

RESONANSI BANGUNAN DENGAN ANALISIS MIKROTERMOR DI DUSUN PATUK KABUPATEN GUNUNG KIDUL

BULIDING RESONANCE WITH MICROTREMOR ANALYSIS IN PATUK VILLAGE GUNUNG KIDUL REGENCY

Oleh: Pipit Daristasari¹, Nugroho Budi W, M.Si², Dr. Yosaphat Sumardi³

¹Mahasiswi Program Studi Fisika FMIPA UNY

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Yogyakarta

³Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNY

Email: (darista35@gmail.com)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui nilai frekuensi dengan metode HVSR dan FSR Menentukan nilai resonansi beberapa bangunan di berdasarkan nilai frekuensi alami bangunan dan tanah, Mengetahui peta resiko kerusakan bangunan di Dusun Patuk, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul. Data penelitian diperoleh melalui pengukuran mikrotremor di 11 titik lokasi pengambilan data. Data mikrotremor kemudian dianalisis menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) untuk mendapatkan frekuensi alami tanah dan faktor amplifikasi tanah kemudian metode *Floor Spectral Ratio* (FSR) untuk mendapatkan hasil frekuensi bangunan dan amplifikasi bangunan di setiap titik penelitian. Hasil dari analisis mikrotremor digunakan untuk menentukan nilai Resonansi (R). Hasil studi ini menyatakan bahwa nilai rata-rata resonansi untuk komponen EW dan NS di Dusun Patuk berkisar antara 22,25 % sampai 590,63 %. Dengan titik 6 dan titik 10 yang mempunyai tingkat kerentanan resonansi sedang dengan nilai 16,07 % dan 22,25% .

Kata Kunci: resonansi bangunan, horizontal to vertical spectral ratio, floor spectral ratio, mikrotremor, Patuk.

Abstract

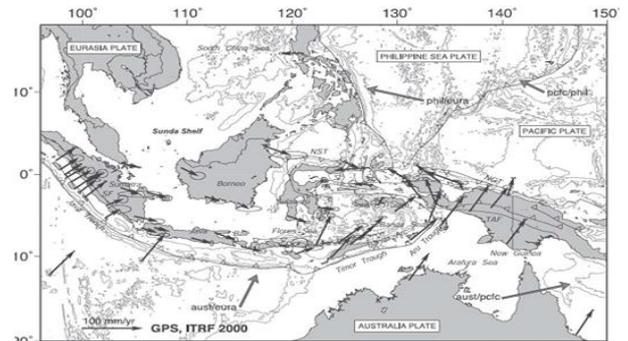
This research aims to Knowing the frequency value with the HVSR and FSR methods, Determine the resonance value of several buildings based on building frequency values and land frequency, and Knowing the risk map for building damage in Patuk village, Patuk District, Gunung Kidul Regency. The research data was obtained through microtremor measurements at 11 data collection locations. The microtremor data was then analyzed using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) method to obtain the natural frequency of the soil and soil amplification factors then the Floor Spectral Ratio (FSR) method to obtain the results of building frequency and building amplification at each research point. The results of the mikrotremor analysis are used to determine the Resonance (R) value. The results of this study stated that the resonance average values for EW and NS components in Patuk Hamlet ranged between 22.25% to 590.63%. With point 6 and point 10 which has a moderate level of resonance susceptibility with a value of 16.07% and 22.25%.

Keywords: silver building resonance, horizontal to vertical spectral ratio, floor spectral ratio, microtremor, Patuk.

PENDAHULUAN

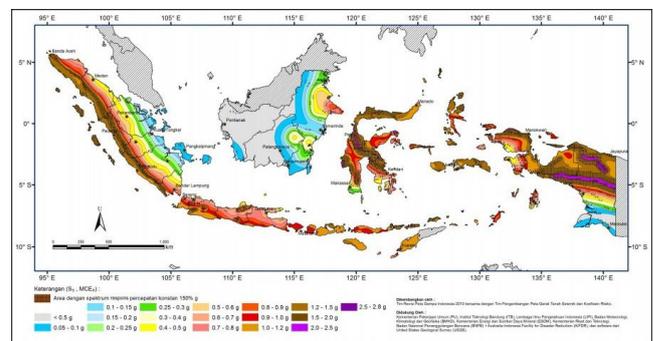
Wilayah Indonesia merupakan daerah pertemuan antara tiga lempeng bumi yang sangat aktif bergerak satu terhadap yang lainnya yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik. Pergerakan setiap lempeng tektonik tersebut sebesar 0-15 cm/tahun. Lempeng Indo-Australia di bagian Selatan relatif bergerak ke Utara dengan kecepatan sekitar 7 cm per tahun, lempeng Eurasia di bagian Utara relatif bergerak ke Selatan dengan kecepatan mencapai 13 cm per tahun, dan lempeng Pasifik di bagian Timur yang relatif bergerak ke Barat dengan kecepatan 10 cm per tahun (ESDM, 2009). Perbedaan arah gerakan lempengan akan mengakibatkan terjadinya tumbukan antar lempeng-lempeng tersebut. Adanya interaksi lempeng-lempeng yang bersifat tidak mementu mengakibatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah yang memiliki tingkat kerawanan gempa bumi yang tinggi.

Gempa di Indonesia merupakan fenomena alam yang sudah sering terjadi akibat pengaruh dari letak geografis negara Indonesia. Wilayah yang rawan terjadi gempa bumi biasanya memiliki kesamaan letak geografis, yaitu yang terletak dekat dengan zona tumbukan lempeng seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Tektonik kepulauan Indonesia dan sekitarnya (Bock et al., 2003)

Berdasarkan data tersebut, para ahli di bidang geografi, geofisik, Geologi, Geoteknologi, Geodesi, dan Teknik Sipil telah membuat peta gempa Indonesia sehingga Pemerintah dapat memperoleh informasi akan rawannya gempa tektonik di beberapa wilayah di Indonesia seperti yang ditunjukkan seperti gambar 2.



Gambar 2. Peta resiko gempa bumi di Indonesia (SNI 1726:2012)

Pulau Jawa merupakan wilayah yang rawan gempa karena termasuk dalam zona tumbukan lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu propinsi di bagian selatan Pulau Jawa yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia serta memiliki

struktur geologi yang kompleks. Wilayah rawan gempa dan tingkat kerusakan akibat gempa dapat disebabkan dari kekuatan bangunan, kualitas bangunan, kondisi geologi, geotektonik lokasi bangunan, percepatan tanah daerah lokasi gempa bumi, getaran yang besar dan nilai amplifikasi tanah yang besar.

Gempa bumi Yogyakarta 27 Mei 2006 merupakan peristiwa gempa bumi tektonik kuat yang mengguncang Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Gempa bumi ini berasal dari pergeseran lempeng bumi di bawah laut dengan magnitudo gempa 5,9 Skala Richter. Gempa Bumi ini mengakibatkan kerusakan terhadap unit perumahan pribadi di DIY seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kerusakan fisik (Unit Perumahan) paska Gempa Bumi Bantul 27 Mei 2006

Kabupaten	Hancur Total	Rusak	Total
Bantul	46.753	33.137	79.889
Sleman	14.801	34.231	49.031
Gunung Kidul	5.095	17.967	23.062
Kota Yogyakarta	4.831	3.591	8.422
Kulon Progo	6.793	9.417	16.210

Sumber : Laporan bersama BAPPENAS, Pemerintah Provinsi dan Daerah D.I.

Yogyakarta, Pemerintah Provinsi dan Daerah Jawa Tengah dan Mitra Internasional, 2006.

Gunung Kidul menjadi salah satu Kabupaten dengan tingkat kerusakan cukup parah akibat gempa bumi Bantul 2006, terutama untuk wilayah Kecamatan Patuk seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Data Rumah Rusak Berat dan Hancur yang Telah Diverifikasi Kabupaten Gunung Kidul

Kecamatan	Kerusakan
Panggung	228
Purwosari	184
Paliyan	80
Sapto Sari	86
Tepus	0
Tanjungsari	18
Rongkop	0
Girisubo	0
Semanu	19
Ponjong	11
Karangmojo	13
Wonosari	48
Playen	277
Patuk	2311
Gedang Sari	1300
Nglipar	417
Ngawen	90
Semin	13

Sumber : Government of Indonesia Assessment, February 2007

Berdasarkan tabel tersebut dan melakukan wawancara terhadap pemkab dan warga sekitar kecamatan Patuk, Dusun Patuk merupakan Dusun yang mempunyai tingkat kerusakan rumah paling tinggi. di dusun tersebut terdapat retakan tanah selebar kurang lebih 30 cm, dan

kerusakan paling parah terjadi di sepanjang perbukitan di Dusun Patuk, maka dari itu dilakukan penelitian di daerah Dusun Patuk dengan mengambil beberapa sampel rumah.

Salah satu faktor penting yang bisa digunakan untuk memprediksi bahaya gempa bumi pada suatu bangunan adalah dilakukan pengukuran resonansi antara frekuensi alami bangunan dan tanah di bawahnya. Jika nilai frekuensi bangunan mendekati nilai frekuensi alami material di bawahnya, maka getaran seismik akan membuat resonansi dengan bangunan yang akan meningkatkan stress pada bangunan tersebut. Untuk menentukan resonansi terhadap suatu bangunan dapat menggunakan mikrotermor.

Menurut Tokimatsu (2004), mikrotremor atau yang biasa disebut dengan ambient noise adalah getaran tanah dengan amplitudo mikrometer yang dapat ditimbulkan oleh peristiwa alam ataupun buatan, seperti angin, gelombang laut atau getaran kendaraan yang bisa menggambarkan kondisi geologi suatu wilayah dekat permukaan. Mikrotremor didasarkan pada perekaman ambient noise untuk menentukan parameter karakteristik dinamika (damping ratio dan frekuensi natural) dan fungsi perpindahan (frekuensi dan amplifikasi) bangunan. Teknik HVSR (*Horizontal to Vertical Fourier Amplitude Spectral Ratio*) pada

analisis data mikrotremor telah digunakan secara luas untuk studi efek lokal dan mikrozonasi. Selain sederhana dan bisa dilakukan kapan dan dimana saja, teknik ini juga mampu mengestimasi frekuensi resonansi secara langsung tanpa harus mengetahui struktur kecepatan gelombang geser dan kondisi geologi bawah permukaan lebih dulu. Nakamura (2004) menyebutkan bahwa metode HVSR untuk analisis mikrotremor bisa digunakan untuk memperoleh frekuensi alami tanah.

Data akusisi dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan frekuensi natural yang akan digunakan untuk menentukan resonansi tanah dan bangunan. Pengolahan data tersebut menggunakan analisis data HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) untuk data tanah dan analisis FSR (*Floor Spectral Ratio*) untuk data bangunan. Sehingga bisa ditentukan nilai resonansi tanah dan bangunan tersebut. Informasi mengenai nilai resonansi bangunan di Dusun Patuk masih belum diketahui. Untuk itu perlu diketahui informasi mengenai nilai resonansi bangunan dan potensi resiko gempa bumi terhadap bangunan di Dusun Patuk tersebut jika terjadi gempa bumi.

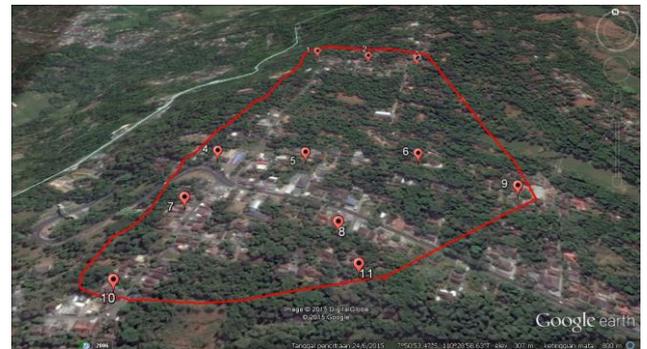
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui resonansi bangunan dengan analisis mikrotermor di dusun Patuk kabupaten Gunung Kidul. Prosedur penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pengambilan data mikrotremor secara langsung adalah membuat desain survei yang bertujuan untuk menentukan lokasi pengambilan data mikrotremor. Desain survei dibuat dengan mengambil beberapa sampel titik di Dusun Patuk. Penentuan titik sampel mengacu pada gempa Yogyakarta 2006 yang di dapat dari warga sekitar Dusun Patuk yang mengalami kerusakan bangunan. Bangunan yang sudah dijadikan titik pengukuran dapat dilihat titik koordinatnya menggunakan GPS, sehingga desain survey dapat di plot dengan koordinat geografis 7,844° LS-7,851° LS dan 110,480° BT-110,487° BT. Desain survei dibuat dengan mengacu pada peta geologi Yogyakarta dengan skala 1:100,000.

Setelah titik lokasi ditentukan, dilakukan survei lokasi pengambilan data. Hal ini bertujuan untuk mempermudah saat proses pengambilan data supaya tidak

memerlukan tambahan waktu karena lokasi titik penelitian sudah diketahui sebelumnya. Lokasi pengambilan data mikrotremor ditunjukkan oleh titik yang berwarna merah dengan nomor pada peta lokasi yang berjumlah 11 sampel titik penelitian. Peta lokasi pengambilan data mikrotremor berupa peta informasi geologi Yogyakarta ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta pengambilan sampel data mikrotermor

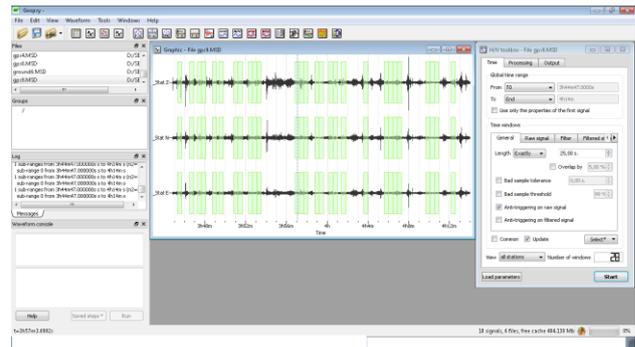
Pengambilan data mikrotremor pada setiap titik tertentu memiliki frekuensi alami yang berbeda, frekuensi alami inilah yang akan memberikan pengaruh terhadap besar atau kecilnya nilai resonansi bangunan.

Tabel 3. Keterangan label setiap titik pengambilan data mikrotremor.

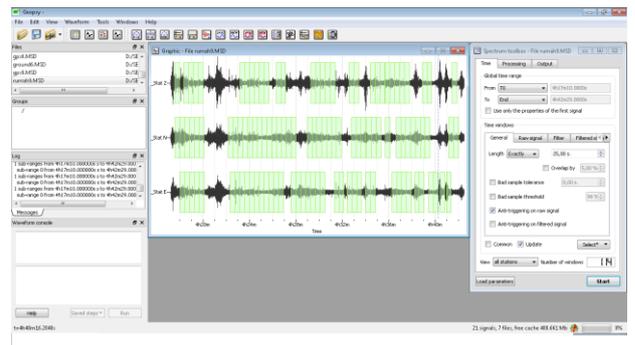
TA	Keterangan label
1	Rumah Bp. Puryadi.
2	Toko Bakpia 5555
3	Rumah Bp. Basrinurdin.

4	Kantor Kecamatan Patuk Lama
5	Rumah Bp. Sigit Bintoro (Bangunan 2 lantai).
6	Rumah Bp. Indro Sumarto
7	Rumah Ibu Rudiyeem.
8	Rumah Bp. Tatang Darmono.
9	Rumah Bp. Dalyo
10	Toko Busana Griya Aryanti
11	Rumah Bp. Ruwiyono.

Pemilihan sinyal tanpa *noise* (*windowing*) dilakukan dengan software Sesarray-Geopsy menggunakan metode HVSR untuk tanah dan metode FSR untuk bangunan. Proses analisis HVSR maupun FSR dilakukan dengan memilih data mikrotremor yang tidak mengandung *noise* dengan panjang data 25 detik atau 2500 data tiap *window* karena setiap 1 detik mempunyai 100 data dan dilakukan pemilihan data dengan jumlah minimal 10 *window* pada tiap titik penelitian. Dalam pemilihan data dengan memaka7i metode HVSR semua komponen bisa dipilih langsung tetapi untuk metode FSR dalam memilih data di lakukan tiap komponen yaitu komponen Z, komponen N dan komponen E seperti yang ditunjukkan pada gambar



Gambar 4. Proses pemilihan sinyal (*windowing*) pada Titik 9 untuk tanah.



Gambar 5. Proses pemilihan sinyal (*windowing*) pada Titik 9 untuk bangunan.

Pemilihan sinyal tanpa *noise* (*windowing*) dilakukan dengan software Sesarray-Geopsy dengan melakukan *cut* gelombang. Hasil *export cut* gelombang dengan format text (.txt) digabungkan dalam satu *file* menjadi format Excel Workbook (.xls). Data mentah mikrotremor dianalisis menggunakan program MATLAB R2010a. Data mikrotremor hasil pengukuran merupakan data mentah getaran tanah dalam fungsi waktu. Transformasi Fourier digunakan untuk mentransformasikan sinyal dari domain waktu $x(t)$ ke domain frekuensi

$X(f)$ (Manolakis and Ingle, 2011). Masing-masing *window* dari 2 komponen horizontal dan 1 komponen vertikal yang tersimpan dalam format Excel Workbook (.xlsx) dianalisis

menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT). Program *radix* yang di *run* pada MATLAB R2010a didapatkan dari Persamaan DFT yang mengacu pada Persamaan 21, karena FFT merupakan metode perhitungan koefisien Fourier yang sebelumnya dihitung dengan DFT.

Setelah itu dilakukan penghalusan data (*smoothing*) pada masing-masing *window* dari 2 komponen horizontal dan 1 komponen vertikal dengan menggunakan persamaan *moving average* sebanyak 46 titik data. *Moving average* beroperasi dengan cara merata-rata nilai dari sebuah sinyal input untuk menghasilkan nilai sinyal output untuk setiap titik. *Moving average* dalam bentuk persamaan mengacu pada Persamaan 36.

Data yang sudah di *smoothing*, dianalisis dengan metode HVSR untuk tanah dan FSR untuk bangunan. Dari analisis HVSR dan FSR akan diperoleh kurva HVSR dan kurva FSR tiap komponen EW dan NS yang dibagi dengan komponen vertikal yang akan menunjukkan nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi. Untuk kriteria

kurva H/V merujuk pada standar yang ditetapkan oleh *SESAME European Research Project*, yang berupa kriteria reliabel dari kurva H/V dengan kriteria.

Tabel 4. Kriteria Reliabel dari Kurva H/V (SESAME, 2004).

Kriteia reliabel dari kurva H/V
$f_0 > 10/I_w$
$n_c > 200$
$\sigma_A < 2$ untuk $0.5 f_0 < f < 2 f_0$ jika $f_0 > 0.5$ Hz atau
$\sigma_A > 3$ untuk $0.5 f_0 < f < 2 f_0$ jika $f_0 < 0.5$ Hz

Frekuensi alami bangunan yang memiliki nilai mendekati frekuensi alami tanah diseleksi untuk menghitung rasio keduanya dengan menggunakan persamaan

$$R = \left| \frac{f_b - f_t}{f_t} \right| \times 100\%$$

Sehingga dihasilkan nilai resonansi tanah dan bangunan yang memungkinkan untuk dilakukan klasifikasi tingkat kerentanan bangunan tersebut akan terjadi resonansi ketika dikenai gempa.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis HVSR akan didapatkan nilai frekuensi alami tanah (f_0) dengan kisaran 1,28 Hz – 9,08 Hz

dan faktor amplifikasi (A_0) dengan kisaran 0,9725 – 6,509. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.

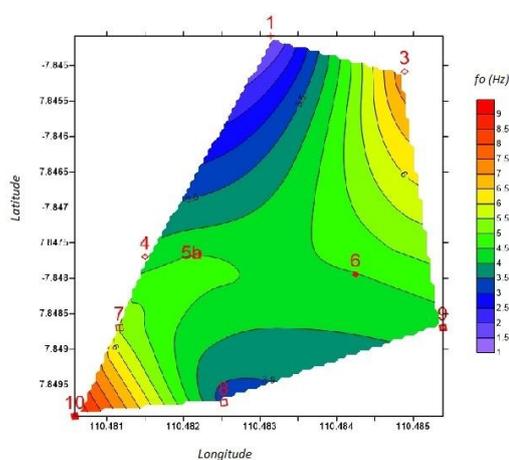
Tabel 5. hasil frekuensi alami dan faktor amplifikasi tanah

TITIK	AMPLIFIKASI TANAH	NILAI FREKUENSI TANAH (Hz)
1	2,894	1,28
3	6,509	7,48
4	3,465	4,2
5a	5,861	4,72
5b		4,72
6	0,9725	4,48
7	2,567	5,4
8	1,629	3,24
9	6,082	4,2
10	5,918	9,08

Pada tabel 6. terlihat titik 6 mempunyai faktor amplifikasi terendah dengan nilai 0,9725 dan titik 3 mempunyai faktor amplifikasi tertinggi dengan nilai 6,509. Tetapi untuk nilai frekuensi alami tanah terendah ada pada titik 1 dengan nilai 1,28 Hz dan nilai frekuensi alami tanah tertinggi ada pada titik 10 dengan nilai 9,08 Hz. Selanjutnya hasil tersebut divisualisasikan dalam bentuk mikrozonasi masing-masing untuk faktor amplifikasi tanah dan frekuensi alami tanah. Hasil dari mikrozonasi faktor amplifikasi tanah ditunjukkan pada gambar 6 dan hasil mikrozonasi untuk frekuensi alami ditunjukkan dengan gambar 7.

Sifat-sifat lapisan tanah ditentukan oleh periode dominan tanah (*predominant*

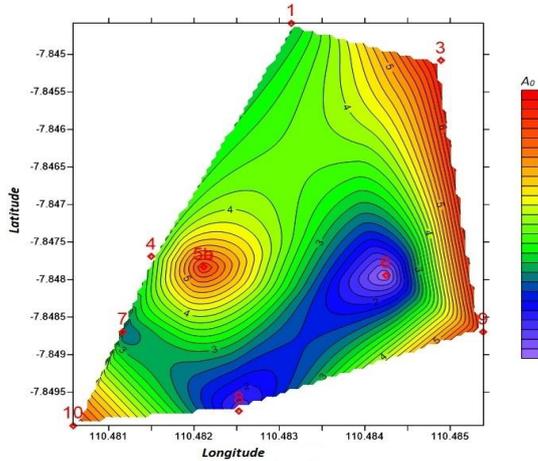
period) dari lapisan tanah tersebut bila ada getaran seismik. Nilai periode dominan (T_0) diperoleh dari frekuensi dominan (f_0) dengan f_0 merupakan hasil dari pengukuran mikrotremor pada 11 titik lokasi pengukuran. Peta mikrozonasi frekuensi alami dan faktor amplifikasi ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7 yang terdiri dari 11 titik tetapi dalam pengambilan data ternyata di titik 2 dan titik 11 tidak terbaca getarannya karena gangguan dari cuaca. Nilai frekuensi alami dan faktor amplifikasi dari rendah ke tinggi ditunjukkan dengan angka dan warna pada skalanya.



Gambar 6. Mikrozonasi frekuensi alami tanah di Dusun Pathuk

Hasil dari mikrozonasi frekuensi alami dari tanah dapat terlihat seperti gambar 7 untuk nilai frekuensi alami terendah ditunjukkan dengan warna biru muda dan frekuensi alami tertinggi ditunjukkan oleh warna merah. Nilai

frekuensi alami terbesar terdapat di titik 10 dengan nilai 9,08 Hz. Sedangkan nilai frekuensi alami terendah terdapat di titik 1 dengan nilai 1,28 Hz.



Gambar 7. Mikrozonasi amplifikasi tanah di Dusun Patuk

Hasil dari mikrozonasi amplifikasi dari tanah dapat terlihat seperti gambar 7 untuk amplifikasi terendah ditunjukkan dengan warna biru muda dan amplifikasi tertinggi ditunjukkan oleh warna merah. Nilai amplifikasi terbesar terdapat di titik 3 dengan nilai masing-masing 6,509. Sedangkan nilai amplifikasi terendah terdapat di titik 6 dengan nilai 0,9725.

Dalam perhitungan resonansi tanah data yang dibutuhkan adalah frekuensi alami tanah dan frekuensi bangunan. Untuk menganalisis frekuensi bangunan menggunakan analisis FSR. Analisis FSR akan didapatkan dari nilai frekuensi alami bangunan (*fb*) pada setiap komponen EW dan komponen NS. Resonansi merupakan perbandingan selisih antara frekuensi bangunan dengan frekuensi alami tanah

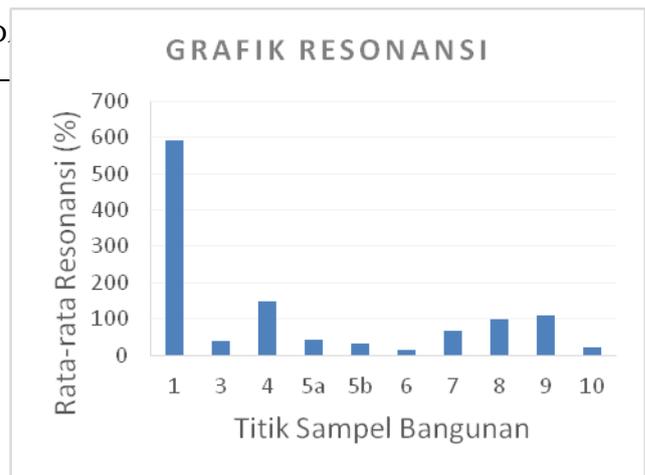
dibagi dengan frekuensi tanah seperti pada persamaan (37). Hasil pengukuran dari 11 titik hanya ada 9 titik yang dapat terekam oleh alat mikrotermor. Titik 2 dan 11 pengukuran bangunan tidak dapat terekam karena terkendala cuaca. Jadi hasil resonansi di Dusun Patuk untuk komponen EW berkisar antara 0,20 – 5,91 dan hasil komponen NS berkisar antara 0,12 – 5,91. Sesuai yang direkomendasikan oleh Gosar (2007) , tingkat kerentanan resonansi bangunan terhadap gempa bisa diklasifikasikan menjadi tiga kriteria, yakni: rendah (>±25%), sedang (15 - 25%) dan tinggi (<±15%). untuk hasil resonansinya tampak seperti tabel berikut ini :

Tabel 6. Hasil Resonansi Dusun Patuk

TITIK	NILAI FREKUENSI		RESONANSI (%)		RATA-RATA RESONANSI (%)	KET
	TANAH		EW	NS		
1	1,28	8,84	8,84	590,63	590,63	REND AH
3	7,48	11	9,92	47,06	32,62	REND AH
4	4,2	10,04	10,88	139,05	159,05	REND AH
5a	4,72	6,72	6,8	42,37	44,07	REND AH
5b	4,72	7,32	5	55,08	5,93	REND AH
6	4,48	3,56	3,96	20,54	11,61	SEDA NG
7	5,4	8,08	10	49,63	85,19	REND AH
8	3,24	8,08	4,84	149,38	49,38	REND AH
9	4,2	8,6	8,88	104,76	111,43	REND AH

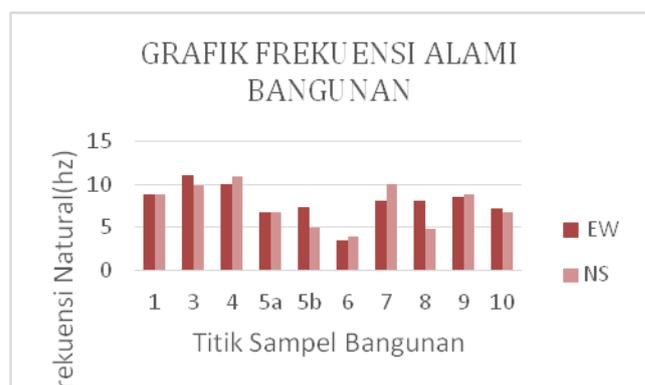
10	9,08	7,2 8	6,8 4	19,8 2	24,6 7	22,25	SED NG
----	------	----------	----------	-----------	-----------	-------	-----------

Hasil pengolahan dan analisis data mikrotremor didapatkan frekuensi dan faktor amplifikasi tanah, frekuensi dan amplifikasi bangunan, rata-rata resonansi bangunan dan tingkat resonansi terhadap gempa. Tabel 8. menunjukkan resonansi bangunan hasil analisis spektrum komponen horizontal (EW dan NS). Terdapat nilai frekuensi natural bangunan yang kurang stabil pada titik 6 dan 10 sehingga hasil resonansinya sedang. Hal ini ditandai dengan nilai frekuensi alami tanah dan nilai frekuensi bangunan selisihnya tidak jauh. Karena nilai resonansi tinggi terdapat pada bangunan yang mempunyai frekuensi hampir sama atau bahan sama dengan frekuensi alami dari tanah. Titik yang lain mempunyai resonansi yang rendah karena nilai frekuensi bangunannya jauh berbeda dengan nilai frekuensi alami dari tanah. Hasil pada titik bisa dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan antara letak titik dengan rata-rata resonansi.

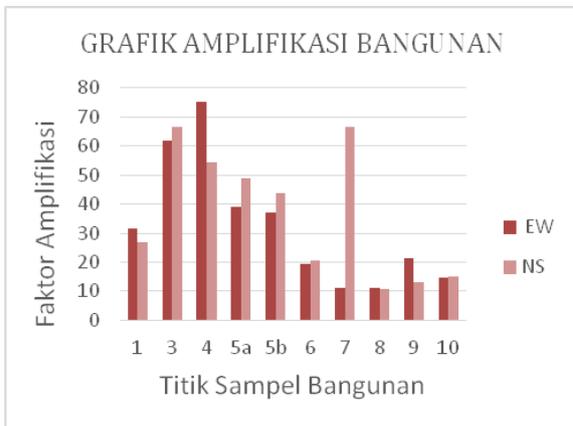
Hasil dari grafik 21 terlihat di titik 6 dan titik 10 paling rendah artinya disini nilai resonansinya sedang karena menurut Gosar (2007), untuk titik 6 mempunyai resonansi 16,07% dan titik 10 mempunyai nilai resonansi 22,25%. Hasil resonansi tersebut masuk dalam kriteria sedang yang menurut Gosar nilainya berkisar 15% - 25%.



Gambar 9. Grafik hubungan antara letak titik dengan frekuensi natural bangunan.

Dari grafik frekuensi alami bangunan terlihat yang nilai frekuensi alami bangunan terendah untuk komponen EW terletak pada titik 6

dengan nilai 3,56 Hz dan komponen NS terletak pada titik 6 dengan nilai 3,96 Hz. Hal ini juga menyebabkan nilai resonansi pada titik 6 masuk pada kategori sedang dengan nilai rata-rata resonansi nya 16,07%. Untuk nilai tertinggi terlihat pada titik 3 komponen EW dengan nilai 11 Hz dan untuk komponen NS tertinggi terdapat pada titik 4 dengan nilai 10,88 Hz. Kedua titik tersebut mempunyai nilai resonansi dengan kategori rendah.



Gambar 10. Grafik hubungan antara letak titik dengan faktor amplifikasi bangunan

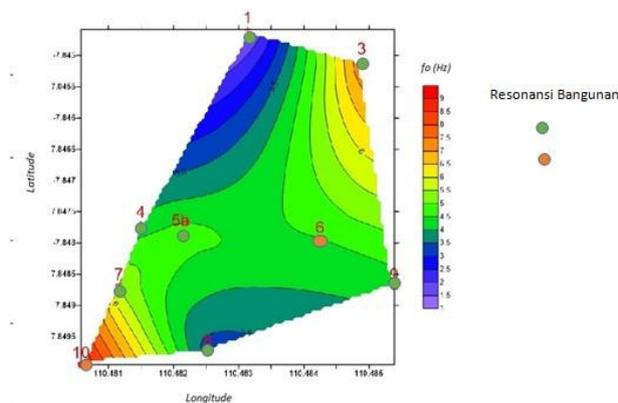
Dari grafik amplifikasi bangunan terlihat nilai amplifikasi bangunan terendah untuk komponen EW terletak pada titik 7 dan titik 8 mempunyai amplitudo yang sama dengan nilai 11,27. Untuk nilai tertinggi terlihat pada titik 4 komponen EW dengan nilai 75,4 dan untuk komponen NS tertinggi terdapat pada titik 3 dengan nilai 66,74.

Dari hasil tersebut titik yang mempunyai tingkat kerentanan resonansi sedang yaitu titik 6 dan titik 10 karena

mempunyai nilai resonansi lebih dari 25% jadi masuk dalam kerusakan yang rendah bila gempa terjadi. Pada titik 10 bangunan ini merupakan bangunan lama yang sekarang masih ada da digunakan untuk sampel pengukuran. Pada tabel ... tabel data kerusakan titik 10 mempunyai kerusakan ringan yang hanya terjadi keretakan pada dinding. Tetapi jika rumah dititik 10 terkena gempa akan memiliki tingkat kerentanan resonansi yang sedang dengan nilai resonansi hanya 22,25%.

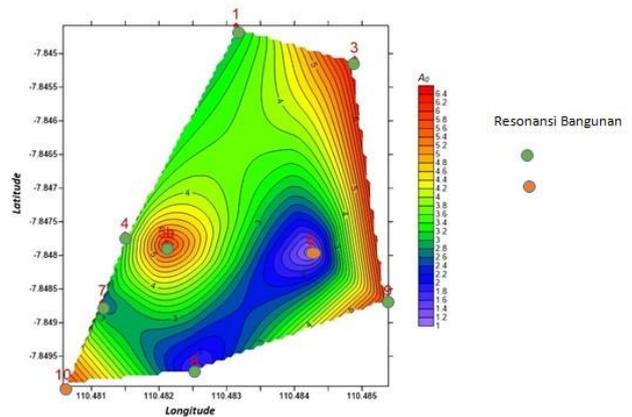
Sedangkan pada titik 6 bangunan ini bangunan lama dan terjadi rusak berat bahkan rata dengan tanah, tetapi untuk bangunan yang baru juga memiliki tingkat kerentanan resonansi yang sedang dengan nilai 16,07 %. Hal ini terjadi karena frekuensi alami tanah mempunyai nilai yang selisihnya tidak jauh berbeda dari nilai frekuensi untuk komponen EW dan NS. Nilai frekuensi tanah bernilai 4,48 Hz , nilai frekuensi komponen EW 3,56 Hz dan nilai frekuensi komponen NS 3,96 Hz. Untuk bangunan dititik 6 sebaiknya jika pembangunan rumah yang baru perlu konstruksi bangunan yang lebih bagus lagi. Hal ini ditunjukkan pada grafik frekuensi alami bangunan pada titik 6 mempunyai nilai frekuensi paling rendah untuk komponen EW maupun komponen NS.

Berdasarkan hasil analisa frekuensi tanah, amplifikasi tanah dan Resonansi bangunan yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan peta sebaran frekuensi alami tanah dan resonansi bangunan yang ditunjukkan oleh gambar 11 serta sebaran amplifikasi tanah dan resonansi bangunan yang ditunjukkan pada gambar 12



Gambar 11. Mikrozonasi frekuensi alami tanah di Dusun Pathuk

Untuk nilai resonansi ditandai dengan lingkaran bulat warna hijau untuk resonansi rendah dan ornge untuk resonansi sedang. Terlihat bahwa nilai resonansi sedang terdapat pada titik 6 dan titik 10. Titik 6 dengan amplifikasi tanah berwarna hijau bernilai 0,9725 dan titik 10 dengan amplifikasi tanah berwarna merah bernilai 5,918 . Kedua titik ini nilai frekuensi alaminya sangat berbeda tetapi mempunyai nilai kategori resonansi yang sama yaitu dalam kategori sedang.



Gambar 12. Mikrozonasi amplifikasi tanah di Dusun Pathuk

Sementara pada gambar 12 terlihat bahwa nilai resonansi sedang terdapat pada titik 6 dan titik 10. Titik 6 dengan amplifikasi tanah berwarna hijau bernilai 0,9725 dan titik 10 dengan amplifikasi tanah berwarna merah bernilai 5,918 . Kedua titik ini nilai frekuensi alaminya sangat berbeda tetapi mempunyai nilai kategori resonansi yang sama yaitu dalam kategori sedang.

Dari gambar mikrozonasi (gambar 12) titik yang dianggap paling rentan adalah titik 10 hal ini disebabkan titik 10 berada pada amplifikasi tanah yang bernilai relatif tinggi jika dibandingkan dengan titik yang lain disekitarnya. Sementara pada titik 6 yang juga memiliki nilai amplifikasi tanah yang relatif rendah sehingga kerentanannya lebih rendah dibandingkan titik 10.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan pembahasan hasil analisis data dan pembahasan di atas, maka dalam penelitian ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Dari hasil analisis HVSZ akan didapatkan nilai frekuensi alami tanah (f_0) dengan kisaran 1,28 Hz – 9,08 Hz dan faktor amplifikasi (A_0) dengan kisaran 0,9725 – 6,509.
2. Hasil rata-rata resonansi untuk komponen EW dan NS di Dusun Patuk berkisar antara 22,25 % - 590,63 %. Sesuai yang direkomendasikan oleh Gosar (2007), tingkat kerentanan resonansi bangunan terhadap gempa bisa diklasifikasikan menjadi tiga kriteria, yakni: rendah ($> \pm 25\%$), sedang (15 - 25%) dan tinggi ($< \pm 15\%$). Dari hasil perhitungan resonansi titik 6 dan titik 10 mempunyai tingkat kerentanan resonansi yang sedang.
3. Dari hasil analisis yang diperoleh dengan menggunakan mikrozonasi, titik yang dianggap paling rentan adalah titik 10. Hal ini dikarenakan titik 10 berada pada amplifikasi tanah yang bernilai relatif tinggi. Jika dibandingkan dengan titik yang lain disekitarnya. Sementara pada titik 6 yang juga memiliki tingkat resonansi

sedang seperti halnya titik 10, memiliki nilai amplifikasi tanah yang relatif rendah. Sehingga kerentanannya lebih rendah dibandingkan titik 10.

Saran

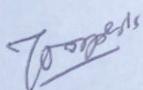
Setelah terselesaikannya penelitian ini, terdapat saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya. Untuk penelitian selanjutnya disarankan melanjutkan penelitian resonansi bangunan di Dusun Ngandong yang terletak sebelah utara Dusun Patuk dan Desa Salam yang terletak sebelah selatan Dusun Patuk dengan pengambilan titik pengukuran menggunakan metode *grid*. Dusun Ngandong dan Desa Salam juga memiliki tingkat kerusakan yang parah akibat gempa bumi Yogyakarta 27 Mei 2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi. (2006). *Laporan Perkembangan Penanganan Bencana Gempa Bumi Di Jogjakarta Dan Jawa Tengah*. Jakarta: BAKORNAS PBP.
- BMKG, 2014. *Gempabumi*. Diakses dari [http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Gempabumi - Tsunami/Gempabumi.bmkg](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Gempabumi-Tsunami/Gempabumi.bmkg) pada tanggal 20 November 2015.
- Bock, Y., L. Prawirodirdjo, J.F. Genrich, C.W. Stevens, R. McCaffrey, C.

- Subarya, S.S.O. Puntodewo, dan E. Calais. 2003. Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements. *Journal of Geophysical Research* 108 No. B8 2367
- ESDM. (2009). *Gempa di Indonesia Akibat Interaksi Lempeng Utama Dunia*. Diakses dari <http://www.esdm.go.id/berita/geologi/42-geologi/2849-gempa-di-indonesia-akibat-interaksi-lempeng-utama-dunia-.html>, pada tanggal 27 Januari 2015.
- Gosar, A. 2010. Site effects and Soil-Structure Resonance Study in The Kobarid Basin (NW Slovenia) Using Microtremor. *Geofizika*, vol.28 2011
- Gosar, A. 2007. Microtremor HVSR Study for Assessing Site Effects in the Bovec Basin (NW Slovenia) Related to 1998 Mw 5.6 and 2004 Mw 5.2 Earthquake. *ELSEIVER Engineering Gology* 91 (2007) 178-193
- Kayal, J.R. (2008). *Chapter 2 Earthquakes and Seismic Waves of Microearthquake Seismology And Seismotectonics Of South Asia*. New Mexico: Springer.
- Nakamura, Y. 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface*. Japan: Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Vol. 30, No.1.
- Nakamura, Y. 1997. *Seismic Vulnerability Indices for Ground and Structures Using Microtremor*. Florence: World Congress on Railway Research.
- Nakamura, Y. (2000). *Clear Indentification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application*. Japan: Tokyo University.
- Puslitbang Permukiman. (2013). *Panduan Praktis Pemeriksaan Kerusakan Bangunan Akibat Gempabumi*. Bandung: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Warnana, D., Desa. Triwulan. Sungkono. W, Utama. 2011. *Assessment to the Soil Structure Resonance Using Microtremor Analysis on Pare-East Java, Indonesia*. ATE ISSN: 2221-4267 Vol.01 Issue 04.

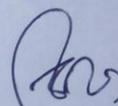
Reviewer,
Penguji Utama



Dr. Yosaphat Sumardi
NIP. 195105161976031001

Yogyakarta, 24 Agustus 2018

Menyetujui
Pembimbing



Nugroho Budi Wibowo, M.Si
NIP. 198004292005011003

