
Analisis Mikrotremor untuk Evaluasi Kerentanan Gempa Bumi pada Gedung Perkuliahan ITS NU Pekalongan

Abdul Hakim Prima Yuniarto ^{1*}, Heri Kiswanto ¹

¹ Program Studi Fisika, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan,
Jl.Karangdowo No.9 Kedungwuni, Kabupaten Pekalongan 51173, Indonesia

* Corresponding author. E-mail: a.hakim.py@gmail.com (Abdul Hakim PY.)

ABSTRAK

Gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan merupakan bangunan bertingkat dengan 3 lantai dan masih relatif baru, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang ketahanan dan kekuatan dari struktur bangunan. Analisis mikrotremor telah dilakukan di gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan untuk mengetahui frekuensi natural pada bangunan dan tingkat resonansi bangunan terhadap gempa bumi. Penelitian dilakukan menggunakan metode floor spectral ratio (FSR) untuk memperoleh frekuensi natural dan tingkat resonansi gedung. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh rata-rata nilai frekuensi natural pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan sebesar 2,53 Hz untuk komponen timur-barat, sedangkan untuk komponen utara-selatan sebesar 2,60 Hz. Nilai rata-rata frekuensi natural pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan lebih besar daripada nilai frekuensi natural pada tanah (*open ground*) sebesar 2,17 Hz, sehingga gedung dalam kondisi yang baik. Indeks resonansi pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan memiliki nilai rata-rata sebesar 16,62% untuk komponen timur-barat, sedangkan untuk komponen utara-selatan rata-ratanya sebesar 20%, sehingga tingkat resonansinya dapat dikategorikan sedang.

Kata Kunci : Gempa Bumi; metode FSR; Mikrotremor; Sesar Baribis-Kendeng

ABSTRACT

The ITS NU Pekalongan lecture building is a multi-storey building with 3 floors and is still relatively new, so it is necessary to do research on the endurance and strength of the building structure. Microtremor analysis has been carried out in the ITS NU Pekalongan lecture building to determine the natural frequency of the building and the resonance level of the building against earthquakes. The study was conducted using the floor spectral ratio (FSR) method to obtain the natural frequency and resonance level of the building. Based on the measurement results, the average natural frequency value in the ITS NU Pekalongan lecture building is 2.53 Hz for the east-west component, while for the north-south component it is 2.60 Hz. The average value of the natural frequency in the ITS NU Pekalongan lecture building is higher than the value of the natural frequency on the ground (open ground) of 2.17 Hz, so the building is in good condition. The resonance index in the ITS NU Pekalongan lecture building has an average value of 16.62% for the east-west component, while for the north-south component the average is 20%, so the resonance level can be categorized as moderate.

Keywords: Baribis-Kendeng Fault; Earthquake; FSR Method; Microtremor

1. Pendahuluan

Studi yang dilakukan oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN) menyatakan bahwa provinsi Jawa Tengah berada di jalur sesar gempa. Hasil studi tersebut mendeteksi keberadaan 34 sesar lokal di Pulau Jawa. Wilayah Jawa Tengah didominasi oleh sesar Baribis-Kendeng [1].

Sesar Baribis-Kendeng merupakan sesar aktif yang memanjang dari barat hingga timur di bagian utara pulau Jawa [2]. Sesar ini merupakan sesar aktif

yang menyebabkan beberapa kerusakan seperti gempa Kuningan 1842, gempa Karawang 1862, gempa Majalengka 1912, dan gempa Madiun 2016 [3].

Terdapat beberapa sesar di wilayah pantura bagian barat berupa patahan lempeng di daerah Cirebon, Brebes, Pemalang dan Pekalongan. Sesar-sesar tersebut aktif bergerak hingga saat ini dengan kecepatan yaitu sesar Baribis-Kendeng Brebes (4,5 mm/tahun), sesar Baribis-Kendeng Pemalang (4,5 mm/tahun) dan sesar Baribis-Kendeng

Cirebon (0,5 mm/tahun) [4]. Sesar tersebut lokasinya relatif dekat dengan wilayah Kabupaten Pekalongan, hal ini menyebabkan Kabupaten Pekalongan menjadi wilayah yang rawan terkena aktivitas gempa bumi. Seperti gempa pada tanggal 18 April 2018 dengan kekuatan 4,2 SR yang berlokasi 19 Km tenggara Kabupaten Pekalongan [5] dan gempa pada tanggal 19 Maret 2020 dengan kekuatan 4,8 SR yang berlokasi 22 Km baratdaya Kabupaten Pekalongan [6].

Gempa bumi adalah bencana alam yang dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan, karena menurunkan kekokohan dan kekuatan dari bangunan. Pada proses perancangan bangunan bertingkat harus memperhitungkan faktor gempa bumi karena gempa bumi menimbulkan guncangan yang dapat menghancurkan struktur bangunan [7].

Gedung perkuliahan Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama (ITS NU) Pekalongan adalah gedung bertingkat yang mempunyai 3 lantai. Gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan berada di wilayah Kecamatan Kedungwuni, Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah. Gedung perkuliahan tersebut masih relatif baru, sehingga belum dilakukan

penelitian tentang ketahanan dan kekuatan dari struktur bangunan.

Ketahanan dan kekuatan struktur bangunan dapat diukur menggunakan metode pengukuran mikrotremor. Metode pengukuran mikrotremor mempunyai keunggulan dibandingkan dengan metode lain, yaitu cepat, akurat, efektif dan reliabel serta hasil pengukuran yang stabil dalam memperoleh data berupa fungsi transfer seperti frekuensi, amplifikasi dan indeks resonansi [7]. Indeks resonansi bangunan (R) pada komponen Timur-Barat dan komponen Utara-Selatan diperoleh dengan persamaan berikut:

$$R = \left| \frac{f_b - f_t}{f_t} \right| \times 100\% \quad (1)$$

dengan f_b adalah frekuensi natural pada bangunan, f_t adalah frekuensi pada tanah.

Gosar, dkk [8] mengklasifikasikan nilai indeks resonansi menjadi 3 yaitu:

- (1) Resonansi bangunan rendah
($R > 25\%$).
- (2) Resonansi bangunan sedang
($15\% < R < 25\%$).
- (3) Resonansi bangunan tinggi
($R < 15\%$).

Metode FSR memanfaatkan gelombang mikroseismik alami dari suatu

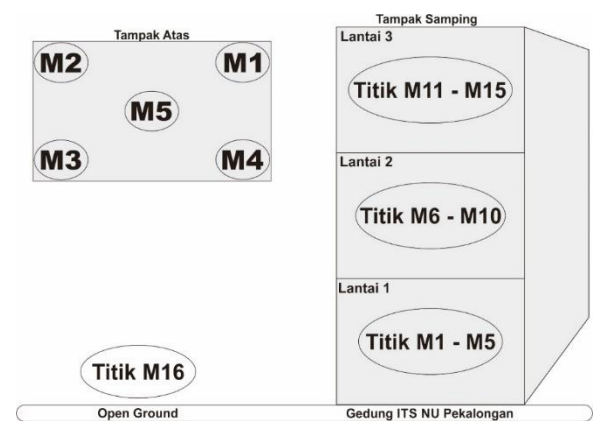
bangunan untuk mendapatkan frekuensi natural dari bangunan tersebut [9].

Evaluasi kerentanan gempa bumi pada suatu bangunan dengan menggunakan metode FSR telah banyak dilakukan, contohnya penelitian mikrotremor pada gedung perpustakaan ITS dengan metode FSR yang dilakukan oleh Vivi Wulandari Ayi, dkk [7], penelitian mikrotremor di ruangan prodi pendidikan fisika UST dengan metode FSR yang telah berhasil dilakukan oleh Urip Nurwijayanto Prabowo, dkk [10]. Selain itu juga telah berhasil dilakukan pengukuran mikrotremor dengan perpaduan metode HVSR dan FSR di dusun Patuk kabupaten Gunungkidul oleh Pipit Daristasari, dkk [11] dan penelitian mikrotremor dengan menggunakan metode HVSR dan FSR di desa ulee lheue dan desa alue deah teungoh yang telah berhasil dilakukan oleh Teuku Nanta Setia, dkk [12].

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka diperlukan penelitian untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat kerentanan bangunan gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan. Sehingga diperoleh frekuensi natural dan indeks resonansi bangunan gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan.

2. Bahan dan Metode

Prosedur penelitian terdapat 3 tahap yaitu akuisisi data di lapangan, pengolahan data menggunakan software dan interpretasi hasil penelitian. Penelitian ini menggunakan peralatan set seismometer Sara Velbox SL06 dengan spesifikasi 3 komponen yaitu komponen vertical, komponen timur-barat dan komponen utara-selatan. Pengambilan data pada penelitian ini sekitar 20-30 menit pada setiap titik. Titik pengukuran sebanyak 5 titik pada setiap lantai dan 1 titik di luar gedung. Gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan terdiri atas 3 lantai, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



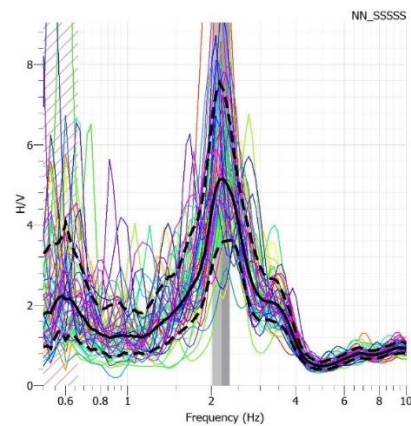
Gambar 1. Desain survei penelitian

Data yang diperoleh pada akuisisi data kemudian diolah untuk mendapatkan nilai frekuensi natural dan amplitude maksimumnya dengan menggunakan software Geopsy melalui proses analisis floor spectral ratio (FSR). Pada

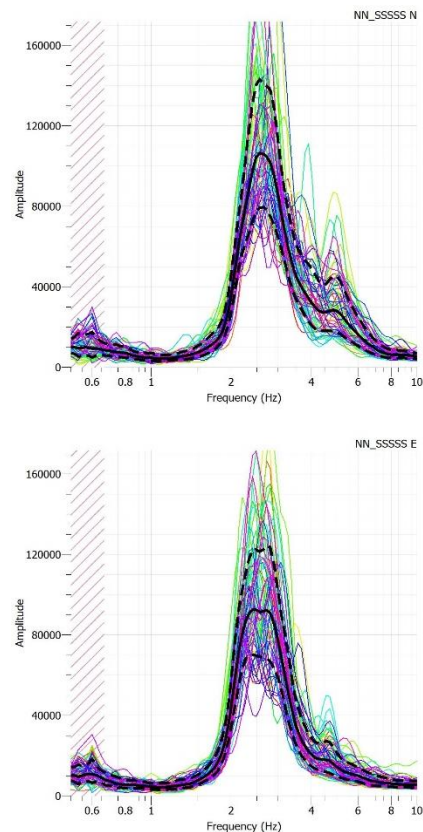
pengolahan data dilakukan proses windowing secara manual. Pemilihan sinyal dilakukan untuk menyeleksi sinyal yang baik dan stabil dengan noise yang rendah dalam window waktu tertentu. Sinyal yang sudah melalui proses windowing maka akan di analisis menggunakan metode FSR pada komponen timur-barat dan utara-selatan, maka akan diperoleh nilai frekuensi natural (f_0), amplifikasi (A_0) dan indeks resoanansi bangunan (R).

3. Hasil dan Pembahasan

Frekuensi natural jika dapat mendeskripsikan kondisi lapisan dibawah permukaan dan kecepatan gelombang yang melalui medium tersebut [9]. Jika pada suatu daerah memiliki nilai frekuensi natural yang tinggi, makatingkat kerawanannya termasuk rendah. Jika pada bangunan, umunya nilai frekuensi naturalnya di atas 1 Hz [7]. Hasil spectrum frekuensi natural pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut:



Gambar 2. Spektrum frekuensi pada tempat parkir belakang (open ground).



Gambar 3. Spektrum frekuensi komponen Utara-Selatan dan Timur-Barat pada ruang LPPM.

Hasil pengolahan data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil pengolahan data komponen timur-barat

Lantai	Ruangan	Komponen Timur-Barat		
		fo (Hz)	Ao	R (%)
Lantai 3	Lobby Tengah	2.69	79854.5	23.96
Lantai 3	R.3.6	2.47	71978.3	13.82
Lantai 3	Perpustakaan	2.49	74263.3	14.75
Lantai 3	R.3.1	2.43	65860.4	11.98
Lantai 3	R.3.2	2.53	73781.3	16.59
Lantai 2	Lobby Tengah	2.5	93360.4	15.21
Lantai 2	Lab Fisika	2.57	99851.9	18.43
Lantai 2	R.2.4	2.6	88342.6	19.82
Lantai 2	R.2.2	2.64	101837	21.66
Lantai 2	R.2.6	2.48	100821	14.29
Lantai 1	R.1.11	2.47	74677.3	13.82
Lantai 1	Lobby Tengah	2.5	73484.1	15.21
Lantai 1	LPPM	2.56	91586.9	17.97
Lantai 1	Lab Industri	2.54	93143.8	17.05
Lantai 1	Fakultas	2.49	79952	14.75
Ground	Parkir Belakang	2.17	5.14	

Tabel 2. Hasil pengolahan data komponen utara-selatan.

Lantai	Ruangan	Komponen Utara-Selatan		
		fo (Hz)	Ao	R (%)
Lantai 3	Lobby Tengah	2.62	82308.6	20.74
Lantai 3	R.3.6	2.69	74715.1	23.96
Lantai 3	Perpustakaan	2.63	101329	21.20
Lantai 3	R.3.1	2.56	79970	17.97
Lantai 3	R.3.2	2.54	82759.2	17.05
Lantai 2	Lobby Tengah	2.56	109501	17.97
Lantai 2	Lab Fisika	2.62	106693	20.74
Lantai 2	R.2.4	2.65	87151.1	22.12
Lantai 2	R.2.2	2.62	112595	20.74
Lantai 2	R.2.6	2.57	122979	18.43
Lantai 1	R.1.11	2.53	93368.7	16.59
Lantai 1	Lobby Tengah	2.63	92284.4	21.20
Lantai 1	LPPM	2.66	105609	22.58
Lantai 1	Lab Industri	2.59	123427	19.35
Lantai 1	Fakultas	2.59	104258	19.35
Ground	Parkir Belakang	2.17	5.14	

Frekuensi Natural

Hasil pengukuran frekuensi natural tanah diukur pada luar gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan bernilai sebesar 2,17 Hz. Hasil pengukuran frekuensi natural pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan untuk komponen timur-barat di lantai 1 bernilai sebesar 2,47-2,56 Hz, di lantai 2 bernilai sebesar 2,48-2,64 Hz dan di lantai 3 bernilai sebesar 2,43-2,69 Hz. Rata-rata untuk semua ruangan pada komponen timur-barat bernilai sebesar 2,53 Hz. Hasil pengukuran frekuensi natural untuk komponen utara-selatan di lantai 1 bernilai sebesar 2,53-2,66 Hz, di lantai 2 bernilai sebesar 2,56-2,65 Hz dan di lantai 3 bernilai sebesar 2,54-2,69 Hz. Rata-rata untuk semua ruangan pada komponen utara-selatan bernilai sebesar 2,60 Hz. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai frekuensi natural pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan lebih besar daripada nilai frekuensi natural pada tanah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa gedung perkuliahan pada kondisi yang baik, karena frekuensi natural bangunan yang lebih kecil daripada frekuensi natural tanahnya dapat mengakibatkan kegagalan struktur bangunan yang disebabkan oleh ketidakmampuan resonansi struktur bangunan untuk meredam frekuensi dari tanah [12]. Frekuensi natural rata-rata dari

semua lantai dianggap sudah termasuk dalam kategori baik. Berdasarkan hasil pengukuran frekuensi natural dari bangunan secara keseluruhan [9].

Indeks Resonansi

Hasil pengukuran indeks resonansi pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan untuk komponen timur-barat di lantai 1 bernilai sebesar 13,82-17,97 % , di lantai 2 bernilai sebesar 14,29-21,66 % dan di lantai 3 bernilai sebesar 11,98-23,96 % . Rata-rata untuk semua ruangan pada komponen timur-barat bernilai sebesar 16,62%. Hasil pengukuran indeks resonansi pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan untuk komponen utara-selatan di lantai 1 bernilai sebesar 16,59-22,58 % , di lantai 2 bernilai sebesar 17,97-22,12 % dan di lantai 3 bernilai sebesar 17,05-23,96 % . Rata-rata untuk semua ruangan pada komponen utara-selatan bernilai sebesar 20%. Berdasarkan hasil tersebut maka nilai indeks resonansi gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan termasuk dalam klasifikasi sedang karena mempunyai nilai $15% < R < 25%$ menurut klasifikasi Gosar [8]. Nilai indeks resonansi memberikan gambaran kemungkinan suatu bangunan mengalami resonansi saat terjadi gempa bumi. Jika nilai indeks resonansi suatu bangunan bernilai semakin kecil, maka frekuensi natural bangunan semakin mendekati

dengan frekuensi natural tanah [10]. Berdasarkan hasil yang diperoleh, ruang kuliah R.3.1 pada lantai 3 merupakan ruangan yang mempunyai resiko kerusakan lebih besar jika terjadi gempa bumi dibandingkan dengan ruangan yang lain, karena ruang R.3.1 mempunyai nilai indeks resonansi yang terkecil.

4. Simpulan

Frekuensi natural pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan memiliki nilai rata-rata sebesar 2,53 Hz untuk komponen timur-barat, sedangkan untuk komponen utara-selatan rata-ratanya sebesar 2,60 Hz. Nilai rata-rata frekuensi natural pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan lebih besar daripada nilai frekuensi natural pada tanah (open ground) sebesar 2,17 Hz, sehingga gedung dalam kondisi yang baik.

Indeks resonansi pada gedung perkuliahan ITS NU Pekalongan memiliki nilai rata-rata sebesar 16,62% untuk komponen timur-barat, sedangkan untuk komponen utara-selatan rata-ratanya sebesar 20%, sehingga tingkat resonansinya dapat dikategorikan sedang.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih pada DRPM karena telah membiayai seluruh penelitian. Penulis juga

menyampaikan terima kasih kepada ITS NU Pekalongan yang telah memberikan izin selama pengambilan data di dalam Gedung Perkuliahan ITS NU Pekalongan.

5. Referensi

- [1] S. Prayoadhie, "Waspada, Jateng Berada di Jalur Patahan Gempa," *Radar Pekalongan*, 2018. [Online]. Available: <https://radarpekalongan.co.id/48410/waspada-jateng-berada-di-jalur-patahan-gempa/>.
- [2] A. Soehaimi, "Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa," *J. Geol. Indones.*, vol. 3, no. 4, pp. 227–240, 2008.
- [3] E. P. Sari and H. Subakti, "Identification of Baribis fault – West Java using second vertical derivative method of gravity," in *AIP Conference Proceedings*, 2015, vol. 1658, no. 1, p. 030016.
- [4] J. Nguyen, N., Cipta, A., Cummins, P., & Griffin, "Indonesia's Historical Earthquakes: Modelled examples for improving the national hazard map," in *Geoscience Australia*, 2015.
- [5] T.P.S.G.N. PuSGeN, *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman

- Kementerian PUPR, 2017.
- [6] W. Puspitasari, “BMKG: guncangan gempa Pekalongan terasa hingga Banjarnegara,” *Antaraneews.com*, 2018. [Online]. Available: <https://www.antaraneews.com/berita/702550/bmkg-guncangan-gempa-pekalongan-terasa-hingga-banjarnegara>.
- [7] V. Wulandari and A. S. Bahri, “Analisis Mikrotremor untuk Evaluasi Kekuatan Bangunan Studi Kasus Gedung Perpustakaan ITS,” *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 1, no. 1, pp. B55–B59, 2012.
- [8] A. Gosar, J. Rošer, B. Š. Motnikar, and P. Zupančič, “Microtremor study of site effects and soil-structure resonance in the city of Ljubljana (central Slovenia),” *Bull. Earthq. Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 571–592, 2010.
- [9] Sungkono, W. D, Triwulan, and U. W, “Evaluation of Buildings Strength from Microtremor Analyses,” *Structure*, vol. 6, no. October, p. 8, 2011.
- [10] U.N. Prabowo, W. Budhi, and A.F. Amalia, “Analisis Mikrotremor untuk Mengevaluasi Kerentanan Gempabumi Ruangan Prodi Pend Fisika UST,” *Sci. Tech J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 10–16, 2020.
- [11] P. Daristasari *et al.*, “Resonansi bangunan dengan analisis mikrotermor di dusun patuk kabupaten gunung kidul buliding resonance with microtremor analysis in patuk village gunung kidul regency,” *J. Pendidik. Fis.*, 2018.
- [12] T. N. Setia, M. Afifudin, and Y. Idris, “Identifikasi Frekuensi Natural dan Damping Ratio dengan Menggunakan Mikrotremor Gedung Evakuasi Bencana Desa Ulee Lheue dan Desa Lambung,” *J. Civ. Eng. Student*, vol. 1, no. 3, pp. 162–168, 2019.