



PENENTUAN DAERAH POTENSI GEOTHERMAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE SEISMIK DI MEDINA

Nazaruddin Nasution

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
nazaruddin_nst@uinsu.ac.id

Diterima: Desember 2019. Disetujui: Januari 2020. Dipublikasikan: Februari 2020

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 pembangkit 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 analisis menggunakan perangkat lunak MonoST kemudian di konversi ke format Mseed menggunakan perangkat lunak Datapro, File dengan format Mseed diolah menggunakan perangkat lunak Geopsy. Dari data yang di peroleh 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 nilai kg yang di peroleh pada point 22,7 – 30,4 di 4 titik dapat dikatakan rendah, hal ini menyimpulkan kerentanan seismik yang akan di alami oleh tempat penelitian tidak signifikan atau cenderung tidak akan terjadi patahan atau longsor apabila terjadi gempa bumi. Dari nilai PGA yang didapat dalam rentang 8,3 – 9,1, nilai tersebut masuk dalam kategori resiko sangat kecil berdasarkan klasifikasitingkat resiko gempa.

Kata Kunci: Seismik, Software Geopsy, Frekuensi, PGA

ABSTRACT

Puncak Sorik Marapi Subdistrict Area is a highland area which is located at 2,145 meters above sea level at coordinates $0,41^{\circ}- 11^{\circ}$ South Latitude and $99,32^{\circ}- 13^{\circ}$ East Longitude, in the area under study is the peak area which is still being said relatively flat and can be used as a power plant area. Based on this, it is necessary to conduct the research about the structure of the soil layer. Primary seismic data retrieval is performed at four points which at each point is rare of 200 m. The data obtained were analyzed using MonoST software and then converted to Mseed format using Datapro software, files with Mseed format were processed using Geopsy software. From the data obtained the frequency value of 0.949 Hz to 1.421 Hz concludes that the classification of soil types in the research area is included in soft oil types with surface sediment thickness is very thick. This is in accordance with conditions in the field in the form of geothermal location with silt due to geothermal activity. Data of kg values obtained at points 22.7 – 30.4 at 4 points can be said to be low, it is concludes the seismic vulnerability that will be experience by the research site is

insignificant or tends will not happen the fault or landslide if it occurs the earthquake. From the PGA values obtained in the range of 8.3 – 9.1, these values fall into the very small risk category based on the earthquake risk level classification.

Keywords: *Seismik, Software Geopsy, Frekuensi, PGA*

PENDAHULUAN

Pengetahuan tentang energi merupakan salah satu faktor yang sangat penting dan perlu di kaji secara mendalam dan berkelanjutan, hal ini dikarenakan adanya keterikatan manusia pada energi, 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).

Konsumsi listrik yang terus meningkat tiap tahunnya akan di prediksi akan terus meningkat. Pada tahun 2010-2019 PT PLN (persero) mengungkapkan kebutuhan listrik di perkirakan mencapai 55.000 MW. Sehingga rata rata peningkatan kebutuhan listrik mencapai 5500 MW pertahun. Yang mana 57 % atau sekitar 32.000 MW di bangun oleh PLN dan sisanya dibangun oleh pengembang swasta (Rachmawati, 2011).

Seperti yang disampaikan Rohmad Hadiwijoyo (2011) indonesia merupakan negara dengan potensi energi panas bumi terbesar disunia, Energi alternatif yang menyimpan potensi paling besar bagi kelangsungan energi

nasional adalah energi panas bumi atau geothermal. Potensi keseluruhan energi panas bumi Indonesia tercatat 29,038 MW yang merupakan 40% dari potensi energi panas bumi dunia.

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 tempat pembangkit listrik, industri ataupun pariwisata.

Banyaknya gunung gunung yang aktif pada saat ini, menjelaskan bahwa panas bumi indoneia di berbagai daerah masih sangat potensial utuk 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 palau 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.

Tanah longsor atau sering disebut dengan gerakan massa tanah adalah salah satu bencana alam yang telah memberikan banyak dampak sosial dan ekonomi pada masyarakat seperti rusaknya sarana umum, transportasi, dan telekomunikasi bahkan tidak sedikit menelan banyak korban jiwa. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu langkah mitigasi bencana supaya dampak dari adanya bencana longsor dapat dikurangi. Menurut Karnawati (2005), gerakan massa tanah terjadi akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng, sehingga massa tanah atau batuan penyusun

lereng maupun percampuran keduanya mengalami gerakan menuruni lereng.

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.

Dan oleh M. Hasanudin (2005) dalam jurnalnya diketahui bahwa Sekuen seismik dapat juga untuk menyelidiki karakteristik refleksi di dalam suatu sekuen, yang berhubungan dengan seismik fasies. Tidak hanya waktu sekuen sedimentasi yang diperoleh namun juga memungkinkan untuk mengambil kesimpulan yang dapat menggambarkan tentang lingkungan pengendapannya. Tujuan interpretasi seismik khusus dalam eksplorasi minyak dan gas bumi adalah untuk menentukan tempat-tempat terakumulasinya (struktur cebakan-cebakan) minyak dan gas. Minyak dan gas akan terakumulasi pada suatu tempat jika memenuhi tiga syarat, yaitu: (1) Adanya Batuan sumber (source rock), adalah lapisan-lapisan batuan yang merupakan tempat terbentuknya minyak dan gas, (2) Batuan Reservoir yaitu batuan yang permeabel tempat terakumulasinya minyak dan gas bumi setelah bermigrasi dari batuan sumber, (3) Batuan Penutup, adalah batuan yang impermeabel sehingga minyak yang sudah terakumulasi dalam batuan reservoir akan tetap tertahan di dalamnya dan tidak bermigrasi ke tempat yang lain.

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.

Hasil penelitian dari Arika Purwanti alumni Universitas Sunan Kalijaga Yogyakarta (2016). Pengukuran mikrotremor merupakan salah satu metode yang paling populer untuk memperkirakan tingkat kerusakan suatu wilayah, menghitung nilai peak ground acceleration (PGA) dan menentukan tingkat resiko wilayah. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tingkat kerusakan berdasarkan nilai frekuensi dominan yakni 1,56 – 7,5 Hz, nilai PGA di peroleh hasil perhitungan sebesar 140,179 Gal – 308,523 Gal dengan kondisi kerusakan resiko besar pertama, resiko tinggi kedua, resiko tinggi ketiga dan resiko sangat besar masuk ke satu.

Saiful Nurul Hudha dkk (2014) Dalam penelitiannya menunjukkan Hasil interpretasi menunjukkan litologi bawah permukaan daerah penelitian Diwak didapatkan v_1 untuk lapisan pertama sebesar 297–412 m/s yang sebagai lapisan alluvium. Lapisan kedua dididapatkan nilai kecepatan (v_2) sebesar 471–697 m/s yang diinterpretasikan sebagai lapisan soil (tanah). Kedalaman penetrasipenelitian ini adalah sebesar 5,84–11,7 m. Hasil penelitian di lapangan Derekan struktur dua per lapisanyaitu, v_1 untuk lapisan pertama sebesar 546-1011 m/s yang di interpretasikan sebagai lapisan alluvium. Lapisan kedua didapatkan nilai (v_2) sebesar 1081-1714 m/s yang sebagai batuan lempung. Penetrasi yang mampu direkam sebesar 0,75–9,16 m.

Sulistiawaty, dkk (2016) Data yang diambil sebanyak 5 titik pengukuran dengan jarak setiap titik sekitar 500 meter. Selanjutnya data pengukuran tersebut kemudian diolah dengan software Geopsy. Nilai frekuensi 0,416-0,509 Hz maka lokasi penelitian dominan batuan alluvial, dimana pada titik MG02 merupakan daerah yang paling rentan dengan nilai 105,9918. Sedangkan berdasarkan nilai PGAYaitu 8,4-9,4 Gal, maka lokasi penelitian termasuk sangat kecil tingkat resiko gempunya.

Satria Subkhi Arifin dkk, (2013). Data yang diperoleh berupa nilai perbandingan spektral horizontal terhadap vertikal (H/V), frekuensi dominan dan periode dominan. Dari hasil analisis yang telah dilakukan diketahui

bahwa wilayah penelitian berada pada area dengan nilai faktor penguatan (amplifikasi) >5 dan nilai periode dominan $>0,5$ detik. Kondisi litologi Kota Liwa yang berupa alluvial yang terrombak secara baik akibat interaksi sesar – sesar, membuat wilayah-wilayah tersebut sangat rentan bila diguncang gempa bumi. Putri Anindya R, dkk. 2017, Dari pengolahan data didapatkan nilai Amplifikasi rata-rata sebesar 2.8. Nilai f_0 rata-rata adalah sebesar 1.7 Hz. Nilai K_g terendah adalah sebesar 7.7. Nilai PGA terhadap batuan dasar berdasarkan sesar Surabaya-Kendeng terbesar adalah 4.3 g, sedangkan berdasarkan sesar Surabaya-Waru nilai PGA terhadap batuan dasar terbesar adalah sebesar 0.9 gr.

METODE 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.

Adapun peralatan yang digunakan dalam proses akuisisi data dilapangan dengan menggunakan metode seismik refraksi dalam penelitian ini antara lain : 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 dan Perangkat lunak MonoST dan DATAPRO untuk akuisisi data mikrotremor.

Perangkat lunak GEOPSY untuk analisis HVSR. 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.

HASIL DAN PEMBAHASAN

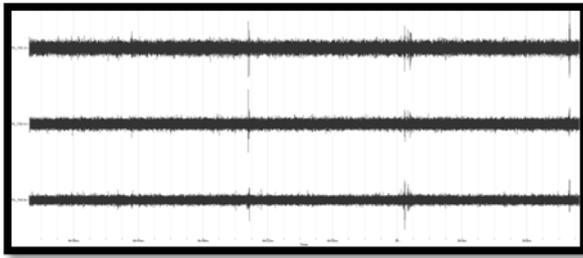
Pengolahan Data

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.

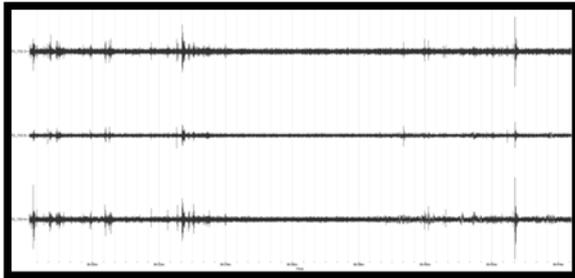
Hasil keluaran perangkat lunak GEOPSY berupa rata-rata spektrum mikrotremor. Dari spektrum ini dapat diketahui nilai frekuensi natural (f_0), puncak spektrum mikrotremor (A), Indeks Kerentanan Seismik (K_g), dan Percepatan Tanah Maksimum (PGA).

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 pengukuban 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.

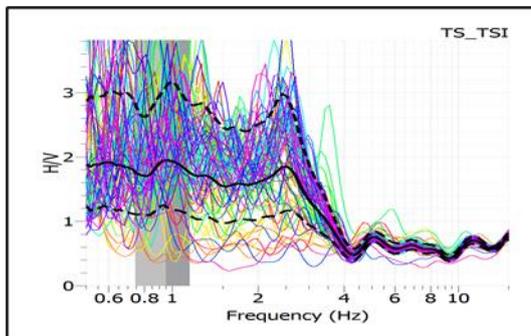


Gambar 1. Tampilan sinyal seismik pada Titik 1

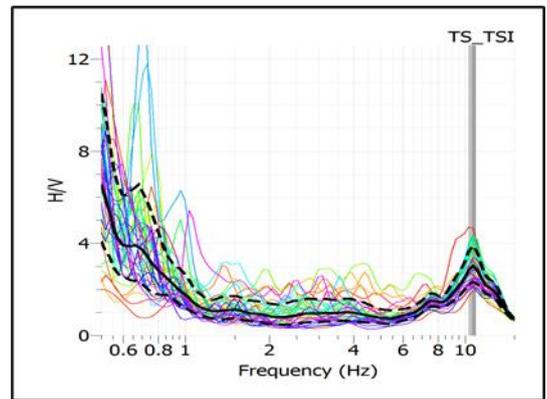


Gambar 1. Tampilan sinyal seismik pada Titik 2

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 3 Grafik H/V di Titik 1



Gambar 4. Grafik H/V di Titik 2

Dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan maka dihasilkan data berupa tabel yang berisi titik penelitian, latitude dan longitude titik penelitian, nilai A0 dan f0, nilai T0. 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 gempabumi berada pada koordinat 2,35°LU dan 93,07°BT, pada kedalaman 33 km dan magnitudo 8.6 Mw. Menurut GFZ, pusat gempabumi berada pada koordinat 2.25°LU dan 93,14 °BT, pada kedalaman 10 km dan magnitudo 8.5 Mw.

Frekuensi dan Periode Dominan

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Kanai – Omote – Nakajima (Dikutip dari Buletin Meteorologi dan Geofisika No.4, 1998)

Kanal	Klasifikasi Tanah Omote - Nakajima		Periode (T) second	Keterangan	Karakter
Jenis I	Jenis A		0,05 - 0,15	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>Hard sand</i> , <i>gravel</i> , dll	Keras
Jenis II			0,10 -	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>sandy hard clay</i> , <i>loam</i> , dll.	Sedang
Jenis III	Jenis B		0,25 -	Batuan alluvial, hampir sama dengan jenis II, hanya dibedakan oleh adanya formasi <i>bluff</i> .	Lunak
Jenis IV			Lebih dari	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll. Dengan kedalaman 30m atau lebih.	Sangat Lunak

Tabel 1. Tabel Kalisifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Dominan Mikrotremor Oleh Kanal (Dikutip dari Buletin Meteorologi dan Geofisika No.4, 1998).

Klasifikasi Tanah	Jenis	Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi Kanal	Deskripsi
Type IV	Jenis I	6,667 - 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>Hard sand</i> , <i>gravel</i> , dll	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
Type IV	Jenis I	10 - 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>sandy hard clay</i> , <i>loam</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah 5 - 10 meter
Type III	Jenis I	2,5 - 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan >5m. Terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>sandy hard clay</i> , <i>loam</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10 - 30 meter
Type II	Jenis I	< 2,5	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, dll. Dengan kedalaman 30m atau lebih	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal

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

Dari data yang di dapat 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.

Indeks Kerentanan Seismik

Wilayah yang mempunyai indeks kerentanan seismik rendah berpotensi kecil mengalami kerusakan saat terjadi gempabumi. Sementara itu, daerah yang memiliki indeks kerentanan seismik tinggi berpotensi besar mengalami kerusakan saat terjadi gempabumi (Daryono, 2013).

Data kerentanan seismik yang di dapat dalam penelitian adalah sebagai berikut : Berdasarkan data penelitian , dapat dilihat dari nilai kg yang di peroleh pada point 22,7 - 30,4 di 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 longsoran apabila terjadi gempa bumi.

Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Berdasarkan hasil data penelitian 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 klasifikasitingkat 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.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan tujuan penelitian 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 Kg 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

- 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.
- 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.
- Rachmawati, E. (2011, september). Retrieved from <http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2011/09/19/16025971/Kebutuhan.Listrik.Tumbuh.5.500.MWPerTahun>
- Rohmad Hadiwijoyo, Geothermal: A green solution. Jakarta Post Wednesday, 01/26/2011
- Hudha Saiful Nurul ,Harmoko Udi, Widada Sugeng, Yusuf, & Ahid Gatot. Penentuan struktur bawah permukaan dengan menggunakan metode seismik di lapangan panas bumi diwak dan derekan, kecamatan bergas kabupaten semarang, Youngster Physics Journal, Vol.3, No.3, Juli2014, Hal263-268 akses : <https://media.neliti.com/media/publications/193880-ID.penentuan-struktur-bawah-permukaan-denga.pdf> 10 desember 2019.
- Purwanti Arika.2016. “Analisis tingkat resiko dari nilai peak ground acceleration (PGA) berdasarkan data mikroseismik disekitar jalur sesar opak kabupaten bantul Yogyakarta. Skripsi.FST.Prodi Fisika. UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta. Akses 10 desember 2019: http://digilib.uinsuka.ac.id/13969/1/11620022_BAB-I_IV-atau-V_DAFTAR-PUSTAKA.pdf
- Sulistiawaty1,Zulfikar,Jeszy Wan Irfandy, Vistarani Arini Tiwow1), & Pariabti Palloan.2016. Seismic Microzonation Analysis inGalesong Subdistrict, Takalar District, South Sulawesi. Jurnal Sainsma. Vol. VI, No. 1, Maret 2017, Halaman 28-38 akses : <http://ojs.unm.ac.id/index.php/sainsmat>
- Satria Subkhi Arifin, Bagus Supto Mulyatno, Marjiyono, Roby Setianegara. 2013. Penentuan zona rawan guncangan bencana gempa bumi berdasarkan analisis nilai amplifikasi hvsmikrotemor dan analisis periode dominan daerah liwa dan sekitarnya. Jurnal Geofisika Eksplorasi Vol 2/No.1. akses:<https://media.neliti.com/media/publications/244859-penentuan-zona-rawan-guncangan-bencana-g-6d4fd19c.pdf>
- Daryono. 2013. Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Mikrotremor pada Setiap Satuan Bentuklahan di Zona Graben Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.Jurnal Riset Daerah Vol. XII, No. 1. April 2013.
- Putri Anindya R. , M. Purwanto Singgih, Widodo Amien, 2017. Identifikasi percepatan tanah maksimum (PGA) dan kerentanan tanah menggunakan metode mikrotemor 1 jalur sesar kendeng. Jurnal Geosaintek. 03 / 02 Tahun 2017
- BMKG. 1998. Sumberdaya Geologi. Buletin Meteorologi dan Geofisika No. 4. BMKG. Jakarta
- Karnawati, Dwikorita. 2005. Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.