

## P-19

# PROBABILITAS PERCEPATAN PUNCAK TANAH PADA GEMPA SIGNIFIKAN DAN MERUSAK WILAYAH NTT

## PROBABILITY OF THE PEAK GROUND ACCELERATION OF SIGNIFICANT EARTHQUAKE AND DAMAGES IN NTT REGION

Samsul Hasibuan<sup>\*1</sup>, Rahmawati Hasibuan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta, <sup>2</sup>Polda NTT, Kupang

\*E-mail: Samsulhasibuan@gmail.com

|                     |                       |                     |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| Diterima 14-09-2020 | Diperbaiki 17-09-2020 | Disetujui 7-12-2020 |
|---------------------|-----------------------|---------------------|

### ABSTRACT

Katalog Gempa Bumi signifikan dan merusak yang di publish oleh BMKG memperlihatkan daerah, koordinat, kedalaman, serta Magnitude yang menyebabkan korban jiwa Manusia hingga kerusakan bangunan. Menurut BMKG sesar aktif dan megathrust sama-sama memicu terjadinya Gempa Bumi dahsyat. Namun, pada Gempa megathrust bisa memicu Gempa hingga mencapai Magnitude 8-9, sedangkan Gempa sesar aktif hanya memicu Gempa hingga Magnitude 7,5. Meski demikian, tingkat kerusakan akibat Gempa yang ditimbulkan tak hanya tergantung pada berapa besar Magnitude, tetapi juga jarak dengan episentrum, serta kondisi geologi lokal. Makalah ini bertujuan untuk membangun langkah mitigasi bencana, dengan mengetahui probabilitas percepatan puncak tanah (PGA) pada wilayah NTT diharapkan kontraktor sipil maupun arsitektur lebih serius dalam hal ini. Metode teorema probabilitas percepatan puncak tanah (PGA) menggunakan hubungan antara Magnitude dan tingkat keberulangan menurut Gutenberg dan Richter. Selanjutnya fungsi atenuasi dianalisis menurut Boore dkk.

**Kata kunci:** Gempa Bumi, Magnitude, NTT, Probabilitas PGA (g)

### ABSTRAK

Significant earthquake and damages catalog published by BMKG show the area, coordinates, depth and magnitude that causes human casualties and cause damage to buildings. According to the BMKG the active fault and megathrust both cause extraordinary earthquakes. However, megathrust earthquakes can cause earthquakes to reach Magnitude 8-9, whereas active fault quake only cause an earthquake to reach Magnitude 7,5. Even so, the level of damage caused by an earthquake caused not only depends on the magnitude, but also the distance to the epicenter, and local geological conditions. This papers aims to develop disaster mitigation measures, by knowing the probability of the peak ground accelerations (PGA) in NTT region, it is expected that civil and architectural contractors will be more serious in this regard. The method of the probability peak ground accelerations (PGA) theorem uses the relationship between magnitude and repeatability according to Gutenberg and Richter. Then the attenuation function was analyzed according to Boore et al.

**Keywords:** Earthquake, Magnitude, NTT, Probability PGA (g)

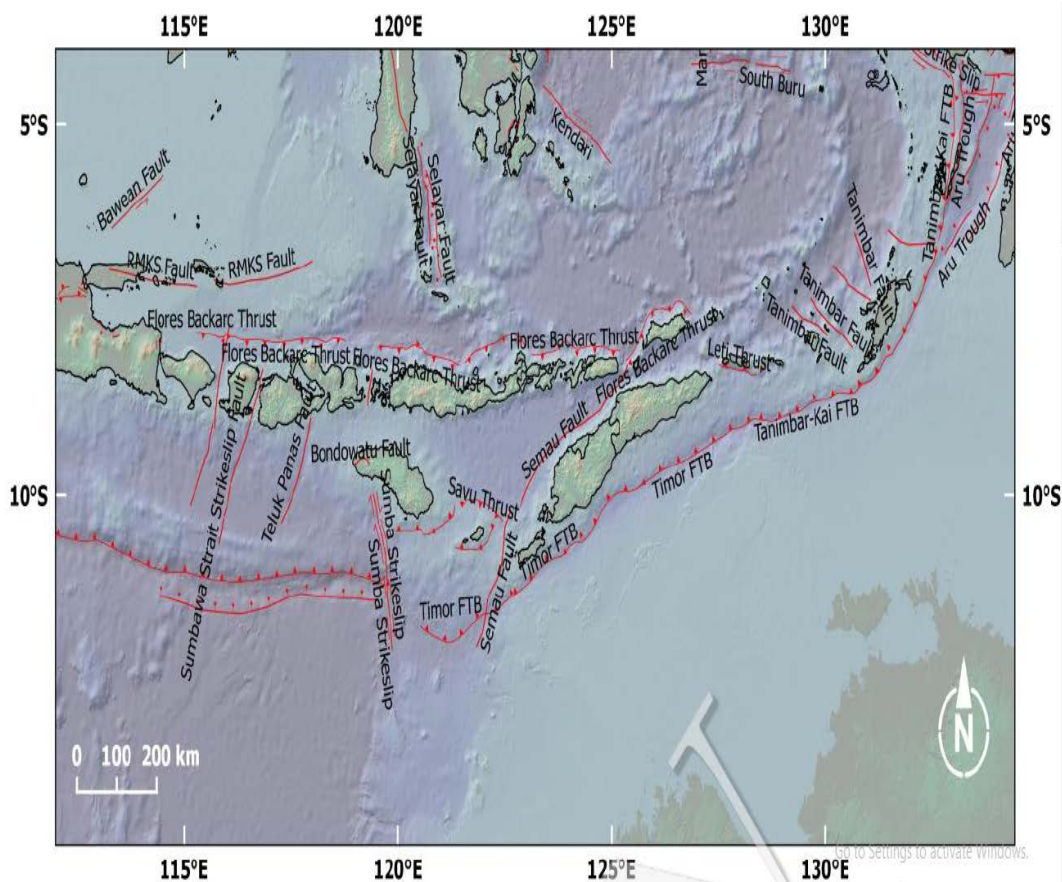
### PENDAHULUAN

Bencana alam yang sering terjadi di Indonesia salah satunya yaitu gempabumi. Gempabumi sering terjadi karena Indonesia berada pada zona pertemuan antara tiga lempeng tektonik (*triple junction plates*) yakni lempeng Eurasia, Indo-australia, dan lempeng Samudera Pasifik, sehingga mengakibatkan negara ini memiliki intensitas

gempa yang cukup tinggi. Intensitas kejadian gempa di Indonesia sangat besar, karena wilayahnya berada pada zona rawan Gempa. Keberadaan lempeng-lempeng tektonik seperti lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia yang membentang di sepanjang Pantai Barat Sumatera, Pantai Selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara sampai Maluku, pada lempeng Samudera Pasifik

dengan lempeng Indo-Australia di sepanjang pantai barat Irian, inilah yang menjadi sebab utama terjadinya Gempa-Gempa di Indonesia. Daerah perbatasan lempeng ini merupakan zona seismisitas yang aktif yang membentang sepanjang tidak kurang dari 5.600 km mulai dari Andaman sampai ke Busur Banda Timur sehingga banyak terjadi gempa bumi tektonik yang diakibatkan oleh tumbukan antar lempeng tersebut, dan sebab yang lainnya adalah karena aktivitas beberapa sesar lokal di daratan [1]. Nusa Tenggara dibagi menjadi tiga zona yaitu zona

Roo Rise, zona Argo Abyssal Plain dan zona Scott Plateau [2]. Wilayah Nusa Tenggara ke arah timur, Banda orogen membentuk zona penyangga tektonik di pertemuan tiga lempeng, Indo-Australia, Pasifik, dan Eurasia [3]. Beberapa sesar-sesar aktif baik di darat maupun lepas pantai dapat dilihat pada Gambar 1. Gempa bumi dengan intensitas dan magnitudo tertentu merupakan respon atas pergerakan lempeng aktif, sehingga dapat menyebabkan kerusakan lingkungan bahkan mengancam jiwa manusia.

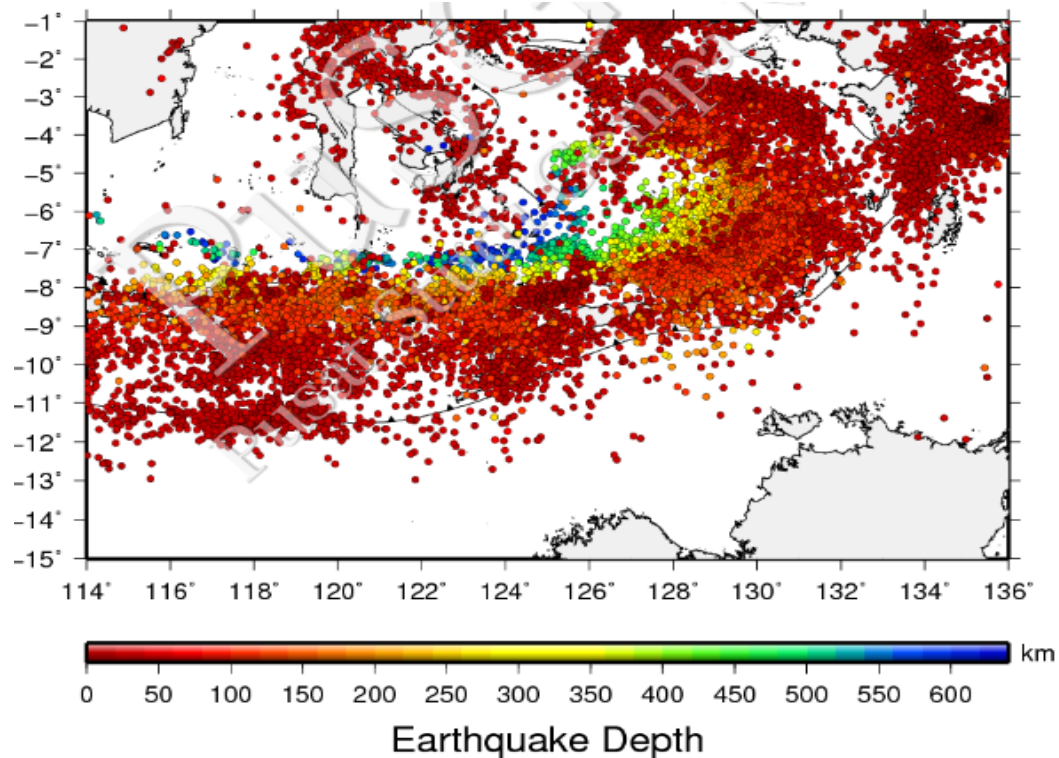


Gambar 1. Sesar aktif Daerah Bali, Nusa Tenggara dan Banda [4]

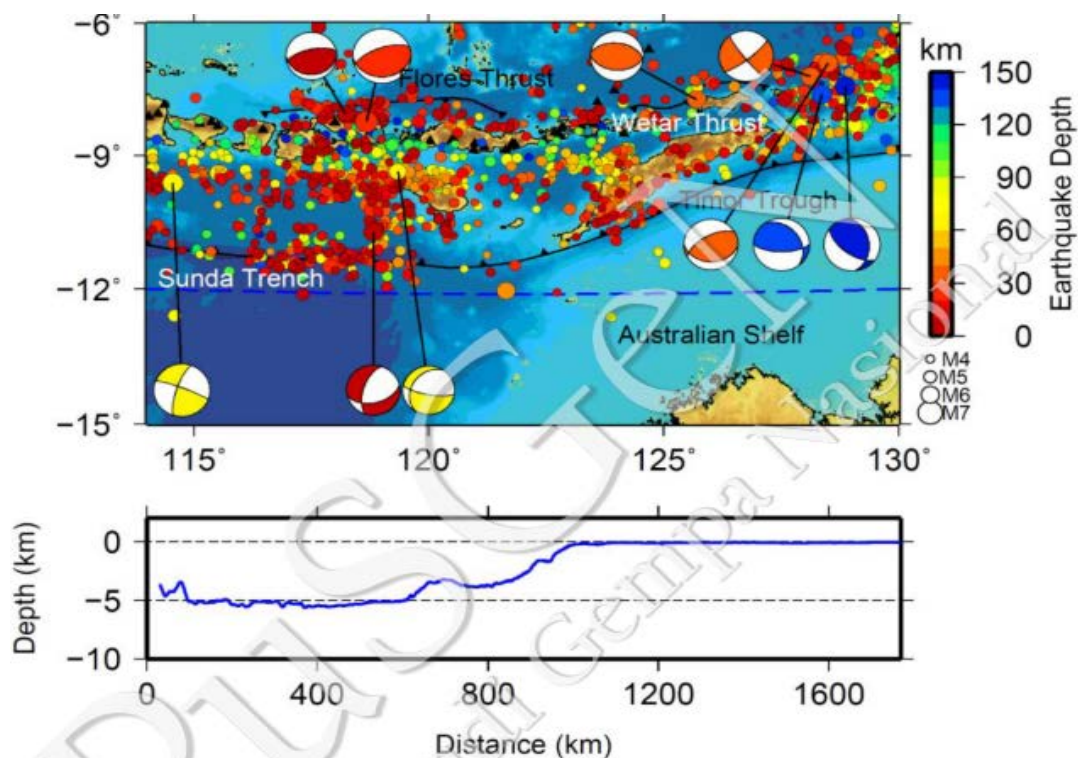
Gempa sesar aktif di Indonesia perlu diwaspadai masyarakat, selain ancaman Gempa besar yang diakibatkan oleh lempeng *megathrust*. Sesar yang bersumber di daratan dan berdekatan dengan kawasan tempat tinggal warga tentunya sangat berbahaya. Menurut BMKG [5] sesar aktif dan *megathrust* sama-sama memicu terjadinya Gempa dahsyat. Namun pada Gempa *megathrust* bisa memicu Gempa hingga mencapai *Magnitude* 8-9, sedangkan Gempa sesar aktif hanya memicu Gempa hingga *Magnitude* 7,5. Meski demikian, tingkat kerusakan akibat Gempa yang ditimbulkan

tak hanya tergantung pada berapa besar *Magnitude*, tetapi juga jarak dengan episentrum, serta kondisi geologi lokal [6]. Wilayah Bali, Nusa Tenggara dan Laut Banda merupakan zona tektonik kompleks dengan zona transisi kerak Samudera Indo-Australia dengan kerak kontinen Australia di bagian barat dan busur Banda di bagian timur dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk wilayah Nusa Tenggara Timur dan sekitarnya merupakan zona transisi antara busur Sunda dan busur Banda. Pada area ini terjadi transisi antara kerak samudra Indo-Australia di

bagian barat dan kerak kontinen Australia di bagian timur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Seismisitas dari katalog di Bali, Nusa Tenggara, dan Laut Banda untuk Gempa dengan *Magnitude*  $\geq 4,5$ . Warna menunjukkan kedalaman Gempa



Gambar 3. Episenter Gempa hasil relokasi di zona transisi Sunda-Banda dan sekitarnya untuk event dengan kedalaman lebih kecil sama dengan 150 km dan magnitudo lebih besar sama dengan 4

Katalog Gempa Bumi signifikan dan merusak yang di *publish* oleh BMKG memperlihatkan daerah, koordinat, kedalaman, serta *Magnitude* yang menyebabkan korban

korban jiwa Manusia hingga kerusakan bangunan. Katalog Gempa Bumi signifikan dan merusak Selanjutnya di rekap oleh penulis mulai tahun 1961-2018 dan

ditampilkan pada Tabel 1. jika ditinjau khusus nya yang terjadi di wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT) mengindikasikan bahwa wilayah tersebut berbahaya dan cukup rawan terjadi Gempa Bumi. Makalah ini bertujuan untuk membangun langkah mitigasi bencana, dengan mengetahui probabilitas percepatan puncak tanah (PGA) pada wilayah NTT yang rawan mengalami Gempa. Percepatan puncak tanah maksimum yang pernah terjadi di suatu tempat akibat dari Gempa Bumi menyebabkan probabilitas bahaya resiko Gempa Bumi yang terjadi semakin besar [7]. Makalah ini akan menjadi langkah yang tepat bagi kontraktor sipil maupun arsitektur untuk mendesain struktur bangunan tahan Gempa bagi keselamatan masyarakat Indonesia yang berada di wilayah NTT.

### METODE PENELITIAN

Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memetakan bahaya kegempaan secara *probabilistic*, mengukur perkiraan besar peluang sebuah daerah dengan jarak  $R$  dari pusat gempa mengalami pergerakan tanah [8]. Metode teorema probabilitas percepatan puncak tanah (PGA) pada makalah ini untuk analisis awal menggunakan Hubungan antara *Magnitude* dan tingkat keberulangan yang pertama kali diajukan oleh Gutenberg dan Richter [9] berdasarkan data yang dikumpulkan dari California bagian selatan. Berdasarkan data yang dikumpulkan, Gutenberg dan Richter menyajikan grafik hubungan antara frekuensi kejadian Gempa dengan *Magnitude* lebih besar atau sama dengan  $m$  dan *Magnitude* Gempa menurut Persamaan (1) dan (2).

$$\log N_m = a_0 - b_0 M \quad (1)$$

$$\ln N_m = \alpha_0 - \beta_0 M \quad (2)$$

dengan  $N_m$  = frekuensi kejadian Gempa dengan *Magnitude* lebih besar atau sama dengan  $m$ . Grafik yang sejenis juga dapat dinyatakan sebagai hubungan antara *Magnitude* dan laju tahunan rata-rata terlewatnya suatu Gempa dengan *Magnitude* tertentu menurut Persamaan (3) dan (4).

$$\log \lambda_m = a - bM \quad (3)$$

$$\ln \lambda_m = \alpha - \beta M \quad (4)$$

dengan  $\lambda_m$  = jumlah Gempa yang melampaui *Magnitude*  $m$  dalam kurun waktu tertentu dibagi dengan *interval* waktu (rerata laju tahunan terlampaui).  $a$ ,  $b$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  = konstanta yang diperoleh dari regresi dari Persamaan (5).

$$\lambda_m = \frac{N_m}{t_m} \quad (5)$$

dengan  $t_m$  = kurun waktu yang ditinjau dari katalog Gempa. Periode ulang Gempa dengan *Magnitude*  $m$  tertentu merupakan kebalikan dari rerata laju tahunan terlampaui Persamaan (6).

$$t_m = \frac{1}{\lambda_m} \quad (6)$$

Nilai  $10^a$  pada Persamaan (7) atau (8) menunjukkan rata-rata jumlah Gempa tahunan yang lebih besar atau sama dengan nol. Nilai  $b$  menunjukkan kecenderungan frekuensi kejadian Gempa atau Gempa kecil. Jika nilai  $b$  besar maka ini berarti jumlah kejadian Gempa besar berkurang dan jumlah kejadian Gempa kecil bertambah.

$$\lambda = 10^{a-bM} \quad (7)$$

atau

$$\lambda_m = e^{\alpha - \beta M} \quad (8)$$

Untuk mendapatkan konstanta dalam Persamaan Gutenberg dan Richter dapat dilakukan menurut Persamaan (9) dan (10).

$$\alpha = 2,303a \quad (9)$$

$$\beta = 2,303b \quad (10)$$

dimana nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  dapat diperoleh dari Persamaan (11) dan (12).

$$\beta = \frac{\sum(y - \bar{y})(x - \bar{x})}{\sum(x - \bar{x})^2} \quad (11)$$

$$\alpha = \bar{y} - \beta \bar{x} \quad (12)$$

Tabel 1. Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak Wilayah NTT Tahun 1961-2018

| No. | Wilayah<br>Tanggal   | Koordinat ( $^{\circ}$ ) |        | Depth<br>(km) | Mag | Korban/Kerusakan                                                                                                                                                                         |
|-----|----------------------|--------------------------|--------|---------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                      | Lat                      | Long   |               |     |                                                                                                                                                                                          |
| 1   | Waingapu<br>2-Okt-18 | -10,42                   | 120,20 | 23            | 6   | Korban Meninggal: -<br>Korban luka-luka: -<br>Kerusakkan: 1 jembatan di desa Hadakamali Kecamatan Wula Waijelu rusak, 3 sekolah rusak (SD Inpres Wainggai, SMPN 1 Lewa, SDN Makamenggut) |
| 2   | Lembata<br>10-Okt-17 | -8,26                    | 123,47 | 10            | 4,9 | Korban Meninggal: -<br>Korban luka-luka: -<br>Kerusakkan: Total 40 unit rumah Kab. Lembata 11 bangunan rusak berat (RB), 29 rusak ringan (RR)                                            |

| No. | Wilayah<br>Tanggal           | Koordinat ( <sup>0</sup> ) |         | Depth<br>(km) | Mag | Korban/Kerusakan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|------------------------------|----------------------------|---------|---------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                              | Lat                        | Long    |               |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3   | Waingapu<br>12-Feb-16        | -9.77                      | 119,34  | 10            | 6,6 | Korban Meninggal : -<br>Korban luka-luka : -<br>Rusak Berat (RB) : -<br>Rusak Sedang (RS) : 2 unit fasum (RSUD Sumba Barat & RS Lende Moripa)<br>Rusak Ringan (RR) : 7 unit sekolah, 10 rumah                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4   | Alor<br>04-Nov-15            | -8.20                      | 124,94  | 89            | 6,2 | Korban Meninggal : -<br>Luka-luka : 1 orang patah tulang, 7 orang luka ringan<br>Kerusakkan : Rusak Berat (RB) : 1098 unit rumah, Rusak Ringan (RR): 64 fasilitas publik (gerejaa, sekolah, puskesmas, kantor dll)                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5   | Manggarai Barat<br>20-Jan-12 | -8,76                      | 119,6   | 124,99        | 5,9 | Korban Meninggal : -<br>Kerusakkan : terjadi di 2 kelurahan dan 5 desa di Kecamatan Komodo, Kab. Manggarai Barat.<br>-Rusak Sedang (RS) : 398 unit rumah penduduk, 15 unit sekolah<br>-Rusak Ringan (RR) : 11 unit sekolah, 18 unit tempat ibadah, 1 unit Rumah Sakit, 1 unit puskesmas Total kerugian diperkirakan Rp. 11,6 Milyar                                                                                                                                                           |
| 6   | Alor<br>11-Nov-04            | -8,152                     | 124,868 | 10            | 7,5 | Korban Meninggal : 31 orang<br>Korban luka-luka : 400 orang<br>Kerusakkan : 500 rumah, 149 bangunan, 166 perkantoran dan 248 tempat ibadah rusak parah                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7   | Manggarai<br>25-Mar-03       | -7,96                      | 120,05  | 33            | 5,3 | Korban Meninggal : 4 orang Meninggal karena batu longsor,<br>Korban luka-luka : edikitnya 20 orang<br>Kerusakkan : beberapa bangunan dan sebuah dermaga rusak di sekitar Reo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8   | Flores<br>21-Mei-95          | -8,265                     | 122,977 | 28            | 5,2 | Korban Meninggal : 1 orang<br>Korban luka-luka : 5 orang<br>Kerusakkan : beberapa bangunan hancur di Adonara                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 9   | Timor<br>14-Mei-95           | -8,378                     | 125,127 | 11            | 6,5 | Korban hilang : 11 orang<br>Kerusakkan : rumah hancur akibat tsunami lokal di Tsunami lokal di sekitar dili, Kerusakkan terjadi di Maliana dan Maubara, Terjadi tanah longsor di sekitar pusat Gempa                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 10  | Sikka<br>12-Des-92           | -8,48                      | 121,896 | 28            | 7,5 | di Flores :<br>Korban Meninggal : 2.500 orang Meninggal atau hilang, termasuk 1.490 orang di Maumere dan 700 orang di Babi<br>Korban luka-luka : Lebih dari 500 orang<br>Kehilangan tempat tinggal : 90.000 orang<br>di Kalaotoa :<br>Korban Meninggal : 19 orang<br>Kerusakkan : 130 rumah hancur, sekitar 90 persen bangunan hancur di Maumere akibat Gempa dan tsunami, 50 s/d 80 persen struktur di Flores rusak atau hancur, Tanah longsor dan tanah retak dilaporkan di beberapa lokasi |
| 11  | Alor<br>04-Jul-91            | -8,099                     | 124,681 | 29            | 6,2 | Korban Meninggal : 23 orang<br>Korban luka-luka : 181 orang<br>Kehilangan tempat tinggal : 5.400 orang<br>Kerusakkan : 1.150 bangunan hancur di Kalabahi, Alor, diperkirakan kerusakan di sekitar pusat Gempa mencapai 7.7 juta USD                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12  | Sikka<br>31-Jul-89           | -8,05                      | 121,38  | 14            | 6,3 | Kerusakkan : dinding gedung stasiun Meteorologi retak-retak dan plesternya rontok                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 13  | Alor Timur<br>14-Jul-89      | -8,081                     | 125,129 | 10            | 6,4 | Korban luka-luka : 7 orang luka parah<br>Kerusakkan : 29 rumah roboh, 66 rumah, 13 gedung pemerintah, 5 masjid, dan 3 gereja rusak parah                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| No. | Wilayah<br>Tanggal           | Koordinat (°) |        | Depth<br>(km) | Mag | Korban/Kerusakan                                                                                                                                                                                                            |
|-----|------------------------------|---------------|--------|---------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                              | Lat           | Long   |               |     |                                                                                                                                                                                                                             |
| 14  | Pulau Pantar<br>26-Nov-87    | -8,4          | 124,0  | 28            | 5,8 | Korban Meninggal : 44 orang<br>Korban luka-luka : 65 orang, 42 orang luka ringan<br>Kerusakkan : 237 bangunan rusak di Pulau Pantar<br>Tanah longsor juga terjadi di Pulau, Gunung Sirung mulai erupsi pada 2 Desember 1987 |
| 15  | Flores<br>Timur<br>25-Des-82 | -9,54         | 116,78 | 33            | 4,4 | Korban Meninggal : 13 orang<br>Korban luka-luka : 17 orang, 400 orang luka ringan<br>Kerusakkan : Ratusan rumah roboh dan ribuan rusak ringan                                                                               |
| 16  | Manggarai<br>06-Agt-82       | -8,38         | 120,58 | 45            | 5,9 | Kerusakkan : 1 Rumah Sakit, 1 sekolah, dan 1 kantor pemerintahan rusak parah, 2 sekolah, 1 gereja, dan 2 klinik rusak ringan, dinding retak-retak, tanah rekah                                                              |
| 17  | Timor<br>27-Agt-77           | -8,06         | 125,3  | 25            | 6,4 | Korban meninggal : 2 orang<br>Korban luka-luka : 25 orang                                                                                                                                                                   |
| 18  | Kupang<br>30-Jul-75          | -9,9          | 123,9  | 30            | 6,1 | Kerusakkan : dinding banyak rumah rontok, tembok retak, plester rontok berjatuh, Bangunan dengan struktur yang bagus tidak rusak                                                                                            |
| 19  | Flores<br>16-Mar-61          | -8,1          | 122,3  | 45            | 6,5 | Korban meninggal : 1 orang<br>Kerusakkan : kerusakan di perkampungan di pusat Flores                                                                                                                                        |

Berdasarkan data *Magnitude* dan kedalaman Gempa Bumi signifikan dan merusak yang terjadi di Wilayah NTT selanjutnya probabilitas puncak tanah (PGA) dianalisis menurut fungsi atenuasi Boore dkk [10] dimana sumber Gempa dapat dibagi menjadi 3 segmen. Pada makalah ini penulis membagi masing masing segmen dengan jarak  $R_1 = 20$  km,  $R_2 = 30$  km dan  $R_3 = 40$  km. Untuk *Magnitude probability density functions* penulis membagi dengan dengan *interval* 0,5 dengan *Magnitude* awal adalah *Magnitude*

yang terjadi pada daerah yang ditinjau. Masing-masing *Magnitude* dan jarak tinjauan akan dicari probabilitas PGA lebih besar dari 0,10 g. Nilai probabilitas percepatan puncak tanah (PGA) ditentukan untuk probabilitas terlampaui 2%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis hubungan antara *Magnitude* dan tingkat keberulangan menurut Persamaan Gutenberg dan Richter didapatkan hasil seperti pada Tabel 2 untuk Gempa Bumi dalam kurun waktu 57 tahun.

Tabel 2. Hasil Analisis Hubungan antara *Magnitude* dan Tingkat Keberulangan

| No | x = M | N | N dinormalisasi tm | y=ln(N) | (y-ybar) | (x-xbar) | (x-xbar)^2 | (y-ybar)(x-xbar) |
|----|-------|---|--------------------|---------|----------|----------|------------|------------------|
| 1  | 4,4   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | -1,536   | 2,358      | 0,380            |
| 2  | 4,9   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | -1,036   | 1,073      | 0,256            |
| 3  | 5,2   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | -0,736   | 0,541      | 0,182            |
| 4  | 5,3   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | -0,636   | 0,404      | 0,157            |
| 5  | 5,8   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | -0,136   | 0,018      | 0,034            |
| 6  | 5,9   | 2 | 0,035              | -3,350  | 0,446    | -0,036   | 0,001      | -0,016           |
| 7  | 6,0   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | 0,064    | 0,004      | -0,016           |
| 8  | 6,1   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | 0,164    | 0,027      | -0,041           |
| 9  | 6,2   | 2 | 0,035              | -3,350  | 0,446    | 0,264    | 0,070      | 0,118            |
| 10 | 6,3   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | 0,364    | 0,133      | -0,090           |
| 11 | 6,4   | 2 | 0,035              | -3,350  | 0,446    | 0,464    | 0,216      | 0,207            |
| 12 | 6,5   | 2 | 0,035              | -3,350  | 0,446    | 0,564    | 0,318      | 0,251            |
| 13 | 6,6   | 1 | 0,018              | -4,043  | -0,248   | 0,664    | 0,441      | -0,164           |
| 14 | 7,5   | 2 | 0,035              | -3,350  | 0,446    | 1,564    | 2,447      | 0,697            |

$\bar{x} = 5,94$ ,  $\bar{y} = -3,80$ ,  $\alpha = -2,27$ ,  $\beta = 0,11$ . Dari analisis menurut Persamaan Gutenberg dan Richter untuk per satuan waktu dan persatuan panjang didapatkan persamaan akhir yaitu  $\ln(N) = 2,27 - 0,11M$ . Selanjutnya analisis dilakukan berdasarkan fungsi atenuasi Boore dkk. Hasil tinjauan

pada setiap segmen dengan masing-masing jarak dan interval *Magnitude* pada daerah-daerah di wilayah NTT yang memiliki probabilitas puncak tanah (PGA) lebih besar dari 0,10 g, ditampilkan dalam bentuk Tabel yang dapat dilihat pada Tabel 3 - Tabel 21.

Tabel 3. Hasil Analisis Gempa Waingapu, 2 Oktober 2018

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,25             | -1,00      | 0,100      | 0,492               | -1,13      | 0,075      | 0,268               | -1,22      | 0,060      | 0,131               |
| 6,75             | -0,89      | 0,129      | 0,698               | -1,02      | 0,096      | 0,452               | -1,11      | 0,077      | 0,301               |
| 7,25             | -0,78      | 0,165      | 0,869               | -0,91      | 0,123      | 0,663               | -1,00      | 0,099      | 0,492               |
| 7,75             | -0,67      | 0,212      | 0,947               | -0,80      | 0,157      | 0,846               | -0,90      | 0,127      | 0,699               |

Tabel 4. Hasil Analisis Gempa Lembata, 10 Oktober 2017

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 5,15             | -1,24      | 0,058      | 0,131               | -1,36      | 0,043      | 0,034               | -1,46      | 0,035      | 0,013               |
| 5,65             | -1,13      | 0,075      | 0,267               | -1,26      | 0,055      | 0,093               | -1,35      | 0,045      | 0,044               |
| 6,15             | -1,02      | 0,096      | 0,452               | -1,15      | 0,071      | 0,236               | -1,24      | 0,057      | 0,111               |
| 6,65             | -0,91      | 0,123      | 0,663               | -1,04      | 0,091      | 0,413               | -1,13      | 0,073      | 0,236               |

Tabel 5. Hasil Analisis Gempa Waingapu, 12 Februari 2016

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,85             | -0,87      | 0,135      | 0,732               | -1,00      | 0,101      | 0,508               | -1,09      | 0,081      | 0,337               |
| 7,35             | -0,76      | 0,174      | 0,888               | -0,89      | 0,129      | 0,698               | -0,98      | 0,104      | 0,547               |
| 7,85             | -0,65      | 0,223      | 0,957               | -0,78      | 0,165      | 0,868               | -0,88      | 0,133      | 0,732               |
| 8,35             | -0,54      | 0,286      | 0,987               | -0,67      | 0,212      | 0,947               | -0,77      | 0,171      | 0,868               |

Tabel 6. Hasil Analisis Gempa Alor, 4 November 2015

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,45             | -0,95      | 0,111      | 0,587               | -1,08      | 0,082      | 0,337               | -1,18      | 0,066      | 0,178               |
| 6,95             | -0,85      | 0,142      | 0,764               | -0,98      | 0,106      | 0,548               | -1,07      | 0,085      | 0,375               |
| 7,45             | -0,74      | 0,183      | 0,906               | -0,87      | 0,136      | 0,732               | -0,96      | 0,109      | 0,587               |
| 7,95             | -0,63      | 0,234      | 0,965               | -0,76      | 0,174      | 0,888               | -0,85      | 0,140      | 0,764               |

Tabel 7. Hasil Analisis Gempa Manggarai Barat, 20 Januari 2012

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,15             | -1,02      | 0,096      | 0,452               | -1,15      | 0,071      | 0,236               | -1,24      | 0,057      | 0,111               |
| 6,65             | -0,91      | 0,123      | 0,663               | -1,04      | 0,091      | 0,413               | -1,13      | 0,073      | 0,236               |
| 7,15             | -0,80      | 0,157      | 0,846               | -0,93      | 0,117      | 0,626               | -1,03      | 0,094      | 0,452               |
| 7,65             | -0,70      | 0,202      | 0,936               | -0,82      | 0,150      | 0,821               | -0,92      | 0,121      | 0,663               |

Tabel 8. Hasil Analisis Gempa Alor, 11 November 2004

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 7,75             | -0,67      | 0,212      | 0,947               | -0,80      | 0,157      | 0,846               | -0,90      | 0,127      | 0,698               |
| 8,25             | -0,57      | 0,272      | 0,983               | -0,69      | 0,202      | 0,936               | -0,79      | 0,163      | 0,846               |
| 8,75             | -0,46      | 0,348      | 0,996               | -0,59      | 0,259      | 0,978               | -0,68      | 0,209      | 0,947               |
| 9,25             | -0,35      | 0,447      | 0,998               | -0,48      | 0,332      | 0,994               | -0,57      | 0,267      | 0,983               |

Tabel 9. Hasil Analisis Gempa Manggarai, 25 Maret 2003

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 5,55             | -1,15      | 0,071      | 0,236               | -1,28      | 0,053      | 0,078               | -1,37      | 0,042      | 0,003               |
| 6,05             | -1,04      | 0,091      | 0,413               | -1,17      | 0,068      | 0,206               | -1,26      | 0,054      | 0,093               |
| 6,55             | -0,93      | 0,117      | 0,626               | -1,06      | 0,087      | 0,375               | -1,16      | 0,070      | 0,206               |
| 7,05             | -0,83      | 0,150      | 0,821               | -0,95      | 0,111      | 0,587               | -1,05      | 0,090      | 0,413               |

Tabel 10. Hasil Analisis Gempa Flores, 21 Mei 1995

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 5,45             | -1,17      | 0,067      | 0,21                | -1,30      | 0,050      | 0,08                | -1,39      | 0,040      | 0,03                |
| 5,95             | -1,06      | 0,087      | 0,37                | -1,19      | 0,064      | 0,18                | -1,29      | 0,052      | 0,09                |
| 6,45             | -0,95      | 0,111      | 0,58                | -1,08      | 0,082      | 0,34                | -1,18      | 0,066      | 0,21                |
| 6,95             | -0,85      | 0,142      | 0,76                | -0,98      | 0,106      | 0,54                | -1,07      | 0,085      | 0,37                |

Tabel 11. Hasil Analisis Gempa Timor, 14 Mei 1995

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,75             | -0,89      | 0,129      | 0,698               | -1,02      | 0,096      | 0,452               | -1,11      | 0,077      | 0,301               |
| 7,25             | -0,78      | 0,165      | 0,868               | -0,91      | 0,123      | 0,663               | -1,00      | 0,099      | 0,492               |
| 7,75             | -0,67      | 0,212      | 0,947               | -0,80      | 0,157      | 0,868               | -0,90      | 0,127      | 0,698               |
| 8,25             | -0,57      | 0,272      | 0,983               | -0,69      | 0,202      | 0,936               | -0,79      | 0,163      | 0,846               |

Tabel 12. Hasil Analisis Gempa Alor, 4 Juli 1991

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,45             | -0,95      | 0,111      | 0,587               | -1,08      | 0,082      | 0,337               | -1,18      | 0,066      | 0,178               |
| 6,95             | -0,85      | 0,142      | 0,764               | -0,98      | 0,106      | 0,548               | -1,07      | 0,085      | 0,375               |
| 7,45             | -0,74      | 0,183      | 0,906               | -0,87      | 0,136      | 0,732               | -0,96      | 0,109      | 0,587               |
| 7,95             | -0,63      | 0,234      | 0,965               | -0,76      | 0,174      | 0,888               | -0,85      | 0,140      | 0,764               |

Tabel 13. Hasil Analisis Gempa Sikka, 12 Desember 1992

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 7,75             | -0,67      | 0,212      | 0,947               | -0,80      | 0,157      | 0,846               | -0,90      | 0,127      | 0,698               |
| 8,25             | -0,57      | 0,272      | 0,983               | -0,69      | 0,202      | 0,936               | -0,79      | 0,163      | 0,846               |
| 8,75             | -0,46      | 0,348      | 0,996               | -0,59      | 0,259      | 0,978               | -0,68      | 0,209      | 0,947               |
| 9,25             | -0,35      | 0,447      | 0,998               | -0,48      | 0,332      | 0,994               | -0,57      | 0,267      | 0,983               |

Tabel 14. Hasil Analisis Gempa Alor Timur, 14 Juli 1989

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,65             | -0,91      | 0,123      | 0,663               | -1,04      | 0,091      | 0,413               | -1,13      | 0,073      | 0,236               |
| 7,15             | -0,80      | 0,157      | 0,846               | -0,93      | 0,117      | 0,623               | -1,03      | 0,094      | 0,452               |
| 7,65             | -0,70      | 0,202      | 0,936               | -0,82      | 0,150      | 0,821               | -0,92      | 0,121      | 0,662               |
| 8,15             | -0,59      | 0,259      | 0,974               | -0,72      | 0,192      | 0,922               | -0,81      | 0,155      | 0,821               |

Tabel 15. Hasil Analisis Gempa Sikka, 31 Juli 1989

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,55             | -0,93      | 0,117      | 0,626               | -1,06      | 0,087      | 0,375               | -1,16      | 0,070      | 0,206               |
| 7,05             | -0,83      | 0,150      | 0,821               | -0,95      | 0,111      | 0,587               | -1,05      | 0,090      | 0,413               |
| 7,55             | -0,72      | 0,192      | 0,922               | -0,85      | 0,143      | 0,793               | -0,94      | 0,115      | 0,626               |
| 8,05             | -0,61      | 0,246      | 0,973               | -0,74      | 0,183      | 0,906               | -0,83      | 0,147      | 0,794               |

Tabel 16. Hasil Analisis Gempa Pulau Pantar, 26 November 1987

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,05             | -1,04      | 0,091      | 0,413               | -1,17      | 0,068      | 0,206               | -1,26      | 0,054      | 0,093               |
| 6,55             | -0,93      | 0,117      | 0,626               | -1,06      | 0,087      | 0,375               | -1,16      | 0,070      | 0,206               |
| 7,05             | -0,83      | 0,150      | 0,821               | -0,95      | 0,111      | 0,587               | -1,05      | 0,090      | 0,413               |
| 7,55             | -0,72      | 0,192      | 0,922               | -0,85      | 0,143      | 0,794               | -0,94      | 0,115      | 0,625               |

Tabel 17. Hasil Analisis Gempa Flores Timur, 25 Desember 1982

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 4,65             | -1,34      | 0,045      | 0,043               | -1,47      | 0,034      | 0,010               | -1,57      | 0,027      | 0,002               |
| 5,15             | -1,24      | 0,058      | 0,131               | -1,36      | 0,043      | 0,034               | -1,46      | 0,035      | 0,013               |
| 5,65             | -1,13      | 0,075      | 0,268               | -1,26      | 0,055      | 0,093               | -1,35      | 0,045      | 0,043               |
| 6,15             | -1,02      | 0,096      | 0,452               | -1,15      | 0,071      | 0,236               | -1,24      | 0,057      | 0,111               |

Tabel 18. Hasil Analisis Gempa Manggarai, 6 Agustus 1982

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,15             | -1,02      | 0,096      | 0,452               | -1,15      | 0,071      | 0,236               | -1,24      | 0,057      | 0,111               |
| 6,65             | -0,91      | 0,123      | 0,663               | -1,04      | 0,091      | 0,413               | -1,13      | 0,073      | 0,236               |
| 7,15             | -0,80      | 0,157      | 0,846               | -0,93      | 0,117      | 0,626               | -1,03      | 0,094      | 0,452               |
| 7,65             | -0,70      | 0,202      | 0,936               | -0,82      | 0,150      | 0,821               | -0,92      | 0,121      | 0,663               |

Tabel 19. Hasil Analisis Gempa Timor, 27 Agustus 1977

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,65             | -0,91      | 0,123      | 0,663               | -1,04      | 0,091      | 0,413               | -1,13      | 0,073      | 0,236               |
| 7,15             | -0,80      | 0,157      | 0,846               | -0,93      | 0,117      | 0,623               | -1,03      | 0,094      | 0,452               |
| 7,65             | -0,70      | 0,202      | 0,936               | -0,82      | 0,150      | 0,821               | -0,92      | 0,121      | 0,662               |
| 8,15             | -0,59      | 0,259      | 0,974               | -0,72      | 0,192      | 0,922               | -0,81      | 0,155      | 0,821               |

Tabel 20. Hasil Analisis Gempa Kupang, 30 Juli 1975

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,35             | -0,98      | 0,106      | 0,528               | -1,11      | 0,078      | 0,288               | -1,20      | 0,063      | 0,151               |
| 6,85             | -0,87      | 0,135      | 0,718               | -1,00      | 0,101      | 0,472               | -1,09      | 0,081      | 0,321               |
| 7,35             | -0,76      | 0,174      | 0,889               | -0,89      | 0,129      | 0,683               | -0,98      | 0,104      | 0,512               |
| 7,85             | -0,65      | 0,223      | 0,967               | -0,78      | 0,165      | 0,866               | -0,88      | 0,133      | 0,719               |

Tabel 21. Hasil Analisis Gempa Flores, 16 Maret 1961

| M<br>(Magnitude) | R (Jarak)  |            |                     |            |            |                     |            |            |                     |
|------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|
|                  | 20 km      |            |                     | 30 km      |            |                     | 40 km      |            |                     |
|                  | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) | log<br>PGA | PGA<br>(g) | P (PGA ><br>0,10 g) |
| 6,75             | -0,89      | 0,129      | 0,698               | -1,02      | 0,096      | 0,452               | -1,11      | 0,077      | 0,301               |
| 7,25             | -0,78      | 0,165      | 0,868               | -0,91      | 0,123      | 0,663               | -1,00      | 0,099      | 0,492               |
| 7,75             | -0,67      | 0,212      | 0,947               | -0,80      | 0,157      | 0,868               | -0,90      | 0,127      | 0,698               |
| 8,25             | -0,57      | 0,272      | 0,983               | -0,69      | 0,202      | 0,936               | -0,79      | 0,163      | 0,846               |

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis probabilitas Gempa Bumi signifikan dan merusak yang pernah terjadi di Wilayah NTT, maka penulis menyimpulkan 1) probabilitas bahaya Gempa tertinggi yang perlu diperhatikan adalah di daerah Alor, kalabahi dan Sikka, Maumere dengan nilai probabilitas lebih besar dari 0,10 g yaitu sebesar 0,69 sampai 0,99 artinya kemungkinan terjadi puncak tanah lebih besar 0,10 g sangat mungkin dan nilai PGA pada daerah tersebut diantara rentang 0,30 g – 0,70 g untuk jarak 20 hingga 40 km. 2) Wilayah NTT yang memiliki nilai PGA terendah yaitu Flores Timur dengan rentang PGA 0,02 g – 0,05 g untuk jarak 20 hingga 40 km. 3) Secara keseluruhan Wilayah NTT memiliki nilai PGA diantara 0,02 g – 0,70 g untuk jarak 20 hingga 40 km. Adanya makalah ini diharapkan kontraktor sipil dan arsitek yang berada di Wilayah NTT dapat mempertimbangkan untuk mendesain struktur Gedung tahan Gempa demi keselamatan Jiwa Manusia.

## SARAN

Penulis menyarankan bahwa agar hasil analisis yang didapatkan lebih akurat maka perlu ditinjau seluruh kabupaten atau kota yang ada di wilayah NTT.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis pertama mengucapkan terima kasih kepada Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D. yang telah membantu menjelaskan dan memberikan refrensi selama perkuliahan pada program Pascasarjana.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Handayani, L., Hananto, N.D., Anggono, T., Syuhada., Gaol, K.L., Aribowo, S., “Penentuan Percepatan Tanah Puncak di Pulau Simeulue dengan Metode Deterministik,” *J. Lingkungan dan Bencana Geol.*, vol. 8, no. 3, hal. 135–142, 2017.
- [2] Lüschen, E., Müller, C., Kopp, H., Engels, M., Lutz, R., Planert, L., Shulgin, A., & Djajadihardja, Y.S., “Tectonophysics Structure, evolution and tectonic activity of the eastern Sunda forearc, Indonesia, from marine seismic investigations,” *Tectonophysics*, vol. 508, hal. 6–21, 2011, doi: 10.1016/j.tecto.2010.06.008.
- [3] Harris, R., “The nature of the Banda arc-continent collision in the Timor region The Nature of the Banda Arc – Continent Collision in the Timor Region,” *Front. Earth Sci.*, vol. 3, no. 7, hal. 163–211, 2011, doi: 10.1007/978.
- [4] PusGen, *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia*, 1 ed. Jakarta, 2017.
- [5] BMKG, “Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak,” 2019.
- [6] Khoiroh, M., Sulastri., Bambang, S., & Nurdianasari, L., “Analisis bahaya kegempaan di kabupaten garut dengan percepatan tanah maksimum menggunakan metode probabilitistik,” *Proceeding Semin. Nas. Kebumihan Ke-11*, hal. 1161–1170, 2018.

- [7] Sunardi, B., & Nugraha, J., “Percepatan Tanah Maksimum di Permukaan dan Percepatan Spektra Untuk Kota Makasar Berdasarkan Pendekatan Probabilistik,” *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 17, no. 1, hal. 33–46, 2016.
- [8] Baker, J.W., *An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)*, 1.3. 2008.
- [9] Gutenberg & richter, *Introductions Earthquake Magnitude*. 1944.
- [10] Boore, D.M., Joyner, W.B., & Fumal, T.E., *Estimation of Response Spectra and Peak Accelarations From Western North American Earrtquake: An Interm Report*. American, 1993.