

LAPORAN PENELITIAN

**PENELITIAN PEMBINAAN
/PENINGKATAN KAPASITAS**

**PENENTUAN DAERAH POTENSI GEOTHERMAL
DENGANMENGUNAKAN
METODE SEISMIK DI MADINA**



PENELITI

Nazaruddin Nasution, M.Pd

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT (LP2M) UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
SUMATERA UTARA MEDAN**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

- a. Judul Penelitian : Penentuan Daerah Potensi Geothermal Dengan Menggunakan Metode Seismik Di Madina.
- b. Kluster Penelitian : Penelitian Pembinaan/ Peningkatan Kapasitas.
- c. Bidang Keilmuan : Fisika
- d. Kategori : Kelompok
1. Peneliti : Nazaruddin Nasution, M.Pd
2. ID Peneliti : 202104870310000 (ketua)
3. Unit Kerja : Prodi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan
4. Waktu Penelitian : mei s/d oktober 2019
5. Lokasi Penelitian : Mandailing Natal
6. Biaya Penelitian : Rp. 15.000.000,- (Lima Belas Juta Rupiah)

Medan, November 2018

Disahkan oleh Ketua
Lembaga Penelitian dan Pengabdian
kepada Masyarakat (LP2M) UIN
Sumatera Utara Medan

Peneliti,
Ketua

Prof.Dr. Pagar, m.Ag
NIP. 195812311988031016

Nazaruddin Nst, M.Pd
NIB 1100000070

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Nazaruddin Nasution, M.Pd
Jabatan : Dosen / Asisten Ahli
Unit Kerja : Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN
Sumatera Utara
Alamat : Jln IAIN No 1 Medan Timur

dengan ini menyatakan bahwa:

1. Judul penelitian **“Penentuan Daerah Potensi Geothermal Dengan Menggunakan Metode Seismik Di Madina ”** merupakan karya orisinal saya.
2. Di kemudian hari ditemukan fakta bahwa judul, hasil atau bagian dari laporan penelitian saya merupakan karya orang lain dan/atau plagiasi, maka saya akan bertanggung jawab untuk mengembalikan 100% dana hibah penelitian yang telah saya terima, dan siap mendapatkan sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Medan, November 2018
Yang Menyatakan,

Nazaruddin Nasution, M.Pd
NIB 1100000070

ABSTRAK

Wilayah Kecamatan Puncak Sorik Marapi merupakan daerah dataran tinggi yang terletak 2.145 mdpl pada koordinat $0^{\circ}41' 11''$ LS and $99^{\circ} 32' 13''$ BT, dalam kawasan yang di teliti merupakan kawasan puncak yang masih di katakan relatif datar dan bisa di gunakan sebagai daerah pebangkit listrik. Berdasarkan hal ini maka perlu dilaksanakan penelitian tentang struktur lapisan tanah. Pengambilan data seismik primer dilakukan pada empat titik yang pada setiap titik berjarang 200 m. Data yang di peroleh di analisi menggunakan perangkat lunak MonoST kemudian di konversi ke format Mseed menggunakan perangkat lunak Datapro, File dengan format Mseed diolah menggunakan perangkat lunak Geopsy. Nilai frekuensi 0.949 Hz sampai dengan 1.421 Hz menyimpulkan bahwa klasifikasi jenis tanah daerah penelitian termasuk kedalam jenis tanah lunak dengan ketebalan sedimen permukaan sangat tebal. Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan yang berupa lokasi geothermal dengan endapan lumpur akibat aktivitas panas bumi. Data juga memperlihatkan daerah penelitian merupakan permukaan yang tidak akan mengalami patahan atau longsoran ketika gempa.

Kata kunci: kerentanan seismik, software Geopsy, frekuensi, PGA

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah segala puji hanya milik Allah Tuhan sekalian alam. Atas berkat rahmat dan karuniaNya, saya dapat menyempurnakan penyelesaian buku ini dengan judul **“Penentuan Daerah Potensi Geothermal Dengan Menggunakan Metode Seismik Di Madina”**. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Muhammad SAW beserta kerabat, sahabat, para pengikutnya sampai akhir zaman, adalah sosok yang telah membawa manusia dan seisi alam dari kegelapan ke cahaya sehingga kita menjadi manusia beriman, berilmu, dan tetap beramal shaleh agar menjadi manusia yang berakhlak mulia.

Penulisan buku ini bertujuan untuk melengkapi persyaratan laporan penelitian. Buku ini diharapkan dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan, khususnya fisika dalam instalasi nilai-nilai Islam yang terpadu dalam proses pembelajaran di lingkungan UIN Sumatera Utara Medan

Dalam penulisan buku ini, saya sangat menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang perlu diabaikan di sana sini, sumbangan pemikiran yang membangun sangat penulis harapkan dari rekan-rekan sejawat terutama dari dosen-dosen senior. Semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi pihak yang berkepentingan.

Medan, November 2019
Peneliti

Nazaruddin Nasution, M.Pd

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	i
Surat pernyataan bebas plagiasi	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	vii
Daftar Lampiran	viii
BAB I. PENDAHULUAN	4
I.1. Latar Belakang	4
I.2. Batasan Masalah	4
I.3. Rumusan Masalah	4
I.4. Tujuan Penelitian	4
I.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II, TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	6
2.2. Panas Bumi (<i>Geothermal</i>)	6
2.3. Sistem Panas Bumi	6
2.4. Struktur Geologi 82.5. Magma	10
2.6. Tipe-tipe Sistem Panas Bumi	11
2.5. Manifestasi Panas Bumi di Permukaan	11
2.7. Mata Air Panas Atau Hangat (<i>Hot or Warm Spring</i>)	12
2.8. Model Geologi Sistem Panas Bumi	12
2.9. Energi <i>Geothermal</i> Menjadi Energi Listrik	12
2.10. Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLT)	13
2.11. Metode Seismik	14
2.12. Penelitian yang relevan	14
2.13. Mikrotremor	15
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1. Tempat Penelitian	14

3.2. Alat dan Bahan Penelitian	16
3.3. Pengolahan Data	16
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1. PENGOLAHAN DATA	18
4.2. Getaran Tanah	18
4.3. Frekuensi dan Periode Dominan	22
4.4. Indeks Kerentanan Seismik	23
4.5. Percepatan Tanah Maksimum (PGA)	23
4.6. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	25
DAFTAR PUSTAKA	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Sistem Binary Cycle	14
Gambar 2.2. Perlengkaoan alat mikrotremor.....	19
Gambar 2.3. Tampilan gelombang pada laptop.....	20
Gambar 3.1. Daerah Penelitian Menggunakan Google earth.....	22
Gambar 3.2. Salah satu sumber Panas Bumi.....	22
Gambar 3.3. Perancangan Alat.....	23
Gambar 3.4. Pengerasian alat.....	23
Gambar 3.5. Pembacaan data dan kontrol data.....	24
Gambar 4.1. Tampilan sinyal seismik pada Titik 1.....	26
Gambar 4.2. Tampilan sinyal seismik pada Titik 2.....	27
Gambar 4.3. Tampilan sinyal seismik pada Titik 3.....	27
Gambar 4.4. Tampilan sinyal seismik pada Titik 4.....	27
Gambar 4.5. Grafik H/V di Titik 1.....	28
Gambar 4.6. Grafik H/V di Titik 2.....	28
Gambar 4.7. Grafik H/V di Titik 3.....	29
Gambar 4.8. Grafik H/V di Titik 4.....	29
Gambar 4.9. Kondisi gunu merapi pada saat gempa.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Klasifikasi tanah menurut Kanai berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor.....	17
Tabel 2.2. Tabel tingkat resiko gempa.....	18
Tabel 4.1. Data Frekuensi dan prode dasar.....	30
Tabel 4.2. Data Kg area penelitian.....	31
Tabel 4.3. Data PGA area penelitian.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	
Peroses Pemeberangkatan dan Pengambilan Data	35
Lampiran 2	
Tampilan Data yang di dapat pada saat penelitian	48
Lampiran 3	
Timpalan Gelombang Daerah Pengambilan data	51

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Deklarasi kemerdekaan indonesia yang diproklamasikan pada 17 agustus 1945 oleh bung karno dan Hatta pada saat itu ternyata belum mampu menjadikan indonesia menjadi Negara maju, tujuh puluh empat tahun merdeka belum mampu membawa indoneia menjadi negara maju, bila di bandingkan dengan malaysia negara jiran terdekat maka dapat dilihat bahwa perkembangan yang kita alami jauh lebih lambat.

Lambatnya perkembangan di indonesia diawali kurangnya kepedulian pemerintah dan masyarakat secara umum terhadap pendidikan. Bila kita mau melihat sejarah jepang yang pada tahun yang sama dengan kemerdekaan negara kita ketika hirosima dan nagasaki hancur luluh lantah akibat bom nuklir sekutu, maka hal pertama yang dilakukan oleh kaisar jepang pada saat itu adalah mengumpulkan semua pendidikan, dan mereka konsen belajar dan belajar sehingga dalam dekade beberapa waktu jepang berhasil bangkit dan mampu menjadi negara maju dengan teknologi tinggi.

Bila dilihat dari geografis yang dimiliki jepang maka kita bisa menyimpulkan jepang merupakan negara yang minim akan sumber daya alam hal ini berkebalikan dengan indonesia yang kaya dengan sumber daya alam. Alam indonesia memiliki banyak emas, tembaga, batu bara, minyak tanah, ikan yang beraneka ragam yang jumlahnya takan habis, negara ini juga memiliki kesuburan tanah yang sangat baik, alam pegunungan yang megandung panas bumi yang pada saat ini belum mampu digunakan secara maksimal.

Perkembangan negara-negara di dunia yang begitu pesat tidak mampu diikuti oleh masyarakat indonesia, kemampuan alumni perguruan tinggi yang dimiliki negara ini belum mampu menciptakan lapangan pekerjaan, bahkan mereka para alumni masih berfokus pada mencari pekerjaan, dan tidak sedikit pula pekerjaan yang para alumni S1 itu cari harus bersaing dengan alumni SMA.

Dari berbagai sejarah yang telah ada seharusnya kita harus mulai sadar dan harus giat untuk mengejar ketertinggalan, kita sebagai anak

bangsa tidak boleh terlalu berfokus pada perbedaan suku ras agama dan budaya kita harus bersatu dalam satu visi misi yang telah nenek moyang kita perjuangkan, merebut kemerdekaan bukanlah hal yang mudah, mengisi kemerdekaan lebih sulit lagi susahny karena perbedaan pandangan dan kepentingan, meyamakan persepsi melalui upaya pemerintahan merupakan cara yang paling efektif dalam menumbuhkan kesadaran akan kesatuan, persatuan dan ilmu pengetahuan.

Pendalaman keilmuan tentang energi merupakan salah satu aspek dari sekian banyak ilmu pengetahuan yang perlu di pelajari, keterikatan tiap manusia akan energi tidak bisa di pisahkan, energi merupakan bagian terpenting dari kehidupan manusia, berapa banyak pembangunan yang akan terhenti bila kekurangan energi, energi menjadi syarat mutlak untuk bisa mengembangkan ilmu pengetahuan.

Kebutuhan energi listrik setiap tahun semakin meningkat, pada tahun 2014 di Indonesia mencapai 31.550,95 MW, sedangkan kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan oleh Indonesia 50.000,00 MW. Daerah yang mengalami rasio elektrifikasi pasokan listrik yakni Propinsi Papua (36,41%), Nusa Tenggara Timur (54,77%), Nusa Tenggara Barat (64,43%), Kalimantan Tengah (66,21%), Gorontalo (67,81%), Sulawesi Barat (67,6%), Kepulauan Riau (69,66%) dan Sumatera Utara (89,6%), khususnya Sumatera Utara sejak tahun 2005, krisis listrik di Sumut tidak kunjung selesai. Saat ini kebutuhan listrik Sumut sebesar 1.700 MW(megawatt), sedangkan kekurangan pasokan sekitar 330 MW. Jumlah ini diluar cadangan daya yang dibutuhkan sebagai cara untuk mengantisipasi jika terjadi gangguan pembangkit (Budiyanti, 2014).

Potensi panas bumi di Indonesia sangat melimpah, karena terletak di zona tumbukan antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia, hingga saat ini telah teridentifikasi 265 daerah prospek panas bumi di Indonesia, 138 lokasi (52,07%) masih pada tahap penyelidikan tingkat spekulatif, 24 lokasi (9,05%) masih pada tahap penyelidikan tingkat hipotetis, 88 lokasi (33,21%) berpotensi sebagai cadangan panas bumi, 8 lokasi (3,01%) siap dikembangkan menjadi potensi panas bumi, 7 lokasi (2,64%) telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi (badan geologi, 2009).

Sumatera Utara merupakan salah satu provinsi yang paling banyak

memiliki potensi energi panas bumi yaitu 1.857,00 MW yang terdapat di enam kabupaten yakni, Karo, Simalungun, Tapanuli Utara, Tapanuli Selatan, Padang Lawas dan Mandailing Natal (Gunawan, 2013). Hal ini menunjukkan bahwa Sumatera Utara merupakan daerah yang sangat potensial untuk di jadikan tempat pembangkit listrik, industri ataupun pariwisata.

Banyaknya gunung gunung yang aktif pada saat ini, menjelaskan bahwa panas bumi Indonesia di berbagai daerah masih sangat potensial untuk dapat dimanfaatkan. Kita juga masih ingat bagaimana gunung Sinabung salah satu gunung yang terletak di tengah Sumatera masih mengeluarkan magma dan debu vulkanik. Begitu juga dengan gunung gunung yang ada di pulau Jawa dan pulau-pulau lainnya. Panas bumi salah satu energi alternatif yang dapat diperbaharui (*renewable*). Eksplorasi panas bumi dapat diketahui dengan cara menentukan nilai resistivitas batuan dengan menggunakan beberapa metode yakni elektromagnetik, gravitasi, seismik, geomagnetik dan geolistrik.

Dari beberapa metode dalam penentuan eksplorasi panas bumi peneliti akan memfokuskan penelitian pendeteksian daerah geotermal dengan menggunakan metode seismik. Eksplorasi seismik adalah istilah yang dipakai di dalam bidang geofisika untuk menerangkan aktifitas pencarian sumber daya alam dan mineral yang ada di bawah permukaan bumi dengan bantuan gelombang seismik.

Pada tanggal 17 Agustus 2017 melalui berita Kompas TV Menjelaskan bahwa Desa Sopo Batu kecamatan Panyabungan merupakan daerah yang belum pernah mendapatkan aliran listrik PLN, Desa yang terletak tak jauh dari pusat pemerintahan, sejak 8 bulan terakhir, hanya mengandalkan penerangan dari mesin tenaga surya. Namun itu saja tidak cukup. Mesin tenaga surya hanya berjumlah 43 unit, untuk menerangi 153 rumah di desa itu, yang artinya hanya mampu menerangi rumah satu lampu tiap rumah.

Sehingga perlu dilakukan penelitian sebagai bahan pertimbangan pemerintah untuk membuat pembangkit listrik tenaga panas bumi supaya Kabupaten Madina tidak mengalami kekurangan energi dan dapat mengembangkan daerah di sekitar panas bumi yang berpengaruh pada kemajuan di bidang transportasi, komunikasi dan teknologi, dengan adanya

pembangkit listrik disuatu daerah maka akan mempercepat kemajuan pembangunan. Jikalau potensi ini tidak dikembangkan maka pasokan listrik akan selalu mengalami kekurangan dan daerah sekitar menjadi tertinggal dalam hal teknologi dan komunikasi.

Oleh sebab itu perlu adanya tindak lanjut karena daerah Sorik Marapi di Kabupaten Mandailing Natal memiliki potensi panas bumi yang besar. Bila mana penelitian ini dilakukan maka Kabupaten Madina akan tercukupi energi listriknya, jikalau tidak dilakukan maka kabupaten Madina akan sulit untuk maju dan berkembang, khususnya bidang industri. Dari permasalahan tersebut maka penulis akan melakukan penelitian yang berjudul **“Penentuan Daerah Potensi Geothermal Dengan Menggunakan Metode Seismik Di Madina”**

I.2. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian yang terdapat pada latar belakang masalah, maka penulis membatasi ruang lingkup masalah serta menitik beratkan permasalahan pada:

1. Metode yang digunakan dalam penelitian menggunakan metode seismik.
2. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Madina.
3. Pengolahan data hasil penelitian menggunakan GEOPSY

I.3. Rumusan Masalah

Penelitian ini bertujuan mengetahui ketebalan sedimen tanah di Kecamatan Puncak Sorik Marapi dengan menggunakan metode mikrotremor.

I.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah.

1. Untuk mengetahui ketebalan sedimen di Kecamatan Puncak Sorik Marapi dengan menggunakan metode mikrotremor (seismik).
2. Untuk mengetahui kerentanan seismik di Kecamatan Puncak Sorik Marapi.
3. Untuk mengetahui percepatan tanah maksimum pada Kecamatan Puncak Sorik Marapi ketika gempa terjadi.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang seberapa besar *geothermal* di daerah pegunungan sorik marapi di kabupaten madina dengan metode seismik.
2. Merupakan salah satu bahan pertimbangan dalam pengembangan energi panas bumi di daerah pegunungan sorik marapi di kabupaten madina.
3. Memberikan kontribusi dalam bidang ilmu pengetahuan sebagai salah satu studi pendahuluan bagi pengembangan penelitian-penelitian di bidang eksplorasi sumber daya panas bumi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di daerah Sorik Marapi yang secara administratif berada di Desa Sibanggor Julu, Kecamatan Puncak Sorik Marapi, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. Sorik Marapi merupakan gunung berapi aktif yang berketinggian 2.145 meter diatas permukaan laut. Koordinat puncak gunung adalah 0°41' 11" LS and 99° 32' 13" BT.

Gunung Sorik Marapi adalah salah satu gunung yang masuk dalam kategori aktif normal, oleh karena itu gunung ini terus diamati aktifitasnya. Pos Pengamatan Gunung Api Gunung Sorik Marapi terletak di Desa Sibanggor Tonga Kecamatan Puncak Sorik Marapi

2.2. Panas Bumi (*Geothermal*)

Geothermal didefinisikan sebagai panas yang berasal dari dalam bumi. Sedangkan energi panas bumi adalah energi yang ditimbulkan oleh panas tersebut. Panas bumi menghasilkan energi yang bersih (dari polusi) dan berkesinambungan atau dapat diperbarui. Sumberdaya energi panas bumi dapat ditemukan pada air dan batuan panas di dekat permukaan bumi sampai beberapa kilometer di bawah permukaan. Bahkan jauh lebih dalam lagi sampai pada sumber panas yang

Menurut *Alzwar* “ panas bumi adalah kandungan panas yang tersimpan di dalam bumi dan membentuk sistem panas bumi sudah ada sejak bumi terbentuk. Sistem panas bumi terdiri dari sistem hidrotermal yang merupakan sistem tata air, proses pemanasan serta kondisi sistem dimana air panas berkumpul sehingga panas bumi harus memiliki syarat seperti air harus tersedia, batuan pemanas, batuan sarang serta batuan penutup”. (*Alzwar*, 1987:90)

Secara konduksi Panas mengalir menuju batuan sekitar inti bumi. Panas yang sangat tinggi menyebabkan bebatuan menjadi meleleh dan membentuk magma. Magma tersebut akan mengalirkan panas secara konveksi dan bergerak naik diakibatkan karena massa jenis batuan padatan lebih besar dibandingkan dengan batuan cair yang dihasilkan dari magma. Magma memanaskan kerak bumi dan air hingga mencapai 300°C. Air panas menyebabkan tekanannya semakin tinggi sehingga air keluar dari kerak

bumi.

2.3. Sistem Panas Bumi

Terjadinya tumbukan antar lempeng bumi (zona subduksi), dimana lempeng samudera menunjam dibawah lempeng benua mengakibatkan pergerakan lempeng benua dan lempeng samudera. Akibat dari gesekan antar lempeng, maka akan terjadi lelehan dan peleburan batuan bergerak ke permukaan lewat rekahan kemudian membentuk busur gunung api pada tepi benua. Rekahan atau patahan terbentuk akibat lempeng benua menjauh satu sama lain secara horizontal.

Gunung api di Indonesia terdapat potensi geothermal. Akibat aktivitas tektonik, banyak sesar yang ditemukan, sesar tersebut akan mengakibatkan zona-zona rekahan yang akan menyebabkan air hujan hingga menuju lapisan yang lebih dalam hingga bertemu dengan batuan panas. Air yang terakumulasi pada batuan panas itu semakin lama akan semakin panas dan sebagiannya akan berubah menjadi uap panas. Karena adanya tekanan antara permukaan bumi dengan bawah permukaan bumi, maka air dan uap panas akan berusaha mencari jalan keluar untuk menuju permukaan bumi.

Sumber panas bumi berasal dari distribusi suhu dan energi panas yang berada dibawah permukaan bumi yang berasal dari instruksi magma yang mampu menerobos hingga ke permukaan. Proses terbentuknya magma karena diakibatkan oleh adanya tumbukan antar lempeng yang bergerak secara perlahan dan menerus, karena diakibatkan oleh panas di dalam atmosfer dan panas akibat gesekan, ujung dari lempengan tersebut hancur meleleh dan mempunyai suhu yang tinggi.

Sistem panas bumi terjadi secara konduksi (terjadi melalui batuan) dan konveksi (terjadi karena adanya kontak air dengan sumber panas). Secara konseptual, bentuk panas bumi berbentuk seperti rekahan dan patahan yang terdapat dipermukaan sehingga membuat air dapat masuk ke dalam pori-pori batuan disebabkan adanya celah untuk air dapat mengalir. Pada saat air sampai ke sumber air panas maka suhu air akan naik sehingga sebagiannya air akan menguap dan sebagian lagi tetap menjadi air dengan suhu yang tinggi. Melalui proses konveksi, air panas akan mentransfer panas ke batuan, apabila suhunya naik maka akan mengakibatkan bertambahnya volume dan tekanan.

2.4. Struktur Geologi

Struktur geologi adalah ilmu yang mempelajari bentuk batuan sebagai bagian dari kerak bumi dan menjelaskan bagaimana proses (deformasi) pembentukannya, baik itu perubahan bentuk dan ukuran batuan akibat adanya gaya yang bekerja pada batuan tersebut. Pembentukan batuan berupa lipatan maupun patahan ataupun sesar.

Adapun tujuan dari mempelajari struktur geologi adalah sebagai berikut:

Terdapat 3 jenis struktur geologi pada batuan yaitu sebagai berikut:

1. Kekar (*Fractures*)

Kekar adalah struktur retakan/rekahan yang terbentuk pada batuan yang diakibatkan adanya gaya yang bekerja pada batuan tersebut dan belum mengalami pergeseran. Ciri-ciri kekar adalah:

- a. Adanya pemotongan bidang pada lapisan batuan
- b. Mengandung mineral seperti kalsit, kuarsa dsb
- c. Terdapatnya breksiasi

2. Lipatan (*Folds*)

Lipatan adalah pembentukan batuan yang terjadi akibat adanya gaya tegasan sehingga posisi semulanya membentuk lengkungan berupa lipatan sinklin (lipatannya cekung ke arah atas) dan lipatan antiklin (lipatannya cembung ke arah atas).

3. Patahan atau Sesar (*Faults*)

Patahan adalah struktur rekahan yang mengalami pergeseran yang disertai struktur yang lain seperti lipatan, rekahan dan sebagainya.

2.5. Magma

Magma adalah lelehan massa batuan yang bercampur dengan gas terlarut bertemperatur sangat tinggi. Magma merupakan cairan panas yang tersimpan dalam perut bumi, sebagian gunung ada yang memperlihatkan magmanya ada juga yang tidak, bagi gunung merapi yang magmanya tertanam dan tertutup rapat sewaktu waktu akan keluar dalam bentuk ledakan akibat tekanan dalam yang terlalu besar.

2.6. Tipe-tipe Sistem Panas Bumi

Lebih jauh lagi, pembagian sistem panas bumi menurut Goff dkk (2000) berdasarkan kriteria geologi, geofisika, hidrologi dan teknologi,

dapat dibagi atas 5 tipe, yaitu:

1. Sistem batuan beku muda (*Young igneous systems*)
2. Sistem tektonik (*tectonic systems*)
3. *Geopressured systems*
4. *Hot dry rock systems*
5. *Magma tap systems*

Dari tipe satu sampai tipe tiga, air panas alami bisa diperoleh lewat kegiatan eksploitasi. Karena itu, ketiganya bisa disatukan menjadi sistem hidrotermal (*hydrothermal systems*). Sementara untuk tipe empat dan lima air panas alami tidak bisa diperoleh. Justru kedua sistem itu memerlukan air yang diinjeksikan kedalam bumi lalu air tersebut disedot kembali untuk diambil panasnya.

2.5. Manifestasi Panas Bumi di Permukaan

Manifestasi permukaan adalah tanda-tanda alam yang tampak dipermukaan tanah sebagai petunjuk awal adanya aktifitas panas bumi dibawah permukaan tanah. Bentuk manifestasi permukaan antara lain berupa *hot springs* (mata air panas), *ground warm* (permukaan tanah yang hangat), dan *fumaroles* (gas panas yang keluar dari tanah).

2.7. Mata Air Panas Atau Hangat (*Hot or Warm Spring*)

Mata air panas/hangat juga merupakan salah satu petunjuk adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan. Mata air panas/hangat ini terbentuk karena adanya aliran air panas/hangat dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan.

2.8. Model Geologi Sistem Panas Bumi

Lokasi lelehan (*zone of partial melting*) tersebut diperkirakan berada pada kedalaman 100 km dari permukaan bumi diantara kerak bumi dan bagian luar mantel bumi. Densitas lelehan biasanya lebih rendah dari sumber asalnya sehingga lelehan tersebut cenderung bergerak naik ke atas menjadi magma. Hampir tidak pernah ditemukan magma yang berbentuk cair (*liquid*) murni. Semua magma merupakan lelehan batuan panas dengan

campuran yang begitu kompleks antara silikat cair dan kristal mineral ditambah gas, karbon dioksida serta senyawa beracun lainnya. Proses kristalisasi bisa jadi terbentuk dari komposisi *liquid*-nya atau bisa juga berasal dari mineral batuan yang terbawa oleh pergerakan lelehan magma saat naik ke permukaan. Ketika magma mendekati permukaan bumi, ia menyebabkan letusan vulkanik.

2.9. Energi *Geothermal* Menjadi Energi Listrik

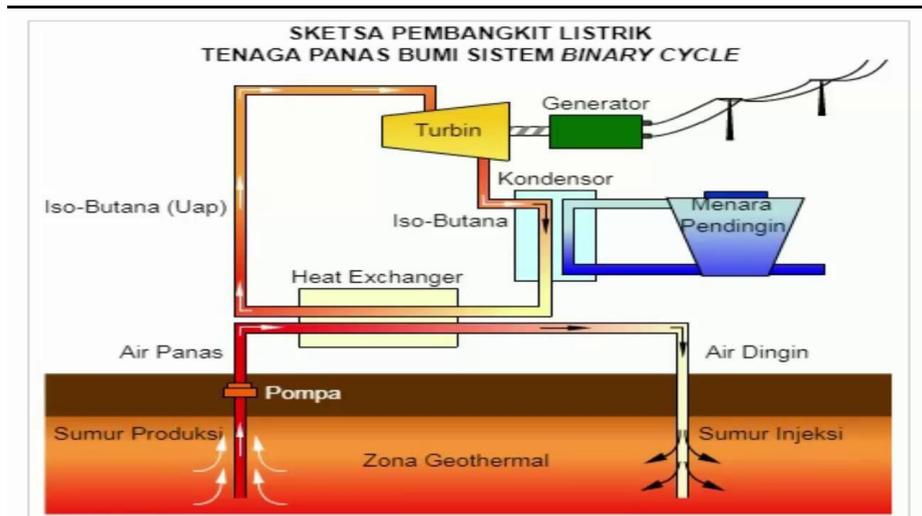
Dalam konsep ilmu Fisika Energi tidak bisa di ciptakan ataupun dimusnahkan, namun Energi dapat di Ubah dari dari itu bentuk energi ke bentuk energi lainnya, Salah satu cara memanfaatkan energi *geothermal* menjadi energi listrik yaitu dengan cara melihat *resource* dari panas bumi tersebut. Apabila suatu daerah memiliki panas bumi yang mengeluarkan uap air (*steam*), maka *steam* tersebut langsung dapat digunakan. Proses pembangkitan listrik dimulai dari uap yang diambil dari panas bumi digunakan untuk memutar turbin. Jika uap tersebut bersuhu diatas 370°C maka PLTP menggunakan *vapor dominated system* dimana uap dari panas bumi langsung digunakan untuk memutar turbin. Jika bersuhu sekitar 170°C-370°C maka menggunakan *flushed steam system* dimana uap masih mengandung cairan dan harus dipisahkan dengan *flush separator* sebelum memutar turbin. Dalam *binary cycle system* uap panas bumi digunakan untuk memanaskan gas dalam *heat exchanger* kemudian gas ini yang akan memutar turbin (smiagiundip, 2014).

2.10. Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLT)

Secara sederhana cara kerja PLTP dapat digambarkan sebagai berikut

- Air disuntikan kedalam perut bumi dimana terdapat sumber panas alami melalui injektor.
- Air akan mengalami pemanasan dan menjadi uap bertekanan dan keluar melalui sumur produksi.
- Uap yang keluar masih mengandung air sehingga harus dilakukan pemisahan antara uap dan air pada separator.
- Dari sini uap kering akan menuju turbin dan selanjutnya menjalankan generator untuk digunakan sebagai pembangkit listrik, sedangkan airnya akan menuju kembali kedalam injektor.
- Setelah uap menyelesaikan tugasnya menggerakkan turbin maka akan

menuju kondensor untuk dijadikan air kembali. Air dari kondensor akan didinginkan pada tangki pendingin melalui sistem pendinginan udara untuk selanjutnya air dapat di injeksikan kembali pada sumur injeksi.



Gambar 2.1. Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Sistem Binary Cycle (sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=QZe98J-pnLI>)

2.11. Metode Seismik

Metode seismik merupakan metode geofisika yang memanfaatkan perambatan gelombang seismik ke dalam bumi (Setiawan, 2008). Metode seismik merupakan salah satu bagian dari seismologi eksplorasi yang dikelompokkan dalam metode geofisika aktif, dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan getaran seismik (palu/ledakan). Setelah usikan diberikan, terjadi gerakan gelombang di dalam medium (tanah/batuan) yang memenuhi hukum-hukum elastisitas ke segala arah dan mengalami pemantulan ataupun pembiasan akibat munculnya perbedaan kecepatan.

Gelombang seismik merambat dari sumber ke penerima melalui lapisan bumi dan mentransfer energi sehingga dapat menggerakkan partikel batuan. Kemampuan besar partikel batuan untuk bergerak jika dilewati gelombang seismik menentukan kecepatan gelombang seismik pada lapisan batuan tersebut (Aissa, 2008).

2.12. Penelitian yang relevan

Berdasarkan hasil penelitian Kiswasari (2013) di dapatkan bahwa 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.

2.13. Mikrotremor

Mikrotremor atau disebut juga sebagai *ambient noise* adalah getaran tanah yang disebabkan oleh beberapa faktor akibat aktivitas manusia, seperti lalu lintas, industri, dan aktivitas manusia lainnya di permukaan Bumi. Selain akibat aktivitas manusia, sumber-sumber mikrotremor juga disebabkan oleh faktor alam seperti interaksi angin dan struktur bangunan, arus laut, dan gelombang laut periode. Survei pengamatan mikrotremor dilakukan untuk mengetahui karakteristik dinamik lapisan tanah permukaan, seperti frekuensi resonansi dan indeks kerentanan seismik (Nakamura, 2000). Beberapa penelitian lain menyebutkan bahwa metode ini juga mampu untuk memetakan ketebalan sedimen secara kualitatif. Analisis data mikrotremor dilakukan menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectrum Ratio (HVSr).

Efek sumber dapat dihilangkan dari data mikrotremor dengan membandingkan spektrum horisontal terhadap spektrum vertikal dari data rekaman mikrotremor pada satu stasiun pengukuran seismometer tiga komponen. Nakamura (1989) mengasumsikan bahwa hanya data mikrotremor horisontal saja yang terpengaruh oleh tanah, sementara karakteristik spektrum sumber tetap terdapat di komponen vertikal.

Metode HVSr berguna untuk mengidentifikasi respon resonansi pada cekungan yang berisi material sedimen. Fenomena resonansi dalam lapisan sedimen yakni terjebakanya gelombang seismik di lapisan permukaan karena adanya kontras impedansi antara lapisan sedimen dengan lapisan batuan keras yang lebih dalam. Interferensi antar gelombang seismik yang terjebak pada lapisan sedimen berkembang menuju pola resonansi yang berkenaan dengan karakteristik lapisan sedimen. Hasil analisis HVSr menghasilkan

spektrum mikrotremor dengan puncak spektrum pada frekuensi resonansinya. Frekuensi resonansi (f_0) dan puncak spektrum (A) merupakan parameter yang mencerminkan karakteristik dinamik lapisan tanah permukaan (Nakamura et al, 2000).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada tanggal 16 juli 2019 di daerah Sorik Marapi yang berada di Desa Sibanggor Julu, Kecamatan Puncak Sorik Marapi, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. Sorik Marapi merupakan gunung berapi aktif yang berketinggian 2.145 meter dari permukaan laut. Koordinat puncak gunung adalah $0^{\circ}41' 11''$ LS and $99^{\circ} 32' 13''$ BT.



Gambar 3.1. Daerah Penelitian Menggunakan *Google earth* (sumber: <http://indonesianforest.or.id/mt-sorik-merapi>)



Gambar 3.2. Salah satu sumber Panas Bumi



Gambar 3.3. Perancangan Alat



Gambar 3.4. Pengerasian alat



Gambar 3.5. Pembacaan data dan kontrol data

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam proses akuisisi data dilapangan dengan menggunakan metode seismik refraksi dalam penelitian ini antara lain :

1. Seperangkat pengukur mikrotremor: seismometer periode pendek (sensitive velocity sensor) tipe TDS-303 (3 komponen), frekuensi sampling 100 Hz, digitizer, solar cell panel, GPS, dan laptop akuisisi data
2. Perangkat lunak MonoST dan DATAPRO untuk akuisisi data mikrotremor.
3. Perangkat lunak GEOPSY untuk analisis HVSR

3.3. Pengolahan Data

Data hasil akuisisi menggunakan perangkat lunak MonoST dikonversi ke format MSEED menggunakan perangkat lunak DATAPRO. File dengan format MSEED ini dapat langsung diolah menggunakan perangkat lunak GEOPSY. Saat pengolahan dalam perangkat lunak GEOPSY, data dibagi dalam beberapa window. Untuk data yang cukup besar dapat dilakukan

pemilahan window secara otomatis, yaitu pemilahan antara sinyal tremor atau event transient spesifik). Fungsi pemilahan ini untuk menghindari pengolahan transient dalam analisis.

Hasil keluaran perangkat lunak GEOPSY berupa rata-rata spektrum mikrotremor. Dari spektrum ini dapat diketahui nilai frekuensi natural (f_0) dan puncak spektrum mikrotremor (A) di lokasi pengukuran. version 2003

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

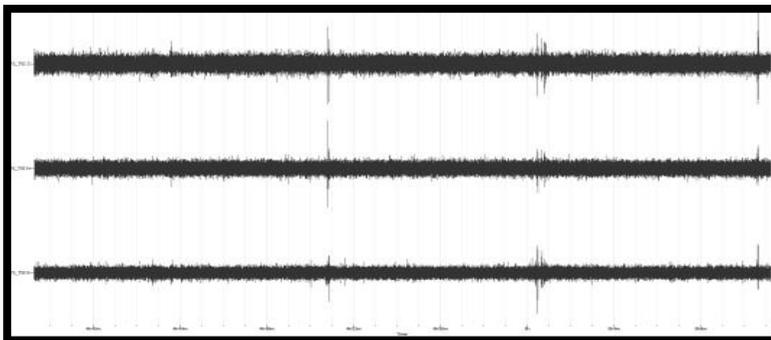
4.1. PENGOLAHAN DATA

Data hasil akuisisi menggunakan perangkat lunak MonoST dikonversi ke format MSEED menggunakan perangkat lunak DATAPRO. File dengan format MSEED ini dapat langsung diolah menggunakan perangkat lunak GEOPSY. Saat pengolahan dalam perangkat lunak GEOPSY, data dibagi dalam beberapa window. Untuk data yang cukup besar dapat dilakukan pemilahan window secara otomatis, yaitu pemilahan antara sinyal tremor atau event transient (sumber spesifik). Fungsi pemilahan ini untuk menghindari pengolahan transient dalam analisis.

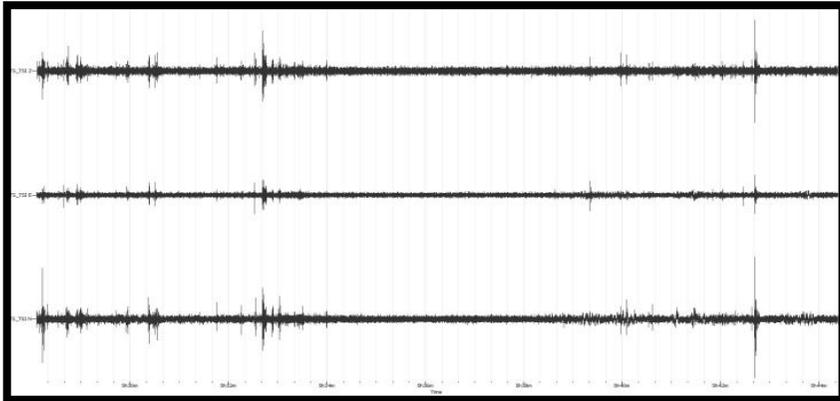
Hasil keluaran perangkat lunak GEOPSY berupa rata-rata spektrum mikrotremor. Dari spektrum ini dapat diketahui nilai frekuensi natural (f_0), puncak spektrum mikrotremor (A), Indeks Kerentanan Seismik (Kg), dan Percepatan Tanah Maksimum (PGA).

4.2. Getaran Tanah

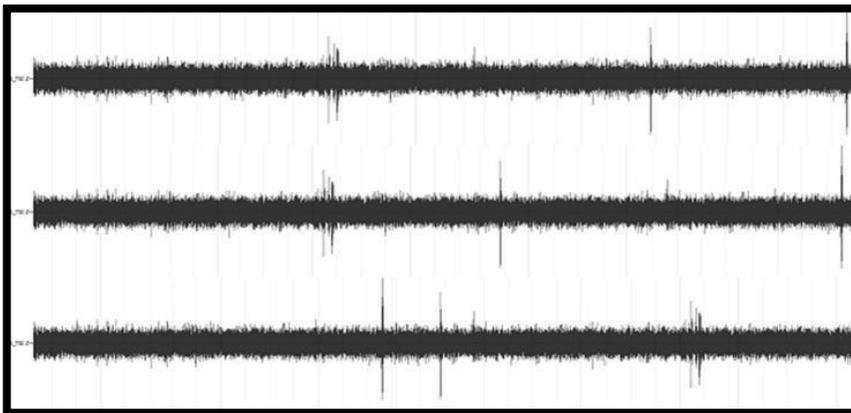
Survei data primer berupa pengukuran mikrotremor yang dilakukan secara langsung pada tanggal 16 Juli 2019. Jumlah pengukuran mikrotremor sebanyak 4 lokasi, setiap lokasi dilakukan pengukuran selama 30 menit dengan frekuensi sampling 100 Hz. Selanjutnya data pengukuran tersebut kemudian diolah dengan *software* Geopsy. Hasil pengukuran mendapatkan data getaran tanah sebagai fungsi waktu yang tercatat dalam tiga komponen, yaitu komponen vertikal, horizontal *North-South* dan komponen horizontal *East-West* seperti terlihat pada gambar.



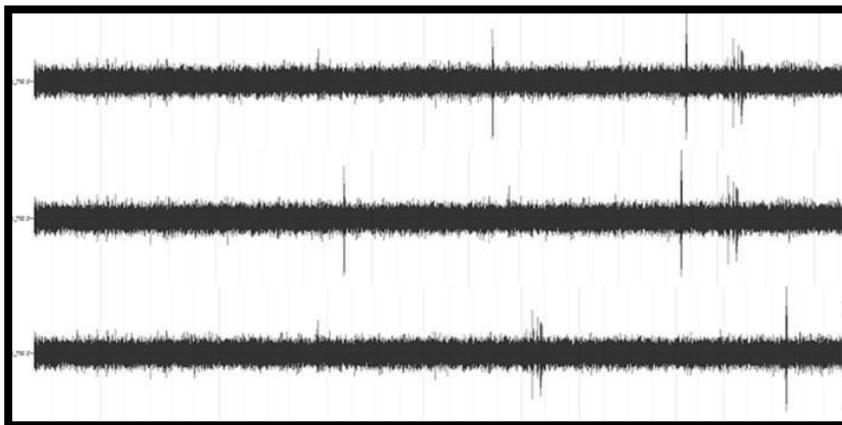
Gambar 4.1. Tampilan sinyal seismik pada Titik 1



Gambar 4.2. Tampilan sinyal seismik pada Titik 2

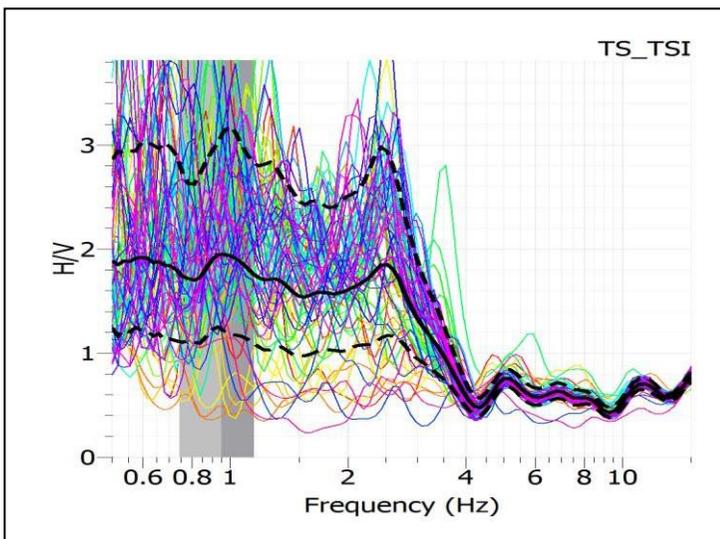


Gambar 4.3. Tampilan sinyal seismik pada Titik 3

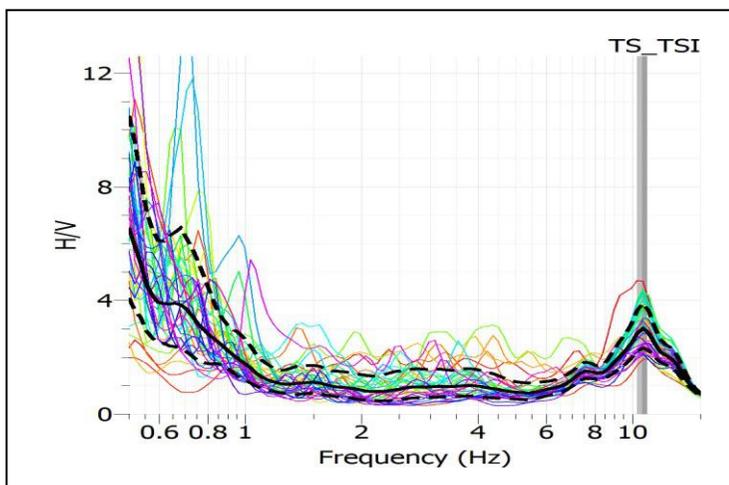


Gambar 4.4. Tampilan sinyal seismik pada Titik 4

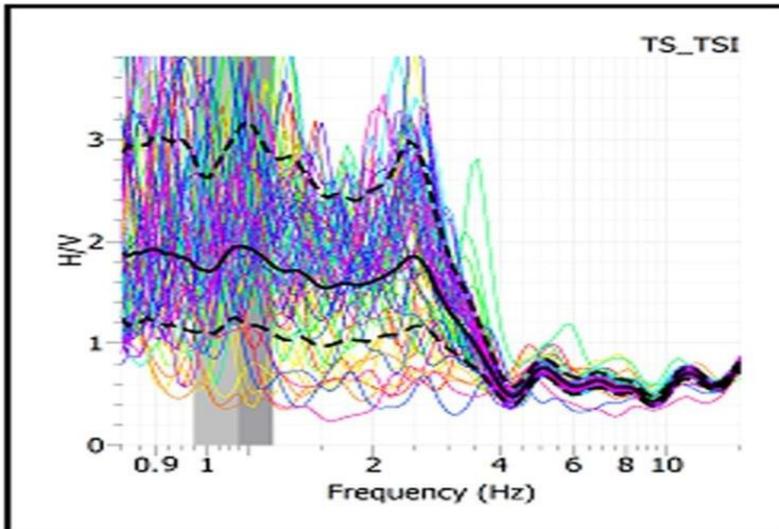
Data mikrotremor tanah pada *software* Geopsy yang diperoleh dilakukan proses anti-triggering, *Anti-triggering* dilakukan dengan membandingkan parameter STA (*short term average*) dengan LTA (*long term average*). STA merupakan nilai rata-rata terpendek dengan nilai yang digunakan dan LTA merupakan nilai amplitudo terpanjang. Sehingga diperoleh hasil Spektrum HVSR dari hasil analisis rekaman sinyal mikrotremor dengan menggunakan *software* Geopsy. Dari pengolahan data yang dilakukan didapatkan nilai $A0$ dan $f0$ untuk masing-masing titik pengukuran.



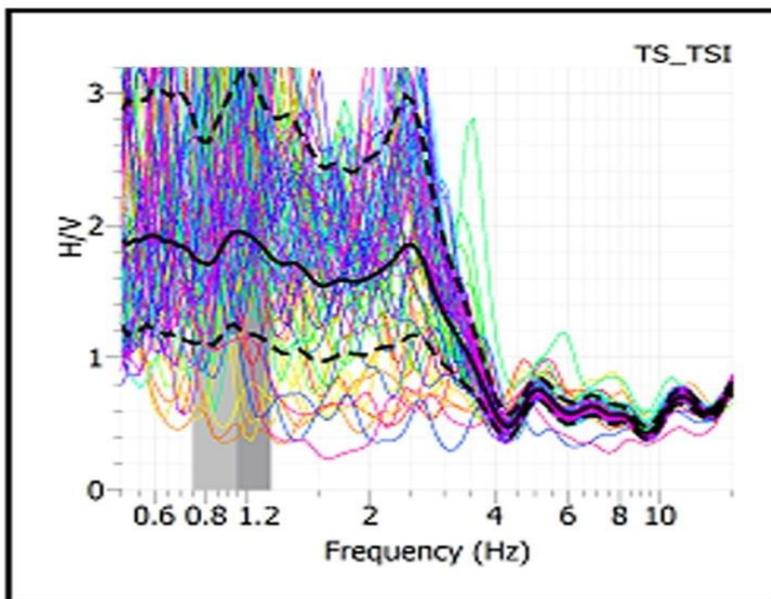
Gambar 4.5. Grafik H/V di Titik 1



Gambar 4.6. Grafik H/V di Titik 2



Gambar 4.7. Grafik H/V di Titik 3



Gambar 4.8. Grafik H/V di Titik 4

Dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan maka dihasilkan data berupa tabel yang berisi titik penelitian, latitude dan longitude titik penelitian, nilai A_0 dan f_0 , nilai T_0 . Untuk memperoleh nilai PGA maka diambil satu parameter Gempabumi terjadi pada hari Rabu, tanggal 11 April 2012, pukul 15:38:29 WIB. Berdasarkan informasi dari BMKG, pusat gempabumi berada

pada koordinat 2,40°LU dan 92,99°BT, dengan magnitudo 8,5 SR pada kedalaman 10 km, berada 320 km di sebelah barat P. Simeulue. Sedangkan menurut USGS, pusat gempa bumi berada pada koordinat 2,35°LU dan 93,07°BT, pada kedalaman 33 km dan magnitudo 8.6 Mw. Menurut GFZ, pusat gempa bumi berada pada koordinat 2.25°LU dan 93,14 °BT, pada kedalaman 10 km dan magnitudo 8.5 Mw

4.3. Frekuensi dan Periode Dominan

Dari penelilitan yang dilakukan di gunung sorik marapi didapat data frekuensi dan priode dominan sebagai berikut.

Titik Penelitian	Koordinat		Langitude	M	H	Langitudo	f ₀ (Hz)	A ₀	T ₀
	Bujur	Lintang							
T ₁	99° 32' 36.432"	0° 44' 42.348"	92,99	8, 5	1 0	2,40	0.94 9	1.94 989	0,458 253
T ₂	99° 32' 35.922"	0° 44' 41.952"	92,99	8, 5	1 0	2,40	10.6 16	3.00 551	0,509 668
T ₃	99° 32' 35.638"	0° 44' 41.731"	92,99	8, 5	1 0	2.40	1.42 1	2.45 732	0,452 2
T ₄	99° 32' 35.331"	0° 44' 41.237"	92,99	8, 5	1 0	2,40	1.24 4	2.12 621	0,449 509

Tabel 4.1. Data Frekuensi dan prode dasar

Dari Gambar 10 sampai dengan gambar 13, puncak H/V di Titik 1 berkonsentrasi pada frekuensi dominan 0.949501 Hz atau ~1 Hz sedangkan di Titik 2 berkonsentrasi pada frekuensi dominan 10.616 Hz, Titik 3 berkonsentrasi pada frekuensi dominan 1.421 Hz, Titik 4 berkonsentrasi pada frekuensi dominan 1.244 Hz Tingginya perbedaan ini disebabkan karena pada saat akuisisi data di Titik 2, terlalu banyak gangguan yang terjadi. Dengan menggunakan data di Titik 1,2,3 yang dianggap bebas dari gangguan dan mengacu kepada ketentuan pada Tabel 1, klasifikasi jenis tanah daerah penelitian termasuk kedalam jenis tanah lunak dengan ketebalan sedimen permukaan sangat tebal. Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan yang berupa lokasi geothermal dengan endapan lumpur akibat aktivitas panas bumi.

4.4. Indeks Kerentanan Seismik

Data kerentanan seismik yang di dapat dalam penelitian adalah sebagai berikut :

Titik Penelitian	Koordinat		Langitude	M	H	Langitudo	Kg
	Bujur	Lintang					
T ₁	99° 32' 36.432"	0° 44' 42.348"	92,99	8,5	10	2,40	22,73894
T ₂	99° 32' 35.922"	0° 44' 41.952"	92,99	8,5	10	2,40	24,6923
T ₃	99° 32' 35.638"	0° 44' 41.731"	92,99	8,5	10	2.40	24,73923
T ₄	99° 32' 35.331"	0° 44' 41.237"	92,99	8,5	10	2,40	30,4682

Tabel 4.2. Data Kg area penelitian

Berdasarkan tabel, dapat dilihat dari nilai kg yang di peroleh pada 4 titik dapat dikatakan rendah, hal ini menyimpulkan kerentanan seismik yang akan di alami oleh tempat penilitian tidak signifikan atau cenderung tidak akan terjadi patahan atau longsor apabila terjadi gempa bumi.

4.5. Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Data percepatan tanah maksimum yang di peroleh adalah sebagaiberikut.

Titik Penelitian	Koordinat		Langitude	M	H	Langitudo	f ₀ (Hz)	PGA(Gal)
	Bujur	Lintang						
T ₁	99° 32' 36.432"	0° 44' 42.348"	92,99	8,5	10	2,40	0.949	8,31524513
T ₂	99° 32' 35.922"	0° 44' 41.952"	92,99	8,5	10	2,40	10.616	8,52545142
T ₃	99° 32' 35.638"	0° 44' 41.731"	92,99	8,5	10	2.40	1.42	8,94293

	35.638''	41.731''		5	0		1	516
T ₄	99° 32'	0° 44'	92,99	8,	1	2,40	1.24	9,09750
	35.331''	41.237''		5	0		4	431

Tabel 4.3. Data PGA area penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan di daerah penelitian didominasi dengan nilai PGA yang relatif kecil, dimana nilai yang didapatkan dalam rentang 8,3 – 9,1 Gal. Nilai PGA tersebut masuk dalam kategori resiko sangat kecil berdasarkan klasifikasi tingkat resiko gempa.

Kerusakan akibat gempa bumi, utamanya karena konstruksi bangunan yang dibangun tidak memperhatikan kondisi geologi dan seismisitas. Tingkat resiko yang direpresentasikan oleh besar kecilnya nilai PGA suatu daerah perlu dipertimbangkan dalam mendesain bangunan yang tahan gempa demi mengurangi kerugian yang terjadi. PGA adalah salah satu faktor kunci untuk menganalisis potensi kerusakan akibat gempa, dan merupakan salah satu parameter bahaya gempa yang dapat diandalkan untuk perencanaan bangunan tahan gempa dan mitigasi bencana, terutama untuk daerah yang rawan gempa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Klasifikasi jenis tanah daerah penelitian termasuk kedalam jenis tanah lunak dengan ketebalan sedimen permukaan sangat tebal. Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan yang berupa lokasi geothermal dengan endapan lumpur akibat aktivitas panas bumi. Berdasarkan data K_g di dapat posisi tempat dilaksanakan peneliti merupakan daerah yang kecil dari krentanan. Dan berdasarkan nilai PGA didapat bahwa diatas lahan tempat penilitin bisa di bangun objek bangunan yang mungkin di butuhkan untuk pemanfaatan sumber daya panas bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aissa, A. 2008. *Prediksi Penyebaran Batu Pasir pada Lapangan Boonsville dengan Menggunakan Metode Inversi Geostatistik Bayesian*. Skripsi. Depok : Universitas Indonesia.
- Badan Geologi, (2009), *Panas Bumi Di Indonesia*: <http://psdg.bgl.esdm.go.id>.
- Budiyanti, E., (2014), Mengatasi Krisis Listrik Di Jawa dan Sumatera. *Info Singkat Ekonomi dan Kebijakan Publik* Vol. VI, 05/I/P3DI.
- Goff ,F., and Chathy J.J., (2000), *Geothermal System*, Encyclopedia Of Volcanoes: Academic Press.
- Gunawan, H, (2013), Potensi panas Bumi di Samosir Siap Dilelang, *Tribunnews*: <http://tribunnews.com> diakses tanggal 02 oktober 2015, Jam 16.00 WIB.
- Hasanudin, M. 2005. Teknologi Seismik Refleksi Untuk Eksplorasi Minyak Dan Gas Bumi, Oseana, Volume XXX, Nomor 4, 2005 : 1 – 10: sumber: www.oseanografi.lipi.go.id
- Kiswarasari. 2013. Aplikasi Metode Seismik Refraksi Untuk Identifikasi Pergerakan Tanah Di Perumahan Bukit Manyaran Permai (Bmp) Semarang. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Nakamura, Y. 1989. A method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Q.R. of R.T.I. 30-1, p. 25-33.
- Nakamura, Y. 2000. Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application. World Conference of Earthquake Engineering.
- Setiawan, B. 2008. *Pemetaan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi*. Skripsi. Depok : Universitas Indonesia.

Lampiran 1

Peroses Pemeberangkatan dan Pengambilan Data



Kendaraan







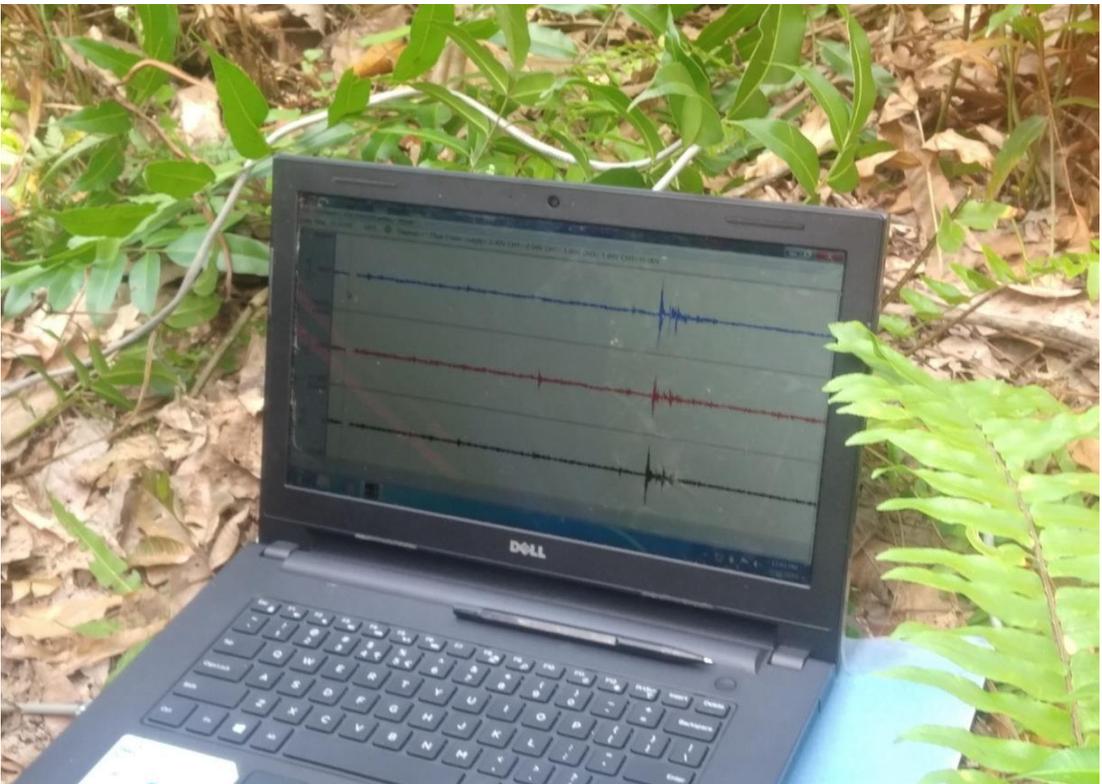














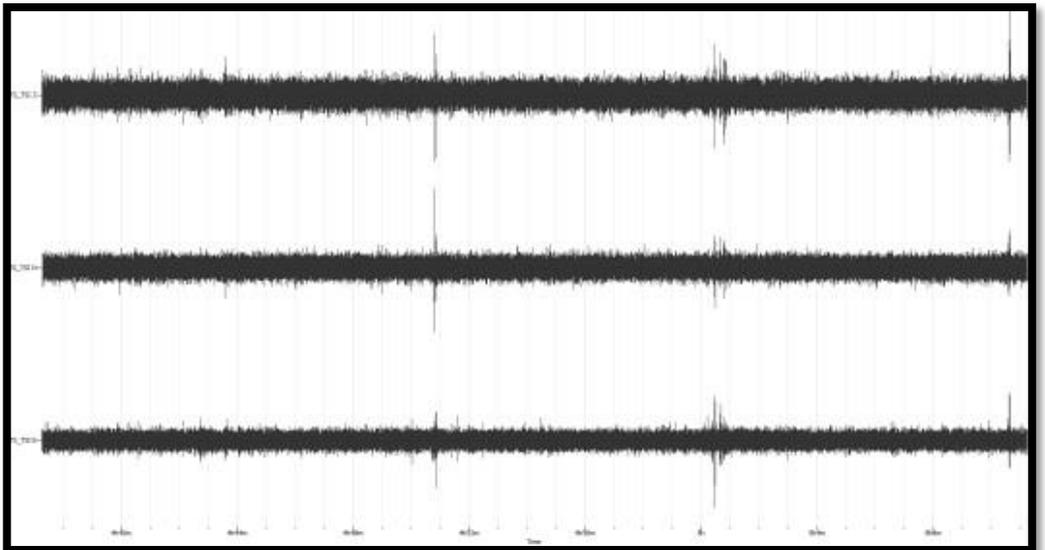
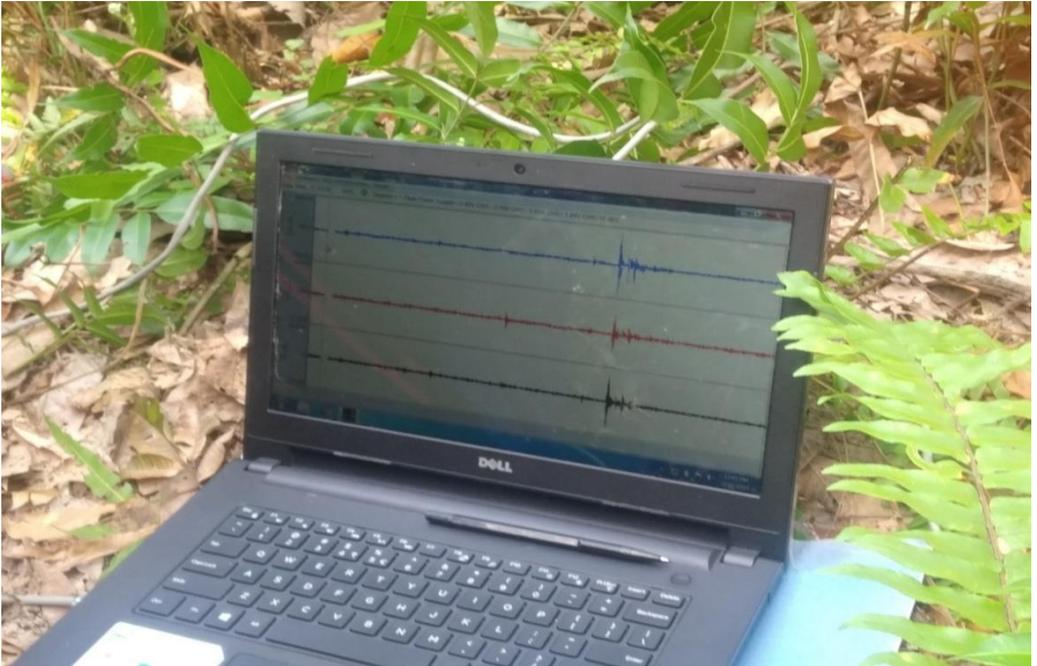




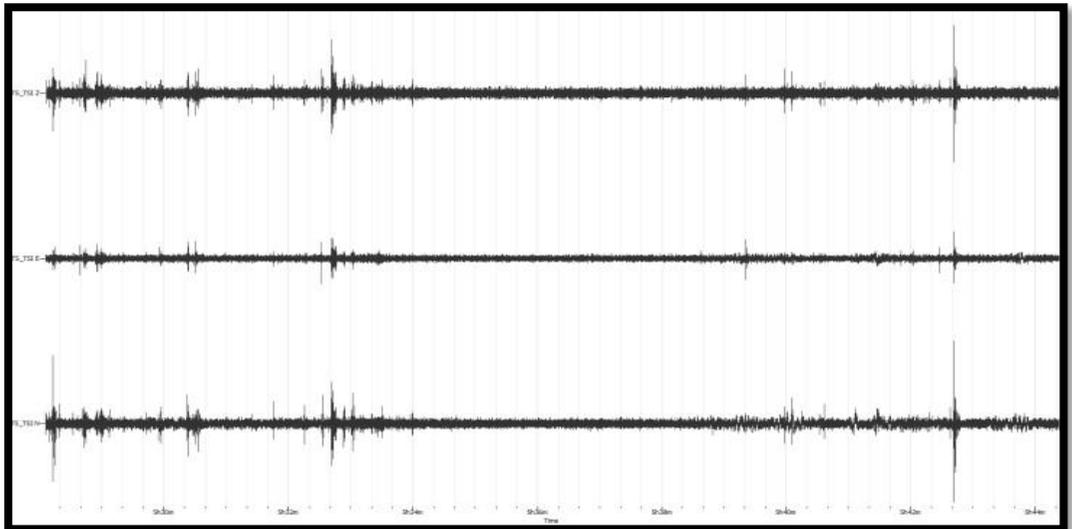


Lampiran 2

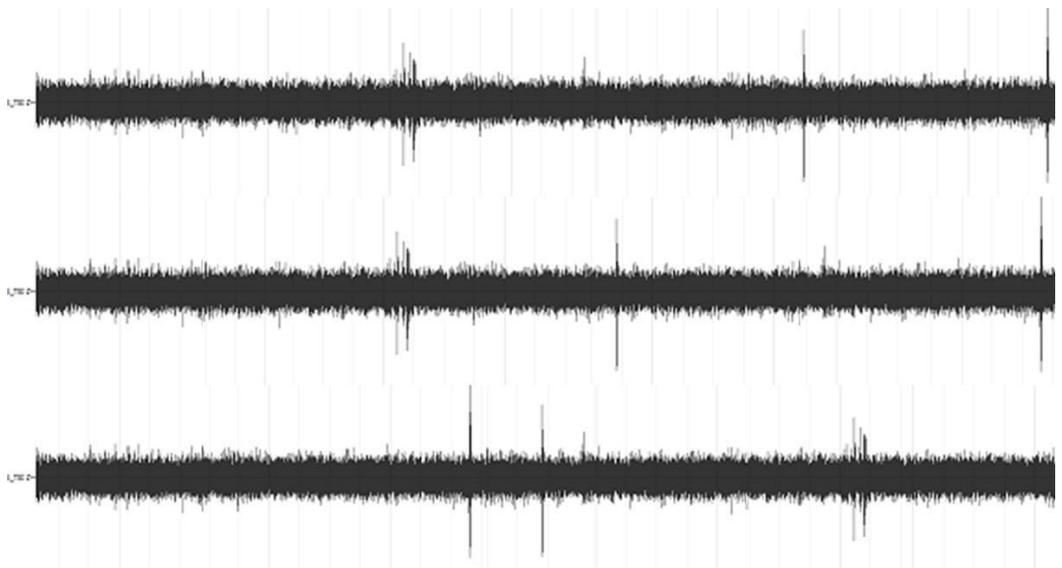
Tampilan Data yang di dapat pada saat penelitian



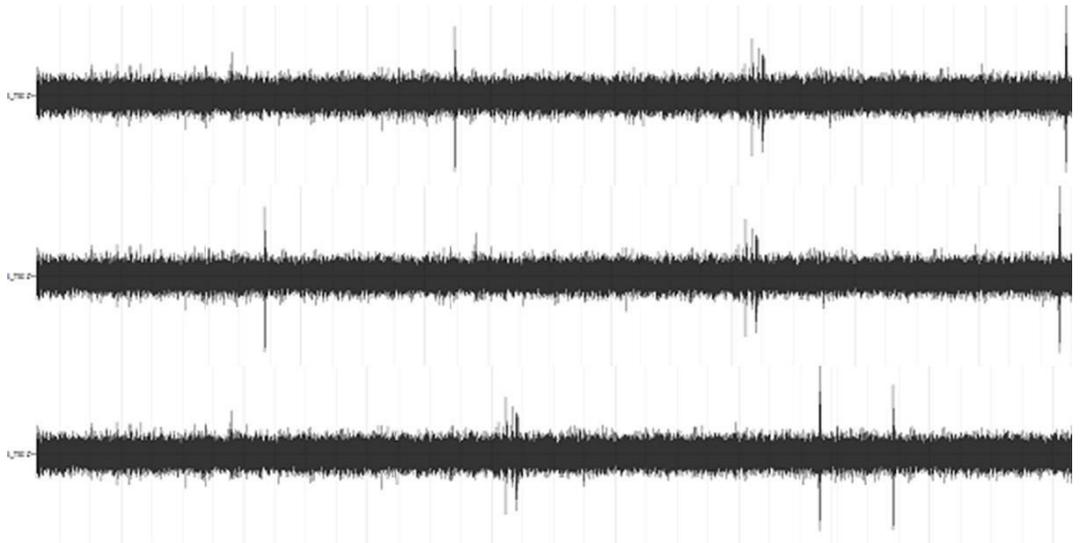
Data gambaran belombang pada daerah pengambilan data 1



Data gambaran belombang pada daerah pengambilan data 2

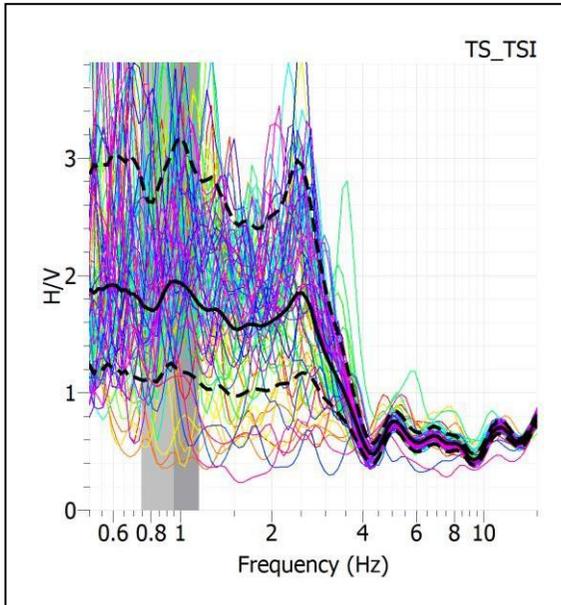


Data gambaran belombang pada daerah pengambilan data 3

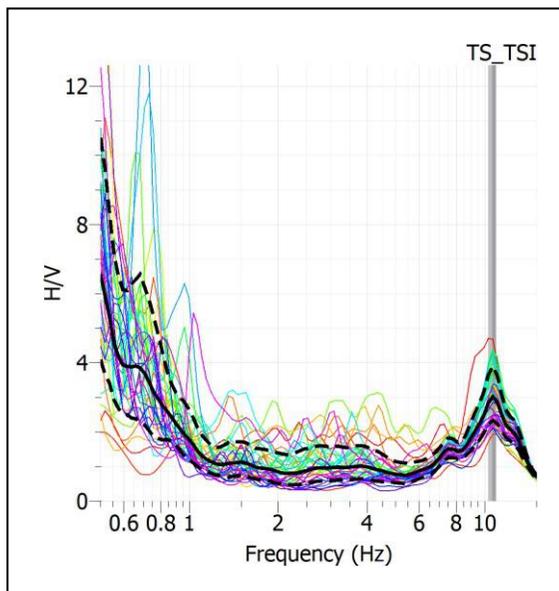


Data gambaran belombang pada daerah pengambilan data 4

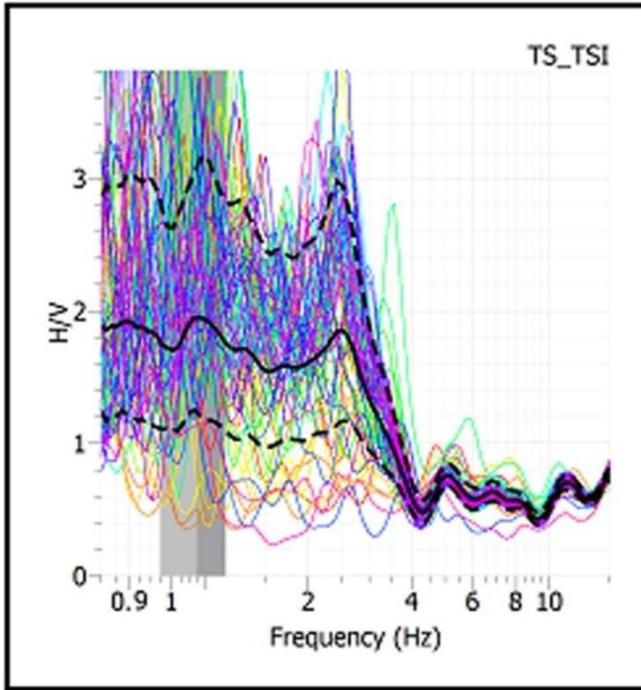
Lampiran 3
Timpalan Gelombang Daerah Pengambilan data



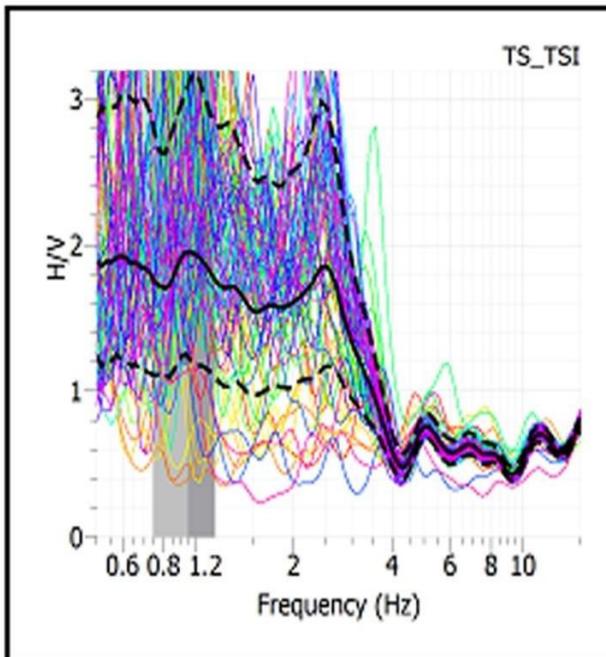
Grafik H/V di Titik 1



Gambar 11. Grafik H/V di Titik 2



Gambar 12. Grafik H/V di Titik 3



Gambar 13. Grafik H/V di Titik 4