

PEMETAAN NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DENGAN METODE DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS DI LOKASI PEMBANGUNAN OBSERVATORIUM NASIONAL DESA BITOBE KECAMATAN AMFOANG TENGAH KABUPATEN KUPANG

Awanda Magdalena Bessi, Hery Leo Sianturi, Bernandus

Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

ABSTRAK

Penelitian menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) telah dilakukan untuk memetakan daerah yang rawan terhadap gempa bumi di Desa Bitobe. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai periode dominan tanah dan percepatan tanah maksimum, serta untuk membuat peta PGA dan juga peta Mikrozonasi. Pengambilan data dilakukan pada 45 titik dengan jarak antar titik ± 250 m dari titik satu ke titik lainnya dengan waktu perekaman selama ± 20 menit menggunakan TDS tipe 303S. Data yang diperoleh diolah menggunakan software Datapro, Geopsy, Surfer 13, dan Google Earth. Hasil pengolahan data diperoleh nilai frekuensi dominan (f_0). Parameter ini digunakan untuk menghitung nilai PGA menggunakan persamaan empiris Kanai dengan data katalog gempa bumi dari tahun 1966-2016. Metode Mc.Guirre dan Esteva hanya menggunakan data katalog gempa saja dalam menghitung PGA. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa nilai frekuensi dominan berkisar antara 0,273 Hz – 17,887 Hz. Nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan persamaan empiris Kanai berkisar antara 32,319 gal – 261,178 gal, Mc.Guirre berkisar antara 128,215 gal – 134,862 gal dan Esteva berkisar antara 147,359 gal – 156,007 gal. Hasil dari ketiga persamaan ini memiliki perbedaan dengan peta hazard gempa Indonesia.

Kata kunci: HVSR, Mikrozonasi, Kanai, Mc.Guirre, Esteva, Bitobe

ABSTRACT

The research using HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) has been carried out to map the disturb areas to earthquakes in Bitobe village. The aims of this research are to determine the values of soil dominant frequency and the peak ground acceleration than make PGA map and also microzonation map. Data were collected at 45 points with the distance between points ± 250 meters from one point to the other with ± 20 minutes of recording time used TDS 303S type. The data were processed using software Datapro, Geopsy, Surfer 13, and Google Earth. The result of data processing was dominant frequency value (f_0). This parameter was used to calculate the peak ground acceleration with Kanai empirical equations. The earthquakes catalog data were used from 1966-2016. Mc.Guirre and Esteva method only used the earthquakes catalog data to calculated the PGA. According to this research, it was obtained that the values of the dominant frequency was about 0,273 Hz – 17,887 Hz. The values of peak ground acceleration based on Kanai empirical equations about 32,319 gal – 261,178 gal, Mc.Guirre about 128,215 gal – 134,862 gal and Esteva about 147,359 gal – 156,007 gal. The result of this third equations have different with the earthquakes hazard map of Indonesia.

Key Words: HVSR, Microzonation, Kanai, Mc.Guirre, Esteva, Bitobe

PENDAHULUAN

Salah satu parameter gempa bumi yang penting diketahui untuk meminimalisir efek kerusakan akibat gempa bumi adalah percepatan tanah maksimum. Percepatan Tanah Maksimum (Peak Ground Acceleration=PGA) merupakan dampak gelombang gempa di lokasi pengamat, sehingga bisa menjadi ukuran resiko gempa bumi. Percepatan tanah dikaji untuk setiap gempa bumi, dan dipilih percepatan yang

maksimum untuk mendapatkan gambaran efek terparah yang pernah dialami suatu daerah.

Desa Bitobe kecamatan Amfoang Tengah Kabupaten Kupang berada pada wilayah pulau Timor Provinsi NTT, dengan seismisitas tinggi. Desa Bitobe akan dibangun Observatorium Nasional (OBNAS). Pembangunan OBNAS merupakan pembangunan yang vital, karena OBNAS merupakan bangunan dengan fungsi yang sangat penting. Keberadaannya akan dilengkapi

dengan berbagai macam fasilitas berupa teleskop yang dapat digunakan untuk mempelajari ilmu astronomi dan perbintangan serta sebagai objek wisata. Karena fungsi bangunan OBNAS yang sangat vital, maka pembangunan OBNAS harus memperhatikan kondisi percepatan tanah maksimum pada lokasi pembangunan, sehingga dapat dibangun bangunan dengan struktur yang mampu menahan guncangan ketika terjadi gempa.

Informasi tentang nilai PGA dan pola sebarannya merupakan sesuatu yang penting diketahui dalam perencanaan serta pembangunan infrastruktur tahan gempa. Dengan mengetahui sebaran atau variasi nilai PGA di suatu wilayah, maka dapat dipetakan lokasi-lokasi yang rawan mengalami kerusakan ketika terjadi gempa bumi [1].

Mikrotremor merupakan gelombang seismik dengan amplitudo rendah ($0,1 \pm 1$ mikron) yang diproduksi oleh gerakan bawah permukaan yang disebabkan oleh gangguan buatan seperti lalu lintas, mesin pabrik dan sebagainya. Atau, dapat juga disebabkan oleh sumber alam seperti angin dan gelombang laut.

Metode analisis mikrotremor adalah salah satu metode untuk menghitung efek karakteristik tanah ditinjau dari kecepatan gelombang seismik dengan menitik beratkan pada variasi amplitudo dan periode serta frekuensi terhadap waktu yang disebabkan oleh gempa bumi maupun sumber getaran yang lain. Metode ini sangat berguna untuk mengklasifikasikan tanah akibat gempa dan perhitungan faktor amplifikasi lapisan sedimen permukaan.

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di wilayah tersebut, sehingga nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu penelitian berkisar dari bulan Desember 2016 sampai Mei 2017. Lokasi penelitian yaitu di Desa Bitobe Kecamatan Amfoang Tengah Kabupaten Kupang dengan 45 titik pengukuran. Titik-titik pengukuran ditentukan posisinya dengan GPS (Global Positioning System). Pengambilan data menggunakan Digital Portable Seismograph

(TDL-303S) dan Feedback Short Period Seismometer (DS-4A) yang digunakan untuk merekam getaran.

Kondisi geologi di daerah penelitian terdiri atas beberapa formasi batuan yaitu formasi Aitutu (TRa), kompleks Bobonaro (Tb), Formasi Metan (Tem), Formasi Cablac (Tmc), dan komplek mutis (Ppm). Formasi batuan yang mendominasi yaitu kompleks bobonaro dan formasi metan, serta formasi mutis. Formasi Bobonaro lebih didominasi oleh material lempung atau clay dan formasi metan didominasi oleh batuan angglomerat dan tufa, serta formasi mutis yang didominasi batuan amfibolit.

Perhitungan PGA. Perhitungan PGA untuk metode kanai dengan menggunakan data sekunder gempa dari tahun 1966-2016. Data didownload dari USGS, IRIS, ISC, BMKG. Data diambil pada batasan wilayah $8,5^{\circ}$ - $10,0^{\circ}$ LS dan $123,0^{\circ}$ - $125,0^{\circ}$ BT.

PGA Kanai dihitung dengan rumusan :

$$\alpha_g = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{(0,6 M) - (1,6 + \frac{3,6}{R})} + 0,1 \frac{1,8}{R}$$

Dengan α_g adalah percepatan getaran tanah di titik pengamat (gal), T_0 adalah periode dominan tanah (s), M_s adalah Magnitudo permukaan (SR), R adalah jarak hiposenter [2].

PGA Mc.Guirre dihitung dengan rumusan

$$\alpha = \frac{(472,3)10^{0,2 M}}{(R + 25)^{1,3}}$$

PGA Esteva dihitung dengan persamaan

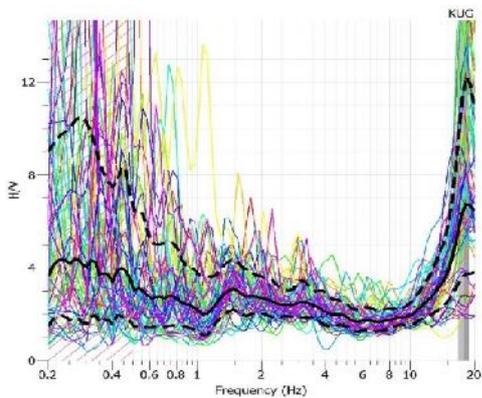
$$\alpha = \frac{5600 \exp^{0,8 M}}{(R + 40)^2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data lapangan berupa data mikrotremor yang diukur secara langsung selama ± 20 menit. Data hasil pengukuran lapangan merupakan data getaran tanah dalam fungsi waktu. Data tersebut tersusun atas 3 komponen, yaitu komponen vertikal (Up and Down), horizontal (North-South) dan (East-West).

Data mentah (Raw signal) terekam dalam bentuk data getaran dalam fungsi waktu

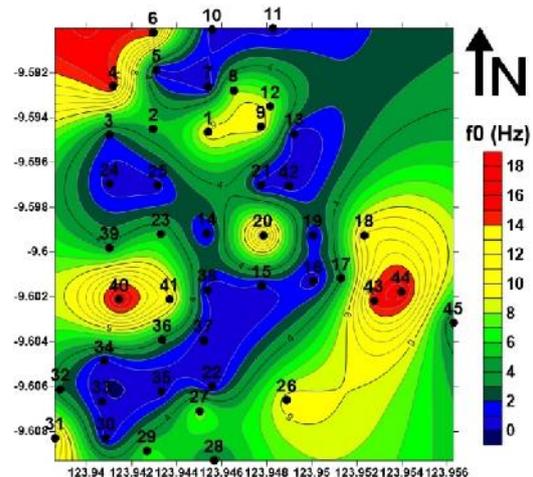
sehingga tidak dapat secara langsung diolah menggunakan software geopsy. Data ini kemudian dirubah ke dalam format ASCII menggunakan perangkat lunak Datapro. Selanjutnya data diolah dengan Geopsy untuk menghasilkan kurva HVSr. Dari kurva HVSr diperoleh nilai frekuensi dominan tanah dan nilai amplifikasi. Nilai frekuensi dominan tanah terlebih dahulu dikonversi menjadi periode dominan tanah yang akan digunakan dalam perhitungan nilai percepatan tanah maksimum menggunakan persamaan empiris Kanai.



Gambar 1. Bentuk Spektrum HVSr Pada Titik 40

Gambar 1 merupakan salah satu bentuk kurva HVSr sekaligus merupakan kurva yang memberikan nilai f_0 yang paling tinggi, yaitu 17,887 Hz. Kurva HVSr ditunjukkan oleh garis hitam tebal, sedangkan nilai frekuensi dominan ditunjukkan oleh daerah yang terarsir pada nilai puncak kurva HVSr. Garis putus-putus bagian atas menunjukkan frekuensi gelombang maksimum dan garis putus-putus yang di bawah menunjukkan gelombang minimum serta garis yang di tengah menunjukkan frekuensi rata-rata dari seluruh gelombang yang ada.

frekuensi dominan tanah daerah penelitian cukup beragam, yaitu 0,273 Hz – 17,887 Hz. Nilai frekuensi dominan tanah terkecil terdapat pada titik 38 dengan nilai 0,273 Hz dan nilai frekuensi dominan tanah terbesar terdapat pada titik 40 dengan nilai 17,887 Hz. Dari nilai frekuensi dominan tanah setiap titik pengukuran, dapat dibuat peta sebaran frekuensi dominan tanah daerah penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kontur f_0

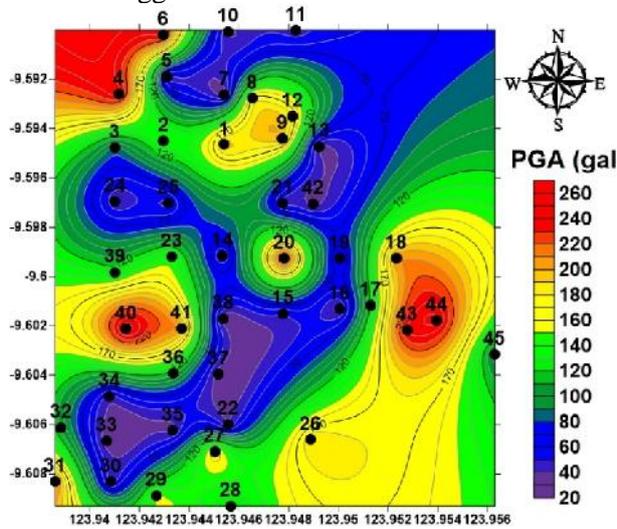
Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa frekuensi dominan tanah lokasi penelitian berkisar antara 0,273 Hz – 2,264 Hz.

Frekuensi dominan tanah dipengaruhi oleh kedalaman batuan dasar atau ketebalan lapisan sedimen yang menutupi peralihan batuan di bawahnya. Nilai frekuensi dominan tanah yang tinggi mengindikasikan bahwa lapisan sedimennya tipis dan kedalaman batuan dasarnya rendah. Sebaliknya nilai frekuensi dominan tanah yang rendah menunjukkan bahwa ketebalan lapisan sedimen tebal dan kedalaman batuan dasar yang dalam [3].

Hampir sebagian daerah penelitian memiliki lapisan sedimen permukaan yang tebal, karena hampir sebagian besar titik ukur memiliki frekuensi dominan yang rendah. Nilai frekuensi dominan yang rendah mengindikasikan adanya batuan lunak. Hal ini bersesuaian dengan kondisi geologi di daerah penelitian, dimana lokasi penelitian juga terdapat formasi bobonaro dan formasi metan. Formasi-formasi ini terdiri dari batuan lempung atau clay, angglomerat dan tufa yang merupakan batuan lunak.

PGA Kanai. Perhitungan percepatan tanah maksimum menggunakan formula Kanai ikut memperhitungkan karakteristik dominan tanah. Data sekunder gempa terlebih dahulu diolah dengan menggunakan software Zmap untuk memperoleh kejadian gempa utama. Proses pemisahan menggunakan kriteria Reasenberg dan diperoleh 1549 data gempa. Setelah disortir, dipilih data gempa dengan magnitudo > 3 SR, sehingga data yang digunakan adalah 631 kejadian gempa bumi di seluruh wilayah pulau Timor. Kemudian data

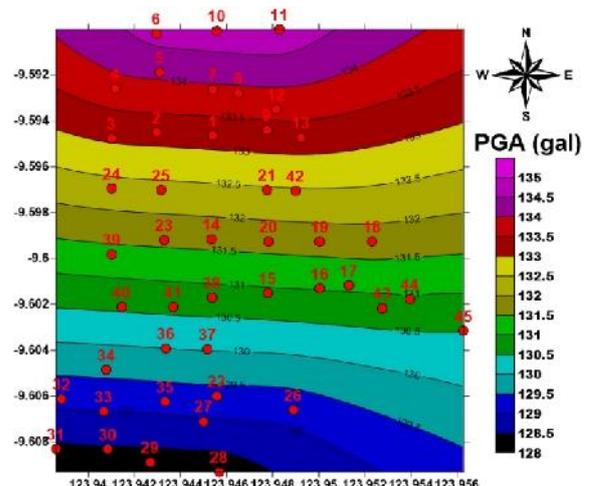
dihitung dengan formula Kanai dan diperoleh 45 nilai PGA. Selanjutnya dibuat Peta kontur PGA Kanai menggunakan surfer 13.



Gambar 3 Peta Kontur PGA Kanai

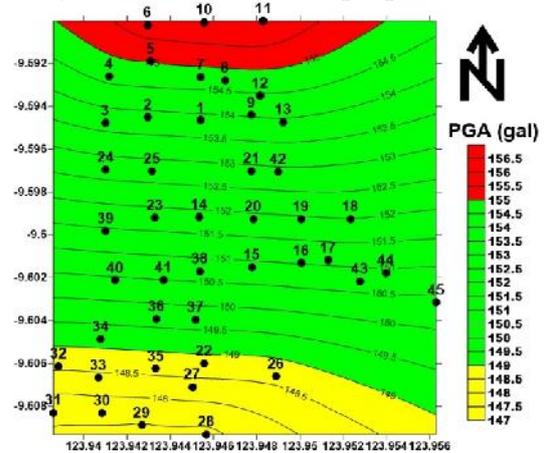
Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai PGA berdasarkan persamaan Kanai berkisar antara 32 gal – 261 gal. Nilai PGA terendah terdapat pada titik 38 dan nilai PGA tertinggi terdapat pada titik 40. Data gempa yang memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai PGA adalah gempa pada tanggal 28 Januari 2009 dengan magnitudo 5,57 SR dan kedalaman gempa 10 Km.

PGA Mc.Guirre. Selain menggunakan persamaan Kanai, dalam penelitian ini juga digunakan persamaan Mc.Guirre dan Esteva untuk menghitung nilai PGA. Kedua model empiris ini hanya menggunakan data historis gempa bumi dan tidak memperhitungkan nilai periode dominan tanah. Data sekunder gempa yang digunakan sama dengan data yang digunakan dalam menghitung PGA dengan persamaan empiris Kanai. Setelah dihitung dan diperoleh 45 nilai PGA, maka selanjutnya dibuat peta Kontur PGA dengan surfer 13. Didapatkan bahwa rentang nilai PGA berdasarkan persamaan Mc.Guirre berkisar antara 128 gal hingga 134 gal. Nilai PGA terendah yaitu 128 gal terdapat pada titik ukur 28, sedangkan nilai PGA tertinggi yaitu 134 gal terdapat pada titik 11.



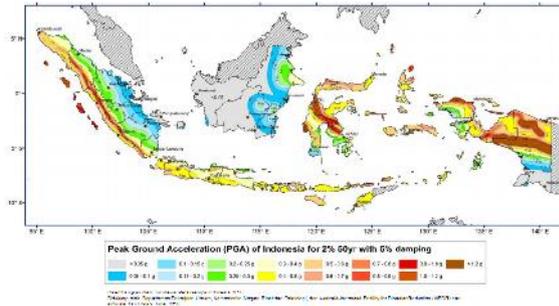
Gambar 4 Peta Kontur PGA Mc.Guirre

PGA Esteva. Dapat dilihat berdasarkan gambar 5 bahwa rentang nilai PGA berdasarkan persamaan Esteva tidaklah terlalu berbeda jauh yaitu antara 147 gal hingga 156 gal. Titik ukur 28 merupakan titik dengan nilai PGA terendah yaitu 147 dan titik tertinggi dengan nilai PGA 156 terdapat pada titik 11.



Gambar 5 Peta Kontur PGA Esteva

Perbandingan Peta Hasil Penelitian dengan Peta Hazard Gempa Indonesia. Jika dilihat pada Gambar 6, yaitu peta hazard gempa Indonesia di batuan dasar pada kondisi PGA (T=0 detik) untuk 2% PE 50 tahun, maka lokasi penelitian (daerah yang dilingkari) memiliki nilai PGA antara 0,4-0,5 g. Dimana g merupakan percepatan akibat gravitasi bumi. Sehingga 0,4 g setara dengan 392 gal dan 0,5 g setara dengan 490 gal [4]



Gambar 6 Peta Hazard Gempa Indonesia

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian, maka hasil yang didapat berbeda dengan hasil yang diperoleh Irsyam, dkk (2010), karena perhitungan PGA dengan persamaan Kanai merupakan perhitungan PGA permukaan sedangkan PGA yang dihasilkan pada peta *hazard* gempa Indonesia merupakan PGA di batuan dasar. Selain itu adanya perbedaan persamaan dan konstanta yang digunakan serta perbedaan metode dalam menganalisis nilai percepatan tanah maksimum.

KESIMPULAN

Nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan persamaan empiris Kanai berkisar antara 32 gal – 261 gal, Mc.Guirre berkisar antara 128 gal –

134 gal, dan Esteva berkisar antara 147 gal – 156 gal.

Nilai PGA yang didapatkan ketiga metode di atas berbeda dengan nilai PGA pada peta *hazard* gempa Indonesia. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu adanya perbedaan metode, persamaan empiris dan konstanta pada persamaan, serta PGA pada peta *hazard* gempa Indonesia adalah PGA pada batuan dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kapojus, C.G., Tamuntuan, G., dan Pasau, G. 2015. Analisis Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Rumusan Esteva dan Donovan. *Jurnal Ilmiah Sains* Vol.15.No.2
- [2] Douglas, J. 2011. *Ground Motion Prediction Equations 1964 – 2010*. DRGM/RP-59356-FR
- [3] Mala, H.U., Susilo, A., dan Sunaryo. 2015. Kajian Mikrotremor dan Geolistrik Resistivitas di Sekitar Jalan Arteri Primer Trans Timor Untuk Mitigasi Bencana. *Natural B*, Vol.3.No.1.
- [4] Irsyam, M., Sengara, W., Aldiamar, F., Triyoso, W., Hilman, D., Kertapati, W., dkk. 2010. Peta Hazard Gempa Indonesia 2010. Bandung : Kementerian Pekerjaan Umum.