

LAPORAN PENELITIAN

OPTIMALISASI INSTRUMEN SONIC VIEWER DALAM
ANALISIS MODEL FISIS STRUKTUR LAPISAN HORIZONTAL
BUMI DENGAN METODA SEISMIK REFRAKSI

JUDUL

PENGARAH

LEMBAGA

NO. SURAT



Drs. Yunaldi M. S.
NIP. 1913...

OLEH:
Drs. LETMI DWIRIDAL, S.Si, M.Si
(Ketua Tim Penelitian)

31 Maret 2005
Hd
K1
47/K/2005-0.1(1)
551 Opt 0:1

LABORATORIUM FISIKA BUMI
JURUSAN FISIKA FMIPA
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2004

LAPORAN PENELITIAN

**OPTIMALISASI INSTRUMEN SONIC VIEWER DALAM
ANALISIS MODEL FISIS STRUKTUR LAPISAN HORIZONTAL
BUMI DENGAN METODA SEISMIK REFRAKSI**

Tim Peneliti :

Ketua : Drs. Letmi Dwiridal, S.Si, M.Si
Anggota : Drs. Akmam, S.Si, M.Si
Harman Amir, S.Si, M.Si
Syafriani, S.Si, M.Si
Fatni Mufit, S.Pd, M.Si

**LABORATORIUM FISIKA BUMI
JURUSAN FISIKA FMIPA
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2004**

Optimalisasi Instrumen Sonic Viewer dalam Analisis model Fisis struktur lapisan Horizontal Bumi dengan Metoda Seismik Refraksi

ABSTRAK

Instrumen sonic viewer selain mengukur porositas batuan juga dapat digunakan untuk menganalisa model Fisis struktur lapisan Horizontal bumi, yang keduanya merupakan bagian dari metoda seismik refraksi. Pada penelitian ini dibuat model fisis bumi berupa model kaca yang berisi tanah dengan lapisan horizontal selanjutnya dilakukan pengukuran dan analisis *Delay Time Gelombang Seismik*. Berdasarkan analisis data diperoleh bahwa kecepatan gelombang seismic rata-rata pada model struktur tanah lempung $2,03 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ dengan persentase perbandingan ketebalan Z_{ukur} dan $Z_{estimasi}$ rata-rata diatas 100%.

MILITARY
UNIV. NEGERI Jember

KATA PENGATAR

Laboratorium Fisika Bumi merupakan laboratorium yang berfungsi untuk praktikum mata kuliah maupun untuk penelitian, terutama yang menyangkut bidang Fisika Bumi. Sehingga laboratorium ini sebagai penunjang utama bagi KBK (Kelompok Bidang Kajian) Fisika Bumi di jurusan Fisika

Laboratorium ini terdapat beberapa instrumen penelitian yaitu :

1. GPS (Global Position System)
2. Resistivitymeter
3. Sonic Viewer

Dari ketiga instrumen di atas telah banyak digunakan baik untuk praktikum maupun untuk penelitian mahasiswa atau Dosen. Berhubung instrumen penelitian yang tersedia hanya tiga instrumen, untuk itu perlu di usahakan mengoptimalkan pelaksanaan dan fungsi utama, sehingga dapat memenuhi kebutuhan mahasiswa dalam penyelesaian tugas akhir. Untuk itulah dilakukan penelitian oleh Tim Fisika Bumi dengan judul "**Optimalisasi Instrumen Sonic Viewer Dalam Analisis Model Fisis Struktur Lapisan Horizontal Bumi Dengan Metoda Seismik Refraksi**"

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat baik bagi mahasiswa maupun staf pengajar dalam mengembangkan penelitian yang menggunakan Sonic Viewer. Penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu kami mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari pembaca, atas kritikan dan saran tersebut kami aturkan terimakasih.

Penulis

Tim Fisika Bumi

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 Fakultas FMIPA Universitas Negeri Padang, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Optimalisasi Instrumen Sonic Viewer dalam Analisis Model Fisis Struktur Lapisan Horizontal Bumi dengan Metoda Seismik Refraksi*, dengan suber dana SPP/DPP Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2004.

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 Ketua Jurusan Fisika FMIPA 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.

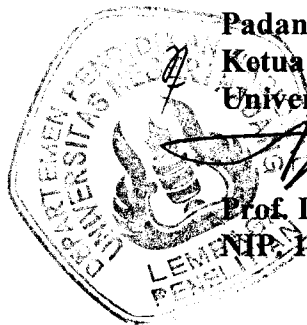
Terima kasih.

Padang, April 2005

Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang,


Prof. Dr. H. Anas Yasli, MA.

NIP. 130365634



DAFTAR ISI

	Hal
DAFTAR ISI	
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Pembatasan masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Kontribusi Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Prinsip dasar Metoda Seismik Refraksi	6
B. Metoda Waktu Tunda (Delay Time)	7
C. Model Bumi Dua Lapis Sejajar	9
D. Model Bumi Tiga Lapis Sejajar atau Lebih	13
1. Waktu Penjalaran untuk Kasus Tiga Lapis	14
2. Waktu Penjalaran untuk Multi Lapisan	15
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	16
B. Alat dan Bahan	16
C. Prinsip Kerja Alat Sonic Viewer	16
D. Variabel dalam Penelitian	18
E. Sampel	19
F. Desain Penelitian	19

G. Teknik Pengumpulan Data	20
H. Teknik Analisis dan Interpretasi Data	21
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	23
KESIMPULAN dan SARAN	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Penjalaran Gelombang P Dan Sonic Viewer	6
Gambar 2. Menentukan Kedalam Dibawah Geophone Dengan Metoda Waktu Tunda	8
Gambar 3. Penjalarang Gelombang Untuk Model Dua Lapis Horizontal	9
Gambar 4. Waktu Penggal Dan Jarak Kritis Pada Grafik Hubungan Jarak Dengan Waktu	12
Gambar 5. Penjalaran Gelombang Untuk Model Tiga Lapis Horizontal	13
Gambar 6. Waktu Penggal Dan Jarak Kritis Pada Grafik Jarak Dengan Waktu Untuk Model Tiga Lapis Horizontal	14
Gambar 7. Rangkaian Alat Sonic Viewer	17
Gambar 8. Prinsip Kerja Alat Sonic Viewer	17
Gambar 9. Tampilan Delay Time Pada Layar Osiloskop	18
Gambar 10. Struktur Lapisan Tanah	19

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Pada dasarnya penggunaan survey refraksi lebih kompleks dibandingkan dengan refleksi. Untuk metoda refraksi pemakaian dan penetapan jarak shot dengan detektor dapat lebih besar kalau dibandingkan dengan kedalaman lapisan dibawahnya. Pemakaian metoda refraksi banyak digunakan karena memakan biaya yang jauh lebih murah dibandingkan dengan pemakaian metoda refleksi. Untuk hal-hal yang khusus metoda refraksi lebih baik untuk memperoleh data dibandingkan dengan refleksi misalnya resonansi daerah-daerah relatif lebih besar dan memperoleh komposisi batuan dan lain-lain.

Untuk survey dan pemetaan struktur bawah permukaan dengan digunakan berbagai macam instrumen seismik refraksi mulai yang sederhana sampai kepada yang lebih komplit, misalnya instrumen seismograf model ES 125, MARSS-88 dan lainnya, dimana alat ini dapat memberikan gambaran yang cukup akurat mengenai keadaan lapisan di bawahnya. Alat tersebut telah dilengkapi dengan "Timing Circuit", dengan komponen ADC sekaligus DAC (Konversi Analog-Digital) sehingga bentuk bentuk gelombang seismik refraksi dapat diamati dengan jelas baik *arrival time* maupun *delay time*.

Akan tetapi semua instrumen tersebut diatas tidak dimiliki oleh laboratorium Fisika Bumi, sehingga untuk penelitian-penelitian seismik refraksi baik untuk penelitian dosen maupun penelitian tugas akhir mahasiswa tentunya tidak dapat dilaksanakan.

Di laboratorium Fisika Bumi ada tiga instrumen yang dapat digunakan untuk penelitian-penelitian yaitu resistivity meter, GPS (Global Position System) dan sonic viewer. Instrumen resistivity meter telah banyak digunakan baik untuk penelitian dosen maupun tugas akhir mahasiswa begitu juga dengan GPS. Tapi instrumen sonic viewer masih belum optimal pemanfaatannya, dimana penggunaan sonic viewer baru dipakai untuk penelitian tentang porositas bahan (walau mengkaji dari berbagai permasalahan tetapi tetap mengkaji tentang porositas batuan).

Dari persoalan diatas maka pada penelitian ini dilakukan studi optimalisasi penggunaan instrumen sonic viewer untuk penelitian dosen maupun untuk penelitian tugas akhir mahasiswa. Hal ini dilakukan juga untuk mencari pemecahan permasalahan di KBK Fisika Bumi dimana minat mahasiswa yang mengambil tugas akhir di bidang kajian Fisika Bumi setiap tahunnya terus meningkat sedangkan instrumen untuk penelitian terbatas (masih sedikit).

Studi optimalisasi penggunaan instrumentasi sonic viewer ini dilakukan untuk mencari jawaban apakah sonic viewer dapat digunakan untuk penelitian yang lain selain mengkaji tentang porositas?

Untuk hal tersebut dilakukan penelitian tentang pemakaian sonic viewer untuk meneliti dan mengukur struktur lapis bahan (struktur lapis bumi) melalui suatu pemodelan fisis yang terdiri dari model kaca yang diisi dengan material bumi seperti tanah.

Analisis dilakukan dengan mengukur delay time seismik refraksi pada struktur lapisan tanah yang terdiri dari satu atau dua lapis dengan material yang

MILIK PERPUSTAKAAN
UNW. NEGERI LABANG

berbeda cepat rambat gelombang seismik. Dengan demikian dapat dihitung perbedaan model fisis dengan estimasi pengukuran delay time di permukaan dengan sonic viewer yang terdiri dari dua sensor transducer dan receiver.

Berdasarkan permasalahan diatas dapat dirumuskan, “Apakah instrumen sonic viewer dapat digunakan untuk meneliti tentang struktur lapis bumi melalui permodelan fisis untuk optimalisasi fungsi instrumen dalam penelitian di KBK Fisika Bumi”.

B. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang permasalahan dapat di rumuskan permasalahan dalam penelitian yaitu:”Apakah instrumen sonic viewer dapat digunakan untuk mengukur delay time gelombang sonic pada model fisis struktur lapisan bumi.

C. PEMBATAAN MASALAH

Penelitian ini ditujukan untuk melihat rambat gelombang sonic dalam material bumi serta struktur lapisan bumi melalui pengukuran delay time yang di modelkan dalam sebuah model material bumi di dalam kaca dengan instrumen sonic viewer.

D. TUJUAN PENELITIAN

1. Melihat apakah spektrum gelombang sonic dapat digunakan untuk pemodelan fisis struktur lapisan bumi.
2. Mengukur dan menghitung delay time spektrum gelombang sonic pada pemodelan struktur lapisan bumi.
3. Membuat kurva slope delay time gelombang sonic untuk melihat model struktur lapisan bumi.

E. KONTRIBUSI PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai informasi bagi praktisi fisika bumi dalam mengestimasi struktur lapisan bumi dilapangan dan dapat dihubungkan untuk penelitian-penelitian dosen serta tugas akhir mahasiswa khususnya yang menggunakan metoda seismik refraksi.

STAMP

BAB II

LANDASAN TEORI

Sampai saat ini interpretasi data seismic refraksi dengan inversi langsung dari kurva waktu tempuh ke fungsi kecepatan tidak selalu mudah untuk dilakukan. Metoda inversi dari seismic refraksi ini hanya dapat digambarkan bagi model-model interior bumi yang relatif sederhana yaitu model-model pelapisan dengan kecepatan gelombang yang bertambah kearah dalam secara monoton.

Kenyataannya, sifat-sifat interior bumi dapat menyimpang dari anggapan dasar dan syarat agar inversi langsung dapat dilaksanakan secara baik dan teliti atau bahkan tidak dapat dilaksanakan sama sekali.

Perhitungan ray path dan waktu tempuh suatu model bisa dipakai untuk menginterpolasikan data seismic refraksi yang sulit atau tidak dapat diinversi langsung. Model awal diuji cobakan dan di iterasi hingga diperoleh model yang memberikan waktu tempuh sesuai dengan data secara memuaskan.

Bila suatu model analitis ditentukan sembarang, ray path dapat dihitung secara bertahap berawal dari sumber gelombang seismic yang datang dengan sudut tertentu. Pertambahan waktu tempuh dihitung secara berurutan, berulang dan interpolasinya, sampai ray path mencapai batas lapisan atau permukaan lapisan teratas.

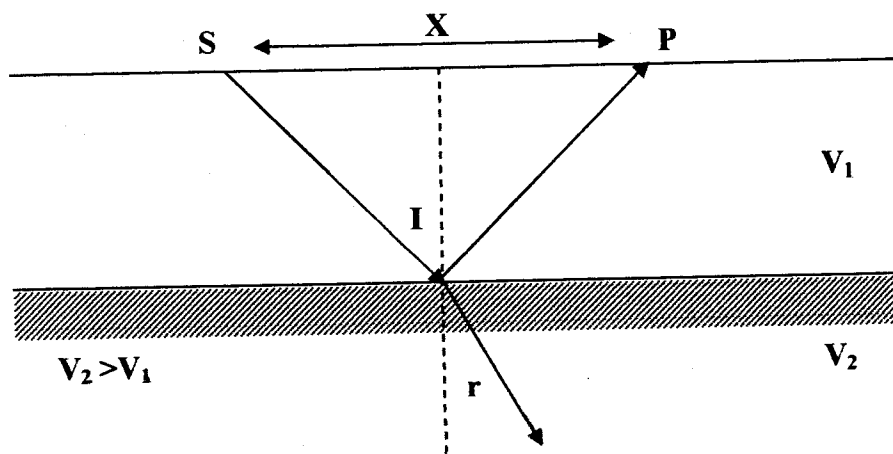
Kecepatan gelombang seismic dapat bervariasi secara kontiniu maupun diskontiniu maka dalam hal ini untuk membangun suatu model, kedua variasi harus tercakup. Diskontinuitas yang disebabkan oleh daerah peralihan, secara

teoritis dapat didekati dengan gradient kecepatan yang tajam, tetapi penyimpangan-penyimpangan dilapangan dapat dihindari.

Model pelapisan rata datar hanya memungkinkan untuk pembuatan model dalam kerak bumi. Kecepatan gelombang seismic dalam kerak bumi sudah cukup memadai bila didekati dengan model pelapisan homogen, yaitu fungsi kecepatan tetap dalam suatu lapisan atau dengan model pelapisan tak homogen kearah vertikal, yaitu gradient kecepatan yang tetap dalam suatu lapisan, dapat juga kombinasi dari kedua model tersebut. dalam model ray path akan terpantul atau membelok bila sudut kritis suatu lapisan belum tercapai dan akan terbias bila sudut kritis sudah tercapai.

A. PRINSIP DASAR METODA SESMIK REFRAKSI

Metoda refraksi didasarkan atas perambatan gelombang P dan gelombang S yang melewati antara dua medium gelombang yang merambat dengan kecepatan V_1 pada medium pertama dan V_2 pada medium kedua. Perubahan arah kecepatan gelombang ditentukan oleh sudut gelombang datang dan sudut gelombang bias.



Gambar 1.

Menurut Hukum Snellius:

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

Dimana V_1 dan V_2 kecepatan pada medium pertama dan medium kedua, i adalah sudut datang yaitu sudut gelombang datang terhadap garis normal dan r adalah sudut refraksi.

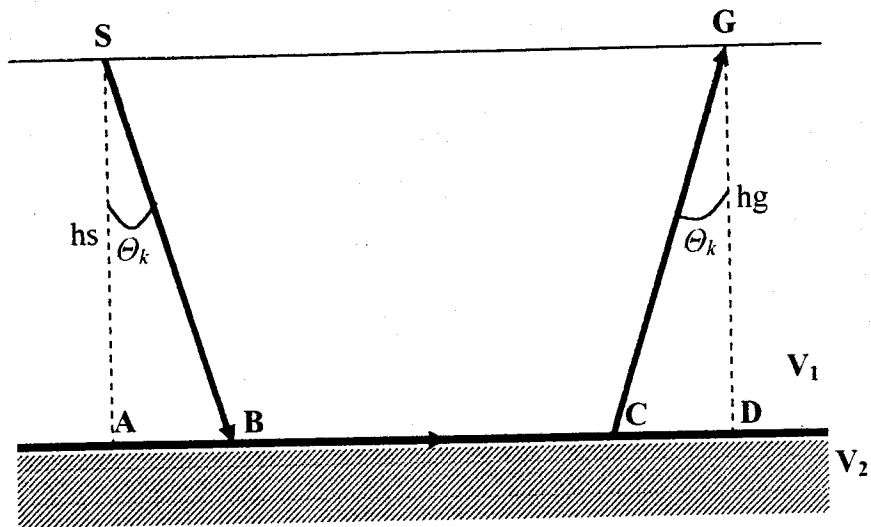
Pada gambar 1 gelombang P yang dihasilkan dari sumber S terlihat bahwa terjadi suatu pembiasan dengan sudut bias 90° . Ini terjadi akibat gelombang datang menjalar dari medium rapat ke medium renggang dengan sudut datang yang besarnya tertentu disebut sudut kritis. Dari Hukum Snellius dapat ditentukan besar sudut kritis yang terjadi:

$$\sin i = \frac{V_1}{V_2}$$

Metoda refraksi bergantung pada pertambahan kecepatan dan kedalaman, oleh karena itu medium yang dibawa kecepatannya kecil dari gelombang muncul ($V_2 > V_1$). Kemudian gelombang direfraksikan membelok terhadap garis normal, hal ini memberikan situasi yang menaik yang dikenal dengan kulit lapisan.

B. METODA WAKTU TUNDA (DELAY TIME)

Untuk menentukan kedalaman suatu lapisan tidak hanya terbatas pada lapisan dibawah sumber gelombang, tetapi dengan metoda delay time dapat ditentukan ketebalan lapisan dibawah geophone hal ini dapat ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 2. Menentukan kedalaman dibawah geophone dengan metoda waktu tunda

Metoda waktu tunda dari sumber getar (T_S) dan waktu tunda dari geophone (T_G) di defenisikan sebagai berikut:

$$T_S = T_{SB} - T_{AB} = \frac{SB}{V_1} - \frac{AB}{V_2} \quad (2)$$

$$T_G = T_{CG} - T_{CD} = \frac{CG}{V_1} - \frac{CD}{V_2} \quad (3)$$

Dari persamaan (3) jika diturunkan akan di dapatkan

$$T_G = \frac{hg}{v_1} \cos \theta_k$$

Sehingga
$$hg = \frac{Tg \cdot V_1}{\cos \theta_k}$$

Apabila diturunkan lagi akan didapatkan harga dari

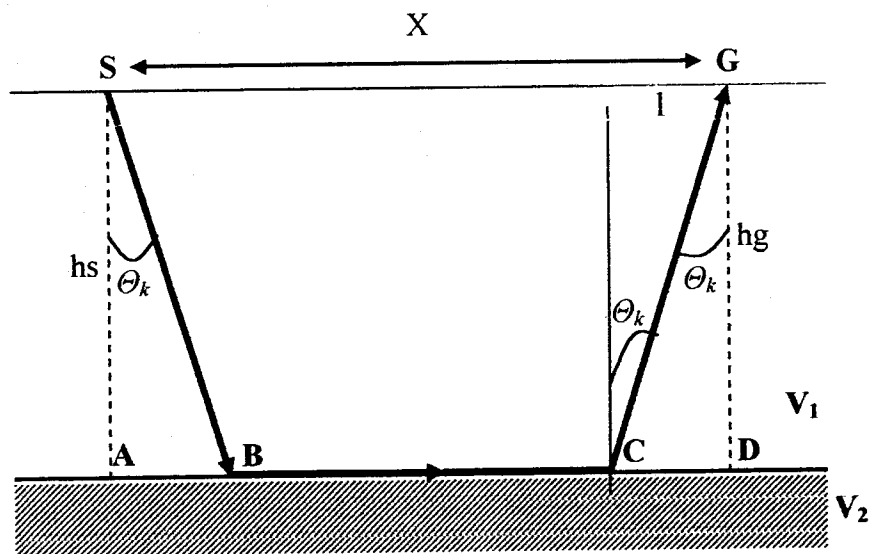
$$hg = \frac{Tg \cdot V_1 \cdot V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \quad (4)$$

Jika T_t = waktu total perambatan gelombang seismik dari sumber getar ke geophone

$$\begin{aligned} \text{Maka: } T_t &= T_{SB} + T_{BC} + T_{CG} \\ &= T_{SB} + (T_{AD} - T_{AB} - T_{CD}) + T_{CG} \\ &= T_s + T_g + \frac{x}{V_2} \end{aligned} \quad (5)$$

C. MODEL BUMI DUA LAPIS SEJAJAR

Penjalaran sederhana untuk refraksi kritis terjadi pada model dua lapis dengan permukaan horizontal yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3. Penjalaran gelombang untuk model dua lapis horizontal

Dimana:

$$AB = \frac{h}{\cos \theta_k}$$

$$BC = x - 2l = x - 2h \operatorname{tg} \theta_k$$

$$CD = \frac{h}{\cos \theta_k}$$

T = waktu yang diperlukan untuk menjabar dari lintasan A – B – C – G

Maka:

$$T = T_{AB} + T_{BC} + T_{CD}$$

Perhitungan pada segmen dari refraksi kritis datang pada sumbu waktu yang memberikan sebuah waktu tangkap T_i dari kedalaman refraktor (z) dapat dihitung

$$z = \frac{T_i V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}} \quad (6)$$

Menghitung waktu penjalaran untuk lapisan bumi dua lapis:

Untuk waktu total penjalaran adalah

$$T_{SG} = T_{SA} + T_{AB} + T_{BG} \quad (7)$$

$$\text{Dimana: } T_{SA} = T_{BG} = \frac{z}{(V_1 \cos i_c)} \quad (8)$$

$$T_{AB} = \frac{(x - 2z \tan i_c)}{V_2} \quad (9)$$

Substitusikan persamaan (8) dan persamaan (9) ke persamaan (7) maka dihasilkan:

$$T_{SG} = \frac{z}{(V_1 \cos i_c)} + \frac{(x - 2z \tan i_c)}{V_2} + \frac{z}{(V_1 \cos i_c)} \quad (10)$$

Untuk lebih sederhananya dapat ditulis:

$$T_{SG} = \left(\frac{1}{V_2} \right) + \frac{2z(\cos i_c)}{V_1} \quad (11)$$

Ini mempunyai bentuk persamaan garis lurus $y=mx+c$

Dimana $m =$ Gradien

$c =$ kontanta/perpotongan pada sumbu y pada grafik jarak-waktu

Dari persamaan (7) kemiringan adalah $1/V_2$ dan c merupakan waktu tangkap refraksi T_i ditunjukkan oleh:

$$t_i = \frac{2z(\cos i_c)}{V_1} \quad (12)$$

Ingat $\sin i_c = V_1/V_2$ (Hukum Snellius) maka:

$$\cos i_c = \left(\frac{1 - V_1^2}{V_2^2} \right)^{1/2} \quad (13)$$

berasal dari $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$

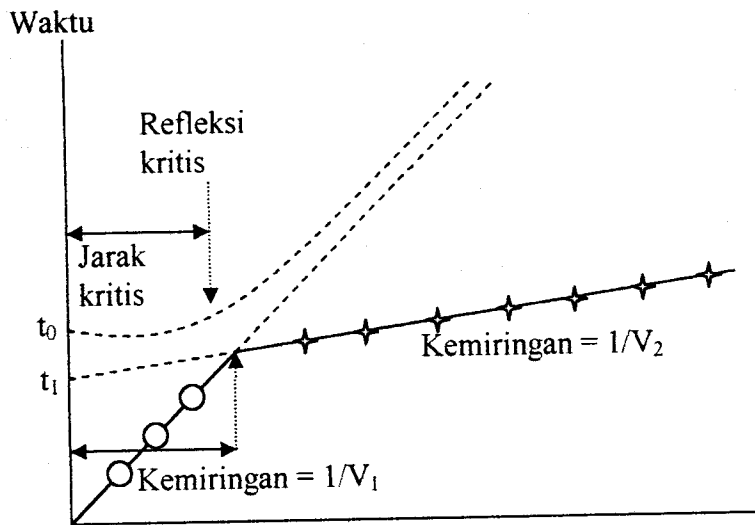
Bentuk lain dari persamaan (7) adalah:

$$T_{SG} = x(\sin i_c)V_1 + 2z(\cos i_c)V_2 \quad (14)$$

Atau $T_{SG} = x/V_2 + t_i$

Dimana $t_i = 2z(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}/V_1V_2$

$$z = \frac{t_i V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}$$



Gambar 4

Pada gambar diatas dapat dilihat pada waktu penjalaran untuk arah dan sinar refraksi yang sama dengan jejak crossover.

$$\frac{X_{cross}}{V_1} = \frac{x_{cross}}{V_2} + \frac{2z(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}{V_1 V_2} \quad (15)$$

Konsekuensi untuk memecahkan persamaan diatas terlebih dahulu tahu syarat dari crossover:

$$T = \frac{x_{cross}}{V_2} + \frac{2z(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}{V_1 V_2} \quad (16)$$

Persamaan yang menunjukkan kedalaman dari refraktor yang lebih kecil dari separuh panjang crossover adalah:

$$Z = \frac{1}{2} x_{cross} \left(\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \right)^{1/2} \quad (17)$$

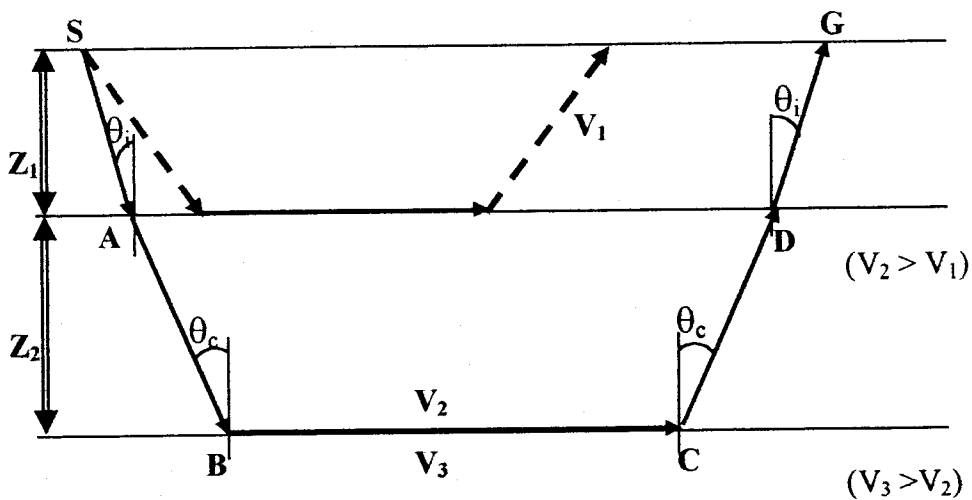
Untuk menghitung kedalaman refraktor tersebut digunakan jarak crossover, sedangkan untuk penjaran pada arah sinar saat jarak crossover sedalam x_{cross}/V_1

Jarak crossover itu sendiri adalah:

$$X_{cross} = 2z \left(\frac{V_2 + V_1}{V_2 - V_1} \right)^{1/2} \quad (18)$$

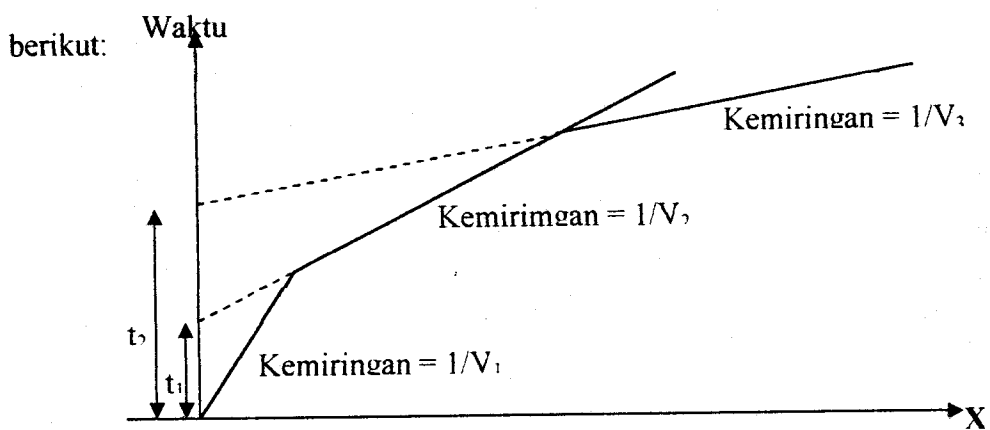
D. MODEL BUMI TIGA LAPIS SEJAJAR ATAU LEBIH

Penjaran sederhana untuk refraksi kritis terjadi pada model tiga lapis dengan permukaan horizontal yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 5

Kerespon terhadap grafik penjalaran waktu dan jarak dalam gambar



Gambar 6

Ekspresi ini memberikan hubungan waktu penjalaran dengan kecepatan, efek dari memberikan ketebalan pada lapisan kedua pada grafik waktu-jarak adalah meramalkan atau dipecahkan secara garis lurus yang berhubungan dengan refraksi yang datang dari atas lapisan dua. Sinyal penjalaran dari sumber bawah ke refraktor pertama (A) dimana sinyal direfraksikan ke medium kedua yang melewati permukaan kedua (B), saat dimana sinyal direfraksikan kritis. Dari itu dapat dihasilkan muka gelombang dari penjalaran refraktor yang kecil (C) melewati diatas lapisan tiga ke geophone G.

1. Waktu Penjalaran untuk Kasus Tiga Lapis

Waktu total penjalaran:

$$T_{SG} = T_{SA} + T_{AB} + T_{BC} + T_{CD} + T_{DG} \quad (19)$$

Dimana:

$$T_{SA} = T_{DG} = z_1/V_1 \cos \theta_1 \quad (20)$$

$$T_{AB} = T_{CD} = z_2/V_1 \cos \theta_2 \quad (21)$$

$$T_{BC} = (x - 2z_1 \tan \theta_1 - 2z_2 \tan \theta_2)/V_3 \quad (22)$$

Kombinasi ini memberikan:

$$T_{SG} = \frac{x}{V_3} + \left(\frac{2z_2 \cos \theta_c}{V_2} \right) + \left(\frac{2z_1 \cos \theta_1}{V_1} \right) \quad (23)$$

$$T_{SG} = \frac{x}{V_3} + t_2 \quad (24)$$

dimana: $\frac{\sin \theta_1}{V_1} = \frac{\sin \theta_c}{V_2} = \frac{1}{V_3}$

ketebalan refraktor diberikan oleh:

$$z_1 = \frac{t_1 V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}} \quad (25)$$

$$z_2 = \frac{t_2 V_2 V_3}{2(V_3^2 - V_2^2)^{1/2}} - \frac{z_1 V_2 (V_3^2 - V_1^2)^{1/2}}{V_1 (V_3^2 - V_2^2)^{1/2}} \quad (26)$$

analisis dalam menghitung V_1 , V_2 , t_1 dan t_2 dari grafik penjalaran waktu untuk kasus dua lapis dan ketebalan dua refraktor pertama dapat dihitung dengan menggunakan persamaan diatas. Ketebalan refraktor biasanya menafsirkan sekitar 5%, dengan persentase ini ketaktelitian jumlah lapisan yang dipecahkan bertambah besar.

2. Waktu Penjalaran untuk Multi Lapisan

Ekspresi umum dalam menentukan hubungan waktu penjalaran dengan kecepatan untuk situasi tiga lapisan planar horizontal. Bentuk persamaan dan analisis grafik penjalaran mengikuti prosedur yang dijelaskan untuk kasus tiga lapis tapi secara luas dihubungkan kebeberapa lapisan. Waktu penjalaran total T_{SG} dalam kasus n lapisan dapat diberikan:

$$T_{SG} = \frac{x}{V_n} + \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{2z_i \cos \theta_i}{V_i} \right] \quad (26)$$

dimana $\sin \theta_i = V_i/V_n$ dengan catatan θ_1 bukan sudut kritis kecuali θ_{n-1}

BAB III

METODE PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Kegiatan penelitian tentang model struktur lapisan tanah horizontal berdasarkan pengukuran delay time dengan menggunakan sonic viewer dilaksanakan di laboratorium Fisika Bumi FMIPA Universitas Negeri Padang (UNP). Waktu pelaksanaan selama 20 minggu, dimulai pada bulan Oktober s/d Nopember tahun 2004.

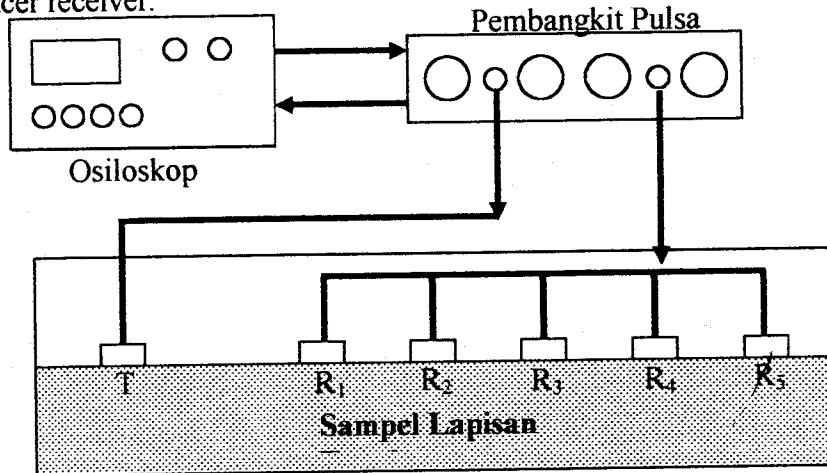
B. ALAT DAN BAHAN

Dalam melaksanakan kegiatan penelitian ini peralatan yang digunakan terdiri dari sonic viewer model 5210, transducer transmitter dan receiver, osiloscope tipe GOS-622G, model kaca. Sonic Viewer digunakan sebagai penghasil gelombang P, transducer transmitter sebagai pemancar gelombang dan receiver sebagai penerima gelombang. Untuk mendapatkan data delay time gelombang P pada lapisan tanah digunakan osiloskop. Model kaca digunakan sebagai tempat membuat model struktur lapisan tanah horizontal. Tanah yang digunakan adalah tanah lempung sebanyak dua lapis.

C. PRINSIP KERJA ALAT SONIC VIEWER

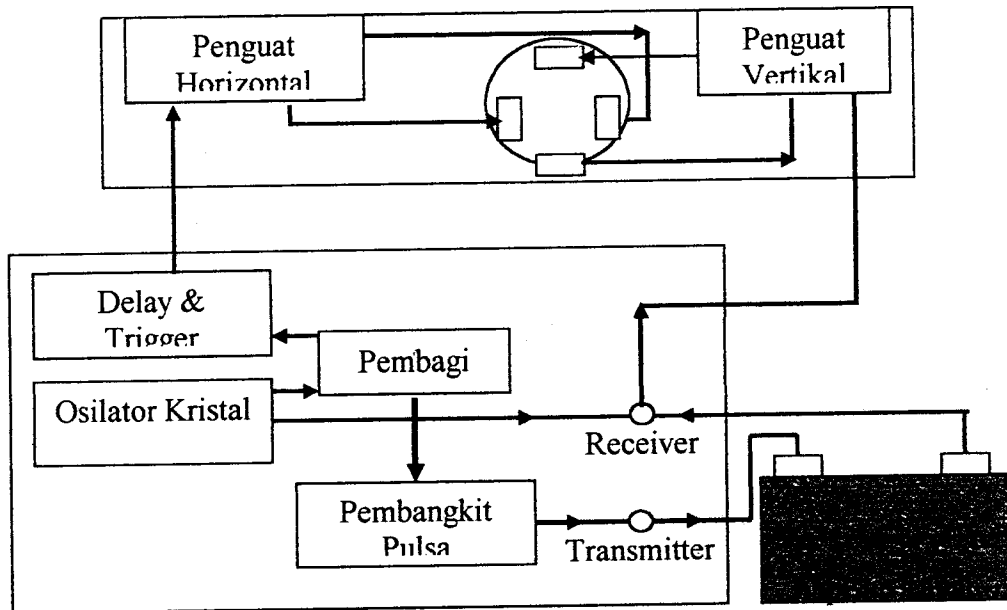
Rangkaian alat sonic viewer yang terdiri dari dua bagian yaitu pembangkit pulsa (pulsa generator) dan osiloskop dengan susunan seperti gambar 9a. Sedangkan prinsip kerja alat sonic viewer dapat dilihat pada gambar 9b. Dari gambar tersebut dapat dilihat sinyal listrik dihasilkan oleh osilator kristal kemudian dibagi oleh rangkaian divider ke rangkaian delay dan trigger serta

rangkaian pembangkit pulsa. Dari rangkaian delay dan trigger sinyal listrik diteruskan untuk melakukan penyapuan jejak horizontal pada layar osiloskop. Dari sinyal listrik yang melewati pembangkit pulsa dihasilkan pulsa listrik yang dikirim lewat transmitter dan diubah oleh transducer piezoelektrik menjadi sinyal mekanik yang merambat sebagai gelombang elastik dalam lapisan tanah horizontal, dan diterima kembali sebagai gelombang listrik setelah melewati transducer receiver.

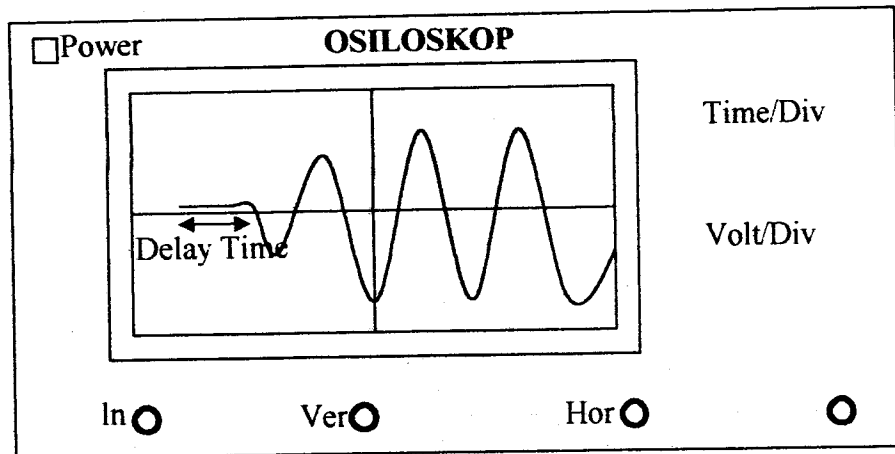


Model Lapisan Bumi

Gambar 7. Rangkaian alat sonic viewer



Gambar 8. Prinsip kerja alat sonic viewer



Gambar 9. Tampilan delay time pada layar osiloskop

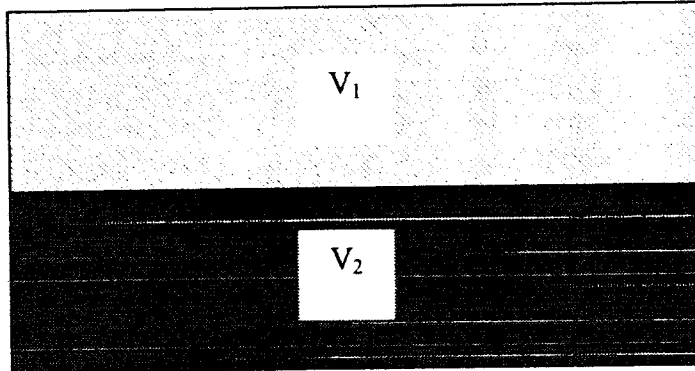
Sinyal dari sampel kemudian dihubungkan dengan penguat vertikal pada osiloskop. Sehingga tepat saat sinyal melewati sampel sampai sebagai gelombang mekanik yang terlihat hanya garis horizontal pada layar osiloskop karena pada saat itu tidak ada pulsa listrik yang diterima penguat vertikal tersebut. Dengan cara seperti itu kita dapat mengukur waktu tempuh gelombang elastik dalam sampel.

D. VARIABEL DALAM PENELITIAN

Variabel dalam penelitian ini terbagi atas dua bagian yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jarak antara receiver dan transducer transmitter (x), kecepatan gelombang pada tiap lapisan tanah (V) dan kedalaman tiap lapisan (h), sedangkan variabel terikatnya adalah delay time (T).

E. SAMPEL

Pada penelitian ini digunakan tanah lempung dengan kecepatan gelombang yang merambat di dalamnya berbeda, dengan syarat $V_2 > V_1$.



Gambar 10.
Struktur
lapisan tanah

F. DESAIN PENELITIAN

Dalam penelitian ini, melihat bagaimana waktu tempuh dan grafik delay time gelombang P dalam sampel struktur lapisan tanah horizontal. Sebelum melakukan pengukuran terlebih dahulu melakukan pengkajian teoritis terhadap variabel-variabel yang akan diukur maupun variabel yang mempunyai standar harga.

Variabel yang dapat diukur langsung dalam penelitian ini adalah waktu tempuh gelombang P (delay time) dalam struktur lapisan tanah horizontal, melalui osiloskop. Sedangkan variabel yang ditentukan melalui kajian teoritis didapatkan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah diturunkan. Data yang didapat dari pengukuran maupun secara teoritis perlu dianalisis untuk menarik kesimpulan. Adapun desain penelitian ini sebagai berikut:

1. Kajian teoritis dan rumusan terhadap variabel-variabel untuk menentukan delay time dan kecepatan gelombang pada struktur lapisan tanah horizontal
2. Menentukan variabel penelitian yang terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat.
3. Menyiapkan rangkaian alat sonic viewer yang terdiri dari pembangkit pulsa dan osiloskop.
4. Mengkalibrasi alat-alat yang digunakan dalam pengukuran, alat ukur yang telah dikalibrasi digunakan untuk mengukur waktu tempuh (delay time) gelombang P dalam sampel struktur lapisan tanah horizontal.
5. Data yang didapat dalam pengukuran dilakukan analisis dan interpretasi terhadap pengolahan data.
6. Menarik kesimpulan terhadap kedalaman tiap lapisan dari interpretasi data.

G. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dilakukan dengan dua teknik yaitu pengukuran dan perhitungan dengan kajian teoritis. Dalam pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung terhadap variabel yang diinginkan. Karena itu dalam pengambilan data dikelompokkan menjadi dua bagian. Pertama data yang diperoleh melalui pengukuran langsung yaitu waktu tempuh (delay time) gelombang P struktur lapisan tanah horizontal dan jarak antara receiver dengan transmitter. Pengukuran secara tidak langsung yaitu kecepatan gelombang P pada tiap lapisan. Sedangkan kedalaman tiap lapisan

tanah horizontal dapat diukur secara langsung pada model kaca atau dengan perhitungan kajian teoritis menggunakan analisis delay time.

H. TEKNIK ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Untuk mengetahui ketelitian dari penelitian ini pengukuran dilakukan berulang atau lebih dari sepuluh kali untuk jarak receiver-transmitter yang sama. Maka analisis data dilakukan dengan teknik analisis data secara statistik, lebih khusus lagi menggunakan ketidakpastian pada fungsi variabel yang diukur berulang. Karena itu digunakan rumus ketidakpastian yaitu rata-rata, standar deviasi:

1. Menemukan rata-rata

$$\bar{t} = \sum \frac{t}{n}$$

dimana: \bar{t} = rata-rata

$\sum t$ = jumlah seluruh pengukuran

n = banyaknya pengukuran

2. Mengitung siope kecepatan tiap pelapisan

$$\frac{1}{V_{n-1}} = \frac{T_n - T_{n-1}}{X_n - X_{n-1}}$$

3. Menentukan kesalahan relatif (KR)

$$KR = \frac{\Delta t}{t} \times 100\%$$

Kesalahan relatif diperoleh dengan membandingkan pengukuran langsung ketebalan lapisan dengan hasil ketebalan yang diperoleh dari rambatan gelombang seismic refraksi

4. Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis model fisis lapisan horizontal dengan merambatkan gelombang seismic refraksi lapisan tanah dalam kaca model fisis dapat diinterpretasikan bahwa struktur lapisan tanah di bawah permukaan dari data estimasi dipermukaan tanah. Interpretasi dilakukan dengan jumlah model struktur lapisan yang digunakan untuk diukur sesuai dengan variabel sinyal yang digunakan.

Interpretasi dilakukan terhadap data yang telah dianalisa dari hasil penelitian. Interpretasi dilakukan berdasarkan pada tujuan penelitian yaitu: Menganalisa kedalaman tiap lapisan struktur tanah horizontal berdasarkan delay time.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran yang dilakukan pada model fisis lapisan bumi yaitu berupa lapisan dengan material tanah lempung dengan perbedaan variasi kedalaman $Z_1 = 0.20$ m, $Z_2 = 0.25$ m, $Z_3 = 0.30$ m, $Z_4 = 0.35$ m, $Z_5 = 0.45$ m. Variasi ketebalan ini berdasarkan kemampuan respon dari Sonic Viewer, dimana Sonic Viewer memiliki frekuensi sumber yang dapat merespon getaran dalam medium tanah sampai dengan (maksimum ± 1 m). Respon Sonic Viewer ini semakin pendek apabila medium rambatannya memiliki kecepatan yang semakin kecil pula.

Berdasarkan hasil dari beberapa pengukuran yakni untuk satu kali variasi ketebalan dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali dengan variasi jarak Transmitter dengan receiver diperoleh bahwa rata-rata kecepatan rambat gelombang seismic refraksi dalam medium tanah $\pm 2.10^3$ m/s. Hal ini sesuai dengan interval kecepatan gelombang seismic refraksi dalam tanah gembur sampai kepada tanah yang agak keras yakni $1.5.10^3$ m/s sampai dengan 4.10^3 m/s (Murdoek.J,1997). Variasi kecepatan rambat gelombang diatas berlaku tidak hanya pada tanah Isotrop tetapi juga pada tanah Anisotrop yang bercampur tanah dengan air, tanah dengan pasir atau batu.

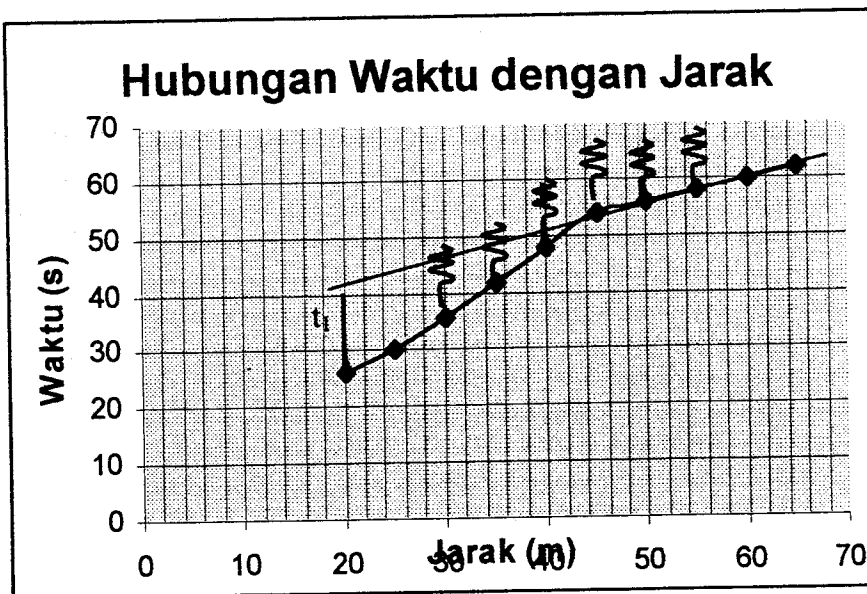
Pengukuran I

Sampel Tanah Lempung
 Jlh Lapisan i = 2 lapisan Horizontal
 Tebal Lapisan z = 0.20 m

No	Jarak Tranduser (10^{-2} m)	Time (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1}$ (10^{-2} m)	$T_n - T_{n-1}$ (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}$ (10^3 m/s)
1	20	26	5	26	0.19
2	25	30	5	4	1.25
3	30	36	5	6	0.83
4	35	42	5	6	0.83
5	40	48	5	6	0.83
6	45	54	5	6	0.83
7	50	56	5	2	2.50
8	55	58	5	2	2.50
9	60	60	5	2	2.50
10	65	62	5	2	2.50
					14.78

$$V = X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}$$

$$V = 1.478 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$



Keterangan dari grafik :

Berdasarkan analisa data pengukuran I, di peroleh kecepatan gelombang seismik rata-rata pada model adalah $1.478 \cdot 10^3$ m/s. Hal ini sesuai dengan sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanah.

Dari hasil analisis selanjutnya dibuat kurva hubungan jarak tranduser (10^{-2} m) dengan waktu rambat gelombang seismik dalam medium (10^{-3} s), dapat dilihat

slope antara rambat gelombang pada lapis pertama (slope $\frac{1}{V_1}$) dengan rambat gelombang pada lapis kedua (slope $\frac{1}{V_2}$) dari kurva slope $\frac{1}{V_1}$ dan slope $\frac{1}{V_2}$ dapat dilihat ketebalan lapis pertama dan kedua, hasil penelitian di peroleh ketebalan lapis pertama adalah 0.355 m, sedangkan ketebalan model fisis yang sebenarnya 0.20 m jadi terdapat perbedaan dalam orde satu desimal. Hal ini kemungkinan disebabkan pengukuran harus teliti dan disarankan pengambilan data dengan teliti.

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{t_i V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{1 \cdot 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ s} \cdot 0.79 \cdot 10^3 \text{ m/s} \cdot 2.5 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 \left((2.5 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 - (0.79 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{1 \cdot 1.687 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 (2.371 \cdot 10^3 \text{ m/s})} \\
 &= \frac{1.687 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{(4.743 \cdot 10^3 \text{ m/s})} \\
 &= 0.355 \text{ m}
 \end{aligned}$$

jadi perbedaan ketebalan (Z_{Ukur}) dengan ($Z_{Estimasi}$) adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.355}{0.20} \times 100\% \\
 &= 177.5\%
 \end{aligned}$$

Perbedaan hasil pengukuran ketebalan (Z_{Ukur}) langsung dengan hasil pengukuran melalui penggunaan rambat gelombang seismik refleksi dalam

medium tanah ($Z_{Estimasi}$) adalah $\frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\%$. diperoleh perbedaan sekitar

177.5%. Perbedaan yang diperoleh antara Z_{Ukur} dengan $Z_{Estimasi}$ cukup besar hal ini

terjadi kemungkinan karena spektrum gelombang yang digunakan masih spektrum kontinu.

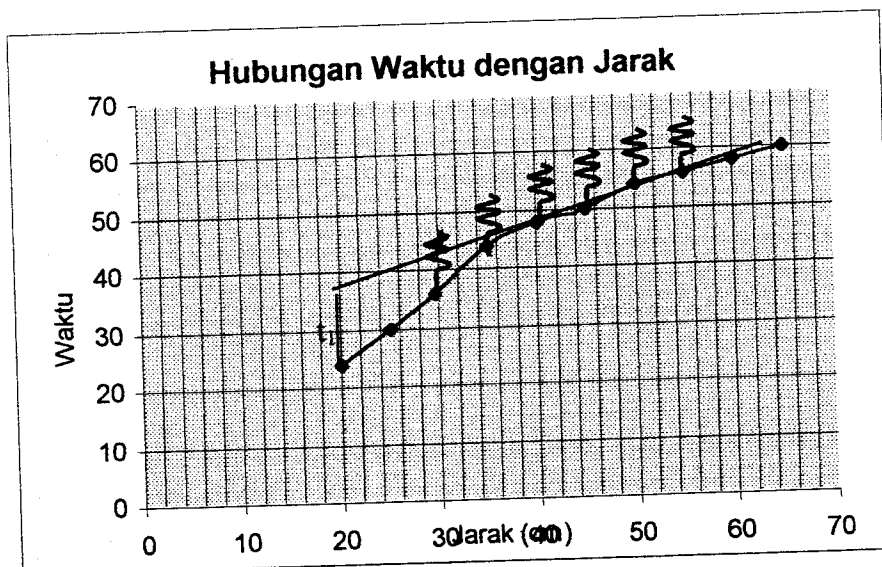
Pengukuran II

Sampel Tanah Lempung
 Jlh Lapisan i = 2 lapisan Horizontal
 Tebal Lapisan z = 0.25 m

No	Jarak Tranduser (10^{-2} m)	Time (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1}$ (10^{-2} m)	$T_n - T_{n-1}$ (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}$ (10^3 m/s)
1	20	24	5	26	0.19
2	25	30	5	6	0.83
3	30	36	5	6	0.83
4	35	44	5	8	0.63
5	40	48	5	4	1.25
6	45	50	5	2	2.50
7	50	54	5	4	1.25
8	55	56	5	2	2.50
9	60	58	5	2	2.50
10	65	60	5	2	2.50
					14.98

$$V = X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}$$

$$V = 1.498 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$



Keterangan dari grafik :

Berdasarkan analisa data pengukuran I, di peroleh kecepatan gelombang seismik rata-rata pada model adalah $1.498 \cdot 10^3$ m/s. Hal ini sesuai dengan sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanah.

Dari hasil analisis selanjutnya dibuat kurva hubungan jarak transduser (10^{-2} m) dengan waktu rambat gelombang seismik dalam medium (10^{-3} s), dapat dilihat slope antara rambat gelombang pada lapis pertama (slope $\frac{1}{V_1}$) dengan rambat gelombang pada lapis kedua (slope $\frac{1}{V_2}$) dari kurva slope $\frac{1}{V_1}$ dan slope $\frac{1}{V_2}$ dapat dilihat ketebalan lapis pertama dan kedua, hasil penelitian di peroleh ketebalan lapis pertama adalah 0.525 m, sedangkan ketebalan model fisis yang sebenarnya 0.25 m jadi terdapat perbedaan dalam orde satu desimal. Hal ini kemungkinan disebabkan pengukuran yang harus teliti dan disarankan pengambilan terus data dengan teliti.

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{t_i V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{1 \cdot 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ s} \cdot 1.03 \cdot 10^3 \text{ m/s} \cdot 2.18 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 \left((2.18 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 - (1.03 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{1 \cdot 2.020 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 (1.921 \cdot 10^3 \text{ m/s})} \\
 &= \frac{2.020 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{(3.842 \cdot 10^3 \text{ m/s})} \\
 &= 0.525 \text{ m}
 \end{aligned}$$

jadi perbedaan ketebalan (Z_{Ukur}) dengan ($Z_{Estimasi}$) adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.525}{0.25} \times 100\% \\
 &= 210\%
 \end{aligned}$$

Perbedaan hasil pengukuran ketebalan (Z_{Ukur}) langsung dengan hasil pengukuran melalui penggunaan rambat gelombang seismik refleksi dalam

medium tanah ($Z_{Estimasi}$) adalah $\frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\%$. diperoleh perbedaan sekitar

210%. Perbedaan yang diperoleh antara Z_{Ukur} dengan $Z_{Estimasi}$ cukup besar hal ini terjadi kemungkinan karena spektrum gelombang yang digunakan masih spektrum kontinu.

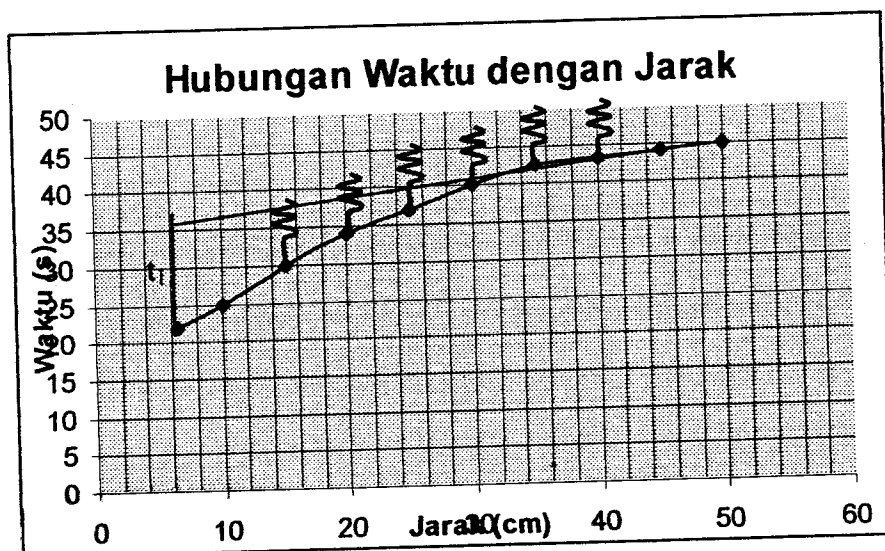
Pengukuran III

Sampel Tanah Lempung
 Jlh Lapisan $i = 2$ lapisan Horizontal
 Tebal Lapisan $z = 0.30$ m

No	Jarak Tranduser (10^{-2} m)	Time (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1}$ (10^{-2} m)	$T_n - T_{n-1}$ (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}$ (10^3 m/s)
1	6.5	22	5	22	0.22
2	10	25	5	3	1.66
3	15	30	5	5	1
4	20	34	5	4	1.25
5	25	37	5	3	1.66
6	30	40	5	3	1.66
7	35	42.4	5	2.4	2.08
8	40	43.2	5	0.8	6.25
9	45	44	5	0.8	6.25
10	50	45	5	1	5
					27.06

$$V = (X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}) / 10$$

$$V = 2.706 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$



Keterangan dari grafik :

Berdasarkan analisa data pengukuran I, di peroleh kecepatan gelombang seismik rata-rata pada model adalah $2.706 \cdot 10^3$ m/s. Hal ini sesuai dengan sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanah.

Dari hasil analisis selanjutnya dibuat kurva hubungan jarak transduser (10^{-2} m) dengan waktu rambat gelombang seismik dalam medium (10^{-3} s), dapat dilihat slope antara rambat gelombang pada lapis pertama (slope $\frac{1}{V_1}$) dengan rambat gelombang pada lapis kedua (slope $\frac{1}{V_2}$) dari kurva slope $\frac{1}{V_1}$ dan slope $\frac{1}{V_2}$ dapat dilihat ketebalan lapis pertama dan kedua, hasil penelitian di peroleh ketebalan lapis pertama adalah 0.759 m, sedangkan ketebalan model fisis yang sebenarnya 0.3 m jadi terdapat perbedaan dalam orde satu desimal. Hal ini kemungkinan disebabkan pengukuran yang harus teliti dan disarankan pengambilan terus data dengan teliti.

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{t_1 V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{1 \cdot 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ s} \cdot 1.03 \cdot 10^3 \text{ m/s} \cdot 2.18 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 \left((2.18 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 - (1.03 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{1 \cdot 2.920 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 \left(1.921 \cdot 10^3 \text{ m/s} \right)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{2.920 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{(3.842 \cdot 10^3 \text{ m/s})} \\
 &= 0.759 \text{ m}
 \end{aligned}$$

jadi perbedaan ketebalan (Z_{Ukur}) dengan ($Z_{Estimasi}$) adalah:

$$\begin{aligned}
&= \frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\% \\
&= \frac{0.759}{0.30} \times 100\% \\
&= 253\%
\end{aligned}$$

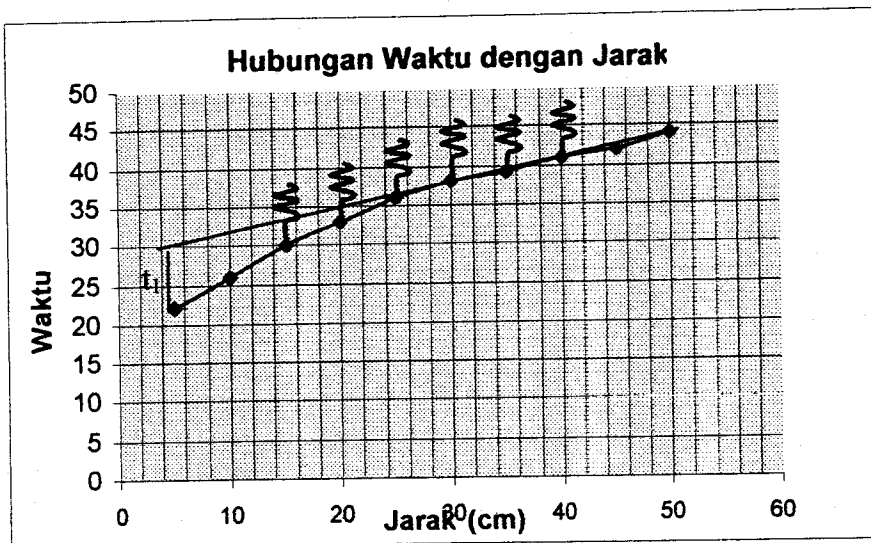
Perbedaan hasil pengukuran ketebalan (Z_{Ukur}) langsung dengan hasil pengukuran melalui penggunaan rambat gelombang seismik refleksi dalam medium tanah ($Z_{Estimasi}$) adalah $\frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\%$. diperoleh perbedaan sekitar 253%. perbedaan yang diperoleh antara Z_{Ukur} dengan $Z_{Estimasi}$ cukup besar hal ini terjadi kemungkinan karena spektrum gelombang yang digunakan masih spektrum kontinu.

Pengukuran IV

Sampel Tanah Lempung
 Jih Lapisan i = 2 lapisan Horizontal
 Tebal Lapisan z = 0.35 m

No	Jarak Tranduser (10^{-2} m)	Time (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1}$ (10^{-2} m)	$T_n - T_{n-1}$ (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}$ (10^3 m/s)
1	5	22	5	22	0.23
2	10	26	5	4	1.25
3	15	30	5	4	1.25
4	20	33	5	3	1.67
5	25	36	5	3	1.67
6	30	38	5	2	2.50
7	35	39	5	1	5.00
8	40	41	5	2	2.50
9	45	42	5	1	5.00
10	50	44	5	2	2.50
					23.56

$$\begin{aligned}
V &= X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1} \\
V &= 2.356 \cdot 10^3 \text{ m/s}
\end{aligned}$$



Keterangan dari grafik :

Berdasarkan analisa data pengukuran I, di peroleh kecepatan gelombang seismik rata-rata pada model adalah $2.356 \cdot 10^3$ m/s. Hal ini sesuai dengan sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanah.

Dari hasil analisis selanjutnya dibuat kurva hubungan jarak tranduser (10^{-2} m) dengan waktu rambat gelombang seismik dalam medium (10^{-3} s), dapat dilihat

slope antara rambat gelombang pada lapis pertama (slope $\frac{1}{V_1}$) dengan rambat

gelombang pada lapis kedua (slope $\frac{1}{V_2}$) dari kurva slope $\frac{1}{V_1}$ dan slope $\frac{1}{V_2}$ dapat

dilihat ketebalan lapis pertama dan kedua, hasil penelitian di peroleh ketebalan lapis pertama adalah 0.618 m, sedangkan ketebalan model fisis yang sebenarnya

0.25 m, jadi terdapat perbedaan dalam orde satu desimal. Hal ini kemungkinan disebabkan pengukuran yang harus teliti dan disarankan pengambilan terus data

dengan teliti.

$$\begin{aligned}
Z &= \frac{t_i V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{\frac{1}{2}}} \\
&= \frac{1 \cdot 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ s} \cdot 1.43 \cdot 10^3 \text{ m/s} \cdot 3.75 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 \left((3.75 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 - (1.43 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \\
&= \frac{1 \cdot 4.29 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 \left(12.018 \cdot 10^3 \text{ m/s} \right)^{\frac{1}{2}}} \\
&= \frac{4.29 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{\left(6.931 \cdot 10^3 \text{ m/s} \right)} \\
&= 0.618 \text{ m}
\end{aligned}$$

jadi perbedaan ketebalan (Z_{Ukur}) dengan ($Z_{Estimasi}$) adalah:

$$\begin{aligned}
&= \frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\% \\
&= \frac{0.618}{0.35} \times 100\% \\
&= 176.5\%
\end{aligned}$$

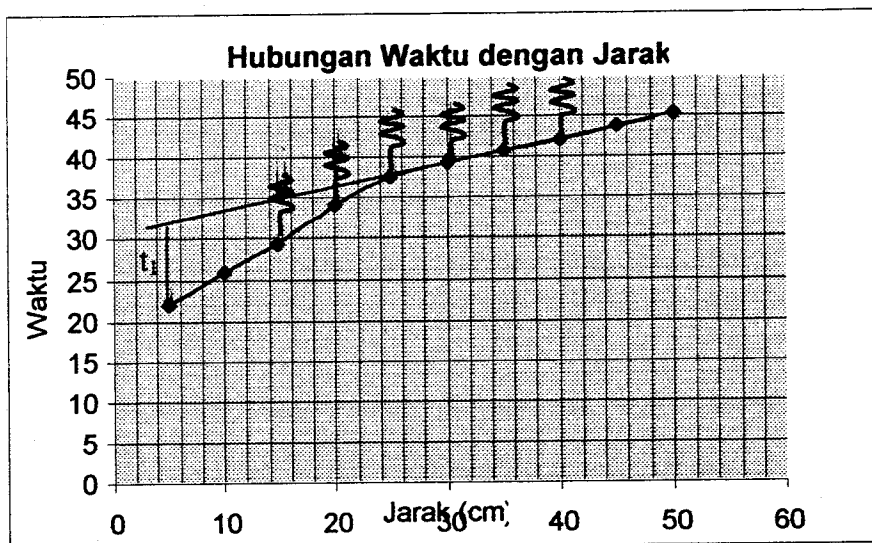
Perbedaan hasil pengukuran ketebalan (Z_{Ukur}) langsung dengan hasil pengukuran melalui penggunaan rambat gelombang seismik refleksi dalam medium tanah ($Z_{Estimasi}$) adalah $\frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\%$. diperoleh perbedaan sekitar 176.5%. Perbedaan yang diperoleh antara Z_{Ukur} dengan $Z_{Estimasi}$ cukup besar hal ini terjadi kemungkinan karena spektrum gelombang yang digunakan masih spektrum kontinu.

Pengukuran V

Sampel Tanah Lempung
 Jlh Lapisan i = 2 lapisan Horizontal
 Tebal Lapisan z = 0.45 m

No	Jarak Tranduser (10^{-2} m)	Time (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1}$ (10^{-2} m)	$T_n - T_{n-1}$ (10^{-5} s)	$X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}$ (10^3 m/s)
1	5	22	5	22	0.23
2	10	25.8	5	3.8	1.32
3	14.8	29.4	5	3.6	1.39
4	20	34	5	4.6	1.09
5	25	37.5	5	3.5	1.43
6	30	39.3	5	1.8	2.78
7	35	40.9	5	1.6	3.13
8	40	42	5	1.1	4.55
9	45	43.8	5	1.8	2.78
10	50	45.3	5	1.5	3.33
					22.01

$V = X_n - X_{n-1} / T_n - T_{n-1}$
 $V = 2.201 \cdot 10^3$ m/s



Keterangan dari grafik :

Berdasarkan analisa data pengukuran I, di peroleh kecepatan gelombang seismik rata-rata pada model adalah $2.201 \cdot 10^3$ m/s. Hal ini sesuai dengan sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanah.

Dari hasil analisis selanjutnya dibuat kurva hubungan jarak transduser (10^{-2} m) dengan waktu rambat gelombang seismik dalam medium (10^{-3} s), dapat dilihat slope antara rambat gelombang pada lapis pertama (slope $\frac{1}{V_1}$) dengan rambat gelombang pada lapis kedua (slope $\frac{1}{V_2}$) dari kurva slope $\frac{1}{V_1}$ dan slope $\frac{1}{V_2}$ dapat dilihat ketebalan lapis pertama dan kedua, hasil penelitian di peroleh ketebalan lapis pertama adalah 0.901 m, sedangkan ketebalan model fisis yang sebenarnya 0.3 m jadi terdapat perbedaan dalam orde satu desimal. Hal ini kemungkinan disebabkan pengukuran yang harus teliti dan disarankan pengambilan terus data dengan teliti.

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{t_1 V_1 V_2}{2(V_2^2 - V_1^2)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{1 \cdot 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ s} \cdot 1.73 \cdot 10^3 \text{ m/s} \cdot 3.44 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 \left((3.44 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 - (1.73 \cdot 10^3 \text{ m/s})^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{1 \cdot 5.356 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{2 \left(8.84 \cdot 10^3 \text{ m/s} \right)^{\frac{1}{2}}} \\
 &= \frac{5.356 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{\left(5.946 \cdot 10^3 \text{ m/s} \right)} \\
 &= 0.901 \text{ m}
 \end{aligned}$$

jadi perbedaan ketebalan (Z_{Ukur}) dengan ($Z_{Estimasi}$) adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.901}{0.45} \times 100\% \\
 &= 200.2\%
 \end{aligned}$$

Perbedaan hasil pengukuran ketebalan (Z_{Ukur}) langsung dengan hasil pengukuran melalui penggunaan rambat gelombang seismik refleksi dalam medium tanah ($Z_{Estimasi}$) adalah $\frac{Z_{Estimasi}}{Z_{Ukur}} \times 100\%$. diperoleh perbedaan sekitar 200.2%. perbedaan yang diperoleh antara Z_{Ukur} dengan $Z_{Estimasi}$ cukup besar hal ini terjadi kemungkinan karena spektrum gelombang yang digunakan masih spektrum kontinu.

KESIMPULAN dan SARAN

KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan :

1. Kecepatan gelombang seismic rata-rata di dapatkan $2.03 \cdot 10^3$ m/s kecepatan ini telah mendekati kecepatan gelombang seismic di dalam medium tanah
2. Ketebalan relatif perbandingan Z_{Ukur} dengan $Z_{Estimasi}$ rata-rata diatas 100%, perbedaan ini kemungkinan diakibatkan oleh ketelitian dalam pengambilan data dan instrumen yang digunakan. Instrumen yang digunakan masih instrumen analog berupa spektrum kontiniu.

SARAN

Penelitian ini perlu dilanjutkan sehingga mendapatkan hasil yang mendekati sebenarnya, dalam penelitian penggunaan alat yang digunakan diharapkan yang bersifat digital (Spektrum Diskrit), misalnya Loger.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph. E. *Physical and Geotechnical Properties of Soil*. Mc Graw-Hill International, New York Telford,
- Dobrin, Milton B. 1976. *Introduction to Geophysical Prospecting*. Mc Graw-Hill International. New York.
- Dwiridal, Letmi. 1995. *Analisis Seismik Refraksi Struktur Berlapis serta Estimasi Data Lapangan*. Fisika Bumi UGM, Yogyakarta.
- Geldart. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Murdock, L.J, Brook, K. M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & sons. Chicester.
- Njan, Wong Pao. 1987. *Ray Tracing dan Inversi Langsung dalam Media Tak Homogen Satu Dimensi*. FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Sembring, R.K. 1995. *Analisis Regresi*. ITB. Bandung .