

DIPA FT

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DIPA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

**MITIGASI BENCANA KEGEMPAAN
BERDASARKAN NILAI INDEKS SEISMISITAS DAN
AMPLIFIKASI GETARAN TANAH**



TIM PENGUSUL

**Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. [NIDN: 0016067303] [SINTA ID: 6643963]
Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si. [NIDN: 0026067203] [SINTA ID: 6674363]
Rudy Zefrianto Sinambela, S.T., M.T. [NIDN: 00000] [SINTA ID: 6754037]**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2021

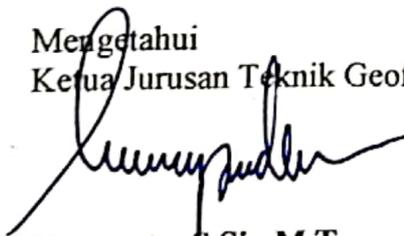
**HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN DIPA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

Judul Pengabdian	:	Mitigasi Bencana Kegempaan Berdasarkan Nilai Indeks Seismisitas dan Amplifikasi Getaran Tanah: Studi Kasus Bandar Lampung
Ketua Peneliti	:	
a. Nama Lengkap	:	Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.
b. NIDN	:	0016067303
c. SINTA ID	:	6643963
d. Jabatan Fungsional	:	Lektor Kepala
e. Program Studi	:	Teknik Geofisika
f. Nomor HP	:	081369576626
g. Alamat e-mail	:	syamsurijal.rasimeng@eng.unila.ac.id
Anggota (1)	:	
a. Nama Lengkap	:	Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si.
b. NIDN	:	0026067203
c. Program Studi	:	Teknik Geofisika
Anggota (2)	:	
d. Nama Lengkap	:	Rudy Zefrianto Sinambela, S.T., M.T.
e. NIP	:	198901112019031014
f. Program Studi	:	Teknik Geofisika
Jumlah mahasiswa terlibat	:	2 orang
Jumlah staf yang terlibat	:	Pujono, S.T.
Lokasi Kegiatan	:	Provinsi Lampung
Lama Kegiatan	:	1 tahun
Biaya Penelitian	:	Rp.10.000.000,-
Sumber Dana	:	DIPA FT UNILA

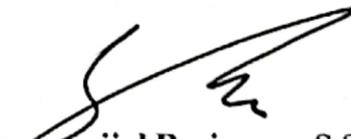
Bandar Lampung, 1 November 2021

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Ketua Peneliti



Karyanto, S.Si., M.T.
NIP 196912301998021001



Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.
NIP 197307162000121002



Prof. Ir. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.
NIP 196207171987031002

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : **Mitigasi Bencana Kegempaan Berdasarkan Nilai Indeks Seismisitas dan Amplifikasi Getaran Tanah**
2. Tim Penelitian :

No.	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Program Studi
1.	Ir. Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.	Ketua	Geofisika Mitigasi Bencana	Teknik Geofisika
2.	Dr. Alimuddin, S.Si., M.Si.	Anggota 1	Geofisika Lingkungan	Teknik Geofisika
3.	Rudy Zefrianto Sinambela, S.T., M.T.	Anggota 2	Teknik Perpetaan	Teknik Geofisika

3. Objek Pengabdian:
mitigasi bencana kegempaan berdasarkan nilai indeks seismisitas dan amplifikasi getaran tanah
4. Masa Pelaksanaan
Mulai : **Juli Tahun 2021**
Berakhir : **November Tahun 2021**
5. Usulan Biaya : Rp. 10.000.000
6. Lokasi Pengabdian (lab/studio/lapangan): **Kota Bandar Lampung**
7. Instansi lain yang terlibat (jika ada, dan uraikan apa kontributornya):
8. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu (uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang akan mendukung pengembangan iptek):

Evaluasi indeks kerentanan seismik dan perhitungan nilai amplifikasi gempa pada lapisan tanah diharapkan dapat menjadi pertimbangan parameter dalam membuat kebijakan zonasi wilayah pengembangan kota dan meminimalisasi resiko yang akan timbul akibat bencana kegempaan. Data ini akan memberi informasi kontras parameter perambatan gelombang antara batuan dasar dan sedimen di atasnya, serta hubungan tingkat dengan kondisi geologi Kota Bandar Lampung.

9. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran untuk setiap penerima hibah (tuliskan nama terbitan berkala ilmiah dan tahun rencana publikasi)

**Prosiding Sinta UNILA 2021
JGRS, Tahun penerbitan 2022**

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN

DAFTAR ISI

ABSTRAK

JUDUL	1
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 State of the art	4
2.2 HVSR dan Amplifikasi	7
2.3 Indeks Kerentanan Seismik	9
2.4 Geologi Daerah Penelitian	10
BAB III. METODE PENELITIAN	12
3.1 Metodologi Penelitian.....	12
BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN.....	14
4.1 Amplifikasi Getaran Tanah	14
4.2 Indeks kerentanan seismik.....	17
4.3 Evaluasi Akhir	19
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	20
5.1 Kesimpulan	20
5.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21

Abstrak

Salah satu kriteria yang sering terlupakan dalam perencanaan pengembangan wilayah adalah masalah getaran yang sangat berdampak pada kegagalan infrastruktur bangunan, jalan, jembatan, jalur keretaapi dan fasilitas umum lainnya. Evaluasi indeks kerentanan seismik dan perhitungan nilai amplifikasi gempa pada lapisan tanah diharapkan dapat menjadi pertimbangan parameter dalam membuat kebijakan zonasi wilayah pengembangan kota, sehingga dapat meminimalisasi resiko yang akan timbul akibat bencana kegempaan di wilayah Bandar Lampung. Data yang digunakan dalam analisa amplifikasi tanah didapatkan dari data pengukuran geofisika berdasarkan pengukuran mikrotremor yang tersebar cukup merata di Kota Bandar Lampung. Sementara data yang digunakan sebagai analisa tingkat kerentanan seismik yaitu data yang bersumber dari pengukuran MASW dan HVSr yang sebagian juga telah dilakukan pada periode penelitian sebelumnya. Data ini akan memberi informasi kontras parameter perambatan gelombang (densitas dan kecepatan) antara batuan dasar (bedrock) dan sedimen di atasnya, serta bagaimana hubungan tingkat kegempaan diwilayah tersebut dengan kondisi geologi Kota Bandar Lampung. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan data sebaran indeks kerentanan seismik yang bervariasi mulai dari 5.92–58.7 dan variasi nilai amplifikasi mulai dari 1.643–3.822. Nilai Indeks kerentanan seismik yang cukup tinggi didapatkan pada wilayah timur dan selatan daerah pengamatan yang meliputi kecamatan sukabumi, tanjung karang timur, kedamaian, Bumi waras dan sebagian wilayah Teluk betung dengan variasi indeks kerentanan seismik diatas 21.4–58.7. Sementara nilai Amplifikasi sedang dengan variasi nilai 2.2–3.8 juga cukup berkorelasi dengan nilai indeks kerentanan seismik di beberapa wilayah tersebut. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa wilayah analisa memiliki tingkat kerentanan seismik yang cukup tinggi dan rawan bencana gempa bumi dengan sejarah seismisitas dan faktor geologi seperti faktor ketebalan sedimen dan tipe batuan yang belum terkompaksi dengan cukup baik dapat menjadi faktor yang memperbesar efek getaran pada batuan di wilayah tersebut.

Kata kunci: indeks kerentanan seismik, amplifikasi, frekuensi alamiah

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengaruh getaran ataupun gempa yang bekerja pada suatu struktur bangunan dapat diperkirakan dengan melakukan pendekatan perhitungan parameter gerakan tanah di permukaan. Ada cukup banyak faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pendekatan gerakan tanah ini, yang secara umum dapat ditentukan dengan melakukan analisa perambatan gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah. Salah satu kriteria yang seringkali terlupakan dalam perencanaan pengembangan wilayah adalah masalah getaran yang sangat berdampak pada kegagalan infra struktur bangunan, jalan, jembatan, jalur keretaapi, pabrik dan fasilitas umum lainnya.

Efek guncangan gempa bumi terasa bergantung pada besarnya kekuatan gempa dan kondisi material yang dilaluinya. Getaran dari gempa bumi dapat memicu terjadinya bencana ikutan, berupa longsor dan amblasan tanah. Kondisi demikian mengakibatkan berbagai kerusakan pada infrastruktur, kerugian ekonomi, dan kehilangan nyawa manusia. Tingkat kerusakan yang terjadi bergantung pada kualitas infrastruktur, kondisi geologi dan tektonik, besarnya percepatan tanah maksimum, serta nilai kerentanan tanah. Lapisan tanah yang lunak dapat menyebabkan getaran gempa yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan tanah yang lebih keras pada waktu dilewati oleh gelombang gempa. Efek inilah yang disebut dengan amplifikasi atau penguatan gelombang gempa (Solikin dan Suantika, 2008).

Indeks kerentanan seismik merupakan sebuah parameter fisis dan menggambarkan kerentanan suatu material ataupun batuan dalam merespon getaran yang melaluinya. Sedangkan amplifikasi tanah adalah kontras parameter perambatan gelombang (densitas dan kecepatan) antara batuan dasar (*bedrock*) dan sedimen di atasnya. Nilai amplifikasi perambatan gelombang seismik akan semakin bertambah apabila perbedaan antara parameter tersebut semakin besar.

Beberapa penelitian terkait kegempaan dan bahaya kegempaan yang bersesuaian dengan penelitian penelitian ini baik aspek lokasi maupun aspek metode telah dilakukan oleh, Al Ayubi, dkk. (2020); Arimuko, dkk. (2018); Rahayu, dkk. (2016); Rasimeng, dkk. (2016); Rasimeng, dkk. (2019A), Rasimeng, dkk. (2019B); Rasimeng, dkk. (2020); Sari, dkk. (2019), Sari, dkk. (2020), Mucciarelli, dan Gallipoli, 2004; Alberto, dkk. (2011), Harutoonian dkk. (20120, Cakir dan Walsh (2010) dan Stefano dkk. (2014).

Secara garis besar, penelitian ini bertujuan untuk melakukan perhitungan dan evaluasi terhadap nilai indeks kerentanan seismik dan amplifikasi getaran tanah sebagai dampak adanya getar mikro-gempa dan gempa even di Kota Bandar Lampung yang mengacu pada kriteria National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP). Evaluasi indeks kerentanan seismik dan perhitungan nilai amplifikasi gempa pada lapisan tanah menjadi paramater utama dalam membuat kebijakan zonasi wilayah pengembangan kota, sehingga dapat meminimalisasi resiko yang akan timbul akibat bencana kegempaan.

1.2. Permasalahan Penelitian

Kerugian akibat kerusakan infra struktur jalan, jembatan, dan bangunan termasuk efek ikutan gempa lainnya berupa longsor dan amblesan tanah sampai saat ini masih sering terjadi di Indonesia termasuk di Kota Bandar Lampung. Hal ini tentu berdampak pada pertumbuhan ekonomi masyarakat. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian-penelitian intensif yang berkaitan dengan aktivitas kegempaan dalam rangka mitigasi bencana kegempaan.

1.3. Tujuan Penelitian

Secara lebih khusus, tujuan penelitian ini menekankan pada aspek,

1. Penentuan nilai indeks sesiminitas dan amplifikasi getaran gelombang gempa pada lapisan tanah di Kota Bandar Lampung.
2. Penentuan tingkat kerentanan wilayah kegempaan berdasarkan nilai indeks kerentanan seismik dan amplifikasi getaran tanah di Kota Bandar Lampung.

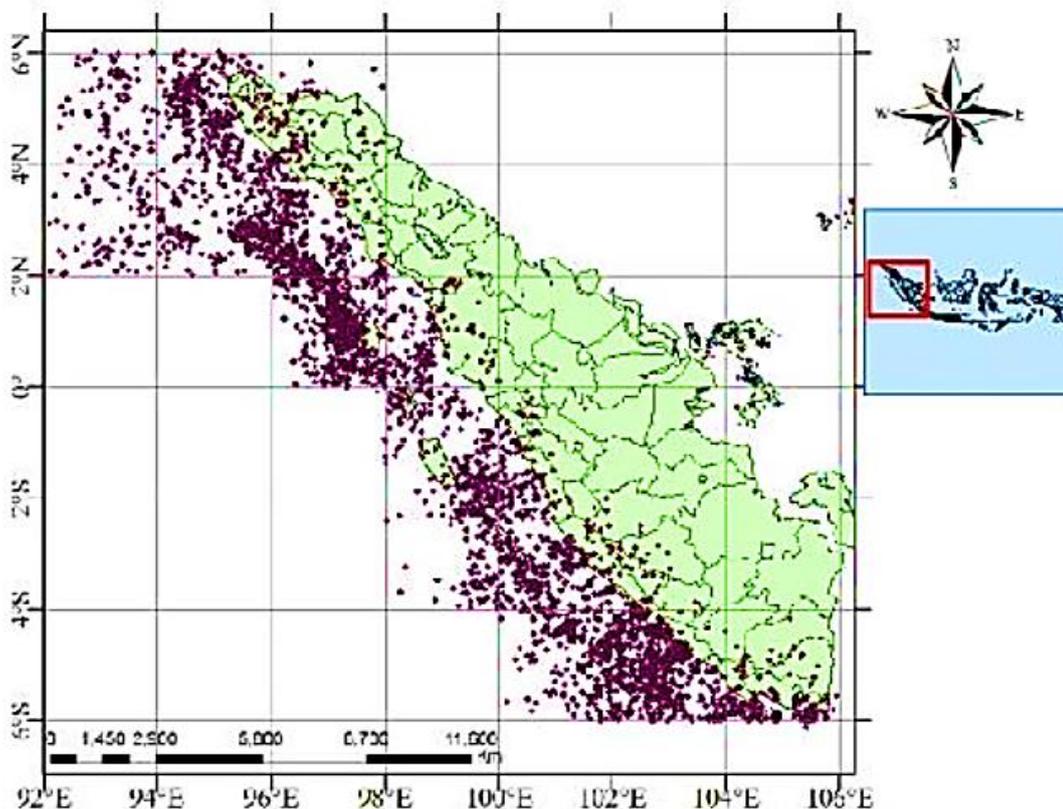
1.4. Urgensi Penelitian

Pemetaan potensi bencana kegempaan berdasarkan nilai indeks kerentanan seismik dan amplifikasi getaran tanah diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan pertimbangan pemerintah kota Bandar Lampung dan masyarakat dalam membuat perencanaan tata kota dan hunian yang tahan bencana gempabumi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 State of the Art

Kota Bandar Lampung merupakan salah satu wilayah yang sering terdampak gempa bumi yang disebabkan oleh Sesar Sumatera (Sumatera Fault System) dan juga gempa-gempa yang berlokasi di zona subduksi Sumatera (Sumatera Subduction Zone). Zona subduksi dan sesar Sumatra ini menyebabkan daerah Lampung menjadi daerah yang aktif mengalami kejadian gempabumi. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya kejadian gempabumi yang tercatat oleh *United States Geological Survey* (USGS) dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di mana selama rentang waktu dari tahun 1914 sampai 2014 tercatat kurang lebih 4000 kejadian gempabumi. Gempabumi yang tercatat tersebut memiliki magnitudo ≥ 1 dengan kedalaman dangkal yaitu ≤ 60 Km. Sebaran kejadian gempabumi dalam rentang waktu tersebut disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Sebaran gempa bumi di wilayah Sumatera periode tahun 1914-2014

Salah satu hal yang juga perlu diingat adalah banyaknya korban jiwa akibat dari kejadian kegempaan ini terutama terjadi disebabkan karena kesalahan ataupun kurangnya perhatian terhadap kualitas bangunan di daerah tersebut. Contoh hasil analisis getaran pada 17 bangunan perumahan bertingkat yang terletak di kota Belem Brasil, ditemukan memberi efek signifikan pada balok tiang gedung dan menyebabkan benda jatuh, retakan kecil dan ketidaknyamanan bagi penghuninya (Sampaio dan Souza, 2015). Efek dinamis angin dianggap sesuai dengan standar Brasil NBR 6123 pada bangunan dengan periode fundamental T sama dengan atau kurang dari 1s yaitu frekuensi lebih besar dari 1Hz (Sampaio dan Souza, 2015).



Gambar 2. Efek amplifikasi getaran lapisan tanah pada bangunan

Penelitian evaluasi kerusakan bangunan akibat getaran telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan terus berkembang sampai saat ini. Salah satu parameter evaluasi potensi kerusakan adalah kecepatan partikel tanah sebagai respon dari getaran. Kewaspadaan dari gempa bumi perlu dilakukan dengan kajian mengenai seismoteknik yang berdasarkan sejarah kejadian gempa bumi daerah tersebut. Parameter seismoteknik dapat berupa keaktifan seismik (*a-value*), kerapuhan batuan (*b-value*), probabilitas dan periode ulang kejadian gempa bumi. Perhitungan indeks kegempaan, periode berulang, dan kerentanan gempa untuk menunjukkan daerah rawan gempa di Yogyakarta berdasarkan perhitungan invers matriks menggunakan persamaan kuadrat terkecil Gutenberg-Richter

(1956) menghasilkan a-Value dan b-Value yang dapat digunakan sebagai dasar perhitungan untuk mendapatkan indeks kegempaan, periode berulang, dan kerentanan gempa (Arimuko, dkk., 2018)

Tabel 1. Kecepatan partikel tanah terhadap kerusakan bangunan (Dowding, 1996)

Category	Source	Particle Velocity mm/s (in/s)
Industrial Buildings	Wiss (1981)	100 (4)
Buildings of Substantial Construction	Chae	100 (4)
Residential	Nichols, <i>et al.</i> , Wiss (1981)	50 (2)
Residential, New construction	Chae	50 (2)
Residential, Poor Condition	Chae	25 (1)
Residential, Very Poor Condition	Chae	12.5 (0.5)
Buildings Visibly Damaged	DIN 4150	4 (0.16)
Historic Buildings	Swiss Standard	3 (0.12)
Historic and Ancient Buildings	DIN 4150	2 (0.08)

Pembangunan ekonomi yang sangat pesat di pantai barat wilayah Lampung telah menghadapi Pemerintah Daerah pada persoalan-persoalan yang memerlukan penanganan lebih baik dan hati-hati. Untuk itu pengkajian risiko bencana gempa dan tsunami sangat diperlukan agar perencanaan dan pembangunan wilayah dapat dilakukan lebih baik sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerentanan seismisitas pada kejadian gempa bumi berdasarkan nilai parameter seismoteknik dengan menggunakan pendekatan berdasarkan hubungan periode dominan dan faktor amplifikasi. Dengan mengetahui nilai parameter indeks kerentanan seismik ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi kepada pemerintah kota untuk membuat bangunan yang tahan terhadap gempa sehingga mengurangi kerusakan infrastruktur akibat kejadian gempa.

Hubungan Frekuensi-Magnitudo

Dari data gempa bumi dapat dibuat hubungan antara frekuensi dan kekuatan gempa untuk suatu daerah. Hubungan itu dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Log } n(M) = a - bM \quad (1)$$

$$\text{Log } n(M) = a' - bM \quad (2)$$

Dimana $n(M)$ adalah jumlah gempa bumi dengan magnitude M dan $N(M)$ adalah jumlah kumulatif dan $a' = a - \log(b \ln 10)$. Diketahui bahwa $\text{Log } N$ adalah jumlah frekuensi

kumulatif gempa dengan M adalah magnitudo gempa yang terjadi. Rumusan ini merupakan rumusan yang dikenal dengan hukum Gutenberg-Richter pada 1956.

Nilai a merupakan parameter seismik yang dipengaruhi oleh banyak data dan luas daerah penelitian, dan nilai b merupakan parameter tektonik yang meliputi kondisi lingkungan geologi. Nilai b yang tinggi kondisi medium heterogenitas tinggi, tetapi nilai b yang rendah berhubungan dengan kondisi batuan yang lunak dan medium heterogenitas rendah [3]. Nilai b dihitung dengan menggunakan *maksimum likelihood* yang diberikan Utsu (1965), dan nilai a ditentukan dengan persamaan dari Werkner (1965) [4]. Nilai a dan b dirumuskan sebagai berikut:

$$b = \frac{0.4343}{M - M_0} \quad (3)$$

$$a = \log N + \log b \ln 10 + M_0 \cdot b \quad (4)$$

HVSR dan Amplifikasi Getaran Tanah

Keadaan geologi pada permukaan dangkal sangat mempengaruhi respon tanah terhadap aktivitas gempabumi yang terjadi. Analisis mikrotremor untuk penelitian respon tanah dilakukan dengan penerapan metode Horizontal To Vertical Spectrum Ratio (HVSR), salah satu metode pengolahan data mikrotremor untuk menentukan karakteristik dinamis seperti periode dominan dan faktor amplifikasi dari suatu lapisan sedimen, dengan mengukur bising pada suatu tempat pada 3 komponen arah sekaligus yakni Utara-Selatan, TimurBarat dan Vertikal yang menghasilkan perbandingan frekuensi dominan pada ketiga komponen tersebut, didasarkan pada asumsi komponen vertikal tidak teramplifikasi pada frekuensi fundamental (f_0).

Metode HVSR pertama kali diperkenalkan oleh Nogoshi dan Iragashi yang menyatakan adanya hubungan antara perbandingan komponen horizontal dan vertikal terhadap kurva eliptisitas pada gelombang *Reyleigh* yang kemudian disempurnakan oleh Nakamura yang menyatakan bahwa, “Perbandingan spektrum H/V sebagai fungsi frekuensi berhubungan erat dengan fungsi *site* transfer untuk gelombang S (*shear*)”. Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) merupakan pengukuran kontinyu gelombang gempa-mikro (*micro-tremor*) untuk mendapatkan frekuensi dominan, pada suatu lapisan tanah. *Micro-tremor* merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti, lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain. Nakamura dkk. (2010) merumuskan sebuah fungsi transfer HVSR (*horizontal to*

vertical spectrum ratio) *micro-tremor*, dimana efek penguatan gelombang pada komponen horizontal $SE(\omega)$ dapat dirumuskan pada pers. (2) berikut,

$$SE(\omega) = \frac{HS(\omega)}{HB(\omega)} \quad (2)$$

dimana $HS(\omega)$ adalah spektrum mikrotremor komponen horizontal di permukaan dan $HB(\omega)$ adalah spektrum mikrotremor komponen horizontal di batuan dasar.

Penguatan gelombang pada komponen vertikal $AS(\omega)$ dapat dinyatakan sebagai rasio spektrum komponen vertikal $VS(\omega)$ di permukaan dan di batuan dasar $VB(\omega)$ seperti pada pers. (3) berikut,

$$AS(\omega) = \frac{VS(\omega)}{VB(\omega)} \quad (3)$$

Reduksi efek sumber dengan normalisasi terhadap spektrum sumber $AS(\omega)$,

$$SM(\omega) = SE(\omega)$$

$$\frac{SE(\omega)}{AS(\omega)} = \frac{\left[\frac{HS(\omega)}{HB(\omega)}\right]}{\frac{VS(\omega)}{VB(\omega)}} \quad (4)$$

dimana $SM(\omega)$ adalah fungsi transfer untuk lapisan *soil*.

Jika $\frac{HB(\omega)}{VB(\omega)} = 1$ maka,

$$SM(\omega) = HS(\omega)/VS(\omega) \quad (5)$$

Perhitungan komponen horizontal pada pers. (5) menjadi,

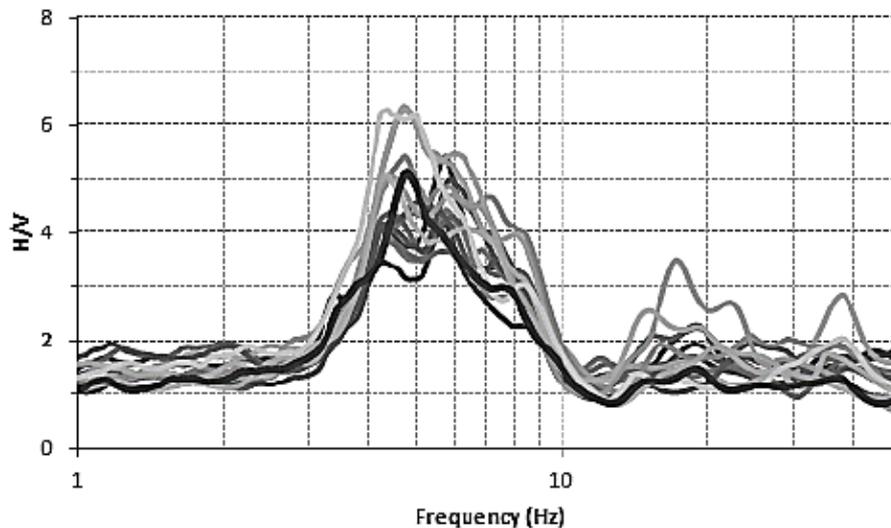
$$SM(\omega) = \left[(HNS(\omega)^2 + HEW(\omega)^2) \right]^{\frac{1}{2}} / VS(\omega) \quad (6)$$

$HNS(\omega)$: spektrum mikrotremor komponen Utara–Selatan

$HEW(\omega)$: spektrum mikrotremor komponen Timur-Barat.

Beberapa penelitian metode HVSR untuk mitigasi kebencanaan dilakukan oleh Mucciarelli dan Gallipoli (2004) melakukan kajian mendalam metode HVSR dari data gempa bumi dan *micro-tremor* dengan perhitungan statistik. Harutoonian (2012) melakukan korelasi hasil SPT dengan HVSR untuk menguji keakuratan metode HVSR dalam menentukan nilai frekuensi dominan dan frekuensi resonansi pada lapisan tanah, Cakir dan Walsh (2010) menerapkan metoda HVSR dan menghitung variasi kandungan frekuensi *micro-tremor* sebagai acuan klasifikasi amplifikasi tanah untuk kepentingan geoteknik. Ame dkk. (2000) melakukan karakterisasi lapisan bawah permukaan berdasarkan metode

HVSR dan MASW di wilayah kota Al-Quriyat Oman dan memetakan daerah rawan bencana gempa bumi berdasarkan nilai amplifikasi.



Gambar 3. Kurva rasio spectrum HVSR (Harutoonian dkk, 2012)

Choudhury dkk. (2016) melakukan penelitian *microtremor* untuk mengestimasi frekuensi getaran dominan tanah untuk pemetaan mikrozonasi di kota Talca dan Curico Central Chili. Giacomo dkk. (2005) melakukan uji kestabilan HVSR dengan sumber *microtremor* dan gempa bumi di wilayah Venosa Italy dan mendapatkan respon HVSR pada frekuensi 1-8Hz. Stefano dkk. (2014) mengidentifikasi spectrum H/V pada rentan frekuensi 0,6-10Hz menggunakan metode HVSR di wilayah kota pantai Oliveri. Sampaio dkk. (2015) mengkombinasikan metode HVSR dan MASW untuk memetakan mikrozonasi gempa bumi di wilayah Israel. Sedangkan kalisifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor mengacu pada Kanai (1983). Castellaro dkk. (2016) melakukan uji simulasi dengan menggunakan 6 model struktur geologi sederhana dengan kombinasi variasi kontras kecepatan gelombang geser dan ketebalan lapisan *soil*.

Indeks kerentanan seismik

Indeks Kerentanan sesimik (K_g) merupakan angka yang menunjukkan tingkat kerawanan terhadap gempa bumi berdasarkan kondisi batuan di daerah tersebut. Kerentanan sesimik ini, nilainya berbeda di setiap wilayah. Acuan dari angka K_g biasanya dibandingkan dengan titik lainnya di daerah tersebut. Setelah didapattkann nilai Periode Dominan (T_{dom}) dan Faktor Amplifikasi kemudian mencari Indeks Kerentanan Seismik (K_g) menggunakan:

$$K_g = A_0^2 ; f_0$$

Geologi dan Riwayat Penelitian di Lokasi Penelitian

Penelitian zonasi rawan bencana gempa bumi di wilayah KBL telah dilakukan oleh peneliti dan tim dengan menerapkan metode MASW dan HVSR pada beberapa lokasi. Penelitian MASW dilakukan pada empat lokasi yaitu Kedaton, Teluk Betung Utara, Kemiling dan Panjang. Sedangkan penerapan HVSR dilakukan di wilayah Kedaton, Kemiling dan Panjang.



Gambar 4. Singkapan lapisan lempung dan aluvial sebagai top soil.

Hasil penelitian tersebut memberikan informasi awal terkait frekuensi dominan, frekuensi resonansi, kecepatan gelombang *shear* Vs30 dan variasi ketebalan lapisan tanah (Rasimeng dkk., 2016; Rahayu dkk., 2016). Berdasarkan hasil penelitian awal tersebut terindikasi adanya penguatan guncangan lapisan tanah di wilayah Kedaton, Kemiling dan panjang yang cukup tinggi jika terjadi gempa bumi di sekitar KBL. Selain itu diestimasi keberadaan lapisan lunak di bawah lapisan top-soil di wilayah Kedaton yang berpotensi mengalami *liquefaction* jika terjadi guncangan akibat gempa bumi.

Selain itu, analisis hasil penelitian MASW Kota Bandar Lampung dapat diamati secara langsung akibat keberadaan Sesar Panjang adalah adanya beberapa bukit yang tersebar di Kota Bandar Lampung, Gunung Betung di bagian barat kota bandar Lampung dan dataran rendah yang memanjang dari selatan ke utara dimulau dari Teluk Betung-Tanjung Karang-Way Halim-Rajabasa. Akibat keberadaan produk-produk tersebut juga berimplikasi pada sistem pengendapan tanah (soil) yang relatif berarah Barat-Timur dan

Barat Laut-Tenggara. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi topografi dan bersesuaian dengan hasil perhitungan ketebalan *site class* tanah tipe C menggunakan metode MASW di Kota Bandar Lampung (Rasimeng, dkk., 2018).

Tabel 2. Klasifikasi *site class* beberapa lokasi di KBL (Rasimeng dkk., 2016)

Wilayah	Vs30 (m/dtk)		Ketebalan (m)		Frek. Dominan (Hz)		Perioda (dtk)		Keterangan
	Top Soil	2nd layer	Top Soil	2nd layer	Top Soil	2nd layer	Top Soil	2nd layer	
Kedaton	215	25	5	6	10.8	1.0	0.093	0.960	stiff soil
Teluk Betung Utara	550	554	12	30	4.6	4.6	0.218	0.217	very dense soil and soft rock
Panjang	135	100	7	6	4.8	4.2	0.207	0.240	soft soil
Kemiling	150	133	6	3	6.3	11.1	0.160	0.090	soft soil

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, pengambilan data lapangan dilakukan secara primer dan sekunder. Data primer dilakukan dengan menambah titik titik data di beberapa lokasi dimana sebaran data masih dirasa kurang dari hasil penelitian sebelumnya. Data dari penelitian terdahulu berupa pengukuran MASW, dijadikan sebagai referensi disamping juga pengambilan data primer lapangan berupa pengukuran nilai amplifikasi tanah melalui metode HVSR dan analisis kerentanan seismisitas di daerah sekitar Bandar Lampung, seperti terlihat pada **Gambar 5**.



. **Gambar 5.** Distribusi data pengukuran amplifikasi di wilayah Bandar Lampung

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat instrumen akselerometer REFTEK 130-SMHR. Akselerometer ini sudah dilengkapi dengan GPS dan sistem penyimpanan datanya sampai 1000 SPS. Instrumen ini memiliki skala percepatan maksimum mencapai $\pm 4g$ dengan 24-bit *analog-to-digital converter* (ADC). Instrumen ini

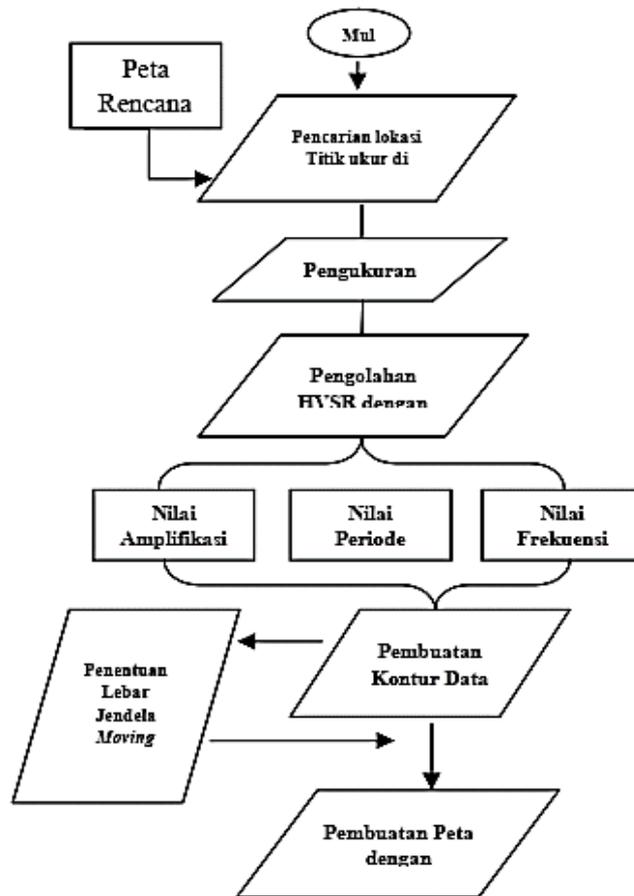
umumnya digunakan dalam perekaman strong motion di lapangan, pemantauan struktural untuk bangunan, jembatan dan bendungan, jaringan telemetri regional serta studi gempa susulan.



Gambar 6. Akselerometer REFTEK 130-SMHR yang digunakan

Survey awal untuk memetakan karakter *site effect* lapisan permukaan di Bandar Lampung juga telah dilakukan melalui pemetaan geologi dan pencitraan magnetik untuk mengidentifikasi jalur patahan yang saat ini sebagian besar bersinggungan dengan kawasan pemukiman.

Secara umum, diagram alir penelitian untuk survey amplifikasi dapat dilihat pada **Gambar 7**, Selain itu data analisis amplifikasi yang diperoleh juga akan dibandingkan dengan nilai kerentanan seismisitas wilayah kota Bandar Lampung.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana, Indeks Kerentanan seismik (K_g) merupakan angka yang menunjukkan tingkat kerawanan terhadap gempa bumi berdasarkan kondisi batuan di daerah tersebut. Kerentanan seismik ini, nilainya berbeda di setiap wilayah. Acuan dari angka K_g biasanya dibandingkan dengan titik lainnya di daerah tersebut. Setelah didapatkan nilai Periode Dominan (T_{dom}) dan Faktor Amplifikasi kemudian mencari Indeks Kerentanan Seismik (K_g) menggunakan korelasi hubungan amplifikasi dan frekuensi alamiah.

$$K_g = A_0^2 : f_0$$

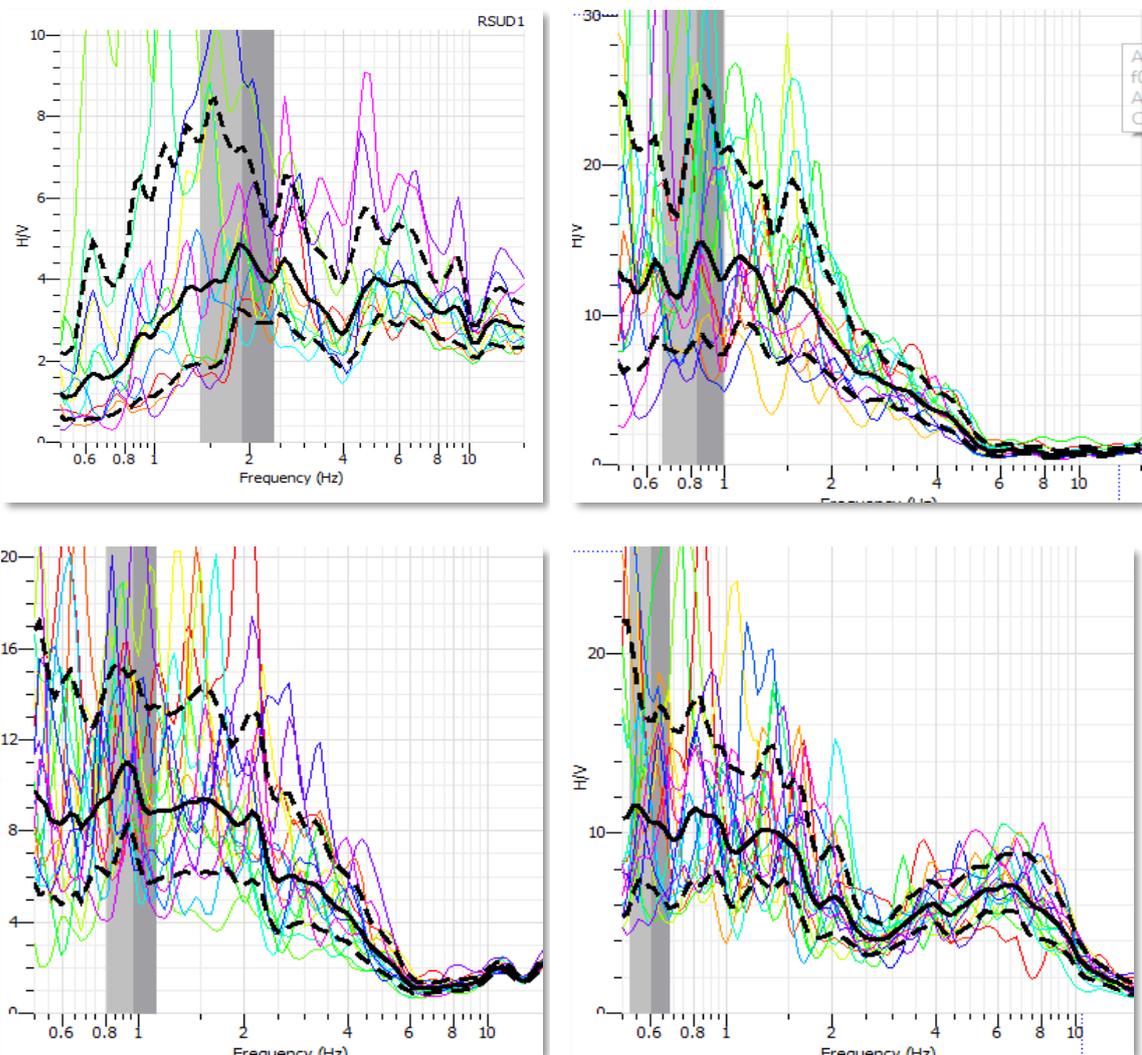
Dari peta persebaran ini maka dapat diketahui secara grafis daerah mana yang memiliki periode dominan, faktor amplifikasi (A_0), indeks kerentanan seismik beserta klasifikasi tanah masing masing lokasi pengambilan data. Dibuatlah suatu peta sebaran spasial dengan menginterpolasi data menggunakan *software* Surfer. Grid menggunakan metode *Kriging*, pada suatu luasan wilayah sesuai dengan target pengamatan.

BAB 4

HASIL dan PEMBAHASAN

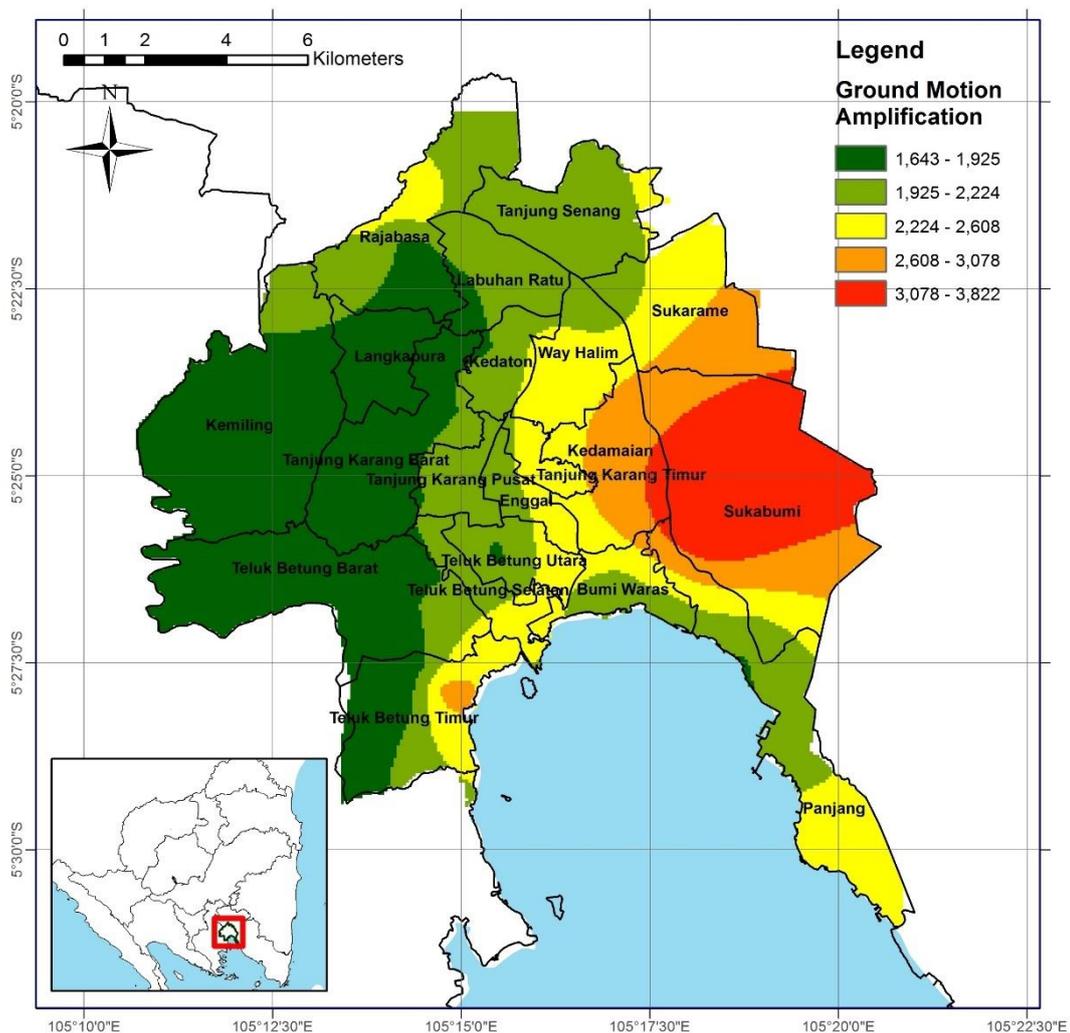
4.1. Amplifikasi Getaran Tanah

Hasil perhitungan data pengukuran lapangan menghasilkan nilai frekuensi natural (f_0) dari beberapa daerah sesuai dengan desain yang dirancang terlebih dahulu di wilayah sekitar Bandar Lampung. Beberapa contoh rekaman data dapat dilihat pada Gambar 10. dengan kurva tersebut merupakan perbandingan dari nilai kecepatan horizontal terhadap kecepatan vertikal dari pembacaan alat.



Gambar 8. Hasil perhitungan frekuensi alamiah menggunakan data mikrotremor HVSR di daerah Bandar Lampung, (a) RS Abdoel Moloek, (b) Masjid Al Furqon, (c) Whiz Prime Hotel, (d) Halaman UBL

Setelah diperoleh nilai perbandingan maka akan diketahui nilai atau besar dari amplifikasi pada suatu wilayah. Nilai amplifikasi tersebut didapatkan dengan memanfaatkan korelasi antara nilai frekuensi dominan dan periode dominan. Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di wilayah tersebut sehingga nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan tersebut. Sementara nilai periode dominan merupakan waktu yang dibutuhkan gelombang mikrotremor untuk merambat melewati lapisan endapan sedimen permukaan atau mengalami satu kali pemantulan terhadap bidang pantulnya ke permukaan. Nilai periode dominan juga mengindikasikan karakter lapisan batuan.



Gambar 9. Peta persebaran Faktor Amplifikasi di daerah Bandar Lampung

Terlihat persebaran nilai dengan range mulai dari 1.643-3.822 di wilayah penelitian, dengan persebaran nilai amplifikasi yang relatif lebih tinggi berada pada wilayah timur dibandingkan dengan wilayah sekitarnya. Beberapa daerah seperti Sukabumi, Tanjung Karang Timur dan Panjang memiliki nilai amplifikasi yang relatif tinggi yang bila

diinterpretasikan dengan informasi geologi yang ada memang merupakan daerah dengan wilayah yang didominasi oleh endapan aluvium yang terbentuk dari sedimentasi delta dan pada umumnya memiliki ketebalan sedimen yang cukup tebal. Hal ini juga dapat menjadi faktor yang memperbesar efek pada medium perambatan gelombang gempa yang melaluinya, karena itu perlu adanya pengawasan atau penanganan khusus terkait dengan bencana gempa bumi yang mungkin terjadi.

4.2. Indeks kerentanan seismik

Secara sederhana, Indeks Kerentanan seismik (K_g) merupakan angka yang menunjukkan tingkat kerawanan terhadap gempa bumi berdasarkan kondisi batuan di daerah tersebut. Acuan dari angka Kerentanan seismik (K_g) ini biasanya dibandingkan dengan titik lainnya di daerah tersebut. Setelah didapatkan nilai Periode Dominan (T_{dom}) dan Faktor Amplifikasi kemudian mencari Indeks Kerentanan Seismik (K_g) menggunakan rumus :

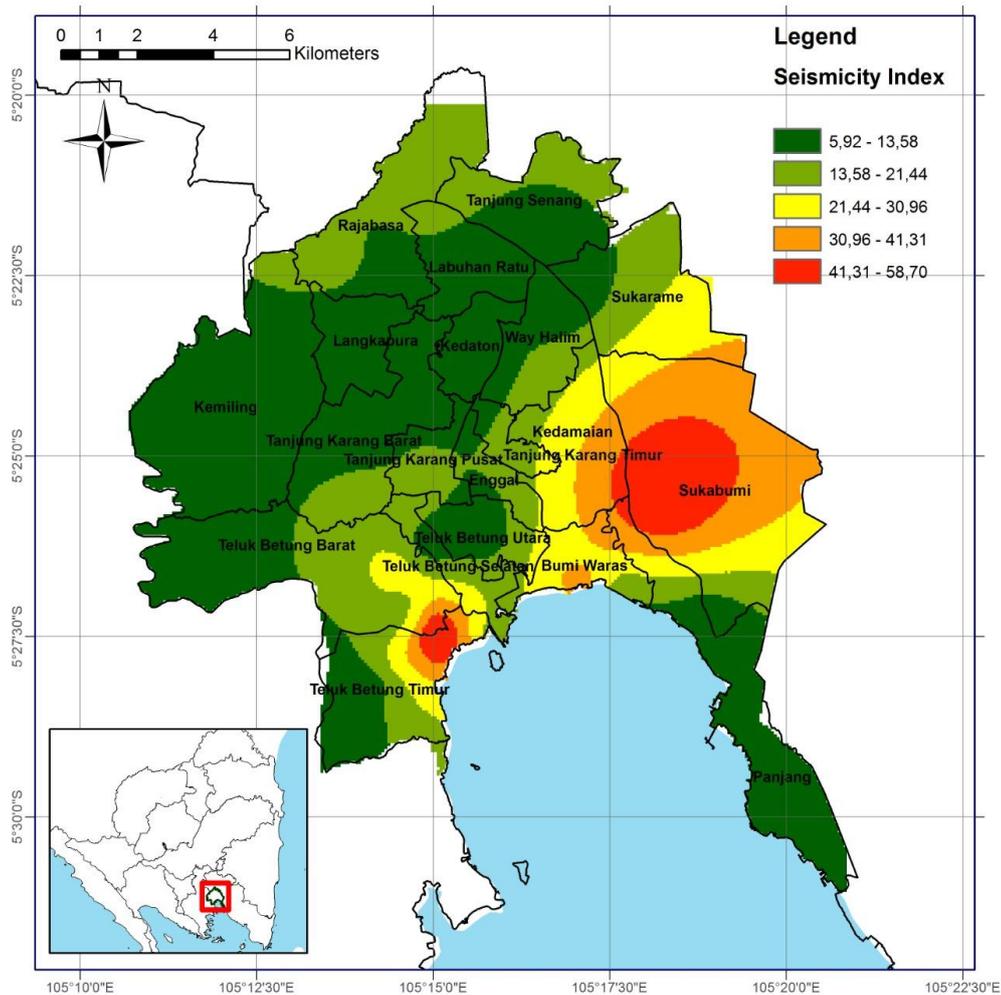
$$K_g : A_0^2 \div f_0$$

Persamaan tersebut menunjukkan nilai indeks kerentanan merupakan rasio kuadrat dari amplifikasi terhadap frekuensi alamiah (Nakamura dkk., 2000). Frekuensi alamiah dapat mencirikan jenis batuan serta karakteristik batuan di bawah permukaan (Sungkono dan Triwulan, 2011). Nilai ini dapat diperoleh dengan metode HVSR yaitu dengan plot nilai kurva amplitudo maksimum sebagaimana persamaan 2 dan 3 berikut ini:

$$Fg = 4A gh$$

$$Vb \log(Ag) = 2,367 - 0,852 \cdot \log(Vs30) \pm 0,166$$

dengan nilai $Vs30$ merupakan nilai kecepatan gelombang permukaan dengan ketebalan h dari permukaan. Persamaan ini berlaku bagi lapisan yang dianggap homogen sampai kedalaman 30 meter. Kedalaman ini dianggap sebagai rata-rata kedalaman lapisan batuan permukaan yang berpengaruh terhadap struktur bangunan di atasnya.



Gambar 10. Peta persebaran Indeks kerentanan Seismik di wilayah Bandar Lampung

Selain peta faktor amplifikasi, data tersebut juga diplot dalam peta sebaran indeks kerentanan seismik. Dalam hal ini kedua hasil peta tersebut memperlihatkan sebaran wilayah relatif merata berada pada warna hijau dan hijau muda dengan rentang 5.9-21 dimana nilai tersebut masih masuk dalam kategori wilayah dengan kerentanan relatif rendah dan aman. Sama halnya dengan peta amplifikasi, sebaran nilai kerentanan seismik yang cukup tinggi juga ditemui pada sebagian wilayah teluk, Tanjung Karang Timur, dan Sukabumi dengan indeks kerentanan seismiknya relatif tinggi yaitu 21.4-40 yang menunjukkan bahwa jenis tanah ini cukup rawan dan memiliki faktor amplifikasi yang cukup berpengaruh terhadap gempa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kota Bandar Lampung berada pada zona dengan faktor penguatan (amplifikasi) 1.6 – 3.8 dan rentang indeks kerentanan seismik 5.9-42.5. Daerah bandar Lampung sendiri memiliki litologi batuan berupa alluvial dengan ketebalan bervariasi mulai dari 11 meter hingga 30 meter di wilayah pinggir dan semakin ke arah pusat kota ketebalan lebih dari 20 meter yang terdeformasi dengan baik oleh adanya interaksi sesar–sesar di beberapa wilayah, sehingga memiliki tingkat kerawanan yang sedang terhadap guncangan gempabumi.

2. Kecamatan Sukabumi dan Teluk Betung Selatan merupakan Kecamatan yang hampir seluruh wilayahnya memiliki tingkat amplifikasi dan kerawanan yang tinggi, jika diguncang gempabumi, sehingga perlu perhatian khusus dari pemerintah dalam usaha pengembangan fasilitas umum dan kesadaran masyarakat dalam menanggapi bencana gempabumi yang sewaktu-waktu dapat melanda harus lebih ditingkatkan

5.2 Saran

Kegiatan penelitian semacam ini dapat diterapkan lebih luas lagi di lokasi lain yang masih belum memiliki persebaran titik pengukuran yang cukup merata di beberapa wilayah di Bandar Lampung, sehingga data yang didapat dan dianalisa juga akan semakin baik. Penelitian dengan pemanfaatan Sistem informasi Geografis (GIS) dan drone untuk monitoring secara fisik juga dapat menjadi pertimbangan untuk menjadi data komplementary untuk memperkuat hasil yang telah didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberto, D., Cakir, R. and Walsh, T.J., 2011, Testing Joint Application of HVSR Ambient Vibration Measurements and MASW Seismic Survey in the Puget Lowland and Coastal Area Washington, Washington State Department of Natural Resources.
- Al Ayubi, S.S., Karyanto, Haerudin, N., Rasimeng, S., dan Wibowo, R.C., 2020, Zonasi *Site Effect* dan Analisis Bahaya Penguatan Gempa Menggunakan Metode DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) untuk Menentukan PGA (*Peak Ground Accelaration*) di Kabupaten Sumba Barat Daya, Indonesian Physical Review Vol. 3 No. 2.
- Amick, H. and Gendreau, M., 2000, Construction Vibrations and Their Impact on Vibration-Sensitive Facilities, ASCE Construction Congress, Florida.
- Arimuko, A., Yoan, F., Rohadi, S., dan Wulur, K.H.C., 2018, a-Value and b-Value as Basic Calculation Seismicity Index, Repeated Period, and Vulnerability of Earthquakes in Yogyakarta, Proceeding EAGE-HAGI 1st Asia Pacific meeting on Near Surface Geoscience & Engineering, Yogyakarta, Indonesia.
- Cakir, R. and Walsh, T.J., 2010, Shallow Seismic Site Characterizations at 23 Strong Motion Station Sites in and Near Washington State, Final Technical Report Submitted to the U.S. Geological Survey, Washington State Department and Natural Resources.
- Castellaro, S., Raykova, R.B., and Tsekov, M., 2016, Resonance Frequencies of Soil and Buildings Some Measurements in Sofia and Its Vicinity, Proceeding of National Congress on Physical Sciences, Sofia.
- Choudhury, M., Saha, P. and Verma, S., 2016, Effects of eartquake on surrounding environment: An overview, Proceeding of International Conference on Recent Advances in Mechanics and Materials, Research Gate Journal.
- Dowding, C.H., 1996, *Construction Vibrations*, Prentice-Hall. New York.
- FEMA P-750, 2009, NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures, Building Seismic Safety Council A Council Of The National Institute Of Building Sciences Washington, D.C.
- Giacomo, D.D., Gallipoli, M.R., Mucciarelli, M., Parolai, S. and Richwalski, S.M., 2005, Analysis and Modeling of HVSR in the Presence of a Velocity Inversion: The Case of Venosa, Italy, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 95, No. 6, Pp. 2364–2372.

- Harutoonian, P., Leo, C.J., Liyanapathirana, S. and Wong, H., 2012, Site Characterisation by the HVSR Technique, Australian Geomechanics Vol. 47.
- ISO: 2631-2, 2003, Mechanical vibration and shock evaluation of human exposure to whole body vibration, Part 2L Vibration in building (1Hz to 80Hz), International Standard ISO, Switzerland.
- Kanai, K., 1983, *Seismology in Engineering*, Tokyo University, Japan.
- Mucciarelli, M. and Gallipoli, M.R., 2004, The HVSR Technique from Microtremor to Strong Motion: Empirical and Statistical Considerations, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver Canada.
- Nakamura Y., Sato T., and Nishinaga M. 2010. Local site effect of Kobe based on microtremor measurement, *Proceedings of the Sixth International Conference on Seismic Zonation (6ISCZ) EERI*, November 12-15, 2000/ Palm Springs. California.
- Sampaio, R.A. and Souza, R.M., 2015, Vibration Analysis of a Residential Building, MATEC Journal, EDP Sciences.
- Stefano, P.D., Luzio, D., Renda, P., Martorana, R., Capizzi, P., D'alessandro, A., Messina, N., Napoli, G., Todaro, S. and Zarcone, G., 2014, Integration of HVSR Measures and Stratigraphic Constraints for Seismic Microzonation Studies: The Case of Oliveri (ME), Natural Hazards Earth and Earth System Sciences, European Geosciences Union.
- Rahayu, T.S., Utami, H.A., Muharoroh, E., Nuarini, A.D. dan Rasimeng, S., 2016, Pembuatan Peta Rawan Bencana Gempabumi di Daerah Bandar Lampung Dengan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) Mikrotremor, Proceeding Riset Kebencanaan, Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia, Bandung.
- Rasimeng, S., Zuhelmi, E., Firnanza, E. dan Rahayu, T.S., 2016, Analisis Kecepatan Gelombang Geser (V_s30) Menggunakan Metode Seismik Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW), Proceeding Riset Kebencanaan, Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia, Bandung.
- Rasimeng, S., Helmi, M., Tugiyono, and Suharno, 2019, Fractal Dimension Analysis And Earthquake Repeated Period Estimation In Sumatera Fault Zone (Bengkulu-Lampung-Sunda Segment), International Conference On Engineering, Technologies, and Applied Sciences (Icetsas 2019), Coordinating Science, Technology And Culture For Sustainable and Resilient Future, University of Bengkulu.
- Rasimeng, S., Amalia, P., Nuraini, D.A., Helmi, M., Tugiyono, Suharno, 2019, Identification of Earthquake Hazard Zones Through Deterministic Seismic Hazard

Analysis (DSHA) Method at Bandar Lampung City Based, Proceeding The 6th Annual Scientific Meeting On Disaster Research, Indonesia Defense University.

Rasimeng, S., Alimuddin, Rustadi, Sinambela, R.Z., Mandang, I., Bakri, S., and Zaenudin, A., 2020, Hypocenter dimension of 7.5 mw Palu earthquake using fractal approach, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.

Sari, I.R., Ramadhan, H., Supardi, Rasimeng, S., Yogi, I.B.S., 2020, Identifikasi Bahaya Penguatan Gempa Wilayah Jawa Tahun 1974-2020, Jurnal Geosaintek, Vol. 6 No.3.

Sari, R.A., Ahadi, S., Syirojudin, M., Rasimeng, S., 2019, Lead Time Prediction Between Magnetic Anomaly and Earthquake Occurrence Using Lombok Earthquake's Magnetic Anomalies and Seismograph Data, West Nusa Tenggara, Proceeding The 6th Annual Scientific Meeting On Disaster Research, Indonesia Defense University.