

LAPORAN PENELITIAN

PENENTUAN PARAMETER ELASTISITAS BATUAN BEKU
- DAN ASPEK GEOFISIKANYA MENGGUNAKAN
INSTRUMEN SONIC VIEWER

PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG
TEL AH TERRAFTAR

JUDUL :

PENYERANG :



KEPALA,

NO. INVENTARIS	: 27-12-02
NO. INVENTARIS	: Hld 1
NO. INVENTARIS	: KI
NO. INVENTARIS	: 441/K/2002-p2/2
KLASIFIKASI	: 531.382 AKM-

Oleh:

Drs. Akman, M.Si

Penelitian ini dibiayai oleh Dana Rutin
Universitas Negeri Padang
Tahun Anggaran 2002
Surat Perjanjian Kontrak No. 202a/J41.2/KU/Rutin/2002
Tanggal 1 Mei 2002

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2002

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

PENENTUAN PARAMETER ELASTISITAS BATUAN BEKU DAN ASPEK GEOFISIKANYA MENGGUNAKAN INSTRUMEN SONIC VIEWER

Oleh : Akmam

KBK Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA UNP

ABSTRAK

Salah satu sumber daya alam yang cukup besar manfaatnya bagi manusia adalah batuan. Penyelidikan terhadap sifat-sifat batuan ini perlu dilakukan dan dikembangkan dalam usaha mendapat batuan yang sesuai dengan keperluan. Salah satu sifat zat padat seperti batuan yang cukup penting dalam fisika adalah elastisitas yang banyak memberikan informasi tentang kekuatan dan daya tahan dari batuan tersebut. Salah satu cara dan instrumen yang dapat digunakan untuk menyelidiki sifat elastisitas adalah dengan merambatkan gelombang ultrasonic pada zat padat. Instrumen yang digunakan untuk menghasilkan gelombang ultrasonic dengan daya rendah adalah Sonic Viewer.

Penelitian ini difokuskan kepada penentuan parameter-parameter elastik seperti Poisson ratio, modulus kekekuatan, modulus Young, modulus Bulk, tetapan Lamé dan porositas dengan metoda statik. Pengujian dilakukan pada saat sampel dan basah. Penelitian ini bertujuan penelitian untuk menentukan parameter-parameter elastisitas dari berbagai variasi batuan Phaneritic yang terdapat di Kabupaten Tanahdatar.

Berdasarkan hasil penelitian serap terhadap air batuan beku di Andalas lebih besar dibandingkan dengan batuan beku yang terdapat di Pasir Laweh, kecuali untuk batuan beku phaneritik diorite. Harga Poisson ratio yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara (0.30 ± 0.01) sampai dengan (0.41 ± 0.02) dan harga konstanta Lamé (Modulus Rigiditas) yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara $2,98 \times 10^6$ Pa sampai dengan 1.30×10^7 Pa. Batuan gabro dan basalt yang terdapat di Andalas lebih poros dibandingkan dengan batuan sama yang terdapat di Pasirlawah dengan porositas masing-masing (37.1 % dan 11.9%) dan (5.9% dan 2.3%), sedangkan batuan jenis diorite sebaliknya yang terdapat Pasirlawah lebih poros dibandingkan dengan yang terdapat di Andalas. Harga modulus Elastik bantuan phaneritik sampel berkisar antara $(1.12 \times 10^6 - 8.78 \times 10^6)$ untuk sampel kering dan $(2.27 \times 10^6 - 8.30 \times 10^6)$ untuk sampel basah. Modulus Bulk batuan berkisar antara 4.34 – 15.08 untuk sampel kering dan 7.35 – 15.33 untuk sampel basah. Modulus Bulk batuan beku yang terdapat Andalas lebih kecil dari yang terdapat di Pasirlawah. Harga modulus geser berkisar antara $2.04 \times 10^6 - 2.04 \times 10^8$ untuk sampel kering dan $7.85 \times 10^5 - 3.00 \times 10^6$, dimana harga modulus geser berkurang akibat perendaman.

PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Penentuan Parameter Elastisitas Batuan dan Aspek Geofisikanya Menggunakan Instrumen Sonic Viewer*, berdasarkan Surat Perjanjian Kontrak Nomor : 202a/J41.2/KU/Rutin/2002 Tanggal 1 Mei 2002

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, maka Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dan kompleks dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan sebagai bahan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan yang melibatkan dosen/tenaga peneliti Universitas Negeri Padang sesuai dengan fakultas peneliti. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sampel penelitian, tim pembahas Lembaga Penelitian dan dosen-dosen pada setiap fakultas di lingkungan Universitas Negeri Padang yang ikut membahas dalam seminar hasil penelitian. Secara khusus kami menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Padang yang telah berkenan memberi bantuan pendanaan bagi penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, November 2002

Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,

Prof. Dr. H. Agus Irianto
NIP. 130879791

HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN

1. a. Judul Penelitian Penentuan Parameter Elastisitas Batuan Beku dan Aspek Geofisikanya Menggunakan Instrumen Sonic Viewer
- b. Bidang Ilmu Fisika / Fisika Bumi
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap dan Gelar Akmam, Drs, M.Si
- b. Jenis Kelamin Laki-laki
- c. Pangkat/Gol/NIP Penata Tk.I / III.d / 131 669 070
- d. Jabatan Fungsional Lektor
- e. Fakultas/Jurusan MIPA/Fisika
- f. Pusat Penelitian Universitas Negeri Padang
3. Jumlah Tim Peneliti 1 (Satu) orang
4. Lokasi Penelitian Kabupaten Tanah Datar dan Laboratorium Fisika Bumi FMIPA UNP
5. Lama Penelitian 7 (tujuh) bulan
6. Biaya yang Diperlukan Rp. 3.000.000.-
- a. Sumber Dana Dana Rutin UNP
- b. Jumlah Dana Rp. 3.000.000.-
(Terbilang : Tiga Juta Rupiah)

Padang, November 2002

Ketua Peneliti,



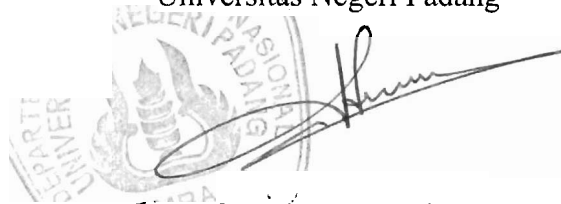
Drs. Akmam, M.Si
NIP. 131 669 070

Mengetahui:
Dekan FMIPA UNP



Drs. H. Idrus Ramli
NIP. 130 232 221

Menyetujui:
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang



Prof. Dr. H. Agus Irianto
NIP. 130 879 791

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	1
HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Pembatasan Masalah	2
C. Perumusan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Tinjauan Tentang Batuan	5
B. Parameter Elastik Batuan	8
C. Teknik Penentuan Parameter Elastik Batuan	12
D. Waktu Tunda	14
BAB III METODA PENELITIAN	17
A. Wilayah Penelitian dan waktu Pelaksanaan	17
B. Desain Penelitian	17
C. Instrumen Penelitian dan Rangkaiannya	19
D. Teknik Pengumpulan Data	21
E. Teknik Analisa Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
A. Hasil	23
B. Pembahasan	27
BAB V PENUTUP	32
A. Kesimpulan	32
B. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Langsung dan Perhitungan Sampel Kering	23
Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Langsung dan Perhitungan Sampel Setelah Direndam dalam Air Sumur Selama 36 Jam	24
Tabel 3. Perbandingan Daya Serap Air dengan Porositas Batuan Beku Phaneritik	25
Tabel 4. Harga Parameter Elastisitas Batuan Beku Daerah Andalas dan Pasirlawah Tanah Datar Sebelum Direndam Air Sumur	26
Tabel 5. Harga Parameter Elastisitas Batuan Beku Daerah Andalas dan Pasirlawah Tanah Datar Setelah Direndam Air Sumur Selama 36 Jam	26

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Sketsa Perbedaan Kecepatan Gelombang Langsung dengan Gelombang Melalui Medium	15
Gambar 2. Rangkaian Alat Sonic Viewer Saat Dioperasikan dalam Pengukuran	19
Gambar 3. Diagram Alir Perjalanan Sinyal Sewaktu Pengoperasian Alat	20
Gambar 4. Grafik Hubungan Porositas dengan Daya Serap Air	25
Gambar 5. Hubungan Porositas dengan Kecepatan Gelombang Ultrasonic	26
Gambar 6. Grafik Hubungan Porositas Batuan Kering dengan Parameter-parameter Elastik Lainnya	27

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam usaha merealisasikan perluasan mandat IKIP Padang menjadi Universitas Jurusan Fisika telah melakukan berbagai persiapan dan perencanaan strategis kemas depan. Berbagai upaya yang telah dilakukan antara lain; pengembangan staf melalui studi lanjut dan magang penelitian, penyediaan peralatan penunjang kegiatan praktikum dan penelitian, melakukan menyempurnaan kurikulum, pengembangan kelompok bidang kajian (KBK) dan sebagainya. Pengembangan KBK merupakan usaha yang amat penting karena melalui KBK inilah akan tumbuh penelitian-penelitian yang spesifik. Pengembangan penelitian akan memberi warna terhadap kemampuan spesifik lulusan program studi Fisika Jurusan Fisika. Salah satu KBK yang dikembangkan pada Jurusan Fisika adalah KBK Fisika Bumi.

Sesuai dengan namanya, bidang kajian Fisika Bumi ini berfungsi untuk mempelajari sifat fisika bumi dan sifat fisika elemen pembentuk bumi, termasuk pengembangan metoda eksplorasi yang cocok untuk mendapatkan sifat bumi dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya. Dengan mengetahui sifat fisika bumi serta sifat sumber daya alam yang terkandung di dalamnya seperti air, batuan, mineral, hidrokarbon dan sebagainya akan mendapat manfaat untuk meningkatkan keselamatan dan kesejahteraan makhluk yang hidup dipermukaan bumi. Berdasarkan hal itu, analisis terhadap sumber daya alam yang tersedia perlu dilakukan agar pemanfaatannya dapat dioptimalkan.

Salah satu sumber daya alam yang cukup besar manfaatnya bagi manusia adalah batuan. Batuan telah digunakan manusia untuk berbagai keperluan seperti mendirikan bangunan seperti bendungan air, jembatan, gedung bertingkat dan sebagainya. Disamping itu, berdasarkan hasil penyelidikan diketahui bahwa batuan merupakan suatu medium yang penting karena di dalam terkandung mineral yang bernilai ekonomis tinggi seperti emas, biji besi, sulfida logam dan air bersih. Penyelidikan terhadap sifat-sifat batuan ini perlu dilakukan dan dikembangkan dalam usaha mendapat batuan yang sesuai dengan keperluan. Salah satu sifat zat padat seperti batuan yang cukup penting dalam Fisika adalah sifat elastisitas yang banyak memberikan informasi kepada manusia tentang kekuatan dan daya tahan dari batuan tersebut.

Banyak cara dan instrumen yang dapat digunakan untuk menyelidiki sifat elastisitas batuan. Salah satu diantaranya adalah cara kinetik, yaitu dengan merambatkan gelombang ultrasonic pada zat padat. Instrumen yang digunakan untuk menghasilkan gelombang ultrasonic dengan daya rendah adalah Sonic Viewer. Penyelidikan parameter elastik batuan yang ada di Sumatera Barat menggunakan menggunakan Sonic Viewer belum banyak dilakukan. Berdasarkan uraian di atas, peneliti merasa tertarik untuk menyelidiki parameter elastik berbagai batuan dengan judul *Penentuan Parameter Elastisitas Batuan dan Aspek Geofisikanya Menggunakan Instrumen Sonic Viewer*.

B. Pembatasan Masalah

Pengkajian tentang batuan cukup luas cakupannya yang meliputi jenis batuan, pembentukan batuan, tempat terbentuknya batuan, penentuan parameter

elastisitas, dan teknik penentuan parameter elastisitas dan sebagainya. Agar permasalahannya lebih terfokus, maka perlu dilakukan pembatasan terhadap permasalahan. Batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Batuan yang akan diselidiki dalam penelitian ini adalah jenis batuan beku jenis phaneritik.
2. Teknik penentuan parameter-parameter elastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah cara statik dimana partikel-partikel batuan tidak mengalami pergerakan selama pengukuran berlangsung
3. Parameter elastik batuan yang diselidiki ini meliputi penentuan; Poisson ratio, modulus kekekuatan, modulus Young, modulus Bulk, tetapan Lamé dan porositas.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimanakah parameter-parameter elastik batuan beku phaneritic yang berhubungan dengan aspek geofisikanya.

D. Tujuan Penelitian

Agar arah penelitian ini jelas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini meliputi:

1. Menentukan cepat rambat gelombang ultrasonic pada berbagai variasi batuan phaneritic.
2. Menentukan parameter-parameter elastisitas dari berbagai variasi batuan Phaneritic.

3. Melakukan interpretasi terhadap aspek Geofisika dari setiap batuan yang diselidiki.

E. Manfaat Penelitian

Setelah penelitian ini dilakukan, maka hasil penelitian ini diharapkan berguna untuk :

1. Memberikan sumbangan pikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada umumnya dan bidang Fisika Bumi pada khususnya.
2. Memberikan sumbangan informasi bagi para teknokrat dalam bidang konstruksi bangunan menggunakan batuan.
3. Memberikan informasi tambahan kepada ilmuwan Fisika khususnya dalam penerapan konsep-konsep Fisika pada batuan.
4. Memberikan deskripsi awal tentang parameter elastik batuan serta aspek Geofisikanya.
5. Memberikan informasi bagi masyarakat disekitar pengambilan sampel tentang kondisi batuan pembentuk daerah tersebut.
6. Sebagai penelitian awal yang perlu ditindaklanjuti dalam pengembangan penelitian Dosen maupun mahasiswa pada KBK Fisika Bumi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Tentang Batuan

Bantuan merupakan unsur utama penyusun kerak bumi. Secara umum berdasarkan proses terbentuknya batuan dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu batuan beku (igneous rock), batuan sedimen (sedimentary rock) dan batuan metamorphosa (metamorphic rock) Ludman dan Cock (1982 : 61). Batuan beku adalah batuan yang terbentuk dari hasil pembekuan magma. Batuan ini terbentuk ketika magma panas bergerak dari dapur magma ke permukaan mengalami pendinginan dan akhirnya membeku. Bila magma keluar sampai ke permukaan bumi disebut dengan lava. Batuan sedimen adalah batuan yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan sehingga membentuk partikel-partikel dan bertransportasi melalui agen tertentu seperti air, udara dan sebagainya. Partikel-partikel ini mengendap pada suatu cekungan dalam waktu yang sangat lama, sehingga mengeras membentuk batuan (Ludman dan Cock, 1982 : 103, Skinner dan Porter, 1987: 103-104). Sementara itu batuan metamorphosa adalah batuan yang terbentuk karena proses pelapukan batuan beku ataupun batuan sedimen karena pengaruh perubahan tekanan dan temperatur atau terkena zat kimia. (Skinner dan Porter, 1987: 132). Jadi secara umum dapat dikatakan bahwa baik batuan sedimen maupun batuan metamorphosa umum berasal dari batuan beku. Berdasarkan kenyataan tersebut di atas, maka penelitian ini difokuskan kepada batuan beku.

Berdasarkan teksturnya (ukuran butiran, bentuk butiran dan interlocking butiran), batuan beku dapat diklasifikasikan menjadi batuan beku phaneritik, aphanitik. Batuan beku mengandung satu atau lebih mineral yang ikut

mempengaruhi sifat batuan itu sendiri. Hal ini sesuai dengan pendapat Nabighian (1987 : 37). yang menyatakan “A rock an aggregate of one or more types of mineral grains. The propeties of rock might be expected to be some simple combination of the properties of mineral constituents”. Lebih lanjut Skinner dan Porter (1987: 72) mengemukakan terdapat enam jenis mineral utama menyusun batuan beku yaitu kuarsa (quartz), feldspar (potassium feldspar dan plagioklas), mika, ampibol, piroksin dan olivin. Sifat dan ciri masing-masing mineral tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Kuarsa (quartz) biasanya tidak berwarna (jernih seperti kaca), tidak mempunyai bidang belah, konkoidal dan butirannya halus.
- b. Feldspar merupakan mineral yang sangat penting dalam pembentukan batuan beku. Feldspar dibedakan atas potassium feldspar dengan ciri berwarna merah daging, bidang belahnya dua set dan 90° , sedangkan plagioklas (NaCaF) biasanya berwarna putih dan abu-abu, mempunyai dua set bidang belah serta mempunyai kristal kembar.
- c. Mika yang dikenal juga dengan granet, berwarna hitam sampai dengan coklat kemerah-merahan dan vitrous (berkaca-kaca).
- d. Ampibol, mineral ini bewarna gelap, hijau, coklat atau hitam, vitrous dan mempunyai dua bidang belah 60° .
- e. Piroksin berwarna hijau sampai dengan hitam, vitrous dan apabila digores akan berwarna abu-abu, mempunyai dua set bidang belah 90° .
- f. Olivin berwarna hijau dengan bentuk butiran granular

- g. Mineral lempung yang penting adalah kaolin, monmorilonit. Mineral berwarna abu-abu sampai dengan kelabu tua.
- h. Oksida besi yang terdiri dari magnet (Fe_3O_4) berwarna hitam metalik, magnetik hematit (Fe_2O_3) berwarna coklat kemerah-merahan, matalik dan limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) berwarna kuning-coklat.

Sesuai dengan batasan penelitian dimana ditinjau adalah batuan beku phaneritik yaitu batuan beku yang butiran mineral dapat dibedakan secara jelas. Berdasarkan mineral yang terkandung pada batuan, batuan phaneritik digolongkan menjadi kelompok granit, sinit, diorit, gabro dan basalt (Graha : 1987). Batuan phaneritik kelompok granit dicirikan dengan ketampakan dari permukaan bumi sangat jelas, berbutir sangat kasar dengan kombinasi warna antara putih dan abu-abu, tekstur batuan dasar berupa holokristal, hipidiomorpik dan ekuigranular. Mineral utamanya adalah kuarsa, potassium, plagioklas dan ampibol.

Phaneritik dari kelompok sinit memiliki butiran kristal yang cukup besar sedangkan teksturnya umumnya berbentuk ekuigranular, holokristalin dan plutonik. Pada kelompok ini, komposisi mineral alkali dan silika lebih banyak bila dibandingkan dengan granite. Mineral utama yang terdapat dalam sinit adalah potassium feldspar, plagioclase dan feromagnesia. dengan mineral pengiring biotit dan piroksin.

Phaneritik dari kelompok diorit bertekstur holokristalin, ekuigranular. Mineral utama yang terdapat dalam diorit adalah plagioklas dengan mineral pengiring kuarsa, mika dan olivin. Sedangkan dari kelompok gabro teksturnya

sama dengan diorite, tetapi berkembang dalam bentuk struktur masif dengan sistem join. Struktur alirannya terlihat dari mineral feldspar dengan arah linear dan sejajar. Batuan gabro banyak mengandung sulfida besi dan magnesium. Bantuan ini berwarna coklat tua sampai dengan hitam. Kelompok ultra basalt umumnya berstruktur holokristal dan banyak mengandung mineral mika, oksida besi.

B. Parameter Elastik Batuan

Karakteristik zat padat seperti batuan dapat dipelajari melalui sifat elastisitasnya. Elastisitas merupakan konsep dasar yang banyak digunakan dalam permasalahan mekanika batuan. Elastisitas merupakan suatu kajian yang membahas tentang masalah strain (regangan) yang terjadi pada suatu bahan/benda bila bahan/benda tersebut dikenai stress, sehingga mengakibatkan bahan tersebut mengalami deformasi. Dalam kasus ini, bahan dikatakan mempunyai sifat elastis jika bahan tersebut merenggang bila dikenai stress dan kembali keadaan semula bila stress dihilangkan (Turcote: 1982, Telford:1975). Stress merupakan gaya persatuan luas yang ditransmisikan melalui materi suatu benda oleh medan gaya antar atom. Bila suatu benda elastik dikenakan stress, maka benda akan mengalami perubahan dalam bentuk dimensi.

Batuan sebagai bahan utama pembentuk kerak bumi berperan penting pada tata ruang pada kerak bumi mempunyai parameter elastik, seperti Poisson ratio, modulus kekakuan (modulus of rigidity), modulus Young, modulus Bulk dan tetapan Lamé, serta porositas. Semua parameter elastik ini disebut dengan konstanta elastik.

Pengetahuan tentang konstanta elastik suatu batuan sangat penting karena harga ini mencerminkan sifat batuan tersebut. Berdasarkan harga konstanta ini dapat diketahui kekuatan dan daya dukung (bearing capacity) bantuan terhadap beban yang dikenakan padanya. Harga porositas suatu batuan sangat membantu dalam menentukan kandungan fluida seperti gas alam, minyak bumi, atau air tanah dalam suatu reservoir. Informasi tentang kekuatan batuan sangat diperlukan dalam pembangunan bendungan, jembatan, reaktor nuklir dan sebagainya.

1. Poisson Ratio

Bhatia (1986:59) menyatakan Poisson ratio sebagai kontraksi lateral yang berhubungan dengan perbandingan antara perpanjangan longitudinal (s_{12}) terhadap perubahan lateralnya (s_{11}), untuk kasus stress unaksial adalah:

$$\begin{aligned}\gamma &= \frac{s_{12}}{s_{11}} \\ &= \frac{\lambda}{2(\lambda + G)}\end{aligned}\quad (1)$$

dimana λ adalah konstanta Lamé dan G = modulus geser.

Harga maksimum Poisson ratio (γ) adalah 0.5, dimana 0,05 untuk batuan yang sangat keras dan 0.45 batuan sedimen rapuh. Apabila ratio ini 0.33 kecepatan gelombang-S setengah dari kecepatan gelombang-P (Raynold: 1997). Bila stress diberikan tidak searah, maka kemungkinan deformasi terjadi pada semua arah.

2. Modulus Young

Modulus Young (E) dikenal juga dengan modulus elastisitas merupakan perbandingan antara stress normal (stress longitudinal) $\Delta F / A$ dengan strain longitudinal (kontraksi secara lateral) $\Delta s / s$, diukur dalam arah yang sama (Bhatia, 1986:58), atau untuk kasus stress uniaxial ditulis:

$$E = \frac{\sigma_{11}}{s_{11}} = \frac{G(3\lambda + 2G)}{\lambda - G} \quad (2)$$

Persamaan (2) berlaku untuk strain tiga arah (triaxial strain). Apabila tidak terdapat strain dalam arah lateral kasus disebut dengan modulus aksial.

3. Modulus Geser

Modulus geser (G) merupakan perbandingan antara komponen stress geser ($\sigma_{i,j}$) dengan strain geser ($s_{i,j}$) berhubungannya atau :

$$G = \frac{\sigma_{i,j}}{2s_{i,j}} \quad (3)$$

dimana range harga $G = \begin{cases} 0, \text{ cair sempurna} \\ 0.5, \text{ benda tegar} \end{cases}$

4. Modulus Bulk

Modulus Bulk (K) disebut juga dengan modulus rigiditas atau incompressible dari stress hidrostatik volumetrik. Modulus Bulk merupakan perbandingan antara tekanan aksial (volume stress, ΔP) dengan deformasi volume (strain volume, $\Delta v/v$) (Grant, 1965:15) atau

$$K = \frac{\Delta P}{\Delta v / v} \quad (4)$$

dimana $\Delta P = \frac{\sigma_{11} + \sigma_{22} + \sigma_{33}}{3}$ dan σ adalah strain pada bidang tertentu.

Modulus ini menggambarkan kemampuan dari suatu material melawan kontraksi dibawah pengaruh suatu tekanan hidrostatik.

5. Konstanta Lamé

Konstanta Lamé digunakan untuk menentukan modulus geser (rigiditas) merupakan perbandingan antara stress geser (τ) dengan strain geser (ϵ) atau

$$L = \frac{\tau}{\epsilon} \quad (5)$$

Besarnya harga konstanta Lamé di atas adalah

$$L = \begin{cases} 1 - 7 \times 10^4 \text{ MPa} \\ 0; \text{ untuk fluida} \end{cases}$$

6. Porositas

Porositas merupakan parameter elastisitas merupakan aspek elastik yang penting dibandingkan dengan parameter elastik lainnya pada batuan penyusun kerak bumi. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Telford (1976:258) tentang porositas yaitu “aspek penting pada batuan yang membedakannya dengan zat padat homogen adalah tekstur mempunyai struktur granular dengan kekosongan (kehampaan) antara butirannya. Kekosongan ini mempengaruhi porositas dari batuan”. Disisi lain Skinner dan Poster (1987 : 243) menyatakan bahwa volume air yang dapat mengisi batuan atau sedimen tergantung pada porositas dari material dan sebanding dengan (dalam persen) volume total dari batuan. Dengan demikian berarti bahwa porositas akan mempengaruhi cepat

rambat gelombang mekanik yang melewati material. Melalui mengetahui porositas dapat ditentukan kandungan air dalam suatu material.

C. Teknik Penentuan Parameter Elastik Batuan

Penentuan parameter-parameter elastik dapat digolongkan atas dua cara yaitu cara statik dan cara kenetik. Pengukuran cara statik, partikel-partikel batuan (medium) tidak mengalami perubahan selama pengukuran berlangsung. Salah satu instrumen yang dapat digunakan pada pengukuran statik adalah sonic viewer dimana sampel batuan yang akan ditentukan parameter elastiknya ditempatkan secara tetap diantara dua sensor piezoelektrik.

Konsep fisika yang berperan untuk menentukan elastisitas bahan dengan metoda peralatan Sonic Viewer adalah kondisi seimbang gelombang elastis. Untuk membahas hal ini ditinjau terlebih dahulu elemen volume benda δx_1 , δx_2 , δx_3 , yang mempunyai rapat massa ρ beserta komponen gaya gravitasi tiap satuan volume masing adalah f_1 , f_2 , dan f_3 . Persamaan kesetimbangan dalam arah i jika gaya gravitasi diabaikan untuk setiap satuan volume adalah

$$\sum_{j=1}^3 \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + \rho f_i = 0 \quad (6)$$

dimana σ_{ij} adalah strain pada bidang i,j .

Jika vektor V (V_1 , V_2 , V_3) merupakan simpangan partikel benda, maka persamaan gerak elastis dalam arah i dengan mengabaikan gaya gravitasi dapat ditulis menjadi

$$\rho \frac{\partial^2 V_i}{\partial t^2} + (\lambda + G) \frac{\partial \Delta}{\partial x_i} + G \nabla^2 V_i \quad (7)$$

dimana λ = konstanta Lamé, ρ = rapat jenis zat padat, G = modulus geser, dan Δ = strain volume .

Secara umum gelombang merambat ke semua arah, dengan demikian persamaan (7) dapat ditulis menjadi:

$$\rho \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} + (\lambda + G) \frac{\partial \Delta}{\partial x} + G \nabla^2 V \quad (9)$$

Bila kepada persamaan (9) dioperasikan dengan operasi divergensi akan menghasilkan persamaan gelombang tekanan yaitu:

$$\rho \frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2} = (\lambda + 2G) \nabla \Delta$$

dengan kecepatan rambat gelombangnya adalah:

$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2G}{\rho}} \quad (10)$$

Kemudian apabila pada persamaan (8) dikenakan operasi curl, akan menghasilkan persamaan gelombang geser yaitu

$$\rho \frac{\partial^2 \nabla \times \Delta}{\partial t^2} = G \nabla^2 (\nabla \times \Delta)$$

dengan kecepatan rambat gelombangnya adalah:

$$v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (11)$$

Dalam hal ini Δ adalah strain volume yaitu perubahan volume benda persatuan volume apabila suatu benda dikenai stress. Persamaan (10) dan (11) dapat digunakan untuk mendapatkan hubungan-hubungan berikut:

$$\begin{aligned}
G &= \rho v_S^2 & \lambda &= \rho(v_P^2 - 2v_S^2) \\
E &= 2(1+\gamma)G & \gamma &= \frac{1 - 2\left(\frac{v_S}{v_P}\right)^2}{2 - 2\left(\frac{v_S}{v_P}\right)^2} \\
K &= \frac{2(1+\gamma)}{3(1-2\gamma)}G & \phi &= \frac{\frac{1}{v_P} - \frac{1}{v_{SO}}}{\frac{1}{v_U} - \frac{1}{v_{SO}}}
\end{aligned} \tag{12}$$

dimana

ϕ = porositas batuan/bahan

v_{SO} = kecepatan gelombang P pada sampel padat = 5480,6 m/dt

v_U = kecepatan gelombang P di udara = 340 m/dt

v_P = kecepatan gelombang P pada sampel yang dikenai pengukuran dengan Sonic Viewer

ρ = rapat massa sampel padat

$$= \rho_b(1 - \phi)$$

ρ_b = rapat massa sampel

Berdasarkan set persamaan (12) dapat dirumuskan persamaan porositas dalam batuan dengan

$$\frac{1}{v_p} = \frac{\phi}{v_f} + \frac{1-\phi}{v_m} \tag{13}$$

dimana

v_f = 1500 m/s merupakan kecepatan akustik dalam pori mengandung fluida

v_m = 2800 m/s merupakan kecepatan akustik dalam batuan berporos

(Reynold, 1997 : 223, Telford, 1975:159)

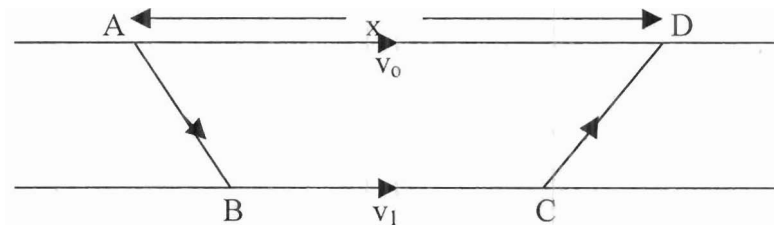
D. Waktu Tunda

Gelombang ultrasonic mempunyai kecepatan yang berbeda apabila melalui medium dengan rapat jenis yang berbeda. Apabila gelombang ultrasonic dari

sumber yang sama merambat melalui medium yang berbeda kerapatannya, maka waktu yang diperlukan gelombang tersebut mencapai jarak yang sama berbeda pula. Perbedaan waktu yang diperlukan gelombang ultrasonic yang melalui medium tertentu dengan gelombang langsung menuju detektor yang sama disebut dengan waktu tunda (delay time). Waktu tunda tersebut dapat diamati melalui waktu tunda terjadinya interferensi dari gelombang langsung dengan gelombang yang telah melalui medium pada detektor. Kecepatan gelombang ultrasonic merambat dalam medium yang panjangnya, l , dengan waktu tempuh t , adalah

$$v_s = \frac{l}{t} \quad (14)$$

Model sederhana untuk menjelaskan proses terjadi waktu tunda tersebut adalah seperti gambar 1:



Gambar 1: Sketsa Perbedaan Kecepatan Gelombang Langsung dengan Gelombang Melalui Medium

Umpamakan titik A merupakan sumber gelombang ultrasonic merambat menuju D melalui lintasan AD (gelombang langsung) dan lintasan ABCD (gelombang melalui medium), dengan jarak AD adalah x . Gelombang yang pertama sekali diterima oleh receiver pada titik D adalah gelombang langsung, dengan cepat rambat adalah

$$t_{AD} = \frac{x}{v_o} \quad (15)$$

Sedangkan waktu yang diperlukan oleh gelombang yang melalui medium adalah:

$$t_{ABCD} = \frac{AB}{v_1} + \frac{BC}{v_1} + \frac{CD}{v_1} \quad (16)$$

Sehingga waktu tunda gelombang melalui medium dengan gelombang langsung adalah

$$\Delta t = t_{ABCD} - t_{AD} \quad (17)$$

441/K/2002-p2/2

531.382

Akm.

(2)

BAB III METODA PENELITIAN

A. Wilayah dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Waktu pelaksanaan dimulai semenjak Juni 2002 dan akan berakhir pada November 2002. Sampel batuan diambil dari Andalas Kecamatan Butipuh dan Pasir Laweh Kecamatan Sei Tarab. Kedua daerah ini terletak di kaki Gunung Marapi. Pada kedua daerah ini banyak ditambang batu alam yang akan digunakan untuk bahan bangunan, sehingga rawan terhadap terjadinya longsor.

Sampel dari kedua daerah ini diambil pada 3 Juli 2002. Pembentukan sampel dikerjakan oleh Laboran Fisika yang bekerja sama dengan pandai batu. Pembentukan sampel membutuhkan 20 hari kerja. Sampel dibentuk menjadi balok dengan panjang rata-rata 15 cm, tinggi dan tinggi rata-rata 8 cm.

B. Desain Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran waktu yang dibutuhkan gelombang ultrasonic merambat melalui batuan sampel. Waktu yang dibutuhkan gelombang merambat dalam sampel dapat dilihat berdasarkan waktu tunda (delay time) terjadinya interferensi antara sinyal langsung dengan sinyal yang melalui sampel. Interferensi sinyal tersebut dibaca pada layar ossiloskop. Sesuai dengan tinjauan pustaka, waktu rambat yang diukur adalah waktu rambatan gelombang geser (shear wave = T_s) dan gelombang tekan (push wave = T_p). Pengukuran dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada bahan

UNIV. NEGERI PADANG

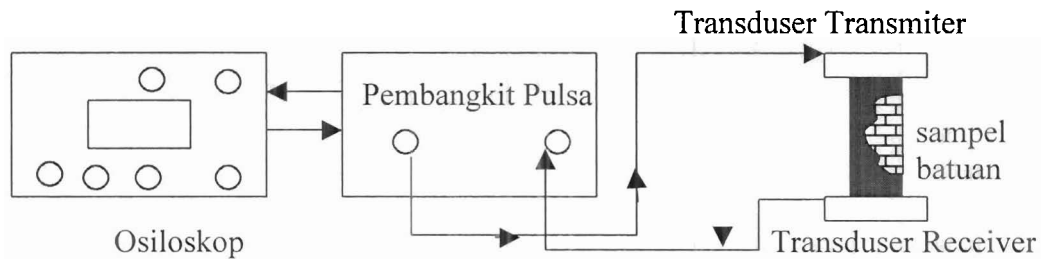
piezoelektrik. Berdasarkan waktu tunda dihitung cepat gelombang ultrasonic dalam zat padat.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Agar tujuan penelitian yang telah ditetapkan, maka ditempuhlah langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Merumuskan secara teoritis parameter-parameter elastisitas batuan dan hubungannya dengan kecepatan perambatan gelombang ultrasonic
2. Mencari berbagai variasi batuan beku jenis phaneritik dan mengumpulkannya
3. Membuat sampel batuan dengan ukuran (15 x 8 x 8) cm
4. Melakukan pengujian terhadap set instrument Sonic Viewer
5. Melakukan pengujian terhadap batuan sampel yang telah dipilih dengan melakukan pengukuran panjang sampel, waktu tunda (delay time) dari perambatan gelombang ultrasonic dalam sampel batuan secara berulang. Cepat rambat gelombang dihitung dengan persamaan (14).
6. Menentukan parameter elastik dari setiap sampel batuan yang telah ditetapkan seperti Poisson ratio, modulus kekakuan, modulus Young, modulus Bulk, konstanta Lamé dan porositas menggunakan persamaan (12) dan persamaan (13).
7. Kemudian sampel direndam dalam selama 36 jam untuk menentukan kemampuan batuan menyerap air.
8. Melakukan interpretasi geofisika terhadap setiap batuan sampel yang digunakan seperti kekuatan, kandungan air serta interpretasi terhadap lokasi sumber batuan phaneritik.

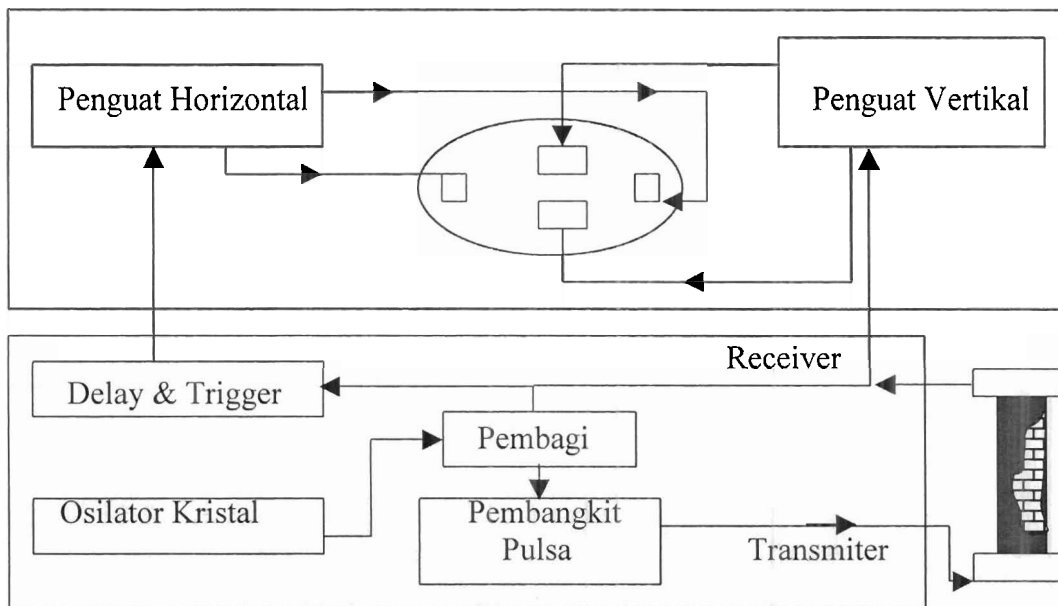
C. Instrumen Penelitian dan Rangkaiannya

Secara umum peralatan Sonic viewer terdiri dari 3 komponen utama yaitu 2 buah sensor piezoelektrik, osiloskop dan pembangkit pulsa (pulsa generator) dan osiloskop sebagai monitor. Susunan rangkaian alat adalah sebagai berikut:



Gambar 2: Rangkaian Alat Sonic Viewer Saat Dioperasikan dalam Pengukuran

Pada rangkaian di atas salah satu sensor piezoelektrik berfungsi sebagai transmitter yang akan mengirimkan gelombang ultrasonic melalui batuan sampel dan yang lainnya berfungsi sebagai receiver. Agar parameter-parameter elastik bantuan dapat ditentukan, maka diperlukan besarnya cepat rambat gelombang tekan V_p , dan cepat rambat gelombang geser V_s , pada sampel tersebut. Informasi kecepatan diperoleh dari panjang sampel dan waktu tempuh gelombang dalam sampel yaitu menggunakan persamaan (14). Cara mengukur delay time t_p gelombang-P adalah dengan meletakkan kedua sensor pada bagian ujung sampel, sedang delay time t_s gelombang-S adalah dengan kedua sensor pada bagian body sampel. Untuk mempermudah pengertian tentang perjalanan sinyal sewaktu proses pengukuran berlangsung dapat dilihat pada bagan aliran sinyal berikut ini .



Gambar 3: Diagram Alir Perjalanan Sinyal Sewaktu Pengoperasian Alat

Berdasarkan gambar 3, perjalanan sinyal adalah sebagai berikut:

1. Sinyal listrik dihasilkan oleh osilator kristal dibagi oleh rangkaian rangkain pembagi ke rangkain delay dan trigger dan ke rangkaian pembangkit pulsa.
2. Sinyal listrik yang dilalukan ke rangkaian delay dan trigger berfungsi untuk melakukan penyapuan jejak horizontal pada layar osiloskop.
3. Sinyal listrik yang telah melewati pembangkit pulsa akan menghasilkan pulsa listrik yang dikirim lewat transmitter, kemudian diubah oleh transduser piezoelektrik menjadi sinyal mekanik. Sinyal ini merambat sebagai gelombang elastik dalam sampel bantuan dan diterima kembali sebagai gelombang listrik setelah melewati tranduser receiver. Disini nantinya akan terjadi perbedaan perjalanan sinyal yang berasal dari sumber yang sama, tetapi telah melewati medium yang berbeda.
4. Sinyal dari sampel tadi lalu dihubungkan dengan penguat vertikal pada ossiloskop, sehingga tepat saat sinyal melewati sampel sampai sebagai gelombang mekanik

yang terlihat hanya garis horizontal pada layar osiloskop karena pada saat itu tidak ada pulsa listrik yang diterima penguat vertikal tersebut. Dengan cara seperti itu dapat diukur waktu tempuh gelombang elastik dalam sampel.

D. Teknik Pengumpulan Data

Sampel dikumpulkan dari dua daerah yang terdapat disekitar gunung Marapi yaitu Andalas kecamatan Batipuh dan Pasir Laweh kecamatan Sei Tarab kabupaten Tanah Datar. Sampel diambil secara acak pada kedua lokasi tersebut dengan mengambil jenis batuan yang sama. Pemilihan Pasir Laweh dengan alasan daerah merupakan kawasan bekas longgor besar, sedangkan pemilihan Andalas adalah karena kawasan merupakan tempat penambangan batu dan pasir yang masih aktif sampai sekarang.

Setelah sampel dikumpulkan, dibentuk sesuai dengan kebutuhan dan data dikumpulkan dengan menggunakan teknik pengukuran. Teknik pengukuran dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran langsung terhadap variabel yang akan diukur dan pengukuran tidak langsung, sehingga dalam penelitian ini data dapat dikelompokkan menjadi dua bagian. Pertama, data yang diperoleh melalui pengukuran langsung yaitu ukuran batuan (panjang, lebar, tinggi, dan massa) dan waktu tunda. Massa batuan diukur dengan menggunakan Neraca Ohous 2610, sedangkan ukuran batu diukur dengan mistar. Pengukuran langsung dilakukan secara berulang sebanyak 11 kali untuk masing-masing sampel dengan posisi yang berbeda-beda.

Kedua, data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu cepat rambat gelombang ultrasonic dalam sampel dan parameter elastik. Cepat rambat

gelombang ultrasonic dalam sampel dihitung menggunakan persamaan (14), sedangkan parameter elastik dihitung menggunakan set persamaan (12) dan persamaan (13).

E. Teknik Analisa Data

Pengukuran terhadap besaran fisika dengan instrumen Sonic Viewer dilakukan secara berulang. Analisa terhadap data ini dilakukan menggunakan statistik seperti nilai rata-rata, standard deviasi, dan kesalahan relatif. Nilai rata-rata hasil pengukuran ditentukan dengan persamaan

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (18)$$

Sedangkan simpangan baku hasil pengukuran dihitung menggunakan persamaan

$$\Delta X = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n-1}} \quad (19)$$

Kesalahan relatif dihitung dengan membandingkan simpangan baku dengan nilai-nilai rata-rata dari besaran yang diukur. Kesalahan dihitung dengan

$$KR = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \quad (20)$$

Sehingga pelaporan hasil pengukuran terhadap suatu besaran dinyatakan dalam bentuk:

$$X = \bar{X} + \Delta X \quad (21)$$

dimana X_i data hasil pengukuran, \bar{X} harga hasil pengukuran rata-rata dan n adalah banyak pengukuran dan data diolah dengan *Microsoft Excel versi 2000*.

Tabel 2: Data Hasil Pengukuran Langsung dan Perhitungan Sampel Setelah Direndam dalam Air Sumur Selama 36 Jam

Jenis/Sumber Sampel	Rho.Sampel (gram/cm ³)	Panjang Sampel (Cm)	Waktu Tunda		Cepat Rambat Gelombang		
			Gelombang-P (10 ⁻⁵ dt)	Gelombang-S (10 ⁻⁵ dt)	Gelombang-P (Vp m/dt)	Gelombang-S (Vs m/dt)	
Diorite	Andalas	3.17± 0.02	15.00± 0.10	8.31 ± 0.10	10.24± 0.06	1813.19±23.78	614.53±17.78
	Psr. Laweh	3.05± 0.01	14.93± 0.06	6.54 ± 0.06	9.52 ± 0.05	2296.92±22.00	995.05±24.34
Gabro	Andalas	2.08± 0.01	15.13± 0.12	7.12 ± 0.12	10.78± 0.08	2133.72±11.87	652.37±8.75
	Psr. Laweh	2.64± 0.01	15.53± 0.06	5.93 ± 0.06	8.48 ± 0.29	2648.53±19.37	921.67±6.71
Basalt	Andalas	4.05± 0.01	15.17± 0.06	7.72 ± 0.06	9.81 ± 0.08	2010.48±10.96	595.50±9.38
	Psr. Laweh	4.21± 0.01	14.90± 0.26	8.01 ± 0.26	10.22± 0.09	1851.98±26.00	609.04±32.90

Data ini memperlihatkan bahwa gelombang-P merambat lebih cepat dibandingkan dengan gelombang-S. Hal ini sesuai dengan teori, dimana gelombang sering juga disebut gelombang primer karena gelombang ini lebih dulu mencapai detektor, sedangkan gelombang-S disebut juga dengan gelombang sekunder. Berdasarkan hasil perhitungan rapat jenisnya terlihat bahwa batuan phaneritik gabro yang terdapat dikawasan gunung Marapi kabupaten Tanahdatar mempunyai rapat jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan batuan phaneritik basalt dan diorite. Hal ini menunjukkan batuan phaneritik gabro lebih rapuh dibandingkan batuan beku phaneritik basalt dan diorite. Berdasarkan hasil pengolahan data ternyata rata-rata kesalahan pengukuran kecepatan gelombang ultrasonic dengan peralatan sonicviewer di atas adalah 1.9%. Cepat rambat gelombang-S dalam batuan berkurang apabila batuan tersebut telah direndam dalam air. Berarti bahwa cepat rambat gelombang-S berkurang apabila pori-pori batuan telah terisi dengan air. Kondisi juga berlaku untuk gelombang-P.

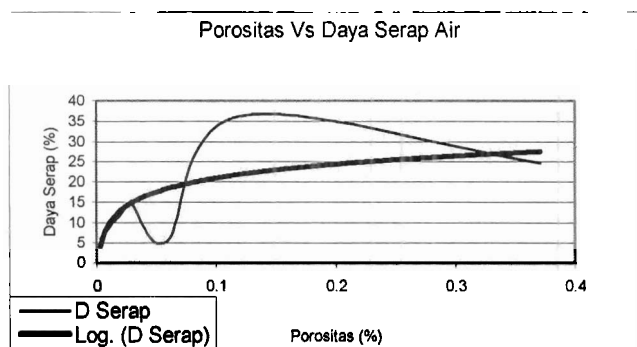
Kemudian perbandingan daya serap air dengan porositas batuan beku phaneritik setelah direndam selama 36 jam dalam air sumur adalah seperti pada tabel 3.

Tabel 3 : Perbandingan Daya Serap Air dengan Porositas Batuan Beku Phenaritik

Jenis/Sumber Sampel		Volume Batuan	Massa Sebelum Direndam	Massa Setelah Direndam	Massa Air Diserap	Daya Serap Selama 36 Jam (%)	Porositas Kering	Porositas Rendam
Diorite	Andalas	984.13	2467.90	2528.30	60.40	6.14	0.00338	0.18985
	Psr. Laweh	806.67	2254.60	2358.90	104.30	12.93	0.02882	0.07640
Gabro	Andalas	541.02	888.90	968.40	79.50	14.69	0.05904	0.10893
	Psr. Laweh	928.50	2372.10	2424.00	51.90	5.59	0.02281	0.01995
Basalt	Andalas	921.38	2221.90	2555.50	333.60	36.21	0.37112	0.13699
	Psr. Laweh	985.24	3037.90	3281.20	243.30	24.69	0.11897	0.17857

Data tabel 3 ini memperlihatkan daya serap terhadap air batuan beku di Andalas lebih besar dibandingkan dengan batuan beku yang terdapat di Pasir Laweh, kecuali untuk batuan beku phaneritik Diorite. Sebagai contoh daya serapa air batuan beku Gabro 14.69% untuk Andalas dan 5.59 % untuk daerah Pasirlaweh dan batuan Basalt Andalas dan Pasirlaweh berturut-turut adalah (36.21 % dan 24.69%) dan Diorite adalah (6.14% dan 12.93%). Kemudian apabila dilihat pengaruh kandungan air terhadap tingkat porositasnya, ternyata porositas batuan beku terukur akan berkurang apabila batuan tersebut telah mengandung air.

Hubungan porositas batuan kering dengan daya serap air adalah seperti gambar 4.



Gambar 4: Grafik Hubungan Porositas Batuan Kering dengan Daya Serap Air

Gambar 4 memperlihatkan ada kecenderungan semakin porous suatu batuan semakin banyak batuan tersebut menyerap air. Kemudian apabila dibandingkan ketiga jenis batuan yang diteliti ternyata batuan basalt mempunyai porositas yang lebih besar dibandingkan dengan jenis batuan lainnya dan mempunyai data serap yang paling tinggi pula. Dari keemam sampel yang diambil ternyata batuan beku basalt yang terdapat di Andalas mempunyai porositas yang paling tinggi yaitu (37.112%) dan mampu menyerap air 36.21% selama 36 jam, diikuti oleh batuan basalt Pasirlaweh dengan porositas dan daya serap air secara berturut-turut (11.897% dan 24.69%), Gabro Andalas (5.9 % dan 14.69%). Data tentang parameter-parameter elastik yang dihitung menggunakan set persamaan (12) dan persamaan (13) adalah seperti Tabel 4 dan Tabel 5.

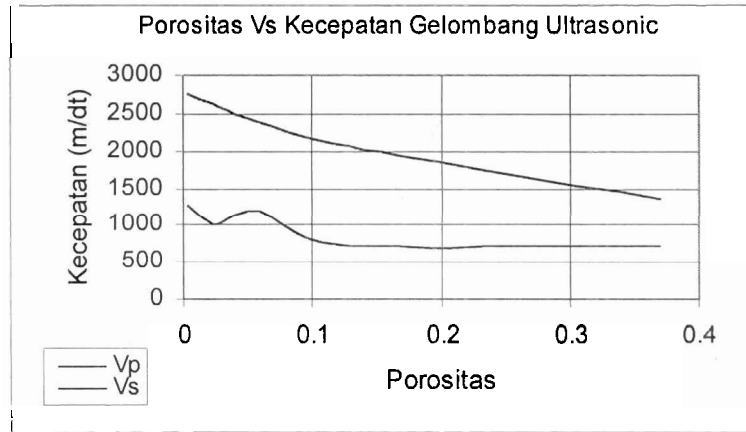
Tabel 4: Harga Parameter Elastisitas Batuan Beku Daerah Andalas dan Pasir Laweh Tanah Datar Sebelum Direndam Air Sumur

Jenis/Sumber Sampel	Rho. Sampel gr/cm ³	Kec. Gelb-P (m/dt)	Kec. Gelb-S (m/dt)	Modulus Geser (Pa)	Konstanta Lame (Pa)	Porositas (%)	Poisson Ratio	Modulus Bulk	Modulus Elastik	
Diorite	Andalas	2.52	2773.11	1279.07	4.12 x 10 ⁶	1.11 x 10 ⁷	0.3	0.36	13.86	1.12 x 10 ⁷
	Psir. Laweh	2.88	2586.30	1042.88	3.13 x 10 ⁶	1.30 x 10 ⁷	2.9	0.40	15.08	8.78 x 10 ⁶
Gabro	Andalas	1.75	2394.68	1188.00	2.46 x 10 ⁶	5.08 x 10 ⁶	5.9	0.34	6.73	6.59 x 10 ⁶
	Psir. Laweh	2.61	2628.15	1005.45	2.64 x 10 ⁶	1.28 x 10 ⁷	2.3	0.41	14.53	7.48 x 10 ⁶
Basalt	Andalas	3.83	1356.67	729.10	2.04 x 10 ⁶	2.98 x 10 ⁶	37.1	0.30	4.34	5.29 x 10 ⁶
	Psir. Laweh	3.50	2087.90	748.61	1.96 x 10 ⁶	1.13 x 10 ⁷	11.9	0.43	12.64	5.59 x 10 ⁶

Tabel 5: Harga Parameter Elastisitas Batuan Beku Daerah Andalas dan Pasir Laweh Tanah Datar Setelah Direndam Air Sumur Selama 36 jam

Jenis/Sumber Sampel	Rho. Sampel gr/cm ³	Kec. Gelb-P (m/dt)	Kec. Gelb-S (m/dt)	Modulus Geser (Pa)	Konstanta Lame (Pa)	Porositas (%)	Poisson Ratio	Modulus Bulk	Modulus Elastik	
Diorite	Andalas	3.10	1813.19	614.53	1.17x10 ⁶	7.84 x10 ⁶	0.190	0.44	8.62	3.36 x10 ⁶
	Psir. Laweh	3.03	2296.92	995.05	3.00 x10 ⁶	9.97 x10 ⁶	0.076	0.38	11.97	8.30 x10 ⁶
Gabro	Andalas	1.84	2133.72	652.37	7.85 x10 ⁵	6.83 x10 ⁶	0.109	0.45	7.35	2.27 x10 ⁶
	Psir. Laweh	2.61	2648.53	921.67	2.21 x10 ⁶	1.39 x10 ⁷	0.020	0.43	15.33	6.34 x10 ⁶
Basalt	Andalas	2.79	2010.48	595.50	9.91 x10 ⁵	9.31 x10 ⁶	0.137	0.45	9.97	2.88 x10 ⁶
	Psir. Laweh	3.75	1851.98	609.04	1.39 x10 ⁶	1.01 x10 ⁷	0.179	0.44	11.02	4.01 x10 ⁶

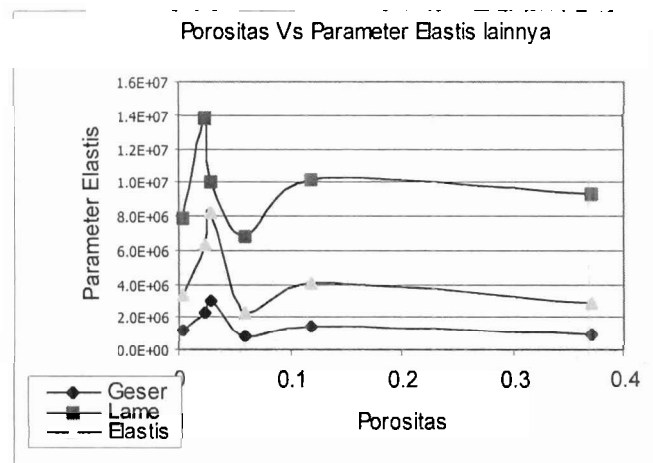
Penulisan parameter elastisitas dengan kesalahan pengukuran adalah pada tabel 7 dan 8 terlampir. Data pada tabel 4 dan tabel 5 dapat dibuat hubungan antara porositas dengan kecepatan gelombang ultrasonic dalam batuan phanaritik seperti gambar 4.



Gambar 5: Hubungan Porositas Batuan Kering dengan Kecepatan Gelombang Ultrasonic

Gambar 5 memperlihatkan bahwa secara umum semakin poros suatu batuan, makin cepat rambat gelombang ultrasonic akan semakin rendah, hal ini disebabkan oleh gelombang ultra sonic merupakan gelombang mekanik.

Hubungan porositas dengan parameter elastik lainnya adalah seperti gambar 6.



Gambar 6: Grafik Hubungan Porositas Batuan Kering dengan Parameter-parameter Elastik Lainnya

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat dibuktikan bahwa gelombang-P merambat lebih cepat dibandingkan dengan gelombang-S dengan kesalahan perhitungan 1.9%. Cepat rambat gelombang-S dan P dalam batuan berkurang apabila batuan tersebut telah direndam dalam air. Daya serap terhadap air batuan beku di Andalas lebih besar dibandingkan dengan batuan beku yang terdapat di Pasir Laweh, kecuali untuk batuan beku phaneritik jenis diorit.

Harga Poisson ratio yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara (0.30 ± 0.01) sampai dengan (0.41 ± 0.02) dan harga konstanta Lamé (modulus rigiditas) yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara $2,98 \times 10^6$ Pa sampai dengan 1.30×10^7 Pa. Batuan gabro dan basalt yang terdapat di Andalas lebih porous dibandingkan dengan batuan sama yang terdapat di Pasirlawah dengan porositas masing-masing (37.1 % dan 11.9%) dan (5.9% dan 2.3%), sedangkan batuan jenis diorit sebaliknya yang terdapat di Pasirlawah lebih porous dibandingkan dengan yang terdapat di Andalas. Harga modulus elastik bantuan phaneritik sampel berkisar antara $(1.12 \times 10^6 - 8.78 \times 10^6)$ untuk sampel kering dan $(2.27 \times 10^6 - 8.30 \times 10^6)$ untuk sampel basah. .

Modulus Bulk batuan berkisar antara 4.34 – 15.08 untuk sampel kering dan 7.35 – 15.33 untuk sampel basah. Modulus Bulk batuan beku yang terdapat di Andalas lebih kecil dari yang terdapat di Pasirlawah. Harga modulus geser sampel berkisar antara $2.04 \times 10^6 - 2.04 \times 10^7$ untuk sampel kering dan $7.85 \times 10^5 - 3.00 \times 10^6$, dimana harga modulus geser berkurang akibat perendaman.

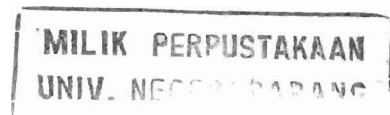
B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa batuan beku phaneritik yang terdapat Andalas Batipuh dan Pasirlaweh Sungai Tarab tergolong kepada batuan beku yang rapuh, untuk perlu disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Diharapkan tidak menambangkan batu dengan membuat sudut kemiringan yang tajam.
2. Hindari penambangan batu saat musim hujan yang berkepanjangan
3. Hendaknya penelitian ini dilanjutkan lagi untuk melihat laju pelapukan batuan yang terdapat pada kawasan ini
4. Penelitian tentang parameter elastik batuan disekitar gunung Marapi hendaknya dilanjutkan dengan mengambil sampel yang lebih banyak.
5. Untuk membuat bangunan yang terendam air yang lebih lama sebaiknya tidak menggunakan batuan yang berasal dari Pasirlaweh Sungai Tarab dan Andalas Batipuh Tanahdatar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhatia, A.B., R.N. Singh, 1986, *Mechanics of Deformable Media*, Published in Assosiation with the University of Sussex Press, Adam Hilger
- Graha, D.S., 1987, *Batuan dan Mineral*, Penerbit Nova, Bandung
- Grant, F.S, G.F. West, 1965, *Interprestation Theory in Applied Geophysics*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Ludman, G.D. dan F.R. Cock, 1982, *Physical Geology*, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Nabighian, M. N., ed. 1987, *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics-Theory*, Vol.1 Sociaty of Ekploration Geophysics Oklohoma.
- Reynold, J. M, 1997, *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*, John Wiley, Singapore
- Telford, W.M, L.P. Geldart, R.E. Sheriff dan D.A. Keys, 1975, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press. London
- Skinner, B.J dan S.C.Porter, 1987, *Physical Geology*, John Wiley, Singapore
- Turcotte, D.L and Schubert, 1982, *Geodynamic, applications of Continuum Physics to Geological Problems*, John Wiley, Singapore.



LAMPIRAN

Tabel 6: Harga Parameter Elastisitas Batuan Beku Daerah Andalas dan Pasir Laweh Tanah Datar
Kondisi Sampel Belum Direndam dalam Air Sumur

Jenis/Sumber Sampel	Rho.Sample	Kec. Gelb-P	Kec. Gelb-S	Modulus Geser	Konstanta Lamé	Porositas	Poisson Ratio	Modulus Bulk	Modulus Elastik	
	gr/cm ³	m/dt	m/dt							
Diorite	Andalas	2.52 ± 0.02	2773.11 ±27.78	1279.07 ±27.78	4.12E+06 ±6.69E+4	1.11E+07 ±1.90E+5	0.003 ±0.0013	0.36 ±0.03	13.86 ±1.44	1.12E+07 ±3.99E+5
	Psr. Laweh	2.88 ± 0.01	2586.30 ±24.00	1042.88 ±24.00	3.13E+06 ±4.26E+4	1.30E+07 ±1.45E+5	0.029 ±0.0013	0.40 ±0.031	15.08 ±1.62	8.78E+06 ±4.89E+5
Gabro	Andalas	1.75 ± 0.01	2394.68 ±12.00	1188.00 ±18.75	2.46E+06 ±2.30E+4	5.08E+06 ±5.85E+4	0.059 ±0.0013	0.34 ±0.02	6.73 ±0.60	6.59E+06 ±2.07E+5
	Psr. Laweh	2.61 ± 0.01	2628.15 ±9.37	1005.45 ±0.71	2.64E+06 ±1.69E+4	1.28E+07 ±9.64E+4	0.023 ±0.0007	0.41 ±0.02	14.53 ±0.27	7.48E+06 ±2.33E+5
Basalt	Andalas	3.83 ± 0.01	1356.67 ±0.96	729.10 ±9.38	2.04E+06 ±8.70E+3	2.98E+06 ±1.97E+4	0.371 ±0.0052	0.30 ±0.01	4.34 ±0.36	5.29E+06 ±1.21E+5
	Psr. Laweh	3.50 ± 0.01	2087.90 ±26.00	748.61 ±32.90	1.96E+06 ±3.51E+4	1.13E+07 ±1.54E+5	0.119 ±0.0031	0.43 ±0.03	12.64 ±1.85	5.59E+06 ±3.69E+5

Tabel 7: Harga Parameter Elastisitas Batuan Beku Daerah Andalas dan Pasir Laweh Tanah Datar
Kondisi Sampel Setelah Direndam dalam Air Sumur Selama 36 Jam

Jenis/Sumber Sampel	Rho.Sample	Kec. Gelb-P	Kec. Gelb-S	Modulus Geser	Konstanta Lamé	Porositas	Poisson Ratio	Modulus Bulk	Modulus Elastik	
	gr/cm ³	m/dt	m/dt							
Diorite	Andalas	3.10 ± 0.02	1813.19 ±23.78	614.53 ±17.78	1.17E+06 ±2.70E+4	7.84E+06 ±1.57E+5	0.190 ±0.0006	0.44 ±0.04	8.62 ±1.30	3.36E+06 ±2.14E+5
	Psr. Laweh	3.03 ± 0.01	2296.92 ±22.00	995.05 ±24.34	3.00E+06 ±4.56E+4	9.97E+06 ±1.20E+5	0.076 ±0.0013	0.38 ±0.03	11.97 ±1.31	8.30E+06 ±3.16E+5
Gabro	Andalas	1.84 ± 0.01	2133.72 ±11.87	652.37 ±8.75	7.85E+05 ±7.86E+3	6.83E+06 ±7.85E+4	0.109 ±0.0013	0.45 ±0.02	7.35 ±0.88	2.27E+06 ±9.63E+5
	Psr. Laweh	2.61 ± 0.01	2648.53 ±19.37	921.67 ±6.71	2.21E+06 ±1.41E+4	1.39E+07 ±1.05E+5	0.020 ±0.0007	0.43 ±0.02	15.33 ±0.30	6.34E+06 ±2.26E+5
Basalt	Andalas	2.79 ± 0.01	2010.48 ±10.96	595.50 ±9.38	9.91E+05 ±4.16E+3	9.31E+06 ±6.64E+4	0.137 ±0.0052	0.45 ±0.01	9.97 ±0.88	2.88E+06 ±1.27E+5
	Psr. Laweh	3.75 ± 0.01	1851.98 ±26.00	609.04 ±32.90	1.39E+06 ±2.80E+3	1.01E+07 ±1.52E+5	0.179 ±0.0031	0.44 ±0.04	11.02 ±1.79	4.01E+06 ±3.07E+5