

r = Sudut bias

V_1 = Kecepatan gelombang pada medium 1

V_2 = Kecepatan gelombang pada medium 2

Metode seismik sangat bergantung pada perambatan gelombang dalam medium elastis. Penjelasan secara matematis diperlukan untuk menurunkan persamaan gelombang seismik tersebut. Namun persamaan gelombang yang merambat dalam medium heterogen cukup sulit, sehingga untuk menyederhanakan penyelesaian secara matematis diasumsikan medium memiliki sifat-sifat yang ideal yaitu homogen dan isotropis. Hal ini diperlukan untuk mempermudah pembahasan tentang perambatan gelombang seismik dalam perlapisan bumi. (Budiman, 2003).

2.4.2 Asumsi Dasar

Berbagai anggapan yang dipakai untuk medium bawah permukaan bumi antara lain :

- 1) Medium bumi dianggap berlapis-lapis dan tiap lapisan menjalankan gelombang seismik dengan kecepatan yang berbeda.
- 2) Makin bertambahnya kedalaman batuan lapisan bumi makin kompak.

Sedangkan anggapan yang dipakai untuk penjalaran gelombang seismik adalah :

- a. Panjang gelombang seismik \ll ketebalan lapisan bumi. Hal ini memungkinkan setiap lapisan bumi akan terdeteksi.
- b. Gelombang seismik dipandang sebagai sinar seismik yang memenuhi hukum Snellius dan prinsip Huygens.
- c. Pada bidang batas antar lapisan, gelombang seismik menjalar dengan kecepatan gelombang pada lapisan di bawahnya.
- d. Kecepatan gelombang bertambah dengan bertambahnya kedalaman.

2.4.3 Metode Refraksi

Bila gelombang elastik yang menjalar dalam medium bumi menemui bidang batas perlapisan dengan elastisitas dan densitas yang berbeda, maka akan terjadi pemantulan dan pembiasan gelombang tersebut. Bila kasusnya adalah

gelombang kompresi (gelombang P) maka terjadi empat gelombang yang berbeda yaitu, gelombang P-refleksi (PP_1), gelombang S-refleksi (PS_1), gelombang P-refraksi (PP_2), gelombang S-refraksi (PS_2). Dari hukum Snellius yang diterapkan pada kasus tersebut diperoleh :

$$\frac{V_{P1}}{\sin i} = \frac{V_{P1}}{\sin \theta_p} = \frac{V_{S1}}{\sin \theta_s} = \frac{V_{P2}}{\sin r_p} = \frac{V_{S2}}{\sin r_s} \quad (2)$$

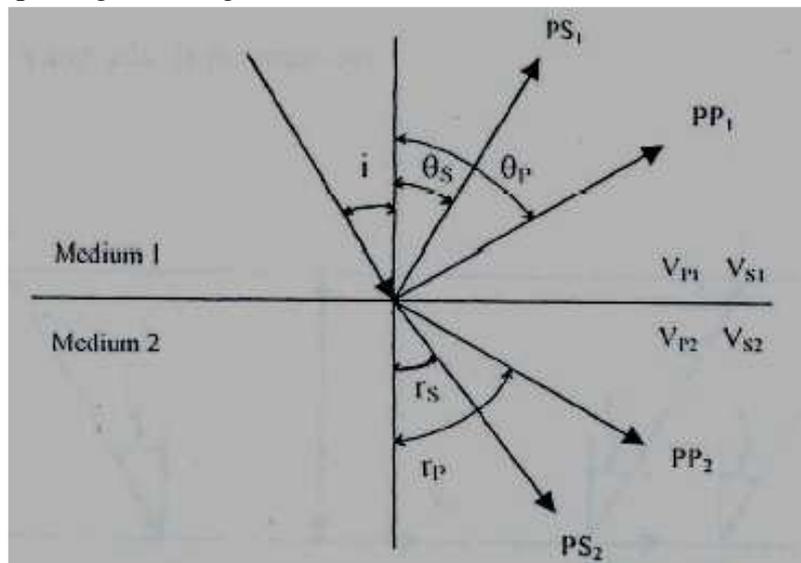
dimana :

V_{P1} = Kecepatan gelombang-P di medium 1

V_{P2} = Kecepatan gelombang-P di medium 2

V_{S1} = Kecepatan gelombang-S di medium 1

V_{S2} = Kecepatan gelombang-S di medium 2



Sumber: Susilawati Tahun 2004.

Gambar 2.3 Pemantulan dan Pembiasan Gelombang.

2.4.4 Pembiasan pada Bidang Batas Lapisan

Prinsip utama metode refraksi adalah penerapan waktu tiba pertama gelombang baik langsung maupun gelombang refraksi. Mengingat kecepatan

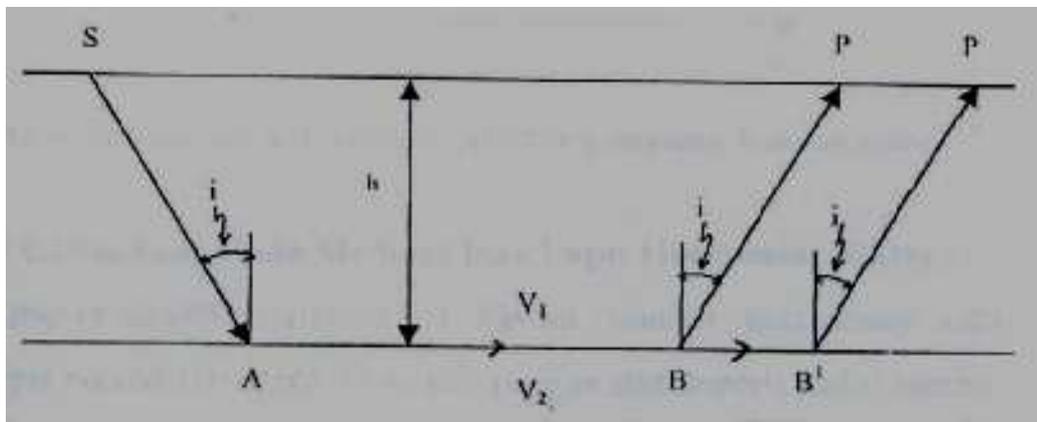
gelombang P lebih besar daripada gelombang S maka kita hanya memperhatikan gelombang P. Dengan demikian antara sudut datang dan sudut bias menjadi :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} \quad (3)$$

Pada pembiasan kritis sudut $r = 90^\circ$ sehingga persamaan menjadi :

$$\sin i = \frac{V_1}{V_2} \quad (4)$$

Hubungan ini dipakai untuk menjelaskan metode pembiasan dengan sudut datang kritis. Gambar 2.4 memperlihatkan gelombang dari sumber S menjalar pada medium V_1 , dibiaskan kritis pada titik A sehingga menjalar pada bidang batas lapisan. Dengan memakai prinsip Huygens pada bidang batas lapisan, gelombang ini dibiaskan ke atas setiap titik pada bidang batas itu sehingga sampai ke detektor P yang ada di permukaan.



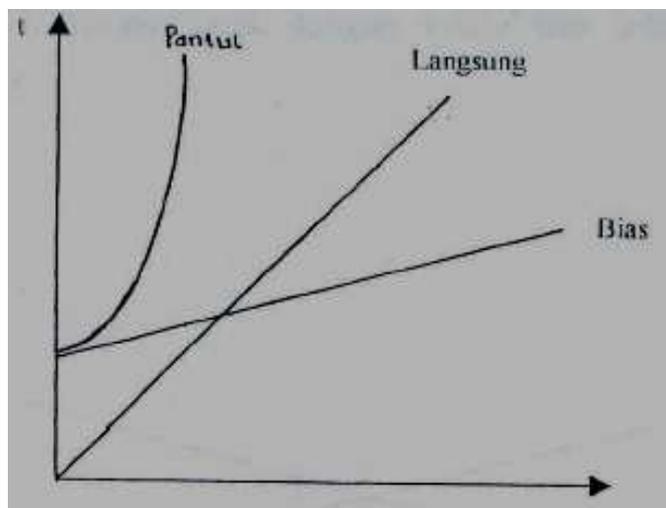
Sumber: Susilawati Tahun 2004.

Gambar 2.4 Pembiasan dengan Sudut Datang Kritis.

Jadi gelombang yang dibiaskan di bidang batas yang datang pertama kali di titik P pada bidang batas di atasnya adalah gelombang yang dibiaskan dengan sudut datang kritis.

2.4.5 *Travel Time* Gelombang Langsung, Bias dan Pantul

Bila dibandingkan waktu tempuh gelombang langsung, bias dan pantul maka pada jarak relatif dekat $T_L < T_B < T_P$, dengan T_L , T_B , dan T_P berturut-turut adalah waktu tempuh gelombang langsung, bias dan pantul. Sedangkan pada jarak yang relatif jauh $T_B < T_L < T_P$. Jelas bahwa gelombang pantul akan sampai di titik penerima dalam waktu yang paling lama.



ERROR: ioerror
OFFENDING COMMAND: image

STACK: