

Zonasi *Site Effect* dan Analisis Bahaya Penguatan Gempa Menggunakan Metode DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) untuk Menentukan PGA (*Peak Ground Accelaration*) di Kabupaten Sumba Barat Daya

Soulthan Salahudin Al Ayubi¹, Karyanto¹, Nandi Haerudin¹, Syamsurijal Rasimeng¹, Rahmat C. Wibowo^{1*}

¹ Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145.

Email : * rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id

INFO ARTIKEL

Article History

Received:16-04-2020

Revised:31-05-2020

Accepted:31-05-2020

Keywords:

Site effect, predominant frequency, amplification, earthquake, DSHA, PGA

How To Cite :

Ayubi, Soulthan Salahudin., Karyanto., Haerudin, Nandi., Rasimeng, Syamsurijal., Wibowo, Rahmat C. (2020). Zonasi Site Effect dan Analisis Bahaya Penguatan Gempa Menggunakan Metode DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) untuk Menentukan PGA (*Peak Ground Accelaration*) di Kabupaten Sumba Barat Daya. *Indonesian Physical Review*, 3(2), 38-53

DOI :

<https://doi.org/10.29303/ipr.v3i2.44>

ABSTRAK

Kabupaten Sumba Barat Daya terletak di daerah busur Banda. Posisinya yang sangat dekat dengan area subduksi di selatan Indonesia dan tersusun atas alluvium, koral, dan endapan tebal yang mengakibatkan Pulau Sumba menjadikannya rawan terjadi gempa bumi tektonik. Zonasi karakter tanah menggunakan site effect dan penggunaan metode DSHA dilakukan untuk mengetahui tingkat bahaya penguatan Kabupaten Sumba Barat Daya. Zonasi karakter tanah site effect menggunakan data mikrotremor yang dikorelasikan dengan analisis bahaya kegempaan dengan metode DSHA untuk mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) pada batuan dasar dan permukaan tanah menggunakan sumber gempa terdekat. Diketahui daerah tersebut didominasi tanah Kelas 2 dan 3 (f_0 bernilai 1,33 - 5 Hz) menurut Klasifikasi Kanai (1983), dengan dominasi amplifikasi sebesar 3,8-8,3 kali. Hal ini menandakan daerah penelitian ini didominasi oleh endapan sedimen yang cukup tebal. Nilai PGA diperoleh dari metode DSHA diketahui Kabupaten Sumba Barat Daya memiliki PGA soil sebesar 0,075-0,19 g dan PGA bedrock sebesar 0,067-0,085 g dengan menggunakan data rekaman gempa di Subduksi Sumba dan Subduksi Timor. Dengan estimasi PGA diketahui tingkat kerentanan bencana gempabumi yang tinggi, berada di selatan Kabupaten Sumba Barat Daya yang diduga tersusun oleh sedimen yang tebal serta berdekatan dengan Subduksi Sumba dan Subduksi Timor.

Copyright © 2020 IPR. All rights reserved.

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu kepulauan maritim yang rawan akan bencana gempabumi. Pertemuan antara tiga lempeng aktif menyebabkan Indonesia terhimpit oleh pergerakan Lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, serta lempeng Pasifik [1]. Pergerakan tektonik inilah yang menjadi faktor penyebab besarnya aktivitas gempabumi yang terjadi di negara ini, selain yang disebabkan oleh aktivitas vulkanik. Mitigasi bencana gempabumi perlu dicanangkan sebagai prioritas utama dalam upaya pengurangan resiko bencana gempabumi di berbagai wilayah [2].

Indonesia Bagian Timur sedikit berbeda dengan Wilayah Indonesia bagian barat dalam masalah kegempaan. Secara tektonik, Wilayah Indonesia Bagian Timur ini lebih rumit dibandingkan dengan Wilayah Indonesia Bagian Barat. Dengan kondisi yang lebih rumit ini, maka variasi kegempaan juga lebih beragam. Ada satu bagian yang mudah melepaskan energinya sehingga sering terjadi gempa dengan skala relatif kecil, ada bagian lain yang membentuk kondisi penguncian sehingga jarang terjadi gempa, namun hal ini berpotensi menimbulkan ancaman gempa yang tinggi [3] dan ada wilayah yang sering mengalami gempa (hampir) secara bersamaan (*swarm earthquake*) karena satu gempa mempengaruhi sistem tegasan batuan yang ada di sampingnya seperti yang sering terjadi di Papua bagian tengah atau mungkin karena adanya gangguan sistem tegasan lokal oleh tegasan regional [4].

Penggunaan *site effect* sebagai penentuan standar kerentanan tanah pada kedalaman sedimen 30 meter. Klasifikasi tanah berdasarkan Vs30 [5] merupakan salah satu data yang penting penggunaannya dalam pengurangan resiko bencana gempabumi pada struktur bangunan dan tata kota pada cakupan yang lebih luas [6]. Pengamatan titik penelitian pada permukaan bumi dari riwayat gempa dengan nilai perhitungan dipilih yang paling besar sebagai data pendukung skenario kemungkinan terburuk yang mungkin terjadi pada daerah penelitian. Percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration*) sebagai nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat yang diakibatkan oleh getaran gempabumi dalam periode dan rentang waktu tertentu adalah indikator resiko gempabumi dengan tingkat kerusakan paling tinggi [7], khususnya Kabupaten Sumba Barat Daya.

Sebagai upaya pengurangan resiko bencana gempabumi, yang dilakukan berdasarkan seluruh potensi bahaya gempabumi secara komprehensif, maka diperlukan identifikasi periode, frekuensi dan amplifikasi menggunakan analisis terhadap pengukuran mikrotremor untuk mengetahui karakteristik litologi struktur tanah serta kerentanan seismik terhadap potensi bahaya gempabumi di Daerah Pulau Sumba, Kabupaten Sumba Barat Daya, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Sehingga perlu dilakukan pemetaan periode, frekuensi, amplifikasi dan percepatan tanah menggunakan data mikrotremor.

Mengingat daerah Sumba mempunyai tatanan tektonik yang khusus, relatif berbeda dengan bagian barat dan timurnya, maka penulis melakukan kajian gempa di Sumba tersebut. Diharapkan bahwa dengan kajian yang dilakukan, akan dapat diketahui zona *site effect* di Sumba Barat Daya dengan metode HVSr dan hasil analisa bahaya kegempaan dengan mengestimasi nilai PGA di Sumba Barat Daya dengan metode DSHA.

Tinjauan Pustaka

Geologi Daerah Sumba

Batuan yang ada di Pulau Sumba berupa batuan sedimen yang tidak termetamorfosis hingga sedikit termetamorfosis berumur Mesozoikum, secara tidak selaras ditumpangi oleh endapan berumur Tersier dan Kuartar yang sedikit sekali terdeformasi. Ketebalan total mencapai lebih dari 1.000 m. Teras-teras terumbu karang yang menutupi tepi bagian yang mengarah ke laut dari Formasi Sumba berumur Neogen, hampir secara kontinu tersingkap ke permukaan di sepanjang pantai barat, pantai utara, dan pantai timur Sumba [9]. Pulau Sumba Kabupaten Sumba Barat Daya umumnya tersusun oleh endapan kuartar dan tersier yang terdiri dari batu gamping lempungan berumur Pleistosen, Miosen dan Pliosen. Sedangkan di Sumba Barat Daya terdapat beberapa formasi yaitu Formasi Kaliangga, Formasi Waikabubak, Formasi Masu, dan Formasi Praikajelu [8] (**Gambar 1**).

Tatanan Tektonik Sumba

Secara tektonik, Pulau Sumba merupakan bagian yang berbeda dari pulau-pulau lain di sekitarnya yang berupa busur gunungapi (*volcanic arc*). Zona penunjaman Indonesia bagian selatan yang menghasilkan busur gunungapi tersebut dimulai dari bagian barat laut Indonesia, yaitu di Teluk Bengal dan Laut Andaman ke selatan dan berbelok ke timur sejajar dengan panjang Pulau Sumatera dan Jawa sampai ke daerah sekitar Pulau Sumba dan terus ke timur mengikuti Sistem Busur Banda. Zona tektonik aktif ini merupakan interaksi antara Lempeng India-Australia yang menunjam ke bawah Lempeng Eurasia dengan kecepatan 50–70 mm/th. Pulau Sumba memiliki posisi yang khas terkait dengan busur Sunda-Banda yang merepresentasikan sebuah potongan terisolasi dari kerak benua terhadap busur kepulauan vulkanik aktif (Sumbawa, Flores) dalam cekungan muka busur. Pulau Sumba terletak pada transisi antara Palung Jawa (zona penunjaman) dengan Timor Trough (zona tumbukan).

Kondisi seismo-tektonik (**Gambar 2**) wilayah Kabupaten Sumba Barat Daya termasuk dalam zona bahaya seismik tinggi. Wilayah Kabupaten Sumba Barat Daya mempunyai nilai percepatan puncak di batuan dasar sebesar 0,3 - 0,4 g untuk periode ulang 475 tahun, dan sebesar 0,5 - 0,6 g untuk periode ulang 2475 tahun menggunakan perhitungan persamaan Youngs. Untuk gempa bumi pada jarak 100 km dengan kedalaman 30-60 km dan magnitudo gempa M_w sebesar 3,0 hingga 8,0 memberikan nilai PGA sebesar antara 0,3 g hingga 0,4 g. Mempertimbangkan kondisi lapisan tanah lunak yang tebal, maka nilai percepatan maksimum di permukaan tanah di wilayah Kabupaten Sumba Barat Daya dapat 1,5 hingga 2,0 kali lebih besar [10].

Teori

Mikrotremor

Mikroseismik dan Mikrotremor adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan getaran tanah yang disebabkan oleh alam atau gangguan akibat lingkungan seperti angin, gelombang laut, lalu lintas, mesin industri, dan sebagainya.

Kerusakan-kerusakan akibat gempa di masa kini berhubungan langsung dengan kondisi geologi lokal yang dapat mempengaruhi aktivitas gerakan tanah. Pendekatan terbaik untuk

memahami kondisi tanah yaitu melalui pengamatan langsung terhadap *seismic ground motion* [11], namun banyak penelitian-penelitian tersebut terbatas hanya untuk daerah dengan tingkat seismisitas yang relatif tinggi. Karena keterbatasan-keterbatasan ini, seperti hanya dapat diaplikasikan pada daerah dengan tingkat seismisitas yang tinggi serta mempertimbangkan ketersediaan referensi tentang kondisi situs yang memadai, metode yang tidak bergantung pada referensi tentang kondisi situs pun diterapkan untuk penelitian mengenai respon situs.

Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)

Teknik H/V (HVSr) atau disebut juga QTS (Quasi-Transfer Spectra) telah mendapat perhatian besar dari seluruh dunia dengan kesederhanaan metodenya dan cepat dalam menyediakan informasi mengenai karakteristik dinamik tanah dan bangunan. Metode ini menarik karena memberikan kemudahan dalam pengumpulan data dan metode ini dapat diaplikasikan pada daerah dengan tingkat seismisitas yang rendah bahkan tanpa tingkat seismisitas sekalipun. Teknik H/V dikembangkan oleh [12] dengan menghubungkan penyelidikan lubang bor terhadap analisa dari catatan-catatan gerakan tanah yang kuat, di berbagai kondisi geologi.

Teknik ini sangat efektif untuk mengidentifikasi frekuensi resonansi dasar pada lapisan sedimen, dengan menyertakan faktor amplifikasi yang lebih realistis dibandingkan yang didapat dari rasio sedimen terhadap batuan keras. Telah ditunjukkan oleh banyak peneliti seperti Mufida dkk. [13] bahwa rasio H/V yang didapat dari noise dapat digunakan untuk mengidentifikasi frekuensi resonansi dasar dan faktor amplifikasi di lapisan sedimen.

(Gambar 3) menunjukkan jenis struktur geologi dari cekungan sedimen. Pengertian dari gerakan tanah dan spektranya pada tempat yang berbeda-beda akan di dijelaskan seperti dibawah ini. Mikrotremor terbagi menjadi dua bagian, yaitu yang terdiri dari Gelombang Rayleigh dan yang terdiri dari berbagai gelombang lainnya.

Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan merepresentasikan banyaknya gelombang yang terjadi dalam satuan waktu. Frekuensi dominan dipengaruhi oleh besarnya kecepatan rata-rata dan ketebalan sedimen bawah permukaan.

$$f_0 = \frac{V_s}{4h} \quad (1)$$

dengan f_0 adalah frekuensi dominan (f_0) (Hz), V_s adalah kecepatan gelombang shear (v/s), dan h adalah ketebalan sedimen (m).

Berdasarkan Persamaan (1), frekuensi dominan berbanding terbalik dengan ketebalan sedimen (ketebalan bedrock) dan berbanding lurus dengan kecepatan rata-rata. Selanjutnya, dengan menghubungkan kerusakan bangunan akibat getaran gempa bumi dengan kedua parameter tersebut, dapat diketahui bahwa daerah yang rawan kerusakan bangunan akibat getaran gempa terjadi pada daerah dengan geologi lapisan sedimen tebal dan atau lapisan permukaan berupa soft sedimen, contohnya: pasir, pasir lanauan, gambut. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sungkono dan Santosa [14] yang menunjukkan bahwa, bangunan yang

dibangun di daerah sedimentasi yang berasal dari lahar merapi dan sungai, tingkat kerusakannya lebih besar dari pada bangunan yang dibangun diperbukitan.

Amplifikasi

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antara lapisan batuan dasar dan batuan sedimen, 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 [15]. Faktor amplifikasi memberikan gambaran tentang perubahan (pembesaran) percepatan gerakan tanah dari batuan dasar ke permukaan. Pembesaran percepatan tanah dari batuan dasar ke permukaan disebabkan karena perbedaan kecepatan gerakan gelombang geser (V_s) di batuan dasar dan pada lapisan tanah (sedimen) [16]. Ilustrasi amplifikasi dapat dilihat pada (**Gambar 4**).

Amplifikasi berbanding lurus dengan nilai perbandingan spektral horizontal dan vertikalnya (H/V). Nilai amplifikasi bisa bertambah, jika batuan telah mengalami deformasi (pelapukan, pelipatan atau pesesaran) yang mengubah sifat fisik batuan. Pada batuan yang sama, nilai amplifikasi dapat bervariasi sesuai dengan tingkat deformasi dan pelapukan pada tubuh batuan tersebut [15]. Amplifikasi juga dipengaruhi oleh koefisien geser batuan dasar dan koefisien geser batuan sedimen.

Seismic Hazard Analisis

Ada dua metode yang biasa digunakan dalam SHA, yaitu: deterministik (Deterministic Seismic Hazard Analysis/DSHA) dan probabilistik (Probabilistic Seismic Hazard Analysis/PSHA).

Metode DSHA umumnya diaplikasikan untuk mengestimasi percepatan gempa untuk konstruksi yang sangat membahayakan jika terjadi kerusakan, seperti bangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) [10], bendungan besar, konstruksi yang dekat dengan sesar aktif, dan untuk keperluan *emergency response*. Kelebihan metode ini adalah mudah digunakan untuk memprediksi gerakan gempa pada skenario terburuk. Sedangkan kelemahannya adalah metode ini tidak mempertimbangkan probabilitas terjadinya gempa dan pengaruh berbagai ketidakpastian yang terkait dalam analisis [10].

Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Percepatan getaran tanah maksimum adalah suatu nilai yang dihitung di titik pengamatan/titik penelitian pada permukaan bumi dari riwayat gempabumi dengan nilai perhitungan dipilih yang paling besar. Nilai percepatan getaran tanah yang akan diperhitungkan sebagai salah satu bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa adalah nilai percepatan tanah maksimum [17]. Percepatan getaran tanah maksimum atau *peak ground acceleration* (PGA) adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat yang diakibatkan oleh getaran gempabumi dalam periode waktu tertentu.

Kondisi geologis tanah yang sangat menentukan besarnya kecilnya nilai PGA adalah tingkat kepadatan tanah di daerah tersebut. Semakin padat tanah maka nilai PGA di daerah tersebut semakin kecil. Hal ini sesuai dengan kenyataan di lapangan bahwa bangunan yang dibangun di atas struktur tanah yang padat pada saat gempabumi di Bengkulu yang terjadi pada tahun 2000

(7,3 SR) mengalami kerusakan lebih ringan daripada bangunan yang dibangun di atas struktur tanah yang kurang padat [17].

Faktor yang merupakan sumber kerusakan dinyatakan dalam parameter percepatan tanah. Sehingga data percepatan tanah maksimum akibat getaran gempabumi pada suatu lokasi menjadi penting untuk menggambarkan tingkat resiko gempabumi pada suatu lokasi tertentu. Semakin besar percepatan tanah maksimum disuatu tempat, semakin besar resiko gempabumi yang terjadi [18].

Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data pengukuran mikrotremor di Kabupaten Sumba Barat Daya yang berjumlah 103 titik. Data ini diperoleh dari akuisisi yang dilakukan oleh Tim Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi pada tanggal 11 - 26 Januari 2016. Sedangkan pada metode DSHA, parameter gempabumi yang berupa jarak terdekat didapat dari hasil perhitungan sedangkan parameter yang berupa magnitudo maksimum (M_{Max}) didapatkan dari perhitungan (untuk sumber gempa yang berupa patahan) dan sejarah gempa di sekitar daerah penelitian yang berasal dari katalog gempa USGS dan ISC (untuk sumber gempa yang berupa subduksi). Untuk parameter DSHA lainnya yang berupa Vs30 didapat dari pengolahan data mikrotremor.

HVSR

Dari akuisisi mikrotremor akan didapatkan data yang berupa data getaran tanah yang masih dalam domain waktu. Data getaran tanah itu merekam getaran dalam tiga komponen, yaitu satu komponen vertical dan dua komponen horizontal (utara-selatan dan barat-timur). Data hasil akuisisi yang didapat pada penelitian ini memiliki format berupa .SAF. Data tersebut kemudian diolah dengan metode menggunakan perangkat lunak berupa Geopsy yang mengacu pada SESAME H/V Users Guidelines. Proses pengolahan pada geopsy akan menghasilkan keluaran berupa kurva spektrum HVSR yang menunjukkan parameter frekuensi dominan dan faktor amplifikasi.

DSHA

Tahapan dalam melakukan analisis *seismic hazard* dengan metode DSHA adalah (1) Melakukan identifikasi dan karakterisasi sumber-sumber gempa yang dimungkinkan akan berpengaruh pada lokasi penelitian; (2) Menentukan parameter jarak terdekat dari sumber gempa terhadap lokasi penelitian; (3) Mengestimasi dan menentukan magnitudo terbesar (M_{Max}) dari masing-masing sumber gempa yang telah diidentifikasi sebelumnya; (4) Menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan dengan menggunakan fungsi atenuasi; dan (5) Menentukan *controlling earthquake* berdasarkan hasil perhitungan terbesar yang diperoleh guna mendapatkan nilai PGA.

Hasil dan Pembahasan

HVSR Mikrotremor

Dalam penelitian ini dibahas mengenai karakterisasi *site effect* dengan HVSR Mikrotremor. *Site effect* sendiri adalah kondisi suatu tanah di suatu wilayah yang dapat mempengaruhi

menjalarnya gelombang yang memiliki hubungan erat dengan struktur bangunan. Kondisi tanah ini mengambil peran besar dalam kerusakan-kerusakan tanah dan bangunan dari peristiwa-peristiwa gempa di dunia. Contoh paling dekat yaitu saat Gempa Yogyakarta 2006 yang diulas oleh Pawirodikromo [19].

Dalam penelitian tersebut diketahui bahwa kerusakan terbesar bukan terletak di sekitar episenter, tetapi kerusakan tersebar disepanjang tanah endapan. Maka dari itu, site effect menjadi salah satu hal yang penting untuk mengetahui tingkat kerentanan gempa di suatu wilayah. Dalam penelitian ini, akan dilakukan karakterisasi kondisi tanah tersebut dengan memanfaatkan metode HVSR pada data rekaman mikrotremor. Kondisi tanah yang akan dikarakterisasi yaitu frekuensi dominan (frekuensi resonansi tanah), amplifikasi dan $Vs30$.

a. Frekuensi Dominan (f_0)

Pada (**Gambar 5**), dapat diketahui persebaran frekuensi dominan di Kabupaten Sumba Barat Daya. Dari persebaran frekuensi dominan tersebut diketahui bahwa frekuensi dominan di Kabupaten Sumba Barat Daya berkisar antara 0,41 Hz - 6,35 Hz. Kabupaten Sumba Barat Daya didominasi oleh nilai frekuensi dominan dengan nilai 2,02 - 2,77 Hz (klosur merah) yang terdapat di bagian utara dan barat Kabupaten Sumba Barat Daya, disekitar Kecamatan Kodi, Kodi Bangedo, Kodi Utara, sebagian Wewea Barat, dan Kecamatan Loura.

Berdasarkan klasifikasi oleh Kanai [20] (Tabel 1), dapat diketahui bahwa Kabupaten Sumba Barat Daya terdiri dari tanah Kelas 2, 3 dan 4. Daerah di Kabupaten Sumba Barat Daya didominasi dari tanah Kelas 2 dan 3 yang memiliki frekuensi dominan bernilai antara 1,33 - 5 Hz yang diperkirakan merupakan lapisan alluvium dengan perbandingan ketebalan lapisan gravel pada area yang luas, terdiri dari batu pasir, pasir lempungan dan lempung. Hanya terdapat beberapa titik saja yang terdiri dari tanah Kelas 4 yang memiliki frekuensi dominan bernilai antara 0 - 1,33 Hz yang diperkirakan sebagian besarnya adalah tanah yang sangat lunak yang terbentuk pada rawa dan lumpur terutama lapisan alluvium.

Jika dibandingkan antara jenis kelas tanah menurut Kanai dengan kondisi geologi di Kabupaten Sumba Barat Daya, diketahui terdapat kesesuaian yang baik [20]. Telah disebutkan sebelumnya bahwa Tanah Kelas 2 dan 3 menurut. Tentu hal ini sesuai dengan geologi di Kabupaten Sumba Barat Daya yang memang tersusun oleh endapan aluvium. Sedangkan untuk Tanah Kelas 2 telah diketahui bahwa tanah jenis ini adalah tanah yang didominasi oleh lapisan aluvium atau diluvium dengan perbandingan gravel pada area yang luas.

Secara khusus, jika dilihat dari nilai frekuensi dominan di Kabupaten Sumba Barat Daya yang berkisar antara 0,41 - 6,35 Hz maka dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Sumba Barat Daya tidak direkomendasikan didirikan bangunan dengan jumlah lantai antara 5 - 50 lantai. Hal ini mengacu pada perhitungan sederhana mengenai frekuensi bangunan (dapat pula dipandang sebagai periode bangunan) yang memperkirakan bahwa periode getar suatu bangunan adalah jumlah lantai bangunan dibagi dengan 10.

b. Amplifikasi

Amplifikasi di Kabupaten Sumba Barat Daya dapat dilihat pada (**Gambar 6**). Daerah yang bernilai amplifikasi terbesar ini melingkupi separuh Kecamatan Wewea Selatan. Selain itu, di sebelah selatan dari Kecamatan Wewea Timur juga memiliki amplifikasi yang cukup besar

yaitu diatas 6,5 kali. Daerah dengan amplifikasi sedang menyebar dengan klosur hijau di sekeliling daerah yang memiliki amplifikasi tinggi tadi dan juga menyebar di sebagian Kecamatan Loura, Kecamatan Wewea Barat dan Kecamatan Kodi Utara. Amplifikasi bernilai sedang ini berada dikisaran nilai antara 1,8 - 3,2 kali. Sedangkan amplifikasi yang relatif rendah di Kabupaten Sumba Barat Daya bernilai antara 0,8 - 1,8 kali yang ditunjukkan dengan klosur berwarna biru. Amplifikasi sedang dan rendah ini menyebar mendominasi Kabupaten Sumba Barat Daya.

Jika dihubungkan dengan frekuensi dominan, maka terdapat hubungan antara amplifikasi dengan frekuensi dominan. Telah diketahui bahwa frekuensi dominan dapat menggambarkan jenis tanah serta ketebalannya. Semakin rendah frekuensi dominan maka dapat diperkirakan bahwa tanahnya semakin lunak dan semakin tebal. Di Kabupaten Sumba Barat Daya, pada daerah-daerah yang memiliki amplifikasi yang tinggi ternyata memiliki nilai frekuensi dominan yang rendah.

DSHA

Subduksi Sumba dan Timor terletak di sebelah selatan dari Pulau Sumba. Subduksi Sumba dan Timor ini merupakan salah satu segmentasi dari Sistem Subduksi Trench Sunda yang terbentang dari selatan Pulau Sumba hingga Kepulauan Andaman. Subduksi ini berjarak sekitar 130 km dari Kabupaten Sumba Barat Daya.

Dapat dilihat pada (**Gambar 7**) yang menggambarkan skenario dan estimasi besaran nilai PGA atau disebut juga percepatan tanah puncak di batuan dasar (rock) Kabupaten Sumba Barat Daya jika Subduksi Sumba dan Timor menghasilkan gempa sebesar 7,8 Mw. Dapat dilihat pada peta tersebut bahwa berangsur-angsur nilai PGA Bedrock akan mengecil sejalan dengan semakin bertambah jauhnya jarak antara situs (Kabupaten Sumba Barat Daya) terhadap sumber gempa (Subduksi Sumba dan Timor).

Selanjutnya dapat dilihat persebaran nilai PGA di permukaan tanah pada Kabupaten Sumba Barat Daya akibat Subduksi Sumba dan Timor yang ditunjukkan pada (**Gambar 8**). Dari peta tersebut dapat dianalisis bahwa terjadi peningkatan nilai PGA setelah sampai di permukaan tanah. Nilai PGA di batuan dasar berkisar pada nilai 0,06 - 0,08 g saja, namun setelah sampai di permukaan tanah nilai PGA meningkat di kisaran 0,07 - 0,19 g. Peningkatan nilai PGA ini berhubungan dengan fenomena amplifikasi akibat tanah di Kabupaten Sumba Barat Daya bersifat lunak dan tebal.

Namun jika kembali melihat (**Gambar 8**), terdapat daerah-daerah yang mencolok dengan nilai PGA permukaan relatif rendah dibandingkan daerah di sekitarnya. Seperti yang terjadi di perbatasan antara Kecamatan Wewea Barat dan Kecamatan Kodi Utara, dan di bagian utara Wewea Timur. Di daerah-daerah tersebut nilai PGA permukaan tanahnya relatif rendah (0,0 - 0,128 g) jika dibandingkan dengan daerah disekitarnya yang memiliki nilai PGA permukaan tanah yang berkisar sedang-tinggi (0,12 - 0,19 g). Jika dilihat dari nilai frekuensi di daerah-daerah dengan PGA permukaan tanah yang rendah tersebut diketahui bahwa pada daerah-daerah itu memiliki nilai frekuensi dominan yang relatif tinggi (6,35 - 2,36 Hz). Sedangkan jika dilihat dari nilai amplifikasinya, dapat diketahui bahwa daerah-daerah ini memiliki amplifikasi

yang rendah. Rendahnya nilai PGA permukaan di daerah-daerah tersebut diperkirakan terjadi akibat endapan aluvium yang tidak tebal, sehingga tidak memicu amplifikasi yang besar.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa faktor kondisi tanah setempat (*local site effect*) juga berpengaruh terhadap besarnya nilai PGA yang terjadi di suatu daerah. Daerah dengan kondisi tanah yang lunak dan tebal dapat memicu terjadinya amplifikasi yang akan memperbesar percepatan tanah maksimum (PGA) di permukaan tanah dan sebaliknya.

Dari (**Gambar 8**) dapat dianalisis daerah-daerah di Kabupaten Sumba Barat Daya yang memiliki nilai PGA permukaan tanah yang tinggi akibat Subduksi Sumba dan Timor sehingga dapat diketahui daerah mana saja yang berbahaya jika memang benar-benar terjadi gempa di Subduksi Sumba dan Timor. Daerah-daerah yang memiliki nilai PGA permukaan tanah yang tinggi tersebut adalah kecamatan-kecamatan yang berada di bagian selatan dari Kabupaten Sumba Barat Daya, karena daerah-daerah ini yang relatif dekat dengan Subduksi Sumba dan Timor.

Daerah-daerah yang memiliki tingkat kerentanan bahaya guncangan gempabumi tertinggi yaitu Kecamatan Kodi Bagedo, Kecamatan Wewea Selatan, Kecamatan Wewea Timur dan bagian selatan dari Kecamatan Wewea Barat dengan nilai PGA Surface sekitar 0,14 – 0,19 g. Disusul dengan daerah-daerah yang memiliki nilai PGA Surface sedikit lebih rendah, yaitu di bagian selatan dari Kecamatan Kodi Utara, sebelah timur Wewea Timur dan Kecamatan Kodi dengan nilai PGA Surface sekitar 0,12 – 0,14 g.

Tingkat Rawan Bencana Gempabumi

Dari hasil karakterisasi site effect dan analisis bahaya kegempaan tersebut, dibuat peta kerawanan bencana gempabumi di Kabupaten Sumba Barat Daya. Peta kerawanan gempabumi ini memperhitungkan parameter-parameter penting yang telah dihasilkan dari penelitian ini, seperti frekuensi dominan, amplifikasi, Vs30 dan PGA Surface di Kabupaten Sumba Barat Daya. Penentuan tingkat kerawanan bencana gempabumi ini dihitung berdasarkan seberapa besar dan seberapa banyak parameter-parameter tersebut mendukung suatu daerah masuk ke dalam zona rawan bencana gempabumi. Contohnya, daerah dengan amplifikasi yang tinggi berarti memiliki tingkat rawan bencana gempabumi yang tinggi, maka daerah tersebut diberi identitas dengan nilai 4 sampai 6. Sedangkan daerah dengan amplifikasi yang rendah berarti memiliki tingkat rawan bencana gempabumi yang rendah, maka daerah tersebut diberi identitas dengan nilai 1 sampai 2.

Dari metode penentuan tingkat kerawanan bencana gempabumi tersebut akan dihasilkan peta tingkat rawan bencana gempabumi di Kabupaten Sumba Barat Daya seperti yang terlihat pada (**Gambar 9**). Dari peta tersebut diketahui bahwa daerah dengan nilai kerawanan bencana gempabumi terbesar (klosur merah) berada dominan di bagian selatan dari Kabupaten Sumba Barat Daya.

Sedangkan untuk daerah-daerah dengan tingkat kerawanan yang sedang (klosur hijau) tersebar luas mendominasi Kabupaten Sumba Barat Daya yang memiliki tingkat kerawanan bencana gempabumi sedang dengan nilai sebesar 2-4.

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini berdasarkan frekuensi dominan, amplifikasi, dan PGA adalah bagian barat daya dari Kabupaten Sumba Barat Daya merupakan daerah yang paling rentan terhadap bencana gempa bumi dengan dominasi endapan lunak berupa alluvium.

Daftar Pustaka

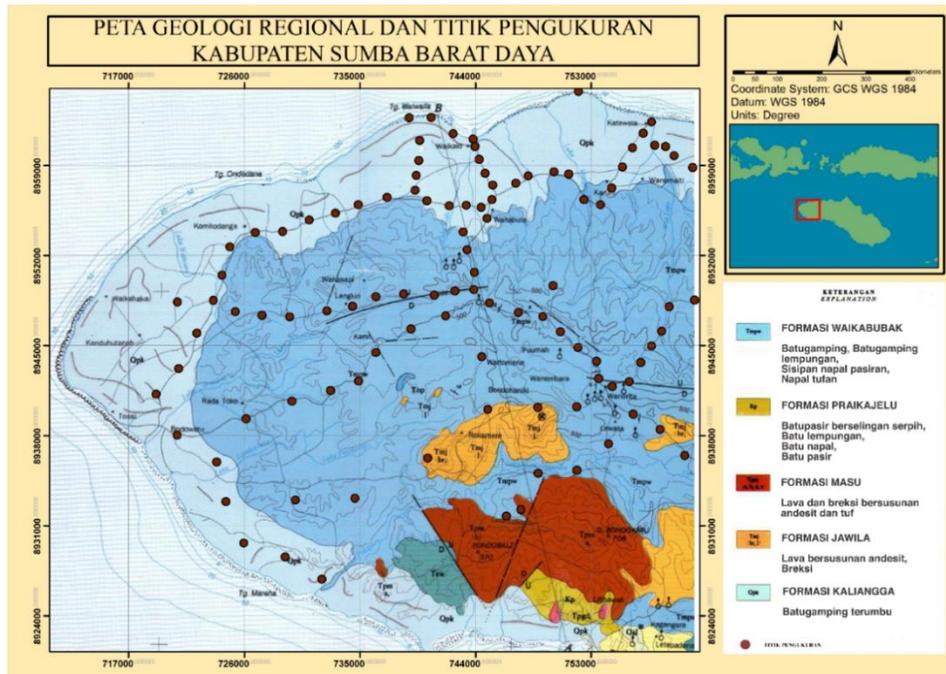
- [1] Bird, P. (2003). An Updated Digital Model of Plate Boundaries, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(3), 1027. doi: 0.1029/2001GC000252.
- [2] Sari, A.M., dan Fakhurrizzi, A. (2017). Earthquake Hazard Analysis Methods: A Review. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 118 (2018) 012044. doi: 10.1088/1755-1315/118/1/012044.
- [3] L. Yanchuan, S. Xiaogang, S. Xinjian, Q. Chunyan, dan W. Zhenjie. (2016). Locking degree and slip rate deficit distribution on MHT fault Before 2015 Nepal Mw 7.9 Earthquake, *Journal of Asian Earth Sciences*, 119.
- [4] V. Babuska, B. Ružek, and D. Dolejš. (2016). Origin of earthquake swarms in the western Bohemian Massif: Is the mantle CO₂ degassing, followed by the Cheb Basin subsidence, an essential driving force?. *Tectonophysics*.
- [5] SNI 1726:2012. (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktural bangunan gedung dan non gedung, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- [6] Sunardi, B., Naimah, S., Haryoko, U., Rohadi, S., Sulastri, dan Rasmid. (2018). Vs30 Mapping and Soil Classification in The Southern Part of Kulon Progo using Rayleigh Wave Ellipticity Inversion. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 1(2), 58-64. doi: 10.22146/jgise.39780.
- [7] Handayani, L., Hananto, N.D., dan Anggono, T. (2017). Penentuan Percepatan Tanah Puncak di Pulau Simeulue dengan Metode Deterministik. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 8(3), 135-142.
- [8] Apandi, T., Effendi, A.C., Simandjuntak, T.O., Ratman, N., Eben, S., dan Sardi, O.P. (1993). *Peta Geologi Lembar Waikabubak dan Waingapu, Nusa Tenggara*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- [9] Wisyanto. (2017). Analisis Gempa Sumba Barat 2016 Atas Minimnya Dampak yang Ditimbulkan. *Jurnal Ilmiah*, 1(1), 55-62.
- [10] Irsyam, M. (2010). *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010*. Bandung.
- [11] Nakamura, Y. (2000). Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications. *Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering* 2656. New Zealand: Auckland.
- [12] Nakamura, Y. (2008). On The H/V Spectrum. *The Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing, China.

- [13] Mufida, A., Santosa, B. J., dan Warnana, D. (2013). Profiling Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Surabaya Berdasarkan Pengolahan Data Mikrotremor. *Jurnal Sains Dan Seni POMITS*, 2(2), 76-81.
- [14] Sungkono., dan Santosa, B.J. (2011). Karakterisasi Kurva Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio: Kajian Literatur dan Permodelan. *Jurnal Neutrino*, 4 (1).
- [15] Arifin, S. S., Mulyatno, B. S., Marjiyono, & Setianegara, R. (2017). Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor Dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa Dan Sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 2(1), 30-40.
- [16] Partono, W., Irsyam, M., Wardani, S.P.R., dan Maarif, S. (2013). Aplikasi Metode HVSR pada Perhitungan Faktor Amplifikasi Tanah di Kota Semarang. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 19 (2), 125-134.
- [17] Hadi, A.I., Farid M., dan Fauzi, Y. (2012). Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Kerentanan Seismik Akibat Gempa Bumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu. *Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*, 1 (2), 81-86.
- [18] Edwiza, D. (2008). Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar. *Teknik A*, 1 (29), 73-79.
- [19] Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- [20] Kanai, K. (1983). *Engineering Seismology*. University of Tokyo Press. Tokyo.

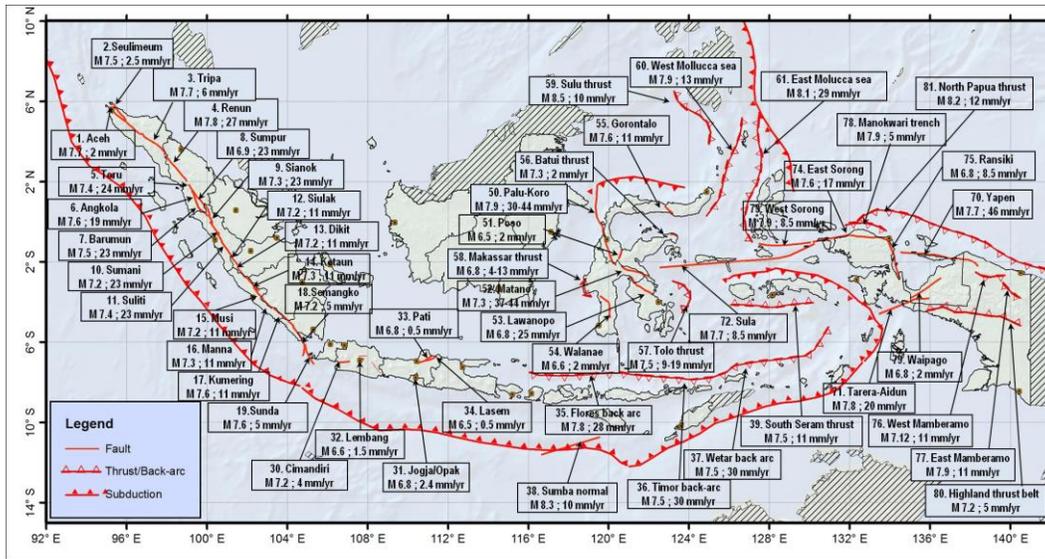
LAMPIRAN

Tabel 1. Klasifikasi tanah oleh Kanai berdasarkan nilai frekuensi dominan mikrotremor (dimodifikasi dari Kanai [20]).

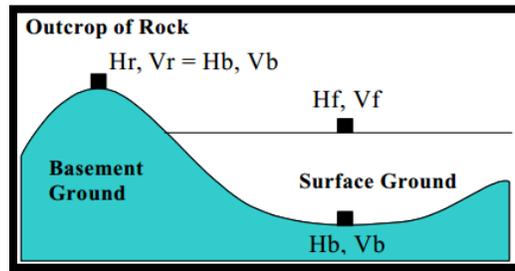
1981 (Revised)		1950	Kondisi Tanah
Klasifikasi	Frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi	
Jenis 1	> 5	Jenis 1	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy</i> , <i>gravel</i> .
Jenis 2	1,33 - 5	Jenis 2	Sebagian besar lapisan diluvium atau lapisan aluvium dengan perbandingan ketebalan lapisan gravel pada area yang luas. Terdiri dari <i>gravel</i> , <i>sandy hard clay</i> dan <i>loam</i> .
		Jenis 3	Sebagian besar sangat didominasi oleh lapisan aluvium. Terdiri dari <i>sand</i> , <i>sandy clay</i> dan <i>clay</i> .
Jenis 3	< 1,33	Jenis 4	Tanah yang sangat lunak yang terbentuk pada rawa dan lumpur. Terutama lapisan aluvium.



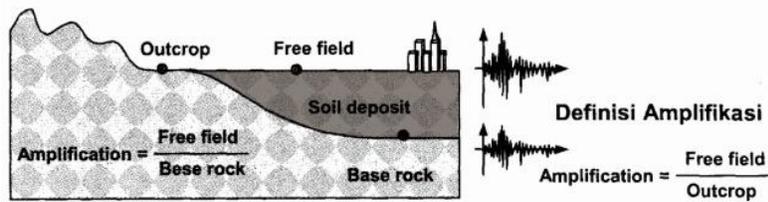
Gambar 1. Peta penelitian mikrotremor dan Peta Geologi Kabupaten Sumba Barat Daya (Dimodifikasi dari Apandi dan Effendi [8])



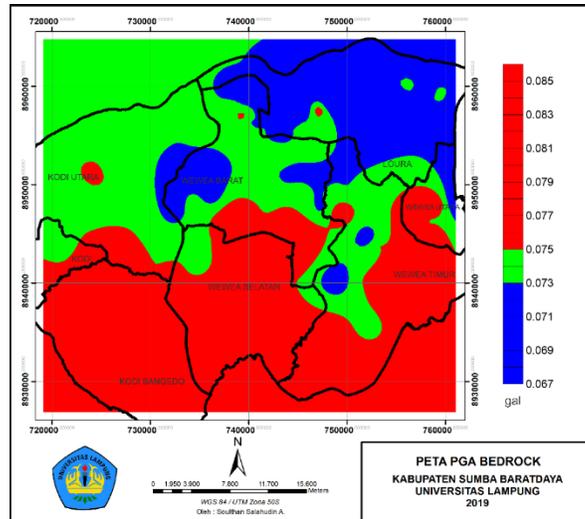
Gambar 2. Sumber gempa bumi patahan/ sesar (*fault*) [10].



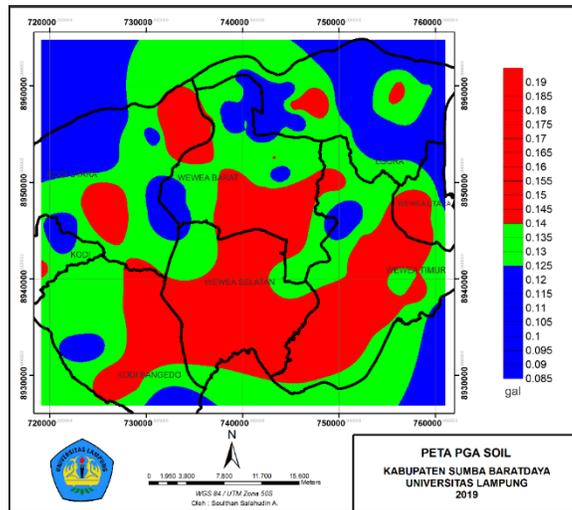
Gambar 3. Jenis struktur geologi dari cekungan sedimen.



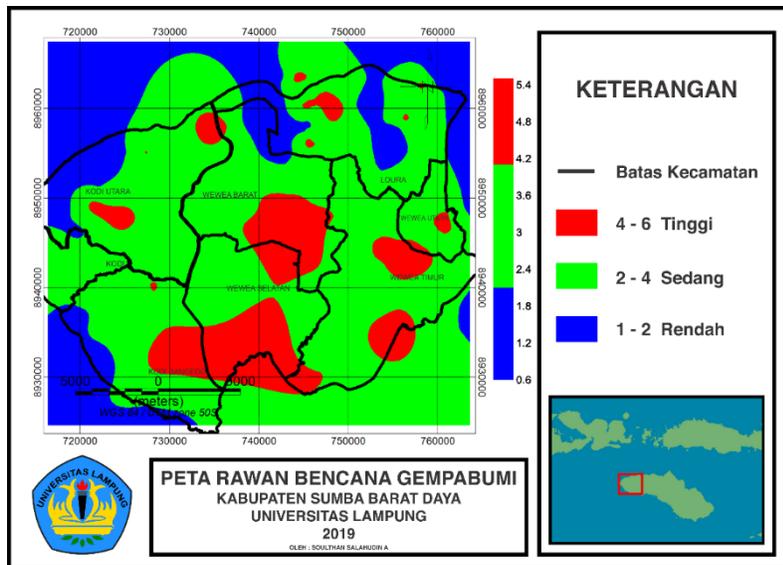
Gambar 4. Model 2D Lintasan



Gambar 7. Peta PGA *Bedrock* Kabupaten Sumba Barat Daya akibat Subduksi



Gambar 8. Peta PGA *Surface* Kabupaten Sumba Barat Daya akibat Subduksi.



Gambar 9. Peta Rawan Bencana Gempabumi di Kabupaten Sumba Barat Daya.