

## **TINGKAT RISIKO GEMPA BUMI DI KABUPATEN NABIRE BERDASARKAN NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM METODE DONOVAN**

Ika Widi Astuti<sup>1</sup>  
Sangaji Hasmi Maharani Ipa<sup>2</sup>  
Indra Birawa Putra<sup>3</sup>  
Ishak Semuel Erari<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Jurusan Fisika FMIPA Universitas Papua

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Papua

*[ajiipa2022@gmail.com](mailto:ajiipa2022@gmail.com)*

Kota Nabire merupakan salah satu daerah di Provinsi Papua yang memiliki kejadian gempa yang tinggi sehingga sangat rentan terhadap bencana alam gempa bumi. Pada tahun 2004, Kota Nabire diguncang gempa dengan kekuatan 7,2 SR yang menyebabkan kerusakan pada bangunan. Tingkat risiko gempa suatu daerah dinyatakan dengan intensitas MMI (Modified Mercalli Intensity) yang diklasifikasikan berdasarkan nilai Percepatan Tanah Maksimum (Peak Ground Acceleration, PGA). Di dalam menentukan PGA digunakan Metode Empiris Donovan dengan menggunakan dua parameter yaitu magnitudo dan jarak hiposentrum. Hasil perhitungan PGA dan Klasifikasi MMI di Kota Nabire dinyatakan dalam citra dua dimensi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai PGA tertinggi yang diperoleh dengan menggunakan Metode Empiris Donovan adalah 339 gal dan digolongkan ke dalam kategori resiko sangat besar 1 dengan intensitas MMI IX-X. Nilai risiko kegempaan dengan menggunakan nilai PGA Metode Empiris Donovan lebih kecil daripada nilai risiko gempa bumi Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

*Kata Kunci: Kota Nabire, PGA, MMI, Metode Empiris Donovan.*

### **PENDAHULUAN**

Kota Nabire merupakan salah satu daerah di Tanah Papua yang mempunyai tingkat kerentanan yang cukup tinggi terhadap bencana gempa bumi. Kota Nabire dilewati patahan aktif sesar mulai dari Sorong melewati Pulau Yapen hingga bagian selatan Jayapura. Di bagian tengah terdapat patahan Ransiki atau Wandamen yang memanjang dari Manokwari ke arah Nabire. Selain itu terdapat patahan di dasar laut pada sebagian Selatan Nabire yang dinamakan Patahan Aidunan (Hamilton,1979). Akibat dari patahan tersebut, Kota Nabire telah

diguncang gempa bumi besar diantaranya gempa bumi pada tanggal 26 November 2004 pada koordinat episenter -3,61 LS dan 135,42 BT dengan kekuatan gempa 7,1 SR dan gempa bumi pada tanggal 6 Februari 2004 pada koordinat -3,62 LS dan 135,52 BT dengan kekuatan gempa 7,0 SR (BMKG Wilayah V Jayapura dan USGS). Gempa bumi di Kota Nabire mengakibatkan terjadinya kerusakan pada bangunan gedung, bangunan rumah ataupun sarana lain.

Berdasarkan frekuensi gempa yang sering terjadi dan tingkat kerusakan yang cukup tinggi akibat

gempat tersebut maka bangunan-bangunan yang ada di Daerah Nabire harus didesain sebagai bangunan tahan gempa. Perencanaan bangunan tahan gempa membutuhkan data-data parameter gempa. Semakin banyak data-data yang tersedia, perencanaan bangunan tahan gempa akan semakin baik.

Perencanaan infrastruktur tahan gempa dapat dilakukan dengan beberapa metode analisis, salah satu diantaranya adalah metode analisis linear dinamis. Di dalam metode analisis linear dinamis ini, parameter yang terlibat yaitu parameter PGA.

Percepatan adalah perubahan kecepatan dari keadaan diam hingga kecepatan tertentu. Percepatan tanah maksimum adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat akibat getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu.

Beberapa metode perhitungan PGA dengan menggunakan parameter gempa, seperti Metode *Mc. Guirre RK* menggunakan

parameter magnitudo dan jarak hiposenter (Edwiza 2008), Metode Gutterberg Richter hanya menggunakan parameter intensitas gempa (Edwiza 2008), Metode Esteva dan Metode Donovan menggunakan parameter magnitudo dan jarak hiposentrum (Budiono, 1989).

PGA diklasifikasikan menjadi 10 macam tingkat resiko berdasarkan besaran percepatan maksimum (satuan gal =  $\text{cm/s}^2$ ) dan intensitas satuan (MMI).

Pada penelitian penentuan PGA daerah Nabire digunakan Metode Donovan dengan menggunakan parameter magnitudo dan jarak hiposenter. PGA yang diperoleh diklasifikasikan menjadi 10 macam tingkat resiko dan intensitas satuan (MMI). Distribusi PGA dan MMI daerah nabire akan dicitrakan di dalam dua dimensi secara horisontal.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas pada Juni 2016. Data gempa bumi wilayah Nabire dengan batas wilayah  $3^{\circ}LU - 4^{\circ}LS$  dan  $135^{\circ}BT - 136,30^{\circ}BT$  diperoleh dari *WEBDC*, yang mengacu pada *USGS (United States Geological Survey)* dengan periode 50 tahun (1965-2015), magnitudo lebih besar dari 5 Skala Richter ( $M \geq 5$  SR) dengan kedalaman 0-60 km. Data ini yang dijadikan acuan untuk menghitung nilai PGA dengan Metode Empiris Donovan menggunakan parameter hiposentrum dan magnitudo

## Pengolahan Data

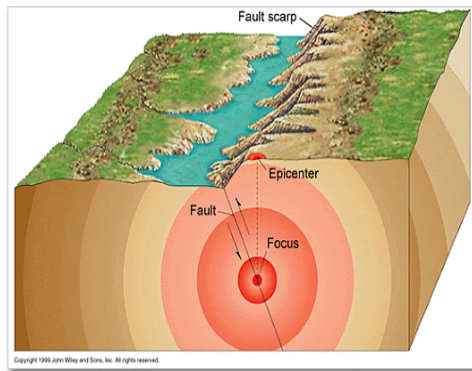
Pengolahan data pada penelitian ini ada 3 tahap, yaitu:

1. **Perhitungan Nilai (PGA)**
  - a. Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data gempa bumi tahun 1965 – 2015 yang memiliki magnitudo lebih besar dari 5 Skala Richter ( $M > 5$  SR).
  - b. Selanjutnya menghitung jarak episenter.
  - c. Menghitung jarak hiposenter
  - d. Menghitung nilai PGA dengan model Empiris Donovan (Douglas 2004).
  - e. Setelah mendapatkan nilai PGA dan koordinat lintang dan bujur kemudian diplot dalam bentuk peta kontur percepatan tanah dengan

menggunakan program *Software Surfer 10*.

### Parameter Gempa Bumi

Episenter merupakan lokasi di permukaan bumi yang merupakan proyeksi vertikal dari titik pusat gempa seperti ditunjukkan pada gambar 1. Sedangkan hiposenter merupakan pusat gempa yang berada di dalam bumi.



Gambar 1. Episenter dan *Focus* (*Hypocenter*)

Jarak episenter dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) (Edwiza dan Novita, 2008):

$\Delta^2 = ((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2)$  (1)  
 dengan  $\Delta$  adalah jarak episenter (derajat),  $x_1$  adalah lintang daerah yang ditinjau (derajat),  $y_1$  adalah bujur daerah yang ditinjau (derajat),  $x_2$  adalah lintang posisi episenter gempa berada (derajat),  $y_2$  adalah bujur posisi episenter gempa berada (derajat). Nilai hasil perhitungan jarak episenter pada persamaan (1) di dalam satuan derajat, kemudian dikonversikan dalam kilometer dimana  $1^\circ = 111$  km.

Hiposenter adalah jarak dari sumber gempa di dalam bumi dengan stasiun pengamatan. Jarak hiposenter dapat ditentukan melalui *Teorema Phytagoras*::

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2} \quad (2)$$

dengan R yaitu hiposenter (km), h yaitu kedalaman (km) dan  $\Delta$  adalah episenter (km).

### Magnitudo

Magnitudo merupakan besarnya kuat gempa, yang berhubungan dengan pelepasan energi saat gempa bumi yang tercatat pada alat seismograf. Konsep magnitudo kegempaan pertama kali diusulkan oleh Wadati dan Richter (1930). Besarnya kekuatan gempa bumi dinyatakan dalam magnitudo, yang nilainya diperoleh dari analisis jenis gelombang seismik, dan jarak stasiun pengamatan ke titik episenter.

### Perhitungan Nilai PGA

1. Nilai (PGA) dihitung menggunakan pendekatan Donovan (Douglas, 2004):

$$\alpha = 1080(e^{0.5M})/(R + 25)^{1.32} \quad (3)$$

Dengan  $\alpha$  adalah nilai PGA, M adalah magnitudo gempa, dan R adalah jarak dari pencatat ke pusat gempa (hiposenter).

### Percepatan Tanah Maksimum

Percepatan adalah suatu parameter yang didefinisikan sebagai perubahan kecepatan dari keadaan diam hingga mencapai kecepatan tertentu pada selang waktu perubahan kecepatan terjadi. Kestabilan sebuah bangunan sangat ditentukan oleh kestabilan tanahnya (Edwiza dkk, 2008). PGA adalah percepatan maksimum tanah akibat gempa dalam selang waktu tertentu. Berdasarkan nilai PGA dapat diprediksi kerusakan bangunan, yang mana pada kondisi ini dikenal sebagai intensitas.

**Intensitas Gempa**

Terdapat hubungan antara PGA dengan skala MMI (Modified Mercalli Intensity) (Gutenberg dan Richter (1942). Data percepatan tanah yang diperoleh akan digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kerentanan gempa berdasarkan skala MMI yang dapat

dilihat pada Tabel 1. Hasil tingkat risiko gempa bumi yang diperoleh berdasarkan kecepatan tanah maksimum Model Donovan akan dibandingkan dengan tingkat risiko gempa bumi Nabire hasil perhitungan Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Tabel 1 Tingkat Resiko Gempa Bumi

(Sumber: Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Peta Bencana Alam di Indonesia)

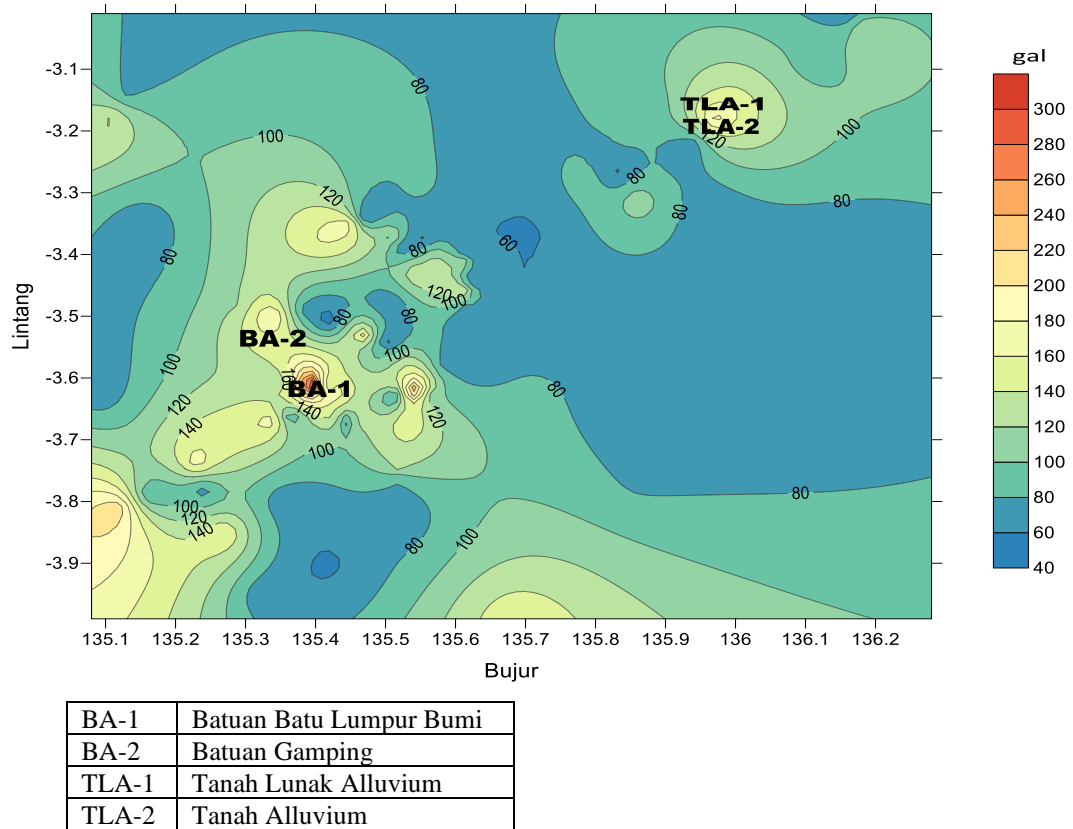
No	Tingkat Resiko	Nilai Percepatan (gal)	Intensitas (MMI)	Kode
1	Resiko sangat kecil	< 25	< VI	0
2	Resiko kecil	25 – 50	VI – VII	1
3	Resiko sedang satu	50 – 75	VII - VIII	2
4	Resiko sedang dua	75 – 100	VII - VIII	3
5	Resiko sedang tiga	100 – 125	VII - VIII	4
6	Resiko besar satu	125 – 150	VIII – IX	5
7	Resiko besar dua	150 – 200	VIII – IX	6
8	Resiko besar tiga	200 – 300	VIII – IX	7
9	Resiko sangat besar satu	300 – 600	IX – X	8
10	Resiko sangat besar dua	> 600	> X	9

**Hasil dan Pembahasan**

**Perhitungan PGA Menggunakan Metode Donovan**

Hasil perhitungan PGA menggunakan Metode Empiris Donovan pada persamaan 3, untuk gempa bumi Nabire bermagnitudo  $\geq$

5 SR, kedalaman maksimum 60 km yang terletak pada koordinat  $3^{\circ} \text{LU} - 4^{\circ} \text{LS}$  dan  $135^{\circ} \text{BT} - 136,30^{\circ} \text{BT}$  yang telah diolah dalam *Surfer 10* sehingga menghasilkan peta kontur percepatan tanah maksimum daerah Nabire seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta kontur percepatan tanah maksimum dengan menggunakan Metode Donovan

Pada Gambar 2, peta PGA di atas, nilai PGAnya berkisar antara 47,16 – 339,66 gal atau 0,047 – 0,339 g. Nilai percepatan tanah maksimum terendah berada pada koordinat -3,51 LS dan 135,42 BT masuk dalam kategori resiko kecil dengan intensitas MMI VI-VII. Sedangkan nilai percepatan tanah maksimum tertinggi terletak pada -3,61 LS dan 135,4 BT masuk dalam

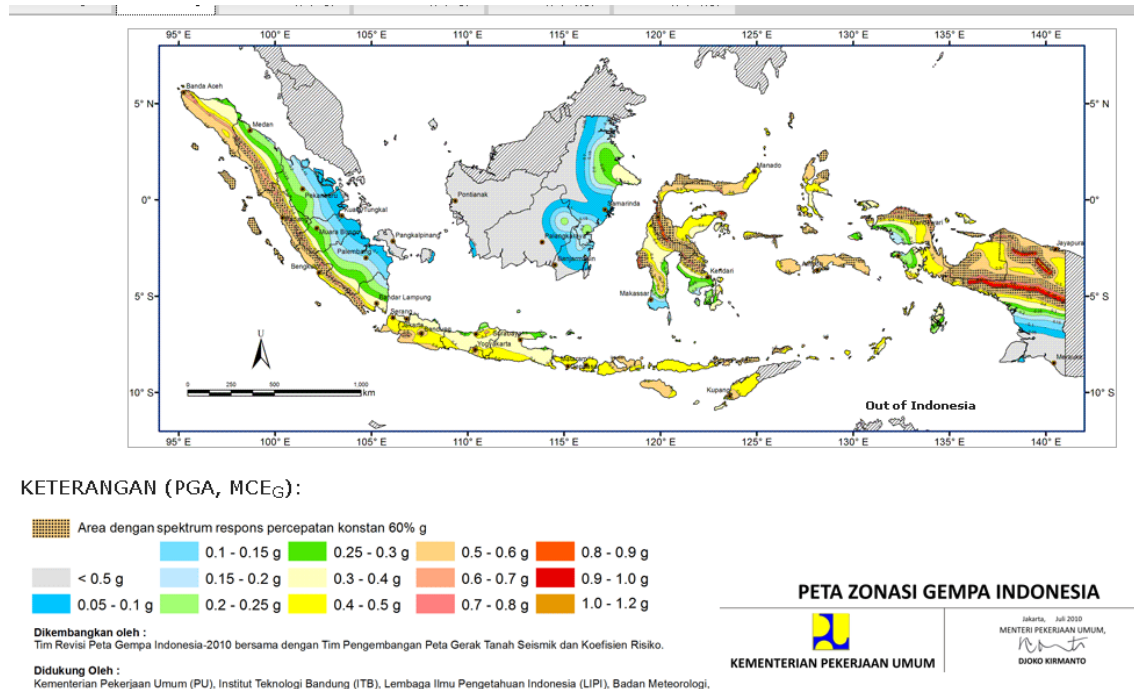
#### Peta Zonasi Gempa Indonesia 2010 oleh Kementerian PU

Pada gambar 3, wilayah Nabire ditunjukkan pada daerah berwarna coklat dengan nilai respon spektra percepatan konstan 60% g. Berdasarkan Website Kementerian Pekerjaan Umum, pada koordinat -3,61 LU dan 135,4 BT diperoleh

kategori resiko sangat besar 1 dengan intensitas MMI IX-X.

Nilai PGA ini cukup tinggi karena adanya gempa bumi yang sering terjadi di daerah tersebut sehingga wilayah Kabupaten Nabire termasuk dalam wilayah yang rawan gempa bumi sehingga sering menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan gedung dan jatuhnya korban jiwa.

nilai PGA 715 gal atau 0,715g masuk dalam kategori resiko sangat besar 2 dengan intensitas MMI >X sedangkan nilai percepatan tanah maksimum terendah diperkirakan terdapat pada koordinat -3,51 LS dan 135,42 BT yaitu 606 gal atau 0,606 g masuk dalam kategori resiko sangat besar 2 dengan intensitas MMI >X.



Gambar 3. Peta zonasi gempa oleh Kementerian Pekerjaan Umum

Tabel 2. Perbandingan Nilai PGA Hasil Perhitungan Kementerian Pekerjaan Umum RI dan Perhitungan Menggunakan Metode Donovan untuk Kabupaten Nabire

No	Lintang	Bujur	Nilai Percepatan Tanah Maksimum	
			Kementerian Pekerjaan Umum	Metode Donovan
1	-3.14	135.97	621 gal (0.621g)	143.83 gal (0.143g)
2	-3.18	135.97	670 gal (0.67g)	191.11 gal (0.191g)
3	-3.61	135.4	715 gal (0.715g)	339.66 gal (0.339g)
4	-3.67	135.34	615 gal (0.615g)	171.76 gal (0.171g)

Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) berdasarkan Website Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia dan hasil perhitungan menggunakan Metode Donovan, nilai percepatan tanah hasil perhitungan Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia lebih tinggi dibandingkan dengan

nilai PGA yang diperoleh dalam studi ini, diduga disebabkan oleh beberapa hal berikut yaitu luasan sumber seismisitas yang berbeda, model patahan yang disertakan dan jumlah data gempa bumi dengan rentang waktu yang berbeda.

## 5.1 Kesimpulan

Percepatan tanah maksimum (PGA) dari gempa bumi di Kabupaten Nabire periode 1965-2015 bermagnitudo  $\geq 5$  SR pada kedalaman 0-60 km dengan menggunakan Metode Empiris Donovan berada pada kisaran 47,16 – 339,66 gal atau 0,047 – 0,339 g. Nilai PGA terendah berada pada koordinat -3,51 LS dan 135,42 BT masuk dalam kategori resiko kecil dengan intensitas MMI VI-VII. Sedangkan nilai PGA tertinggi terletak pada -3,61 LU dan 135,4 BT masuk dalam kategori resiko sangat besar 1 dengan intensitas MMI IX-X. Sementara nilai PGA berdasarkan Peta Zonasi Gempa Indonesia Tahun 2010 berada pada kisaran 606 – 715

gal atau 0,606 – 0,715 g. Nilai PGA terendah berada pada koordinat -3,51 LS dan 135,42 BT masuk dalam kategori resiko sangat besar 2 dengan intensitas MMI  $>X$  sedangkan nilai PGA tertinggi berada pada koordinat -3,61 LU dan 135,4 BT masuk dalam kategori resiko sangat besar 2 dengan intensitas MMI  $>X$ . Nilai PGA yang berbeda ini diduga disebabkan oleh luasan sumber seismisitas yang berbeda, model patahan yang disertakan dan jumlah data gempa bumi dengan rentang waktu yang berbeda.

Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) hasil penelitian ini lebih rendah daripada yang diperoleh Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, B. 1989. **Analisis Percepatan Gempa Rancang Untuk Pusat Pembangkit Tenaga Nuklir**. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Douglas, J. 2004 . **Ground Motion Estimation Equation 1964-2003**. Departemen Of Civil and Environmental Engineering Soil Mecanic, London.
- Edwiza, D. 2008. **Analisis terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar**. *TehnikA*. Vol 1(29), 73-79.
- Edwiza, D., dan Novita, S. 2008. **Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan**
- Metode Kanai**. *TehnikA*. Vol 2(29), 111-118.
- Guttenberg, B. dan Richter, C.F., 1944. **Frequency Of Earthquake In California**. Bulletin Of The Seismological Society Of Amerika, Amerika.
- Hamilton, W. **Tectonics of The Indonesia Region**. United States Geological Survey Potensial. Paper 1078, 1-345.
- Irsyam, M., Senggara, W., Aldiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawidjaja, D, H., Kertapati, E., Meilano, I., Suhadjono., Asrurifa, M. dan Ridwan, M. 2010. **Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010 Edisi 2**. Kementrian Pekerjaan Umum, Bandung.