

76.17/2-72

INTERPRETASI DATA SEISMIK REFRAKSI DALAM PENENTUAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BUMI DENGAN METODA HAWKINS



OLEH
MARIA GORETTY ADA' D
86 03 097



Tgl. Pengantar	24-2-92
Kategori	-
Tgl. Pengantar	18/1/92
Nama	Hadiah
No. Pengantar	92 24 02 0327
No. R. Hs	

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1991

SKRIPSI

OLEH

MARIA GORETTY ADA' D

86 03 097



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

1991

**INTERPRETASI DATA SEISMIC REFRAKSI DALAM
PENENTUAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BUMI
DENGAN METODA HAWKINS**

OLEH

MARIA GORETTY ADA' D

86 03 097

Skripsi untuk melengkapi tugas dan
memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar sarjana

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

1 9 9 1

**INTERPRETASI DATA SEISMIK REFRAKSI DALAM
PENENTUAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BUMI
DENGAN METODA HAWKINS**

Disetujui oleh
Pembimbing Utama



(Drs. Arsyad Sumah)

Nip. 130 369 549

Pembimbing Pertama

(Drs. Hasanuddin)

Nip. 131 674 703

Pembimbing Kedua



(Dra. Maria)

Nip. 131 959 056

Pada tanggal, 3 Desember 1991

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat kasih-Nya dan pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas ini. Tugas ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Tugas ini jauh dari kesempurnaan, namun penulis sudah berusaha untuk menyelesaikannya sebaik mungkin tetapi penulis mengakui banyak kekurangan yang penulis hadapi, ini disebabkan oleh keterbatasan penulis sebagai manusia biasa. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca guna penyempurnaan tugas ini.

Dengan selesainya tugas ini, penulis menghaturkan banyak terima kasih kepada Bapak Drs. Arsyad Sunah, Drs. Hasanuddin dan Ibu Dra. Maria yang dengan segala kesungguhan membimbing dan mengarahkan penulis hingga selesainya tugas ini.

Rasa terima kasih penulis haturkan pula pada :

1. Bapak Dekan dan Pembantu Dekan Fakultas MIPA UNHAS.
2. Ketua dan Staf Dosen Jurusan Fisika.
3. Pegawai dan Staf Tata Usaha Jurusan Fisika.
4. Bapak Drs. Linus Ampang Pasasa serta rekan asisten Fisika Bumi Institut Teknologi Bandung.

5. Ayahanda Fransiscus B. Galle', Ibunda Elisabeth S. Datuan yang selalu memberikan bantuan baik berupa materi, dorongan, nasehat dan perhatian dengan ikhlas hingga selesainya tugas ini. Juga kepada kakak Yakobus Bangnga' dan saudara-saudaraku Yosef, Paulus, Agnes, Petrus, Fidelia, yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas ini.
6. Rekan-rekan Mahasiswa se Jurusan Fisika khususnya Mahasiswa Angkatan 1986.

Akhir kata, kiranya segala pikiran yang penulis tuangkan dalam tugas ini dapat bermanfaat bagi mereka yang menerlukannya.

Ujung Pandang, Nopember 1991

Penulis

SARI BACAAN

Metoda interpretasi Hawkins telah digunakan untuk menginterpretasi data seismik refraksi untuk bidang batas yang berundulasi. Pengukuran dilaksanakan pada lima lintasan seismik di Desa Ujungwatu Jepara - Jawa Tengah.

Dari hasil interpretasi data disimpulkan bahwa terdapat 2 lapisan batuan yaitu lempung dan pelapukan tufa. Bidang batas lapisan pertama sangat berundulasi, dengan kedalaman bervariasi antara 0,10 - 10,7 meter dari permukaan bumi.

Kata Pustaka : Metoda interpretasi Hawkins, seismik refraksi, lempung dan pelapukan tufa.

ABSTRACT

Hawkins interpretation method has been used to interpret data of seismic refraction for a typically undulated boundary plane. The measurement has been done in Ujungwatu Jepara - Jawa Tengah with five seismic path configurations.

The interpretation based on this method concludes that there are two rock layers, i.e., clay and tuff layer. The first boundary plane layer is very undulate with depth which variates in 0,10 - 10,7 m from earth surface.

Key words : *Hawkins interpretation method, seismic refraction, tuff and clay layer.*

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
Kata Pengantar	iv
Sari Bacaan	vi
Abstract	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Lambang dan Singkatan	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xii
Daftar Lampiran	xiii
BAB I P E N D A H U L U A N	1
A Latar Belakang	1
B Ruang Lingkup	2
C Tujuan Penelitian	3
D Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A Macam-macam Gelombang Seismik	5
1 Gelombang Longitudinal	5
2 Gelombang Transversal	5
3 Gelombang Rayleigh	5
4 Gelombang Love	5
B Seismik Refraksi	6
1 Lintasan Gelombang dan Waktu Tempuh	6
2 Analisa Matematik Struktur Lapisan Horisontal	13

a	Model Dua Lapis Horizontal	13
b	Model N Lapis Horizontal	18
3	Analisa Matematik Struktur Lapisan Miring	21
a	Model Dua Lapis Miring	21
b	Model N Lapis Miring	26
C	Metoda Hawkins	29
BAB	III METODOLOGI	35
A	Tinjauan Geologis Daerah Penelitian	35
1	Morfologi	35
2	Stratigrafi	36
B	Peralatan Yang Digunakan Untuk Pengukuran	37
C	Prosedur Pengambilan Data di Lapangan	39
D	Interpretasi Data	42
BAB	IV HASIL DAN BAHASAN	44
A	Hasil Pengukuran Seismik Refraksi	44
B	Hasil Interpretasi Data	45
BAB	V KESIMPULAN DAN SARAN	50
A	Kesimpulan	50
B	Saran	50
	Daftar Pustaka	52
	Lampiran	

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang		<i>Persamaan</i>
i	sudut kritis	pers. (II.1)
T	waktu tempuh gelombang refraksi	pers. (II.2)
h	kedalaman lapisan	pers. (II.7)
X_k	jarak kritis	pers. (II.7)
τ	"intercept time"	pers. (II.8)
V	kecepatan gelombang seismik	pers. (II.14)
ω	sudut miring antara dua lapisan	pers. (II.16)
V_{12}	faktor konversi kedalaman	pers. (II.41)
t_G	waktu kedalaman	pers. (II.42)

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
I. a. Refraksi Gelombang pada berbagai sudut	7
b. Lintasan muka gelombang pada sudut refraksi kritis	7
II. Lintasan gelombang langsung, refraksi dan refleksi pada penampang bawah permukaan sederhana (a) dua lapis (b) tiga lapis	10
III. Hubungan waktu tempuh gelombang langsung, refraksi, refleksi dan permukaan untuk struktur lapisan tunggal datar	10
IV. Efek perbedaan harga V_2 dalam hubungan waktu tempuh untuk struktur dua lapis	11
V. Gelombang refraksi dan refleksi untuk struktur model bumi tiga lapis	12
VI. Kurva waktu tempuh untuk struktur datar dua lapis	14
VII. Struktur horisontal n lapis	19
VIII. Struktur dua lapis miring	28
IX. Penjalaran gelombang refraksi menurut Hawkins	29
X. Urutan satuan batuan regional daerah kompleks Muria	37
XI. "Schedule" Penembakan	41

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1	Data Pengamatan Seismik Refraksi	54
2	Hasil Interpretasi Data	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- 1 Posisi Lintasan Pengukuran
- 2 Spesifikasi Seismograph Mc Seis 160 OYO
- 3 Contoh Data Hasil Rekanan Seismik Refraksi
- 4 Kurva Travel Time Dan Struktur Lapisan di Bawah Permukaan Bumi Untuk Lintasan S-1
- 5 Kurva Travel Time Dan Struktur Lapisan di Bawah Permukaan Bumi Untuk Lintasan S-2
- 6 Kurva Travel Time Dan Struktur Lapisan di Bawah Permukaan Bumi Untuk Lintasan S-3
- 7 Kurva Travel Time Dan Struktur Lapisan di Bawah Permukaan Bumi Untuk Lintasan S-4
- 8 Kurva Travel Time Dan Struktur Lapisan di Bawah Permukaan Bumi Untuk Lintasan S-5
- 9 Tabel Cepat Rambat Gelombang Longitudinal Pada Berbagai Jenis Batuan

BAB I

P E N D A H U L U A N

A Latar Belakang

Metoda seismik refraksi merupakan salah satu metoda dalam teknik geofisika yang sangat penting dan sering digunakan dalam eksplorasi dan geoteknik. Hal ini disebabkan metoda seismik refraksi mempunyai ketepatan serta resolusi yang tinggi dalam memodelkan struktur geologi di bawah permukaan bumi.

Di dalam kegiatan seismik refraksi ini, gelombang seismik yang dihasilkan dari suatu sumber gelombang buatan misalnya dengan ledakan dinamit, menjatuhkan beban, pemukulan permukaan bumi, getaran dan sebagainya. Gelombang seismik tersebut akan menjalar ke dalam bumi dan sebagian energinya kembali ke permukaan.

Pada bidang batas antar lapisan, gelombang seismik ini sebagian dipantulkan dan sebagian lagi dibiaskan dan dihamburkan. Gelombang seismik yang dipantulkan dan dibiaskan tersebut diterima oleh serangkaian detektor yang

biasa disebut geophone, yang dipasang di permukaan bumi dan biasanya disusun dalam suatu lintasan yang lurus dengan sumber gelombang, kemudian direkam oleh suatu alat yang disebut seismograph. Hasil rekaman dari seismograph tersebut akan memberikan informasi tentang keadaan di bawah permukaan bumi, dimana gelombang tersebut merambat. Dengan mengetahui waktu tempuh gelombang ke geophone dan jarak antara geophone dengan sumber gelombang, maka kecepatan perambatan gelombang akan diperoleh dan struktur lapisan geologi di bawah permukaan bumi dapat diperkirakan berdasarkan sifat kecepatan perambatan gelombang pada lapisan tersebut.

Metoda interpretasi data seismik yang sering digunakan untuk mengetahui struktur geologi di bawah permukaan bumi diantaranya adalah : metoda Hagewara (1939), metoda Time Plus - Time Minus (1959), metoda Hawkins (1961), metoda Masuda (1978).

B Ruang Lingkup

Dalam menentukan struktur geologi di bawah permukaan bumi, dalam hal ini menggunakan konsep yang disebut "Time Depth" yang dikembangkan oleh Hawkins (1961). Metoda ini adalah metoda yang berdasarkan pada kurva waktu tempuh gelombang langsung maupun gelombang terbias yang

dihasilkan oleh sumber gelombang yang melewati lapisan bawah permukaan bumi dalam posisi garis lurus.

Hasil rekaman gelombang seismik refraksi ini akan diinterpretasikan, dengan analisa "*Travel time Curve*" "*Travel Time Curve*" adalah grafik waktu datang gelombang versus jarak geophone yang merekamnya. Dari grafik tersebut dapat diperoleh kecepatan jalar gelombang, ketebalan dan kedalaman tiap lapisan.

C Tujuan Penelitian

Pengambilan data seismik refraksi ini bertujuan untuk :

1. Menghitung kecepatan penjalaran gelombang
2. Menentukan kedalaman, ketebalan lapisan
3. Menggambar struktur perlapisan di bawah permukaan bumi.

D Sistematika Penulisan

Pada bagian ini penulis mengungkapkan prosedur yang ditempuh dalam penulisan ini yang terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian ini berisi : latar belakang, ruang lingkup, tujuan penelitian, sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini diungkapkan : macam - macam gelombang seismik, seismik refraksi, metoda Hawkins.

BAB III METODOLOGI

Yang terdiri dari : tinjauan geologis daerah penelitian, peralatan yang digunakan, prosedur pengambilan data, interpretasi data.

BAB IV HASIL DAN BAHASAN

Berisi : hasil pengukuran seismik refraksi hasil interpretasi data

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi : Kesimpulan dan Saran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A Macam - macam Gelombang Seismik

1 Gelombang Longitudinal

Bila arah penjalaran gelombang searah dengan arah gerakan partikel medium disebut gelombang longitudinal.

2 Gelombang Transversal

Bila arah penjalaran gelombang tegak lurus dengan arah gerakan partikel medium disebut gelombang transversal.

3 Gelombang Rayleigh

Gelombang Rayleigh adalah gelombang elastik yang hanya terjadi pada permukaan bebas dari suatu medium, gelombang ini disebut gelombang permukaan. Pada medium yang sama kecepatan gelombang Rayleigh lebih lambat dari pada gelombang badan, kecepatannya sekitar 0,9 kali kecepatan gelombang transversal, ($V_R = 0,9 V_T$).

4 Gelombang Love

Gelombang Love adalah gelombang permukaan yang hanya

terjadi apabila kecepatan gelombang dalam medium di lapisan permukaan lebih kecil dari pada kecepatan gelombang dalam lapisan sub stratum.

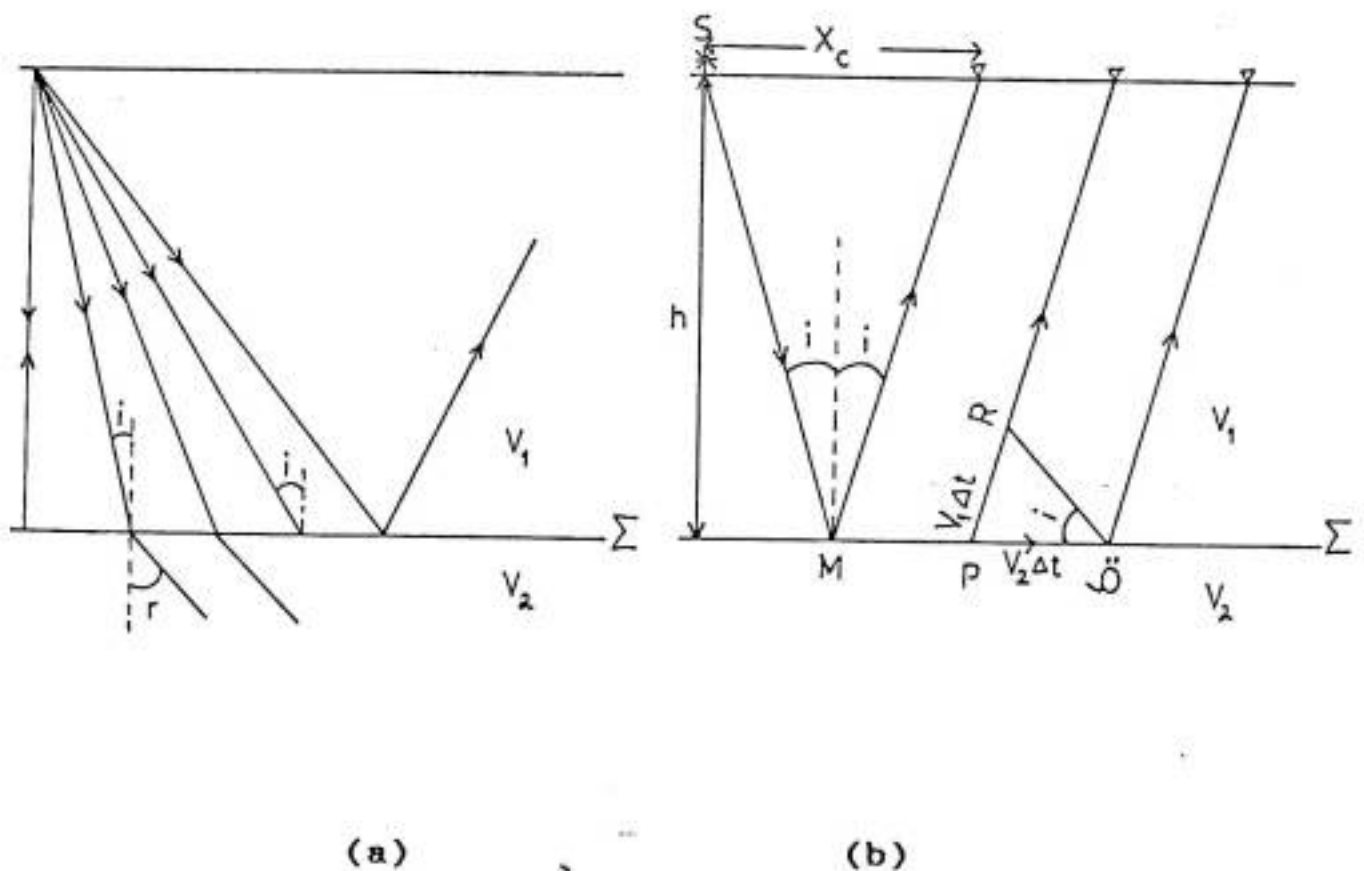
B Seismik Refraksi

1 Lintasan Gelombang Dan Waktu Tempuh

Sinyal-sinyal gelombang seismik yang ditangkap oleh geophone-geophone di permukaan bumi, menunjukkan adanya gerakan-gerakan tanah . Sinyal-sinyal gelombang tersebut, selain berasal dari jenis-jenis gelombang yang berbeda, seperti gelombang P, S dan R, juga disebabkan lintasan-lintasan penjalaran yang berbeda di dalam bumi. Dari berbagai jenis gelombang yang tertangkap, yang paling mudah untuk dikenali adalah gelombang kompresi P, dibandingkan dengan gelombang-gelombang lain yang menjalar lebih lambat. Dalam pembahasan seismik refraksi, biasanya dititik beratkan pada pengamatan gelombang P, walaupun gelombang-gelombang lain seperti gelombang S dapat pula digunakan.

Di dalam pembahasan seismik refraksi, digunakan gelombang-gelombang yang mengalami penjalaran refraksi pada sudut kritis. Gelombang ini disebut sebagai gelombang refraksi. Gambar II.1 memperlihatkan gelombang P yang mengalami refraksi pada bidang batas dua lapisan dengan sudut kritis

i_c . Getaran yang terjadi di lapisan atas, kemudian menjalar sepanjang bidang refraksi dengan kecepatan V_2 , yaitu kecepatan gelombang seismik pada lapisan bawah. Misalkan gangguan yang terjadi di titik S dan menjalar sampai ke titik P dalam waktu t , maka berdasarkan prinsip Huygens, titik P menjadi pusat dari gelombang berikutnya. Setelah selang waktu Δt , jari-jari penyebaran gelombang pada lapisan atas yang berkecepatan V_1 menjadi $V_1 \Delta t$, sedangkan gelombang yang menjalar sepanjang bidang refraksi yang berkecepatan V_2 sampai di Q, adalah $V_2 \Delta t$.



Gambar II.1 a. Refraksi gelombang pada berbagai sudut
 b. Lintasan muka gelombang pada sudut refraksi kritis

Tangen dari Q ke busur berjari-jari $V_1 \Delta t$ didapatkan muka gelombang RQ. Disini gelombang refraksi menjalar sepanjang bidang batas, akan berbentuk gelombang bidang yang menjalar ke atas dengan sudut i , dinyatakan sebagai :

$$\sin i = \frac{V_1 \Delta t}{V_2 \Delta t} = \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{II.1})$$

Jadi jelas bahwa $i = i_c$, sehingga gelombang yang datang dan gelombang yang menjalar ke atas akan simetri terhadap garis normal dari bidang refraksi.

Lintasan gelombang yang menjalar di dalam bumi dapat diungkapkan dalam tiga kemungkinan, yaitu lintasan gelombang langsung, refraksi dan refleksi. Hal ini dapat dilihat pada gambar II.2 untuk penampang bawah permukaan sederhana dari bidang perlapisan datar. Perbedaan lintasan ini akan menyebabkan perbedaan waktu tempuhnya, sehingga muka gelombang seismik pada dasarnya menunjukkan penjalaran yang berbeda.

Perbandingan bentuk kurva waktu penjalaran masing-masing gelombang tersebut dapat dilihat pada gambar II.3. Sumbu horisontal menunjukkan jarak terhadap sumber getar, dan sumbu vertikal menunjukkan waktu penjalaran.

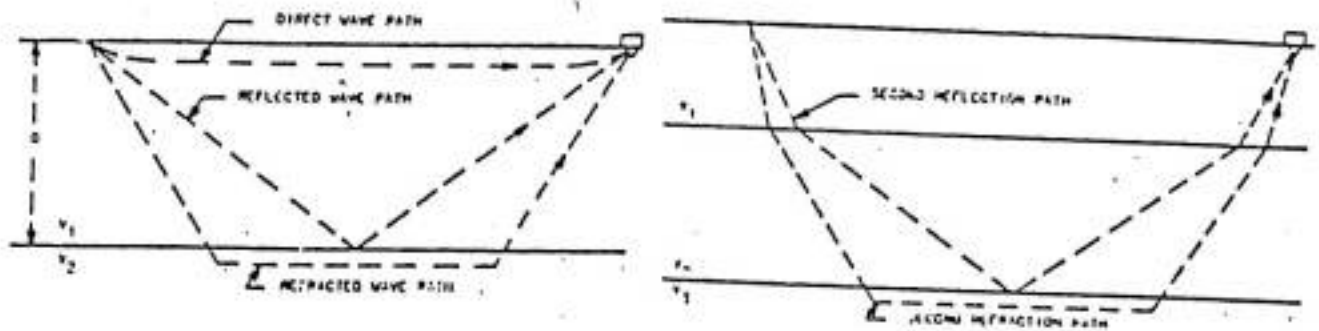
Dari gambar II.3 ditunjukkan bahwa penjalaran yang paling awal untuk jarak yang lebih dekat ke sumber getar adalah berupa gelombang langsung. Waktu tempuh gelombang ini akan membesar secara linear dengan membesarnya jarak dari

sumber getar.

Kedua lintasan gelombang tersebut (gelombang langsung dan refraksi) adalah satu-satunya gelombang yang dapat menghasilkan penjalaran pertama, untuk keadaan bawah permukaan seperti pada gambar II.2. Adanya penjalaran gelombang-gelombang yang lebih lanjut, biasanya dapat dikenali dari bentuk gelombang seismiknya. Misalnya gelombang langsung, dapat diamati sebagai penjalaran kedua pada jarak yang lebih besar dari jarak titik potong. Sedangkan gelombang refraksi dapat diamati sebagai penjalaran kedua pada jarak yang lebih kecil dari jarak titik potong kurva.

Gelombang refleksi dapat diamati seperti pola waktu tempuh yang ditunjukkan pada gambar II.3. Dari gambar II.3 tampak bahwa garis gelombang refleksi akan asimptotik terhadap garis gelombang langsung pada jarak yang lebih besar. Pertemuan antara garis gelombang refleksi dan garis gelombang refraksi terletak pada titik yang disebut titik kritis refraksi. Titik ini menunjukkan bahwa :

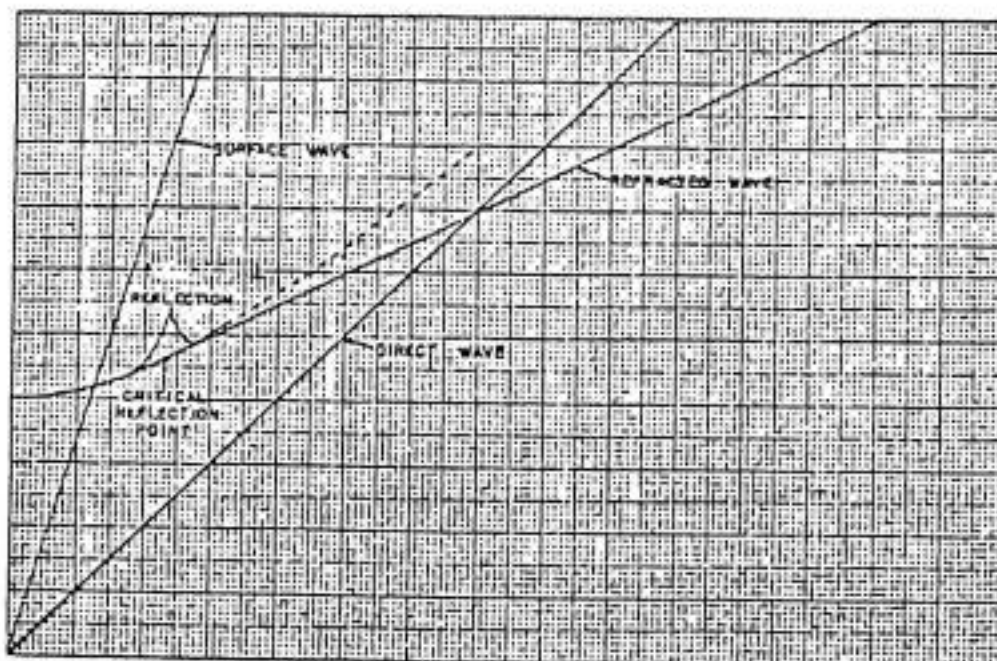
- a. Lintasan refleksi dan lintasan refraksi adalah sama
- b. Tidak terjadi refraksi pada jarak yang lebih kecil dari jarak kritis tersebut, yang ada hanyalah refleksi
- c. Amplitudo refleksi secara teoritis akan lebih besar di dekat jarak tersebut dibandingkan dengan jarak yang lain



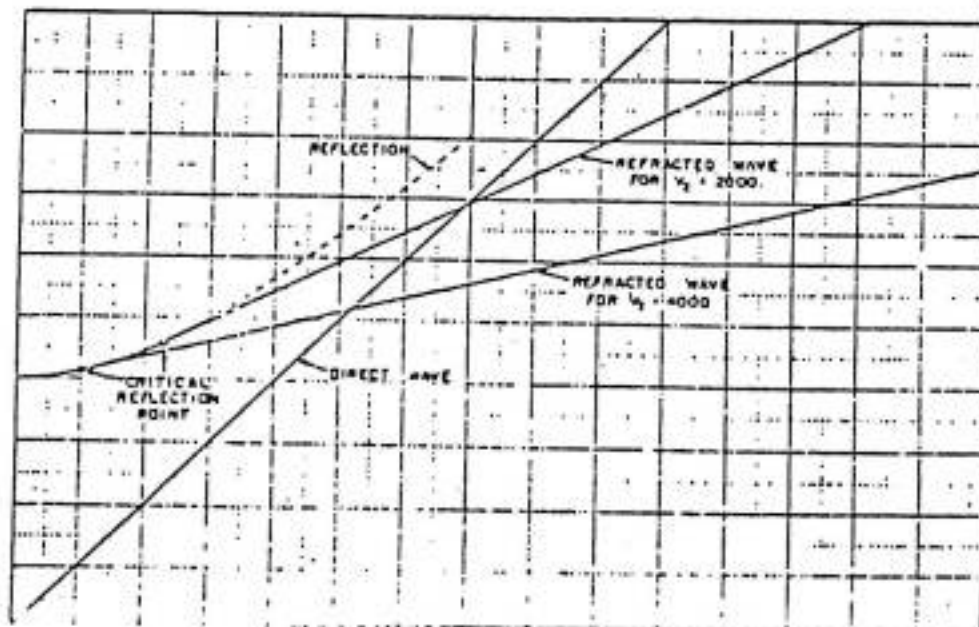
(a)

(b)

Gambar II.2 Lintasan gelombang langsung, refraksi dan refleksi pada penampang bawah permukaan sederhana (a) dua lapis (b) tiga lapis



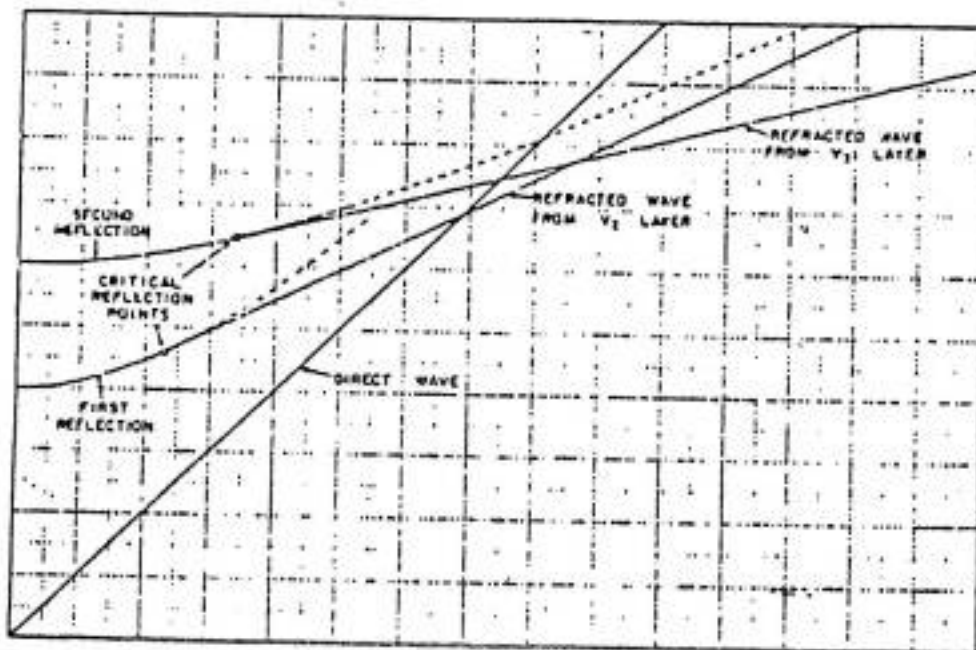
Gambar II.3 Hubungan waktu tempuh gelombang langsung, refraksi, refleksi dan permukaan untuk struktur lapisan tunggal datar



Gambar II.4 Efek perbedaan harga V_2 dalam hubungan waktu tempuh untuk struktur dua lapis

Gambar II.4 menggambarkan perbedaan antar grafik waktu tempuh gelombang untuk dua kecepatan yang berbeda dari media berkecepatan V_2 .

Pada gambar II.5 menunjukkan grafik waktu tempuh untuk lapisan bawah permukaan yang lebih kompleks, yaitu model bumi tiga lapis datar. Gelombang refleksi dan refraksi untuk lapisan pertama adalah sama seperti pada gambar II.3, akan tetapi sekarang ditambah dengan penjalaran yang dihasilkan oleh lintasan refleksi dan refraksi kedua.



Gambar II.5 Gelombang refraksi dan refleksi untuk struktur model bumi tiga lapis

Garis refleksi kedua ini melengkung dan asimptotik terhadap garis refraksi pertama pada jarak yang besar dari sumber getar. Sedangkan garis refraksi kedua merupakan garis lurus dan kebalikan dari kemiringannya yaitu sama dengan kecepatan V_2 . Pertemuan garis refleksi kedua dan garis refraksi kedua adalah titik kritis refraksi kedua, (gambar II.5).

2 Analisa Matematik Struktur Lapisan Horizontal

a Model dua lapis horizontal

Pada gambar II.6 menggambarkan struktur dua lapis dengan bidang batas L dan kedalaman h, dari permukaan yang sejajar terhadap bidang permukaan. Kecepatan perambatan gelombang pada lapisan atas adalah V_1 , dan perambatan gelombang bias adalah V_2 dengan $V_1 < V_2$ atau $V_2 > V_1$. Titik S dinyatakan sebagai sumber getar dan titik-titik P dinyatakan sebagai alat penerima sinyal (geophone). Gelombang yang menjalar dari titik S ke titik P terdiri dari dua macam gelombang yaitu : gelombang langsung yang menjalar pada lapisan atas dan gelombang refraksi yang menjalar melalui bidang batas lapisan.

Jika jarak dari sumber getar ke geophone P adalah X dan waktu perambatan langsung pada titik P adalah T_1 , maka

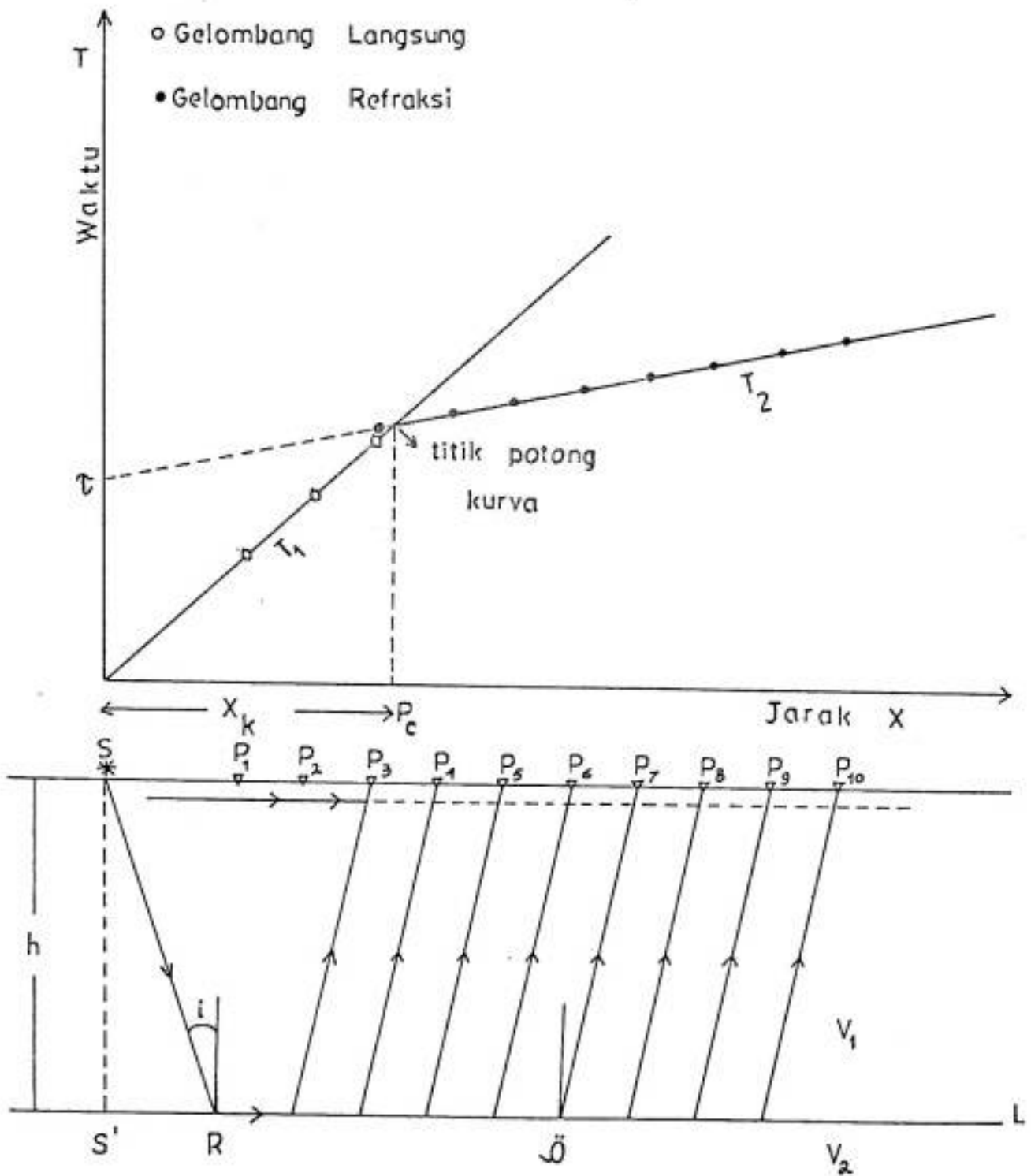
$$T_1 = \frac{X}{V_1} \quad \text{(II.2)}$$

Jika lintasan gelombang refraksi adalah S — R — Q — P, dan waktu tempuh gelombang sampai di P adalah T_2 , maka :

$$T_2 = \frac{SR}{V_1} + \frac{RQ}{V_2} + \frac{QP}{V_1} \quad \text{(II.3)}$$

dengan

$$SR = QP = h / \cos i \quad \text{dan} \quad RQ = X - 2h \tan i \quad (II.4)$$



Gambar II.6 Kurva waktu tempuh untuk struktur datar dua lapis

Apabila persamaan (II.4) disubstitusikan ke dalam persamaan (II.3) akan diperoleh persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 T_2 &= \frac{2h}{V_1 \cos i} + \frac{X - 2h \tan i}{V_2} \\
 &= \frac{2h}{V_1} \left(\frac{1}{\cos i} - \tan i \sin i \right) + \frac{X}{V_2} \\
 &= \frac{2h \cos i}{V_1} + \frac{X}{V_2} \\
 &= 2h \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2} + \frac{X}{V_2} \quad (II.5)
 \end{aligned}$$

menurut Hukum Snellius $\sin i = V_1 / V_2$

Kurva waktu tempuh ditunjukkan pada gambar II.6 (a), yang menggambarkan kurva waktu tempuh yang dinyatakan pada persamaan (II.2) dan (II.5).

Apabila persamaan (II.2) dan (II.5) di atas diferensialkan terhadap x diperoleh :

$$\frac{d}{dx} (T_1) = \frac{d}{dx} \left(\frac{X}{V_1} \right) = \frac{1}{V_1} \quad (II.6)$$

$$\frac{d}{dx} (T_2) = \frac{d}{dx} \left(2h \sqrt{\frac{v_2^2 - v_1^2}{v_1 v_2}} + \frac{x}{v_2} \right) = \frac{1}{v_2}$$

Persamaan (II.6) di atas, menyatakan kemiringan kurva waktu tempuh T_1 dan T_2 .

Dengan demikian kelihatan bahwa kecepatan perambatan gelombang di lapisan pertama dan kedua adalah kebalikan dari kemiringan kurva waktu tempuhnya.

Pada gambar II.6 (a), waktu tempuh untuk gelombang langsung dan gelombang refraksi yang sampai ke setiap geophone ditandai dengan lingkaran putih dan hitam, yaitu waktu penjalaran pertama pada P_1 , P_2 dan P_3 sebagai gelombang langsung, dan P_4 sampai P_{10} sebagai gelombang refraksi. Antara titik P_3 dan P_4 terdapat titik P_c , yaitu titik dimana gelombang langsung dan gelombang refraksi tiba pada saat yang sama. Jika jarak antara titik S ke titik P_c (disebut jarak kritis) adalah X_k , maka persamaan (II.2) akan sama dengan persamaan (II.5) dengan $X = X_k$.

Selanjutnya diperoleh hubungan sebagai berikut :

$$\frac{X_k}{V_1} = 2h \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2} + \frac{X_k}{V_2}$$

$$2h \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2} = X_k \frac{V_2 - V_1}{V_1 V_2}$$

$$h = \frac{X_k}{2} \frac{V_2 - V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

$$= \frac{X_k}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}} \quad (\text{II.7})$$

Apabila waktu tempuh gelombang bias T_2 diperpanjang menuju titik S dan memotong sumbu waktu, biasa disebut dengan "Intercept time" yang dilambangkan dengan τ . Maka τ akan sama dengan harga T_2 bila $X = 0$, sehingga persamaan (II.5) menjadi :

$$\tau = \frac{2h \cos i}{V_1} = 2h \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2} \quad (\text{II.8})$$

Dengan demikian kedalaman lapisan pertama dapat dihitung dengan menggunakan intercept time yang dapat diperoleh

dari diagram waktu tempuh, melalui hubungan berikut :

$$h_1 = \frac{V_1 \tau}{2 \cos i} = \frac{\tau}{2} \frac{V_1 V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}} \quad (\text{II.9})$$

b Model N lapis horizontal

Apabila ditinjau struktur horizontal banyak lapis seperti pada gambar II.7 berikut, maka kecepatan perambatan gelombang dari lapisan pertama sampai lapisan ke-n masing-masing adalah $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$, dengan $V_1 < V_2 < V_3 < \dots < V_n$. Kedalaman tiap-tiap lapisan adalah $h_1, h_2, h_3, \dots, h_{n-1}$.

Dari hukum-hukum pembiasan diperoleh persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\sin i_{12} = \frac{V_1}{V_2} \quad ; \quad \sin i_{23} = \frac{V_2}{V_3}$$

$$\sin i_{34} = \frac{V_3}{V_4} \quad ; \quad \sin i_{(n-1)n} = \frac{V_{n-1}}{V_n}$$

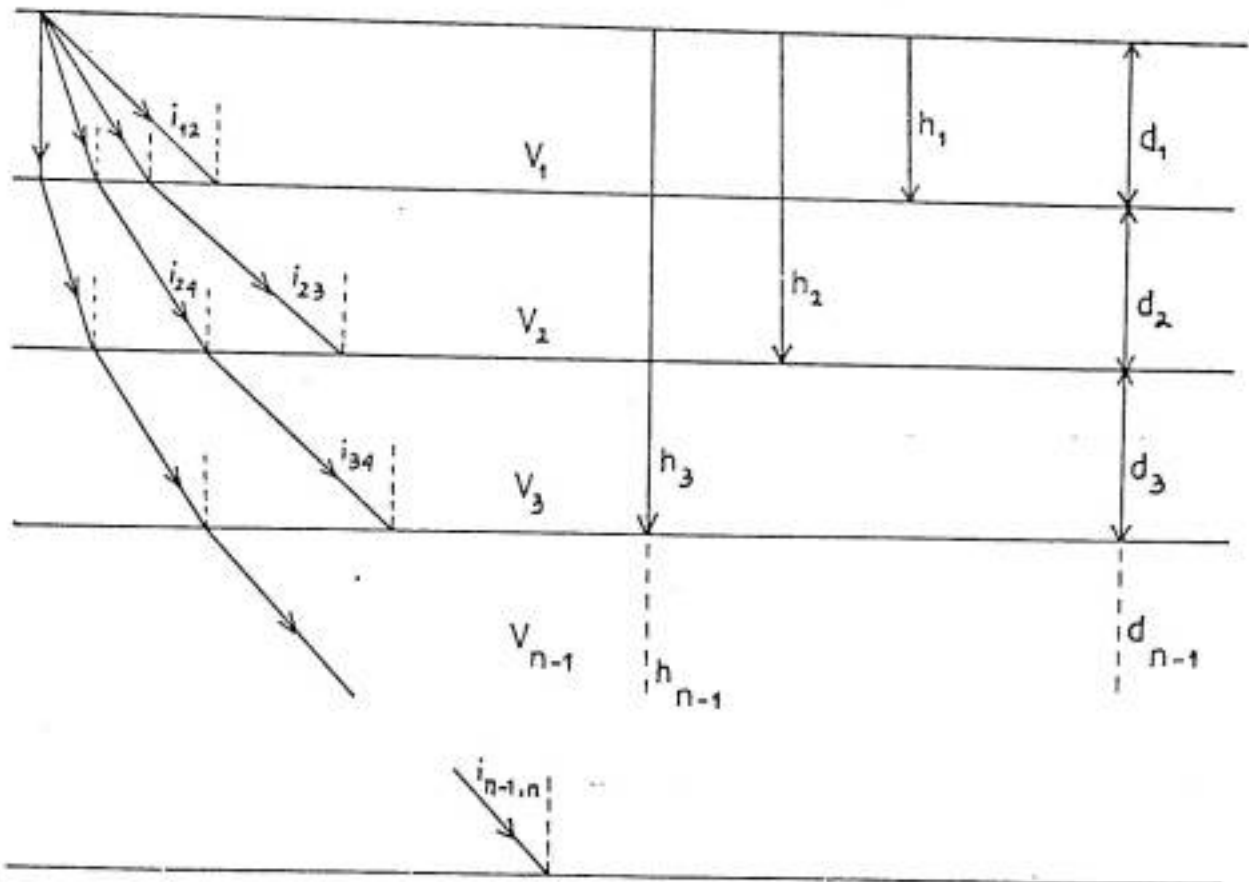
$$\frac{\sin i_{13}}{\sin i_{23}} = \frac{V_1}{V_2}, \text{ sehingga } \sin i_{13} = \frac{V_1}{V_3}$$

$$\frac{\sin i_{24}}{\sin i_{34}} = \frac{V_2}{V_3}, \text{ sehingga } \sin i_{24} = \frac{V_2}{V_3}$$

$$\frac{\sin i_{14}}{\sin i_{24}} = \frac{V_1}{V_2}, \text{ sehingga } \sin i_{14} = \frac{V_1}{V_2}$$

Sesuai dengan hubungan di atas, maka dapat dituliskan bahwa :

$$\sin i_{mn} = \frac{V_m}{V_n} \quad (\text{II.10})$$



Gambar II.7 Struktur horisontal n lapis

Karena waktu tempuh gelombang langsung dari sumber getar S ke geophone P adalah T_1 , dan waktu tempuh gelombang refraksi tiap lapisan dari atas ke bawah $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$, maka dapat dituliskan persamaan-persamaan sebagai :

$$\begin{aligned}
 T_1 &= \frac{X}{V_1} \\
 T_2 &= \frac{2h_1 \cos i_{12}}{V_1} + \frac{X}{V_2} \\
 T_3 &= \frac{2h_1 \cos i_{13}}{V_1} + \frac{2h_2 \cos i_{23}}{V_2} + \frac{X}{V_3}
 \end{aligned}
 \tag{II.11}$$

Secara umum perambatan gelombang bias dari bidang batas terbawah (n-1) adalah :

$$T_n = \frac{X}{V_n} + \sum_{m=1}^{n-1} \frac{2h_m \cos i_{mn}}{V_m}
 \tag{II.12}$$

Dengan "Intercept Time" adalah :

$$T_{n-1} = \sum_{m=1}^{n-1} \frac{2h_m \cos i_{mn}}{V_m}
 \tag{II.13}$$

Bentuk umum kedalaman lapisan ke $n-1$ adalah :

$$h_{n-1} = \frac{\tau_{n-1} V_{n-1}}{2 \cos i_{n-1,n}} - \sum_{m=1}^{n-2} \frac{h_m V_{n-1} \cos i_{mn}}{V_m \cos i_{n-1,n}} \quad (\text{II.14})$$

dengan

- V_n : kecepatan gelombang seismik pada lapisan ke n
- h_m : kedalaman lapisan ke m
- τ_{n-1} : " intercept time " lapisan ke n
- V_m : kecepatan gelombang seismik pada lapisan ke m

3 Analisa Matematik Struktur Lapisan Miring

a Model dua lapis miring

Struktur dua lapis miring pada gambar II.8 dengan bidang batas perlapisan antara lapisan atas dan lapisan bawah miring terhadap permukaan tanah. Ada dua kasus yang mungkin terjadi, yaitu kasus *up-dip* dan *down-dip*, jika dilihat dari titik tembak ke geophone penerima.

Pada gambar II.8, V_1 adalah kecepatan perambatan gelombang pada lapisan pertama dan V_2 adalah kecepatan perambatan gelombang pada lapisan kedua, dengan $V_2 > V_1$, sedangkan h_1 , h_1' masing-masing adalah panjang garis lurus dari titik tembak A, dan penerima P ke bidang batas perlapisan. Waktu tempuh lintasan A — C — D — E sama dengan struktur dua lapis horisontal. Jika dinyatakan bahwa waktu tempuh gelombang bias dari titik A ke penerima P adalah T_{AP} , dari gambar II.8 dapat ditulis :

$$T_{AP} = \frac{AC}{V_1} + \frac{CD}{V_2} + \frac{DP}{V_1} \quad (\text{II.15})$$

dengan

$$AC = \frac{h_1}{\cos i_{12}} ; \quad DP = \frac{h_1'}{\cos i_{12}} = \frac{h_1 + X \sin \omega}{\cos i_{12}} \quad (\text{II.16})$$

$$\begin{aligned} CD &= X \cos \omega - h_1 \tan i_{12} - h_1' \tan i_{12} \\ &= X \cos \omega - 2h_1 \tan i_{12} - X \sin \omega \tan i_{12} \quad (\text{II.17}) \end{aligned}$$

Bila harga-harga di atas dimasukkan ke persamaan (II.15) akan diperoleh :

$$\begin{aligned}
T_{AP} &= \frac{2h_1 \cos i_{12}}{V_1} + \frac{X (\cos \omega - \sin \omega \tan i_{12})}{V_2} \\
&\quad + \frac{X \sin \omega}{V_1 \cos i_{12}} \\
&= \frac{2h_1 \cos i_{12}}{V_1} + \frac{X}{V_1} (\sin i_{12} \cos \omega + \cos i_{12} \sin \omega) \\
&= \frac{2h_1 \cos i_{12}}{V_1} + \frac{X \sin (i_{12} + \omega)}{V_1} \quad (II.18)
\end{aligned}$$

Jika persamaan (2-1.17) didiffrensialkan terhadap X, maka :

$$\begin{aligned}
\frac{d}{dx} (T_{AP}) &= \frac{\sin (i_{12} + \omega)}{V_1} \\
&= \frac{1}{V_2} \frac{\sin (i_{12} + \omega)}{\sin i_{12}} = \frac{1}{V_{2A}} \quad (II.19)
\end{aligned}$$

dengan

$$V_{2A} = \frac{V_1}{\sin (i_{12} + \omega)}$$

Suku V_{2A} menyatakan kecepatan semu gelombang seismik pada bidang batas yang miring ke bawah dari titik A. Harga tersebut diperoleh dari kebalikan kemiringan kurva waktu

tempuh T_{AP} . Kecepatan semu pada bidang yang miring ke bawah tersebut akan lebih kecil dari kecepatan yang sebenarnya.

$$\frac{V_{2A}}{V_2} = \frac{\sin i_{12}}{\sin (i_{12} + \omega)} < 1$$

Jadi $V_{2A} < V_2$

Dengan cara yang sama, waktu perambatan gelombang bias dari bidang batas dengan lintasan BGHP adalah :

$$T_{BP} = \frac{2h_1 \cos i_{12}}{V_1} + \frac{X \sin (i_{12} + \omega)}{V_1} \quad (\text{II.20})$$

Bila persamaan (2-1.19) didiffrensialkan terhadap X, akan diperoleh :

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} (T_{BP}) &= \frac{\sin (i_{12} - \omega)}{V_1} = \frac{\sin (i_{12} - \omega)}{V_2 \sin i_{12}} \\ &= \frac{1}{V_{2B}} \end{aligned} \quad (\text{II.21})$$

dengan

$$V_{2B} = \frac{V_1}{\sin (i_{12} - \omega)}$$

$$\frac{V_{2B}}{V_2} = \frac{\sin i_{12}}{\sin (i_{12} - \omega)} > 1 \quad V_{2B} > V_2$$



Besarnya V_{2A} menurut (II.20) adalah $V_1 \sin(i_{12} + \omega)$. Harga V_{2A} pada bidang batas yang miring ke atas dari titik B. Harga tersebut diperoleh dari kebalikan kemiringan kurva waktu tempuh T_{BP} . Kecepatan semu pada bidang yang miring ke atas tersebut akan lebih besar dari kecepatan sebenarnya.

Dari persamaan (II.19) dan (II.21) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{V_1}{V_{2A}} = \sin(i_{12} + \omega) \quad \text{atau} \quad (i_{12} + \omega) = \arcsin\left(\frac{V_1}{V_{2A}}\right) \quad (II.22)$$

$$\frac{V_1}{V_{2B}} = \sin(i_{12} - \omega) \quad \text{atau} \quad (i_{12} - \omega) = \arcsin\left(\frac{V_1}{V_{2B}}\right)$$

sehingga dapat diperoleh :

$$i_{12} = \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{V_1}{V_{2A}}\right) + \arcsin\left(\frac{V_1}{V_{2B}}\right) \quad (II.23)$$

$$\omega = \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{V_1}{V_{2A}}\right) - \arcsin\left(\frac{V_1}{V_{2B}}\right)$$

Untuk menghitung kecepatan sebenarnya, diperlukan dua buah kurva waktu tempuh dari arah yang berlawanan yaitu kemiringan naik dan kemiringan turun.

Persamaan (II.22) dapat disederhanakan dalam bentuk

sebagai berikut :

$$\frac{V_1}{\sin i_{12}} = \frac{2 \cos \omega}{(1/V_{2A} + 1/V_{2B})}$$

Apabila sudut ω kecil sekali, sehingga dapat dianggap $\cos \omega \approx 1$, maka diperoleh persamaan berikut :

$$V_2 = \frac{2}{(1/V_{2A} + 1/V_{2B})}$$

(II.24)

$$\frac{1}{V_2} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{V_{2A}} + \frac{1}{V_{2B}} \right)$$

Kedalaman lapisan pertama di bawah titik sumber A dan P masing-masing adalah :

$$h_1 = \frac{\tau_{2A} V_1}{2 \cos i_{12}} \quad ; \quad h_1' = \frac{\tau_{2B} V_1}{2 \cos i_{12}} \quad (\text{II.25})$$

b Model N lapis miring

Jika perumusan diteruskan ke model n lapis miring, dengan kecepatan gelombang seismik tiap lapisan adalah :

$V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ dengan $V_1 < V_2 < V_3, \dots, V_n$. Sedangkan sudut kemiringan tiap lapisan adalah $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_{n-1}$

Secara umum perambatan gelombang bias dari bidang batas ke n-1 :

Untuk titik sumber di A :

$$T_{nA} = \frac{X}{V_{nA}} + \sum_{m=1}^{n-1} \frac{h_m}{V_m} + (\cos \alpha_{mn} + \cos \beta_{mn}) \quad (\text{II.26})$$

Untuk titik sumber di B :

$$T_{nB} = \frac{X}{V_{nB}} + \sum_{m=1}^{n-1} \frac{h_m}{V_m} + (\cos \alpha_{mn} + \cos \beta_{mn}) \quad (\text{II.27})$$

dengan kecepatan semu masing-masing titik tembak adalah :

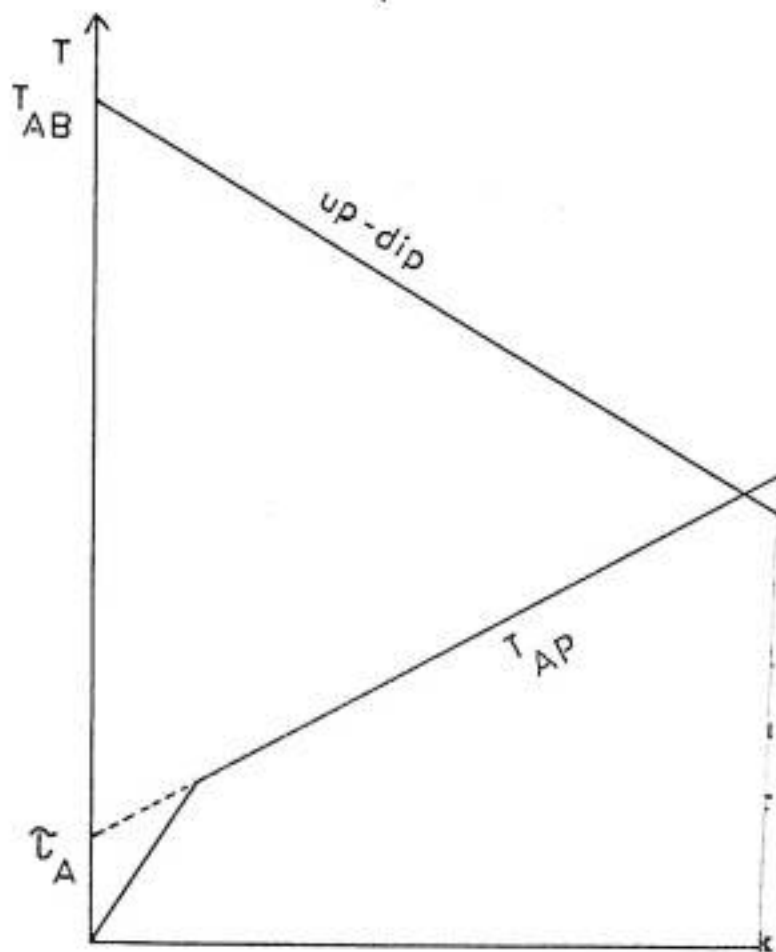
$$V_{nA} = \frac{V_1}{\sin(\alpha_{1n} + \omega)}$$

$$V_{nB} = \frac{V_1}{\sin(\beta_{1n} - \omega)}$$

Sehingga kedalaman lapisan ke n - 1 pada titik sumber adalah :

$$h_{n-1} = \frac{\tau_{n-1} V_{n-1}}{2 \cos i_{n-1,n}} - \sum_{m=1}^{n-2} \frac{h_m V_{n-1} (\cos \alpha_{mn} + \cos \beta_{mn})}{2 V_m \cos i_{n-1,n}}$$

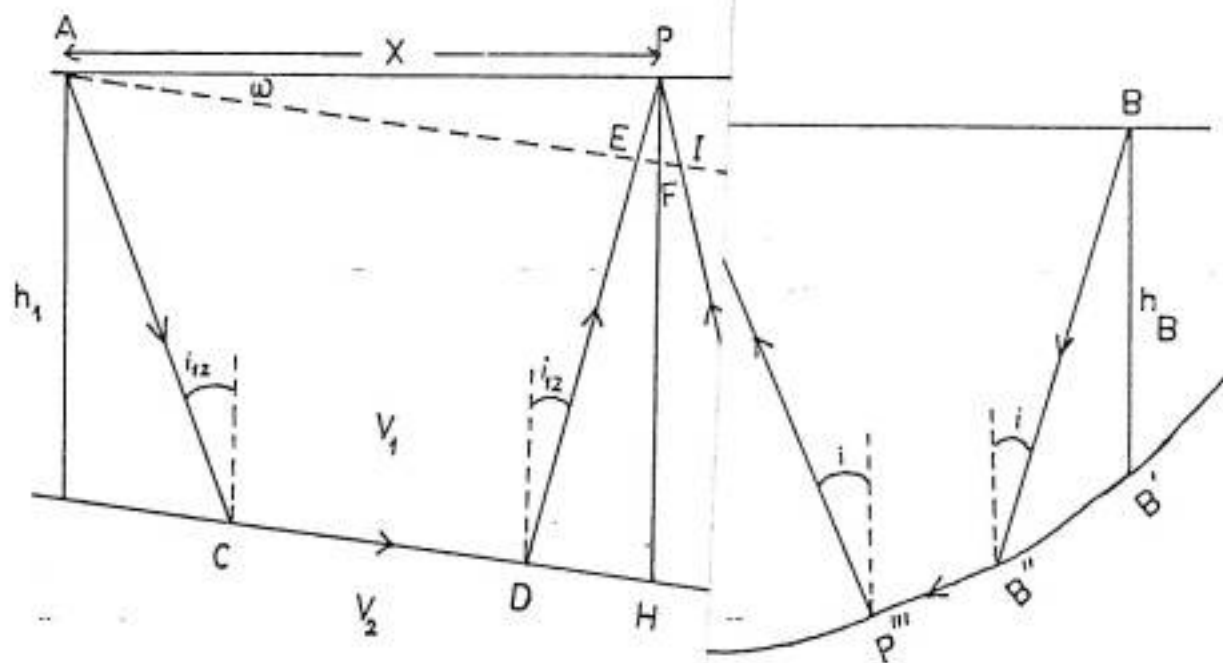
(II.28)



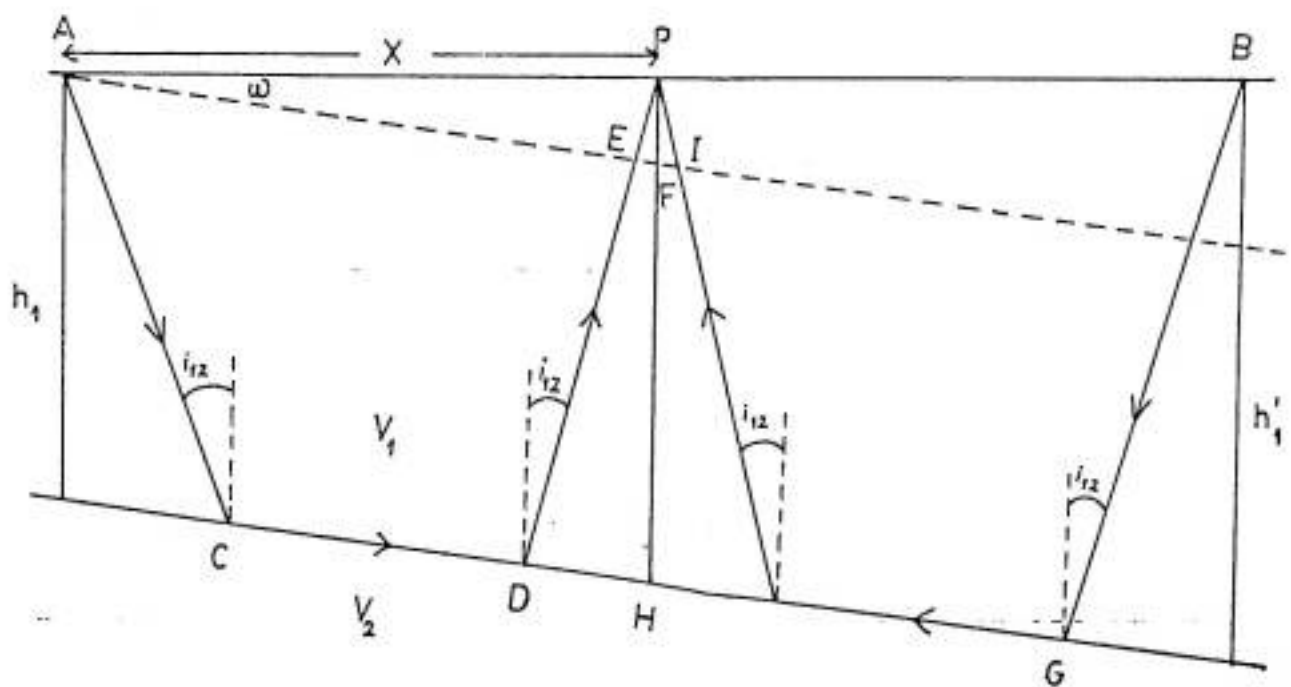
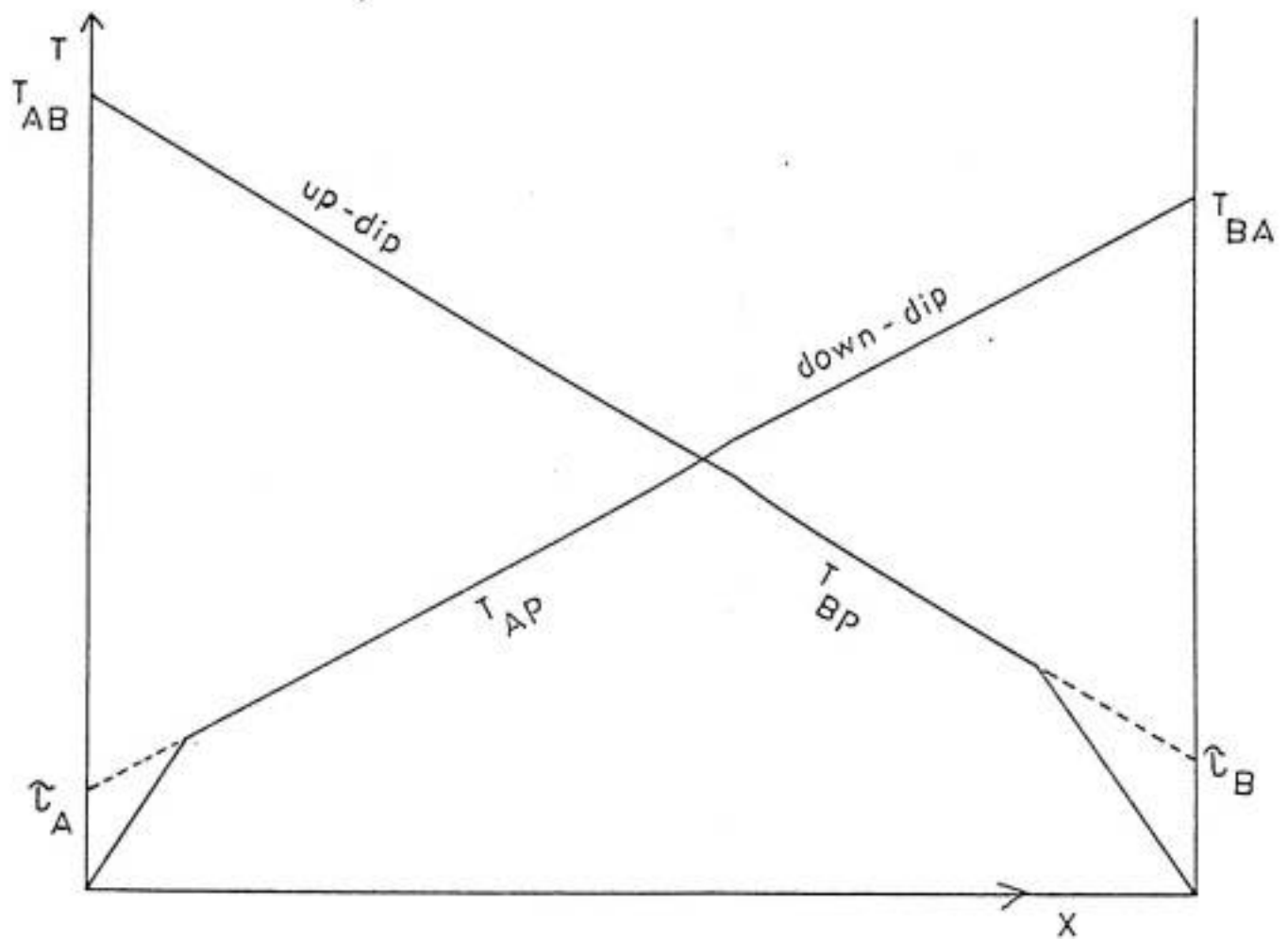
an gelombang seismik di
 an. Dengan metoda ini
 n ketebalan lapisan di

ahwa V_1 dan V_2 adalah
 pada lapisan pertama
 t kritis, menurut hukum
 ikut :

sedangkan P adalah



Gambar II.8 Struktur dua lapisan refraksi menurut Hawkins



Gambar II.8 Struktur dua lapis miring

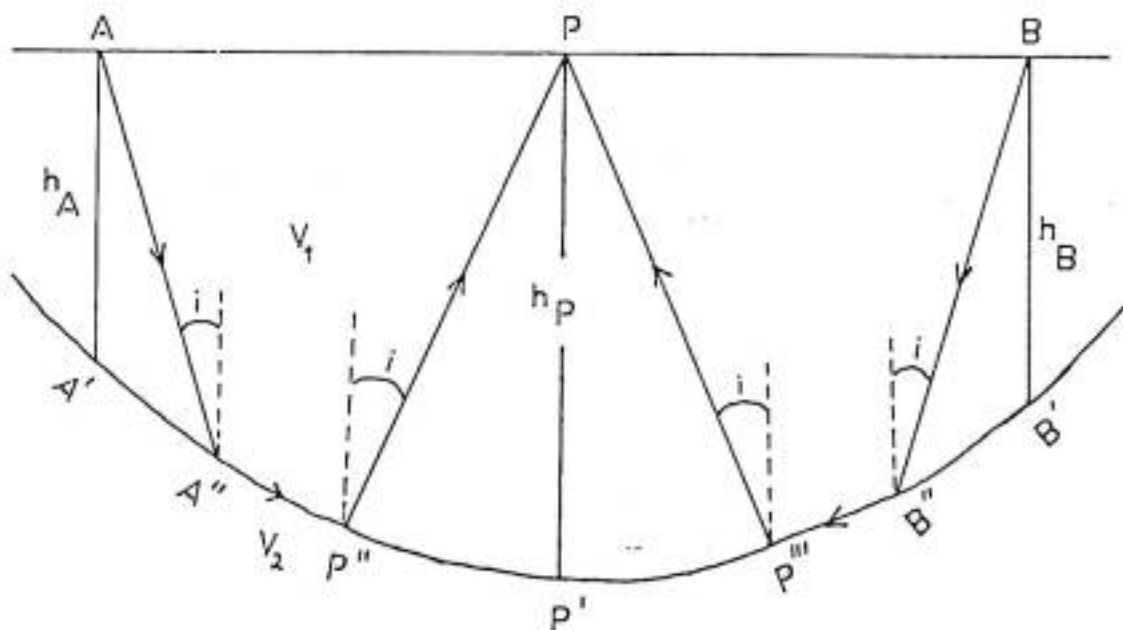
II.2 METODA HAWKINS

Metoda ini dapat menentukan kecepatan gelombang seismik di bawah permukaan untuk setiap lapisan. Dengan metoda ini pula dapat menentukan kedalaman dan ketebalan lapisan di bawah setiap geophone.

Pada gambar II.9, memperlihatkan bahwa V_1 dan V_2 adalah kecepatan rambat gelombang seismik pada lapisan pertama dan kedua, sedangkan i adalah sudut kritis, menurut hukum Snellius dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sin i = V_1 / V_2$$

A dan B adalah titik - titik tembak sedangkan P adalah titik penerima (geophone).



Gambar II.9 Penjalaran gelombang refraksi menurut Hawkins

Lintasan gelombang refraksi yang menjalar pada permukaan lapisan kedua dari A ke P adalah : A - A'' - P'' - P dan dari titik B ke P adalah : B - B'' - P''' - P. Waktu yang dibutuhkan dari A ke B diberi tanda T_{AP} , T_{BP} , T_{AB} .

Disini akan terlihat perumusan dua lapisan, untuk menentukan kecepatan lapisan pertama dan kedua serta kedalamannya di bawah tiap-tiap detektor. Untuk mendapatkan kecepatan pada lapisan pertama dipilih titik pertama dari kurva waktu tempuh T_{AP} dan T_{BP} .

Sedangkan untuk mendapatkan kecepatan pada lapisan kedua, dapat dihitung dari perumusan berikut ini :

$$\begin{aligned} T_{AP} &= (AA''/V_1) + (A''P''/V_2) + P''P/V_1 \\ &= (h_A \cos i/V_1) + (h_p \cos i/V_1) + A''P''/V_2 \end{aligned} \quad (II.29)$$

$$\begin{aligned} T_{BP} &= (BB''/V_1) + (B''P'''/V_2) + P'''P/V_1 \\ &= (h_B \cos i/V_1) + (h_p \cos i/V_1) + B''P'''/V_2 \end{aligned} \quad (II.30)$$

$$\begin{aligned} T_{AB} &= (AA''/V_1) + (A''B''/V_2) + B''P/V_1 \\ &= (h_A \cos i/V_1) + (h_B \cos i/V_1) + A''B''/V_2 \end{aligned} \quad (II.31)$$

Dari persamaan (II.29), (II.30) dan (II.31) diperoleh hasil sebagai berikut :

$$T_{AP} + T_{BP} = 2 h_p \cos i/V_1 + T_{AB} \quad (II.32)$$

dengan

$$h_G = t_p \cdot V_1 / \cos i$$

h_p adalah kedalaman lapisan pertama di bawah titik penerima P

h_A dan h_B adalah kedalaman lapisan pertama di bawah titik tembak A dan B

Besaran T_{AP} , T_{BP} , dan T_{AB} diketahui dari data pengamatan. Untuk mendapatkan V_2 , dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$T'_{AP} = T_{AP} - (T_{AP} + T_{BP} - T_{AB}) / 2 \quad (II.33)$$

dengan T_{AP} dan T_{BP} merupakan waktu tempuh dari sinar-sinar pantul antara penerima P dengan titik tembak A dan B

T_{AB} merupakan waktu tempuh antara titik-titik tembak

Jika x adalah jarak yang diukur dari titik tembak A ke penerima P, begitu pula dari titik tembak B ke penerima P, maka dengan mensubstitusi persamaan (II.29) (II.30) dan (II.31) ke dalam persamaan (II.33), akan diperoleh persamaan :

$$T'_{AP} = (h_A \cos i / V_1) + A'P' / V_2 \quad (II.34)$$

Jika ω adalah sudut yang dibentuk antara batas lapisan

pertama dengan lapisan kedua terhadap arah horisontal, maka persamaan (II.34) dapat ditulis sebagai berikut :

$$A'P' = \int_A^P dx / \cos \omega \quad (II.35)$$

Pada kenyataannya sudut ω ini tidak besar, dapat diambil pendekatan $\cos \omega = 1$, maka persamaan (II.34) menjadi :

$$T'_{AP} = h_A \cos i / V_1 + (x/V_2) \quad (II.36)$$

Persamaan di atas adalah persamaan linear antara T dan X dengan koefisien arahnya adalah :

$$d/dx (T'_{AP}) = 1/V_2 \quad (II.37)$$

dengan cara yang sama :

$$T'_{BP} = T_{BP} - (T_{AP} + T_{BP} - T_{AB}) / 2 \quad (II.38)$$

Di depan telah didefenisikan bahwa x adalah jarak dari titik tembak B ke penerima P, maka :

$$T'_{BP} = h_B \cos i / V_1 + (x/V) \quad (II.39)$$

dan

$$d/dx (T'_{BP}) = 1/V_2 \quad (II.40)$$

Besaran T'_{AP} dan T'_{BP} yang dihasilkan dari persamaan (II.36) dan (II.39) disebut "velocity travel time curve", dari persamaan ini dapat diperoleh kecepatan lapisan kedua.

Untuk memperoleh kecepatan pada lapisan ketiga prosesnya identik dengan cara untuk mendapatkan V_2 , tetapi kecepatan lapisan ketiga diperoleh dari data velocity travel time curve untuk lintasan jauh, sedangkan V_2 diperoleh dari velocity travel time curve dari lintasan pendek atau dari tiap-tiap blok.

Kedalaman lapisan pertama dapat diperoleh dari persamaan (II.32) sebagai berikut :

$$h_1 = t_{\sigma_1} \cdot V_{12} \quad (II.41)$$

disini :

$$h_1 = h_{\sigma} ; t_p = t_{\sigma_1} ; V_1 / \cos i = V_{12}$$

$$t_{\sigma_1} = h_{\sigma} \cos i / V_1$$

V_{12} adalah faktor konversi kedalaman (DCF)

Untuk kedalaman sampai n lapisan diperoleh dengan

perumusan sebagai berikut :

$$h_n = \left[tG_n - \sum_{j=1}^{n-1} \frac{h_j}{V_{jn}} \right] V_{n,n+1}$$

disini :

$$V_{jn} = V_j \cdot V_n / \sqrt{(V_n^2 - V_j^2)} \quad (II.42)$$

$$= V_j / \text{Cos } i_{jn}$$

$$V_{n,n+1} = V_n \cdot V_{n+1} / \sqrt{(V_{n+1}^2 - V_n^2)}$$

BAB III

M E T O D O L O G I

A Tinjauan Geologis Daerah Penelitian

1 Morfologi

Lokasi tempat pengambilan data seismik refraksi terletak di Desa UjungWatu, Kecamatan Keling, Kabupaten Jepara - Jawa Tengah. Secara umum geomorfologi wilayah penelitian dikelompokkan dalam dua bagian yaitu :

a Morfologi dataran aluvial

b Morfologi perbukitan

Morfologi datarannya terbentang di bagian Utara, mengikuti relief batas pantai dengan lebar sekitar 300 sampai 500 meter. Ketinggian rata-rata 3 sampai 5 meter dari permukaan laut. Material pembentuk datarannya berupa aluvium pasiran, tufa breksi dan tupa lempungan.






Morfologi perbukitannya membentang di sebelah Utara kompleks Muria, mulai dari Barat Laut sesuai dengan arah punggung bukit-bukit Gunung Guanacan (156 m), Gunung Glundungjaran (375 m), Gunung Trawean (618 m) mempunyai perbukitan bergelombang. Batuan pembentuk perbukitannya

adalah breksi-tufaan, batu gamping dan tufa. Bagian Timur sampai Utara dari kaki Gunung Trawean mempunyai bentuk perbukitan yang terpisah, mulai dari Gunung Mangkren (193 m), Gunung Jago (177 m), dengan batuan pembentuknya breksi-tufaan. Daerah Tritip (106 m) dibentuk oleh breksi-tufaan, tufa dan sisipan lempung pasiran. Daerah perbukitan ini berada pada ketinggian 5 sampai 25 meter dari permukaan laut.

2 Stratigrafi

Stratigrafi daerah penelitian merupakan bagian kompleks Muria Utara. Menurut Van Bemmelen daerah ini dibagi atas formasi sedimenter dataran aluvial Jawa bagian Utara dan gunung api kuartener. Stratigrafi dari beberapa penyelidik sebelumnya, menurut Van Est (1931), Boongart (1947), Van Bemmelen (1947), Sartono dan Kusmono (1947), dapat digambarkan sebagai berikut :



Zaman	Kala	Simbol Litologi	Pembagian
	Holosen		kerikil, pasir, lempung
Kuarter	Plistosen		konglomerat, breksi lahar
			pasir, batu lanau, kerikil
	Pliosen		lempung, napal
Tersier	Miosen	 tanpa skala	batu gamping setempat berubah menjadi marmer

Gambar II.10 Urutan satuan batuan regional daerah kompleks Muria

Pada keadaan sekarang, Gunung api Muria meninggalkan jejak sumbing yang membentuk lapisan di bagian Utara, kaya akan gampingan dan merupakan lapisan termuda dari seri Rembang. Endapan hasil erupsi Gunung api Muria yang berlangsung pada zaman kuarter-tua adalah merupakan batuan dasar, dan diperkirakan berumur Tersier.

B Peralatan Yang Digunakan Untuk Pengukuran

Untuk pengambilan data seismik refraksi alat yang

digunakan adalah Seismograph Mc Seis 160 OYO. Seismograph Mc Seis 160 OYO adalah alat pencatat gelombang seismik dua puluh empat channels dengan metoda pencatatan digital. Alat ini terdiri dari dua modul utama, yaitu :

- 1 Modul tampilan (display module)
- 2 Modul akuisisi data (data acquisition module)

Modul tampilan terdiri dari CRT (Cathode Ray Tube), Video Circuit dan Thermal Printer, sedangkan Modul akuisisi data terdiri dari bagian pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital (ADC), CPU (Central Processing Unit) dan Memory. Bagian yang disebut terakhir juga mempunyai tombol-tombol pengaturan untuk mengeset alat (gain, filter) supaya dapat diperoleh data yang paling baik. Seismograph Mc Seis 160 OYO juga menyediakan fasilitas stacking, yang dengan fasilitas tersebut seseorang dapat menjumlahkan dua sinyal perekaman atau lebih, sehingga diperoleh hasil penjumlahan dengan amplitudo yang lebih kuat. Dengan fasilitas ini, sinyal-sinyal yang lemah misalnya dari sumber getaran menggunakan palu/hammer dapat diperkuat dengan cara menjumlahkannya berkali-kali. (Spesifikasi Seismograph Mc Seis 160 OYO Model 1114 terlampir).

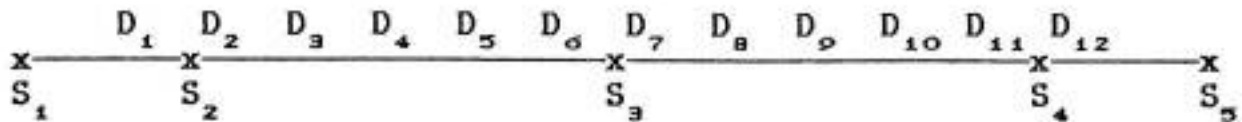
Alat-alat perlengkapan lainnya :

1. Geophone
2. Take Out Cables
3. Trigger Cable ,
4. Connector Cable
5. Recording paper
6. Accu/Batere 12 Volt
7. Pembangkit sumber gelombang
8. Meteran dan Teodolit

C Prosedur Pengambilan Data di Lapangan

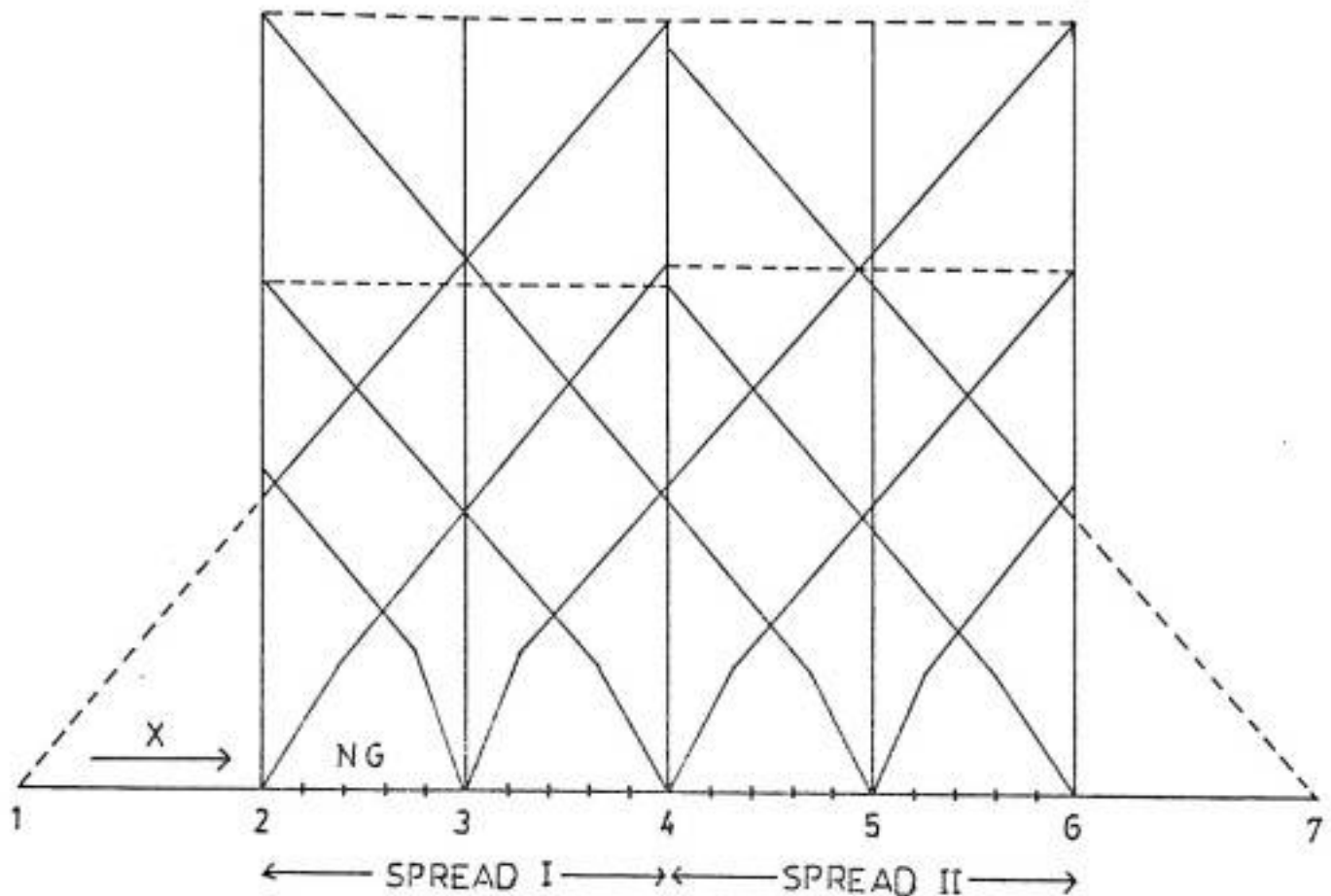
Sebelum pengukuran dilaksanakan, terlebih dahulu diadakan survey awal (peninjauan lokasi) yang berupa penetapan jajaran dan panjang garis survey, interval antara detektor, titik tembak dan jenis eksplorasi.

Prosedur lapangan yang digunakan untuk survey seismik refraksi ini pada umumnya adalah sebagai berikut :
Geophone dipasang dalam satu garis lurus (line seismik) dengan sumber gelombang yang digunakan. Posisi sumber dan jajaran detektor dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar di atas ini adalah cara Hawkins dimana tiap satu bentangan (spread) dilakukan 5 kali tembakan. Karena itu Metoda Hawkins dikenal sebagai "one spread five shooting". Kelima titik tembak tersebut adalah : S_1 = tembakan luar kiri ; S_2 = tembakan ujung kiri ; S_3 = tembakan tengah ; S_4 = tembakan ujung kanan ; S_5 = tembakan luar kanan. Geophone dimasukkan/ditancapkan ke dalam tanah secara vertikal dan penempatan sumber gelombang dilakukan untuk mendapatkan informasi struktur bawah permukaan bumi. Pembagian line menjadi beberapa spread geophone pada satu lintasan .Jarak pisah antar geophone adalah jarak horisontal sejauh 5 meter.

Untuk mendapatkan kurva waktu tempuh yang berhubungan antara satu spread geophone dengan spread geophone selanjutnya, maka harus tembakan kanan dalam spread terletak pada tembakan kiri dalam spread selanjutnya dan tembakan kanan luar dari suatu spread terletak pada tembakan tengah spread selanjutnya , begitupun untuk yang sebelah kiri. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar II.11 di bawah ini.



Gambar II.11 "Schedule" Penembakan

Keterangan :

X : lintasan seismik

NG : rangkaian geophone

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, : titik tembak

Data yang diperoleh dari lapangan adalah data waktu tempuh jalar gelombang dari sumber ke tiap geophone yang disebut waktu tempuh.

D Interpretasi Data

Interpretasi data seismik refraksi ini adalah membaca waktu tiba gelombang terhadap jarak yang ditempuh dari titik tembak untuk setiap geophone pada kertas rekaman (recording paper).

Tahap-tahapnya adalah sebagai berikut :

1. Melukiskan kurva waktu jalar gelombang terhadap jarak antar geophone pada kertas grafik.
2. Melakukan koreksi pada kurva waktu tempuh, sehingga waktu tempuh yang diperlukan gelombang seismik untuk menempuh jarak yang sama dalam arah yang berlawanan adalah sama.
3. Melukiskan kurva velocity travel time.
4. Penentuan kecepatan jalar gelombang pada tiap lapisan. Hal ini didasarkan pada harga seperkemiringan dari kurva travel time maupun velocity travel time. Kecepatan gelombang pada lapisan pertama (V_1) diperoleh dari gelombang langsung (kurva travel time), sedang lapisan berikutnya diperoleh dari gelombang bias. Kecepatan sebenarnya diperoleh dengan menjumlahkan dua buah travel time dari lapisan yang sama. Kecepatan jalar pada lapisan kedua (V_2), dihitung dengan persamaan (II.37) dan (II.40).
5. Untuk lapisan pertama, menghitung tG_1 untuk masing-masing posisi geophone dengan menggunakan

persamaan :

$$tG_1 = (T_{AP} + T_{BP} - T_{AB}) / 2$$

persamaan ini diperoleh dari data pengamatan (lihat tabel) pada saat interpretasi.

6. Menghitung kedalaman lapisan di bawah setiap geophone dengan persamaan (II.41).

BAB IV

HASIL DAN BAHASAN

A Hasil Pengukuran Seismik Refraksi

Data lapangan yang digunakan pada laporan ini adalah hasil pengukuran seismik refraksi di desa Ujungwatu. Pengukuran dilaksanakan pada satu lokasi, yang terdiri dari 5 lintasan yaitu lintasan S-1 sampai dengan S-5. Panjang lintasan total 1.265 m. Posisi lintasan pengukuran ditunjukkan pada lampiran 1.

Pembagian lintasan seismik adalah sebagai berikut :

Lintasan S-1 dengan panjang 165 m dibagi dalam 3 spread geophone,

Lintasan S-2 dengan panjang 385 m dibagi dalam 7 spread geophone,

Lintasan S-3 dengan panjang 330 m dibagi dalam 6 spread geophone,

Lintasan S-4 dengan panjang 165 m dibagi dalam 3 spread geophone,

Lintasan S-5 dengan panjang 220 m dibagi dalam 4 spread geophone.

Hasil pengukuran di lapangan, yang diperoleh dari setiap tembakan untuk setiap lintasan adalah waktu tempuh penjalaran gelombang yang menjalar dari suatu sumber getar ke setiap geophone, merupakan sinyal-sinyal gelombang yang direkam oleh Seismograph. Gelombang yang pertama terekam adalah gelombang langsung dan gelombang refraksi. Contoh hasil rekaman seismik refraksi ini ditunjukkan pada lampiran 3, dan data pengamatan disajikan dalam tabel I.

B Hasil Interpretasi Data

Dari data lapangan dapat diketahui waktu perambatan gelombang dari sumber getar ke setiap geophone kemudian dibuat kurva travel time.

Maksud pembuatan kurva travel time ini adalah untuk dapat memperkirakan jumlah lapisan yang terdeteksi.

Dari kurva travel time yang diperoleh ternyata ada dua lapisan yang terdeteksi. Interpretasi data dilakukan untuk menghitung kecepatan penjalaran gelombang langsung (V_1) dan kecepatan penjalaran gelombang refraksi (V_2) serta kedalamannya (h_1) dan ketebalannya (d_1) di bawah setiap geophone.

Hasil-hasil interpretasi untuk setiap lintasan disajikan dalam tabel II, selanjutnya dibuat struktur perlapisan di bawah di bawah permukaan bumi. Untuk setiap bagian lintasan, ditunjukkan pada lampiran 4, 5, 6, 7, 8.

Contoh Interpretasi

Sebagai contoh interpretasi data pengukuran diambil dari data lintasan S - 1, spread I (tabel I). Data pengamatan seismik refraksi yang dibaca dari kertas hasil rekaman gelombang, diplot pada kertas grafik. Setelah pengeplotan dilakukan, maka hasilnya dapat dianalisa dalam tahap-tahap sebagai berikut :

1. Dari data pengamatan yang diplot pada kertas grafik (kurva travel time) yaitu waktu tempuh gelombang dari sumber ke geophone-geophone disebut sebagai T_{A1P1} dan T_{B1P1} (urutan a dan b dalam tabel).
2. Proses selanjutnya adalah melakukan koreksi pada kurva travel time, sehingga waktu yang diperlukan gelombang seismik untuk menempuh jarak yang sama dalam arah yang berlawanan adalah sama (T_{AB} dan T_{BA}). Misalnya diambil spread I (dalam tabel I), tembakan ujung kiri geophone 11 diperoleh $T_{AB} =$

$5,65 \cdot 10^{-2}$ s sedangkan tembakan ujung kanan di geophone 0 diperoleh $T_{BA} = 5,6 \cdot 10^{-2}$ s. Untuk memperoleh $T_{AB} = T_{BA}$, maka dapat dilakukan penjumlahan antara T_{AB} dan T_{BA} yaitu :

$$\begin{aligned} \frac{T_{AB} + T_{BA}}{2} &= \frac{5,65 \cdot 10^{-2} + 5,6 \cdot 10^{-2}}{2} \\ &= 5,625 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ s} \end{aligned}$$

3. Untuk menentukan kecepatan penjalaran gelombang pada lapisan pertama (V_1), diperoleh dari gelombang langsung yaitu dari kurva travel time dengan menjumlahkan kemiringan T_{A1P1} dan T_{B1P1} . Dari perhitungan diperoleh $V_1 = 480,6$ m/s. Sedangkan untuk menentukan kecepatan penjalaran gelombang pada lapisan kedua (V_2) dapat dihitung dari kemiringan kurva T'_{A1P1} dan T'_{B1P1} . Dari perhitungan pada spread I diperoleh :

$$V_2 = 1070,8 \text{ m/s}$$

4. Hasil interpretasi dari tabel I dengan pengamatan pada geophone 1 diperoleh :

$$T_{A1P1} = 0,65 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

$$T_{B1P1} = 5,25 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

$$T_{A1B1} = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

sehingga waktu kedalamannya adalah :

$$tG_1 = \frac{0,65 \cdot 10^{-2} + 5,25 \cdot 10^{-2} - 5,6 \cdot 10^{-2}}{2}$$

$$tG_1 = 0,15 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

5. Dengan mengetahui kecepatan gelombang (V_1) dan (V_2) maka faktor konversi kedalaman (DCF) dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_{12} = V_1 V_2 / \sqrt{(V_2^2 - V_1^2)}$$

$$V_{12} = 537,75 \text{ m/s}$$

6. Kedalaman lapisan pada geophone 1 adalah :

$$h_1 = tG_1 \cdot V_{12}$$

$$h_1 = 0,15 \cdot 10^{-2} \cdot 537,75$$

$$h_1 = 0,81 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan untuk lintasan S-1 sampai S-5 diperoleh :

Pada lapisan pertama :

$$\text{Lintasan S-1 : } V_{1 \text{ rata-rata}} = 480,7 \text{ m/s} = 0,48 \text{ km/s}$$

$$\text{Lintasan S-2 : } V_{1 \text{ rata-rata}} = 432,1 \text{ m/s} = 0,4 \text{ km/s}$$

$$\text{Lintasan S-3 : } V_{1 \text{ rata-rata}} = 550,8 \text{ m/s} = 0,55 \text{ km/s}$$

$$\text{Lintasan S-4 : } V_{1 \text{ rata-rata}} = 544 \text{ m/s} = 0,5 \text{ km/s}$$

$$\text{Lintasan S-5 : } V_{1 \text{ rata-rata}} = 840,7 \text{ m/s} = 0,8 \text{ km/s}$$

Pada lapisan kedua :

$$\text{Lintasan S-1 : } V_{z \text{ rata-rata}} = 1040,3 \text{ m/s} = 1,0 \text{ km/s}$$

$$\text{Lintasan S-2 : } V_{z \text{ rata-rata}} = 1138 \text{ m/s} = 1,1 \text{ km/s}$$

$$\text{Lintasan S-3 : } V_{z \text{ rata-rata}} = 1591 \text{ m/s} = 1,6 \text{ km/s}$$

$$\text{Lintasan S-4 : } V_{z \text{ rata-rata}} = 1652 \text{ m/s} = 1,65 \text{ km/s}$$

$$\text{Lintasan S-5 : } V_{z \text{ rata-rata}} = 1643 \text{ m/s} = 1,6 \text{ km/s}$$

Dengan memperhatikan tabel Cepat Rambat Gelombang Longitudinal untuk berbagai jenis batuan (lihat Lampiran 9) maka dapat disimpulkan :

Lapisan I = lempung

Lapisan II = lapukan tufa

Dari hasil interpretasi terdeteksi dua lapisan batuan sehingga dapat disimpulkan bahwa kedalaman (h_1) sama dengan ketebalan (d_1).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A Kesimpulan

Hasil-hasil interpretasi pengukuran seismik refraksi dari data bawah permukaan bumi di desa Ujung Watu, Kabupaten Jepara, Propinsi Jawa Tengah, yang meliputi lintasan seismik S-1 sampai S-5 dapat disimpulkan :

1. Lapisan pertama terdiri dari lempungan yang mempunyai kecepatan gelombang seismik (V_1) = 0,4 - 0,8 km/s
2. Lapisan kedua terdiri dari tufa yang mempunyai kecepatan gelombang seismik (V_2) = 1,0 - 1,65 km/s
3. Kedalaman lapisan pertama (h_1) bervariasi antara 0,10 - 10,7 meter, yang terdangkal terdapat pada lintasan S-4 dan terdalam pada lintasan S-2.

B Saran

Untuk memperoleh data yang lebih teliti dalam pengukuran seismik refraksi, maka ada beberapa hal yang sangat mempengaruhi hasil pengukuran di lapangan :

1. Susunan geophone, rentang geophone serta posisi ledakan di permukaan tanah peletakannya tepat dan harus dalam bentuk garis lurus, sehingga hasil travel time yang diperoleh jelas gambar lapisannya
2. Sumber gelombang yang akan digunakan sebaiknya menggunakan dinamit atau petasan supaya energi yang ditimbulkan besar sehingga pendugaan yang dicapai lebih dalam.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dobrin, M.B., "Introduction to Geophysical Prospecting", Mc Graw Hill, New York, 1960.
2. Hawkins, L.V., "The Reciprocal Method of Routine Shallow seismic Refraction Investigation", Geophysics V.26, p.806 - 819, 1961.
3. Harold, M.M., "Hand Book of Engineering Geophysics", Bison Instrument Corporation, Minneapolis, 1977.
4. Keilla, et.all., "Interpretation of Seismik Data and the Solution of Hidden Layer Problem", Geophysics V.35, p.613-623, 1970.
5. Masuda, H., "Seismic Refraction Analysis for Engineering Study", Oyo Corporation, Tokyo, Japan, 1981.
6. "Operation Manual Model 1114 Mc Seis 160 OYO", Oyo Corporation, Tokyo, Japan, 1989.
7. Salim, A., "Metoda Seismik Refraksi", LIPI, Bandung, 1986.

8. Telford, W.M., "*Applied Geophysics*", Cambridge University Press, Cambridge, 1976.
9. "*Whorkshop Metode Geofisika Untuk Eksplorasi Dan Geoteknik*", Laboratorium Geofisika Pusat Antar Universitas Ilmu Rekayasa, Institut Teknologi Bandung, 1987.

TABEL I. DATA PENGAMATAN SEISMİK REFRAKSI

Lintasan S-1

Panjang Lintasan 165 meter

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (0 + 50 m)	Tembakan Ujung Kiri (0 - 1)	Tembakan Tengah (5 - 6)	Tembakan Ujung Kanan (10 - 11)	Tembakan Luar Kanan (16 - 17)
0	2,65	0,50	3,60	5,60	7,20
1	3,00	0,65	3,35	5,25	7,00
2	3,55	1,50	3,20	5,15	6,90
3	4,15	2,35	2,85	5,00	6,65
4	4,40	2,75	2,25	4,75	6,35
5	4,90	3,35	0,85	4,50	6,20
6	5,30	3,55	1,00	4,30	6,05
7	5,40	3,90	2,50	4,00	5,50
8	5,75	4,60	3,50	3,50	5,35
9	6,15	5,00	4,00	2,25	5,20
10	6,35	5,25	4,20	0,85	4,65
11	6,65	5,65	4,60	1,00	4,15

No Geophone	Tembakan Luar kiri (5 - 6)	Tembakan Ujung Kiri (10 - 11)	Tembakan Tengah (16 - 17)	Tembakan Ujung Kanan (21 - 22)	Tembakan Luar Kanan (27 - 28)
11	4,60	1,00	4,15	6,10	6,55
12	4,85	2,20	3,70	5,60	6,25
13	5,53	3,20	3,20	5,25	6,10
14	5,70	4,00	2,75	4,90	5,00
15	5,59	4,35	2,00	4,70	5,55
16	6,15	4,75	1,10	4,40	5,25
17	6,30	5,00	0,75	4,00	4,95
18	6,00	5,0	2,00	3,50	4,60
19	6,95	5,00	3,00	3,00	4,45
20	7,20	6,00	3,50	2,20	4,35
21	7,55	6,30	3,95	0,75	4,15
22	7,70	6,50	4,45	0,75	3,75

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (16 - 17)	Tembakan Ujung Kiri (21 - 22)	Tembakan Tengah (27 - 28)	Tembakan Ujung Kanan (32 - 33)	Tembakan Luar Kanan (33 + 50 m)
22	4,45	0,75			
23	4,75	2,10	3,75	5,90	8,30
24	4,95	3,25	3,50	5,60	8,00
25	5,05	3,75	3,00	5,50	7,50
26	5,20	4,00	2,50	5,00	7,00
27	5,45	4,35	1,75	4,85	6,50
28	5,70	4,50	1,00	3,65	6,25
29	5,95	5,00	0,85	2,85	5,65
30	6,20	5,25	1,75	2,50	5,10
31	6,60	5,75	2,10	2,00	4,50
32	6,80	5,95	2,50	1,60	4,40
33	6,95	6,25	3,00	0,50	4,25
			3,50	0,05	4,00

Lintasan S-2

Panjang Lintasan 385 meter

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (0 + 50 m)	Tembakan Ujung Kiri (0 - 1)	Tembakan Tengah (5 - 6)	Tembakan Ujung Kanan (10 - 11)	Tembakan Luar Kanan (16 - 17)
0	3,25	1,00	4,25	5,35	6,05
1	3,75	0,80	4,00	5,10	5,95
2	4,10	2,70	3,75	5,00	5,00
3	4,30	3,00	3,60	4,75	5,65
4	4,55	3,50	3,00	4,55	5,50
5	4,85	3,70	0,75	4,15	5,35
6	5,25	4,05	0,75	3,95	5,05
7	5,60	4,25	2,15	3,50	4,85
8	5,90	4,50	3,00	3,00	4,70
9	6,10	4,75	3,75	2,50	4,50
10	6,40	5,10	3,90	0,85	4,15
11	6,60	5,35	4,15	0,00	4,00

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (5 - 6)	Tembakan Ujung Kiri (10 - 11)	Tembakan Tengah (16 - 17)	Tembakan Ujung Kanan (21 - 22)	Tembakan Luar kanan (27 - 28)
11	4,15	0,80	4,00	5,50	6,95
12	4,30	1,55	3,75	5,35	6,80
13	4,40	2,50	3,50	5,15	6,55
14	4,70	2,85	3,20	4,90	6,30
15	5,00	3,15	2,50	4,65	6,15
16	5,30	3,65	1,00	4,50	6,00
17	5,60	4,45	1,50	4,00	5,80
18	5,80	4,65	2,70	3,85	5,55
19	5,85	4,85	3,30	3,30	5,40
20	6,00	5,25	3,55	2,40	5,15
21	6,15	5,45	4,00	0,85	4,80
22	6,40	5,65	4,50	0,80	4,50

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (16 - 17)	Tembakan Ujung Kiri (21 - 22)	Tembakan Tengah (27 - 28)	Tembakan Ujung Kanan (32 - 33)	Tembakan Luar LUar (38 - 39)
22	4,50	0,80	4,50	6,85	7,80
23	4,95	2,90	3,95	5,50	7,70
24	5,35	3,55	3,45	5,25	7,60
25	5,60	3,70	2,95	5,00	7,40
26	5,80	4,05	2,35	4,85	7,20
27	6,15	4,40	1,55	4,55	6,95
28	6,50	4,60	0,90	4,25	6,60
29	6,80	5,10	1,70	4,00	6,30
30	7,00	5,55	3,25	3,65	6,00
31	7,15	5,80	3,70	2,35	5,75
32	7,35	6,10	4,30	0,85	5,40
33	7,55	6,30	4,50	0,85	5,10

No Geophone	Teabakan Luar Kiri (27 - 28)	Teabakan Ujung Kiri (32 - 33)	Teabakan Tengah (38 - 39)	Teabakan Ujung Kanan (43 - 44)	Teabakan Luar Kanan (49 - 50)
33	4,50	0,85	5,10	6,15	8,00
34	4,65	2,70	4,60	6,00	7,85
35	5,05	3,40	4,30	5,75	7,70
36	5,35	4,05	3,60	5,35	7,35
37	5,60	4,50	3,00	5,20	7,05
38	5,90	5,05	0,90	5,05	6,70
39	6,20	5,30	1,10	4,35	6,35
40	6,45	5,55	2,75	3,45	6,10
41	6,65	5,85	4,30	3,00	5,90
42	6,95	6,10	4,50	1,85	5,55
43	7,15	6,35	4,70	0,85	5,30
44	7,30	6,65	4,95	0,85	5,00

No Geophone	Teabakan Luar Kiri (38 - 39)	Teabakan Ujung Kiri (43 - 44)	Teabakan Tengah (49 - 50)	Teabakan Ujung Kanan (54 - 55)	Teabakan Luar Kanan (60 - 61)
44	4,95	0,85	5,00	6,15	6,05
45	5,25	2,50	4,75	5,85	6,55
46	5,60	3,40	3,00	5,50	6,40
47	5,85	4,00	3,35	5,20	6,30
48	6,20	4,50	1,95	4,75	6,00
49	6,50	5,00	0,70	4,45	5,75
50	6,90	5,30	0,85	4,25	5,60
51	7,30	5,60	2,25	3,85	5,45
52	7,55	5,80	3,40	2,90	5,05
53	7,65	5,95	3,00	2,15	4,60
54	7,80	6,15	4,25	0,80	4,35
55	7,90	6,40	4,50	0,85	4,10

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (49 - 50)	Tembakan Ujung Kiri (54 - 55)	Tembakan Tengah (60 - 61)	Tembakan Ujung Kanan (65 - 66)	Tembakan luar Kanan (71 - 72)
55	4,50	0,85	4,10	5,65	6,80
56	4,70	1,95	4,00	5,40	6,70
57	4,95	2,85	3,55	5,15	6,50
58	5,30	3,55	3,80	4,90	6,30
59	5,65	4,15	1,95	4,75	6,00
60	5,75	4,25	0,90	4,50	5,65
61	6,05	4,45	0,95	4,05	5,45
62	6,25	4,70	1,85	3,40	5,20
63	6,40	5,10	2,75	2,75	4,70
64	6,50	5,40	3,65	2,00	4,30
65	6,60	5,55	3,90	0,75	3,95
66	6,70	5,75	4,25	0,75	3,60

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (60 - 61)	Tembakan Ujung Kiri (65 - 66)	Tembakan Tengah (71 - 72)	Tembakan Ujung Kanan (75 - 77)	Tembakan Luar Kanan (77 + 50 m)
66	4,25	0,75	3,60	5,30	7,00
67	4,50	1,65	3,30	4,80	6,90
68	4,60	2,45	2,90	4,15	6,75
69	5,15	3,05	2,40	3,90	6,50
70	5,30	3,30	1,60	3,40	6,35
71	5,50	3,60	0,70	3,25	6,25
72	5,70	3,80	0,75	2,90	6,20
73	5,90	4,05	2,25	2,50	6,05
74	6,20	4,50	2,90	2,20	5,90
75	6,25	4,60	3,05	1,90	5,55
76	6,40	4,70	3,25	0,85	5,25
77	6,50	4,90	3,40	0,95	4,80

Lintasan S-3

Panjang Lintasan 330 meter

No Geophone	Tembakan Luar Kanan (11 + 50 m)	Tembakan Ujung Kiri (11 - 12)	Tembakan Tengah (16 - 17)	Tembakan Ujung Kanan (22 - 23)	Tembakan Luar Kanan (27 - 28)
11	2,95	0,85	2,60	3,85	4,75
12	3,10	0,75	2,35	3,70	4,60
13	3,55	1,70	2,20	3,45	4,40
14	3,90	1,90	1,90	3,20	4,20
15	4,10	2,05	1,50	3,00	4,00
16	4,35	2,40	0,55	2,75	3,65
17	4,55	2,65	0,60	2,45	3,60
18	4,75	2,90	1,60	2,25	3,35
19	5,00	3,05	2,00	2,10	3,10
20	5,30	3,35	2,20	1,90	2,95
21	5,50	3,55	2,45	1,55	2,75
22	5,60	3,80	2,60	0,55	2,60

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (16 - 17)	Tembakan Ujung Kiri (22 - 23)	Tembakan Tengah (27 - 28)	Tembakan Ujung Kanan (33 - 34)	Tembakan Luar Kanan (38 - 39)
22	2,60	0,65	2,60	4,20	5,45
23	2,70	0,75	2,35	3,90	5,05
24	2,80	1,45	2,10	3,50	4,80
25	3,05	1,70	1,70	3,15	4,55
26	3,25	2,00	1,50	2,85	4,25
27	3,50	2,40	0,60	2,65	4,00
28	3,70	2,50	0,80	2,50	3,75
29	3,90	2,75	1,75	2,15	3,40
30	4,25	3,25	2,25	1,85	3,25
31	4,40	3,45	2,50	1,60	3,20
32	4,70	3,65	2,60	1,40	3,05
33	4,95	3,90	2,85	0,70	2,95

No geophone	Tembakan Luar Kiri (27 - 28)	Tembakan Ujung Kiri (33 - 34)	Tembakan Tengah (38 - 39)	Tembakan Ujung Kanan (44 - 45)	Tembakan Luar Kanan (49 - 50)
33	2,85	0,70	2,95	4,40	5,60
34	3,10	0,65	2,65	4,25	5,35
35	3,35	1,55	2,50	3,95	5,25
36	3,60	1,95	2,25	3,75	5,05
37	3,95	2,40	2,05	3,50	4,75
38	4,25	2,65	0,90	3,25	4,55
39	4,55	2,95	0,60	2,95	4,35
40	4,85	3,20	2,80	2,75	4,10
41	5,00	3,50	2,35	2,35	3,85
42	5,20	3,85	2,50	2,05	3,80
43	5,45	4,10	2,70	1,50	3,55
44	5,60	4,25	3,00	0,75	3,35

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (38 - 39)	Tembakan Ujung Kiri (44 - 45)	Tembakan Tengah (49 - 50)	Tembakan Ujung Kanan (55 - 56)	Tembakan Luar Kanan (60 - 61)
44	3,00	0,75	3,35	4,75	6,00
45	3,25	0,80	3,30	4,35	5,50
46	3,40	2,05	3,00	4,05	5,50
47	3,70	2,50	2,90	3,75	5,20
48	4,00	2,75	2,20	3,55	5,00
49	4,35	3,10	0,95	3,35	4,75
50	4,70	3,40	0,85	3,10	4,45
51	4,90	3,60	2,40	2,75	4,15
52	5,10	3,80	2,80	2,50	3,85
53	5,25	4,00	3,05	2,30	3,60
54	5,45	4,25	3,25	2,10	3,45
55	5,65	4,50	3,35	0,65	3,25

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (49 - 50)	Tembakan Ujung Kiri (55 - 56)	Tembakan Tengah (60 - 61)	Tembakan Ujung Kanan (66 - 67)	Tembakan Luar Kanan (71 - 72)
55	3,35	0,65	3,25	4,75	6,30
56	3,65	0,75	2,85	4,50	6,10
57	4,00	2,25	2,60	4,20	5,90
58	4,20	2,45	2,20	4,00	5,65
59	4,40	2,70	1,75	3,75	5,40
60	4,64	2,95	1,15	3,40	5,15
61	4,90	3,10	1,25	3,10	4,85
62	5,10	3,35	2,30	2,70	4,60
63	5,30	3,60	2,50	2,50	4,30
64	5,65	3,95	3,00	2,20	4,10
65	5,95	4,25	3,15	1,80	3,60
66	6,20	4,45	3,40	0,95	3,55

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (60 - 61)	Tembakan Ujung Kiri (66 - 67)	Tembakan Tengah (71 - 72)	Tembakan Ujung Kanan (76 - 77)	Tembakan Luar Kanan (77 + 50 m)
66	3,40	0,95	3,55	4,75	7,20
67	3,70	0,90	3,10	4,50	7,05
68	3,95	2,00	2,60	4,25	6,75
69	4,25	2,40	2,15	4,00	6,50
70	4,45	2,75	1,70	3,75	6,25
71	4,80	3,10	1,05	3,40	6,10
72	5,20	3,50	1,00	3,10	5,85
73	5,45	3,85	2,25	2,80	5,70
74	5,75	4,15	2,70	2,40	5,45
75	5,95	4,35	3,00	1,75	5,20
76	6,20	4,50	3,25	0,75	5,00
77	6,50	4,75	3,45	0,60	4,75

Lintasan S-4

Panjang Lintasan 165 meter

No Geophone	Teabakan Luar Kiri (0 + 50 m)	Teabakan Ujung Kiri (8 - 1)	Teabakan Tengah (5 - 6)	Teabakan Ujung Kanan (10 - 11)	Teabakan Luar Kanan (16 - 17)
0	3,75	0,50	2,75	4,10	5,85
1	4,10	0,75	2,35	3,95	5,55
2	4,30	1,65	2,00	3,50	5,25
3	4,55	1,95	1,80	3,25	4,95
4	4,75	2,15	1,65	3,15	4,70
5	5,00	2,45	0,80	2,85	4,35
6	5,35	2,70	0,90	2,60	4,10
7	5,80	2,90	1,65	2,40	3,95
8	6,20	3,25	2,10	2,10	3,65
9	6,50	3,60	2,30	1,75	3,35
10	6,80	4,00	2,50	1,80	3,10
11	7,15	4,25	2,60	0,90	2,95

No Geophone	Teabakan Luar Kiri (5 - 6)	Teabakan Ujung Kiri (10 - 11)	Teabakan Tengah (16 - 17)	Teabakan Ujung Kanan (21 - 22)	Teabakan Luar Kanan (27 - 23)
11	5,80	0,90	2,95	4,25	5,60
12	5,35	1,85	2,65	3,95	5,40
13	5,00	2,30	2,40	3,75	5,15
14	4,80	2,50	2,10	3,55	4,80
15	4,60	2,75	1,50	3,35	4,55
16	4,30	3,00	1,10	3,00	4,35
17	4,20	3,15	0,95	2,40	4,05
18	3,90	3,45	1,70	2,20	3,65
19	3,60	3,60	2,00	2,05	3,30
20	3,40	3,85	2,25	1,85	2,95
21	3,20	4,10	2,65	0,55	2,65
22	2,80	4,60	3,85	0,85	2,60

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (16 - 17)	Tembakan Ujung Kiri (21 - 22)	Tembakan Tengah (27 - 28)	Tembakan Ujung Kanan (32 - 33)	Tembakan Luar Kanan (33 + 50 m)
22	3,05	0,85	2,60	4,20	7,25
23	3,30	1,95	2,15	3,85	7,10
24	3,60	2,35	1,90	3,60	6,90
25	3,95	2,50	1,50	3,45	6,55
26	4,00	2,75	1,25	3,20	6,45
27	4,25	2,65	0,50	2,75	6,20
28	4,60	3,15	0,50	2,50	5,75
29	4,70	3,15	0,85	2,10	5,65
30	4,95	3,60	1,10	1,70	5,45
31	5,05	3,65	1,30	0,65	5,15
32	5,35	3,80	1,75	0,45	4,60
33	5,55	4,25	1,85	0,35	4,25

Lintasan S-5

Panjang Lintasan 220 meter

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (11 + 50 m)	Tembakan Ujung Kiri (11 - 12)	Tembakan Tengah (16 - 17)	Tembakan Ujung Kanan (21 - 22)	Tembakan Luar Kanan (27 - 28)
11	4,00	0,75	3,00	4,00	5,35
12	4,30	0,55	3,00	3,00	5,20
13	4,65	1,45	3,50	3,50	4,95
14	5,10	1,70	3,30	3,30	4,75
15	5,35	2,20	3,20	3,20	4,50
16	5,85	2,65	2,90	2,90	4,35
17	5,95	2,90	2,65	2,65	3,85
18	6,30	3,10	2,25	2,25	3,60
19	6,70	3,40	2,00	2,00	3,45
20	6,90	3,60	1,75	1,75	3,25
21	7,05	3,80	0,70	0,70	3,00
22	7,40	3,95	0,80	0,80	2,75

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (16 - 17)	Tembakan Ujung Kiri (21 - 22)	Tembakan Tengah (27 - 28)	Tembakan Ujung Kanan (32 - 33)	Tembakan Luar Kanan (38 - 39)
22	3,10	0,85	2,75	3,95	6,75
23	3,20	1,65	2,50	3,60	6,25
24	3,65	2,00	2,40	3,20	5,95
25	4,00	2,30	2,10	2,90	5,75
26	4,15	2,70	1,65	2,70	5,35
27	4,45	3,10	0,65	2,40	5,00
28	4,80	4,45	0,90	2,20	4,75
29	5,00	3,60	1,75	1,85	4,55
30	5,10	3,75	1,85	1,35	4,20
31	5,00	3,65	1,95	0,60	3,60
32	4,75	3,55	2,00	0,55	3,40
33	5,75	4,35	2,30	0,85	3,20

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (27 - 28)	Tembakan Ujung Kiri (32 - 33)	Tembakan Tengah (38 - 39)	Tembakan Ujung Kanan (43 - 44)	Tembakan Luar Kanan (49 - 50)
33	2,30	0,85	2,20	3,85	5,25
34	2,45	1,30	1,80	3,30	4,95
35	2,70	1,55	1,60	2,95	4,75
36	3,15	1,75	1,45	2,80	4,40
37	3,30	1,90	1,10	2,40	4,10
38	3,55	2,20	0,80	2,30	3,85
39	3,75	2,50	0,70	2,05	3,65
40	3,90	2,90	1,25	1,90	3,40
41	4,10	3,00	1,65	1,65	3,25
42	4,45	3,35	1,85	1,45	3,15
43	4,49	3,85	2,20	0,70	3,00
44	5,20	4,00	2,40	0,55	2,65

No Geophone	Tembakan Luar Kiri (39 - 40)	Tembakan Ujung Kiri (43 - 44)	Tembakan Tengah (49 - 50)	Tembakan Ujung Kanan (54 - 55)	Tembakan Luar Kanan (55 + 50 α)
44	2,40	0,55	2,65	3,90	6,20
45	2,40	1,05	2,10	3,70	5,85
46	2,45	1,25	1,80	3,40	5,65
47	2,65	1,40	1,45	3,10	5,70
48	2,80	1,70	1,10	2,90	5,60
49	3,15	2,30	0,70	2,80	5,45
50	3,55	2,60	0,60	2,50	5,35
51	3,80	2,90	1,20	2,35	5,25
52	4,00	3,10	1,60	2,20	5,10
53	4,40	3,60	1,70	2,00	5,00
54	4,75	4,25	2,40	0,90	4,90
55	5,35	4,50	2,60	0,80	4,50

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Geophone	AI						PI					
Jarak (m)	2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5
a	TAIPI	0,50	1,50	2,35	2,75	3,35	3,65	3,90	4,60	5,00	5,25	5,65
b	TRIP1	5,60	5,25	5,15	5,00	4,75	4,30	4,00	3,50	2,25	0,85	1,00
c	(a + b)	6,10	5,90	6,65	7,35	7,50	7,95	7,90	8,10	7,25	6,10	6,65
d	(c - TAIPI)	0,50	0,30	1,05	1,75	1,90	2,35	2,30	2,50	1,65	0,50	1,05
e	t61 = d/2	0,25	0,15	0,525	0,875	0,95	1,175	1,15	1,25	0,825	0,25	0,525
f	T'AIPI = a - e	0,25	0,50	0,975	1,475	1,80	2,475	2,75	3,35	4,175	5,00	5,125
g	T'RIPI = b - e	5,35	5,10	4,625	4,125	3,80	3,125	2,85	2,25	1,425	0,60	0,475
h	DCF	537,75	537,75	537,75	537,75	537,75	537,75	537,75	537,75	537,75	537,75	537,75
i	h1	1,34	0,81	2,82	4,71	5,12	6,32	6,18	6,72	4,44	1,34	2,82

$$TAIPI = TRIPI = 5,60 \cdot 0,01 \text{ second}$$

$$V1 = 400,6 \text{ m/s}$$

$$V2 = 1070,0 \text{ m/s}$$

$$DCF = V12$$

Geophone	A2	11	12	13	14	15	16	P2	17	18	19	20	21	82	22
Jarak (m)		52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5		82,5	87,5	92,5	97,5	102,5		107,5
a	TA2P2	1,00	2,20	3,20	4,00	4,35	4,75		5,00	5,60	5,80	6,00	6,30		6,50
b	TB2P2	6,10	5,60	5,25	4,90	4,70	4,40		4,00	3,50	3,00	2,20	0,75		0,75
c	(a + b)	7,10	7,80	8,45	8,90	9,05	9,15		9,00	9,10	8,80	8,20	7,05		7,25
d	(c - TA2B2)	0,80	1,50	2,15	2,60	2,75	2,85		2,70	2,80	2,50	1,90	0,75		0,95
e	tG1 = d/2	0,40	0,75	1,075	1,30	1,375	1,425		1,35	1,40	1,25	0,95	0,375		0,475
f	T'A2P2 = a - b	0,60	1,45	2,125	2,70	2,975	3,325		3,65	4,20	4,55	5,05	5,925		6,025
g	T'B2P2 = b - e	5,70	4,85	4,175	3,60	3,325	2,975		2,65	2,10	1,75	1,25	0,375		0,275
h	DCF	486,66	486,66	486,66	486,66	486,66	486,66		486,66	486,66	486,66	486,66	486,66		486,66
i	h1	1,95	3,65	5,2	6,3	6,7	6,9		6,57	6,8	6,1	4,6	1,8		2,3

$$TA2B2 = TB2A2 = 6,30 \cdot 0,01 \text{ second}$$

$$V1 = 441,6 \text{ m/s}$$

$$V2 = 1050 \text{ m/s}$$

$$DCF = V12$$

	A3	22	23	24	25	26	27	P3	28	29	30	31	32	33
Geophone														
Jarak (m)		107,5	112,5	117,5	122,5	127,5	132,5		137,5	142,5	147,5	152,5	157,5	162,5
a	TAP3	0,75	2,10	3,25	3,75	4,00	4,35		4,50	5,00	5,25	5,75	5,95	6,25
b	TBP3	5,90	5,60	5,50	5,00	4,85	3,65		2,85	2,50	2,00	1,60	0,50	0,85
c	(a + b)	6,65	7,70	8,75	8,75	8,85	8,00		7,35	7,50	7,25	7,35	6,45	7,10
d	(c - TAP3)	0,60	1,65	2,70	2,70	2,80	1,95		1,30	1,45	1,20	1,30	0,40	1,05
e	t61 = d/2	0,30	0,825	1,35	1,35	1,40	0,975		0,65	0,725	0,60	0,65	0,20	0,525
f	T'AP1 = a - e	0,45	1,275	1,90	2,40	2,60	3,375		3,85	4,275	4,65	5,10	5,75	5,725
g	T'BP3 = b - e	5,60	4,775	4,15	3,65	3,45	2,675		2,20	1,775	1,40	0,95	0,30	0,325
h	DCF	609,31	609,31	609,31	609,31	609,31	609,31		609,31	609,31	609,31	609,31	609,31	609,31
i	h1	1,0	5,0	8,2	8,2	8,5	5,9		3,96	4,4	3,65	3,96	1,2	3,2

TAP3 = TBP3 = 6,05 · 0,01 second

DCF = V12

V1 = 520 m/s

V2 = 1000 m/s

Panjang Lintasan 385 meter

	0	A1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B1	11
Geophone	0	A1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	B1	11
Jarak (m)	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5			
a	1,00	2,70	3,00	3,50	3,70	4,05	4,25	4,50	4,75	5,10				5,35
b	5,35	5,00	4,70	4,55	4,15	3,95	3,50	3,00	2,50	0,85				0,60
c	6,35	7,70	7,70	0,85	7,85	8,00	7,75	7,50	7,25	5,95				6,15
d	1,00	2,35	2,35	2,70	2,50	2,65	2,40	2,15	1,90	0,61				0,80
e	0,50	1,175	1,175	1,35	1,25	1,325	1,20	1,075	0,95	0,305				0,40
f	0,50	1,525	1,025	2,15	2,45	2,725	3,05	3,425	3,80	4,795				4,95
g	4,85	3,825	3,525	3,20	2,90	2,625	2,30	1,925	1,55	0,545				0,40
h	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7	323,7
i	1,6	3,8	3,8	4,4	4,0	4,3	3,9	3,5	3,1	1				1,3

TA1B1 = TB1A1 = 5,35 . 0,01 second

V1 = 312 m/s

DCF = V12

V2 = 1171 m/s

	A2	11	12	13	14	15	16	P2	17	18	19	28	21	82	22
Geophone															
Jarak (m)		52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5		82,5	87,5	92,5	97,5	102,5		107,5
a	TA2P2	0,80	1,55	2,50	2,85	3,15	3,65		4,45	4,65	4,85	5,25	5,45		5,65
b	TB2P2	5,50	5,35	5,15	4,90	4,65	4,50		4,00	3,85	3,30	2,40	0,85		0,80
c	(a + b)	6,30	6,98	7,65	7,75	7,80	8,15		8,45	8,50	8,15	7,65	6,30		6,45
d	(c - TA2B2)	0,75	1,35	2,10	2,20	2,25	2,60		2,90	2,95	2,60	2,10	0,75		0,90
e	t61 = d/2	0,375	0,675	1,05	1,10	1,125	1,30		1,45	1,475	1,30	1,05	0,375		0,45
f	T'A2P2	0,425	0,875	1,45	1,75	2,025	2,35		3,00	3,175	3,55	4,20	5,075		5,20
g	T'B2P2	5,125	4,675	4,10	3,80	3,525	3,20		2,55	2,375	2,00	1,35	0,475		0,35
h	DCF	516,5	516,5	516,5	516,5	516,5	516,5		516,5	516,5	516,5	516,5	516,5		516,5
i	h1	1,9	3,5	5,4	5,7	5,8	6,7		7,5	7,6	6,7	5,4	1,9		2,3

TA2B2 = TB2A2 = 5,55 * 0,01 second

V1 = 470

DCF = V12

V2 = 1133,9

	Geophone	A3	22	23	24	25	26	27	P3	28	29	30	31	32	83	33
	Jarak (m)	187,5	112,5	117,5	122,5	127,5	132,5	137,5	142,5	147,5	152,5	157,5	162,5			
a	TA3P3	0,80	2,90	3,55	3,70	4,05	4,40	4,60	5,10	5,55	5,80	6,10	6,30			
b	TB3P3	6,05	5,50	5,25	5,00	4,85	4,55	4,25	4,00	3,65	2,35	0,85	0,65			
c	(a + b)	6,85	8,40	8,80	8,70	8,90	8,95	8,85	9,10	9,20	8,15	6,95	7,15			
d	(c - TA3B3)	0,70	2,25	2,65	2,55	2,75	2,80	2,70	2,95	3,05	2,80	0,80	1,00			
e	t61 = d/2	0,35	1,125	1,325	1,275	1,375	1,40	1,35	1,475	1,525	1,40	0,40	0,50			
f	T'A3P3	0,45	1,775	2,225	2,425	2,675	3,00	3,25	3,625	4,025	4,80	5,70	5,80			
g	T'B3P3	5,70	4,375	3,925	3,725	3,475	3,15	2,90	2,525	2,125	1,35	0,45	0,35			
h	DCF	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354			
i	h1	1,2	4	4,7	4,5	4,9	4,95	4,8	5,2	5,4	3,5	1,4	1,6			

TA3B3 = 183A3 = 6,15 . 0,01 second

V1 = 337,5 m/s DCF = V12

V2 = 1116,9 m/s

	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Geophone	A4						P4					
Jarak (m)	162,5	167,5	172,5	177,5	182,5	187,5	192,5	197,5	202,5	207,5	212,5	217,5
a	TAMP4	0,85	2,70	3,40	4,05	4,50	5,05	5,55	5,85	6,10	6,35	6,65
b	TBP4	6,15	6,00	5,75	5,35	5,20	5,05	3,45	3,00	1,85	0,85	0,65
c	(a + b)	7,00	8,70	9,15	9,40	9,70	10,10	9,65	8,85	7,95	7,20	7,50
d	(c - TA4B4)	0,60	2,30	2,75	3,00	3,30	3,70	3,25	2,45	1,55	0,80	1,10
e	t61 = d/2	0,30	1,15	1,375	1,50	1,65	1,85	1,625	1,225	0,775	0,40	0,55
f	TAMP4	0,55	1,55	2,025	2,55	2,85	3,20	3,675	4,25	4,625	5,95	6,10
g	TBP4	5,85	4,85	4,375	3,85	3,55	3,20	2,725	2,15	1,775	0,45	0,30
h	DCF	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
i	h1	1,3	4,9	5,9	6,4	7,1	7,9	7	5,6	3,3	1,7	2,4

$$TA4B4 = TB4M = 6,40 \cdot 0,01 \text{ second}$$

$$V1 = 395,5 \text{ m/s}$$

$$V2 = 1018,5$$

$$DCF = V12$$

	A5	44	45	46	47	48	49	P5	58	51	52	53	54	55
Geophone														
Jarak (m)	217,5	222,5	227,5	232,5	237,5	242,5	247,5	252,5	257,5	262,5	267,5	272,5		
a	TASBS	0,85	2,50	3,40	4,00	4,50	5,00	5,30	5,60	5,80	5,95	6,25		6,40
b	TSP5	6,15	5,85	5,50	5,20	4,75	4,45	4,25	3,85	2,90	2,15	0,80		0,85
c	(a + b)	7,00	8,35	8,90	9,20	9,25	9,45	9,55	9,45	8,70	8,10	6,95		7,25
d	(c - TASBS)	0,75	2,10	2,65	2,95	3,00	3,20	3,30	3,20	2,45	1,85	0,70		1,00
e	t61 = d/2	0,375	1,05	1,325	1,475	1,50	1,60	1,65	1,60	1,225	0,925	0,35		0,50
f	T'ASP5	0,475	1,45	2,075	2,525	3,00	3,40	3,65	4,00	4,575	5,025	5,80		5,90
g	T'BSPS	5,775	4,60	4,175	3,725	3,25	2,85	2,60	2,25	1,675	1,225	0,45		0,35
h	DCF	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396	396		396
i	h1	1,5	4,2	5,2	5,8	5,9	6,3	6,5	6,3	4,9	3,7	1,4		2

TASBS = TBAS = 6,25 . 0,01 second

V1 = 372 m/s

DCF = V12

V2 = 1083,9 m/s

	Geophone	A6	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
Jarak (m)		272,5	277,5	282,5	287,5	292,5	297,5	302,5	307,5	312,5	317,5	322,5		327,5
a	TAP6	0,85	1,95	2,05	3,55	4,15	4,25	4,45	4,70	5,10	5,40	5,55		5,75
b	TR6P6	5,65	5,40	5,15	4,90	4,75	4,50	4,25	3,40	2,75	2,00	0,75		0,75
c	(a + b)	6,50	7,35	0,00	8,45	0,90	0,75	0,50	0,10	7,25	7,40	6,35		6,50
d	(c - TA686)	0,00	1,65	2,30	2,75	3,20	3,05	2,80	2,40	2,15	1,70	0,65		0,60
e	t61 = d/2	0,40	0,825	1,15	1,375	1,60	1,525	1,40	1,20	1,075	0,85	0,325		0,40
f	T'AP6	0,45	1,125	1,70	2,175	2,55	2,725	3,05	3,50	4,025	4,55	5,225		5,35
g	T'BP6	5,25	4,575	4,00	3,525	3,15	2,975	2,65	2,20	1,675	1,15	0,425		0,35
h	DCF	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667		667
i	h1	2,7	5,5	7,7	9,2	10,7	10,2	9,3	8,0	7,2	5,7	62,2		2,7

$$TA686 = TR6A6 = 5,70 + 0,01 \text{ second}$$

$$V1 = 572 \text{ m/s} \qquad \text{DCF} = V1Z$$

$$V2 = 1111 \text{ m/s}$$

	A7	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
Geophone													
Jarak (m)	327,5	332,5	337,5	342,5	347,5	352,5	357,5	362,5	367,5	372,5	377,5	382,5	
a TA7P7	0,75	1,65	2,45	3,85	3,30	3,60	3,80	4,85	4,50	4,60	4,70	4,90	
b TB7P7	5,30	4,80	4,15	3,90	3,40	3,25	2,90	2,50	2,20	1,90	0,85	0,95	
c (a + b)	6,05	6,45	6,60	6,95	6,70	6,85	6,70	6,55	6,70	6,50	5,55	5,85	
d (c - TA7B7)	0,95	1,35	1,50	1,85	1,60	1,75	1,60	1,45	1,60	1,40	0,45	0,75	
e t61 = d/2	0,475	0,675	0,75	0,925	0,80	0,875	0,80	0,725	0,80	0,70	0,225	0,375	
f T'A7P7	0,275	0,975	1,70	2,125	2,50	2,725	3,00	3,325	3,70	3,90	4,475	4,525	
g T'B7P7	4,025	4,125	3,40	2,975	2,60	2,375	2,10	1,775	1,40	1,20	0,625	0,575	
h DCF	624,9	624,9	624,9	624,9	624,9	624,9	624,9	624,9	624,9	624,9	624,9	624,9	
i hI	3	4,2	4,7	5,8	5	5,5	5	4,5	5	4,4	1,4	2,3	

S130
4.9.0
20.20

TA7B7 = TB7A7 = 5,10 · 0,01 second

V1 = 565,8 m/s DCF = V12

V2 = 1333 m/s

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Geophone	AI	12	13	14	15	16	PI	18	19	20	21	22
Jarak (m)	2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5
a	TAIP1	0,85	1,70	1,90	2,85	2,40	2,65	2,80	3,85	3,35	3,55	3,90
b	TBIP	3,85	3,45	3,20	3,80	2,75	2,45	2,25	2,10	1,90	1,55	0,65
c	(a + b)	4,70	5,15	5,10	5,05	5,15	5,10	5,05	5,15	5,25	5,10	4,45
d	(c - TAIB1)	0,90	1,35	1,30	1,25	1,35	1,30	1,25	1,35	1,45	1,30	0,65
e	t61 = d/2	0,45	0,675	0,65	0,625	0,675	0,65	0,625	0,675	0,725	0,65	0,325
f	T'AIP1	0,40	1,025	1,25	1,425	1,725	2,00	2,175	2,375	2,625	2,90	3,475
g	T'BIPI	3,40	2,775	2,55	2,375	2,075	1,80	1,625	1,425	1,175	0,90	0,325
h	DCF	568,7	568,7	568,7	568,7	568,7	568,7	568,7	568,7	568,7	568,7	568,7
i	h1	2,6	3,0	3,7	3,6	3,8	3,7	3,6	3,8	4,1	1,3,7	1,8

TAIB1 = TBIA1 = 3,0 · 0,01 second

V1 = 545,5 m/s

V2 = 1928,5

DCF = V12

	A2	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Geophone													
Jarak (m)	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5	92,5	97,5	102,5		107,5
a	TA2P2	0,65	0,75	1,45	1,70	2,00	2,40	2,50	2,75	3,25	3,45	3,65	3,70
b	TB2P2	4,20	3,90	3,50	3,15	2,85	2,65	2,50	2,15	1,85	1,60	1,40	0,70
c	(a + b)	4,85	4,65	4,95	4,85	4,85	5,05	5,00	4,90	5,10	5,05	5,05	4,60
d	(c - TA2B2)	0,80	0,60	0,90	0,80	0,80	1,00	0,95	0,85	1,05	1,00	1,00	0,55
e	t61 = d/2	0,40	0,30	0,45	0,40	0,40	0,50	0,475	0,425	0,525	0,50	0,50	0,275
f	T'A2P2	0,25	0,45	1,00	1,30	1,60	1,90	2,025	2,325	2,725	2,95	3,15	3,625
g	T'B2P2	3,80	3,60	3,05	2,75	2,45	2,15	2,025	1,725	1,325	1,10	0,90	0,425
h	DCF	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
i	h1	3,2	2,4	3,7	3,2	3,2	4,1	3,9	3,5	4,3	4,1	4,1	2,2

TA2B2 = TB2A2 = 4,05 . 0,01 second

V1 = 732 m/s

V2 = 1670 m/s

DCF = V12

	A3	33	34	35	36	37	38	P3	39	40	41	42	43	44
Geophone														
Jarak (*)		107,5	112,5	117,5	122,5	127,5	132,5		137,5	142,5	147,5	152,5	157,5	162,5
a	TAP3	0,70	0,65	1,55	1,95	2,40	2,65		2,95	3,20	3,50	3,85	4,10	4,25
b	TRP3	4,40	4,25	3,95	3,75	3,50	3,25		2,95	2,75	2,35	2,05	1,50	0,75
c	(a + b)	5,10	4,90	5,50	5,70	5,90	5,90		5,90	5,95	5,85	5,90	5,60	5,00
d	(c - TAP3)	0,80	0,60	1,20	1,40	1,60	1,60		1,60	1,65	1,55	1,60	1,30	0,70
e	t61 = d/2	0,40	0,30	0,60	0,70	0,80	0,80		0,80	0,825	0,775	0,80	0,65	0,35
f	T'AP3	0,30	0,35	0,95	1,25	1,60	1,65		2,15	2,375	2,725	3,05	3,45	3,90
g	T'BP3	4,00	3,95	3,35	3,05	2,70	2,45		2,15	1,925	1,575	1,25	0,85	0,40
h	DCF	664	664	664	664	664	664		664	664	664	664	664	664
i	h1	2,7	2	4	4,6	5,3	5,3		5,3	5,5	5,1	5,3	4,3	2,3

TAP3 = TRP3 = 4,30 · 0,01 second

V1 = 686 m/s DCF = V12

V2 = 1480,8 m/s

Geophone	A4	44	45	46	47	48	49	P4	50	51	52	53	54	55
Jarak (m)	162,5	167,5	172,5	177,5	182,5	187,5	192,5	197,5	202,5	207,5	212,5	217,5	217,5	217,5
a	TA4P4	0,75	0,80	2,85	2,50	2,75	3,10	3,40	3,60	3,80	4,00	4,25	4,50	4,50
b	TR4P4	4,75	4,35	4,05	3,75	3,55	3,35	3,10	2,75	2,50	2,30	2,10	0,65	0,65
c	(a + b)	5,50	5,15	6,10	6,25	6,30	6,45	6,50	6,35	6,30	6,30	6,35	5,15	5,15
d	(c - TA4BA)	0,90	0,55	1,50	1,65	1,70	1,85	1,90	1,75	1,70	1,70	1,75	0,55	0,55
e	t61 = d/2	0,45	0,275	0,75	0,825	0,85	0,925	0,95	0,875	0,85	0,85	0,875	0,275	0,275
f	T'AP4	0,30	0,525	1,30	1,675	1,90	2,175	2,45	2,725	2,95	3,15	3,375	4,225	4,225
g	T'BP4	4,30	4,075	3,30	2,925	2,70	2,425	2,15	1,875	1,65	1,45	1,225	0,375	0,375
h	DCF	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8	445,8
i	h1	2	1,2	3,3	3,7	3,8	4,1	4,2	3,9	3,8	3,8	3,9	1,2	1,2

$$TA4BA = TR4BA = 4,60 \cdot 0,81 \text{ second}$$

$$V1 = 429 \text{ m/s}$$

$$DCF = V12$$

$$V2 = 1577,8 \text{ m/s}$$

	45	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
Geophone													
Jarak (m)	217,5	222,5	227,5	232,5	237,5	242,5	247,5	252,5	257,5	262,5	267,5	272,5	277,5
a	0,65	0,75	2,25	2,45	2,70	2,95	3,10	3,35	3,60	3,95	4,25		4,45
b	4,75	4,50	4,20	4,00	3,75	3,40	3,10	2,70	2,50	2,20	1,80		0,95
c	5,40	5,25	6,45	6,45	6,45	6,35	6,20	6,05	6,10	6,15	6,05		5,40
d	0,80	0,65	1,85	1,85	1,85	1,75	1,60	1,45	1,50	1,55	1,45		0,80
e	0,40	0,325	0,925	0,925	0,925	0,875	0,80	0,725	0,75	0,775	0,725		0,40
f	0,25	0,425	1,325	1,525	1,775	2,075	2,30	2,625	2,85	3,175	3,525		4,85
g	4,35	4,175	3,275	3,075	2,825	2,525	2,30	1,975	1,75	1,425	1,075		0,55
h	537,6	537,6	537,6	537,6	537,6	537,6	537,6	537,6	537,6	537,6	537,6		537,6
i	2,2	1,7	5	5	5	4,7	4,3	3,9	4	4,2	3,9		2,2

TASBS = TBSPS = 4,60. 0,01 second

VI = 507,5 m/s

DCF = VI2

V2 = 1530,5 m/s

	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
Geophone	272,5	277,5	282,5	287,5	292,5	297,5	302,5	307,5	312,5	317,5	322,5	327,5
Jarak (m)	0,95	0,90	2,00	2,40	2,75	3,10	3,50	3,85	4,15	4,35	4,50	4,75
T _{A6P6}	4,75	4,50	4,25	4,00	3,75	3,40	3,10	2,80	2,40	1,75	0,75	0,80
(a + b)	5,70	5,40	6,25	6,40	6,50	6,50	6,60	6,65	6,55	6,10	5,25	5,55
(c - T _{A6P6})	0,95	0,65	1,50	1,65	1,75	1,75	1,85	1,90	1,80	1,35	0,50	0,80
t ₆₁ = d/2	0,475	0,325	0,75	0,825	0,875	0,875	0,525	0,95	0,90	0,675	0,25	0,40
T' _{A6P6}	0,475	0,575	1,25	1,575	1,875	2,225	2,575	2,90	3,25	3,675	4,25	4,35
T' _{B6P6}	4,275	4,175	3,50	3,175	2,875	2,525	2,175	1,85	1,50	1,075	0,50	0,40
DCF	520,7	520,7	520,7	520,7	520,7	520,7	520,7	520,7	520,7	520,7	520,7	520,7
h _J	2,5	1,7	3,9	4,3	4,6	4,6	4,8	4,9	4,7	3,5	1,3	2,1

$$T_{A6P6} = T_{B6P6} = 4,75 + 0,01 \text{ second}$$

$$V1 = 485 \text{ m/s}$$

$$DCF = V12$$

$$V2 = 1333 \text{ m/s}$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Geophone	0	A1										
Jarak (m)	2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5
a	0,50	0,75	1,65	1,95	2,15	2,45	2,70	2,90	3,25	3,50	4,00	4,25
b	4,10	3,90	3,50	3,25	3,15	2,85	2,60	2,40	2,10	1,75	1,00	0,50
c	4,60	4,65	5,15	5,20	5,30	5,30	5,30	5,30	5,35	5,35	5,00	5,15
d	0,45	0,50	1,00	1,05	1,15	1,15	1,15	1,15	1,20	1,20	0,85	1,00
e	0,225	0,25	0,50	0,525	0,575	0,575	0,575	0,575	0,60	0,60	0,425	0,50
f	0,275	0,50	1,15	1,425	1,575	1,875	2,125	2,325	2,65	3,00	3,757	3,75
g	3,875	3,65	3,00	2,725	2,575	2,275	2,025	1,825	1,50	1,15	0,575	0,40
h	677,5	677,5	677,5	677,5	677,5	677,5	677,5	677,5	677,5	677,5	677,5	677,5
i	1,5	1,7	3,4	3,6	3,9	3,9	3,9	3,9	4,1	4,1	2,9	3,4

$TAIB1 = TBIA1 = 4,15 \cdot 0,01 \text{ second}$

$V1 = 627,0 \text{ m/s}$ $DCF = V12$

$V2 = 1669,6 \text{ m/s}$

	AZ	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Geophone													
Jarak (m)	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5	82,5	87,5	92,5	97,5	102,5	107,5	112,5
a	TA2P2	0,90	1,85	2,30	2,50	2,75	3,00	3,15	3,45	3,60	3,85	4,10	4,60
b	TR2P2	4,25	3,95	3,75	3,55	3,35	3,00	2,40	2,20	2,05	1,85	0,55	0,85
c	(a + b)	5,15	5,80	6,05	6,05	6,10	6,00	5,55	5,65	5,65	5,70	4,65	5,45
d	(c - TA2B2)	0,75	1,40	1,65	1,65	1,70	1,60	1,15	1,25	1,25	1,30	0,25	1,05
e	t61 = d/2	0,375	0,70	0,825	0,825	0,85	0,80	0,575	0,625	0,625	0,65	0,125	0,525
f	T'A2P2	0,525	1,15	1,475	1,675	1,90	2,20	2,575	2,825	2,975	3,20	3,975	4,875
g	T'B2P2	3,075	3,25	2,925	2,725	2,50	2,20	1,825	1,575	1,425	1,20	0,425	0,325
h	DCF	543	543	543	543	543	543	543	543	543	543	543	543
i	h1	2	3,8	4,5	4,5	4,6	4,3	3,1	3,4	3,4	3,5	0,7	2,9

TA2B2 = TR2A2 = 4,4 * 0,01 second

V1 = 516,5 m/s

DCF = V12

V2 = 1668 m/s

	A3	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Geophone													
Jarak (m)		107,5	112,5	117,5	122,5	127,5	132,5	137,5	142,5	147,5	152,5	157,5	162,6
a	TA3P3	0,85	1,90	2,35	2,50	2,75	2,65	3,15	3,15	3,60	3,65	3,80	4,25
b	TB3P3	4,20	3,85	3,60	3,45	3,20	2,75	2,50	2,10	1,76	0,65	0,45	0,35
c	(a + b)	5,05	5,75	5,95	5,95	5,95	5,40	5,65	5,25	5,30	4,30	4,25	4,60
d	(c - TA3B3)	0,85	1,55	1,75	1,75	1,75	1,20	1,45	1,05	1,10	0,10	0,05	0,40
e	t61 = d/2	0,425	0,775	0,875	0,875	0,875	0,60	0,725	0,525	0,55	0,05	0,025	0,20
f	T'A3P3	0,425	1,125	1,475	1,625	1,875	2,05	2,425	2,625	3,05	3,60	3,775	4,85
g	T'B3P3	3,775	3,075	2,725	2,575	2,325	2,15	1,775	1,575	1,15	0,60	0,425	0,15
h	DCF	511,0	511,0	511,0	511,0	511,0	511,0	511,0	511,0	511,0	511,0	511,0	511,0
i	h1	2,2	4	4,5	4,5	4,5	3,1	3,7	2,7	2,8	0,3	0,1	1

TA3B3 = TB3A3 = 4,2 * 0,02 second

V1 = 488 m/s

DCF = V12

V2 = 1619 m/s

Lintasan S-5

Panjang Lintasan 220 meter

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	81	22
Geophone	AI												
Jarak (m)	2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5		52,5
a	0,75	0,55	1,45	1,70	2,20	2,65	2,90	3,10	3,40	3,60	3,80		3,95
b	4,00	3,00	3,50	3,30	3,20	2,90	2,65	2,25	2,00	1,75	0,70		0,00
c	4,75	4,35	4,95	5,00	5,40	5,55	5,55	5,35	5,40	5,35	4,50		4,75
d	0,00	0,40	1,00	1,05	1,45	1,60	1,60	1,40	1,45	1,40	0,55		0,00
e	0,40	0,20	0,50	0,525	0,725	0,80	0,80	0,70	0,725	0,70	0,275		0,40
f	0,35	0,35	0,95	1,175	1,475	1,85	2,10	2,40	2,675	2,90	3,525		3,55
g	3,60	3,60	3,00	2,775	2,475	2,10	1,85	1,55	1,275	1,05	0,425		0,40
h	926	926	926	926	926	926	926	926	926	926	926		926
i	3,7	1,85	4,6	4,86	6,7	7,4	7,4	6,5	6,7	6,5	2,55		3,7

$$TAIB1 = TRIA1 = 3,95 \cdot 0,01 \text{ second}$$

$$V1 = 805,6 \text{ m/s}$$

$$V2 = 1633 \text{ m/s}$$

$$DCF = V12$$

	A2	22	23	24	25	26	27	P2	28	29	30	31	32	33
Geophone														
Jarak (m)		52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5		82,5	87,5	92,5	97,5	102,5	107,5
a	TA2P2	0,85	1,65	2,00	2,30	2,70	3,10		3,45	3,60	3,75	3,65	3,60	4,35
b	TB2P2	3,95	3,60	3,20	2,90	2,70	2,40		2,20	1,85	1,35	0,60	0,60	0,85
c	(a + b)	4,80	5,25	5,20	5,20	5,40	5,50		5,65	5,45	5,10	4,25	4,20	5,20
d	(c - TA2B2)	0,65	1,10	1,05	1,05	1,25	1,35		1,50	1,30	0,95	0,10	0,85	1,05
e	t61 = d/2	0,32	0,55	0,525	0,525	0,625	0,675		0,75	0,65	0,475	0,05	0,025	0,525
f	T'A2P2	0,52	1,10	1,475	1,775	2,075	2,425		2,70	2,95	3,275	3,60	3,575	3,875
g	T'B2P2	3,62	3,05	2,675	1,375	2,075	1,725		1,45	1,20	0,875	0,55	0,575	0,325
h	DCF	975,9	975,9	975,9	975,9	975,9	975,9		975,9	975,9	975,9	975,9	975,9	975,9
i	h1	3,2	5,4	5,1	6,1	6,6	6,6		7,3	6,3	4,6	0,5	0,24	5,1

TA2B2 = TB2A2 = 4,15 . 0,01 second

V1 = 840 m/s

DCF = V12

V2 = 1650 m/s

Geophone	A3	33	34	35	36	37	38	P3	39	40	41	42	43	83	44
Jarak (m)		187,5	112,5	117,5	122,5	127,5	132,5		137,5	142,5	147,5	152,5	157,5		162,5
a	TAP3	0,85	1,30	1,55	1,75	1,90	2,20		2,50	2,90	3,00	3,35	3,85		4,20
b	TBP3	3,85	3,30	2,95	2,80	2,40	2,30		2,05	1,90	1,65	1,45	0,70		0,55
c	(a + b)	4,70	4,60	4,50	4,55	4,30	4,50		4,55	4,80	4,65	4,80	4,55		4,55
d	(c - TAP3)	0,80	0,70	0,60	0,65	0,40	0,60		0,65	0,90	0,75	0,90	0,65		0,65
e	t61 = d/2	0,40	0,35	0,30	0,325	0,20	0,30		0,325	0,45	0,375	0,45	0,325		0,325
f	T'AP3	0,45	0,95	1,25	1,425	1,70	1,90		2,175	2,45	2,625	2,90	3,525		3,675
g	T'BP3	3,45	2,95	2,65	2,475	2,20	2,00		1,725	1,45	1,275	1,00	0,375		0,225
h	DCF	1071,8	1071,8	1071,8	1071,8	1071,8	1071,8		1071,8	1071,8	1071,8	1071,8	1071,8		1071,8
i	h1	4,3	3,75	3,2	3,5	2,1	3,2		3,5	4,0	4,0	4,0	3,5		3,5

TAP3 = TBAP3 = 3,90 · 0,01 second

DCF = V12

V1 = 984,8 m/s

V2 = 1608 m/s

	A4	44	45	46	47	48	49	P4	50	51	52	53	54	84	55
Geophone															
Jarak (m)	162,5	167,5	172,5	177,5	182,5	187,5			192,5	197,5	202,5	207,5	212,5		217,5
a	TA4P4	0,55	1,05	1,25	1,40	1,70	2,30		2,60	2,90	3,10	3,60	4,25		4,50
b	TB4P4	3,90	3,70	3,40	3,10	2,90	2,80		2,50	2,35	2,20	2,00	0,90		0,80
c	(a + b)	4,45	4,75	4,65	4,50	4,60	5,10		5,10	5,25	5,30	5,60	5,15		5,30
d	(c - TA4P4)	0,25	0,55	0,45	0,30	0,40	0,90		0,90	1,05	1,10	1,40	0,95		1,10
e	t61 = d/2	0,12	0,275	0,225	0,15	0,20	0,45		0,45	0,525	0,55	0,70	0,475		0,55
f	T'A4P4	0,42	0,775	1,025	1,25	1,50	1,85		2,15	2,375	2,55	2,90	3,775		3,95
g	T'B4P4	3,77	3,425	3,175	2,95	2,70	2,35		2,05	1,825	1,65	1,30	0,425		0,25
h	DCF	942,5	942,6	942,6	942,6	942,6	942,6		942,6	942,6	942,5	942,6	942,6		942,6
i	h1	1,10	2,6	2,1	1,9	1,9	4,2		4,2	4,95	5,10	6,6	4,40		5,10

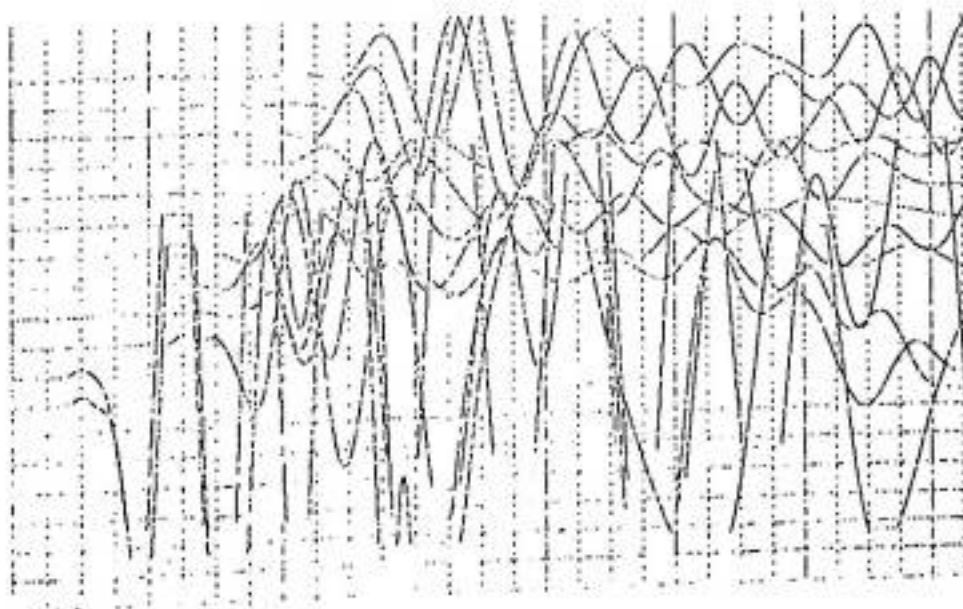
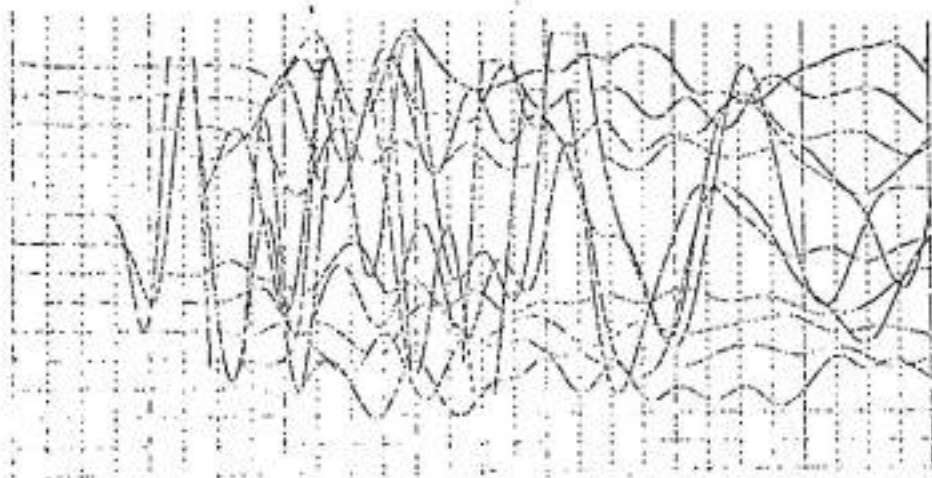
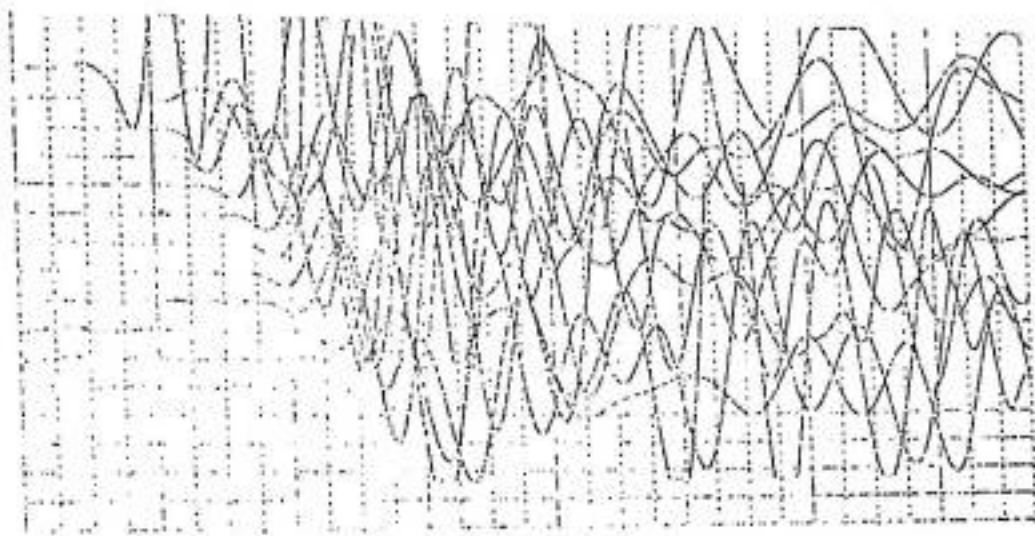
TA4P4 = TB4P4 = 4,2 • 0,81 second

DCF = V12

V1 = 812,5 m/s

V2 = 1682,6 m/s

LAMPIRAN 3



LAMPIRAN 9

Tabel Cepat Rambat Gelombang Longitudinal
Pada Berbagai Jenis Batuan

Medium	Kecepatan Gelombang Longitudinal (m/s)
Udara	330
Air	1450
Loess	375 - 400
Pasir	300 - 800
Clay	350 - 900
Tuff	1000 - 1700
Soft	1750 - 4200
Marl	2000 - 3800
Rock Salt	4720 - 5200