

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari data penelitian Hibah ITERA 2019. Data yang diperoleh dari penelitian berupa data mikrotremor Kecamatan Tanjung Karang Timur yang diambil pada 07 Juli sampai dengan 09 Juli 2019, dengan jumlah titik pengukuran 17 titik.

3.2. Percobaan

3.2.1. Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Adapun perangkatnya sebagai berikut:

1. Perangkat keras
Adapun perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 - a. *Digital portable seismograph* tipe SRI32L/S, digunakan untuk merekam getaran tanah pada setiap titik penelitian.
 - b. Seismometer C-100, digunakan untuk mengukur getaran tanah pada setiap titik penelitian.
 - c. *Global Positioning System* (GPS), digunakan untuk menentukan posisi pada setiap titik penelitian.
 - d. Kabel, untuk menghubungkan *Digital portable seismograph* dengan seismometer.
 - e. Kompas, digunakan untuk menentukan arah pada saat memasang seismometer.
 - f. Laptop, digunakan untuk akuisisi dan analisis data mikrotremor.

g. Lembar *check list* survei mikrotremor, untuk catatan penelitian.

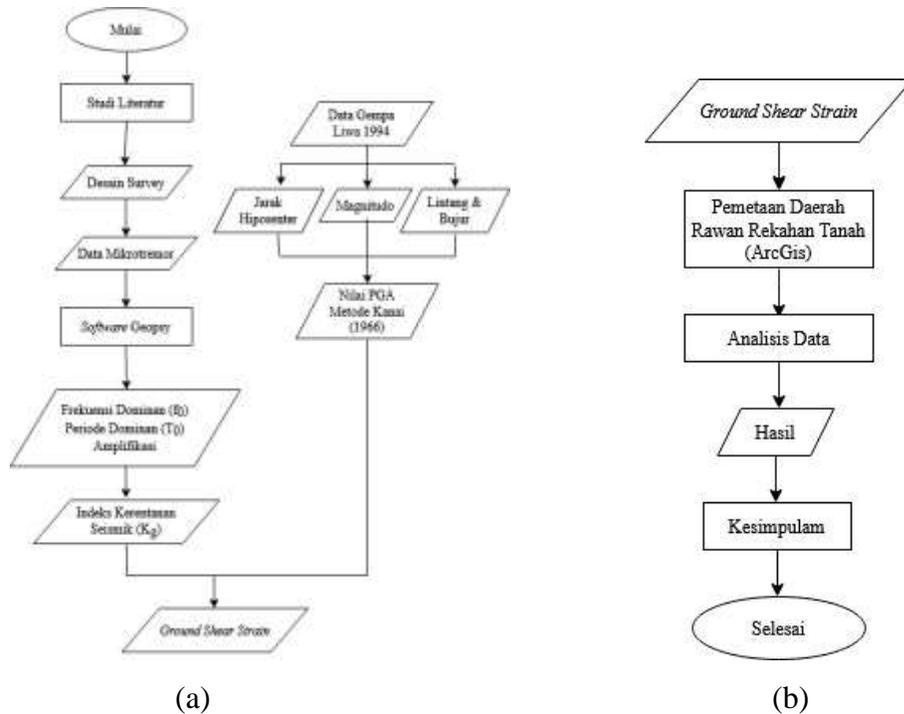
2. Perangkat Lunak

Adapun perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

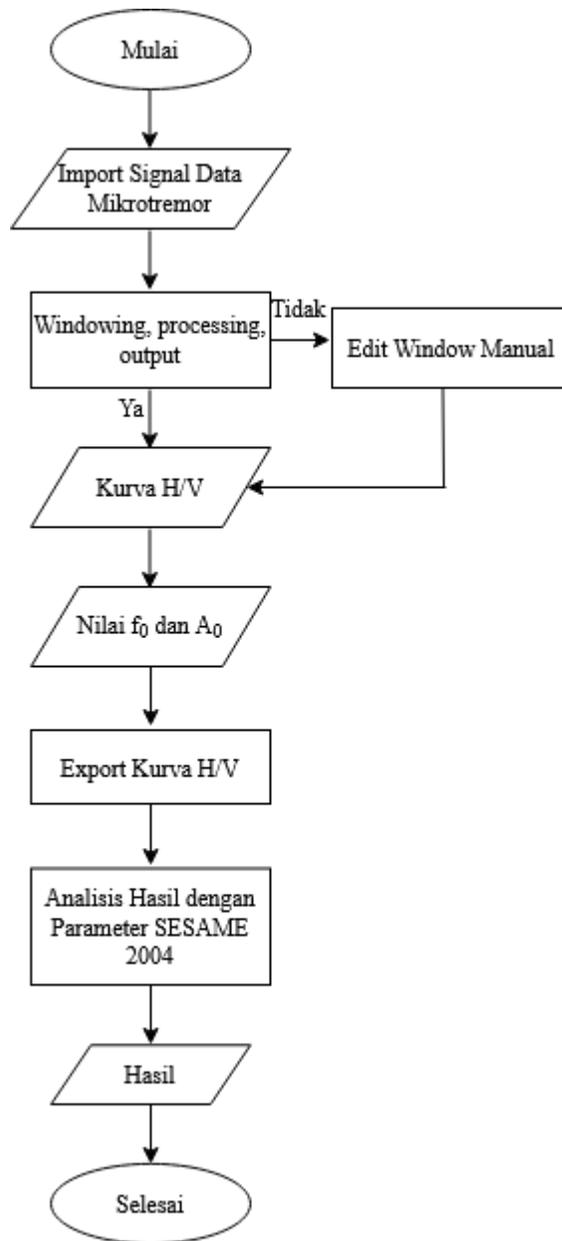
- a. Google Earth berfungsi untuk memplot lokasi penelitian.
- b. *Software* Geopsy berfungsi untuk pemilihan sinyal tanpa noise dari data mikrotremor dengan melakukan *windowing* dan *cutting*.
- c. ArcGis 10.3 berfungsi untuk pembuatan peta persebaran f_0 , A_0 , K_g , PGA dan GSS.
- d. Microsoft Excel 2010 digunakan untuk perhitungan dan penelitian.
- e. Draw.id untuk membuat *flow chart*.

3.2.2. Prosedur Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dapat di lihat pada gambar 3.1 diagram alir penelitian, diagram alirnya sebagai berikut:



Gambar 3. 1 a). Penentuan nilai *ground shear strain*. b). pemetaan daerah rawan rekahan tanah



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengolahan Data Geopsy

Dari tahapan diagram alir tersebut, dapat dijabarkan secara terperinci dengan tahapan sebagai berikut:

Data diperoleh dari hasil pengukuran mikrotremor penelitian Hibah ITERA pada tahun 2019. Data lapangan yang diperoleh dari getaran tanah dalam fungsi waktu. Pada alat pengukuran mikrotremor terekam tiga jenis gelombang yaitu satu gelombang seismik vertikal dan dua gelombang seismik horizontal.

Kemudian data hasil pengukuran diproses lebih lanjut menggunakan *software Geopsy* dengan parameter tertentu yang ada pada buku SESAME.

3.2.3. Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan *software geopsy* menampilkan tiga komponen gelombang yang terdiri dari dua komponen gelombang horizontal (NS) dan (EW) serta satu komponen gelombang vertikal (Z) dalam domain waktu. Data mikrotremor dianalisis dengan *software geopsy* dengan melakukan *windowing* dan *cutting* untuk pemilihan sinyal tanpa *noise*. Kurva HVSR yang *reliable* akan diperoleh dengan memenuhi kriteria parameter yang ada pada tabel 5 SESAME (2004).

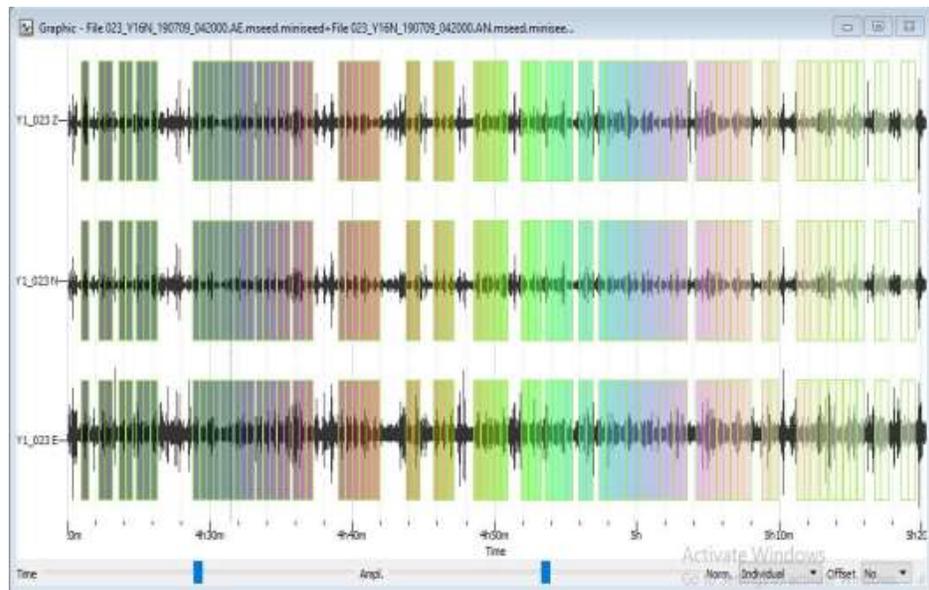
Tabel 3. 1 persyaratan teknis survei mikrotremor SESAME 2004

Jenis Parameter	Saran yang Dianjurkan		
	f_0 minimum diharapkan (Hz)	yang Durasi pencatatan yang disarankan (menit)	minimum
Durasi Pencatatan	0.2		30
	0.5		20
	1		10
	2		5
	5		3
	10		2
Coupling soilsensor alami (in situ)	Atur sensor langsung pada permukaan tanah. Hindari menempatkan sensor seismograf pada permukaan tanah lunak (lumpur, semak-semak) atau tanah lunak setelah hujan.		
Coupling soilsensor	Hindari lempengan yang terbuat dari material lunak seperti karet atau busa. Pada kemiringan yang curam di mana sulit		

buatan	atau	mendapatkan level sensor yang baik, pasang sensor dalam
<i>artifisia</i>		timbunan pasir atau wadah yang diisi pasir.
		Hindari pengukuran dekat dengan bangunan, gedung
Keberadaan		bertingkat, dan pohon yang tinggi, jika tiupan angin di atas \pm
bangunan		5 m/detik. Kondisi ini sangat mempengaruhi hasil analisa
atau pohon		HVSR. Hindari pengukuran di lokasi tempat parkir, pipa
		air dan gorong-gorong.
		Angin : Lindungi sensor dari angin (lebih cepat dari 5 m/s).
Kondisi		Hujan : Hindari pengukuran pada saat hujan lebat. Hujan
Cuaca		ringan tidak memberikan gangguan berarti. Suhu : Mengecek
		kondisi sensor dan mengikuti instruksi pabrik.
		sumber monokromatik : hindari pengukuran mikrotremor
		dekat dengan mesin, industri, pompa air, generator yang
		sedang beroperasi. Sumber sementara : jika terdapat sumber
Gangguan		getar transient (jejak langkah kaki, mobil lewat, motor lewat)
		tingkatkan durasi pengukuran untuk memberikan jendela yang
		cukup untuk analisis setelah gangguan tersebut hilang.

1. *Smoothing* (penghalusan data)

Proses *smoothing* dilakukan untuk memperoleh frekuensi yang maksimum dan menemukan komponen data atau spektrum HVSR yang dihasilkan lebih halus menggunakan *filter smoothing*. *Filter smoothing* yang digunakan merupakan data penelitian di *band pass filter* 5 – 25 Hz. Selanjutnya pengolahan H/V lebar window dilakukan 30 detik. Proses penghalusan data dilakukan dengan metode Konno & Ohmachi dengan konstanta *smoothing* 40. Konno dan Omachi (1998). Pada gambar 3.3 hasil pemilihan *window* pada *software* geopsy pada pengukuran mikrotremor pada titik pengukuran Y16:



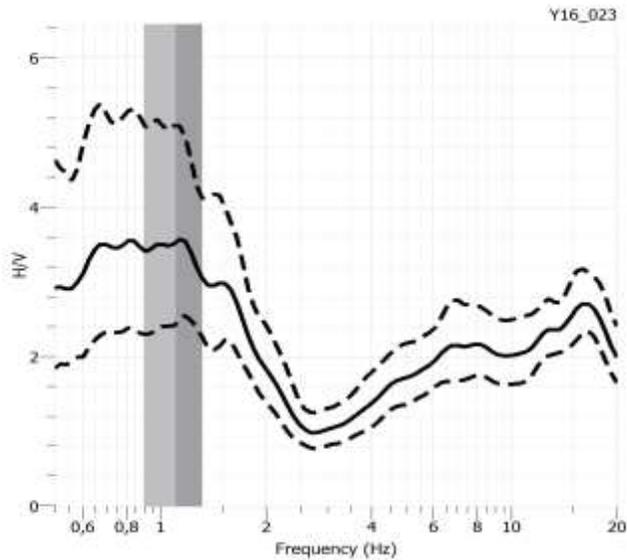
Gambar 3.3 pengolahan data mikrotremor setelah pemilihan *window*

2. Penentuan nilai frekuensi Natural dan Amplifikasi

Frekuensi natural dan amplifikasi diperoleh dari puncak tertinggi HVSR yang terdapat pada kurva HVSR. Kemudian frekuensi natural dan amplifikasi digunakan untuk menentukan indeks kerentanan tanah dan nilai percepatan tanah pada Kecamatan Tanjung Karang Timur, Lampung.

3. Standar Deviasi

Dari nilai kurva HVSR terdapat dua standar deviasi yaitu minimum dan maksimum. Nilai frekuensi natural dan amplifikasi menjadi parameter untuk tahap menentukan indeks kerentanan tanah dan nilai percepatan tanah pada Kecamatan Tanjung Karang Timur. Namun sebelum digunakan untuk menentukan indeks kerentanan tanah harus dilakukan pengecekan kurva HVSR dengan standar SESAME 2004 yang merupakan kriteria *reliable* kurva H/V.



Gambar 3. 4 Kurva HVSR titik pengukuran Y16

Dari gambar 3.4 bahwa kriteria *reliable* kurva HVSR terdiri dari 3 kriteria yang terdapat pada tabel 6, pertama frekuensi natural harus lebih besar dari 10 dibagi panjang window (I_w) ($f_0 > 10/I_w$). Kedua jumlah n_c harus lebih besar dari 200 ($n_c > 200$). Nilai n_c diperoleh dari hasil perkalian antara panjang window (I_w), frekuensi natural (f_0), dan jumlah window yang dipilih untuk mencari kurva rata-rata HVSR (n_w). Kriteria ketiga yaitu nilai standar deviasi σ_A lebih kecil dari 2 (untuk $f_0 > 0.5$ Hz) dan σ_A lebih kecil dari 3 (untuk $f_0 < 0.5$ Hz) dalam batas frekuensi $0.5 f_0$ sampai $2f_0$.

Tabel 3. 2 Kriteria Realibilitas dan kejelasan menurut SESAME 2004

<p>Kriteria untuk kurva H/V yang <i>reliable</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) $f_0 > 10/I_w$ 2) $n_c(f_0) > 200$ 3) $\sigma_A(f) < 2$ untuk $0.5 f_0 < f < 2 f_0$, jika $f_0 > 0.5$ Hz atau $\sigma_A(f) < 3$ untuk $0.5 f_0 < f < 2 f_0$, jika $f_0 < 0.5$ 	<ul style="list-style-type: none"> • l_w = panjang jendela • n_w = jumlah jendela yang dipilih untuk kurva H/V rata-rata • $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = jumlah siklus signifikan • f = frekuensi saat ini • f_{sensor} = frekuensi cut-off sensor • f_0 = frekuensi puncak H/V
---	--

Hz	
<p>Kriteria untuk puncak H / V yang jelas (setidaknya 5 dari 6 kriteria terpenuhi)</p> <p>i) $\exists f \in [f_0 / 4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0 / 2$</p> <p>ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$</p> <p>iii) $A_0 > 2$</p> <p>iv) $f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$</p> <p>v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$</p> <p>vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • σ_f = standar deviasi frekuensi puncak H/V ($f_0 \pm \sigma_f$) • $\varepsilon(f_0)$ = ambang nilai untuk kondisi stabilitas $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ • $A_0 = H/V$ amplitudo puncak pada frekuensi f_0 • $A_{H/V}(f)$ = amplitudo kurva H/V pada frekuensi f • f^- = frekuensi antara $f_0 / 4$ dan f_0 untuk dimana $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ • f^+ = frekuensi antara f_0 dan $4f_0$ yang $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ • $\sigma_A(f)$ = "standar deviasi" dari $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ adalah faktor di mana rata-rata kurva $A_{H/V}(f)$ harus dikalikan atau dibagi <ul style="list-style-type: none"> • $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standar deviasi kurva $\log A_{H/V}(f)$, $\sigma_{\log H/V}(f)$ adalah nilai absolut yang harus ditambahkan atau dikurangi dari kurva rata-rata $\log A_{H/V}(f)$ • $\theta(f_0)$ = nilai ambang batas untuk kondisi stabilitas $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ • $V_{s,av}$ = rata-rata gelombang-S kecepatan total endapan • $V_{s,surf}$ = kecepatan gelombang-S dari lapisan permukaan <ul style="list-style-type: none"> • h = kedalaman ke batuan dasar • h_{\min} = perkiraan batas bawah h

Ambang batas untuk σ_f dan $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Rentang Frekuensi (HZ)	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 - 10	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ untuk $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ untuk $\sigma_{\log H/V}$ (f_0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

4. Indeks kerentanan seismik (Kg)

Indeks kerentanan seismik digunakan untuk mengidentifikasi daerah yang rentan terhadap gerakan tanah. Indeks kerentanan seismik diperoleh dari frekuensi natural dan amplifikasi.

5. Nilai Percepatan Getaran Tanah (PGA) Metode Kanai.

Nilai percepatan getaran tanah diperoleh secara empiris dengan menggunakan metode Kanai dengan parameter input berupa data episenter, kedalaman, magnitudo dan nilai periode dominan tanah. Nilai periode dominan tanah diperoleh dari frekuensi natural HVSR. Percepatan getaran tanah maksimum diperoleh dari referensi gempa yang dimasukkan dalam perhitungan PGA yaitu gempa Liwa yang pernah terjadi di wilayah Lampung pada tahun 1994 dengan magnitudo badan 6,9 SR, kedalaman 23 km, dan jarak episenter 25-50 km sebagai penghasil percepatan tanah tertinggi di lokasi penelitian,

6. Nilai Ground Shear Strain (GSS)

Nilai *Ground Shear Strain* (GSS) menggambarkan material lapisan tanah untuk bergeser saat terjadi gempabumi. Nilai GSS diperoleh dari hasil perkalian indeks kerentanan seismik (Kg), nilai percepatan gerakan tanah (PGA) dan dikali 10^{-6} .

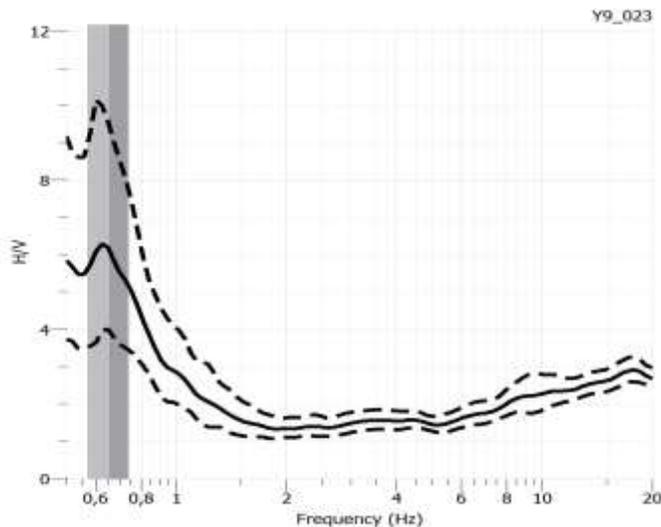
3.2. Interpretasi Data

Hasil penelitian yang akan dicapai dari penelitian ini berupa nilai *ground shear strain* yang menunjukkan adanya rekahan tanah di Kecamatan Tanjung Karang Timur, Bandar Lampung. Interpretasi data yang dilakukan adalah dengan cara pengukuran mikrotremor pada daerah penelitian, kemudian data diolah dan didapatkan nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A_0) dari kurva H/V sehingga diperoleh nilai indeks kerentanan seismik (K_g). Selanjutnya, untuk mencari nilai *ground shear strain* harus mencari nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dengan metode kanai berdasarkan data gempa Liwa pada tahun 1994. Nilai *ground shear strain* diperoleh dengan mengalikan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan nilai percepatan tanah maksimum (PGA). Setelah mendapatkan nilai parameter-parameter fisisnya data diolah dengan menggunakan *software* ArcMap 10.3 untuk mengetahui peta sebaran daerah rawan rekahan tanah di daerah penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Frekuensi Natural

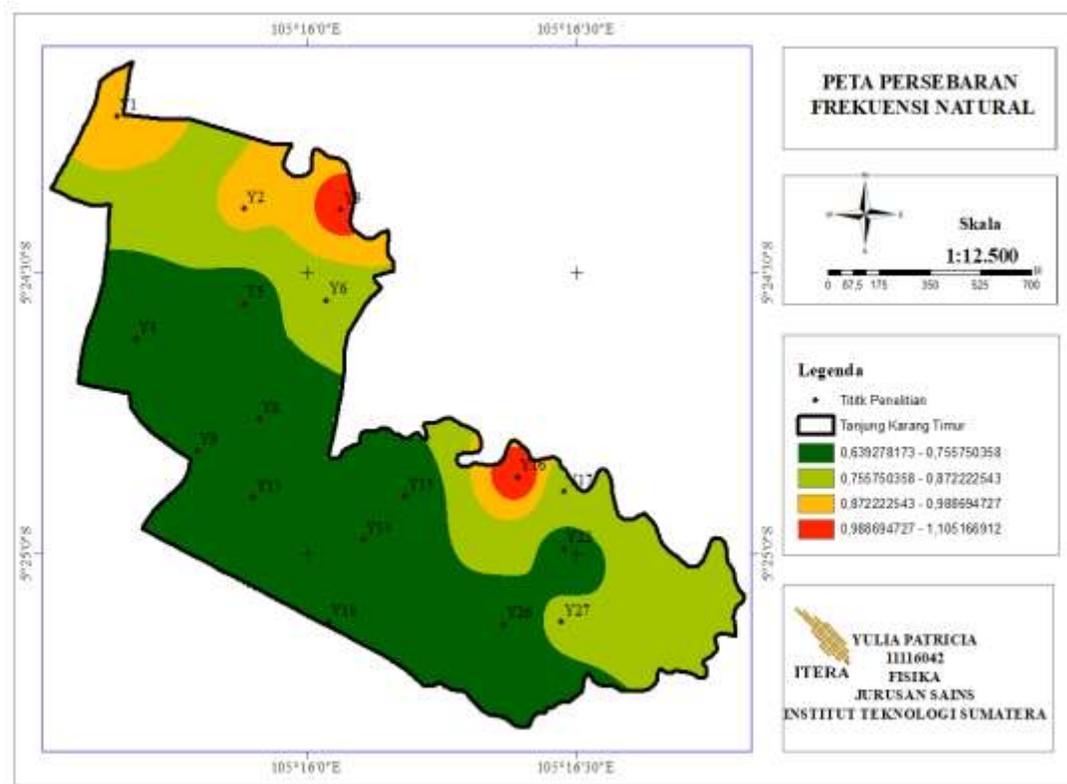
Nilai frekuensi natural diperoleh dari kurva HVSR dan dibuat peta persebaran frekuensi natural wilayah Kecamatan Tanjung Karang Timur menggunakan *software* Arc-Gis 10.3. Parameter yang mempengaruhi nilai frekuensi natural berdasarkan penelitian oleh Nakamura yaitu kecepatan gelombang geser dan ketebalan sedimen bawah permukaan (*bedrock*). Ketebalan lapisan sedimen berbanding terbalik dengan frekuensi natural berdasarkan persamaan oleh (Nakamura,2008) pada persamaan 2.6. Pada penelitian ini terdapat 17 titik pengukuran mikrotremor, setelah dilakukan pengolahan menggunakan *geopsy* didapatkan frekuensi natural berkisar 0,639 Hz – 1,105 Hz yang ditunjukkan pada gambar 4.1 selanjutnya dilampiran.



Gambar 4. 1 Kurva H/V

Pada gambar 4.1 merupakan kurva H/V pada titik penelitian Y9 dengan nilai frekuensi natural 0,657 Hz. Nilai frekuensi natural yang diperoleh pada daerah penelitian relatif kecil. Pada gambar 4.2 peta persebaran nilai frekuensi natural dapat

diperoleh hasil dimana korelasi dengan peta geologi pada gambar 2.1, daerah tersebut merupakan daerah alluvial berdasarkan klasifikasi tanah yang terdapat pada tabel 2.2.



Gambar 4. 2 Peta Persebaran nilai frekuensi natural

Pada gambar 4.2 terdapat 4 warna yang berbeda pada peta persebaran nilai frekuensi naturalnya. Warna merah menunjukkan nilai frekuensi natural yang relatif lebih besar dari titik pengukuran yang berwarna hijau tua, hijau muda dan kuning. Perbedaan warna pada peta persebaran frekuensi natural tersebut tidak menunjukkan adanya perbedaan nilai yang signifikan karena berdasarkan tabel 2.2 frekuensi natural yang dihasilkan pada titik penelitian relatif kecil, termasuk dan klasifikasi jenis IV dengan frekuensi kurang dari 2,5 Hz. Untuk mempermudah pembacaan hasil klasifikasi frekuensi natural yang tersebar di Kecamatan Tanjung Karang Timur dapat dilihat pada tabel 4.1 dimana penulis mengklasifikasikan berdasarkan nilai frekuensi natural pada daerah penelitian.

Tabel 4. 1 persebaran nilai frekuensi natural

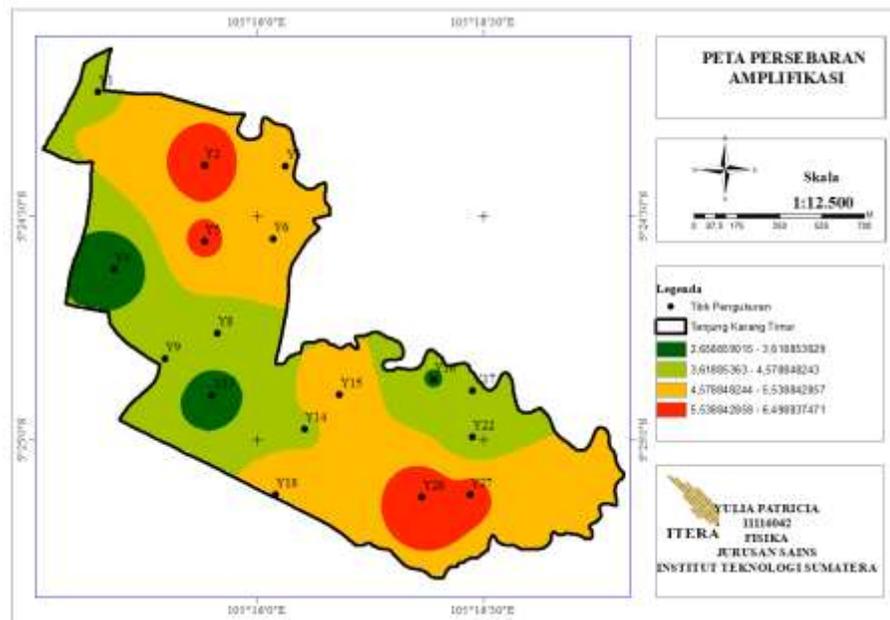
No	titik	Nilai Frekuensi Natural	Klasifikasi
1	Y1	0.929395	jenis IV
2	Y2	0.8936223	jenis IV
3	Y3	1.05506	jenis IV
4	Y4	0.644358	jenis IV
5	Y5	0.681154	jenis IV
6	Y6	0.822288	jenis IV
7	Y8	0.65751	jenis IV
8	Y9	0.657751	jenis IV
9	Y13	0.647558	jenis IV
10	Y14	0.688283	jenis IV
11	Y15	0.687579	jenis IV
12	Y16	1.10575	jenis IV
13	Y17	0.774783	jenis IV
14	Y18	0.6392282	jenis IV
15	Y22	0.717828	jenis IV
16	Y26	0.714432	jenis IV
17	Y27	0.763071	jenis IV

Merujuk pada tabel 2.2 klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi natural, daerah yang termasuk klasifikasi jenis IV memiliki frekuensi rendah dengan frekuensi < 2,5 Hz, dimana daerah Kecamatan Tanjung Karang Timur memiliki ketebalan sedimen permukaan yang sangat tebal. Menurut Kanai, batuan penyusunnya berupa batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur dengan kedalaman 30 m atau lebih, memiliki karakteristik yang lunak dengan karakteristik ketebalan sedimen sangat tebal. Jika ditinjau dari peta geologi pada gambar 2.1 daerah ini termasuk bagian formasi Lampung. Formasi Lampung memiliki umur kuarter

Plistosen, formasi Lampung terdiri dari tuf batu apung, tuf riolitik, batu lempung tufan, dan batu pasir tufan.

4.2. Analisis Faktor Amplifikasi

Dari pengolahan data HVSR nilai A_0 diperoleh secara bersamaan dengan nilai f_0 . Rentang nilai amplifikasi yang di dapatkan pada penelitian berkisar antara 2,658 – 6,498. Nilai tersebut bervariasi dengan jumlah data 17 titik penelitian. Sebaran nilai data amplifikasi merata, data ini dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Peta Persebaran nilai Faktor Amplifikasi

Persebaran nilai amplifikasi pada gambar 4.3 terlihat bahwa sebaran nilai pada lokasi penelitian dari nilai amplifikasi berbeda dibandingkan dengan sebaran frekuensi natural. Pada peta persebaran amplifikasi terlihat bahwa letak dari nilai tertinggi pada amplifikasinya berbeda dengan letak nilai tertinggi pada peta frekuensinya. Apabila meninjau dari nilai amplifikasi di gambar 4.3, terlihat bahwa adanya nilai amplifikasi dominan pada sebelah selatan dan utara area penelitian, tepatnya pada titik penelitian

Y2, Y5 bagian utara penelitian, Y26, Y27 pada bagian selatan penelitian. Dari peta persebaran amplifikasi diatas sudah jelas bahwa nilai amplifikasi besar cenderung di bagian utara dan bagian selatan. Dapat dikatakan bahwa nilai amplifikasi tidak merata karena sebagian besar nilai kecil berada di wilayah utara dan nilai besar juga berada di wilayah utara. Untuk mempermudah pembacaan hasil klasifikasi faktor amplifikasi yang tersebar di Kecamatan Tanjung Karang Timur dapat dilihat pada tabel 4.2 dimana penulis mengklasifikasikan berdasarkan nilai amplifikasi pada daerah penelitian.

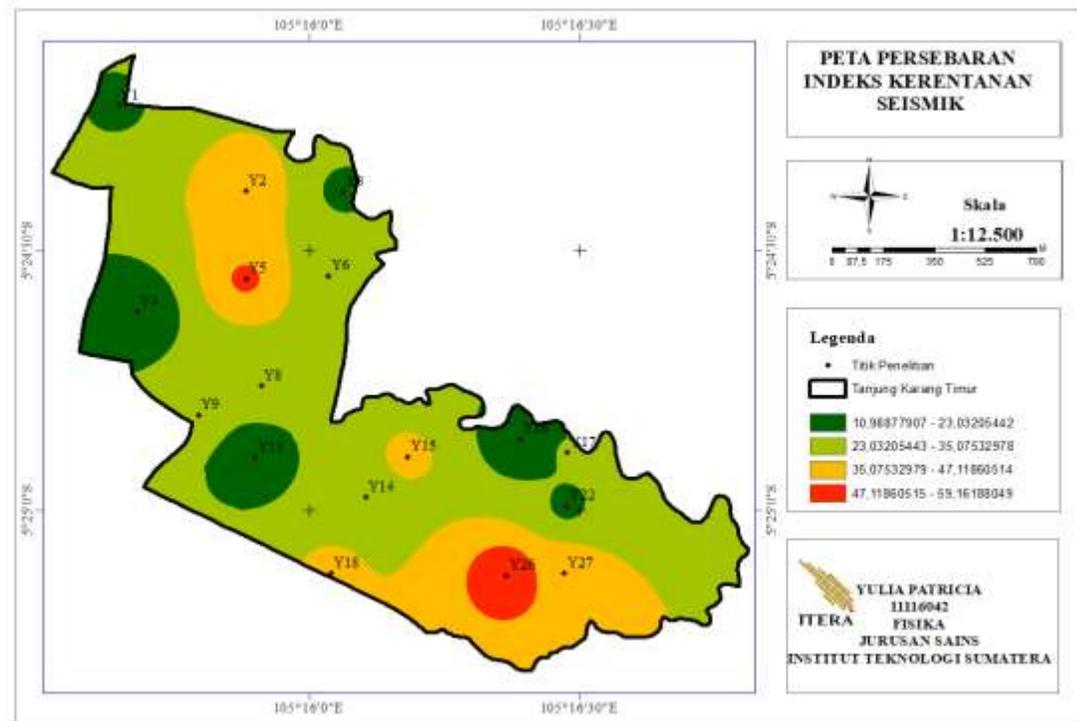
Tabel 4. 2 persebaran nilai faktor amplifikasi

No	titik	A0	Klasifikasi
1	Y1	4.50377	Sedang
2	Y2	6.28902	Tinggi
3	Y3	4.65485	Sedang
4	Y4	2.65876	Rendah
5	Y5	5.80555	Sedang
6	Y6	4.9344	Sedang
7	Y8	4.3479	Sedang
8	Y9	4.3479	Sedang
9	Y13	2.80576	Rendah
10	Y14	4.51858	Sedang
11	Y15	5.09227	Sedang
12	Y16	3.52685	Sedang
13	Y17	4.27475	Sedang
14	Y18	4.91327	Sedang
15	Y22	3.87137	Sedang
16	Y26	6.5024	Tinggi
17	Y27	5.7715	Sedang

Merujuk pada tabel 2.1 nilai amplifikasi daerah penelitian termasuk dalam zona 1 – 3, dengan klasifikasi rendah, sedang, tinggi dan untuk rentang faktor amplifikasi < 3 sampai amplifikasi > 6. Sehingga dapat dilihat dari nilai amplifikasi daerah paling aman di lokasi penelitian adalah daerah yang berwarna hijau tua. Menurut Nakamura (2000), nilai amplifikasi yang berbahaya berada pada nilai >3 dengan klasifikasi sedang hingga sangat tinggi, serta nilai amplifikasi yang tinggi berkorelasi dengan nilai frekuensi yang rendah. Warna hijau tua mewakili nilai amplifikasi dari 2.65876 - 2.80575. Nilai amplifikasi ini tergolong rendah, saat terjadi gempa yang cukup besar daerah tersebut dapat dikatakan aman daripada lokasi penelitian yang lain. Daerah yang berwarna hijau muda sampai merah merupakan daerah yang rawan saat terjadi gempa bumi, dilihat dari nilai amplifikasinya yang bernilai 3,618 – 6,498.

4.3. Analisis Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Nilai indeks kerentanan seismik (Kg) dipengaruhi oleh frekuensi natural dan faktor amplifikasi. Nilai dari frekuensi natural berbanding terbalik dengan nilai indeks kerentanan seismik, sedangkan nilai faktor amplifikasi berbanding lurus dengan nilai indeks kerentanan seismik. Nilai indeks kerentanan seismik menunjukkan kestabilan struktur tanah, apabila nilai indeks kerentanan seismik besar maka kestabilan struktur tanah semakin kecil, sehingga kerusakan yang terjadi akibat terjadi gempa bumi akan semakin besar. Hasil analisis mikrotremor menggunakan HVSR menunjukkan indeks kerentanan seismik daerah penelitian bervariasi kisaran antara 10,971 s²/cm – 59, 1821 s²/cm yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Peta Persebaran nilai Indeks Kerentanan Seismik

Apabila nilai indeks kerentanan seismik (K_g) semakin besar maka tingkat risiko kerusakan akibat gempa bumi akan semakin besar. Hal ini berkaitan dengan kondisi geologi daerah penelitian dimana indeks kerentanan seismik (K_g) yang tinggi memiliki nilai frekuensi natural yang rendah. Sesuai dengan nilai frekuensi natural pada pembahasan sebelumnya bahwa daerah Kecamatan Tanjung Karang Timur termasuk dalam nilai frekuensi natural yang rendah dan berada pada lapisan lunak. Warna hijau tua pada gambar menunjukkan adanya nilai indeks kerentanan seismik yang rendah, yaitu berkisar $10,988 \text{ s}^2/\text{cm} - 23,032 \text{ s}^2/\text{cm}$. Untuk warna hijau muda pada peta menunjukkan nilai indeks kerentanan seismik yang berkisar $23,032 \text{ s}^2/\text{cm} - 35,0753 \text{ s}^2/\text{cm}$, sedangkan warna kuning menunjukkan nilai indeks kerentanan seismik yang berkisar $35,075 \text{ s}^2/\text{cm} - 47,118 \text{ s}^2/\text{cm}$ dan untuk warna merah menunjukkan nilai indeks kerentanan seismik yang relatif tinggi yaitu berkisar $47,118 \text{ s}^2/\text{cm} - 59,162 \text{ s}^2/\text{cm}$.

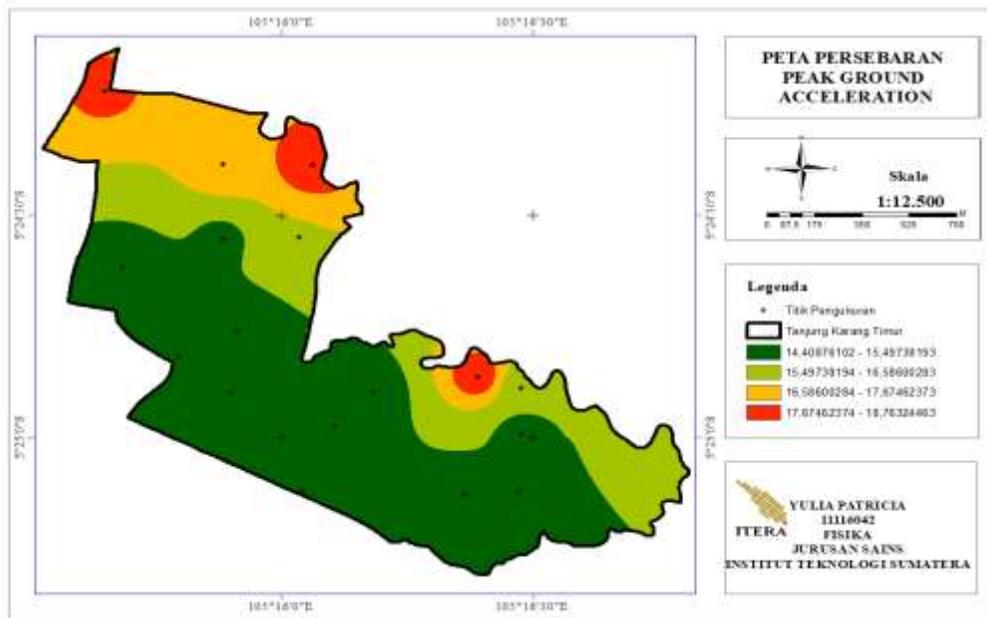
Mengacu pada gambar 2.1 peta geologi Kecamatan Tanjung Karang Timur yang memiliki material penyusun berupa tuf batu apung, tuf riolitik, batu lempung tufan, dan batu pasir tufan. Menurut material penyusunnya batuan tersebut memiliki karakteristik densitas batuan yang relatif kecil, karena material penyusun batuan ini memiliki sifat meloloskan air rendah hingga sedang (Sugianto *et al.*, 2016). Apabila semakin kecil nilai densitasnya maka tingkat kerusakan bangunan akibat gempa bumi akan semakin besar dan sebaliknya. Berdasarkan penelitian Nakamura (2000) di distrik Marina San Fransisco, daerah pada dataran yang memiliki kondisi geologi alluvial akan mengalami kerusakan parah dengan nilai indeks kerentanan seismik tinggi, hal tersebut sesuai dengan nilai frekuensi natural pada daerah penelitian yang relatif kecil menunjukkan adanya batuan alluvial berdasarkan klasifikasi Kanai.

4.4. Analisis *Peak Ground Acceleration* (PGA)

Percepatan gerakan tanah maksimum (PGA) menunjukkan adanya nilai percepatan tanah terbesar yang terjadi pada lokasi penelitian yang diakibatkan oleh adanya gempa bumi dalam periode waktu tertentu. Nilai PGA merupakan parameter yang sering digunakan untuk menestimasi kerusakan akibat gempa bumi. Untuk menghitung besarnya nilai PGA di daerah penelitian diperoleh berdasarkan pendekatan rumus empiris menggunakan metode Kanai. Persamaan metode Kanai yang digunakan untuk perhitungan nilai PGA sesuai dengan persamaan 2.11. Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dipengaruhi oleh magnitudo (M), jarak hiposenter (R) dan koordinat gempa. Semakin besar nilai PGA yang didapatkan maka akan semakin cepat tanah mengalami pergerakan saat terjadi gempa bumi dan sebaliknya semakin kecil nilai PGA maka akan semakin lambat pergerakan tanah saat terjadi gempa bumi.

Sumber gempa bumi yang digunakan adalah data gempa yang terjadi pada tahun 1994 di Liwa, Lampung Barat dengan kekuatan gempa 6,5 Mw dan kedalaman 23 km serta

titik koordinatnya 104.302° BT, 4.967° LS. Nilai PGA pada daerah penelitian dapat dilihat pada tabel 4.4. Nilai PGA pada daerah penelitian kemudian di petakan menggunakan arcgis, untuk melihat peta persebarannya pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Peta Persebaran nilai PGA

Untuk mempermudah pembacaan tingkat risiko kerusakan akibat gempa bumi berdasarkan nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) yang tersebar di Kecamatan Tanjung Karang Timur dapat dilihat pada tabel 4.3 dimana penulis mengklasifikasikan berdasarkan tingkat resiko kerusakan pada daerah penelitian. Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 4.3 menunjukkan Kecamatan Tanjung Karang Timur memiliki nilai PGA yang sangat kecil. Merujuk pada skala MMI Kanai pada tabel 2.3 yang memiliki nilai PGA terbesar yaitu pada titik Y16 sebesar 18.7687 gal dan nilai PGA terkecil pada titik Y18 sebesar 14.4082 gal termasuk dalam skala $MMI < VI$ dengan nilai PGA kurang dari 25 gal, dengan tingkat resiko sangat kecil. Tingkat resiko akibat gempa bumi dengan nilai kurang dari 25 gal yang sangat kecil menyebabkan adanya getaran yang dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar. Daerah dengan nilai percepatan gerakan tanah maksimum (PGA) yang

lebih tinggi mengindikasikan bahwa apabila terjadi gempa bumi yang berepisenter di sekitar Kecamatan Tanjung Karang Timur maka akan terjadi pergerakan tanah yang lebih lambat dalam durasi yang singkat di kecamatan Tanjung Karang Timur dari wilayah lain.

Tabel 4.3 Tingkat Resiko gempa bumi akibat nilai percepatan gerakan tanah maksimum (PGA) di Kecamatan Tanjung Karang Timur

No	Titik	PGA	Tingkat Resiko Kerusakan
1	Y1	17.9719	Resiko sangat kecil
2	Y2	17.3935	Resiko sangat kecil
3	Y3	18.7566	Resiko sangat kecil
4	Y4	14.8277	Resiko sangat kecil
5	Y5	15.1365	Resiko sangat kecil
6	Y6	16.5266	Resiko sangat kecil
7	Y8	14.7942	Resiko sangat kecil
8	Y9	14.8532	Resiko sangat kecil
9	Y13	14.6496	Resiko sangat kecil
10	Y14	14.953	Resiko sangat kecil
11	Y15	14.9195	Resiko sangat kecil
12	Y16	18.7687	Resiko sangat kecil
13	Y17	15.6466	Resiko sangat kecil
14	Y18	14.4082	Resiko sangat kecil
15	Y22	15.0317	Resiko sangat kecil
16	Y26	15.0269	Resiko sangat kecil
17	Y27	15.4625	Resiko sangat kecil

Menurut Burton *et al* (2003), formasi batuan merupakan salah satu parameter penting dan berpengaruh terhadap nilai percepatan getaran tanah di suatu wilayah. Setiap formasi memiliki litologi batuan yang berbeda yang ditunjukkan oleh densitas batuan

sebagai salah satu karakter fisis dari satuan batuan penyusunnya. Nilai densitas dipengaruhi oleh kedalaman batuan dan lama waktu terpendamnya (umur) batuan tersebut.

Kondisi geologi Kecamatan Tanjung Karang Timur menunjukkan formasi Lampung, Menurut Bilal *et al* (2019) Formasi Lampung merupakan formasi yang berumur Pleistosen, terdiri dari tuf berbatu apung, tuf riolitik, tuf pada tufit, batulempung tufan dan batupasir tufan. Wilayah Lampung sudah mengalami tiga kali proses *orogenesis* yaitu pada masa Mesozoikum tengah yang terdiri dari kelompok batuan Pra Tersier terdiri dari Gunung Kasih, Formasi Menanga, dan Komplek Sulan. Proses selanjutnya yaitu kelompok batuan tersier awal yang terdiri dari Formasi Kantur, kemudian kelompok batuan kuartar yang terdiri dari Basal Sukadana, Endapan gunung api Muda, Formasi Kasai dan Formasi Lampung yang berumur Pleistosen. Berdasarkan proses terbentuknya satuan batuan pada formasi Lampung memiliki densitas yang lebih kecil dibandingkan batuan atau formasi lainnya, karena nilai densitas dipengaruhi oleh kedalaman batuan terpendam dan lama waktu terpendamnya. Perlapisan suatu batuan yang berada pada posisi paling bawah merupakan batuan yang pertama terbentuk dibandingkan lapisan batuan di atasnya. Formasi Lampung memiliki densitas batuan kecil sehingga nilai PGA di Kecamatan Tanjung Karang Timur yang dihasilkan akan semakin kecil. Namun, setiap jenis batuan pada daerah tertentu akan memiliki densitas yang tertentu pula, jenis batuan yang sama pada daerah yang berbeda dapat memiliki nilai densitas yang berbeda.

4.5. *Ground Shear Strain* (GSS) dan Rekahan Tanah.

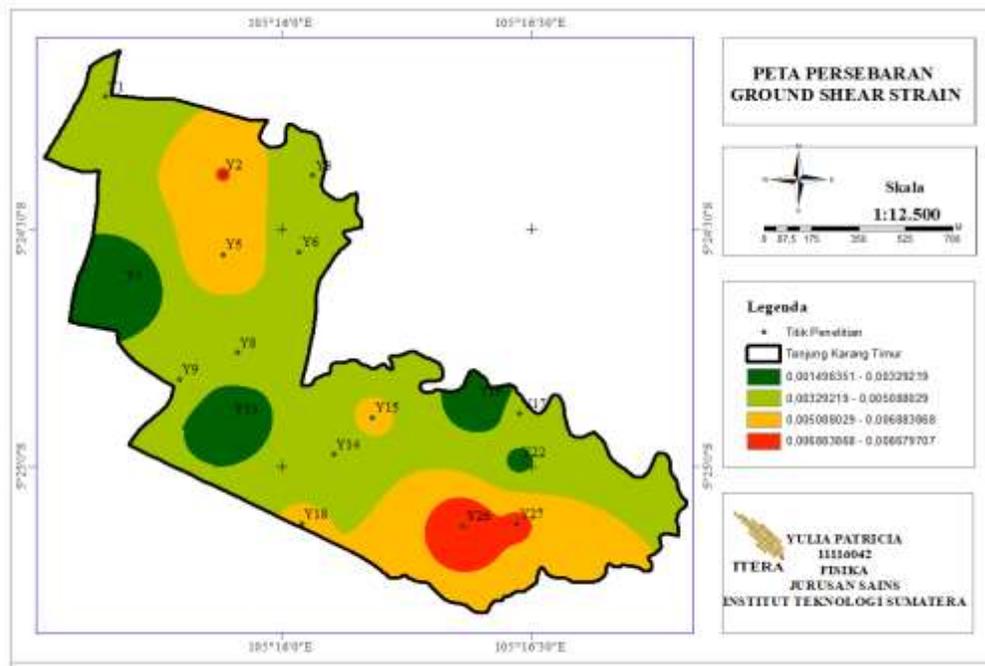
Nilai *ground shear strain* diperoleh dari hasil kali antara nilai indeks kerentanan seismik dengan nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan persamaan 2.18. Nilai *ground shear strain* dapat mempengaruhi kemungkinan suatu wilayah mengalami kerusakan saat terjadi gempa bumi. Pendekatan nilai *ground shear strain* sangat

penting, dimana semakin besar nilai *ground shear strain* yang dihasilkan maka akan semakin besar kemungkinan kerusakan suatu wilayah saat terjadi gempa bumi dan sebaliknya apabila semakin kecil nilai *ground shear strain* maka dampak yang diakibatkan saat terjadi gempa bumi akan semakin kecil. Untuk mempermudah pembacaan kerusakan akibat gempa bumi berdasarkan nilai *ground shear strain* (GSS) yang tersebar di Kecamatan Tanjung Karang Timur dapat dilihat pada tabel 4.4 dimana penulis mengklasifikasikan berdasarkan tingkat resiko kerusakan pada daerah penelitian.

Tabel 4. 4 Klasifikasi kerusakan yang ditimbulkan oleh nilai *Ground shear strain*

Titik	GSS	Fenomena
Y1	0.00039	Retak, penurunan tanah
Y2	0.00077	Retak, penurunan tanah
Y3	0.00039	Retak, penurunan tanah
Y4	0.00016	Retak, penurunan tanah
Y5	0.00075	Retak, penurunan tanah
Y6	0.00049	Retak, penurunan tanah
Y8	0.00043	Retak, penurunan tanah
Y9	0.00043	Retak, penurunan tanah
Y13	0.00018	Retak, penurunan tanah
Y14	0.00044	Retak, penurunan tanah
Y15	0.00056	Retak, penurunan tanah
Y16	0.00021	Retak, penurunan tanah
Y17	0.00037	Retak, penurunan tanah
Y18	0.00054	Retak, penurunan tanah
Y22	0.00031	Retak, penurunan tanah
Y26	0.00089	Retak, penurunan tanah
Y27	0.00067	Retak, penurunan tanah

Meninjau tabel 4.6 mengenai klasifikasi nilai GSS dengan sifat dinamis tanah yang berkorelasi dengan tabel 2.4. Saat nilai GSS $10^{-6} - 10^{-5}$ akan terjadi rambatan gelombang dan getaran, saat nilai GSS $10^{-5} - 10^{-3}$ akan terjadi keretakan tanah dan penurunan tanah, kemudian saat nilai GSS diatas 10^{-3} maka akan terjadi longsor, penurunan tanah dan likuifaksi. Berdasarkan klasifikasi nilai GSS di wilayah Kecamatan Tanjung Karang Timur berada pada tingkat 10^{-4} , sehingga fenomena yang dapat terjadi akibat gempa bisa berupa retakan/rakahan tanah, dan penurunan tanah. Peta persebaran nilai GSS Kecamatan Tanjung Karang timur ditunjukkan pada gambar 19.



Gambar 4. 6 Peta Persebaran nilai *Ground Shear Strain*

Menurut Isihara (1982), lapisan sedimen akan bersifat plastis dan akan mengalami deformasi permukaan berupa retakan/rekahan tanah dan penurunan tanah pada nilai $\gamma = 10^{-3}$ dan lapisan sedimen akan mengalami deformasi yang masif berupa longsor dan likuifaksi jika nilai $\gamma = 10^{-2}$. Gambar 4.6 memperlihatkan Kecamatan Tanjung Karang Timur secara keseluruhan mengalami retakan/rekahan tanah dan penurunan tanah yang ditunjukkan dengan warna hijau tua, hijau muda, kuning dan merah. Warna pada gambar 4.6 menunjukkan adanya perbedaan nilai. Warna merah pada gambar

4.6 menunjukkan nilai yang relatif tinggi pada daerah penelitian, tetapi secara keseluruhan nilai GSS di Kecamatan Tanjung Karang Timur menunjukkan nilai 10^{-4} . Nilai pergeseran tanah yang cukup tinggi disebabkan kondisi geologi daerah penelitian merupakan daerah alluvial, karakteristik dinamik tanah antara satu tempat dengan tempat lain berbeda-beda sehingga wilayah tersebut memiliki tingkat kerusakan yang berbeda pula. Dalam pembangunan di Kecamatan Tanjung Karang Timur, diharapkan memperhatikan nilai GSS dan dianjurkan untuk mengikuti tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung sebagai upaya mitigasi bencana gempabumi.