



**APLIKASI METODE SEISMIC REFRAKSI UNTUK
MENDETEKSI POTENSI LONGSOR DI DESA
DELIKSARI KECAMATAN GUNUNGPATI SEMARANG**

skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

oleh

Primalailia Kiswarasari

4211409010

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2013

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul

Aplikasi Metode Seismik Refraksi untuk Mendeteksi Potensi Longsor

Di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang

ini benar-benar hasil karya saya, bukan jiplakan dan karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 20 Februari 2013

Primalailia Kiswarasari
4211409010

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Aplikasi Metode Seismik Refraksi Untuk Mendeteksi Potensi Longsor

Di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang

disusun oleh

Nama : Primalailia Kiswarasari

NIM : 4211409010

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 20 Februari 2013.

Panitia Ujian
Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.
NIP. 196310121988031001

Dr. Khumaedi
NIP. 196306101989011002

Ketua Penguji

Dr. Khumaedi
NIP. 196306101989011002

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

Dr. Supriyadi, M.Si.
NIP. 196505181991021001

Drs.Ngurah Made D.P.,M.Si., Ph.D
NIP. 196807141996031005

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

- ✚ *Janganlah kamu lemah dan minta damai padahal kamulah yang di atas dan Allah (pun) beserta kamu dan Dia sekali-kali tidak akan mengurangi (pahala) amal-amalmu (QS. Muhammad:35)*
- ✚ *Imagination and creativity is more important than knowledge (Albert Einstein)*

PERSEMBAHAN :

Untuk Mama dan Abah,
Kakek dan Nenek,
Kakakku Cicih dan Adikku Estu,
sahabat terbaikku Sahal, serta
Almamaterku.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, inayah dan karunia serta ridhoNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Aplikasi Metode Seismik Refraksi Untuk Mendeteksi Potensi Longsor Di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan tenaga, pikiran dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu disampaikan ungkapan rasa terimakasih yang tulus kepada

1. Prof. Dr. H. Sudijono Sastroatmodjo, M.Si. Rektor Universitas Negeri Semarang, yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti pendidikan pada Program Studi Fisika di Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Wiyanto, M.Si. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, yang mendukung baik dari kelancaran perkuliahan maupun kelancaran penyelesaian penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Khumaedi. Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, yang mendukung kelancaran penyelesaian penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Supriyadi, M.Si. Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta arahan dengan baik.
5. Drs. Ngurah Made D.P., M.Si., Ph.D. Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta arahan dengan baik dan penuh kesabaran.

Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan dengan hormat kepada Bapak Dr. Supriyadi, M.Si., selaku Kepala Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kemudahan akses peralatan yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian studi. Selain itu beliau telah menjadi ayah selaku dosen wali selama penulis menyelesaikan studi. Terimakasih untuk bimbingan dan arahan serta inspirasi yang memotivasi penulis.

Bapak Agus Santoso selaku Kepala Laboratorium Geofisika Eksplorasi Teknik Geofisika Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah bekerjasama dalam peminjaman peralatan penelitian.

Abah dan Mama tercinta yang telah mencurahkan segala kasih sayang, kak Cicih dan adik Estu tersayang serta seluruh kerabat keluarga yang telah memberikan dukungan moral maupun materi. Sahabat terbaik saya, Sahal yang telah setia membantu, meluangkan waktu, dan berdiskusi selama studi, penelitian hingga akhir penulisan skripsi. Teman-teman terhebat saya, Ema, Metha, Yosi dan Mas Yuda yang telah membantu dalam pengambilan data di lapangan. Komunitas Geofisika dan teman-teman Fisika angkatan 2009 Universitas Negeri Semarang atas persahabatan yang indah. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Semoga kebaikan selalu beserta kita.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya, lembaga, masyarakat dan para pembaca pada umumnya.

Semarang, 20 Februari 2013

Penulis

ABSTRAK

Kiswarasari, P. 2013. *Aplikasi Metode Seismik Refraksi Untuk Mendeteksi Potensi Longsor Di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Supriyadi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Drs. Ngurah made D.P., M.Si., Ph.D.

Kata kunci : Seismik refraksi, longsor, Deliksari.

Telah dilakukan penelitian menggunakan metode seismik refraksi di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang yang bertujuan untuk mendeteksi potensi longsor. Pengambilan data seismik refraksi dalam bentuk lintasan *in line* dengan pengambilan data secara bolak-balik (*forward-reverse*) di lapangan dengan arah lurus atau segaris antara sumber seismik terhadap *geophone*. Pengambilan data dilakukan di dua lapangan dengan 4 *line* yaitu di sekitar tepi jalan dan di sekitar perumahan warga. Tahapan pengolahan data menggunakan metode GRM dengan asumsi perubahan struktur kecepatan yang tidak kompleks dan kemiringan lapisan $< 20^\circ$. Berdasarkan hasil interpretasi menunjukkan adanya dua lapisan batuan. Pada lapangan di sekitar tepi jalan diperoleh kecepatan rambat gelombang seismik adalah lapisan pertama (1058,377 – 1165,829 m/s) dengan litologi bawah permukaan berupa pasir (basah) pada kedalaman 3,712 – 4,607 m dan lapisan kedua (1527,778 – 1718,75 m/s) dengan litologi bawah permukaan berupa tanah lempung pada kedalaman berkisar lebih dari 4,607 m. Pada lapangan di sekitar perumahan warga diperoleh kecepatan rambat gelombang seismik adalah lapisan pertama (478,944 – 564,992 m/s) dengan litologi bawah permukaan berupa tanah urug dengan kondisi sesuai cuaca pada kedalaman 3,136 – 6,215 m dan lapisan kedua (900,901 – 1078,431 m/s) dengan litologi bawah permukaan berupa pasir (basah) pada kedalaman $> 6,215$ m. Lokasi yang dideteksi berpotensi terjadinya tanah longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang adalah lokasi dekat perumahan warga dan permukaan tanah yang memungkinkan terjadi longsor dapat mencapai kedalaman 6,2 m atau lebih.

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Gelombang Seismik	9
2.2 Hukum Fisika Gelombang Seismik	12
2.3 Definisi Metode Seismik.....	13
2.3.1 Metode Seismik Refleksi	14
2.3.2 Metode Seismik Refraksi	15
2.4 Tanah Longsor	19
2.5 Tinjauan Lapangan Penelitian.....	21

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Peralatan Yang Digunakan.....	24
3.3 Akuisisi Data Seismik Refraksi	26
3.4 Pengolahan Data Seismik Refraksi	28

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	31
4.1.1 Kecepatan Rambat Gelombang Seismik Refraksi	32
4.1.2 Kedalaman Bidang Gelincir Yang Berpotensi Longsor.....	35
4.1.3 Litologi Bawah Permukaan.....	37
4.2 Pembahasan.....	38

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran.....	40

DAFTAR PUSTAKA	41
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	43
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4.1. Data Kecepatan Rambat Gelombang Seismik Refraksi.....	29
Tabel 4.2. Data Nilai Kedalaman Bidang Gelincir Dengan Metode Seismik Refraksi.....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.1. Peta Rawan Bencana Kecamatan Gunungpati Semarang 2011	4
Gambar 1.2. Lokasi Penelitian Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang	5
Gambar 2.1. Perambatan Gelombang P	10
Gambar 2.2. Perambatan Gelombang S	10
Gambar 2.3. Perambatan Gelombang <i>Reyleigh</i>	11
Gambar 2.4. Perambatan Gelombang <i>Love</i>	11
Gambar 2.5. Pembiasan Dengan Sudut Kritis.....	17
Gambar 2.6. Pemantulan dan Pembiasan Gelombang	13
Gambar 2.7. Peta Geologi Kota Semarang	22
Gambar 3.1. Posisi <i>Line</i> Akuisisi Data Seismik Refraksi.....	23
Gambar 3.2. <i>Seismograph OYO McSeis-SX 3 chanel</i>	24
Gambar 3.3. <i>Geophone</i>	24
Gambar 3.4. Palu dan Landasannya.....	25
Gambar 3.5. Metode Pengambilan Data Seismik Refraksi.....	26
Gambar 3.6. Diagram Alir Survey Lapangan Metode Seismik Refraksi.....	27
Gambar 3.7. Ilustrasi Metode GRM.....	28
Gambar 4.1. Peta Kontur Kecepatan Rambat Gelombang Seismik Lapangan Pertama	33
Gambar 4.2. Peta Kontur Kecepatan Rambat Gelombang Seismik Lapangan Kedua	34

Gambar 4.3. Kedalaman Bidang Gelincir Pada <i>Line 1</i> dan <i>Line 2</i>	35
Gambar 4.4. Kedalaman Bidang Gelincir Pada <i>Line 3</i> dan <i>Line 4</i>	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Spesifikasi <i>Seismograph OYO McSeis-SX 3 channel</i>	40
Lampiran 2. Pengolahan Data Seismik Refraksi	41
Lampiran 3. Data Jenis Material	57
Lampiran 4. Dokumentasi Proses Penelitian	59
Lampiran 5. Publikasi	62
Lampiran 6. Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana	63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang terjadi karena faktor alam maupun faktor buatan oleh manusia. Faktor alam itu sendiri dapat berupa hujan tiada henti sehingga dapat mengikis tanah yang mengakibatkan terjadinya longsor atau karena litologi bawah permukaan yang berupa lapisan kedap air dan lain sebagainya yang terjadi di luar kehendak manusia. Sedangkan faktor buatan manusia dapat berupa penebangan hutan secara liar sehingga memungkinkan tidak adanya akar pohon yang menopang suatu lereng yang mengakibatkan terjadinya longsor atau karena penggalian bahan tambang di daerah miring secara berlebihan dan lain sebagainya yang terjadi karena rencana dan tindakan manusia yang merusak lingkungan.

Menurut Priyantari dan Suprianto (2009), tanah longsor biasanya bergerak pada suatu bidang tertentu yang disebut dengan bidang gelincir. Bidang gelincir berada diantara bidang yang stabil (*bedrock*) dan bidang yang bergerak (bidang yang tergelincir).

Bidang gelincir tersebut secara umum berada di bawah permukaan bumi. Dimana penelitian yang telah ada dilakukan dengan cara memotong pada daerah yang akan diteliti kemudian dilakukan analisa terhadap potongan tersebut.

Cara tersebut relatif membutuhkan biaya tinggi dan hasil yang diperoleh hanya sebatas *sample* potongan. Sehingga penulis memilih metode seismik refraksi sebagai alternatif penelitian untuk mengetahui bawah permukaan bumi yang mempengaruhi longsor.

Bawah permukaan bumi dapat ditentukan berdasarkan penjalaran gelombang seismik didalamnya. Prinsipnya adalah *signal* dalam domain waktu yang diketahui untuk menghasilkan gelombang seismik yang menempuh lapisan bawah permukaan direfleksikan atau direfraksikan kembali ke permukaan dimana *signal* dapat dideteksi (Reynolds, 1997: 277).

Dengan demikian penjalaran gelombang seismik dapat diperoleh menggunakan metode seismik. Metode seismik merupakan salah satu metode yang sangat penting dan banyak dipakai di dalam teknik geofisika. Hal ini disebabkan metode seismik mempunyai ketepatan serta resolusi yang tinggi di dalam memodelkan struktur geologi di bawah permukaan bumi. Dalam menentukan struktur geologi, metode seismik dikategorikan ke dalam dua bagian yang besar yaitu seismik bias dangkal (*head wave or refracted seismic*) dan seismik refleksi (*reflected seismic*). Seismik refraksi efektif digunakan untuk penentuan struktur geologi yang dangkal sedang seismik refleksi untuk struktur geologi yang dalam (Susilawati, 2004).

Menurut Narwold dan Owen (2002), metode seismik refraksi dalam metode geofisika digunakan untuk investigasi tanah longsor. Sehingga metode seismik dipilih untuk mendeteksi potensi longsor di lokasi penelitian.

Kota Semarang merupakan kota yang masih asri dengan kekayaan alamnya, akan tetapi beberapa daerah rawan terjadi bencana alam seperti banjir maupun kekeringan hingga tanah longsor. Daerah rawan terjadi tanah longsor di antaranya adalah Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Kota Semarang yang merupakan daerah yang miring dan terdapat jurang yang terjal.

Berdasarkan hasil penelitian Windraswara dan Widowati (2010), Tujuh dari 16 kecamatan di Kota Semarang memiliki titik-titik rawan longsor. Ketujuh kecamatan tersebut adalah Manyaran, Gunungpati, Gajahmungkur, Tembalang, Ngaliyan, Mijen, dan Tugu. Kontur tanah di kecamatan-kecamatan tersebut sebagian adalah perbukitan dan daerah patahan dengan struktur tanah yang labil.

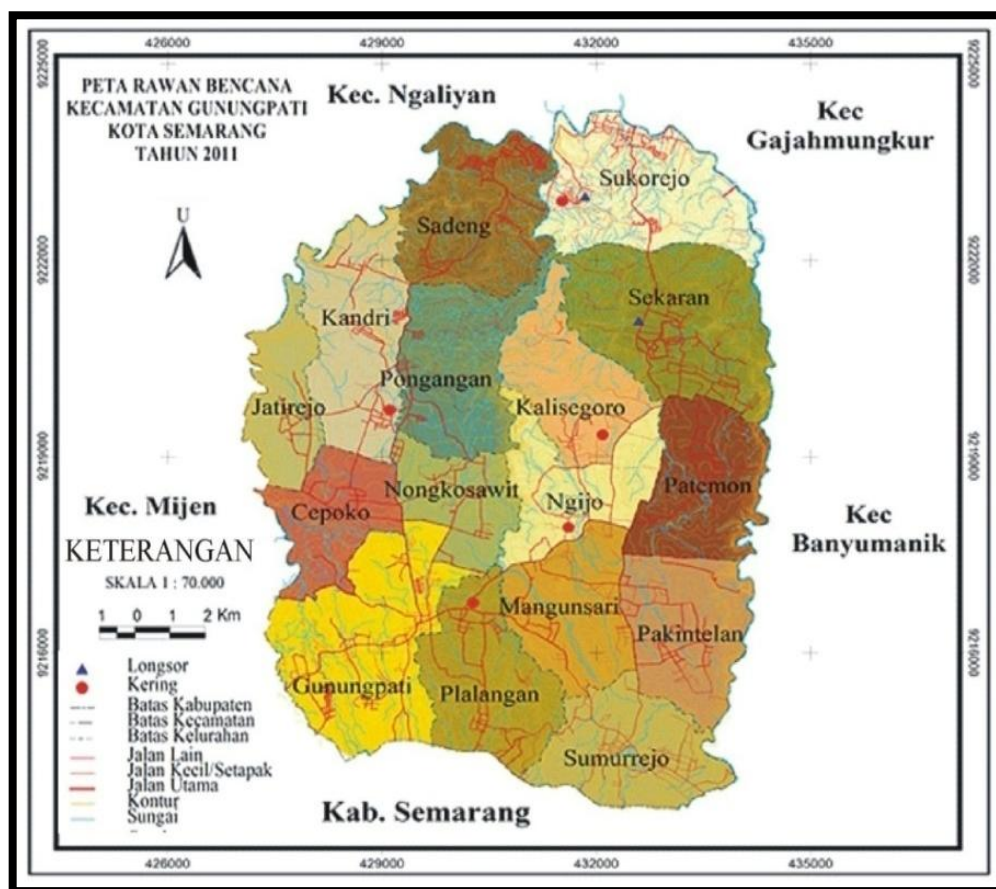
Kondisi beberapa wilayah di Deliksari juga rawan longsor, seperti yang terjadi pada awal tahun 2011 lalu, menyebabkan 30 rumah warga rusak. Hingga akhirnya beberapa waktu lalu muncul wacana relokasi dari pemerintah untuk RT 3 dan RT 4 ke wilayah lain yang lebih aman di daerah perbatasan Kecamatan Pakintelan (Alfikri, 2011).

Berdasarkan analisis stabilitas lereng yang dilakukan oleh Wiyono dan Atmoko (2009), untuk kondisi lereng Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang memiliki tanah dengan kurva gradasi karena struktur tanahnya heterogen yang terdiri dari *gravel*, *sand*, *silt* dan *clay*.

Pemerintah Kota Semarang sendiri telah melakukan pemetaan di Kota Semarang pada tahun 2011 lalu yang merupakan pemetaan rawan bencana di masing-masing kecamatan di Kota Semarang. Dengan adanya peta rawan bencana ini akan memudahkan penulis untuk mendeteksi potensi bencana di daerah penelitian.

Dimana Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Kota Semarang merupakan lokasi penelitian yang diidentifikasi berpotensi terjadi tanah longsor.

Berdasarkan Gambar 1.1 Kecamatan Gunungpati berpotensi beberapa bencana alam. Untuk Desa Deliksari Sukorejo terlihat berpotensi longsor dengan simbol segitiga biru pada Peta Rawan Bencana Kecamatan Gunungpati Kota Semarang Tahun 2011.



Gambar 1.1. Peta Rawan Bencana Kecamatan Gunungpati Semarang 2011

Dengan mempertimbangkan hal ini, maka perlu diketahui keadaan struktur geologi bawah permukaan untuk mendeteksi potensi longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang. Seperti yang telah dipaparkan diatas bahwa

keadaan bawah permukaan yang dangkal dapat di analisis dengan metode seismik refraksi. Sehingga metode seismik refraksi menjadi metode yang tepat untuk mengetahui potensi longsor di lokasi penelitian.

Berdasarkan observasi yang dilakukan, Desa Deliksari rawan terhadap bahaya longsor dengan bidang miring yang cukup curam. Gambar 1.2 menunjukkan akibat Bergeraknya tanah sehingga keadaan lapangan menjadi retak serta kemiringan lokasi.



Gambar 1.2. Lokasi Penelitian Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang

Berdasarkan adanya hubungan antara keadaan lapangan dengan litologi bawah permukaan. Untuk mengetahui potensi longsor yang terjadi, perlu diketahui kedalaman bidang gelincir berdasarkan gelombang seismik yang menjalar didalamnya, dimana besarnya gelombang dapat diketahui dengan

menggunakan metode seismik refraksi. Sehingga diharapkan secara efektif dapat memperoleh hasil yang menunjang penelitian sebelumnya. Maka alasan inilah penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian tentang Aplikasi Metode Seismik Refraksi untuk Mendeteksi Potensi Longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan masalah yang disajikan pada latar belakang, maka dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut.

- (1) Bagaimana litologi bawah permukaan Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang berdasarkan kecepatan rambat gelombang seismik?
- (2) Berapakah kedalaman bidang gelincir yang berpotensi longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut.

- (1) Analisis potensi bencana tanah longsor dengan metode seismik refraksi.
- (2) Pengambilan data di lapangan menggunakan teknik *In Line*.
- (3) Pengolahan data menggunakan metode GRM.
- (4) Keadaan litologi bawah permukaan lapangan penelitian pada *line* pengambilan data berdasarkan kecepatan rambat gelombang seismik.
- (5) Kedalaman bidang gelincir yang mempengaruhi potensi longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas maka tujuan dalam penelitian ini adalah.

- (1) Mengetahui keadaan litologi bawah permukaan Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang berdasarkan kecepatan rambat gelombang seismik.
- (2) Mengetahui kedalaman bidang gelincir yang berpotensi longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, manfaat dari penelitian ini diantaranya:

- (1) Memperoleh keadaan litologi bawah permukaan Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang berdasarkan kecepatan rambat gelombang seismik.
- (2) Memperoleh kedalaman bidang gelincir yang mempengaruhi potensi longsor di desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi disusun dan dibagi menjadi tiga bagian untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian awal, bagian pokok, dan bagian akhir.

- (1) Bagian awal skripsi terdiri atas lembar judul, pernyataan (keaslian karya ilmiah), pengesahan, motto dan persembahan, prakata, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.
- (2) Bagian pokok skripsi terdiri dari :
 - Bab 1 Pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.
 - Bab 2 Tinjauan Pustaka berisi kajian teori pendukung penelitian.
 - Bab 3 Metode Penelitian berisi tahap-tahap penelitian.
 - Bab 4 Hasil dan Pembahasan, dalam bab ini dibahas tentang hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan.
 - Bab 5 Penutup yang berisi tentang kesimpulan serta saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian.
- (3) Bagian akhir skripsi memuat tentang daftar pustaka yang digunakan sebagai acuan penelitian serta lampiran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Definisi Gelombang Seismik

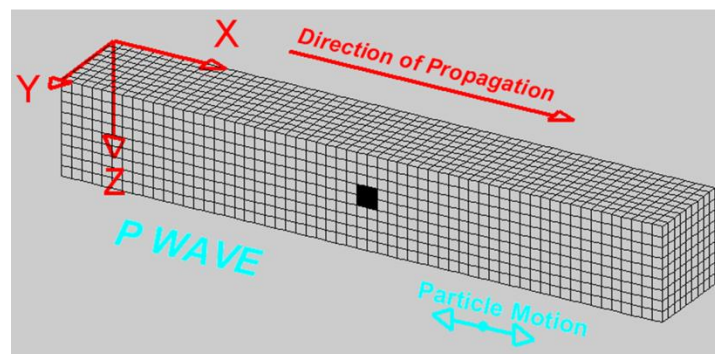
Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang merambat dalam bumi. Perambatan gelombang ini bergantung pada sifat elastisitas batuan. Gelombang seismik ada yang merambat melalui interior bumi yang disebut *body wave* dan ada juga yang merambat melalui permukaan bumi yang disebut *surface wave*. *Body wave* dibedakan menjadi dua berdasarkan arah getarnya yaitu gelombang P (*Longitudinal*) dan gelombang S (*transversal*). Sedangkan *surface wave* terdiri atas *Raleigh wave (ground roll)* dan *Love wave* (Telford, 1976)

Gelombang seismik berasal dari sumber seismik merambat dengan kecepatan V_1 menuju bidang batas, kemudian gelombang dibiaskan dengan sudut datang kritis sepanjang *interface* dengan kecepatan V_2 . Dengan menggunakan prinsip Huygens pada *interface*, gelombang ini kembali ke permukaan sehingga dapat diterima oleh penerima yang ada di permukaan (Nurdiyanto dkk., 2011).

Susilawati (2004: 2) beranggapan bahwa penjalaran gelombang seismik adalah sebagai berikut:

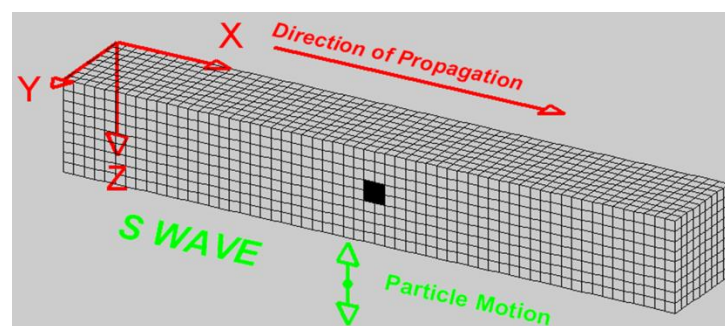
- (1) Panjang gelombang seismik \ll ketebalan lapisan bumi. Hal ini memungkinkan setiap lapisan bumi akan terdeteksi.
- (2) Gelombang seismik dipandang sebagai sinar seismik yang memenuhi hukum Snellius dan prinsip Huygens.
- (3) Pada bidang batas antar lapisan, gelombang seismik menjalar dengan kecepatan gelombang pada lapisan dibawahnya.
- (4) Kecepatan gelombang bertambah dengan bertambahnya kedalaman.

Menurut Juanita (2011), gelombang P disebut dengan gelombang kompresi/gelombang longitudinal. Gelombang ini memiliki kecepatan rambat paling besar dibandingkan dengan gelombang seismik yang lain, dapat merambat melalui medium padat, cair dan gas. Arah rambat gelombang P diilustrasikan pada gambar 2.1.



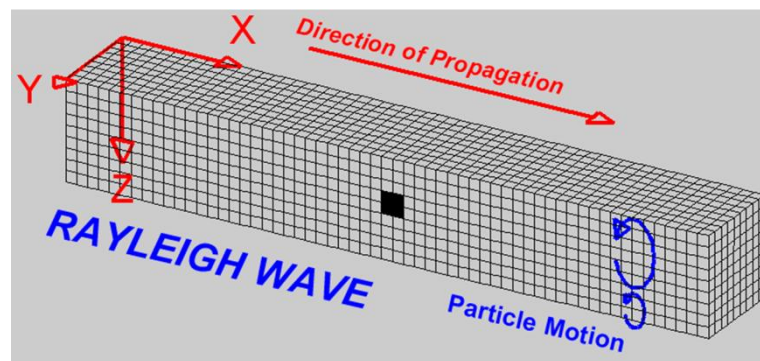
Gambar 2.1. Perambatan Gelombang P

Gelombang S disebut juga gelombang *shear*/ gelombang transversal. Gelombang ini memiliki cepat rambat yang lebih lambat bila dibandingkan dengan gelombang P dan hanya dapat merambat pada medium padat saja. Gelombang S tegak lurus terhadap arah rambatnya. Arah rambat gelombang S diilustrasikan pada gambar 2.2.



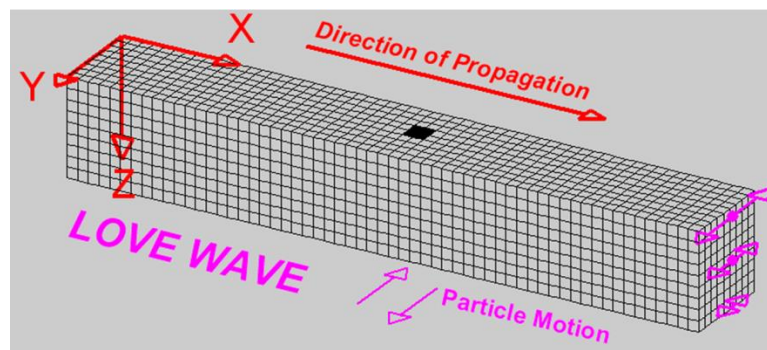
Gambar 2.2. Perambatan Gelombang S

Gelombang *Reyleigh* merupakan gelombang permukaan yang orbit gerakannya elips tegak lurus dengan permukaan dan arah penjarannya. Gelombang jenis ini adalah gelombang permukaan yang terjadi akibat adanya interferensi antara gelombang tekan dengan gelombang geser secara konstruktif. Arah rambat gelombang *Reyleigh* diilustrasikan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Perambatan Gelombang *Reyleigh*

Menurut Gadallah dan Fisher, sebagaimana dikutip oleh Juanita (2011), gelombang *Love* merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal yang merupakan gelombang S horizontal yang penjarannya paralel dengan permukaannya. Arah rambat gelombang *Love* diilustrasikan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Perambatan gelombang *Love*

3.2 Hukum Fisika Gelombang Seismik

Menurut Susilawati (2004), ada beberapa hal yang menjadi dasar pada pemantulan dan pembiasan gelombang yaitu Asas Fermat, Prinsip Huygens dan Hukum Snellius.

(1) Asas Fermat

Menurut Tipler (2001: 457), Prinsip Fermat yang lebih lengkap dan lebih umum dinyatakan pertama kali oleh matematikawan Prancis Pierre de Fermat pada abad ke-17 yang menyatakan bahwa “lintasan yang dilalui oleh cahaya untuk merambat dari satu titik ke titik lain adalah sedemikian rupa sehingga waktu perjalanan itu tidak berubah sehubungan dengan variasi-variasi dalam lintasan tersebut”.

Menurut Susilawati (2004), Asas Fermat yang diasumsikan dalam metode seismik refraksi yaitu gelombang menjalar dari satu titik ke titik lain melalui jalan tersingkat waktu penjarannya.

(2) Prinsip Huygens

Menurut Tipler (2001: 441), perambatan gelombang apapun yang melalui ruang dapat digambarkan menggunakan metode geometris yang ditemukan oleh Christian Huygens kira-kira tahun 1678 yang sekarang dikenal sebagai prinsip Huygens atau konstruksi Huygens Prinsip Huygens.

Menurut Susilawati (2004), prinsip Huygens dalam metode seismik refraksi diasumsikan bahwa “Titik-titik yang dilewati gelombang akan menjadi sumber gelombang baru”. *Front* gelombang yang menjalar menjauhi sumber adalah superposisi *front – front* gelombang yang dihasilkan oleh sumber gelombang

baru tersebut. Dengan sudut kritis yaitu sudut datang yang menghasilkan gelombang bias sejajar bidang batas ($r = 90^\circ$).

(3) Hukum Snellius

Bunyi hukum Snellius yaitu “Gelombang akan dipantulkan atau dibiaskan pada bidang batas antara dua medium”. Dengan persamaan hukum Snellius sebagai berikut :

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

di mana:

i = Sudut datang

r = Sudut bias

V_1 = Kecepatan gelombang pada medium 1

V_2 = Kecepatan gelombang pada medium 2

3.3 Definisi Metode Seismik

Metode seismik merupakan salah satu bagian dari metode geofisika eksplorasi yang dikelompokkan dalam metode geofisika aktif, dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber seismik buatan misalnya palu, ledakan, dan lain sebagainya. Setelah diberikan gangguan (sumber seismik), terjadi gerakan gelombang di bawah permukaan bumi yang memenuhi hukum-hukum elastisitas ke segala arah dan mengalami pemantulan ataupun pembiasan akibat munculnya perbedaan kecepatan. Kemudian, pada suatu jarak tertentu, gerakan

partikel tersebut dapat di rekam sebagai fungsi waktu. Berdasarkan data rekaman tersebut dapat diperkirakan bentuk lapisan/struktur di dalam tanah.

Menurut Priyantari dan Suprianto (2009), berdasarkan penjalaran gelombang, metode seismik dibedakan menjadi 2 metode yaitu metode seismik refraksi dan metode refleksi. Seismik refraksi efektif digunakan untuk penentuan struktur geologi yang dangkal sedang seismik refleksi untuk struktur geologi yang dalam. Metode seismik refraksi inilah yang efektif digunakan guna mengetahui nilai kedalaman bidang gelincir sebagai parameter kelongsoran suatu daerah.

3.3.1 Metode Seismik Refleksi

Menurut Steeples dan Miller, sebagaimana dikutip oleh Wang *et al* (2004), *“The large survey system used for oil exploration was obviously not suitable; instead, a small system of shallow seismic reflections were found to be more convenient. The shallow seismic method has the merits of mobility, efficiency, highresolution and cost-effectiveness”*.

Teknik refleksi lebih mampu menghasilkan data pengamatan yang dapat diinterpretasikan (*interpretable*). Akan tetapi metode seismik refleksi membutuhkan biaya yang lebih besar. Biaya tersebut biasanya sangat signifikan secara ekonomis. Karena survey refleksi membutuhkan biaya lebih besar, maka sebagai konsekuensinya survey refleksi digunakan dalam eksplorasi minyak bumi.

Adapun keunggulan metode seismik refleksi antara lain sebagai berikut.

- (1) Pengukuran seismik refleksi menggunakan offset yang lebih kecil.
- (2) Seismik refleksi dapat bekerja bagaimanapun perubahan kecepatan sebagai fungsi kedalaman.

- (3) Seismik refleksi lebih mampu melihat struktur yang lebih kompleks.
 - (4) Seismik refleksi merekam dan menggunakan semua medan gelombang seismik yang terekam.
 - (5) Bawah permukaan dapat tergambar secara langsung dari data terukur
- Sedangkan kelemahan metode seismik refleksi antara lain sebagai berikut.
- (1) Lokasi sumber dan penerima yang cukup lebar untuk memberikan citra bawah permukaan yang lebih baik, maka biaya akuisisi menjadi lebih mahal.
 - (2) Prosesing seismik refleksi memerlukan komputer yang lebih mahal, dan sistem *data base* yang jauh lebih handal.
 - (3) Karena banyaknya data yang direkam, pengetahuan terhadap *data base* harus kuat, diperlukan juga beberapa asumsi tentang model yang kompleks dan interpretasi membutuhkan personal yang cukup ahli.

3.3.2 Metode Seismik Refraksi

Menurut Rucker (2006), “*seismic refraction is an effective tool for horizontal, lateral characterization as well as vertical characterization.*”

Seismik refraksi dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk menjalar pada batuan dari posisi sumber seismik menuju penerima pada berbagai jarak tertentu. Pada metode ini, gelombang yang terjadi setelah sinyal pertama (*firstbreak*) diabaikan, karena gelombang seismik refraksi merambat paling cepat dibandingkan dengan gelombang lainnya kecuali pada jarak (*offset*) yang relatif dekat sehingga yang dibutuhkan adalah waktu pertama

kali gelombang diterima oleh setiap *geophone*. Kecepatan gelombang P lebih besar dibandingkan dengan kecepatan gelombang S sehingga waktu datang gelombang P yang digunakan dalam perhitungan metode ini. Parameter jarak dan waktu penjaralan gelombang dihubungkan dengan cepat rambat gelombang dalam medium. Besarnya kecepatan rambat gelombang tersebut dikontrol oleh sekelompok konstanta fisis yang ada dalam material yang dikenal sebagai parameter elastisitas (Nurdiyanto dkk., 2011).

Prinsip utama metode refraksi adalah penerapan waktu tiba pertama gelombang baik langsung maupun gelombang refraksi. Mengingat kecepatan gelombang P lebih besar daripada gelombang S maka kita hanya memperhatikan gelombang P. Dengan demikian antara sudut datang dan sudut bias menjadi :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} \quad (2)$$

di mana:

i = Sudut datang

r = Sudut bias

V_1 = Kecepatan gelombang pada medium 1

V_2 = Kecepatan gelombang pada medium 2

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

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

Hubungan ini dipakai untuk menjelaskan metode pembiasan dengan sudut datang kritis. Gambar 2.5 memperlihatkan gelombang dari sumber S menjalar

pada medium V_1 , dibiaskan dengan sudut kritis pada titik A sehingga menjalar pada bidang batas lapisan. Dengan memakai prinsip Huygens pada bidang batas lapisan, gelombang ini dibiaskan ke atas setiap titik pada bidang batas itu sehingga sampai ke detektor P yang ada di permukaan.

Gambar 2.5. Pembiasan Dengan Sudut Datang Kritis

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

Kanao *et al* (2012) menentukan kecepatan gelombang P untuk mengetahui struktur dari permukaan dan bawah permukaan bumi sehingga menunjukkan tiap lapisan dengan analisis penjalaran waktu gelombang seismik. Topografi *bedrock* dikhususkan untuk struktur lereng yang curam dianalisis dari profil seismik.

Menurut Jongmans dan Garambois (2007), *“for landslide investigation, the method [seismic refraction] has proved to be applicable, as both shear and compressional wave velocities are generally lower in the landslide body than in the unaffected ground”*.

Pada tahap akuisisi data seismik refraksi terdapat beberapa teknik, antara lain : teknik *In Line* (Bentang Segaris), *Broadside*, *Fan Shooting* (Bentang Kipas), dan Metode *Gardner*.

Sedangkan pada tahap pengolahan data seismik refraksi terdapat pula beberapa metode yaitu metode T-X yang terdiri dari *Intercept Time Method* (ITM) dan *Critical Distance Method* (CDM), metode *Delay Time*, metode ABC, metode *plus-minus*, metode *Generalized Reciprocal Method* (GRM), metode *Hagiwara*, dan metode *Matsuda* (UPN file, 2012).

Adapun keunggulan metode seismik refraksi antara lain sebagai berikut.

- (1) Pengamatan refraksi membutuhkan lokasi sumber dan penerima yang kecil, sehingga relatif murah dalam pengambilan datanya .
- (2) Processing refraksi relatif simpel dilakukan kecuali proses filtering untuk memperkuat sinyal first berak yang dibaca.
- (3) Akuisisi data seismik refraksi dan lokasi yang cukup kecil, maka pengembangan model untuk interpretasi tidak terlalu sulit dilakukan seperti metode geofisika lainnya.

Sedangkan kelemahan metode seismik refraksi antara lain sebagai berikut.

- (1) Dalam pengukuran yang regional, seismik refraksi membutuhkan offset yang lebih lebar.
- (2) Seismik bias hanya bekerja jika kecepatan gelombang meningkat sebagai fungsi kedalaman.
- (3) Seismik bias biasanya diinterpretasikan dalam bentuk lapisan-lapisan. Masing-masing lapisan memiliki dip dan topografi.

3.4 Tanah Longsor

Menurut Somantri (2008), tanah longsor terjadi karena oleh adanya gerakan tanah sebagai akibat dari Bergeraknya masa tanah atau batuan yang bergerak di sepanjang lereng atau diluar lereng karena faktor gravitasi. Menurutnya longsor lahan disebabkan oleh 3 faktor penyebab utama yaitu :

- (1) Faktor dakhilil (*inherent factor*), penyebab longsor lahan meliputi kedalaman pelapukan batuan, struktur geologi (tektonik dan jenis batuan), tebal solum tanah, tekstur tanah dan permeabilitas tanah.
- (2) Faktor luar dari suatu medan, penyebab longsor lahan adalah kemiringan lereng, banyaknya dinding terjal, kerapatan torehan, dan penggunaan lahan.
- (3) Faktor pemicu terjadinya longsor lahan, antara lain tebal curah hujan dan gempa bumi.

Ada enam jenis tanah longsor yaitu :

- (1) Longsoran translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.
- (2) Longsoran rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
- (3) Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang Bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu.
- (4) Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain Bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng

yang terjatuh hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.

- (5) Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.
- (6) Aliran bahan rombakan, jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi disepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

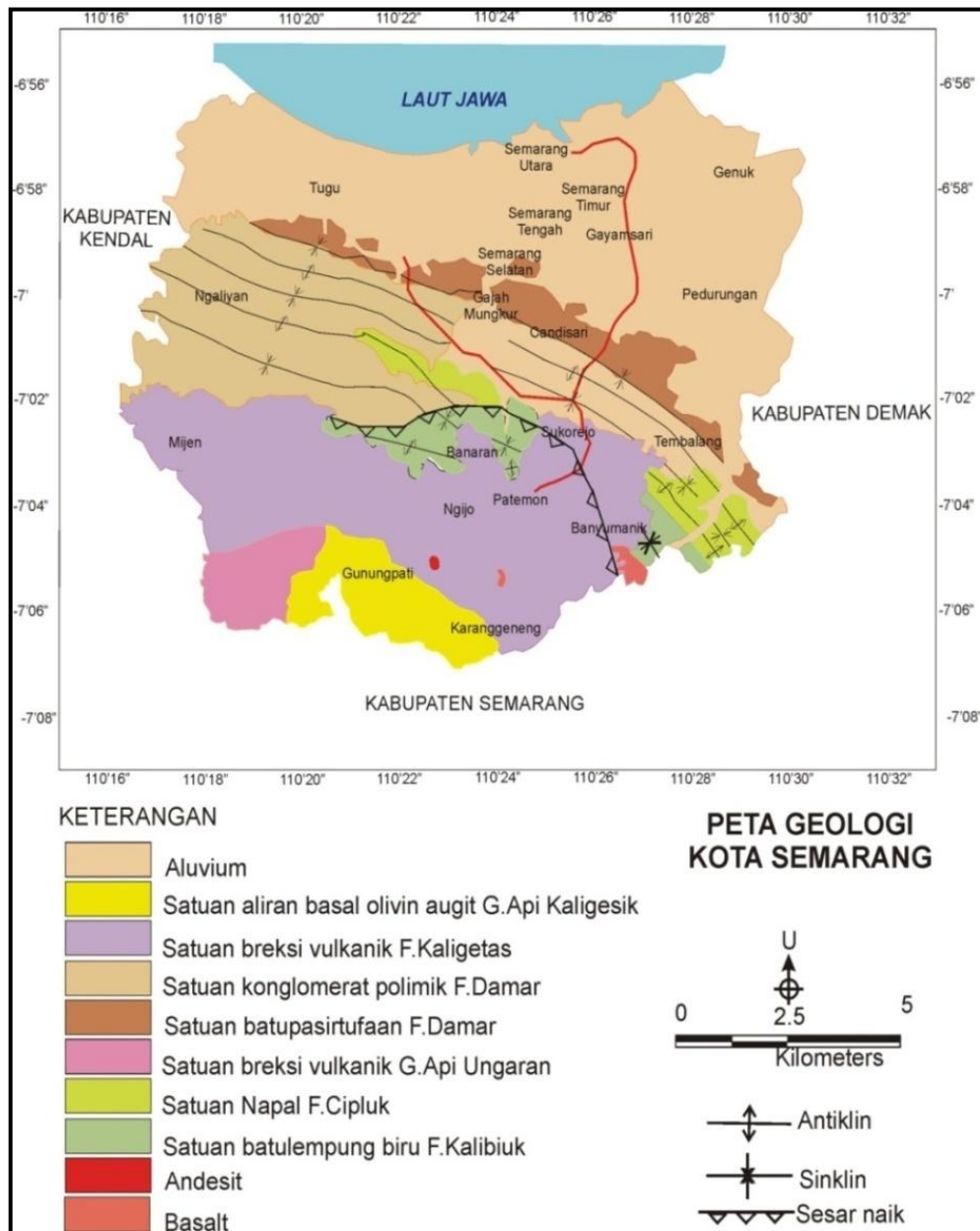
Menurut Hardiyatmo sebagaimana dikutip oleh Wiyono dan Atmoko (2009) dalam tugas akhirnya menyebutkan bahwa untuk suatu analisis keamanan sebuah lereng perlu jika di analisis kenapa terjadi longsor pada sebuah lereng yang stabil dalam kurun waktu yang lama. Berikut hal-hal yang menyebabkan longornya suatu lereng :

- (1) Perubahan lereng suatu tebing, secara alami karena erosi dan lain-lain atau secara disengaja akan mengganggu kestabilan lereng tersebut, karena secara logis dapat dikatakan semakin besar kemungkinan untuk longsor.
- (2) Perubahan tinggi suatu tebing, secara alami karena erosi dan lain-lain atau disengaja juga akan merubah suatu lereng. Semakin tinggi suatu lereng akan semakin besar longornya.

- (3) Meningkatnya beban permukaan dari lereng, ini akan mengakibatkan tegangan dalam tanah termasuk meningkatnya tegangan air pori. Hal ini sudah pasti akan mengurangi berkurangnya stabilitas dari sebuah lereng.
- (4) Adanya aliran air tanah juga dapat mempercepat terjadinya longsor, karena air bekerja sebagai pelumas. Bidang kontak antara butiran melemah karena air dapat menurunkan tingkat kelekatan butir.
- (5) Terjadinya getaran yang besar secara tiba-tiba berupa gempa dan getaran dinamis (getaran musim) dapat mengganggu kekuatan geser dalam tanah.
- (6) Kondisi tebing yang gundul juga akan menyebabkan perubahan kandungan air tanah dalam rongga dan akan menurunkan stabilitas lereng.
- (7) Pengaruh pelapukan secara dinamis dan kimia akan merubah sifat kekuatan tanah dan batuan hingga mengganggu stabilitas lereng.

3.5 Tinjauan Lapangan Penelitian

Ditinjau dari peta geologi Kota Semarang (Gambar 2.7), bawah permukaan Desa Deliksari Sukorejo Kecamatan Gunungpati Semarang mengandung satuan breksi vulkanik formasi Kaligetas dengan singgungan sesar naik. Batumannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tufa halus sampai kasar, setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan (Soedarsono, 2012).



Gambar 2.6 Peta Geologi Kota Semarang.

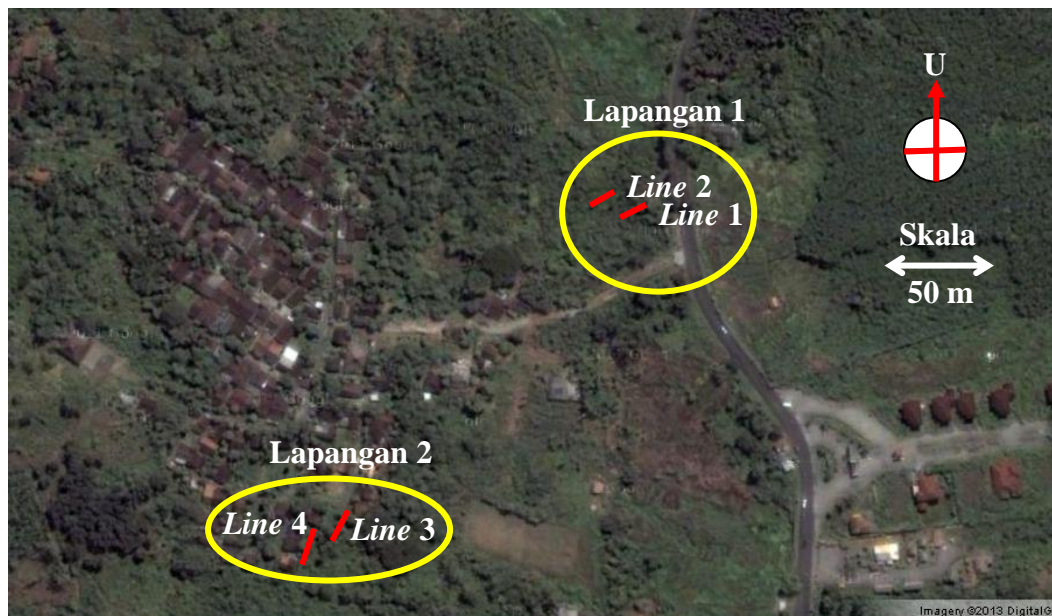
BAB 3

METODE PENELITIAN

6.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Akuisi data seismik refraksi dilapangan dilaksanakan pada tanggal 30 Juni dan tanggal 01 Juli 2012 di desa Deliksari yang terletak di RW 06 kelurahan Sukorejo kecamatan Gunungpati kota Semarang.

Gambar 3.1 menunjukkan posisi *line* pengambilan data seismik refraksi pada lapangan akuisisi data seismik refraksi. Lapangan pertama berlokasi di tepi jalan sedangkan lapangan kedua berlokasi di sekitar perumahan warga. Posisi koordinat dan arah lintasan masing-masing *line* dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 3.1. Posisi *Line* Akuisisi Data Seismik Refraksi.

Proses pengolahan data seismik refraksi dan interpretasi hasil dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang.

6.2 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan utama yang digunakan untuk akuisisi data seismik refraksi dalam penelitian ini yaitu:

- (1) *Seismograph OYO McSeis-SX 3 chanel*. Digunakan untuk akuisisi data seismik refraksi, menampilkan gelombang seismik dari hasil data seismik refraksi. Alat seismik refraksi tipe *OYO* ditunjukkan pada gambar 3.2. Dengan spesifikasi alat dapat dilihat pada lampiran 2.



Gambar 3.2. *Seismograph OYO McSeis-SX 3 chanel*

- (2) *Geophone*. Digunakan sebagai penerima gelombang seismik. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.3.



Gambar 3.3. *Geophone*

- (3) Palu 8 kg dan landasannya (lempeng besi 10 kg). Digunakan sebagai *source* atau sumber gelombang seismik. Seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Palu Dan Landasannya

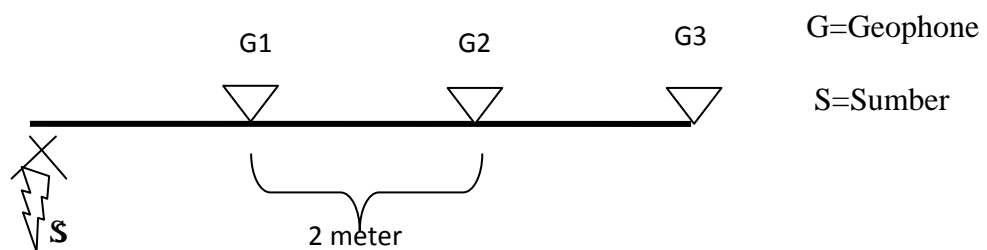
- (4) *Trigger*, ini digunakan sebagai pemicu gelombang seismik yang dipasangkan pada sisi landasan (lempeng besi) yang kemudian dihubungkan dengan kabel konektor menuju alat dan alat menuju ke *geophone*.
- (5) Meteran digunakan untuk mengukur *spasi geophone*, panjang lintasan dan jarak antar lintasan seismik.
- (6) Kompas. Digunakan untuk mengukur azimuth lintasan dan *strike/dip* lapisan.
- (7) GPS digunakan untuk mengetahui posisi titik ukur.

Selain peralatan utama, yang perlu dipersiapkan dalam metode penelitian antara lain Peta Geologi, alat tulis, payung dan *Batteray*.

6.3 Akuisisi Data Seismik Refraksi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan, berupa pengukuran waktu penjalaran gelombang. Tahap akuisi data di lapangan dilakukan dengan menyusun peralatan *geophone* dan sumber gelombang disusun lurus dalam garis seismik dengan jarak tertentu antar *geophone* sesuai survey di lapangan.

Tahap akuisi data seismik refraksi di lapangan dilakukan dengan menyusun peralatan *geophone* dan sumber gelombang disusun lurus dalam garis seismik dengan jarak 2 meter antar *geophone* sesuai *survey* di lapangan (panjang lintasan 32 meter), dengan sumber ledakan kemudian dicatat/direkam oleh alat *Seismograph OYO McSeis-SX 3 chanel*. Dengan mengetahui waktu tempuh gelombang dan jarak antar *geophone* dan sumber ledakan, struktur lapisan geologi bawah permukaan bumi dapat diperkirakan berdasarkan besar kecepatannya. Pengambilan data seismik refraksi ditunjukkan pada gambar 3.5.



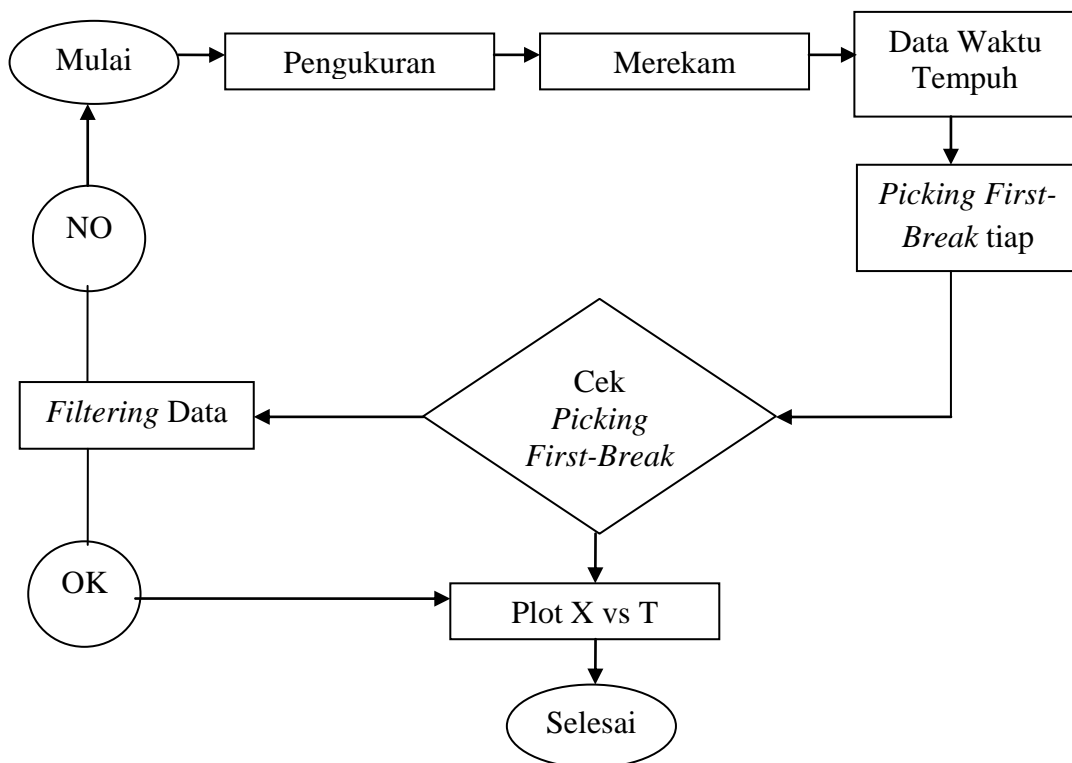
Gambar 3.5. Metode Pengambilan Data Seismik Refraksi.

Pada tahap akuisisi data seismik refraksi, penulis menggunakan teknik *In-Line*. Bentang *In Line* adalah metode penembakan (baik satu arah maupun dua arah atau bolak-balik) dengan arah lurus atau segaris antara sumber seismik

terhadap *geophone*. Sumber seismik berada di ujung garis *geophone* dengan jarak yang relatif cukup jauh agar gelombang biasanya muncul.

Di lapangan, teknik *In Line* sering tidak mampu merekam *geophone* yang relatif jauh secara simultan. Oleh karena itu untuk *survey* seismik bias pada satu lintasan panjang sering dilakukan segmentasi. Sehingga akuisisi data seismik refraksi pada nantinya dilakukan segmen demi segmen.

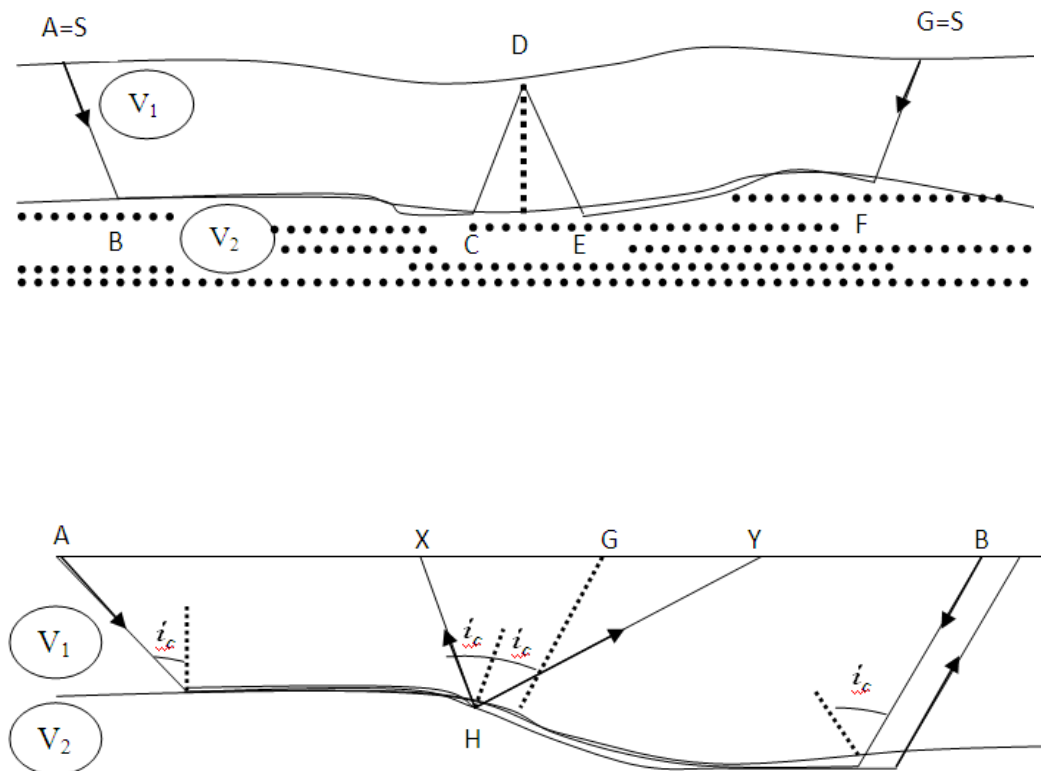
Pelaksanaan tahap akuisisi data seismik refraksi ditunjukkan pada gambar 3.6 dibawah ini yang merupakan diagram alir *survey* lapangan metode seismik refraksi.



Gambar 3.6. Diagram Alir *Survey* Lapangan Metode Seismik Refraksi.

6.4 Pengolahan Data Seismik Refraksi

Pada tahap pengolahan data seismik refraksi, penulis menggunakan metode *Generalized Reciprocal Method* (GRM). Metode GRM merupakan turunan terakhir dari metode *delay time* yang memetakan lapisan bawah permukaan dengan tingkat kekerasan dan undulasi refraktor yang tinggi. Metode GRM dapat dilustrasikan seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Ilustrasi metode GRM

Berdasarkan ilustrasi metode GRM tersebut, maka metode GRM dapat diasumsikan sebagai berikut :

- (1) Perubahan struktur kecepatan yang tidak kompleks.
- (2) Kemiringan lapisan $< 20^\circ$.
- (3) Jarak optimum XY menjadi hal terpenting dan tersulit dalam metode GRM.
- (4) XY *distance* adalah jarak pisah di permukaan dimana gelombang seismik dari *forward* dan *reverse* diukur dari titik refraktor yang sama. Titik X dan Y sendiri adalah sebaran *geophone*.

Dalam pengolahan, metode GRM terdiri dari dua jenis fungsi yaitu fungsi analisis kecepatan (T_v) dan fungsi *time-depth* (T_g).

- (1) Fungsi Analisa Kecepatan (T_v).

Analisa T_v digunakan untuk menentukan kecepatan V' dengan persamaan :

$$T_v = \frac{1}{2} (T_{AY} - T_{BY} + T_{AB}) \quad (1)$$

Waktu rambatnya dari A ke H

- Optimum XY ialah ketika E dan F berada pada satu titik pada H.
- Optimum XY didapat dari kurva T_v yang paling halus (*smoothest*).
- Kecepatan refraktor V' ialah *reciprocal* dengan kurva T_v , artinya V' dapat dicari dengan kurva T_v .

- (2) Fungsi *Time-Depth* (T_g).

Analisa T_g digunakan untuk mencari kedalaman di bawah *geophone* (h) dengan persamaan :

$$T_g = \frac{1}{2} (T_{AY} + T_{BY} - (T_{AB} + \frac{XY}{V'})) \quad (2)$$

- Waktu rambatnya dari EY atau FX dikurangi waktu rambat proyeksi dari GX atau GY sepanjang refraktor (waktu rambat sepanjang GH).
- Optimum XY didapat dari kurva TG yang paling kasar (*roughest*)

Metode GRM menggunakan nilai kecepatan rata-rata (V_{avg}) dengan persamaan :

$$V_{avg} = \sqrt{\frac{V'^2 XY}{XY + 2T_g V'}} \quad (3)$$

V_{avg} merambat dari refraktor ke *geophone*. Sehingga memenuhi hukum *Snellius*:

$$i_c = \sin^{-1} \frac{V_{avg}}{V'} \quad (4)$$

Dari persamaan (4), V_{avg} identik dengan V_1 , sedangkan V' identik dengan V_2 .

Maka, kedalaman *geophone* (h) dapat dicari dengan :

$$h = \frac{T_g V_{avg}}{\cos i_c} \quad \text{atau} \quad h = \frac{T_g V_{avg} V'}{2\sqrt{V'^2 - V_{avg}^2}} \quad (5)$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, tahap akuisisi data seismik refraksi dilaksanakan dengan desain *survey* 4 bentangan lintasan di dua lokasi (sekitar tepi jalan raya dan sekitar perumahan warga), palu 8 kg dan landasannya (lempeng besi 10 kg) sebagai *source* atau sumber gelombang seismik, 3 *geophone* sebagai penerima gelombang seismik, panjang lintasan 30 meter, jarak spasi terdekat 1 meter dan jarak spasi terjauh 32 meter.

Berdasarkan akuisisi data seismik refraksi di lapangan diperoleh data penjaralan waktu (*travel time*) gelombang seismik. Data tersebut kemudian diplot ke dalam kurva *travel time* dan dianalisis nilai tersebut. Hasil dari perhitungan gelombang seismik menggunakan metode *Generalized Reciprocal Method* (GRM) diperoleh nilai fungsi analisa kecepatan dan fungsi *Time-Depth*. Kecepatan gelombang seismik pada lapisan pertama dan kecepatan gelombang seismik pada lapisan kedua serta didapatkan dari kurva *travel time*. Sehingga diperoleh kurva profil bawah permukaan untuk setiap lintasan.

Hasil yang diperoleh berupa nilai kecepatan rambat gelombang seismik refraksi dan nilai kedalaman bidang gelincir.

4.1.1 Kecepatan Rambat Gelombang Seismik Refraksi

Tabel 4.1. Data Kecepatan Rambat Gelombang Seismik Refraksi

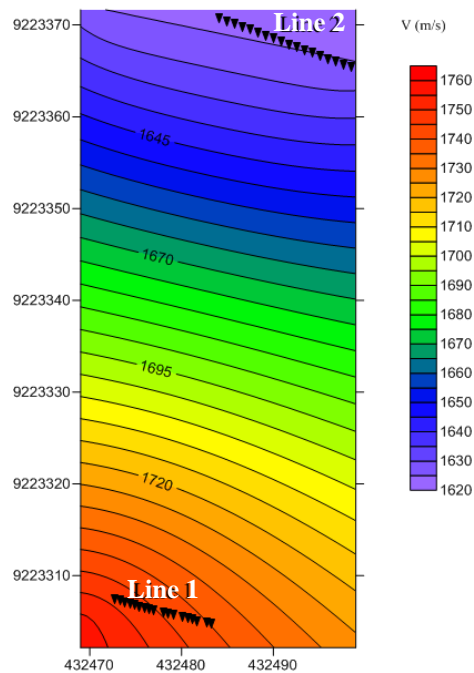
<i>Line</i>	V_1 (m/s)	V_2 (m/s)
1	1165,829	1718,75
2	1058,377	1527,778
3	478,944	1078,431
4	564,992	900,901

Dari hasil perhitungan dengan metode GRM diperoleh nilai kecepatan rambat gelombang seismik di bawah permukaan Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang yang ditunjukkan pada tabel 4.1. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai kecepatan rambat gelombang seismik refraksi untuk *line* 1 sebesar 1165,829 m/s pada lapisan pertama dan 1718,75 m/s pada lapisan kedua. Untuk *line* 2 sebesar 1058,377 m/s pada lapisan pertama dan 1527,778 m/s pada lapisan kedua. Untuk *line* 3 sebesar 478,944 m/s pada lapisan pertama dan 1078,431 m/s pada lapisan kedua. Dan untuk *line* 4 sebesar 564,992 m/s pada lapisan pertama dan 900,901 m/s untuk lapisan kedua.

Besarnya nilai kecepatan rambat gelombang yang mengalami perubahan menunjukkan adanya perbedaan litologi bawah permukaan dalam lapisan yang berbeda pula. Dengan demikian diindikasikan adanya bidang batas antara kedua lapisan tersebut yang disebut dengan bidang gelincir.

Dari nilai kecepatan rambat gelombang seismik refraksi tersebut diperoleh kedalaman masing – masing lapisan. Sehingga diketahui kedalaman bidang gelincir yang membatasi kedua lapisan yang berpotensi longsor.

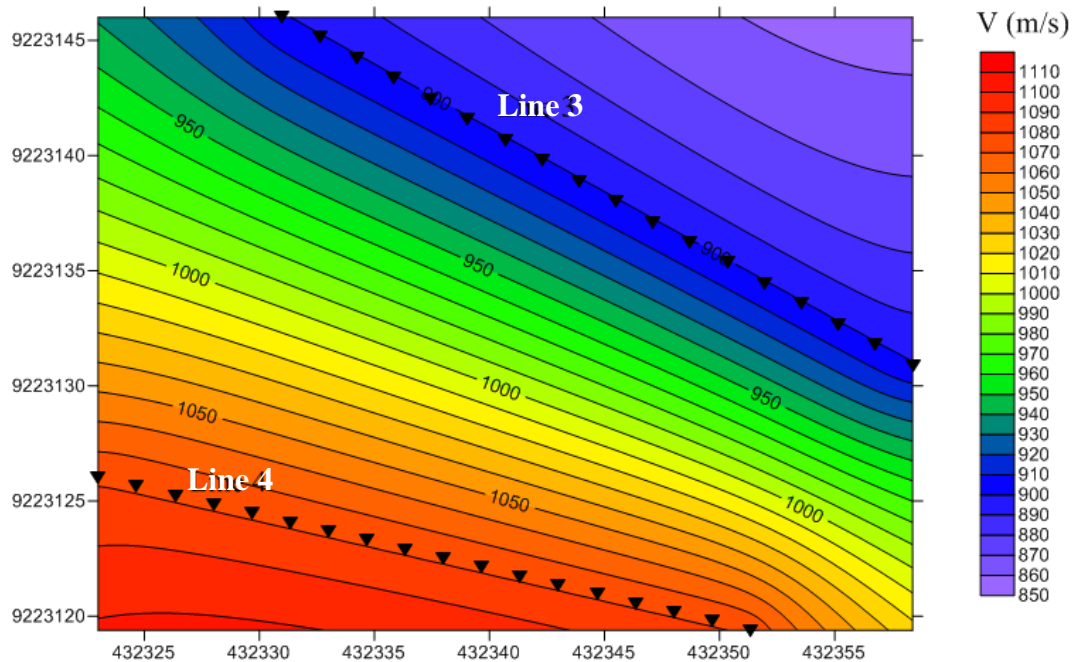
Line 1 dan *line 2* merupakan bentangan pada lapangan pertama (tepi jalan) sehingga diperoleh peta kontur kecepatan rambat gelombang seismik ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Peta kontur kecepatan rambat gelombang seismik lapangan pertama.

Berdasarkan peta kontur diatas diperoleh gambaran bahwa kondisi lapangan pertama (tepi jalan) memiliki nilai kecepatan rambat gelombang seismik dengan interval yang tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan keadaan bawah permukaan di lapangan tersebut diperkirakan potensi longsor yang terjadi jenis rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.

Sedangkan *line 3* dan *line 4* merupakan bentangan pada lapangan kedua. Sehingga diperoleh peta kontur kecepatan rambat gelombang seismik pada lapangan kedua (sekitar perumahan warga) ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Peta kontur kecepatan rambat gelombang seismik lapangan kedua.

Berdasarkan peta kontur diatas diperoleh gambaran bahwa kondisi lapangan kedua (sekitar perumahan warga) memiliki nilai kecepatan rambat gelombang seismik dengan interval tidak jauh berbeda pula. Sehingga menunjukkan keadaan bawah permukaan di lapangan tersebut diperkirakan potensi longsor yang terjadi jenis rayapan tanah. Akan tetapi memungkinkan terjadi longsor lebih awal daripada lapangan pertama karena memperhatikan kedalaman bidang gelincir pada lapangan kedua lebih dalam daripada lapangan pertama.

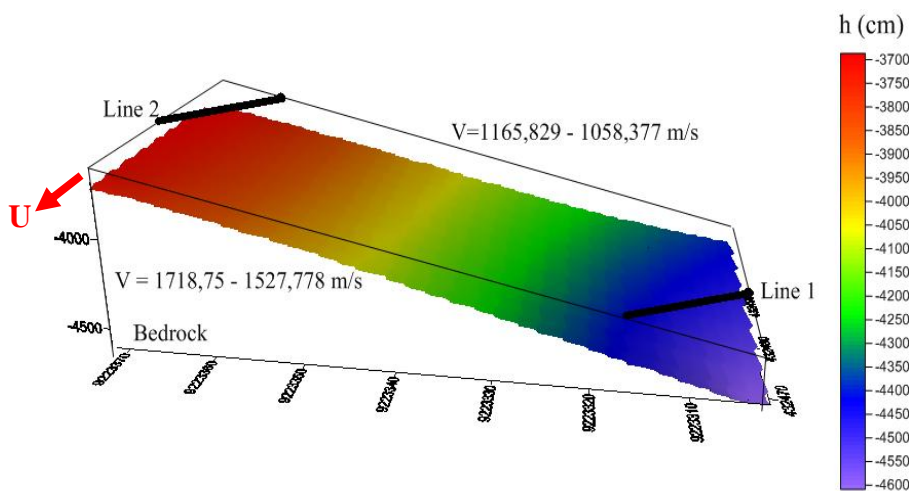
4.1.2 Kedalaman Bidang Gelincir Yang Berpotensi Longsor

Tabel 4.2. Data nilai kedalaman bidang gelincir dengan metode seismik refraksi.

<i>Line</i>	h (m)
1	4,607
2	3,712
3	6,215
4	3,136

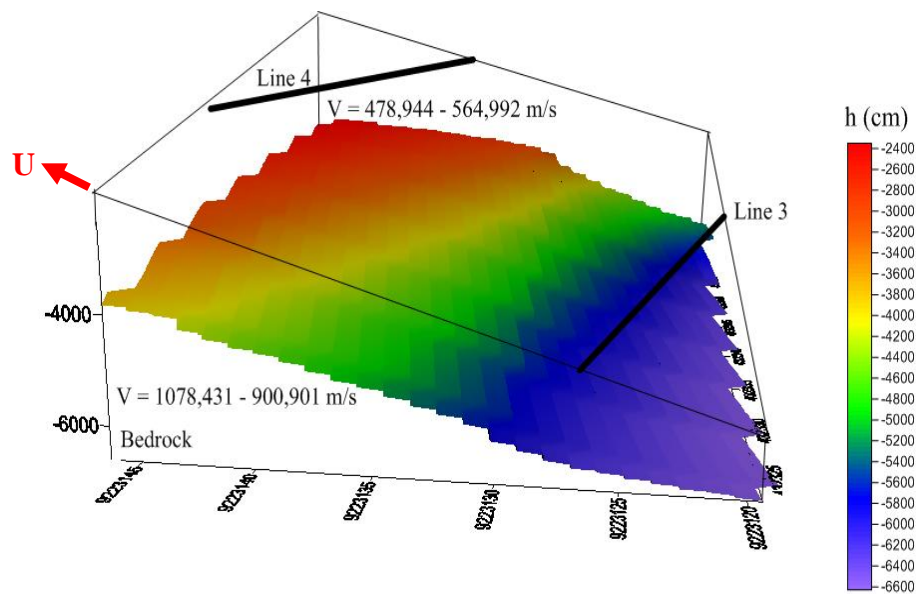
Dengan memperhatikan bahwa *line* 1 dan 2 mengambil posisi lapangan di sekitar tepi jalan raya. Sedangkan *line* 3 dan 4 yang mengambil posisi lapangan di sekitar perumahan warga. Sehingga memperoleh kontur kedalaman bidang gelincir yang berpotensi longsor di desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang.

Pada *line* 1 dan *line* 2 memperoleh nilai kedalaman bidang gelincir selisih 0,895 meter untuk *line* 1 menjangkau sekitar 0,895 meter lebih dalam daripada *line* 2. Penggambaran kondisi kondisi kedalaman bidang gelincir pada lapangan di sekitar perumahan warga lebih jelas ditampilkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Kedalaman bidang gelincir pada *line* 1 dan *line* 2.

Sedangkan pada *line 3* dan *line 4* memperoleh nilai kedalaman bidang gelincir dengan selisih 3,079 meter untuk *line 3* menjangkau dua kali lipat lebih besar dari nilai kedalaman pada *line 4*. Penggambaran kondisi kedalaman bidang gelincir pada lapangan di sekitar perumahan warga lebih jelas ditampilkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Kedalaman bidang gelincir pada *line 3* dan *line 4*.

Berdasarkan penggambaran kondisi kedalaman bidang gelincir bawah permukaan lapangan penelitian, dengan posisi bidang gelincir yang miring menunjukkan adanya potensi longsor yang kemungkinan terjadi. Berpacu pada arah mata angin lokasi penelitian maka dapat diidentifikasi bahwa potensi longsor yang terjadi di lapangan pertama (tepi jalan) permukaan tanah longsor ke arah barat secara perlahan. Sedangkan di lapangan kedua (sekitar perumahan warga) permukaan tanah longsor ke arah selatan secara perlahan pula.

4.1.3 Litologi bawah permukaan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, maka diketahui keadaan litologi bawah permukaan Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang yaitu pada *line* 1 berupa pasir (basah) dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 1165,829 m/s (lapisan pertama) dan tanah lempung dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 1718,75 m/s (lapisan kedua), pada *line* 2 berupa pasir (basah) dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 1058,377 m/s dan tanah lempung dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 1527,778 m/s. Pada *line* 3 berupa tanah urug dengan keadaan sesuai cuaca dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 478,944 m/s (lapisan pertama) dan tanah lempung dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 1078,431 m/s (lapisan kedua), pada *line* 4 berupa tanah urug dengan keadaan sesuai cuaca dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 564,992 m/s dan tanah lempung dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 900,901 m/s.

Dikarenakan *line* 1 dan 2 berada pada posisi dalam satu lapangan yaitu lapangan pertama (tepi jalan), sehingga litologi bawah permukaan kedua *line* saling berhubungan. Berdasarkan nilai kedalaman bidang gelincir yang telah diperoleh maka disebutkan bahwa litologi bawah permukaan pada lapangan pertama adalah pasir (basah) pada lapisan pertama dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 1058,377 m/s sampai dengan 1165,829 m/s pada kedalaman 3,712 m dan tanah lempung pada lapisan kedua dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 1527,778 m/s sampai dengan 1718,75 m/s pada kedalaman 4,607 m.

Sedangkan untuk *line* 3 dan 4 juga berada pada posisi dalam satu lapangan yaitu lapangan kedua (sekitar perumahan warga), sehingga litologi sehingga litologi bawah permukaan kedua *line* saling berhubungan pula. Berdasarkan nilai kedalaman bidang gelincir yang telah diperoleh maka disebutkan bahwa litologi bawah permukaan pada lapangan kedua adalah tanah urug dengan keadaan sesuai cuaca pada lapisan pertama dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 478,944 m/s sampai dengan 564,992 m/s pada kedalaman 3,136 m dan tanah lempung pada lapisan kedua dengan kecepatan rambat gelombang seismik sebesar 900,901 m/s sampai dengan 1078,431 m/s pada kedalaman 6,215 m.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh dugaan jenis material yang berada di bawah permukaan pada lapangan di sekitar tepi jalan diperoleh kecepatan rambat gelombang seismik sebagai berikut :

- (1) Lapisan pertama (1058,377 – 1165,829 m/s) dengan litologi berupa pasir (basah) pada kedalaman 3,712 – 4,607 m.
- (2) Lapisan kedua (1527,778 – 1718,75 m/s) dengan litologi berupa tanah lempung pada kedalaman berkisar > 4,607 m.

Pada lapangan di sekitar perumahan warga diperoleh kecepatan rambat gelombang seismik sebagai berikut :

- (1) Lapisan pertama (478,944 – 564,992 m/s) dengan litologi berupa tanah urug dengan kondisi sesuai cuaca pada kedalaman 3,136 – 6,215 m.

- (2) Lapisan kedua (900,901 – 1078,431 m/s) dengan litologi berupa tanah lempung pada kedalaman > 6,215 m.

Lokasi yang dideteksi berpotensi terjadinya tanah longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang adalah lokasi dekat perumahan warga dan permukaan tanah yang memungkinkan terjadi longsor dapat mencapai kedalaman 6,2 m atau lebih.

Hal ini sesuai dengan peta geologi Kota Semarang yang menunjukkan adanya batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan. Untuk mengetahui jenis material berdasarkan kecepatan gelombang seismik yang merambat dibawah permukaan dapat dilihat pada lampiran 3.

Kedalaman bidang gelincir pada lapangan sekitar tepi jalan mempunyai nilai yang hampir sama dengan didukung nilai kecepatan rambat gelombang seismik yang mempunyai interval yang hampir sama pula. Sedangkan kedalaman bidang gelincir pada lapangan sekitar perumahan warga mempunyai nilai yang jauh berbeda akan tetapi memiliki nilai kecepatan rambat gelombang seismik yang mempunyai interval yang hampir sama. Hal ini terjadi karena kondisi lapangan yang berbeda, dimana lapangan sekitar perumahan warga merupakan lereng yang lebih curam dibandingkan dengan lereng pada lapangan sekitar tepi jalan. Pada lapangan pertama (tepi jalan) diidentifikasi longsor kearah barat sedangkan pada lapangan kedua (sekitar perumahan warga) diidentifikasi longsor kearah selatan.

Memperhatikan litologi bawah permukaan, Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang berpotensi terjadinya longsor hingga kedalaman 6,215 m dengan jenis longsor rayapan tanah didukung dengan adanya tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah di lokasi penelitian tampak miring ke bawah.

Jadi dalam penelitian ini kemampuan metode seismik refraksi untuk mendeteksi potensi longsor di daerah rawan longsor yaitu Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang mampu menjangkau kedalaman 6,215 m. Dengan demikian metode seismik refraksi dapat diaplikasikan dalam mendeteksi potensi longsor di daerah rawan longsor. Akan tetapi alangkah baiknya apabila dapat dideteksi hingga lapisan ketiga atau lebih. Karena dapat dideteksi potensi yang lebih dalam, seperti hasil analisis stabilitas lereng yang dilakukan oleh Wiyono dan Atmoko (2009) dapat menjangkau hingga kedalaman 10 meter. Karena keterbatasan alat maka hasil penelitian ini hanya mampu mendeteksi dua lapisan dengan kedalaman hingga 6,215 meter.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa keadaan litologi bawah permukaan Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang adalah sebagai berikut.

- (1) Pasir (basah) dengan kecepatan rambat gelombang seismik 1058,377 m/s sampai dengan 1165,829 m/s pada kedalaman 3,712 m sampai dengan 4,607 m.
- (2) Tanah lempung dengan kecepatan rambat gelombang seismik 1527,778 m/s sampai dengan 1718,75 m/s pada kedalaman lebih dari 4,607 m.
- (3) Tanah urug dengan keadaan sesuai cuaca dengan kecepatan rambat gelombang seismik 478,944 m/s sampai dengan 564,992 m/s pada kedalaman 3,136 m sampai dengan 6,215 m.
- (4) Tanah lempung dengan kecepatan rambat gelombang seismik 900,901 m/s sampai dengan 1078,431 m/s pada kedalaman lebih dari 6,215 m.

Sedangkan mengenai bidang gelincir yang berpotensi longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunungpati Semarang dapat disimpulkan berada pada kedalaman 6,215 m di daerah sekitar perumahan warga. Dengan jenis longoran rayapan tanah dengan arah ke selatan.

5.2 Saran

Mengacu pada hasil akhir penelitian dan pembahasan diatas, penelitian ini masih harus disempurnakan. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya disarankan agar menambah panjang lintasan dan jumlah *line* agar memperoleh lebih banyak data.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfikri. 2011. <http://alfikritekimundip.blogspot.com/2011/12/profil-desa-deliksari.html>. Diakses 21 Nopember 2012.
- Juanita, Retno. 2011. <http://juanita.blog.uns.ac.id/files/2011/01/gelombang-seismik1.pdf>. Diakses 21 Nopember 2012.
- Jongmans, Denis. & Garambois, Stephane. 2007. **Geophysical Investigation of Landslides**. *Bulletin Societe Geologique de France* 178, 2. Hal-00196268.
- Kanao, Masaki., Yamada, Akira., Yamashita, Mikiya. 2012. **Characteristic Seismic Wave Associated With Cryosphere Dynamics in Eastern Dronning Maud Land, East Antartica**. *International Journal of Geophysics* Volume 2012, Article ID 389297, 19 pages, doi : 10.1155/2012/389297
- Narwold, C.F. & Owen, W.P. 2002. **Seismic Refraction Analysis of Landslides**. *Proceedings of the Geophysics Conference*, Los Angeles, California.
- Nurdiyanto, B., N, Drajat., S, Bambang., S, Pupung. 2011. **Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi**. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika* Volume 12 Nomor 3 - Desember 2011: 211 – 220.
- Priyantari, N. & Suprianto, A. 2009. **Penentuan Kedalaman Bedrock Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember**, *Jurnal ILMU DASAR* Vol. 10 No.1 . 2009: 6 – 12.
- Reynolds, M.J. 1997. **An Introduction to Applied and Environmental Geophysics**. John Wiley & Sons Ltd. England.
- Rucker, M.L. 2006. **Integrating Seismic Refraction And Surface Wave Data Collection And Interpretation For Geotechnical Site Characterization**. Geophysics Conference, St. Louis, Missouri, USA.

- Soedarsono. 2012. **Kondisi Geologi Dan Geomorfologi Kaitannya Dengan Degradasi Lingkungan Di Kota Semarang.** *Jurnal Lingkungan Sultan Agung* Vol 1. No 01.
- Somantri, Lili. 2008. **Kajian Mitigasi Bencana Longsor Lahan Dengan Menggunakan Teknologi Pengindraan Jauh.** Makalah Seminar Ikatan Geografi Indonesia. 22 – 23 Nopember 2008. Padang.
- Susilawati. 2004. **Seismik refraksi (dasar teori dan akuisisi data),** USU Digital Library.
- Telford, M.W., Geldart, L.P., Sheriff, R.E, & Keys, D.A. (1976). *Applied geophysics*, New York: Cambridge University Press.
- Tipler, Paul. A; alih bahasa, Bambang Soegijono; editor, Wibi Hardani. 2001. **Fisika Untuk Sains Dan Teknik.** Jakarta: Erlangga.
- UPN. 2012. **Panduan Praktikum Seismik Refraksi.** Laboratorium Geofisika Eksplorasi, Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran”, Yogyakarta. (*Unpublised*).
- Wang, Chien-Ying., Ger, Mang-Long., Chen, Yi-Ling. 2004. **Investigating Subsurface Structures and P- and S-wave Velocities in the Taipei Basin.** *TAO*, Vol. 15, No. 4, 609-627, November 2004.
- Windraswara,R. & Widowati,E. 2010. **Penerapan Cbdp (Community Based Disaster Preparedness) Dalam Mengantisipasi Bencana Tanah Longsor Di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang.** *Journal Unnes Rekayasa* Vol 8, No. 2.
- Wiyono, N.E., & Atmoko, Widi. 2009. **Tugas Akhir : Studi Analisis Stabilitas Lereng Terhadap Bahaya Longsor di Desa Deliksari Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Pengolahan Data Seismik Refraksi

Line 1

Jenis bentangan = *In Line* , Panjang lintasan = 30 meter

Near offset = 1 meter , *Far offset* = 32 meter

Arah lintasan = N 260° E

Waktu Pengambilan data at 09:56:11 A.M.

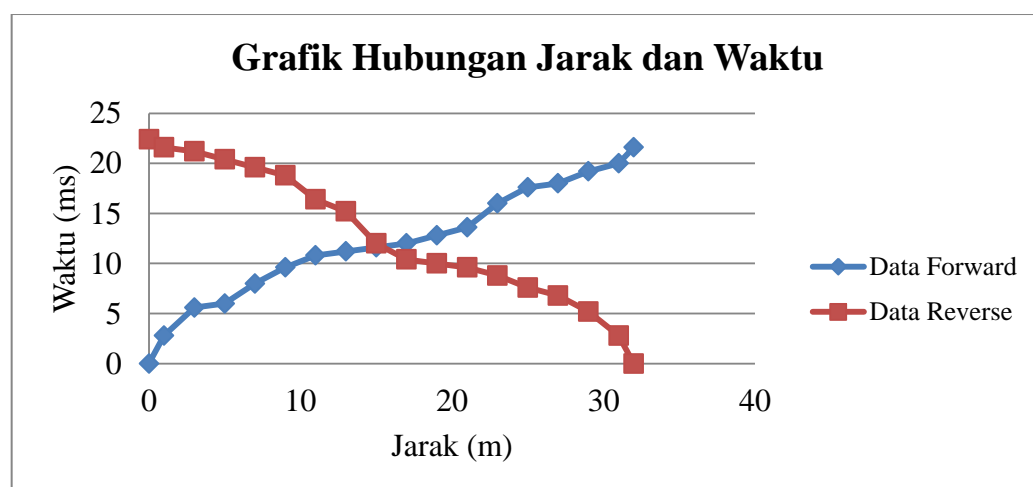
Tabel Data Lapangan

<i>Offset</i>	<i>Time Forward</i>			<i>Time Reverse</i>		
0	0			0		
1	14			14		
3	28	28		26	22	
5	32	30	30	34	26	38
7	46	48	40	32	44	38
9	54	48	56	50	44	40
11	54	72	58	48	44	42
13	82	72	56	50	46	44
15	84	68	58	50	52	48
17	76	74	60	60	52	52
19	90	64	64	76	74	62
21	68	76	80	82	74	76
23	80	88	80	80	94	78
25	102	88	88	98	102	86
27	102	98	90	114	102	90
29	102	106	96	106	92	98
31	114	100		102	108	
32	108			112		

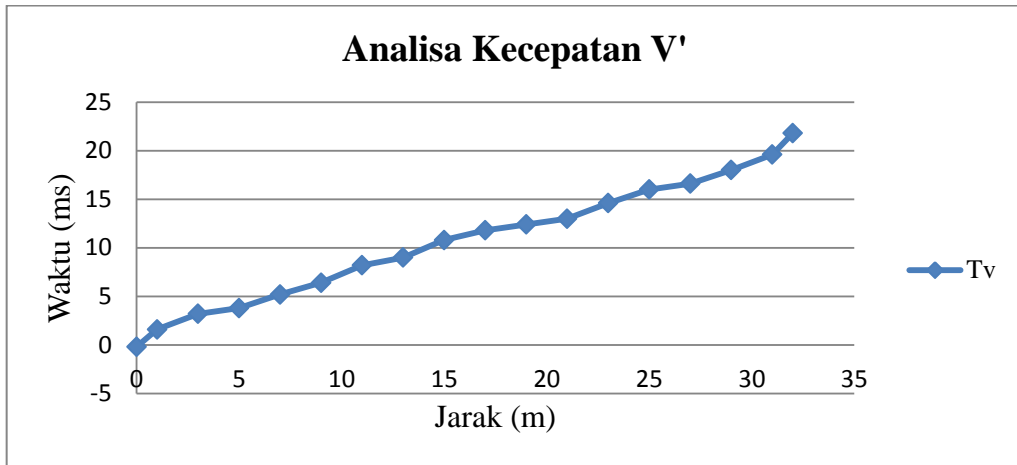
Tabel Lembar pengolahan data metode GRM

Offset (m)	Time Forward (ms)	Time Reverse (ms)	Tv (ms)	Tg (ms)	h (m)
0	0	22.4	-0.2	0.198862	0.286356
1	2.8	21.6	1.6	1.198862	1.726513
3	5.6	21.2	3.2	2.398862	3.454703
5	6	20.4	3.8	2.198862	3.166671
7	8	19.6	5.2	2.798862	4.030766
9	9.6	18.8	6.4	3.198862	4.606829
11	10.8	16.4	8.2	2.598862	3.742734
13	11.2	15.2	9	2.198862	3.166671
15	11.6	12	10.8	0.798862	1.15045
17	12	10.4	11.8	0.198862	0.286356
19	12.8	10	12.4	0.398862	0.574387
21	13.6	9.6	13	0.598862	0.862419
23	16	8.8	14.6	1.398862	2.014545
25	17.6	7.6	16	1.598862	2.302577
27	18	6.8	16.6	1.398862	2.014545
29	19.2	5.2	18	1.198862	1.726513
31	20	2.8	19.6	0.398862	0.574387
32	21.6	0	21.8	-0.20114	

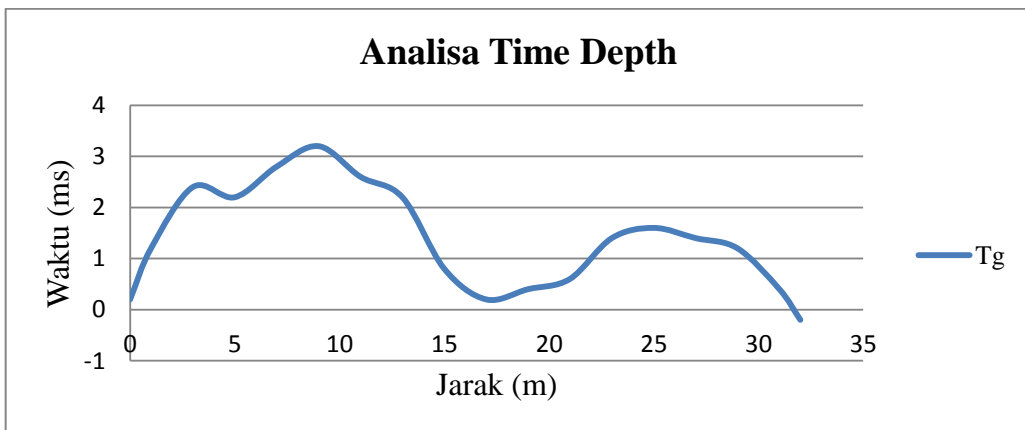
T AB	XY obs	V'	\bar{T}_g	V _{avg}	i _c	cos i _c
22	4	1718.75	1.365528	1165.829	35.95143	0.809515



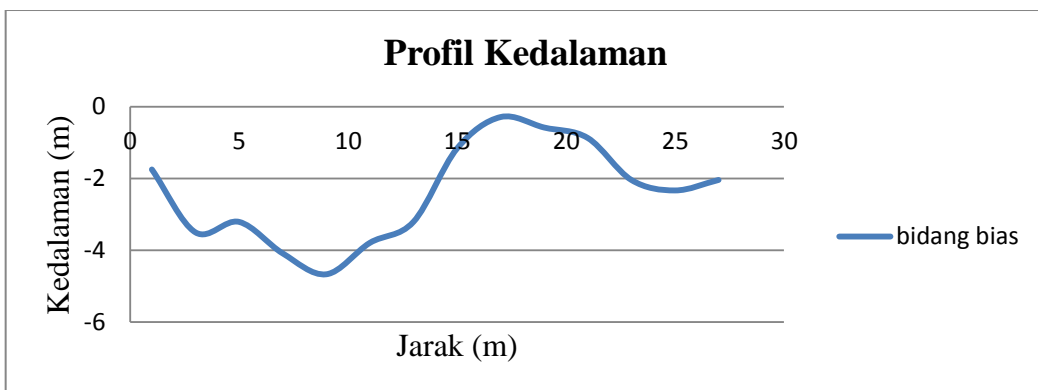
Gambar grafik hubungan jarak dan waktu



Gambar grafik hubungan jarak dan Tv



Gambar grafik hubungan jarak dan Tg



Gambar grafik hubungan jarak dan h

Line 2

Jenis bentangan = *In Line* ,Panjang lintasan = 30 meter

Near offset = 1 meter ,*Far offset* = 32 meter

Arah lintasan = N 255° E

Waktu Pengambilan data at 11:23:07 A.M.

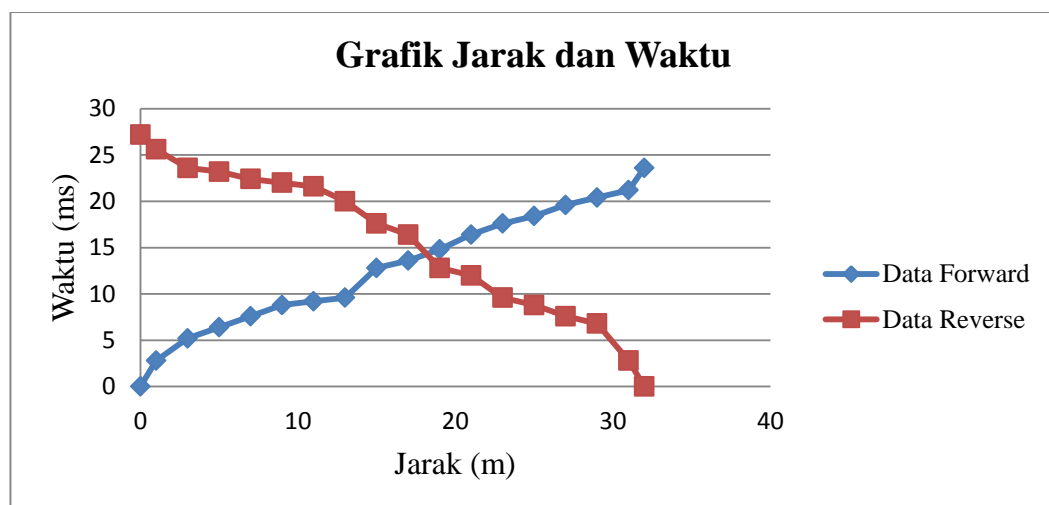
Tabel Data Lapangan

Offset	Time Forward			Time Reverse		
0	0			0		
1	14			14		
3	26	42		30	34	
5	50	62	32	56	38	38
7	68	38	34	44	44	60
9	44	38	38	48	64	60
11	42	58	46	70	86	60
13	76	64	48	108	64	82
15	74	64	64	70	86	82
17	106	96	68	106	88	76
19	126	96	74	106	100	98
21	124	84	82	128	108	108
23	96	92	88	120	118	110
25	98	96	92	126	118	112
27	110	104	98	130	118	116
29	118	104	102	130	132	118
31	118	106		156	128	
32	118			136		

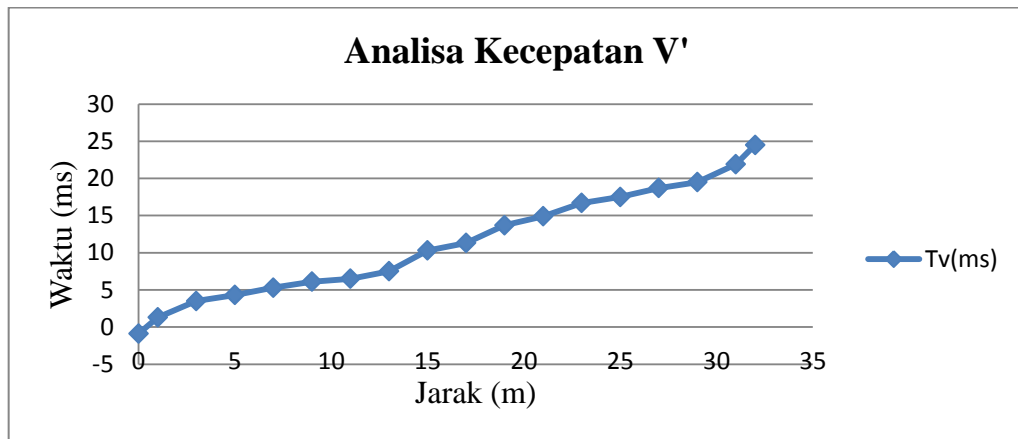
Tabel Lembar pengolahan data metode GRM

<i>Offset</i> (m)	<i>Time Forward</i> (ms)	<i>Time Reverse</i> (ms)	Tv (ms)	Tg (ms)	h (m)
0	0	27.2	-0.9	0.898769	1.236085
1	2.8	25.6	1.3	1.498769	2.061341
3	5.2	23.6	3.5	1.698769	2.336427
5	6.4	23.2	4.3	2.098769	2.886598
7	7.6	22.4	5.3	2.298769	3.161684
9	8.8	22	6.1	2.698769	3.711855
11	9.2	21.6	6.5	2.698769	3.711855
13	9.6	20	7.5	2.098769	2.886598
15	12.8	17.6	10.3	2.498769	3.436769
17	13.6	16.4	11.3	2.298769	3.161684
19	14.8	12.8	13.7	1.098769	1.51117
21	16.4	12	14.9	1.498769	2.061341
23	17.6	9.6	16.7	0.898769	1.236085
25	18.4	8.8	17.5	0.898769	1.236085
27	19.6	7.6	18.7	0.898769	1.236085
29	20.4	6.8	19.5	0.898769	1.236085
31	21.2	2.8	21.9	-0.70123	-0.9646
32	23.6	0	24.5	-0.90123	-1.23969

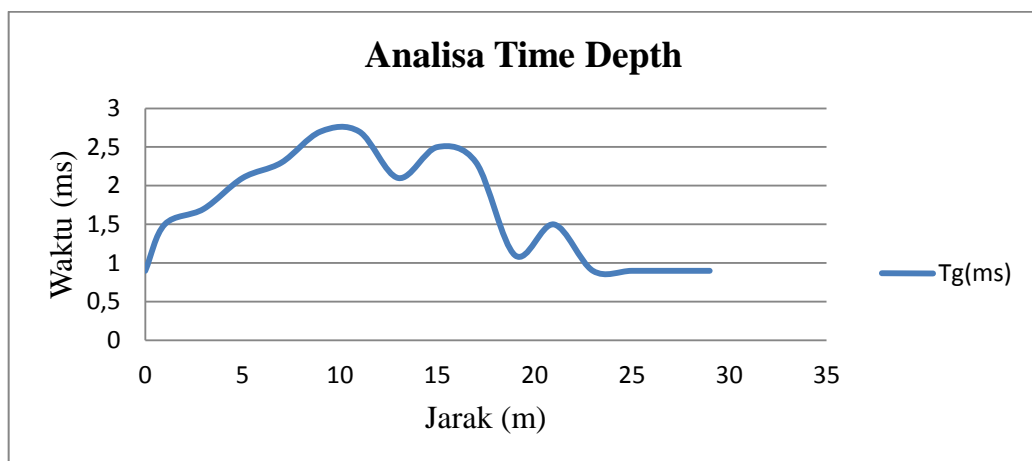
T AB	XY obs	V'	$\overline{T_g}$	V _{avg}	i _c	cos i _c
25.4	4	1527.778	1.436269	1058.377	38.9221	0.778001



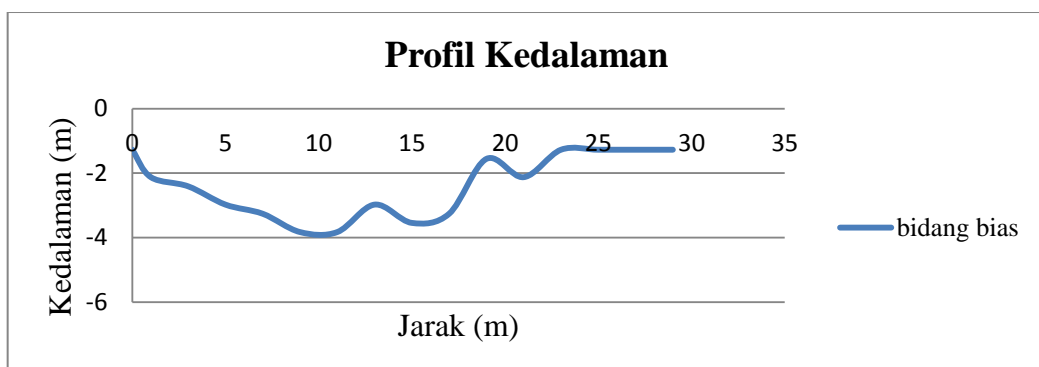
Gambar grafik hubungan jarak dan waktu



Gambar grafik hubungan jarak dan Tv



Gambar grafik hubungan jarak dan Tg



Gambar grafik hubungan jarak dan h

Line 3

Jenis bentangan = *In Line* ,Panjang lintasan = 32 meter

Near offset = 1 meter ,*Far offset* = 32 meter

Arah lintasan = N 115° E

Waktu Pengambilan data at 02:52:11 P.M.

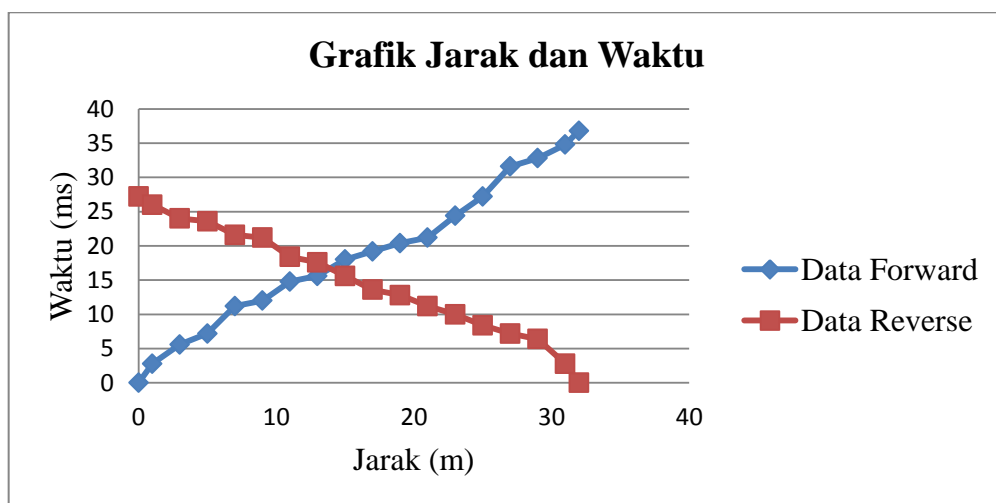
Tabel Data Lapangan

Offset	Time Forward			Time Reverse		
0	0			27.2		
1	2.8			26.8	26	
3	5.6	6.4		27.6	23.6	24
5	7.2	9.6	11.2	27.6	23.6	22
7	12	14.8	11.2	27.2	23.6	21.6
9	18.4	14.8	12	21.2	23.6	21.6
11	18.4	14.8	15.2	22.4	18.4	22
13	18.4	18.4	15.6	22.4	17.6	16.4
15	22.4	18.8	18	22.4	18.4	15.6
17	22.8	19.2	20	16	18.4	13.6
19	22.8	29.6	20.4	15.6	13.2	12.8
21	35.6	24	21.2	11.6	12.4	11.2
23	25.2	24.4	28.4	12	10	10
25	35.2	30.8	27.2	8.4	10	7.6
27	34.8	36.4	31.6	8.4	7.2	7.2
29	45.2	33.2	32.8	6.4	6	
31	36.8	34.8		2.8		
32	36.8			0		

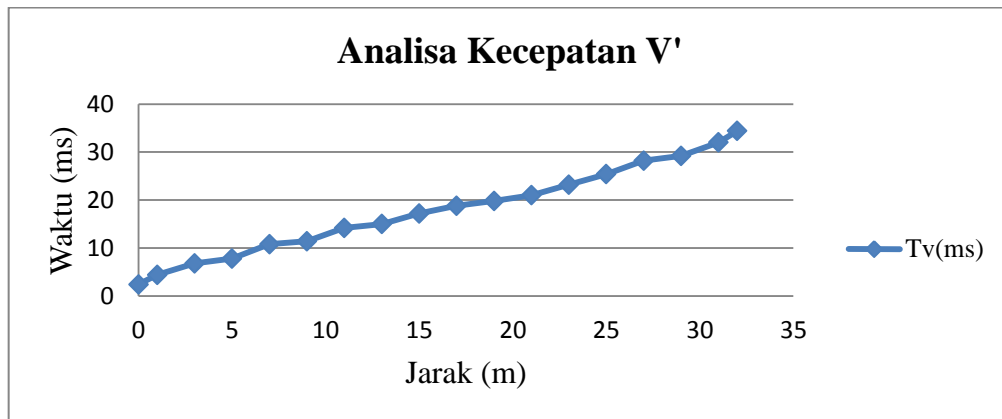
Tabel Lembar pengolahan data metode GRM

<i>Offset</i> (m)	<i>Time Forward</i> (ms)	<i>Time Reverse</i> (ms)	Tv(ms)	Tg (ms)	h (m)
0	0	27.2	2.4	13.59815	7.16389
1	2.8	26	4.4	12.99815	6.847793
3	5.6	24	6.8	11.99815	6.320965
5	7.2	23.6	7.8	11.79815	6.215599
7	11.2	21.6	10.8	10.79815	5.68877
9	12	21.2	11.4	10.59815	5.583405
11	14.8	18.4	14.2	9.198145	4.845845
13	15.6	17.6	15	8.798145	4.635114
15	18	15.6	17.2	7.798145	4.108285
17	19.2	13.6	18.8	6.798145	3.581457
19	20.4	12.8	19.8	6.398145	3.370725
21	21.2	11.2	21	5.598145	2.949262
23	24.4	10	23.2	4.998145	2.633165
25	27.2	8.4	25.4	4.198145	2.211703
27	31.6	7.2	28.2	3.598145	1.895605
29	32.8	6.4	29.2	3.198145	1.684874
31	34.8	2.8	32	1.398145	0.736583
32	36.8	0	34.4	-0.00185	-0.00098

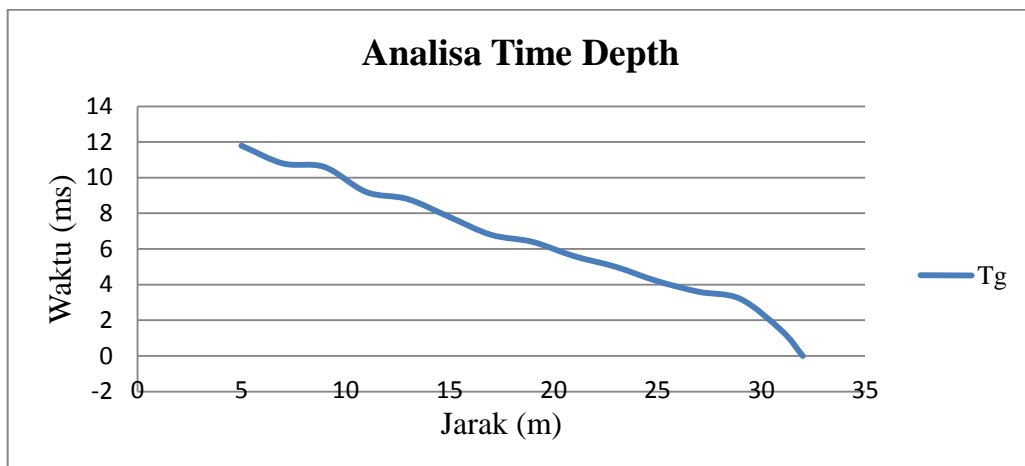
T AB	XY obs	V'	\bar{T}_g	V _{avg}	i _c	cos i _c
25.4	4	1078,431	7,548145	478,944	24,618	0,909



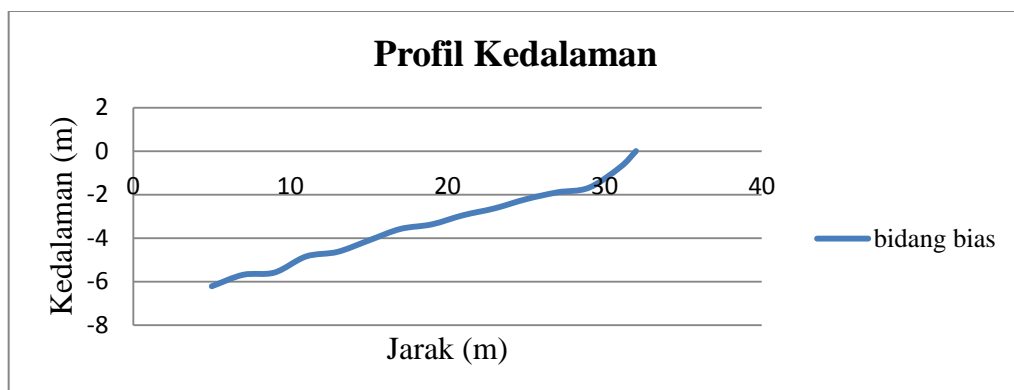
Gambar grafik hubungan jarak dan waktu



Gambar grafik hubungan jarak dan Tv



Gambar grafik hubungan jarak dan Tg



Gambar grafik hubungan jarak dan h

Line 4

Jenis bentangan = *In Line* ,Panjang lintasan = 30 meter

Near offset = 1 meter ,*Far offset* = 32 meter

Arah lintasan = N 115° E

Waktu Pengambilan data at 04:52:18 P.M.

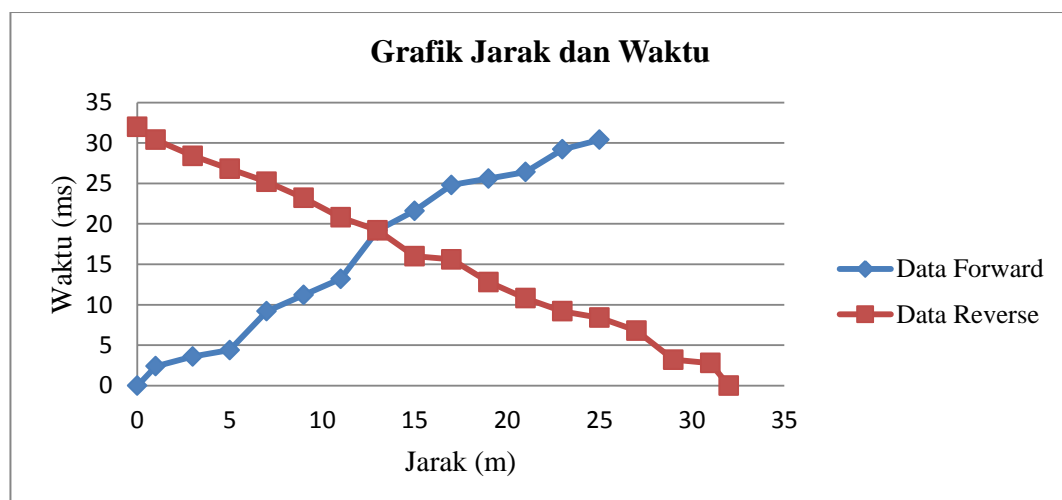
Tabel Data Lapangan

Offset	Time Forward			Time Reverse		
0	0			3.2		
1	0.24			3.04		
3	0.36	0.68		2.84		
5	0.44	0.92	0.68	2.68		
7	1.08	0.92	1.2	2.56	2.52	
9	1.12	1.24	1.2	2.28	2.12	2.32
11	1.32	1.24	1.32	1.96	2.08	1.96
13	1.36	1.36	1.92	1.6	1.48	1.92
15	1.44	2.16	2.32	1.6	1.52	1.36
17	2.52	2.76	2.48	1.56	1.48	1.24
19	2.88	2.8	2.56	1.28	1.24	1.12
21	3.2	2.92	2.64	1	0.96	1.08
23	3.24	2.96	2.92	1.44	0.92	0.88
25	3.28	3.04	3.12	0.68	1.08	0.84
27	3.44	3.44	3.28	0.96	0.44	0.68
29	3.68	3.72	3.72	0.72	0.32	
31	3.92	4.04		0.28		
32	4.6					

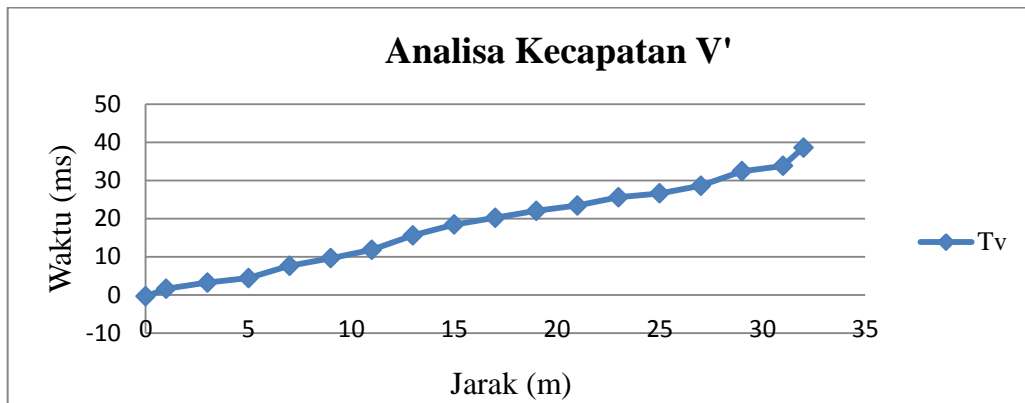
Tabel Lembar pengolahan data metode GRM

<i>Offset</i> (m)	<i>Time Forward</i> (ms)	<i>Time Reverse</i> (ms)	Tv (ms)	Tg (ms)	h (m)
0	0	32	-0.4	0.3978	0.271364
1	2.4	30.4	1.6	0.7978	0.544229
3	3.6	28.4	3.2	0.3978	0.271364
5	4.4	26.8	4.4	-0.0022	-0.0015
7	9.2	25.2	7.6	1.5978	1.089958
9	11.2	23.2	9.6	1.5978	1.089958
11	13.2	20.8	11.8	1.3978	0.953526
13	19.2	19.2	15.6	3.5978	2.454282
15	21.6	16	18.4	3.1978	2.181418
17	24.8	15.6	20.2	4.5978	3.136444
19	25.6	12.8	22	3.5978	2.454282
21	26.4	10.8	23.4	2.9978	2.044985
23	29.2	9.2	25.6	3.5978	2.454282
25	30.4	8.4	26.6	3.7978	2.590715
27	32.8	6.8	28.6	4.1978	2.86358
29	36.8	3.2	32.4	4.3978	3.000012
31	39.2	2.8	33.8	5.3978	3.682174
32	46	0	38.6	7.3978	5.046498

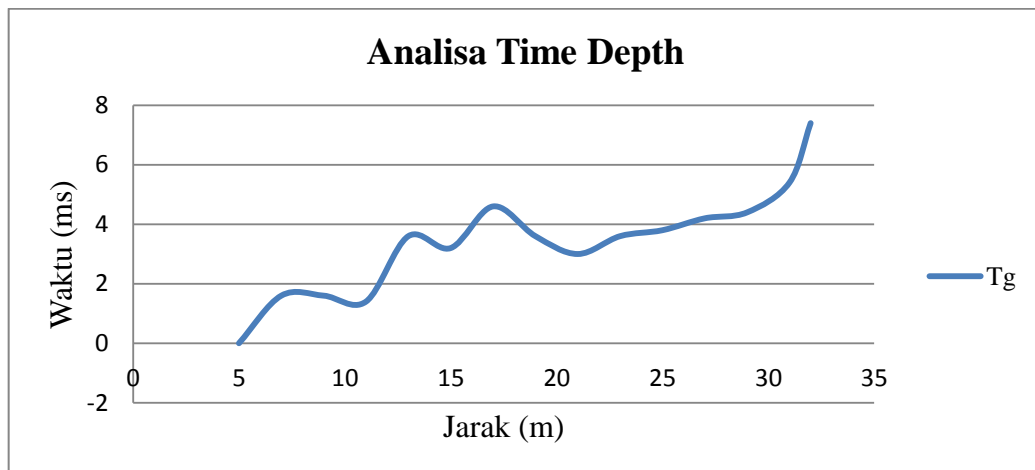
T AB	XY obs	V'	$\overline{T_g}$	V _{avg}	i _c	cos i _c
31.2	4	900.9009	3.424447	564.9927	33.62305	0.832699



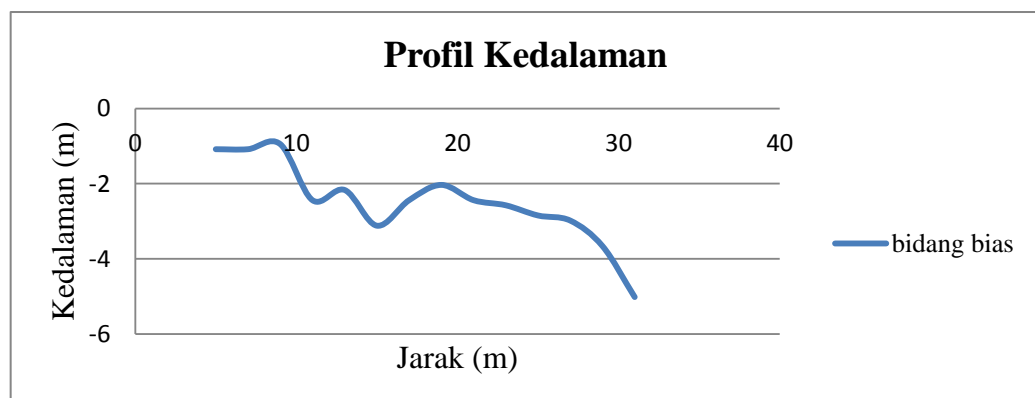
Gambar grafik hubungan jarak dan waktu



Gambar grafik hubungan jarak dan Tv



Gambar grafik hubungan jarak dan Tg



Gambar grafik hubungan jarak dan h

Worksheet software surfer ver.10

Line 1

X (koordinat X <i>geophone</i>)	Y (koordinat Y <i>geophone</i>)	Z (nilai V2)
432450	9223305	1756.757
432451	9223305	1756.757
432452	9223305	1756.757
432453	9223305	1756.757
432454	9223304	1756.757
432455	9223304	1756.757
432456	9223304	1756.757
432457	9223304	1756.757
432458	9223304	1756.757
432460	9223304	1756.757
432461	9223303	1756.757
432462	9223303	1756.757
432464	9223303	1756.757
432465	9223303	1756.757
432466	9223303	1756.757
432467	9223303	1756.757
432469	9223302	1756.757
432470	9223302	1756.757

Line 2

X (koordinat X <i>geophone</i>)	Y (koordinat Y <i>geophone</i>)	Z (nilai V2)
432499	9223366	1625
432497	9223366	1625
432496	9223367	1625
432494	9223367	1625
432493	9223367	1625
432491	9223368	1625
432489	9223368	1625
432488	9223368	1625
432486	9223369	1625
432485	9223369	1625
432483	9223369	1625
432481	9223370	1625
432480	9223370	1625
432478	9223370	1625
432476	9223371	1625
432475	9223371	1625
432473	9223371	1625
432472	9223372	1625

Line 3

X (koordinat X <i>geophone</i>)	Y (koordinat Y <i>geophone</i>)	Z (nilai V2)
432323	9223126	1078.431
432324	9223125	1078.431
432326	9223125	1078.431
432328	9223124	1078.431
432329	9223124	1078.431
432331	9223124	1078.431
432333	9223123	1078.431
432334	9223123	1078.431
432336	9223122	1078.431
432338	9223122	1078.431
432339	9223121	1078.431
432341	9223121	1078.431
432343	9223121	1078.431
432344	9223120	1078.431
432346	9223120	1078.431
432348	9223120	1078.431
432349	9223119	1078.431
432351	9223119	1078.431

Line 4

X (koordinat X <i>geophone</i>)	Y (koordinat Y <i>geophone</i>)	Z (nilai V2)
432331	9223146	900.9009
432332	9223145	900.9009
432334	9223144	900.9009
432335	9223143	900.9009
432337	9223142	900.9009
432339	9223141	900.9009
432340	9223140	900.9009
432342	9223139	900.9009
432343	9223138	900.9009
432345	9223138	900.9009
432347	9223137	900.9009
432348	9223136	900.9009
432350	9223135	900.9009
432351	9223134	900.9009
432353	9223133	900.9009
432355	9223132	900.9009
432356	9223131	900.9009
432358	9223130	900.9009

Worksheet software surfer ver.10

Line 1 dan line 2

X (koordinat X <i>geophone</i>)	Y (koordinat Y <i>geophone</i>)	Z (nilai V2)
432450	9223305	1756.757
432451	9223305	1756.757
432452	9223305	1756.757
432453	9223305	1756.757
432454	9223304	1756.757
432455	9223304	1756.757
432456	9223304	1756.757
432457	9223304	1756.757
432458	9223304	1756.757
432460	9223304	1756.757
432461	9223303	1756.757
432462	9223303	1756.757
432464	9223303	1756.757
432465	9223303	1756.757
432466	9223303	1756.757
432467	9223303	1756.757
432469	9223302	1756.757
432470	9223302	1756.757
432499	9223366	1625
432497	9223366	1625
432496	9223367	1625
432494	9223367	1625
432493	9223367	1625
432491	9223368	1625
432489	9223368	1625
432488	9223368	1625
432486	9223369	1625
432485	9223369	1625
432483	9223369	1625
432481	9223370	1625
432480	9223370	1625
432478	9223370	1625
432476	9223371	1625
432475	9223371	1625
432473	9223371	1625
432472	9223372	1625
432450	9223305	1625

Line 3 dan line 4

X (koordinat X <i>geophone</i>)	Y (koordinat Y <i>geophone</i>)	Z (nilai V2)
432323	9223126	1078.431
432324	9223125	1078.431
432326	9223125	1078.431
432328	9223124	1078.431
432329	9223124	1078.431
432331	9223124	1078.431
432333	9223123	1078.431
432334	9223123	1078.431
432336	9223122	1078.431
432338	9223122	1078.431
432339	9223121	1078.431
432341	9223121	1078.431
432343	9223121	1078.431
432344	9223120	1078.431
432346	9223120	1078.431
432348	9223120	1078.431
432349	9223119	1078.431
432351	9223119	1078.431
432331	9223146	900.9009
432332	9223145	900.9009
432334	9223144	900.9009
432335	9223143	900.9009
432337	9223142	900.9009
432339	9223141	900.9009
432340	9223140	900.9009
432342	9223139	900.9009
432343	9223138	900.9009
432345	9223138	900.9009
432347	9223137	900.9009
432348	9223136	900.9009
432350	9223135	900.9009
432351	9223134	900.9009
432353	9223133	900.9009
432355	9223132	900.9009
432356	9223131	900.9009
432358	9223130	900.9009

Lampiran 2

Spesifikasi *Seismograph OYO McSeis-SX 3 channel*



<General>

The McSEIS-3 is a hand-held type 3 channel seismograph down sized to palmtop level. Seismic waveforms are observed on a large LCD screen for easy and accurate picking of first arrivals. All the necessary function for shallow seismic survey system such as signal enhancement, digital recording etc. are integrated in a compact box.

The McSEIS-3 is suitable for seismic velocity measurement, downhole velocity logging, shallow seismic refraction survey, and other engineering application.

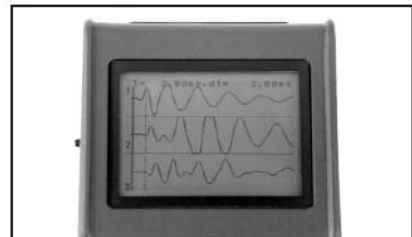
<Specifications>

No. of channels	: 3
Gain	: 64x, 160x, 400x, 1000x
Frequency	: 10 - 250 Hz 10 - 2000 Hz
Input resolution	: 8 bit
Sample rates	: 20, 50, 100, 200, 500 μ s
Input impedance	: 20 k Ω
Memory	: 980 words / channel
LCD	: 192 \times 128 dots (77.5 \times 54.0 mm)
Digital I/O	: RS-232C
IC card (option)	: JEIDA standard S-RAM 256K, \sim 4 M bytes
Power supply	: 6 VDC, by 4 \times AA size cells
Operating temperature	: 0 - 50 $^{\circ}$ C
Dimensions	: (W)110 \times (H)222 \times (T)77 mm
Weight	: 2 kg

<Features>

- 3 channel integrated compact seismograph
- Hi-speed digital sampling to 20 micro seconds for high resolution measurement.
- IC RAM card (JEIDA standard) for data storage and replay.
- Ordinary 4 AA size cell battery for power supply.
- RS-232C digital serial link to a PC or an external printer.
- Suited for one man operation.

■ LCD Display



■ Carrying case



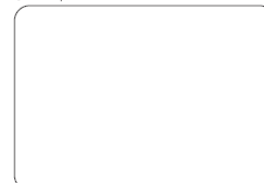
OYO
oyo corporation



● TSUKUBA TECHNICAL RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER
INSTRUMENTS DIVISION
43 Miyukigaoka, Tsukuba, Ibaraki 305-0841, JAPAN
PHONE: +81-(0)298-51-6621 FAX: +81-(0)298-51-7280
URL: <http://www.oyo.co.jp>

● HEAD OFFICE
2-6 Kudanbitchi 4-choume, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0073, JAPAN
PHONE: +81-(0)3-3234-0811 FAX: +81-(0)3-3282-5189

● Your representative



Lampiran 3

DATA JENIS MATERIAL

Approximate range of velocities of longitudinal waves for representative materials found in the earth's crust :

A. Classification According to Material

Material	Velocity	
	Ft/sec	m/sec
Weathered surface material	1000 – 2000	305 – 610
Gravel, rubble, or sand (dry)	1500 – 3000	468 – 915
Sand (wet)	2000 – 6000	610 – 1830
Clay	3000 – 9000	915 – 2750
Water (depending on temperature and salt content)	4700 – 5500	1430 – 1600
Sea water	4800 – 5000	1460 – 1530
Sandstone	6000 – 13000	1830 – 3970
Shale	9000 – 14000	2750 – 4270
Chalk	6000 – 13000	1830 – 3970
Limestone	7000 – 20000	2140 – 6100
Salt	14000 – 17000	4270 – 5190
Granite	15000 – 19000	4500 – 5800
Metamorphic rocks	10000 – 23000	3050 – 7020
Icc	12050	

B. Classification According to Geologic Age

Age	Type of Rock	Velocity	
		Ft/sec	m/sec
Quaternary	Sediments (various degrees of consolidation)	1000 – 7500	305 – 2250
Tertiary	Consolidated Sediments	5000 – 14000	1530 – 4220
Mesozoic	Consolidated Sediments	6000 – 19500	1830 – 5950
Paleozoic	Consolidated Sediments	6500 – 19500	1980 – 5950
Archeozoic	Various	12500 – 23000	3810 – 7020

C. Classification According to Depth

	0 – 2000 ft (0 – 600 m) Ft/sec	2000 – 3000 ft (600 – 900 m) Ft/sec	3000 – 4000 ft (900 – 1200 m) Ft/sec
Devonian	13300	13400	13500
Pennsylvanian	9500	11200	11700
Permian	8500	10000
Cretaceous	7400	9300	10700
Eocene	7100	9000	10100
Pleistocene to Oligocene	6500	7200	8100

Lampiran 4

DOKUMENTASI PROSES PENELITIAN



1. Lokasi Lapangan Penelitian

4. Pemasangan *Trigger* pada landasan Palu

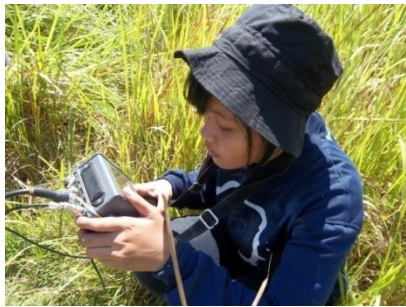
2. Persiapan

5. Pemasangan *geophone*

3. Pengukuran



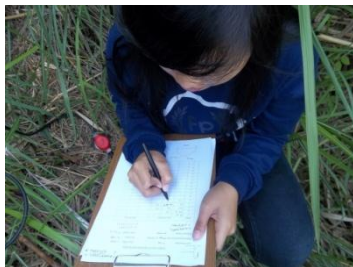
6. Membuat sumber gelombang dengan palu pasak bumi yang dipukulkan pada landasannya



7. Pembacaan gelombang seismik pada alat seismik refraksi *OYO*.



10. Akuisisi data seismik refraksi untuk line 2



8. Mencatat data *travel time* gelombang P



11. Akuisisi data seismik refraksi untuk line 3



9. Akuisisi data seismik refraksi untuk line 1



12. Akuisisi data seismik refraksi untuk line 5



Makan bersama

