

ANALISA KERENTANAN TANAH DI KECAMATAN ADIPALA KABUPATEN CILACAP MENGGUNAKAN METODE MIKROTREMOR SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA GEMPA BUMI

Siti Fauzaton Wachidah dan Ninik Agustin

Universitas Nahdlatul Ulama Al-Ghazali

Received: 4 November 2020; revised: 24 Desember 2020; accepted: 29 Desember 2020

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang kerentanan tanah di Kecamatan Adipala, Kabupaten Cilacap, menggunakan data rekaman mikrotremor untuk dianalisa menggunakan metode *Horizontal to vertical Spectral Ratio (HVSr)*. Metode ini digunakan untuk mengetahui nilai frekuensi dominan tanah (f_0) dan amplitudo dari frekuensi dominan tersebut (A_0). Nilai f_0 dan A_0 yang diperoleh selanjutnya akan digunakan lagi untuk menghitung nilai kerentanan tanah (K_g) yang berkaitan dengan kemampuan atau ketahanan tanah terhadap gempa. Dari hasil penelitian yang mengambil 17 titik pengambilan data diperoleh bahwa Kecamatan Adipala memiliki nilai amplifikasi tanah antara 1-8 dan merupakan kawasan dengan resiko kerusakan tinggi apabila terjadi gempa.

Kata kunci: Kerentanan tanah, metode HVSr, gempa, Kabupaten Cilacap

PENDAHULUAN

Kota Cilacap adalah wilayah Indonesia yang terletak di Pulau Jawa bagian selatan dengan lokasi yang dekat dengan sumber gempa dari arah subduksi lempeng Samudera di bagian selatan Pulau Jawa. Gempabumi pada tanggal 2 Agustus 2019 dengan magnitudo 7,4 SR dan kedalaman 10 km dengan pusat gempa di laut 147 km Baratdaya Sumur-Banten juga dirasakan di Cilacap dengan intensitas III MMI. Hal ini menandakan bahwa Cilacap merupakan salah satu wilayah rawan bencana gempabumi. Kabupaten Cilacap merupakan salah satu wilayah pembangunan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) 2 Jawa Tengah atau yang biasa dikenal dengan PLTU Karangandri, merupakan PLTU dengan kapasitas 6000 MW dan dikelola oleh PT Indonesia Power dengan nilai investasi mencapai \$ USD 510 juta dan berada di wilayah Karangandri, Kecamatan Kasugihan. Setelah pembangunan PLTU Karangandri pada tahun 2009, selanjutnya pada tahun 2015 dibangun PLTU kedua di wilayah Adipala yang merupakan pengembangan dari PLTU Karangandri. Berdasarkan peta geologi, PLTU tersebut dibangun diatas batuan formasi Halang yang merupakan batuan breksi dan tertutup oleh endapan *alluvial* dengan lokasi dekat dengan laut. Keberadaan PLTU di Adipala juga

merupakan wilayah pesisir dan persawahan dengan jumlah penduduk mencapai 91069 jiwa [1]. Apabila dibandingkan dengan wilayah perkotaan yang ramai dan padat, Adipala merupakan kecamatan dengan demografi penduduknya sebagian besar merupakan petani dan nelayan.

Tingkat kerawanan gembabumi suatu daerah dapat diketahui menggunakan analisis data mikrotremor. Data mikrotremor diolah lebih lanjut menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio (HVSr)* untuk mendapatkan nilai kerentanan tanah apabila digoncang gempa. Pengambilan data mikrotremor di Kecamatan Adipala selanjutnya digunakan untuk pembuatan peta kerentanan tanah dan peta *Peak Ground Acceleration (PGA)* [2]. Hasil penelitian ini selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan perencanaan tata wilayah dalam upaya mitigasi bencana alam, khususnya di Kecamatan Adipala.

Penelitian mikrotremor telah dilakukan di Kawasan Adipala, Kabupaten Cilacap dengan mengambil 17 titik pengukuran dan durasi pengambilan data selama 30 menit. Lokasi pengambilan data dipilih dengan mempertimbangkan distribusi titik pengambilan, kondisi geologi di titik pengambilan, dan kemungkinan mendapatkan data dengan kualitas baik

dengan meminimalisir *noise* yang mungkin diterima pada saat perekaman data.

Penelitian yang berkaitan dengan studi mikrotremor di wilayah Cilacap yang mencakup Adipala sebelumnya telah dilakukan oleh Dialova [3] dengan mengambil data mikrotremor sebanyak 213 titik di seluruh Kabupaten Cilacap. Penelitian mikrotremor tersebut menunjukkan bahwa wilayah selatan Cilacap memiliki potensi amplifikasi tanah akibat gempa sebesar 8-12 kali, dengan sebaran nilai amplifikasi tinggi meliputi Kecamatan Nusawungu, Kroya, Adipala, Gandrungmangu, Cilacap Tengah, Cilacap Selatan, Kedung Reja, dan Jeruk Legi. Selain nilai amplifikasi, Dialova [3] juga memetakan wilayah Cilacap dengan berdasarkan tingkat resiko apabila terjadi gempa dengan mempertimbangkan jumlah penduduk dan ketersediaan fasilitas kesehatan, dalam hal ini wilayah Cilacap yang memiliki resiko tinggi adalah Kecamatan Nusawungu, Binangun, Adipala, Cilacap Selatan, Cilacap Tengah, Cilacap Utara, Kasugihan, Patimuan, dan Kedungreja. Hal ini disebabkan karena wilayah-wilayah tersebut berada di atas endapan *alluvial*.

DASAR TEORI

Mikrotremor

Mikrotremor merupakan gerakan pada tanah yang diakibatkan oleh selain gempa bumi. Pergerakan tanah tersebut dapat disebabkan oleh aktivitas manusia, kendaraan, maupun mesin industri [4]. Mikrotremor berbeda dengan mikroseismik dilihat dari sumber penyebabnya. Apabila mikroseismik disebabkan oleh gelombang gempa yang sebagian besar merupakan gelombang badan (gelombang P dan S), mikrotremor merupakan gelombang yang menjalar hanya di bagian permukaan bumi dan sebagian besar didominasi oleh gelombang Reyleigh dan Love. Periode gelombang mikrotremor lebih kecil dibandingkan gelombang mikroseismik. Karena karakternya yang menjalar di permukaan, mikrotremor juga disebut sebagai *noise*. Metode pengukuran mikrotremor biasa dikaitkan dengan kerentanan suatu bangunan apabila terjadi gempa dan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis resiko kerusakan suatu bangunan apabila

terjadi gempa tanpa merusak bangunan itu sendiri [5].

Metode HVSR untuk analisa kerentanan tanah

Metode pengolahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) yang merupakan analisis umum gerakan gempa arah horizontal yang dibandingkan dengan arah vertikal. Analisa HVSR selanjutnya dihubungkan dengan jenis sedimen dan ketebalan sedimen di lokasi pengukuran untuk selanjutnya dianalisis pengaruh sedimen dan kondisi geologi wilayah apabila terjadi gempa. Metode ini merupakan salah satu metode awal yang cukup baik dalam menggambarkan kondisi kerentanan tanah suatu wilayah. Penggunaan metode ini, dapat diperoleh peta sebaran kerentanan tanah di wilayah penelitian yang dapat digunakan sebagai bahan rujukan dan pertimbangan pembangunan.

Indeks kerentanan seismik merupakan suatu parameter yang sangat berhubungan dengan tingkat kerawanan suatu wilayah dari ancaman resiko gempabumi. Indeks kerentanan seismik di suatu daerah dan tingkat resiko gempabumi terhadap kerusakan akibat gempabumi menunjukkan adanya hubungan yang linier. Jika suatu daerah memiliki indeks kerentanan seismik yang besar, maka tingkat resiko gempabumi juga tinggi. Dalam penentuan nilai indeks kerentanan seismik suatu daerah, faktor-faktor kondisi geologi daerah setempat sangat perlu dipertimbangkan. Secara matematis, hubungan antara indeks kerentanan seismik K_g , frekuensi dominan f_o dan faktor amplifikasi A_o dapat dituliskan sebagai berikut:

$$K_g = \frac{A_o^2}{f_o} \quad (1)$$

Penelitian struktur tanah bawah permukaan dengan menggunakan pengukuran mikrotremor dengan metode HVSR telah banyak dilakukan untuk mengetahui kerentanan tanah. Tahun 2014, Arifin, dkk [6] melakukan penelitian untuk menentukan zona rawan guncangan bencana gembabumi di daerah Liwa dan sekitarnya

menghasilkan nilai faktor penguatan (amplifikasi) >5 dan nilai periode dominan >0,5 detik. Tahun 2016, Hardaningrum, dkk [7] melakukan penelitian untuk mengetahui zona rawan bencana gempabumi di Kota Malang, dengan hasil nilai periode dominan dan amplifikasi tanah sebagai hasil analisis HVSR di Kota Malang menunjukkan nilai yang bervariasi yaitu pada rentang 0,12636-3,31045 detik dan 1,69–8,37 kali.

Fast Fourier Transform

Fast Fourier Transform digunakan untuk mengubah data dalam rekaman waktu menjadi gelombang sinusoidal dengan berbagai frekuensi, dimana frekuensi yang akan diperoleh merupakan fungsi $X(\omega)$ yang memiliki rentang $0 - 2\pi f$.

Geologi wilayah penelitian

Tinjauan wilayah geologi di wilayah Adipala menurut peta geologi hasil interpretasi penginderaan jauh merupakan wilayah yang terdiri atas formasi *alluvium* dan formasi Halang. Formasi *alluvium* merupakan batuan dengan jenis, lempung, lanau, pasir, kerikil,

dan kerakal. Kemudian formasi ini sebagian besarnya tertutup oleh endapan *alluvium* dan endapan *alluvium* pantai. Kemudian ada juga formasi Halang yang merupakan anggota breksi dengan komponen andesit, basal, dan batu gamping, massa dasar batu pasir tufan kasar, sisipan batupasir dan lava basalt [8].

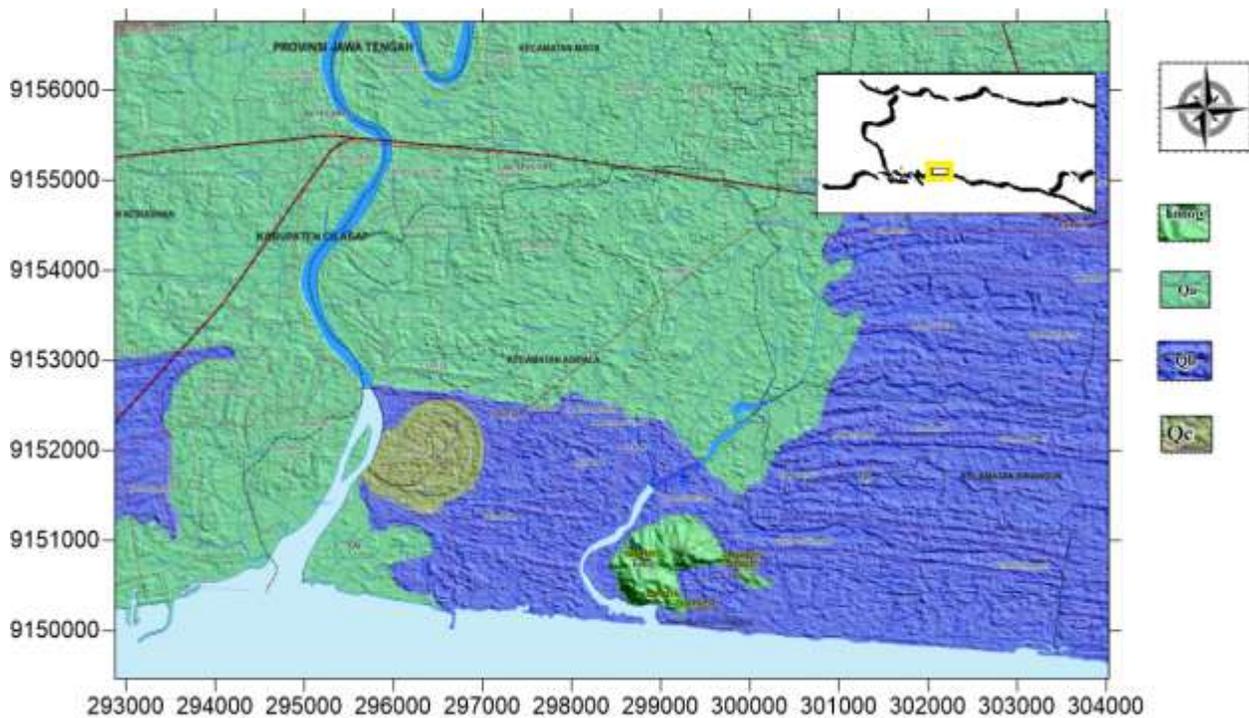
METODE PENELITIAN

Desain akuisisi

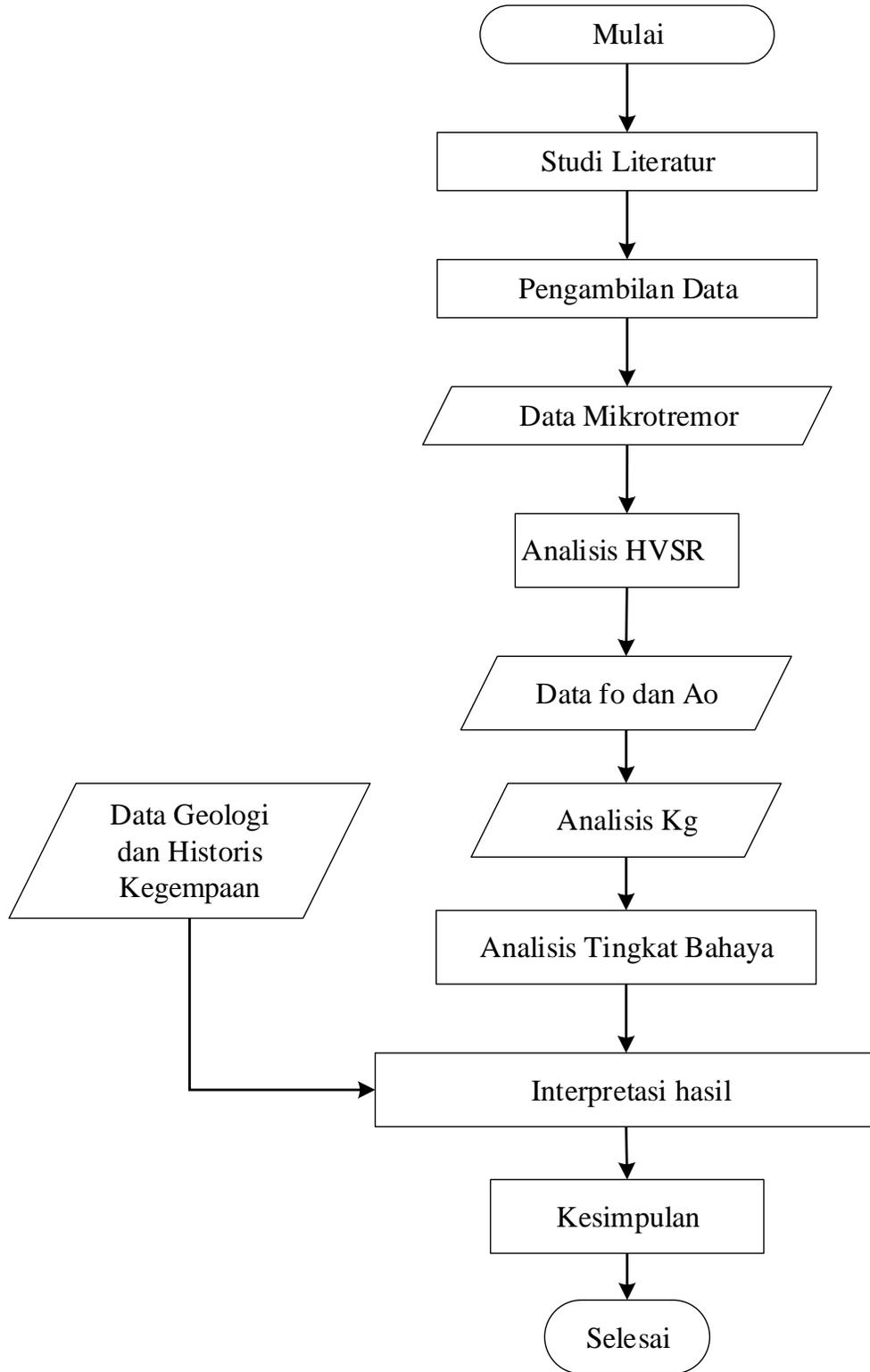
Peta geologi wilayah penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1. Berdasarkan peta geologi tersebut terlihat bahwa Kecamatan Adipala sebagian besar terdiri atas endapan *alluvial*, endapan pantai yang terdiri atas pasir, dan tuf.

- Lokasi Penelitian : 66° - 7.75° LS dan 108.99° – 109.07° BT
- Jumlah titik : 17 titik
- Durasi perekaman : 30 menit
- Lama pengukuran : 510 menit

Alur penelitian pengukuran kerentanan di kecamatan Adipala dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Peta geologi wilayah penelitian [8].



Gambar 2. *Flowchart* kegiatan penelitian pengukuran kerentanan tanah di Kecamatan Adipala.

HASIL DAN PEMBAHASAN

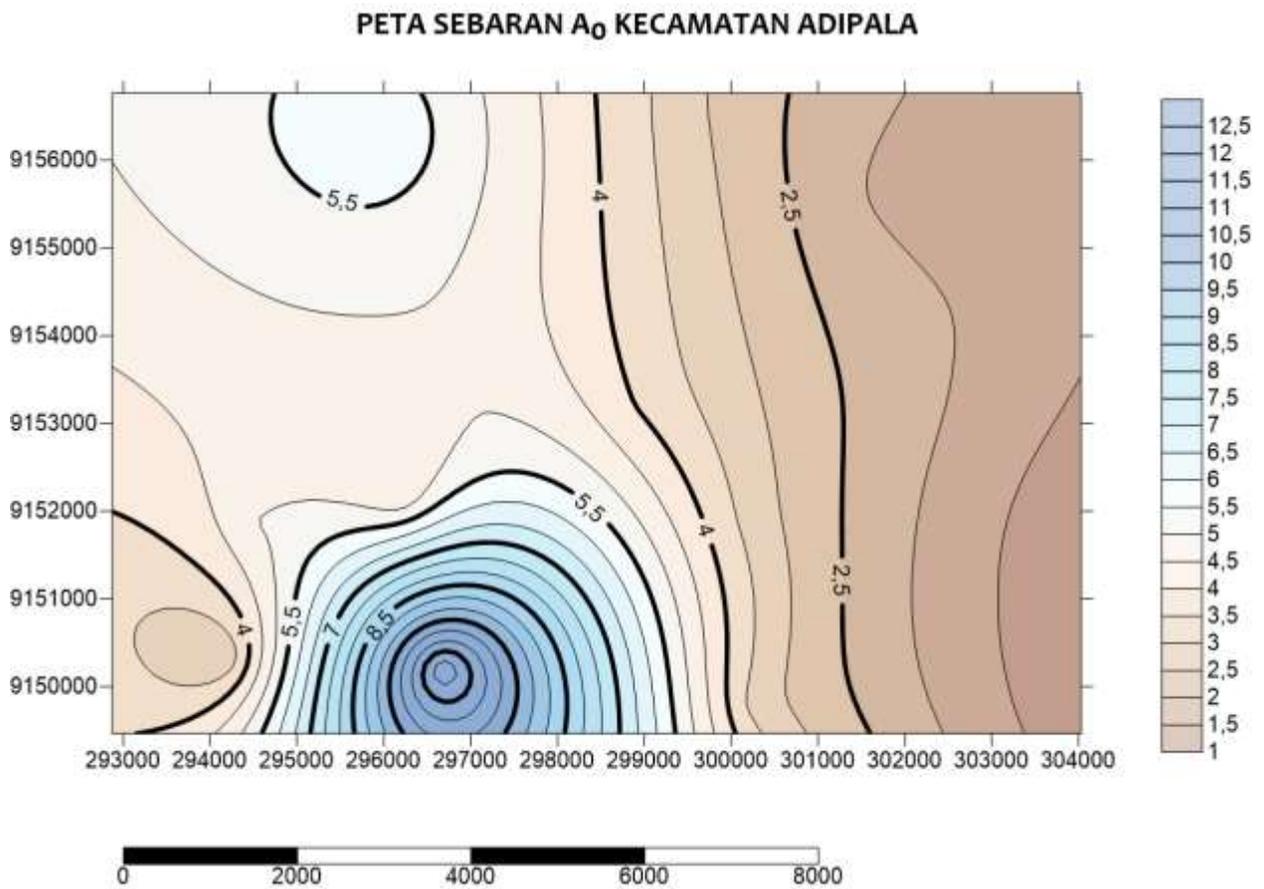
Nilai frekuensi natural (f_0) dan Amplitudo (A_0)

Tabel 1. merupakan nilai A_0 dan f_0 hasil akuisisi mikrotremor di Kecamatan Adipala.

Nilai A_0 dan f_0 selanjutnya diolah menjadi peta sebaran frekuensi dominan dan peta amplitudo frekuensi dominan yang disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Selanjutnya peta f_0 tersebut *dioverlay* kan dengan peta geologi sehingga menghasilkan Gambar 5 dan Gambar 6.

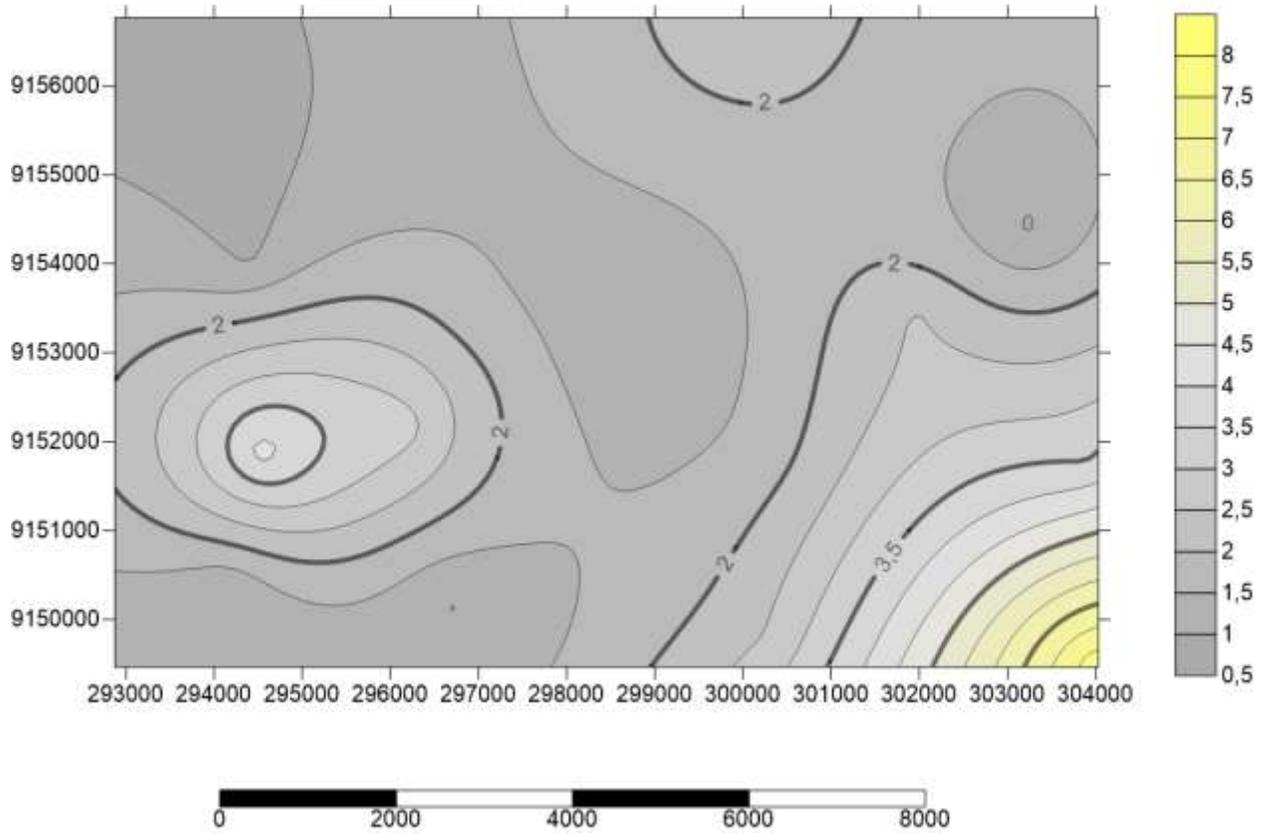
Tabel 1. Nilai A_0 dan f_0 hasil akuisisi mikrotremor di Kecamatan Adipala.

No	Nama titik	A_0	f_0 (Hz)
1	titik a	5,92	1,15
2	titik b	2,86	2,4
3	titik c	1,88	1,75
4	titik d	1,89	0,94
5	titik e	4,85	0,93
6	titik f	4,98	1,67
7	titik g	3,9	0,85
8	titik h	2,24	2,54
9	titik i	5,01	4,19
10	titik j	3,34	3,18
11	titik k	3,28	1,71
12	titik l	1,19	3,48
13	titik m	3,68	1,31
14	titik n	3,01	1,06
15	titik o	12,47	0,89
16	titik p	3,27	2,54
17	titik q	1,18	7,89



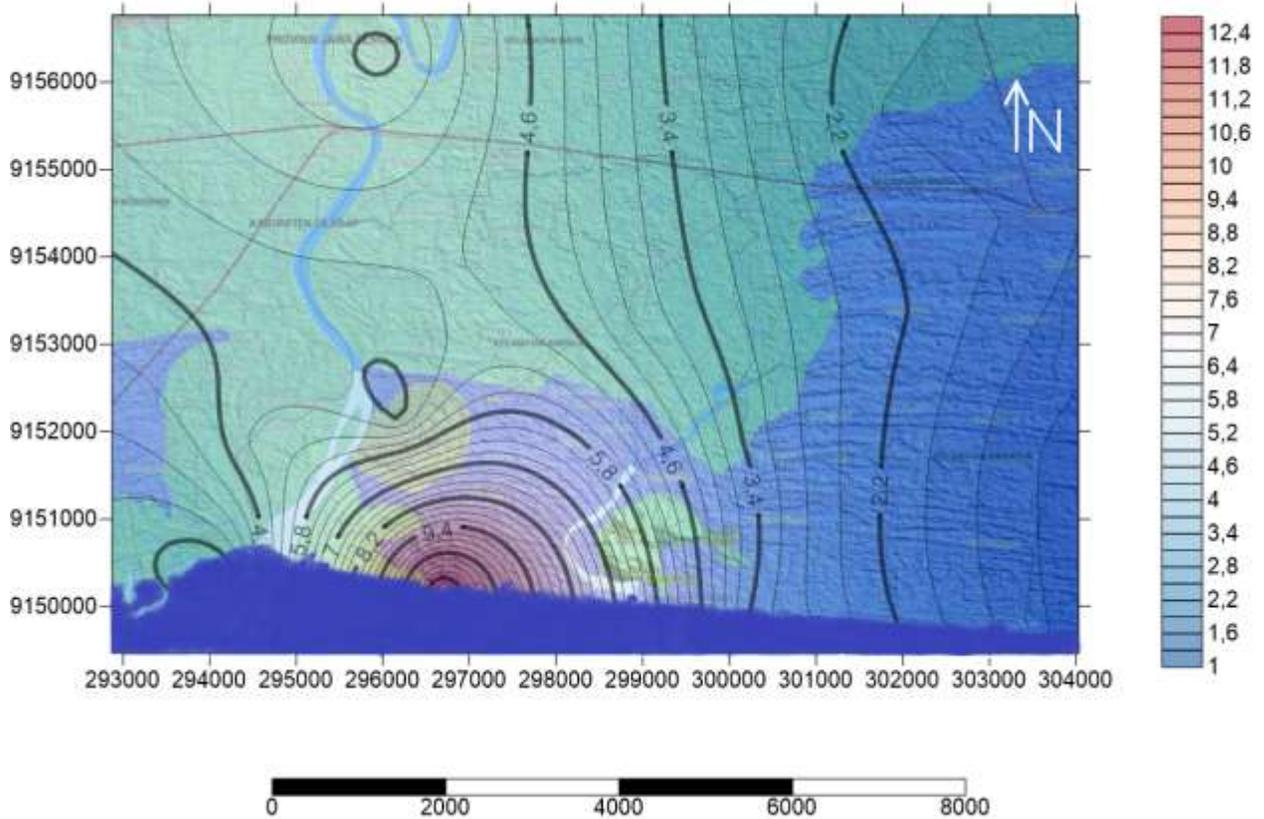
Gambar 3. Peta sebaran frekuensi natural mikrotremor di Kecamatan Adipala, Cilacap.

PETA SEBARAN f_0 KECAMATAN ADIPALA

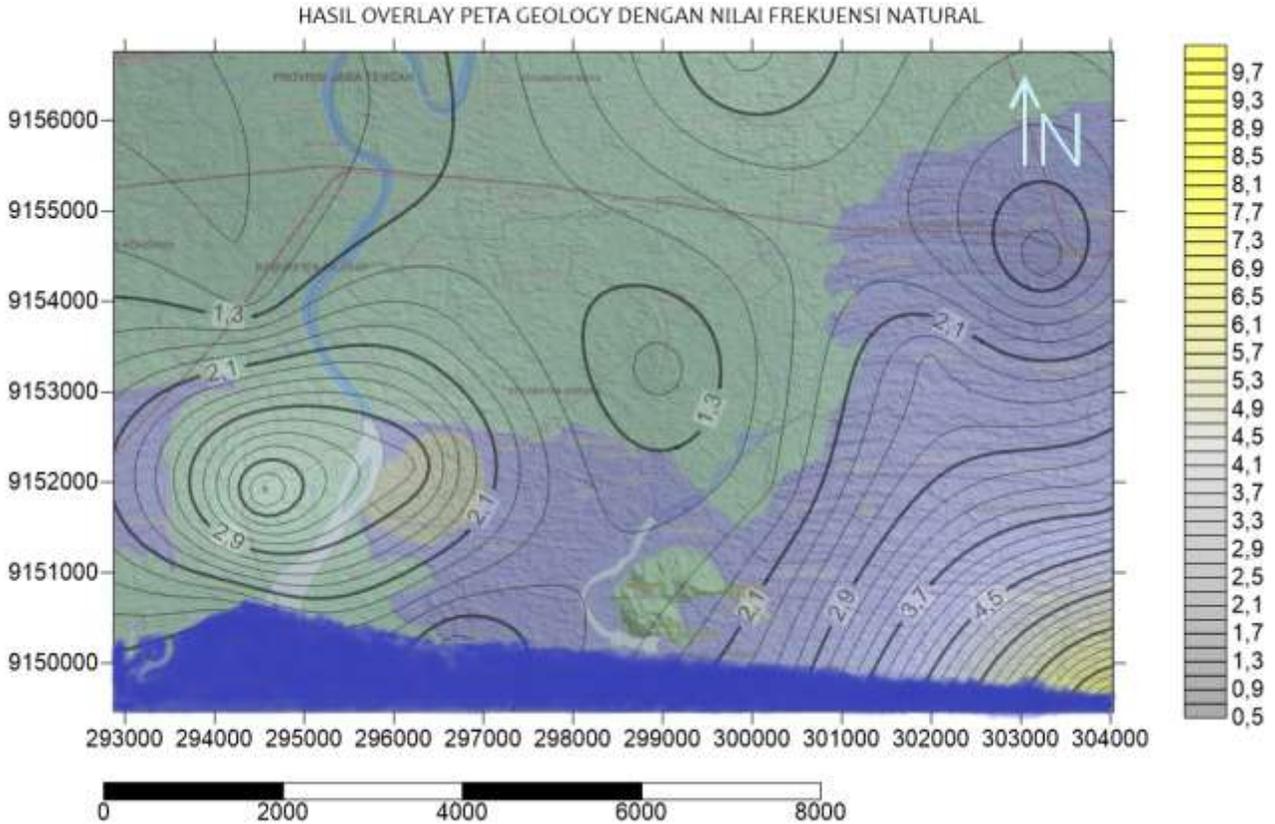


Gambar 4. Peta sebaran frekuensi dominan di Kecamatan Adipala.

PETA OVERLAY A_0 DENGAN PETA GEOLOGI



Gambar 5. Hasil *overlay* peta sebaran amplitudo frekuensi natural dengan peta geologi.

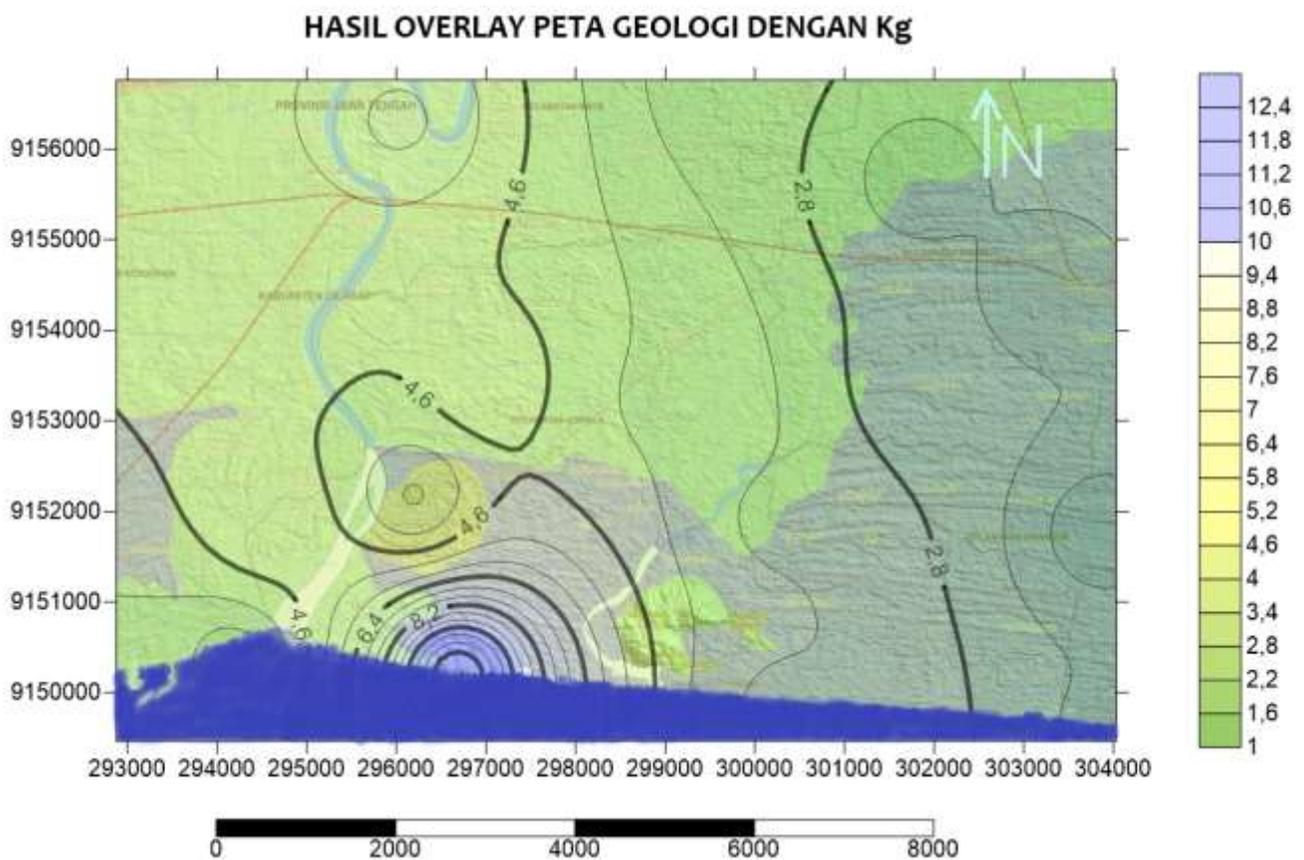


Gambar 6. Hasil *overlay* peta sebaran frekuensi natural dengan peta geologi.

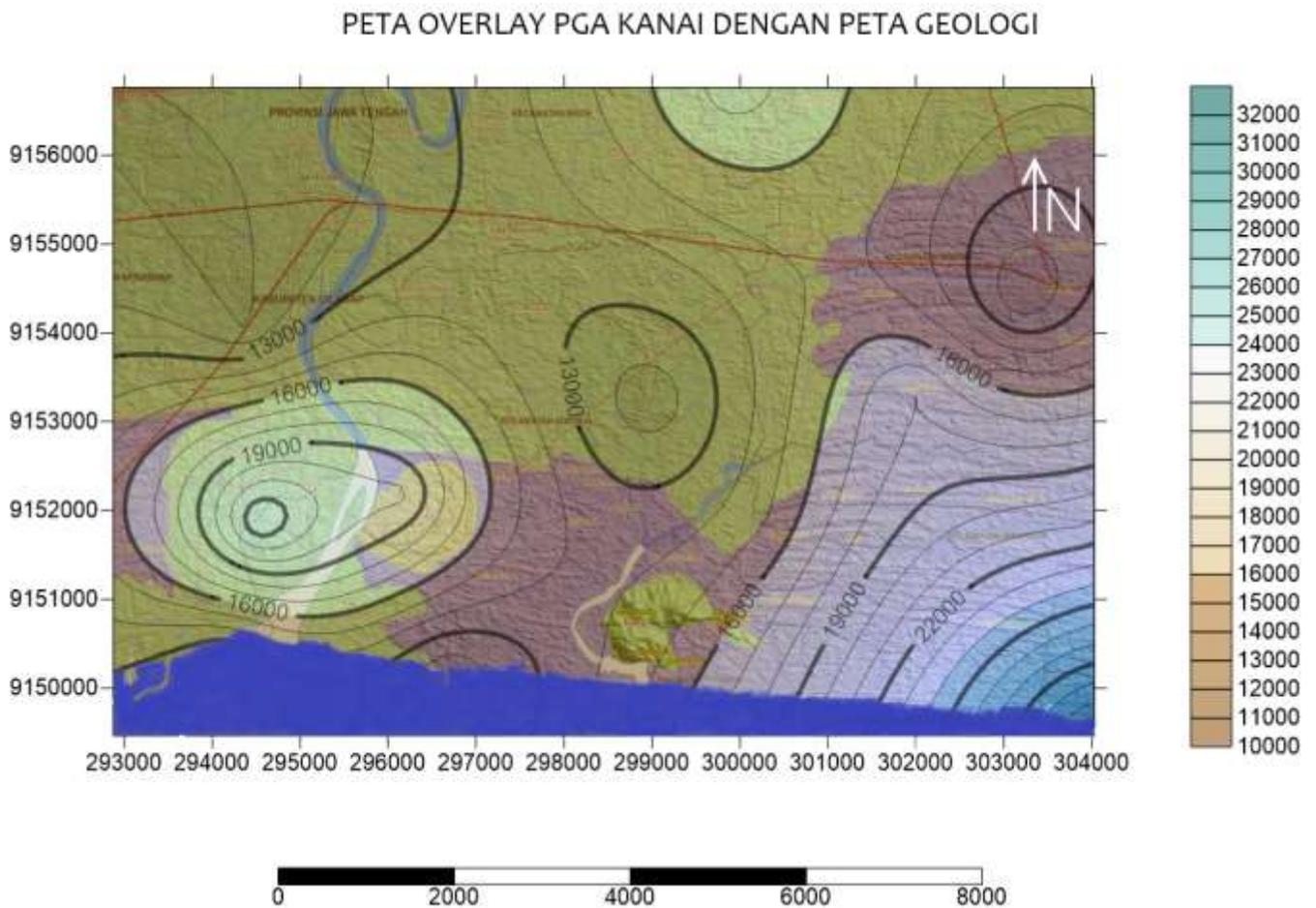
Peta sebaran kerentanan tanah (Kg) dan PGA menurut Kanai

Setelah diperoleh peta A_0 dan f_0 selanjutnya dibuat peta sebaran kerentanan tanah dan peta PGA menggunakan persamaan Kanai. Hasil

pengolahan data untuk nilai Kg dan PGA dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8. Pada peta tersebut terlihat bahwa indeks kerentanan tanah berkisar pada nilai 1 hingga 12, dengan wilayah dengan kerentanan tinggi terdapat di bagian selatan.



Gambar 7. Peta kerentanan tanah wilayah kecamatan Adipala



Gambar 8. Peta sebaran nilai peak ground acceleration (PGA) Kanai di Kecamatan Adipala

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data tentang nilai kerentanan tanah di wilayah Adipala dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecamatan Adipala berada pada zona dengan faktor penguatan (amplifikasi) 1-8 dengan amplifikasi kuat ke lemah berarah dari Selatan ke Utara. Pada formasi Gabon di wilayah merupakan dibangunnya PLTU terdapat anomaly nilai amplifikasi, dimana di wilayah tersebut amplifikasinya lebih rendah dibandingkan dengan nilai amplifikasi di wilayah pinggiran pantai lainnya.
2. Kecamatan Adipala memiliki nilai PGA 10000-32000 mgal dengan PGA tinggi berada di bagian Selatan Timur dan semakin rendah menuju utara. Pada formasi Gabon nilai PGA lebih rendah dibandingkan dengan sekitarnya sehingga pada bagian Barat terdapat endapan alluvial nilai PGA nya sedang namun terbentuk klosur yang menutup karena perbedaan PGA dengan adanya perubahan formasi.

3. Berdasarkan hasil pengolahan data Kg dan PGA dapat disimpulkan bahwa ketebalan sedimen berkaitan erat dengan tingginya nilai PGA dan Kg. Endapan alluvial pantai yang merupakan pasir yang terpilah baik-sedang dan sangat lepas lebih lunak dibandingkan dengan endapan alluvial yang terdiri atas lempung, lanau, pasir, kerikil, dan kerakal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS. *Kabupaten Cilacap*. Cilacap: Badan Pusat Statistik, Cilacap; 2018.
- [2] Kanai K. *Seismology in engineering*. Tokyo: Tokyo University; 1983.
- [3] Dialosa K, Rustadi R, Mulyatno BS, Sulaeman C. 2017. Analisis resiko dampak gempabumi di Kabupaten Cilacap menggunakan metode DSHA dan data mikrotremor. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. 2018;4(3):287-312.
- [4] Tokimatsu K, Arai H. S-wave velocity profiling by joint inversion of microtremor dispersion curve and

- horizontal to vertical (H/V) spectrum. *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2005;95(5):1766-1778.
- [5] Gosar A. Microtremor HVSR study for assessing site effects in the Bovec basin (NW Slovenia) related to 1998 Mw5.6 and 2004 Mw5.2 earthquakes. *Engineering Geology*. 2007;91(2-4):178-193.
- [6] Arifin SS, Mulyatno BS, Marjiyono, Setianegara R. Penentuan zona rawan guncangan bencana gempa bumi berdasarkan analisis nilai amplifikasi HVSR mikrotremor dan analisis periode dominan Daerah Liwa dan sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*. 2014;2(1):30-40.
- [7] Hardaningrum O. Zonasi rawan bencana gempa bumi Kota Malang berdasarkan analisis horizontal to vertical spectral ratio (HVSR). Jatinangor: Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016. 2016.
- [8] Agustin F. *Peta geologi hasil interpretasi citra indera jauh Cilacap, Jawa Tengah 1: 50000*. Bandung: Badan Geologi; 2013.