

Investigasi Karakteristik Bawah Permukaan di Sekitar Sumber Gempa Sumedang 31 Desember 2023 Menggunakan Parameter V_s30 dan Kurva HVSR Guna Pemetaan Daerah Rawan Potensi Gempa

Izal Syafarudin¹, M. Khairilazhar Raiha¹, Fina Zahara¹, Siti Hakikiah Nur Azmi¹, Collin Sheima Budin¹ dan Zulfakriza¹

¹Teknik Geofisika FTMM Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha No. 10 Bandung 40132, Indonesia

*Email: izalsyafarudin@gmail.com

Submit: 18 Agustus 2024; Revised: 11 September 2024; Accepted: 9 Desember 2024

Abstrak: Sumedang merupakan sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Barat, Indonesia, terletak di zona subduksi antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia, sehingga rentan terhadap gempa bumi. Pada 31 Desember 2023, gempa berkekuatan M4,8 mengguncang Sumedang dengan episenter 2 km timur laut dari pusat Kota Sumedang dan kedalaman 5 km. Penelitian pasca-gempa oleh BMKG menemukan adanya Sesar Sumedang yang sebelumnya belum terpetakan, sehingga diperlukan prediksi bahaya seismik sebagai upaya mitigasi bencana. Penelitian ini menggunakan metode *Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio* (HVSR) untuk mengkarakterisasi struktur bawah permukaan di zona gempa Sumedang 2023. Data mikrotremor diperoleh dari pencatatan di 60 stasiun yang dioperasikan pada 2-5 Juli 2024. HVSR adalah metode yang digunakan untuk memperoleh informasi bawah permukaan dari pengukuran stasiun tunggal dengan membandingkan spektrum Fourier dari komponen horizontal dengan komponen vertikalnya. Rasio ini menghasilkan kurva H/V yang merupakan fungsi dari frekuensi. Nilai frekuensi dominan pada kurva HVSR mewakili frekuensi alami daerah tersebut. Indeks Kerentanan Seismik (K_g), yang digunakan untuk menentukan zona lemah tanah, dapat dihitung dari kurva H/V. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, karakteristik daerah di sekitar Zona Sumber Gempa Sumedang 2023 menunjukkan frekuensi dominan yang bervariasi, dengan frekuensi rendah di Barat Laut. Faktor amplifikasi cenderung rendah hingga sedang, namun ada titik tinggi di Barat Laut dan Tenggara. Kerentanan seismik umumnya tinggi hingga sangat tinggi, kecuali anomali rendah di bagian tengah dan timur laut. Berdasarkan nilai V_s30 , batuan dasar didominasi oleh lempung lunak, dengan ketebalan sedimen lebih besar di Barat (40-80 m). Kondisi ini menunjukkan risiko seismik yang tinggi di sekitar zona gempa.

Kata kunci: Mikrozonasi, Gempa Sumedang, Mikrotremor, HVSR.

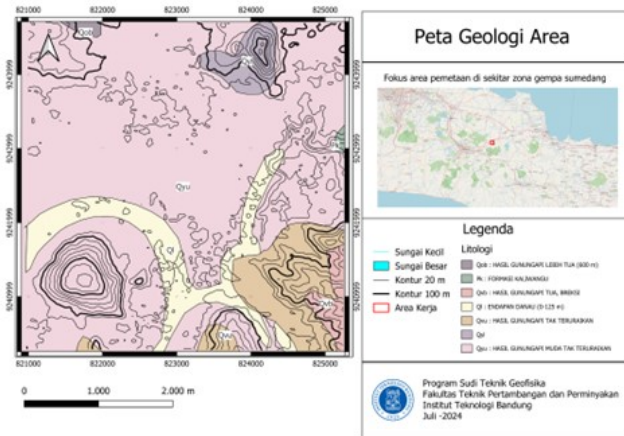
Abstract: Sumedang, a regency in West Java Province, Indonesia, is located in the subduction zone between the Indo-Australian Plate and the Eurasian Plate, making it prone to earthquakes. On December 31, 2023 a magnitude 4.8 earthquake struck Sumedang with its epicenter 2 km northeast of Sumedang City and a depth of 5 km. Post-

earthquake research by BMKG discovered the previously unmapped Sumedang Fault, highlighting the need for seismic hazard prediction as a disaster mitigation effort. This study uses the Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSR) method to characterize the subsurface structure in the 2023 Sumedang earthquake zone. Microtremor data were obtained from recordings at 60 stations operated in 2-5 July 2024. HVSR is a method used to obtain subsurface information from single-station measurements by comparing the Fourier spectrum of the horizontal components with the vertical component. This ratio produces an H/V curve as a function of frequency. The dominant frequency value on the HVSR curve represents the natural frequency of the area. The Seismic Vulnerability Index (K_g), used to determine soil weak zones, can be calculated from the H/V curve. Based on the results of the study, characteristics of the area around the 2023 Sumedang Earthquake Source Zone indicate varying dominant frequencies, with lower frequencies in the Northwest. Amplification factors tend to be low to moderate, with high points in the Northwest and Southeast. Seismic vulnerability is generally high to very high, except for low anomalies in the central and northeastern parts. Based on V_s30 values, the bedrock is predominantly composed of soft clay, with thicker sediments in the West (40-80 m). These conditions indicate a high seismic risk around the earthquake zone..

Keywords: *Microzonation, Sumedang's Earthquake, Microtremor, HVSR*

1 PENDAHULUAN

Sumedang adalah kabupaten di tengah Provinsi Jawa Barat, Indonesia, yang berbatasan dengan Indramayu dan Subang di utara, Majalengka di timur, Garut di selatan, serta Bandung dan Bandung Barat di barat. Secara tektonik, Sumedang dipengaruhi oleh zona subduksi antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia, menjadikannya rawan gempa dari sesar aktif, seperti Sesar Baribis dan Sesar Lembang (Haryanto, 2006). Pada 31 Desember 2023, pukul 20.34 WIB, Sumedang diguncang gempa bumi berkekuatan M4,8 dengan episenter 2 km Timur Laut dari pusat Kota Sumedang dan kedalaman 5 km. Sebelumnya, terjadi dua



Gambar 1. Peta Geologi Area di Zona Gempa Sumedang 2023 (modifikasi dari Silitonga (2003)).

gempa pendahuluan pada pukul 14.35 WIB M4,1 dan 15.38 WIB M3,4 (BMKG, 2024). Skala MMI gempa utama bervariasi dari III-IV di Sumedang Utara dan Selatan hingga II di BaSumeda Gempa ini mengakibatkan 138 rumah rusak dan 10 orang luka-luka di Sumedang dan Bandung. Sebelumnya, Sumedang telah mengalami dua gempa merusak pada 1955 dan 1972 (BMKG, 2024). Penelitian BMKG pasca-gempa menemukan Sesar Sumedang yang semula belum terpetakan, memanjang hingga 2,5 kilometer di bawah Kabupaten Sumedang. Oleh karena itu, pemetaan karakteristik tanah parameter seismiknya perlu dilakukan sebagai bentuk mitigasi bencana untuk mengurangi kerugian yang akan terjadi di masa depan.

2 STUDI GEOLOGI AREA PENELITIAN

Sumedang merupakan wilayah di Jawa Barat yang mempunyai keberagaman formasi geologis yang kompleks. Wilayah ini terletak di zona vulkanik aktif dengan keberadaan gunung berapi, seperti Gunung Tampomas, yang memberikan kontribusi signifikan terhadap morfologi dan stratigrafi daerah tersebut. Formasi batuan di Sumedang mencakup batuan vulkanik, sedimen, serta endapan aluvial yang terbentuk dari aktivitas gunung berapi dan proses erosi (Silitonga, 2003). Tanah di daerah ini subur, berkat material vulkanik yang kaya akan mineral, sehingga mendukung aktivitas pertanian. Selain itu, wilayah ini juga rentan terhadap bencana geologis seperti longsor dan gempa bumi, mengingat aktivitas tektonik dan vulkanik yang tinggi.

3 DATA DAN METODE

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data rekaman mikrotremor di 60 titik yang tersebar di Zona Gempa Sumedang 2023. Pengambilan data dilakukan secara luring di lapangan dengan survei akuisisi model grid pada interval 600 meter dari tiap titik, dengan pelaksanaan akuisisi pada 2-5 Juli 2024. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan seismometer *broadband* 3-komponen, dan data yang diambil

diproses menggunakan perangkat lunak Geopsy untuk mendapatkan kurva HVSR. Pemetaan hasil pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak QGIS. Proses penelitian ini juga melibatkan koordinasi tugas dengan tim, bimbingan dengan dosen pembimbing, serta evaluasi titik akuisisi terkait resiko di lokasi.

3.2 Metode

Metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) merupakan metode yang digunakan dalam melakukan pengukuran seismik pasif yang melibatkan data gelombang mikrotremor untuk mengetahui sifat lapisan di bawah permukaan (Nakamura, 1989). Bumi secara natural menghasilkan beberapa gelombang seismik yang kemudian menjalar baik di dalam maupun di permukaan bumi. Gelombang ini dapat dihasilkan oleh aktivitas manusia, gelombang laut, gelombang angin, gerakan tumbuhan, sungai, dan lain-lain. Dalam pengolahan data HVSR, gelombang yang bersifat *ambient noise* menjadi sumber gelombang yang diolah untuk diubah ke dalam domain frekuensi. Setelah transformasi dilakukan, spektrum gelombang dalam komponen horizontal dibandingkan terhadap komponen vertikal. Hasil perbandingan ini akan menghasilkan frekuensi dominan yang muncul sehingga dapat diketahui frekuensi lapisan tanah di bawahnya serta besar faktor amplifikasi yang terjadi. Metode HVSR ini banyak digunakan untuk memetakan batas lapisan sedimen terhadap batuan keras di bawahnya sehingga sangat cocok digunakan dalam bidang kegeoteknikan.

$$H/V = \frac{A_H}{A_V} \tag{1}$$

Indeks Kerentanan Seismik (K_g) diperkenalkan oleh Nakamura pada tahun 1996 untuk memperkirakan kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi dengan mempertimbangkan lapisan tanah dan struktur. K_g , berfungsi sebagai indikator kerentanan suatu area, berguna untuk mengidentifikasi zona lemah tanah yang dihitung berdasarkan nilai faktor amplifikasi (A_0) dan frekuensi dominan (f_0).

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \tag{2}$$

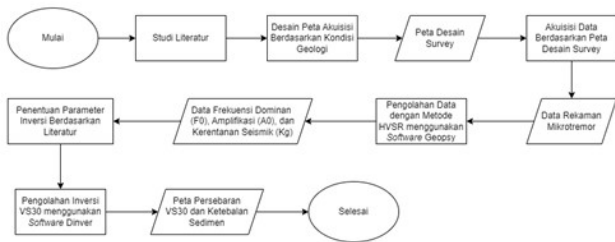
Parameter lain yang juga berkaitan dengan kurva HVSR yaitu kecepatan gelombang geser (V_s). Nilai ini dapat ditentukan melalui inversi kurva HVSR Nilai V_s pada kedalaman 30 m (V_s30) yang akan berguna dalam menentukan ketebalan lapisan sedimen (H) melalui hubungannya dengan nilai f_0 dan V_s30 (Nakamura, 2000).

$$H = \frac{V_s30}{4f_0} \tag{3}$$

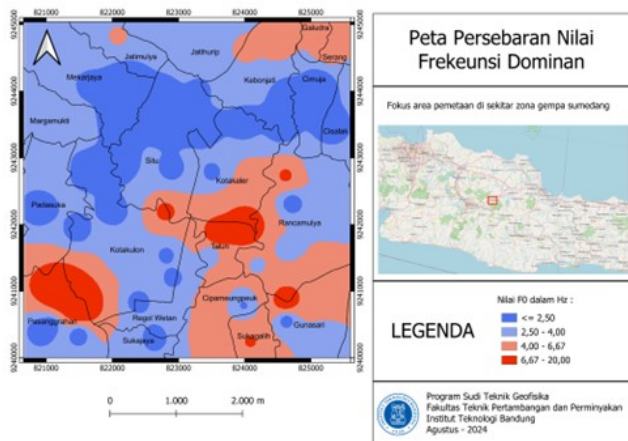
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan adalah parameter yang dapat dikaitkan dengan ketebalan lapisan sedimen di suatu area. Nilai frekuensi dominan di setiap titik pengukuran diinterpolasi dan dipetakan. Dalam hal ini, nilai frekuensi dominan diklasifikasikan menggunakan Klasifikasi Kanai (1957). Nilai



Gambar 2. Skema prosedur penelitian HVSR dan inversi V_s30 .

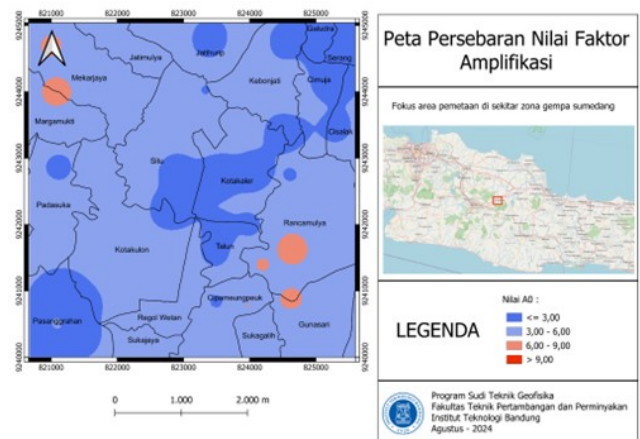


Gambar 3. Peta persebaran nilai frekuensi dominan di area penelitian.

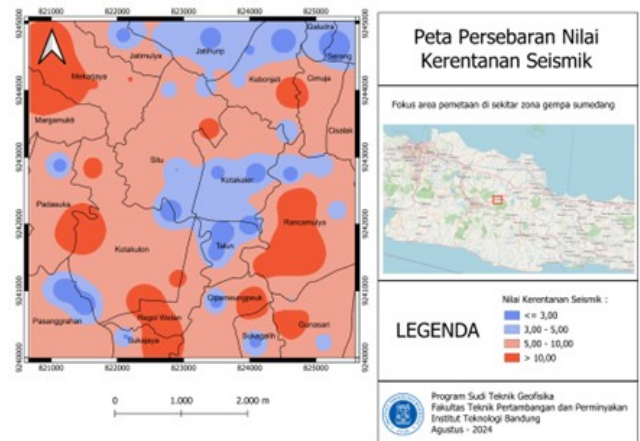
frekuensi dominan yang lebih tinggi umumnya mengindikasikan lapisan sedimen yang lebih tipis. Pada Gambar 3, persebaran nilai frekuensi dominan menunjukkan tren yang tinggi di bagian Selatan area penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa area tersebut memiliki lapisan sedimen yang lebih tipis dibandingkan dengan wilayah sekitarnya, tetapi beberapa area di Selatan juga memiliki nilai frekuensi dominan yang rendah akibat persebaran lapisan sedimen yang merata berdasarkan kondisi geologinya. Namun, untuk mendapatkan data yang lebih akurat mengenai ketebalan sedimen, validasi lebih lanjut perlu dilakukan melalui inversi untuk mendapatkan nilai kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter (V_s30).

4.2 Faktor Amplifikasi

Faktor amplifikasi menggambarkan seberapa besar penguatan gelombang gempa yang dapat terjadi di suatu area (Nakamura, 2008). Nilai faktor amplifikasi di setiap titik pengukuran diinterpolasi dan dipetakan. Kemudian, nilai ini diklasifikasikan menggunakan Klasifikasi Jiang (2022). Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa nilai faktor amplifikasi di area penelitian berkisar antara 0 hingga 9, dengan nilai yang cenderung rendah hingga sedang di sebagian besar wilayah (Gambar 4). Namun, terdapat beberapa area di Barat Laut dan Tenggara yang menunjukkan nilai amplifikasi tinggi, yang dapat mengindikasikan peningkatan risiko getaran yang lebih kuat di daerah tersebut.



Gambar 4. Peta persebaran nilai faktor amplifikasi di area penelitian



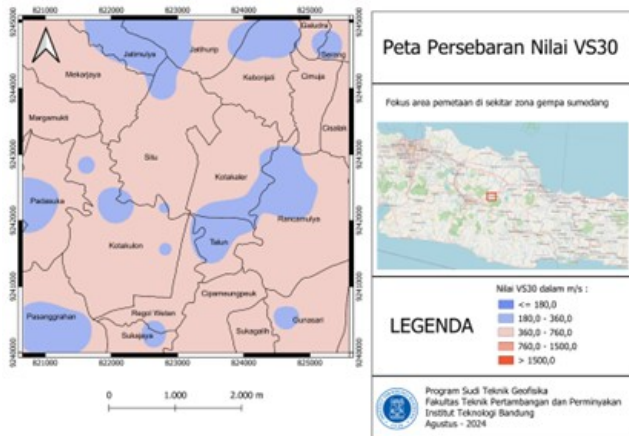
Gambar 5. Peta persebaran nilai faktor amplifikasi di area penelitian

4.3 Kerentanan Seismik

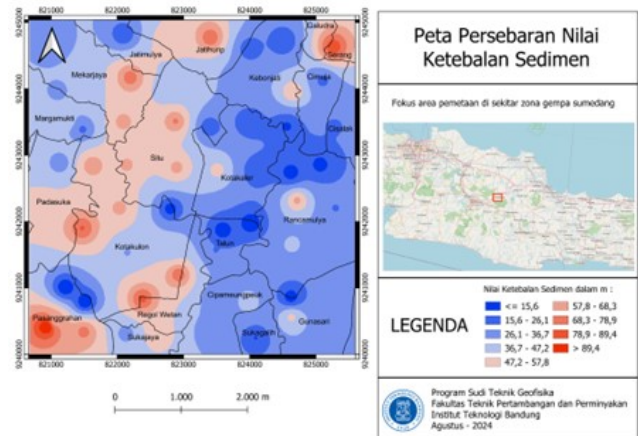
Kerentanan seismik di suatu area dipengaruhi oleh frekuensi dominan dan faktor amplifikasi (Nakamura, 2000). Nilai kerentanan seismik di setiap titik pengukuran diinterpolasi dan dipetakan. Kemudian, nilai ini diklasifikasikan menggunakan Klasifikasi Akkaya (2020). Secara keseluruhan, nilai kerentanan seismik di area penelitian didominasi nilai yang tergolong tinggi ($5 < kg < 10$) hingga sangat tinggi ($kg > 10$). Hal ini menunjukkan daerah penelitian secara dominan rentan terhadap bahaya seismik. Meskipun, secara umum, nilai faktor amplifikasi di area penelitian tergolong rendah ($A_0 < 3$) hingga sedang ($3 < A_0 < 6$), tingginya kerentanan seismik masih dapat terjadi akibat pengaruh frekuensi dominan di area penelitian yang dominan rendah hingga sedang.

4.4 Kecepatan Gelombang Geser (V_s30)

Kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter (V_s30) merupakan parameter penting dalam menilai kekuatan struktur tanah. Nilai V_s30 didapatkan dengan cara menginversi kurva eliptisitas dari HVSR yang didapatkan. Kemu-



Gambar 6. Peta persebaran nilai V_s30 di area penelitian.



Gambar 7. Peta persebaran nilai ketebalan sedimen di area penelitian.

dian, nilai yang didapat diinterpolasi dan dipetakan. Nilai ini diklasifikasikan dengan menggunakan Klasifikasi NEHRP (1994). Peta persebaran nilai V_s30 di area penelitian menunjukkan nilai yang relatif rendah ($180 \text{ m/s} < V_s30 < 360 \text{ m/s}$) dan sedang ($360 \text{ m/s} < V_s30 < 760 \text{ m/s}$). Nilai yang relatif sedang lebih mendominasi persebaran nilai V_s30 di Area Penelitian yang mengindikasikan kehadiran lapisan sedimen tanah yang padat dan batuan lunak. Adapun, area dengan nilai V_s30 yang rendah secara merata tersebar di beberapa bagian Area Penelitian yang mengindikasikan kehadiran lapisan sedimen tanah yang kaku. Nilai V_s30 yang lebih rendah dibandingkan dengan wilayah lainnya tersebut juga menunjukkan lapisan sedimen yang lebih lunak dibandingkan daerah lainnya.

4.5 Ketebalan Sedimen

Ketebalan sedimen di area penelitian merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk memahami bagaimana karakter sedimen di daerah penelitian (Nakamura, 2000). Gambar 7 menunjukkan peta persebaran nilai ketebalan sedimen, dengan skala warna yang berbeda untuk merepresentasikan variasi ketebalan sedimen dalam meter. Warna biru menunjukkan area dengan ketebalan sedimen yang relatif lebih rendah dibandingkan area berwarna merah. Secara umum, daerah di bagian barat area penelitian menunjukkan ketebalan sedimen yang lebih besar dibandingkan dengan daerah di timur.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, karakteristik daerah di sekitar Zona Sumber Gempa Sumedang 2023 memiliki sifat sebagai berikut, frekuensi dominan yang cenderung bervariasi dengan area Barat Laut yang relatif lebih rendah daripada area disekitarnya, faktor amplifikasi yang cenderung rendah dan sedang dengan beberapa titik bernilai tinggi di area Barat Laut dan Tenggara, serta kerentanan seismik yang cenderung memiliki nilai tinggi dan sangat tinggi dengan anomali rendah di area tengah dan timur laut zona penelitian. Melalui informasi ini, area di sekitar Zona

Sumber Gempa Sumedang memiliki risiko yang relatif tinggi terhadap bahaya seismisitas. Kemudian, pengolahan lebih lanjut dapat mengkarakterisasi jenis batuan dan ketebalan sedimen berdasarkan nilai V_s30 . Lapisan sedimen penyusun area di sekitar Zona Sumber Gempa Sumedang cenderung tersusun dari lapisan sedimen tanah yang padat dan batuan lunak. Ketebalan sedimen yang ada di sekitar Zona Sumber Gempa Sumedang memiliki tren ketebalan yang relatif lebih besar di area Barat dengan ketebalan berkisar 40-80 m. Secara umum, kehadiran lapisan sedimen tanah yang padat dan batuan lunak serta didukung lapisan sedimen tebal ini menunjukkan risiko tinggi terhadap gempa yang dapat terjadi di sekitar Zona Sumber Gempa Sumedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kemendikbudristek yang telah mendanai penelitian ini dan Institut Teknologi Bandung yang mendukung keberlangsungan kegiatan ini.

Pustaka

Haryanto, I. (2006): Struktur geologi paleogen dan neogen di jawa barat. *Bulletin of Scientific Contribution Geology*, **4**(1), 88–95, doi:<https://doi.org/10.24198/bsc%20geology.v4i1.8118.g3694>.

Kanai, K. (1957): The requisite conditions for the predominant vibration of ground. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 457–471.

Nakamura, Y. (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of RTRI*, **30**.

Nakamura, Y. (2000): Clear identification of fundamental idea of nakamura’s technique and its applications. *Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering*.

Nakamura, Y. (2008): On the h/v spectrum. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China*.

NEHRP (1994): 1994 nehrp recommended provisions for

seismic regulations for new buildings part 1: Provisions.
BUILDING SEISMIC SAFETY COUNCIL.

Silitonga, P.H. (2003): Peta geologi lembar bandung, jawa, skala 1:100.000. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.*