

ANALISIS FREKUENSI NATURAL DAN POTENSI AMPLIFIKASI MENGUNAKAN METODE HVSR (Studi Kasus: Kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo)

Meilan Demulawa¹, Ika Daruwati²

¹Universitas Negeri Gorontalo, ²Universitas Pasir Pengaraian
Meilan.demulawa@ung.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian di Kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo yang terletak di Desa Moutong Kec.Tilongkabila, Kab Bone Bolango Provinsi Gorontalo. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui frekuensi natural dan potensi amplifikasi tanah di wilayah Kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo. Data hasil penelitian diolah menggunakan software geopshy dengan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR). Analisis hasil penelitian didapatkan nilai frekuensi natural titik 1(dekat gedung Fakultas Matematika dan IPA) sebesar 22,51 Hz, titik 2 (dekat gedung Fakultas Teknik) sebesar 9,91 Hz, titik 3(dekat gedung Perpustakaan Pusat UNG) sebesar, 17,26 Hz, titik 4 (dekat gedung Fakultas Sastra dan Budaya) 19,48 Hz, dan titik 5 (dekat gedung Fakultas Pertanian) sebesar 17,06 Hz. Menurut klasifikasi Kanai wilayah kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo masuk dalam klasifikasi tanah tipe IV jenis I yaitu memiliki ketebalan lapisan yang tipis dan didominasi batuan keras. Nilai amplifikasinya yaitu di titik 1(dekat gedung Fakultas Matematika dan IPA) sebesar 1,46, titik 2 (dekat gedung Fakultas Teknik) sebesar 1,34, titik 3(dekat gedung Perpustakaan Pusat UNG) sebesar, 1,38, titik 4 (dekat gedung Fakultas Sastra dan Budaya) 1,39, dan titik 5 (dekat gedung Fakultas Pertanian) sebesar 1,35. Berdasarkan hasil analisis nilai amplifikasi di wilayah ini masuk dalam zona rendah, artinya wilayah ini jika terjadi gempa bumi dimungkinkan tidak terjadi potensi guncangan gempa kuat.

Kata-kata Kunci : HVSR, Frekuensi natural, Amplifikasi

PENDAHULUAN

Secara Geografis Provinsi Gorontalo 0° 19' 00" - 1° 57' 00" LU (Lintang Utara) dan 121° 23' 00" - 125° 14' 00" BT (Bujur Timur). Di sebelah Barat berbatasan dengan Sulawesi Tengah dan disebelah Timur berbatasan dengan Sulawesi utara sedangkan di sebelah Utara berhadapan langsung dengan Laut Sulawesi dan di sebelah Selatan dibatasi oleh Teluk Tomini. Sebagian besar permukaan tanah di Provinsi Gorontalo adalah perbukitan itulah sebabnya daerah ini mempunyai banyak gunung dengan ketinggian yang berbeda-beda. Daerah Gorontalo memiliki sistem tektonik yang kompleks karena terletak di semenanjung utara pulau Sulawesi.

Patahan atau sesar Gorontalo memiliki kecepatan pergeseran sekitar 11 mm per tahunnya dengan mekanisme strike-slip, dimana ini berkaitan dengan adanya subduksi di sepanjang palung di sisi utara Pulau Sulawesi (Rangin, dkk., (1999)). Sumber gempa yang menimbulkan aktivitas seismik yang tinggi di Provinsi Gorontalo adalah Sulawesi Megathrust, subduksi busur sangihe, dan sesar gorontalo merupakan sesar terpanjang seperti terlihat pada Gambar 1. Dari ketiga sesar tersebut yang paling berpengaruh dan mempunyai potensi hazard paling besar adalah sesar Gorontalo.

Jalur sesar Gorontalo tersebut menimbulkan gempabumi yang sangat besar, sehingga dikhawatirkan ketika terjadi gempa akan terjadi amplifikasi yang nantinya menimbulkan likuifaksi besar-besaran dan mengakibatkan bangunan mengalami kerusakan.

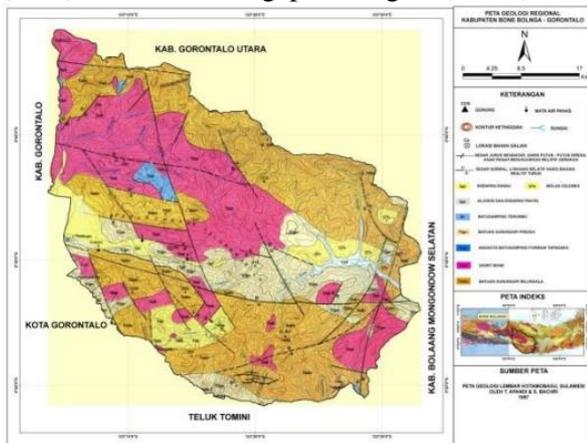
TINJAUAN PUSTAKA Stratigrafi

Dilihat dari Gambar 2 peta geologi regional Bone Bolango menurut Apandi dan Bachry (1997) Stratigrafi regional kabupaten Bone Bolango dari muda ke tua. Urutannya mulai dari Alluvium dan Endapan Pantai (Qal), Batugamping Terumbu (Ql), Endapan Danau (Qpl), Molas Celebes (Qts),



Gambar 1. Peta lokasi patahan Gorontalo (sumber: <https://hulondalo.id/gorontalo-dilalui-2-patahan-aktif>)

Batuan Gunungapi Pinogu (TQpv) , Diorit Bone (Tmb), Batuan Gunungapi Bilungala (Tmbv).



Gambar 2. Peta Geologi regional Bone Bolango (T. Apandi & S. Bachri, 1997, Manyoe, I. N & Bahutala, I. (2017))

Gempa Bumi

Gempa bumi adalah peristiwa pelepasan energi secara tiba-tiba yang merupakan salah satu sumber yang dapat menimbulkan terjadinya penjaralan gelombang seismik. Seismolog Amerika, Reid, mengemukakan teori elastic rebound. Teori ini menyatakan, bahwa gempa bumi merupakan gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan akibat akumulasi energi dari peristiwa tekanan (stress) dan regangan (strain) pada kulit bumi yang terus menerus.

Gempa bumi dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber penyebab terjadinya (Ibrahim dan Subardjo, 2003). 1. Gempa bumi runtuh (Collapse Earthquake) adalah gempa bumi yang disebabkan oleh runtuhnya lubang-lubang di dalam bumi, seperti gua, tambang dan sebagainya. 2. Gempa bumi vulkanik (Volcanic Earthquake) adalah gempa bumi yang berasal dari gerakan magma karena aktivitas gunungapi. 3. Gempa bumi Tektonik (Tectonic Earthquake) adalah gempa bumi yang disebabkan oleh aktifitas sesar karena perlipatan kerak bumi, pembentukan pegunungan dan sebagainya. Gempa bumi tektonik ini merupakan gempa bumi yang signifikan terjadi di bumi secara menyeluruh.

Mikrotremor

Mikrotremor adalah getaran alami yang berada dalam tanah dan bersifat kontinyu dengan amplitudo rendah. Getaran tersebut dapat ditimbulkan oleh peristiwa alam ataupun buatan, seperti angin, gelombang laut atau getaran kendaraan. Sinyal mikrotremor terdiri dari tiga

komponen yaitu dua komponen horizontal (Timur-Barat dan Utara-Selatan) dan satu komponen vertikal.

Mikrotremor memiliki amplitudo 0,1-1 mikron dan kecepatan amplitudo 0,001-0,01 cm/s. Mikrotremor dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe berdasarkan periodenya, yaitu periode pendek untuk getaran yang periodenya kurang dari 1 detik dan periode panjang untuk getaran yang periodenya lebih dari 1 detik. Keadaan ini terkait dengan struktur tanah yang lebih dalam dan menunjukkan dasar dari batuan keras. Observasi mikrotremor dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan frekuensi natural dan faktor amplifikasinya (Mirzaoglu dan Dykmen, 2003).

Frekuensi Natural

Frekuensi natural adalah nilai frekuensi yang sering muncul sehingga disebut sebagai nilai frekuensi alami pada suatu wilayah pengukuran. Dengan kata lain frekuensi natural dapat menunjukkan jenis dan karakteristik lapisan tanah atau batuan pada wilayah tersebut. Klasifikasi tanah oleh Kanai berdasarkan nilai frekuensi natural ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tanah berdasarkan Nilai Frekuensi Natural menurut Kanai

Klasifikasi Tanah	Frekuensi Natural (Hz)	Deskripsi Tanah
Jenis I	6,67 – 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan pasir berkerikil keras (hard sandy gravel).
Jenis II	4 – 6,67	Batuan alluvial dengan ketebalan 5m. Terdiri dari pasir berkerikil (sandy gravel), lempung keras berpasir (sandy hard clay), tanah liat, lempung (loam) dan sebagainya.
Jenis III	2,5 – 4	Batuan alluvial yang hampir sama dengan tanah jenis II, hanya dibedakan oleh adanya formasi yang belum diketahui (buff formation).
Jenis IV	< 2,5	Batuan alluvial yang terbentuk dari

Klasifikasi Tanah	Frekuensi Natural (Hz)	Deskripsi Tanah
		sedimentasi delta, top soil, lumpur, tanah lunak, humus, endapan delta atau endapan lumpur dll, yang tergolong ke dalam tanah lembek, dengan kedalaman 30m.

Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)

Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) pertama kali diperkenalkan oleh (Nogoshi dan Igarashi, 1971) yang menyatakan adanya hubungan antara perbandingan komponen horisontal dan vertikal terhadap kurva eliptisitas pada gelombang Rayleigh yang kemudian disempurnakan oleh (Nakamura, 1989; Nakamura, 2000) yang menyatakan bahwa perbandingan spektrum H/V sebagai fungsi frekuensi berhubungan erat dengan fungsi site transfer untuk gelombang S. Prinsip dari metode HVSR yaitu menggunakan seismik pasif tiga komponen. Terdapat dua parameter penting yang didapatkan dari hasil pengolahan metode ini antara lain frekuensi natural (f_0) dan amplifikasi (A). Kedua parameter ini pada dasarnya merupakan implementasi dari karakterisasi geologi suatu daerah. Langkah dari pengolahan metode HVSR adalah sebagai berikut: a. Sensor mikroseismik merekam getaran. b. Didapatkan time series data dari tiap-tiap komponen. Pada langkah ini dilakukan pemotongan sinyal ambient, agar dapat diolah pada langkah selanjutnya. c. Spektrum fourier didapatkan dengan melakukan transformasi fourier pada tiaptiap komponen (N-S, E-W dan vertikal). d. Rata-rata dari 2 spektrum horizontal dihitung kemudian hasilnya dibagi oleh spektrum vertikalnya sehingga didapatkan kurva HVSR serta nilai dari (f_0) dan (A_0).

Amplifikasi

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan, dengan kata lain gelombang seismik akan mengalami perbesaran, jika merambat pada suatu medium ke medium lain yang lebih lunak dibandingkan dengan medium awal yang dilaluinya. Semakin besar perbedaan itu, maka perbesaran yang dialami gelombang

tersebut akan semakin besar (Arifin dkk., 2014).

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan. Gelombang seismik akan mengalami perbesaran apabila merambat pada suatu medium yang lebih lunak dibandingkan medium awal yang dilaluinya. Semakin besar kontras parameter perambatan gelombang (densitas dan kecepatan) pada kedua lapisan tersebut, maka nilai amplifikasi akan semakin tinggi (Nakamura, 2000).

Nilai faktor amplifikasi dapat bertambah apabila lapisan tanah atau batuan telah mengalami deformasi (pelapukan, pelipatan, dan pesesaran) yang mengubah sifat batuan. Pada batuan yang sama, nilai amplifikasi dapat bervariasi sesuai dengan tingkat deformasi pada pelapukan tubuh batuan tersebut. Nilai faktor amplifikasi dapat dikelompokkan dalam empat zona, yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Klasifikasi tersebut dipaparkan oleh Ratdomopurbo (2008) yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Nilai Amplifikasi

Zona	Klasifikasi	Nilai Amplifikasi
1	Rendah	$A < 3$
2	Sedang	$3 \leq A < 6$
3	Tinggi	$6 \leq A < 9$
4	Sangat tinggi	$A \geq 9$

METODE PENELITIAN

Telah dilakukan Pengukuran mikrotremor dilakukan di Kawasan Kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Accelerograph* Taide TDL-303Q dengan 3 komponen. Data mentah (*raw data*) ini dibuka menggunakan software GPL-CG-Multi, dilakukan pengamatan terhadap signal yang didapat, untuk kemudian dilakukan konversi satuan dari A/D (*Analog to Digital* 16 bit) ke satuan Gal (cm/s^2), dan dikonversi dalam format MONOSM. Data yang telah dikonversi dalam format ini kemudian dikonversi kembali dalam MINI SEED untuk pengolahan dalam software GEOPSY frekuensi natural dan Amplitudo maksimumnya di analisis menggunakan HVSR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi Natural (fo)

Menurut Firman et al., (2014) frekuensi natural tanah sangat erat dengan kondisi geologi daerah penelitian. Artinya daerah yang memiliki karakteristik batuan keras dan ketebalan sedimennya tipis cenderung frekuensi naturalnya tinggi begitu juga sebaliknya daerah yang memiliki karakteristik batuan lunak dan ketebalan sedimen yang tinggi frekuensi naturalnya rendah. Daerah dengan frekuensi natural yang rendah merupakan daerah yang rawan akan bencana gempa bumi

Tabel 3. Sebaran nilai frekuensi natural

No	Nama Titik	Nilai Frekuensi Natural (fo)	Klasifikasi Tanah
1.	Titik 1	22,51 Hz	Tipe IV Jenis I
2.	Titik 2	9,91 Hz	
3.	Titik 3	17,26 Hz	
4.	Titik 4	19,48 Hz	
5.	Titik 5	17,06 Hz	

Berdasarkan tabel sebaran nilai frekuensi natural wilayah kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo nilai frekuensi natural titik 1(dekat gedung Fakultas Matematika dan IPA) sebesar 22,51 Hz, titik 2 (dekat gedung Fakultas Teknik) sebesar 9,91 Hz, titik 3(dekat gedung Perpustakaan Pusat UNG) sebesar, 17,26 Hz, titik 4 (dekat gedung Fakultas Sastra dan Budaya) 19,48 Hz, dan titik 5 (dekat gedung Fakultas Pertanian) sebesar 17,06 Hz. Menurut klasifikasi Kanai wilayah kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo masuk dalam klasifikasi tanah tipe IV jenis I yaitu memiliki ketebalan lapisan yang tipis dan didominasi batuan keras.

Amplifikasi (Ao)

Perbandingan kontras impedansi antara lapisan sedimen di permukaan dan bedrock yang ada dibawahnya sangat berhubungan dengan amplifikasi (Nakamura, 2000). Apabila kontras impedansi untuk kedua lapisan rendah maka, nilai amplifikasi juga rendah, begitu pula sebaliknya apabila kontras impedansi kedua lapisan tinggi, maka nilai amplifikasi juga tinggi. Keadaan Hasil nilai amplifikasi pada daerah penelitian ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Sebaran nilai Amplifikasi

No	Nama Titik	Nilai Amplifikasi (Ao)	Zona
1.	Titik 1	1,46	Rendah
2.	Titik 2	1,34	
3.	Titik 3	1,38	
4.	Titik 4	1,39	
5.	Titik 5	1,35	

Pada penelitian ini nilai amplifikasi di kawasan kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo yaitu di titik 1(dekat gedung Fakultas Matematika dan IPA) sebesar 1,46, titik 2 (dekat gedung Fakultas Teknik) sebesar 1,34, titik 3(dekat gedung Perpustakaan Pusat UNG) sebesar, 1,38, titik 4 (dekat gedung Fakultas Sastra dan Budaya) 1,39, dan titik 5 (dekat gedung Fakultas Pertanian) sebesar 1,35. Menurut Nakamura (2000), nilai amplifikasi di wilayah ini masuk dalam zona rendah, artinya wilayah ini jika terjadi gempa bumi dimungkinkan tidak terjadi potensi guncangan gempa kuat.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan:

1. Nilai frekuensi natural di wilayah kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo berada pada klasifikasi tanah tipe IV jenis I dengan ketebalan sedimen sangat tipis dan didominasi batuan keras yaitu sebesar 9,91-22,51 Hz.
2. Nilai amplifikasi di wilayah kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo berkisar antara 1,34-1,46. Hal ini masuk pada zona 1 dengan klasifikasi rendah yaitu $A_0 < 3$

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, S. S. (2014). Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa dan Sekitarnya. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 2(01), 30-40.

Apandi, T dan Bachri, S. (1997). Peta geologi lembar Kotamobagu, Sulawesi. Bandung, Penelitian Dan Pengembangan Geologi.

Firman, S., Bahri, A.S., Juan Pandu, 2014. Microtremor study of Gunung Anyar mud volcano, Surabaya, East Java. *Am. Inst. Phys.*

Manyoe, I. N. (2017). Kajian Geologi Daerah Panas Bumi Lombongo Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo. *Jurnal Geomine*, 5(1).

Mirzaoglu, M., & Dýkmen, Ü. (2003). Application of microtremors to seismic

microzoning procedure. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 6(3), 143-156.

Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports*, 30(1).

Nakamura, Y. (2000, January). Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. In *Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering* (Vol. 2656). New Zealand: Auckland.

Nogoshi, M., & Igarashi, T. (1971). On the amplitude characteristics of ambient noise (Part 2). *J Seismol Soc Jpn*, 24, 26-40.

Rangin, C., Le Pichon, X., Mazzotti, S., Pubellier, M., Chamot-Rooke, N., Aurelio, M., ... & Quebral, R. (1999). Plate convergence measured by GPS across the Sundaland/Philippine Sea Plate deformed boundary: the Philippines and eastern Indonesia. *Geophysical Journal International*, 139(2), 296-316.

Ratdomopurbo, A. 2008. *Pedoman Mikrozonasi, Materi Kursus*, Bandung.