



TUGAS AKHIR - 184838

**PEMETAAN KERAWANAN BENCANA GEMPA BUMI DENGAN
METODE ANALISIS *SEISMIC HAZARD* PROBABILISTIK STUDI
KASUS PULAU LOMBOK - NUSA TENGGARA BARAT**

SUGENG KURNIAWAN
0341154000030

DOSEN PEMBIMBING
Dr. DWA DESA WARNANA
JUAN PANDU G.N.R, S.Si, M.T.

Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RF 184838

**PEMETAAN KERAWANAN BENCANA GEMPA BUMI DENGAN
METODE ANALISIS *SEISMIC HAZARD* PROBABILISTIK STUDI
KASUS PULAU LOMBOK - NUSA TENGGARA BARAT**

SUGENG KURNIAWAN
0341154000030

DOSEN PEMBIMBING
Dr. DWA DESA WARNANA
JUAN PANDU G.N.R, S.Si, M.T.

Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RF 184838

**EARTHQUAKE MITIGATION MAPPING BASED ON SEISMIC
HAZARD PROBABILISTIC ANALYSIS METHOD FOR CASE
STUDY LOMBOK ISLAND - WEST NUSA TENGGARA**

SUGENG KURNIAWAN
0341154000030

ADVISORS

Dr. DWA DESA WARNANA
JUAN PANDU G.N.R, S.Si, M.T.

Department Of Geophysical Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo-Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

Tugas akhir ini diajukan oleh

NAMA : Sugeng Kurniawan
NRP : 0341154000030
Departemen : Teknik Geofisika
Judul Tugas Akhir : PEMETAAN KERAWANAN BENCANA
GEMPA BUMI DENGAN METODE ANALISIS
SEISMIC HAZARD PROBABILISTIK STUDI
KASUS PULAU LOMBOK – NUSA
TENGARA BARAT

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 19 Juli 2019

-
1. Dr. Dwa Desa Warnana (Pembimbing 1)
NIP. 1976 0123 200003 1 001
-
2. Juan Pandu G.N.R., S.Si, M.T. (Pembimbing 2)
NIP. 1989 0612 201504 1 003
-
3. Firmah Syaifuddin, S. Si, M.T. (Penguji 1)
NIP. 19840911 201404 1 001
-
4. M. Haris Miftakul Fajar S.T., M.Eng. (Penguji 2)
NIP. 19890208 201803 1 001

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan
Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



Dr. Prigen Widodo, M.Si.
NIP. 1979 1010 198803 1001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Pemetaan Kerawanan Bencana Gempa Bumi Dengan Metode Analisis *Seismic Hazard* Probabilistik Studi Kasus Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 19 Juli 2019

Sugeng Kurniawan
NRP. 0341154000030

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pemetaan Mitigasi Bencana Gempa Bumi Dengan Metode Analisis *Seismic Hazard* Probabilistik Studi Kasus Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat

Nama : Sugeng Kurniawan
NRP : 03411540000030
Dosen Pembimbing : Dr. Dwa Desa Warnana, S. Si, M. Si
Juan Pandu G.N.R, S.Si, MT.

ABSTRAK

Pulau Lombok terletak pada sistem *trench* Jawa-Sumba yang meliputi sistem *trench* Sunda selatan Sumba, Sumbawa, Lombok, Bali dan Jawa. Pulau ini memiliki bahaya kerentanan seismik yang cukup tinggi dengan adanya 2 sumber gempa utama yaitu Flores *Back-arc Thrust* dan Subduksi Lempeng Indo – Australia. Karena perlu dibuat peta kerentanan seismik untuk Pulau Lombok dengan metode PSHA berupa nilai PGA dan mengetahui seberapa jauh efek sumber gempa tersebut terhadap Pulau Lombok. Penelitian dimulai dengan melakukan Analisa sumber gempa pada daerah penelitian dan pengumpulan data katalog gempa. Data katalog gempa kemudian dilakukan konversi magnitudo ke *M_w* (*magnitude moment*), lalu dilakukan *De-clustering* untuk mendapatkan gempa utama. Lalu mencari nilai *a* & *b value* untuk sumber gempa *background*. Hasil dari analisis sumber gempa adalah *digitasi* titik atau lokasi dari sumber gempa (patahan & subduksi) yang berupa koordinat, kemudian dilakukan pemilihan fungsi atenuasi sesuai karakteristik sumber gempa yang merujuk pada buku PUSGEN 2017. Data *a* & *b value* untuk setiap sumber, fungsi atenuasi, dan data koordinat sumber gempa dibawa ke tahapan PSHA yang hasilnya adalah nilai percepatan spectral untuk setiap grid yang telah ditentukan pada periode ulang tahun tertentu. Dari hasil pengolahan didapatkan nilai PGA $T=0$ untuk periode ulang 500 tahun 0.23 – 0.35g, periode ulang 1000 tahun 0.28 – 0.44g, periode ulang 2500 tahun 0.35 – 0.605g. Untuk nilai PGA $T=0.2s$ periode ulang 500 tahun 0.545 – 0.845g, periode ulang 1000 tahun 0.665 – 1.14g, periode ulang 2500 tahun 0.85 – 1.5g. Untuk nilai PGA $T=1s$ untuk periode ulang 500 tahun 0.25 – 0.37g, periode ulang 1000 tahun 0.32 – 0.47g, periode ulang 2500 tahun 0.425 – 0.68g. Efek PGA terbesar dipengaruhi oleh efek subduksi lalu patahan dan terakhir akibat gempa *background*.

Kata kunci : PGA, PSHA, Pulau Lombok

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

Earthquake Mitigation Mapping Based On Seismic Hazard Probabilistic Analysis Method For Case Study Lombok Island - West Nusa Tenggara

Student Name : Sugeng Kurniawan
NRP : 03411540000030
Supervisor : Dr. Dwa Desa Warnana, S. Si, M. Si
Juan Pandu G.N.R, S.Si, MT.

ABSTRACT

The island of Lombok is located on the Java-Sumba trench system which includes the Sunda trench system south of Sumba, Sumbawa, Lombok, Bali and Java. This island has a high seismic hazard with 2 main earthquake sources, there is Flores Back-arc Thrust and Subduction of Indo-Australian Plate. Because it needs to be made a seismic vulnerability map for Lombok Island with the PSHA method in the form of PGA values and knowing how far the effect of the source of the earthquake on the island of Lombok. The study began with analyzing earthquake sources in the study area and collecting earthquake catalog data. The earthquake catalog data have to converted to Mw (magnitude moment), then de-clustering to get the main earthquake. Then look for the a & b value for the background earthquake source. The results of the earthquake source analysis are digit digitization or location of the earthquake source (fault & subduction) in the form of coordinates, then the attenuation function is selected according to the earthquake source characteristics that refer to the PUSGEN 2017. Book data a & b value for each source, attenuation function, and the earthquake source coordinate data is taken to the PSHA stage, the result of which is the spectral acceleration value for each predetermined grid in a particular birthday period. From the results of processing, the value of PGA $T = 0s$ for the 500 year return period is 0.23 - 0.35g, the return period of 1000 years is 0.28 - 0.44g, the return period of 2500 years is 0.35 - 0.605g. For PGA value $T = 0.2s$ 500 year return period 0.545 - 0.845g, 1000 year return period 0.665 - 1.14g, 2500 year return period 0.85 - 1.5g. For the PGA T value = 1s for the 500 year return period 0.25 - 0.37g, the 1000 year return period is 0.32 - 0.47g, 2500 years return period 0.425 - 0.68g. The biggest PGA effect is influenced by the subduction effect and then the fracture and finally by earthquake background effect.

Key Word : Lombok Island, PGA, PSHA

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “Pemetaan Kerawanan Bencana Gempa Bumi Dengan Metode Analisis *Seismic Hazard* Probabilistik Studi Kasus Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat”. Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan ridho-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat berjalan dan terselesaikan dengan baik
2. Keluarga atas segala doa, pengorbanan, kesabaran, dan kasih sayang yang telah diberikan tanpa rasa lelah.
3. Bapak Sigit Pramono selaku Kepala Sub Bidang Layanan Informasi Seismologi Teknik, serta Staff Seismologi Teknik Pak Fajar Budi Utomo dan Pak Fajri Syukur yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
4. Dr. Dwa Desa Warnana dan Juan Pandu G.N.R, S.Si, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir sehingga laporan ini dapat terselesaikan
5. Dosen Teknik Geofisika atas bimbingan, arahan, serta ilmu pengetahuan yang telah diberikan
6. Tenaga pendidik atas arahan dan bantuan selama penulis belajar di Departemen Teknik Geofisika ITS
7. Aliful Choirul Hakim, Erdyanti Rinta Bi Tari, Eka Harris Setyawan, dan Satya Yoga Permana yang telah mau direpotkan dalam pembuatan Tugas Akhir ini hingga selesai
8. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu

Terimakasih banyak atas doa dan dukungannya. Penulis menyadari dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 19 Juli 2019

Sugeng Kurniawan
0341154000030

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN JUDUL | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR | v |
| PERNYATAAN KEASLIAN | vi |
| TUGAS AKHIR | vii |
| ABSTRAK..... | ix |
| ABSTRACT | xi |
| KATA PENGANTAR | xiii |
| DAFTAR ISI | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvii |
| DAFTAR TABEL | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xxi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 1 |
| 1.3. Batasan Masalah | 2 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.6. Target Luaran | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 3 |
| 2.1. Daerah Penelitian | 3 |
| 2.1.1. Geologi Regional | 3 |
| 2.2. Identifikasi Sumber Gempa..... | 7 |
| 2.3. Identifikasi Magnitudo Gempa | 7 |
| 2.4. Identifikasi Jarak Gempa..... | 9 |
| 2.5. Intensitas Pergerakan Tanah..... | 10 |
| 2.6. Peak Ground Acceleration (PGA) | 12 |
| 2.7. Fungsi Atenuasi | 12 |
| 2.8. Logic Tree | 13 |
| 2.9. Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) | 15 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 19 |
| 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian | 19 |
| 3.2. Alat dan Data..... | 19 |
| 3.2.1. Alat | 19 |
| 3.2.2. Data..... | 19 |
| 3.2. Daerah Penelitian | 20 |
| 3.3. Skema Alur Penelitian..... | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4. Alur Kerja | 22 |
| 3.4.1. Pengumpulan Katalog Gempa | 22 |
| 3.4.2. Analisis Sumber Gempa | 22 |
| 3.4.3. Konversi Magnitudo Gempa | 23 |
| 3.4.4. <i>De-clustering</i> | 24 |
| 3.4.5. Digitasi Sumber Gempa | 27 |
| 3.4.6. Pemilihan Fungsi Atenuasi | 29 |
| 3.4.7. Sortir Data Gempa <i>Background</i> | 29 |
| 3.4.8. a-value, b-value, & Mc Gempa Background | 30 |
| 3.4.9. Koordinat Patahan dan Subduksi | 32 |
| 3.4.10. Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) | 36 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 43 |
| 4.1. Hasil a-value, b-value, & Mc Gempa Background | 43 |
| 4.1.1. <i>Shallow Crustal</i> (0 – 50 km) | 43 |
| 4.1.2. <i>Deep Intraslab</i> (51 – 100 km) | 44 |
| 4.1.3. <i>Deep Intraslab</i> (101 – 150 km) | 45 |
| 4.1.4. <i>Deep Intraslab</i> (151 – 200 km) | 46 |
| 4.1.5. <i>Deep Intraslab</i> (201 – 300 km) | 47 |
| 4.2. <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA) Pulau Lombok | 48 |
| 4.2.1. PGA (T=0s) 10% untuk 50 Tahun (500 Tahun) | 48 |
| 4.2.2. PGA (T=0s) 5% untuk 50 Tahun (1000 Tahun) | 50 |
| 4.2.3. PGA (T=0s) 2% untuk 50 Tahun (2500 Tahun) | 51 |
| 4.2.4. PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (500 Tahun) | 52 |
| 4.2.5. PGA (T=0.2s) 5% untuk 50 Tahun (1000 Tahun) | 53 |
| 4.2.6. PGA (T=0.2s) 2% untuk 50 Tahun (2500 Tahun) | 54 |
| 4.2.7. PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (500 Tahun) | 55 |
| 4.2.8. PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (1000 Tahun) | 56 |
| 4.2.9. PGA (T=1s) 2% untuk 50 Tahun (2500 Tahun) | 57 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 59 |
| 5.1. Kesimpulan | 59 |
| 5.2. Saran | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA | 61 |
| LAMPIRAN | 63 |
| BIOGRAFI PENULIS | 91 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Peta Geologi Pulau Lombok (ESDM, 2014) | 3 |
| Gambar 2. 2 Stratigrafi Lombok (Nova, 2009) | 5 |
| Gambar 2. 3 Peta dinamika tektonik Banda <i>arc continent</i> (Duffy et al., 2013)6 | |
| Gambar 2. 4 Distribusi pengamatan magnitudo gempa bersama dengan Gutenberg-Richter dan dibatasi hukum pengulangan Gutenberg Richter (Baker, 2008) | 9 |
| Gambar 2. 5. Ilustrasi identifikasi jarak gempa (Baker, 2008)..... | 9 |
| Gambar 2. 6 Penggambaran grafis dari contoh model prediksi gerakan tanah untuk gempa berkekuatan 6,5, dan probabilitas $PGA > 1g$ pada beberapa jarak sumber-ke-lokasi (Baker, 2008). | 10 |
| Gambar 2. 7 Logic Tree Perhitungan dengan Sumber Gempa <i>Background</i> ... | 14 |
| Gambar 2. 8 Logic Tree Perhitungan dengan Sumber Gempa Patahan | 14 |
| Gambar 2. 9 Logic Tree Perhitungan dengan Sumber Gempa Subduksi | 15 |
| Gambar 2. 10 Respon bangunan dengan prinsip <i>single-degree-of-freedom</i> | 16 |
| Gambar 3. 1 Daerah penelitian..... | 20 |
| Gambar 3. 2 Skema alir penelitian | 21 |
| Gambar 3. 3 Pengkonversian data magnitudo | 24 |
| Gambar 3. 4 Format input ZMAP | 25 |
| Gambar 3. 5 Parameter Data <i>Input</i> | 26 |
| Gambar 3. 6 Peta Seismisitas | 26 |
| Gambar 3. 7 Peta Seismisitas Hasil <i>De-Clustering</i> | 27 |
| Gambar 3. 8 Peta Patahan & Subduksi untuk Wilayah Lombok dan Sekitarnya | 28 |
| Gambar 3. 9 Peta <i>De-Clustering</i> Lombok dan Sekitarnya | 28 |
| Gambar 3. 10 Peta Gempa <i>Background</i> Lombok dan Sekitarnya | 30 |
| Gambar 3. 11 Tahapan Pengolahan <i>a-value, b-value, & Mc</i> Gempa <i>Background</i> | 31 |
| Gambar 3. 12 Nilai <i>a-value, b-value, & Mc</i> Gempa <i>Background Shallow</i> – .. | 32 |
| Gambar 3. 13 Alur Kerja Program USGS AID | 36 |
| Gambar 3. 14 Tahapan Agrid | 37 |
| Gambar 3. 15 Tahapan Hazgrid | 38 |
| Gambar 3. 16 Tahapan Filtrate..... | 40 |
| Gambar 3. 17 Tahapan HazFxnga..... | 41 |
| Gambar 3. 18 Tahapan HazSub..... | 41 |
| Gambar 4. 1 Kurva <i>Frequency – Magnitude Distribution Shallow – Crustal</i> 44 | |
| Gambar 4. 2 Kurva <i>Frequency – Magnitude Distribution Deep Intralab</i> (51 – | 45 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 3 Kurva <i>Frequency – Magnitude Distribution Deep Intraslab</i> (101 | 46 |
| Gambar 4. 4 Kurva <i>Frequency – Magnitude Distribution Deep Intraslab</i> (151 | 47 |
| Gambar 4. 5 Kurva <i>Frequency – Magnitude Distribution Deep Intraslab</i> (201 | 48 |
| Gambar 4. 6 PGA 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun)..... | 49 |
| Gambar 4. 7 PGA 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun)..... | 50 |
| Gambar 4. 8 PGA 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun)..... | 51 |
| Gambar 4. 9 PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun) | 52 |
| Gambar 4. 10 PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun) | 53 |
| Gambar 4. 11 PGA (T=0.2s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun) | 54 |
| Gambar 4. 12 PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun) | 55 |
| Gambar 4. 13 PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun) | 56 |
| Gambar 4. 14 PGA (T=1s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun) | 57 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3. 1 Data Patahan | 22 |
| Tabel 3. 2 Konversi Magnitudo (Asrurifak, 2010)..... | 23 |
| Tabel 3. 3 Fungsi Atenuasi..... | 29 |
| Tabel 3. 4 Koordinat Patahan..... | 32 |
| Tabel 3. 5 Koordinat Subduksi..... | 35 |
| Tabel 4. 1 <i>a-value, b-value, & Mc Gempa Background</i> | 43 |

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. PGA 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Background | 63 |
| Lampiran 2. PGA 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Background | 64 |
| Lampiran 3. PGA 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Background | 65 |
| Lampiran 4. PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Background | 66 |
| Lampiran 5. PGA (T=0.2s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Background | 67 |
| Lampiran 6. PGA (T=0.2s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Background | 68 |
| Lampiran 7. PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Background | 69 |
| Lampiran 8. PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Background | 70 |
| Lampiran 9. PGA (T=1s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Background | 71 |
| Lampiran 10. PGA 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Patahan | 72 |
| Lampiran 11. PGA 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Patahan | 73 |
| Lampiran 12. PGA 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Patahan | 74 |
| Lampiran 13. PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Patahan | 75 |
| Lampiran 14. PGA (T=0.2s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Patahan | 76 |
| Lampiran 15. PGA (T=0.2s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Patahan | 77 |
| Lampiran 16. PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Patahan | 78 |
| Lampiran 17. PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Patahan | 79 |
| Lampiran 18. PGA (T=1s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Patahan | 80 |
| Lampiran 19. PGA 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 81 |

| | |
|--|----|
| Lampiran 20. PGA 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 82 |
| Lampiran 21. PGA 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 83 |
| Lampiran 22. PGA ($T=0.2s$) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 84 |
| Lampiran 23. PGA ($T=0.2s$) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 85 |
| Lampiran 24. PGA ($T=0.2s$) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 86 |
| Lampiran 25. PGA ($T=1s$) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 87 |
| Lampiran 26. PGA ($T=1s$) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 88 |
| Lampiran 27. PGA ($T=1s$) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Subduksi | 89 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pulau Lombok Terletak di Provinsi Nusa Tenggara Barat. ialah gugusan pulau di sebelah timur Pulau Jawa, dari Pulau Bali di sebelah barat sehingga Pulau Timor di sebelah timur. Menurut Van Bemelen (1949), mengelompokkan Pulau Lombok ke dalam *Volcanic Inner arc Zone* bersama dengan Pulau Bali, Sumbawa, dan Flores menerus ke timur sampai Pulau Alor kemudian berakhir di Pulau Kisar. Pulau Lombok terletak pada zona subduksi Lempeng Australia dan Patahan Flores yang membuatnya rentan terhadap aktivitas kegempaan. Selama tahun 2018 telah terjadi lebih dari 400 aktivitas kegempaan (BMKG, 2018), oleh karena itu perlu dibuat peta rawan bencana gempa bumi.

Peta rawan bencana dibuat dengan menganalisa nilai percepatan tanah atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah nilai percepatan tanah yang diukur selama gempa. PGA dihitung dari besarnya magnitudo dan kedalaman gempa, percepatan gelombang memiliki suatu bidang gerak, baik secara vertikal maupun horizontal. Terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk pembuatan *seismic hazard* yaitu *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) & *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) (Sih dan Natawidjaja, 2000).

Metode PSHA merupakan teknik yang menganalisa kejadian gempa untuk periode ulang tahun tertentu dengan membuat kemungkinan (atau probabilitas) dari berbagai tingkat gerakan tanah di suatu tempat (atau peta tempat) dengan diberikan berbagai skenario kemungkinan terjadinya gempa bumi. Metode PSHA secara umum berkerja dengan memperhatikan sumber *event* gempa disertai dengan data historikal kegempaan lalu di hitung dengan *Ground Motion Prediction equation* (GMPE) Metode PSHA dipilih karena memiliki keunggulan dapat memprediksi kejadian gempa hingga ribuan tahun kedepan bergantung pada kelengkapan data yang dimilikinya dan kekurangan dari metode ini ialah banyaknya asumsi atau ketidakpastian yang timbul dalam melakukan analisis sehingga diperlukan parameter kontrol atau acuan (Baker, 2008).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian pada tugas akhir ini adalah

1. Bagaimana persebaran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) pada wilayah Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat ?
2. Bagaimana pengaruh sumber gempa terhadap hasil *seismic hazard* di Pulau Lombok?
3. Bagaimana hasil peta *seismic hazard* dengan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) ?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan topik permasalahan dalam penelitian pada tugas akhir ini, penulis memberikan batasan masalah yang meliputi :

Pengerjaan Tugas Akhir akan berfokus pada daerah penelitian Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan metode PSHA. *Input*-an yang digunakan adalah data katalog gempa, data patahan dan subduksi, serta fungsi atenuasi

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk

1. Mengetahui dan menganalisis persebaran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat
2. Mengetahui pengaruh sumber gempa terhadap hasil *seismic hazard* di Pulau Lombok
3. Mendapatkan hasil peta *seismic hazard* dengan menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA).

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah

1. memberikan informasi mengenai persebaran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA)
2. Menghasilkan peta mitigasi bencana yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh elemen masyarakat untuk mengurangi dampak dari gempa bumi.

1.6. Target Luaran

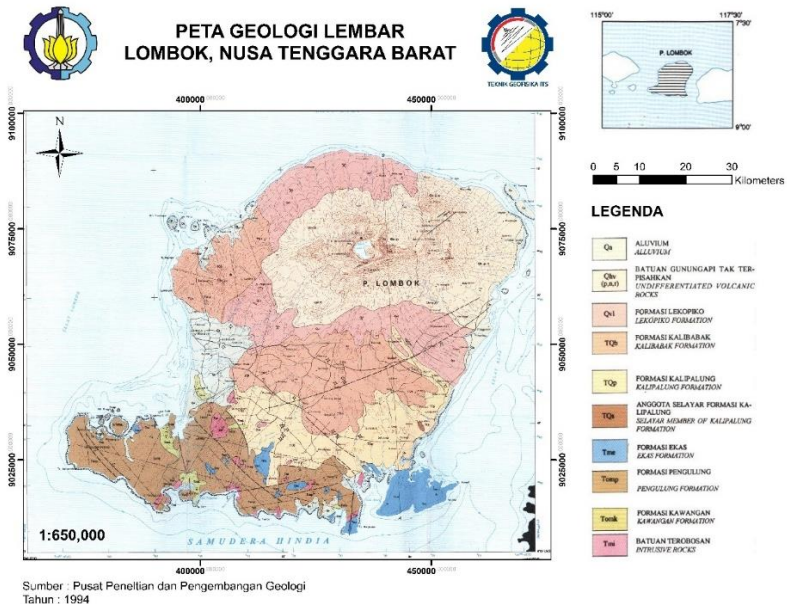
Target Luaran yang didapatkan pada penelitian ini adalah berupa Peta mitigasi rawan bencana gempa bumi Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat yang diharapkan dapat membantu masyarakat dan pemerintah daerah untuk perencanaan tata ruang kota dan evakuasi bencana.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Penelitian

2.1.1. Geologi Regional

Keadaan geologi wilayah NTB didominasi oleh batuan gunung api serta aluvium (resent). Batuan tertua berumur tersier sedangkan yang termuda berumur kuartar. Batuan tersier di Pulau Lombok terdiri dari perselingan batu pasir kuarsa, batu lempung, breksi, lava, tufa dengan lensa-lensa batu gamping, batu gamping, dan dasit. Batuan kuartar di Pulau Lombok terdiri dari perselingan breksi gampingan dan lava, breksi, lava, tufa, batu apung, dan breksi lahar. Batuan kuartar di Pulau Sumbawa terdiri dari terumbu koral terangkat, epiklastik (konglomerat), hasil gunung api tanah merah, gunung api tua, gunung api Sangiang, gunungapi Tambora, gunung api muda dan batu gamping koral. Aluvium dan endapan pantai cukup luas terdapat di Pulau Sumbawa dan Lombok (RPJM NTB, 2013).



Gambar 2. 1 Peta Geologi Pulau Lombok (ESDM, 2014)

Bagian timur Nusa Tenggara mulai dari Alor-Kambing-Wetar-Romang, disebut orogene timor dengan pusat undasi di L. Flores. Evolusi orogenik daerah Nusa Tenggara. bagian timur ini agak kompleks karena pada masa Mesozoikum muda terjadi penggelombang yang termasuk sirkum Australia menghasilkan:

1. Busur Luar, busur luar melalui P. Sawu ke timur laut.

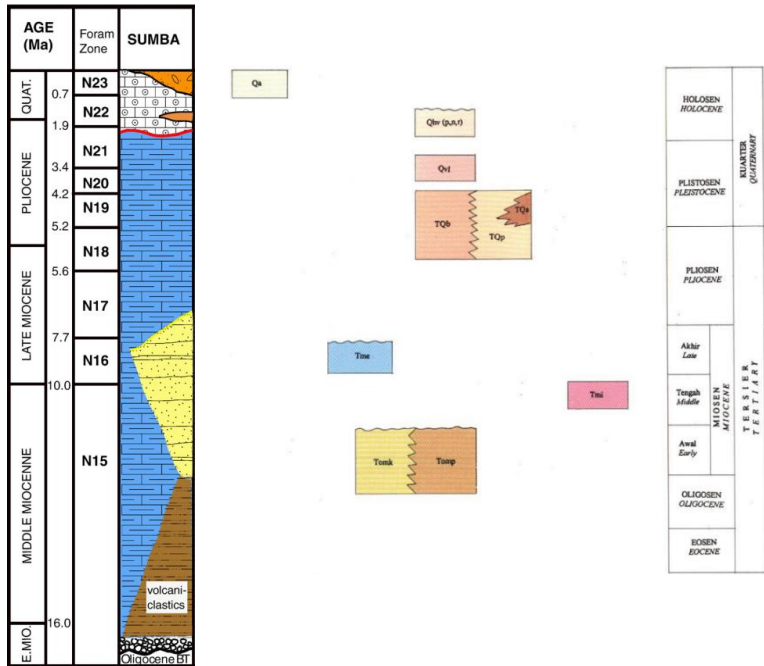
2. Busur Dalam, busur dalam dari P. Sumba kearah timur laut.

Pada periode tertier daerah ini mengalami penggelombang dengan pusat undasi di Laut Flores sebagai bagian dari sistem Pegunungan Sunda. Struktur ini terbentuk akibat tunjaman balik lempeng Eurasia terhadap lempeng Samudra Indo-Australia. Fenomena tumbukan busur benua (arc-continent collision) diduga sebagai pengendali mekanisme deformasi sesar naik ini. *Back arc thrust* membujur di Laut Flores sejajar dengan busur Kepulauan Bali dan Nusa Tenggara dalam bentuk segmen-segmen, terdapat segmen utama maupun segmen minor.

2.1.1.1. Stratigrafi Regional

Adapun rangkuman penjelasan dan pengklasifikasian batuan serta litologi Pulau Lombok menurut Badan Geologi Kementerian ESDM (2014) adalah sebagai berikut:

- a. Kelompok Endapan Aluvium (Al)
Merupakan endapan sungai, pantai dan rawa, terdiri dari pasir lanauan, lanau pasiran - lanau lempungan dan pasir lepas.
- b. Kelompok Batuan Gunung Api Tak Terpisahkan (Vr)
Merupakan hasil kegiatan Gunungapi Pusuk (Qhvp), Nangi (Qhvn) dan Rinjani (Qhvr), terdiri dari lava, breksi dan tufa. Lava, berwarna abu abu kehitaman, keras, menunjukkan struktur skorja, kadang - kadang dijumpai sebagai batuguling dan pada tebing tebing terjal dijumpai kekar.
- c. Kelompok Tufa Batuapung (Vt)
Merupakan Batuan Vulkanik Kuarter dari Formasi Lekopiko (Qvl), terdiri dari tufa batu apung, breksi lahar dan lava.
- d. Kelompok Breksi dan Lava (Bx, Lv)
Merupakan batuan vulkanik hasil kegiatan gunungapi pada masa Plio-Plistosen dan Oligo-Miosen yang termasuk dalam Formasi Kalibabak (TQb), Formasi Kalipalung (TQp) dan Formasi Pengulung (Tomp).
- e. Kelompok Batu Gamping (Ls)
Merupakan batuan dari Formasi Ekas (Tme), terdiri dari batu gamping pasiran, batugamping kristalin dan batu gamping terumbu, yang berumur Miosen Atas.



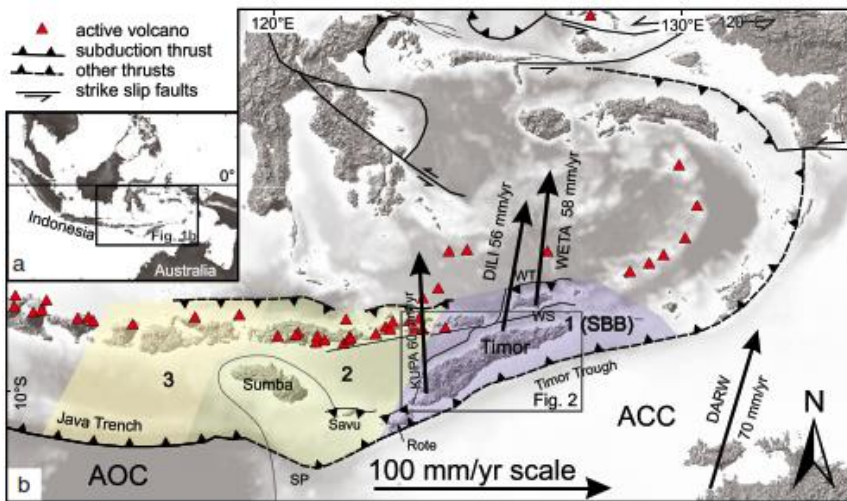
Gambar 2. 2 Stratigrafi Lombok (Nova, 2009)

- f. Kelompok Batu Pasir (Ss)
Merupakan batuan sedimen dari Formasi Kawangan (Tomk), terdiri dari perselingan batupasir, batulempung dan breksi.
- g. Kelompok Batuan Beku (Is)
Merupakan batuan terobosan (Tmi), terdiri dari batuan beku dasit dan basalt. Dasit, berwarna abu-abu muda, bertekstur afanitik hingga porfiritik, keras. Basalt, berwarna abu-abu tua hingga kehitaman.

2.1.1.2. Tektonik Regional

Secara fisiografi, kepulauan Nusa Tenggara dibatasi oleh bagian barat Jawa, di bagian timur oleh Busur Banda, di bagian utara oleh Laut Flores dan di bagian selatan oleh Samudera Hindia. Secara geologi kepulauan ini terletak di pusat Busur Banda, yang terbentuk oleh rangkaian kepulauan gunung api muda. Secara tektonik, rangkaian gunung ini akibat subduksi lempeng Indo - Australia terhadap busur banda. Sebagian besar busur dari kepulauan Nusa Tenggara dibentuk oleh zona subduksi dari lempeng Indo-australia yang berada tepat dibawah busur Sunda-Banda selama di atas kurun waktu tertier yang mana subduksi ini dibentuk di dalam busur volcanik kepulauan Nusa Tenggara

Bagian timur Nusa Tenggara mulai dari Alor-Kambing-Wetar-Romang, disebut orogene timor dengan pusat undasi di Laut Flores. Evolusi orogenik daerah Nusa Tenggara. Bagian timur ini agak kompleks karena pada masa Mesozoikum muda terjadi penggelombang yang termasuk sirkum Australia menghasilkan; (1) Busur Luar, busur luar melalui P. Sawu ke timur laut, (2) Busur Dalam, busur dalam dari P. Sumba ke arah timur laut. Namun memasuki periode tertier daerah ini mengalami penggelombang dengan pusat undasi di Laut Flores sebagai bagian dari sistem Pegunungan Sunda. Selain kerawanan seismik akibat aktivitas pertemuan lempeng, Nusa Tenggara Timur juga sangat rawan karena adanya sebuah struktur tektonik sesar naik belakang busur kepulauan yang populer dikenal sebagai back arc thrust. Struktur ini terbentuk akibat tunjaman balik lempeng Eurasia terhadap lempeng Samudra Indo-Australia. Fenomena tumbukan busur benua (arc-continent collision) diduga sebagai pengendali mekanisme deformasi sesar naik ini. Back arc thrust membujur di Laut Flores sejajar dengan busur Kepulauan Bali dan Nusa Tenggara dalam bentuk segmen-segmen, terdapat segmen utama maupun segmen minor.



Gambar 2. 3 Peta dinamika tektotnik Banda *arc continent* (Duffy et al., 2013)

Fenomena sesar naik belakang busur kepulauan ini sangat menarik untuk diteliti dan dikaji mengingat sangat aktifnya dalam membangkitkan gempa – gempa tektonik di kawasan tersebut.

2.2. Identifikasi Sumber Gempa

Sumber ini merupakan bidang atau area geografi yang didalamnya terdapat sumber seismisitas masa depan diasumsikan memiliki distribusi yang tidak bervariasi terhadap ruang dan waktu. Seismistas yang dimaksud adalah distribusi lokasi pelepasan energi dan distribusi properti sumber. Pada banyak kasus, geometri sumber area didefinisikan menggunakan data seismistas historikal. Pengaplikasian distribusi waktu dan ruang yang seragam untuk menjelaskan properti sumber gempa bahwa diperlukan interpretasi yang tepat untuk menjelaskan kejadian gempa dimasa sekarang. Pengidentifikasi sumber gempa meliputi:

- Makroseismisitas preinstrumental
- Makroseismisitas & mikroseismisitas instrumental
- Geologi crustal regional
- Model tektonik deformasi
- Mengukur atau memperkirakan tegangan crustal secara horizontal & vertikal
- Memperkirakan zona lemah

(McGuire, 2004)

2.3. Identifikasi Magnitudo Gempa

Sesar tektonik mampu menghasilkan gempa bumi dengan berbagai besar ukuran (magnitudo). Gutenberg dan Richter (1944) pertama kali mempelajari pengamatan dari besaran gempa, dan mencatat bahwa distribusi ukuran gempa ini di suatu wilayah umumnya mengikuti distribusi tertentu, diberikan sebagai berikut :

$$\log \lambda_m = a - bm \quad (2.1)$$

dimana λ_m adalah tingkatan gempa bumi dengan magnitudo lebih besar dari m , dan a dan b adalah konstanta. Persamaan ini dikenal dengan Hukum pengulangan Gutenberg-Richter.

Konstanta a dan b diperkirakan menggunakan analisis statistik pengamatan historis, dengan tambahan data penghambatan yang disediakan oleh dari bukti geologis. Nilai a menunjukkan tingkat keseluruhan gempa bumi di suatu wilayah, dan nilai b menunjukkan rasio relatif kecil dan besar magnitudo.

Persamaan 2.1 juga dapat digunakan untuk menghitung *Cumulative Distribution Function* (CDF) dengan ukuran besar gempa bumi yang lebih besar dari beberapa magnitudo minimum m_{min} (pengkondisian ini digunakan karena gempa bumi lebih kecil dari m_{min} akan diabaikan dalam perhitungan kemudian karena kurangnya teknik penting) (Baker, 2008).

$$F_M(m) = P(M \leq m | M > m_{min}) \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\lambda_{m_{min}} - \lambda_m}{\lambda_{m_{min}}} \\
&= \frac{10^{a-bm_{min}} - 10^{a-bm}}{10^{a-bm_{min}}} \\
&= 1 - 10^{-b(m-m_{min})}, m > m_{min}
\end{aligned}$$

dimana $F_M(m)$ menunjukkan fungsi distribusi kumulatif untuk M dapat menghitung *Probability Density Function* (PDF) untuk M dengan mengambil turunan dari CDF.

$$\begin{aligned}
f_M(m) &= \frac{d}{dm} F_M(m) \\
&= \frac{d}{dm} [1 - 10^{-b(m-m_{min})}] \\
&= b \ln(10) 10^{-b(m-m_{min})}, m > m_{min}
\end{aligned} \tag{2.3}$$

dimana $f_M(m)$ menunjukkan fungsi probabilitas kepadatan untuk M . Perhatikan bahwa PDF yang diberikan dalam persamaan 2.3 bergantung pada hukum Gutenberg-Richter persamaan 2.1, yang secara teoritis memprediksi besaran tanpa batas atas/maksimum. Secara umum ada batas, yaitu pada batas atas magnitudo gempa di suatu wilayah, karena ukuran yang terbatas dari sumber sesar (magnitudo gempa berhubungan dengan area ruptur seismik). Jika besaran maksimum dapat ditentukan, maka persamaan 2.2 menjadi

$$F_M(m) = \frac{1 - 10^{-b(m-m_{min})}}{1 - 10^{-b(m_{max}-m_{min})}}, m_{min} < m < m_{max} \tag{2.4}$$

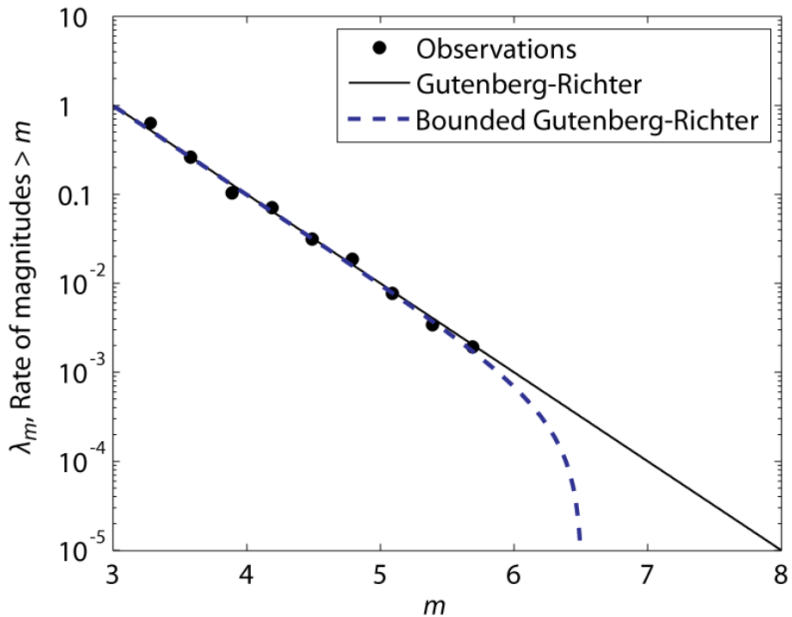
dan persamaan 2.3 menjadi

$$f_M(m) = \frac{b \ln(10) 10^{-b(m-m_{min})}}{1 - 10^{-b(m_{max}-m_{min})}}, m_{min} < m < m_{max} \tag{2.5}$$

dimana m_{max} adalah gempa maksimum yang dapat dihasilkan oleh sumber yang diberikan. Batas distribusi besaran ini disebut hukum pengulangan Gutenberg-Richter. Contoh pengamatan besaran gempa ditunjukkan pada Gambar 2.4, bersama dengan Gutenberg-Richter dan dibatasi hukum pengulangan Gutenberg-Richter yang sesuai dengan data. Untuk mengubah distribusi besaran diperlukan serangkaian besaran yang terpisah.

$$P(M = m_j) = F_M(m_{j+1}) - F_M(m_j) \tag{2.6}$$

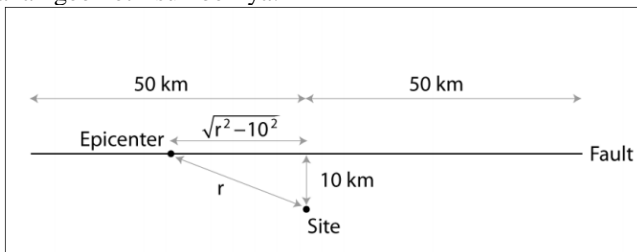
dimana m_j adalah satuan besaran diskrit, yang diurutkan sedemikian sehingga $m_j < m_{j+1}$. Perhitungan ini memberikan probabilitas terkait dengan semua besaran antara m_j dan m_{j+1} ke nilai diskrit m_j . Selama besaran diskrit berjarak dekat, pendekatan tidak akan mempengaruhi hasil numerik (Baker, 2008).



Gambar 2. 4 Distribusi pengamatan magnitudo gempa bersama dengan Gutenberg-Richter dan dibatasi hukum pengulangan Gutenberg Richter (Baker, 2008)

2.4. Identifikasi Jarak Gempa

Untuk sumber gempa yang diberikan, umumnya diasumsikan bahwa gempa bumi akan terjadi dengan probabilitas yang sama di lokasi manapun pada setiap patahan. Mengingat bahwa lokasi terdistribusi secara merata, umumnya mudah untuk mengidentifikasi distribusi jarak sumber ke lokasi hanya dengan menggunakan geometri sumbernya.

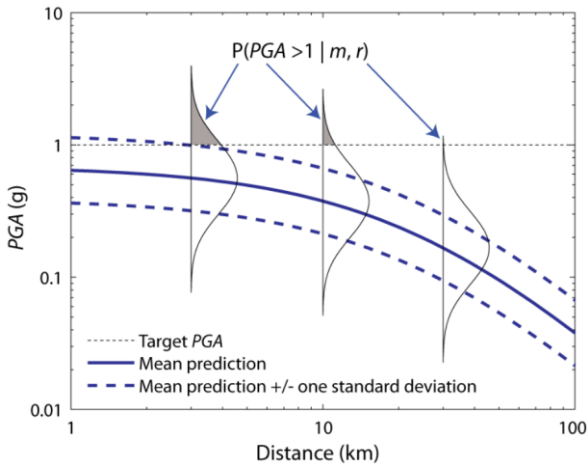


Gambar 2. 5. Ilustrasi identifikasi jarak gempa (Baker, 2008)

Arti kata "jarak" terdapat beberapa definisi yang biasa digunakan, satu dapat menggunakan jarak ke pusat gempa atau hiposenter, jarak ke titik terdekat di permukaan pecah, atau jarak ke titik terdekat pada proyeksi permukaan pecah. Perhatikan bahwa beberapa definisi jarak menjelaskan kedalaman perpecahan, sementara yang lain menganggap hanya jarak dari proyeksi permukaan yang pecah atau retak. Perhatikan juga bahwa pusat gempa dan hiposenter definisi hanya perlu mempertimbangkan lokasi inisiasi pecah/retak. Pemilihan jarak analisis akan tergantung pada *input* yang diperlukan untuk model prediksi gerakan tanah (Baker, 2008).

2.5. Intensitas Pergerakan Tanah

Langkah selanjutnya adalah model prediksi gerakan tanah. Model-model ini memprediksi distribusi probabilitas intensitas gerakan tanah, sebagai fungsi dari banyak variabel prediktor seperti besarnya gempa bumi, jarak, mekanisme sesar, kondisi permukaan dekat-permukaan, potensi kehadiran efek langsung, dll. Karena jumlah prediktor variabel besar, dan sering menulis bahwa model memprediksi intensitas gerakan tanah yang diberikan "besar, jarak, dll".



Gambar 2. 6 Penggambaran grafis dari contoh model prediksi gerakan tanah untuk gempa berkekuatan 6,5, dan probabilitas $PGA > 1g$ pada beberapa jarak sumber-ke-lokasi (Baker, 2008).

Model prediksi gerakan tanah umumnya dikembangkan menggunakan regresi statistik pada pengamatan dari perpustakaan besar dari intensitas gerakan tanah yang diamati. Ini penting, karena perhitungan PSHA perlu memperhitungkan kemungkinan hasil yang tidak mungkin seperti intensitas ekstrem yang jauh lebih besar daripada yang diperkirakan (Bommer dan

Abrahamson 2006). Untuk menggambarkan distribusi probabilitas ini, model prediksi mengambil bentuk umum berikut:

$$\ln IM = \overline{\ln IM}(M, R, \theta) + \sigma(M, R, \theta) \cdot \varepsilon \quad (2.7)$$

dimana $\ln IM$ adalah log alami dari ukuran intensitas gerakan tanah (seperti percepatan spectral pada periode tertentu); $\ln IM$ ini dimodelkan sebagai variabel acak, dan telah terlihat terwakili dengan baik oleh distribusi normal. Istilah $\overline{\ln IM}(M, R, \theta)$ dan $\sigma(M, R, \theta)$ adalah output dari model prediksi gerakan tanah; mereka adalah prediksi rata-rata dan standar deviasi, masing-masing, dari $\ln IM$.

Istilah-istilah ini merupakan fungsi dari besaran gempa (M), jarak (R) dan parameter lainnya (secara umum disebut sebagai θ). Akhirnya, ε adalah standar variabel acak normal yang mewakili variabilitas yang diamati dalam $\ln IM$. Nilai positif dari ε menghasilkan nilai $\ln IM$ yang lebih besar dari rata-rata, sementara nilai negatif ε menghasilkan nilai $\ln IM$ yang lebih kecil dari rata-rata.

Logaritma natural PGA yang telah terdistribusi secara normal, dapat dilakukan perhitungan probabilitas melebihi tingkat PGA apa pun yang menggunakan pengetahuan tentang mean dan standar deviasi.

$$P(PGA > x|m, r) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln x - \overline{\ln PGA}}{\sigma_{\ln PGA}}\right) \quad (2.8)$$

dimana $\Phi\left(\frac{\ln x - \overline{\ln PGA}}{\sigma_{\ln PGA}}\right)$ adalah fungsi distribusi kumulatif normal standar, secara prosedur umum identik ketika menggunakan model yang lebih baru; persamaan untuk memprediksi mean dan standar deviasi hanya lebih rumit. Persamaan 2.8 menggunakan fungsi distribusi kumulatif untuk menghitung $P(PGA > x|m, r)$, tetapi terkadang berguna untuk menggunakan formulasi alternatif yang menggabungkan fungsi kepadatan probabilitas untuk PGA. Memperhatikan bahwa fungsi distribusi kumulatif setara dengan integral dari fungsi kepadatan probabilitas sehingga dapat ditulis sebagai berikut :

$$P(PGA > x|m, r) = \int_x^{\infty} f_{PGA}(u) du \quad (2.9)$$

dimana $f_{PGA}(u)$ adalah fungsi kepadatan probabilitas PGA, diberikan m dan r . Berbeda dengan fungsi distribusi kumulatif $\Phi\left(\frac{\ln x - \overline{\ln PGA}}{\sigma_{\ln PGA}}\right)$, $f_{PGA}(u)$ dapat bisa ditulis secara analitis. Substitusikan dalam PDF ini menjadi

$$P(PGA > x|m, r) = \int_x^{\infty} \frac{1}{\sigma_{\ln PGA} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln u - \overline{\ln PGA}}{\sigma_{\ln PGA}}\right)^2\right) du \quad (2.10)$$

Integral ini dapat di evaluasi secara numerik dengan menggunakan *software* PSHA (Baker, 2008).

2.6. Peak Ground Acceleration (PGA)

Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah nilai percepatan tanah yang diukur selama gempa. PGA ini bisa dihitung dari besarnya magnitudo dan kedalaman gempa, kemudian dengan rumus atenuasi yang kini sudah berkembang hingga beberapa generasi. Percepatan gelombang memiliki suatu bidang gerak, baik secara vertikal maupun horizontal. Suatu gerak gelombang secara vertikal lebih berbahaya dibanding bidang gerak secara horizontal, karena akan merusak bangunan. Nilai-nilai ini bervariasi pada gempabumi dan tempat yang berbeda, tergantung pada banyak faktor, termasuk panjang *fault*, kedalaman gempa, jarak dari durasi pusat gempa, dan geologi tanah (*subsurface*). Gempabumi dangkal menghasilkan kuat getaran (percepatan) dari gempa menengah dan mendalam karena energi dilepaskan lebih dekat ke permukaan. Perambatan gelombang seismik yang menjadi akibat dari percepatan tanah maksimum.

Percepatan tanah maksimum dinyatakan dalam g (*Gravitational Acceleration* = g) atau m/s^2 ($1 g = 9,81 m/s^2$ atau dalam gal, dimana 1 gal sama dengan $0,01 m/s^2$ $1 g = 981 Gal$). Nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan menunjukkan tingkat resiko bencana yang terjadi. Nilainya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan mitigasi bencana, desain struktur bangunan dan rencana tata ruang. Karena kondisi kompleks yang mempengaruhi PGA gempabumi berkekuatan sama dapat memberikan hasil yang berbeda dengan banyak gempabumi berkekuatan moderat menghasilkan nilai PGA signifikan lebih besar dari gempa berkekuatan besar (Irwansyah dan Winarko, 2012).

2.7. Fungsi Atenuasi

Dengan tidak tersedianya data untuk menurunkan suatu fungsi atenuasi di wilayah Indonesia, pemakaian fungsi atenuasi yang diturunkan dari wilayah lain tidak dapat dihindari. Pemilihan fungsi atenuasi ini didasarkan pada kesamaan kondisi geologi dan tektonik dari wilayah dimana fungsi atenuasi itu dibuat. Fungsi atenuasi yang digunakan sebagian besar sudah menggunakan Next Generation Attenuation (NGA), dimana atenuasi ini dalam pembuatannya sudah menggunakan data gempa global (worldwide data). Rumus atenuasi yang digunakan pada penelitian ini untuk masing-masing model sumber gempa yaitu:

a. Sumber gempa shallow crustal, untuk model sumber gempa fault dan shallow background:

- (1) Boore-Atkinson NGA. (Boore dan Atkinson, 2007)
- (2) Campbell-Bozorgnia NGA. (Campbell dan Bozorgnia, 2006)
- (3) Chiou-Youngs NGA. (Chiou dan Youngs, 2006)

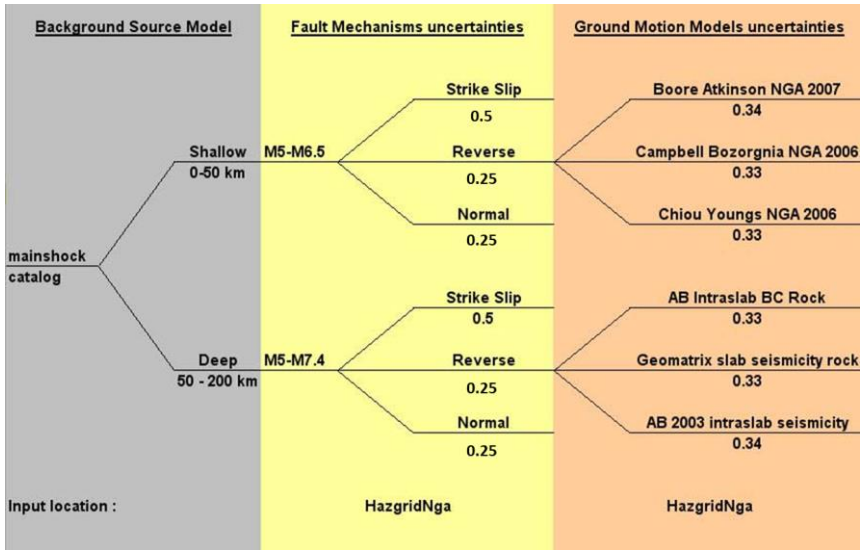
b. Sumber gempa subduksi *interface* (Megathrust), untuk model sumber gempa subduksi:

- (1) Geomatrix subduction (Youngs et al., SRL, 1997)

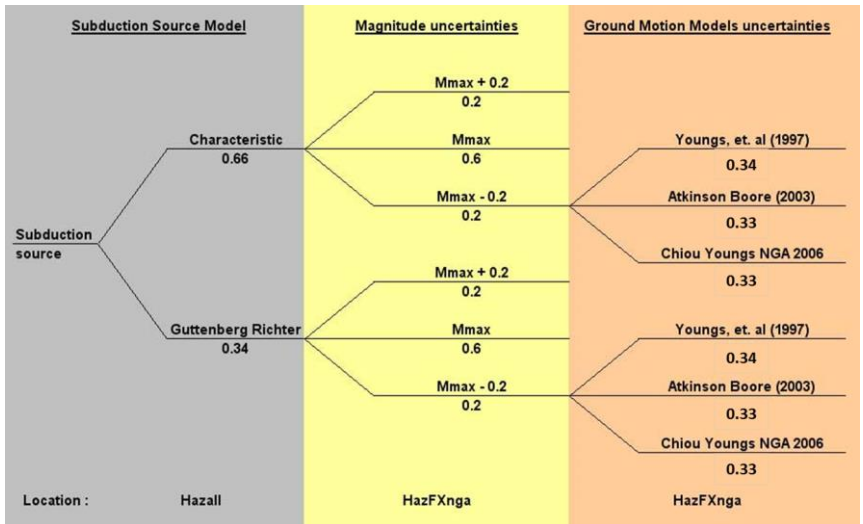
- (2) Atkinson-Boore BC rock and global source subduction. (Atkinson dan Boore, 2003)
 - (3) Zhao et al., with variable V_s -30. (Zhao et al., 2006)
- c. Sumber gempa Benioff (deep intraslab), untuk model sumber gempa deep background:
- (1) AB intraslab seismicity Cascadia region BC-rock condition. (Atkinson Boore, Cascadia 2003)
 - (2) Geomatrix slab seismicity rock, 1997 srl. July 25 2006. (Youngs et al., 1997)
 - (3) AB 2003 intraslab seismicity worldwide data region BC-rock condition. (Atkinson-Boore, Worldwide 2003)

2.8. Logic Tree

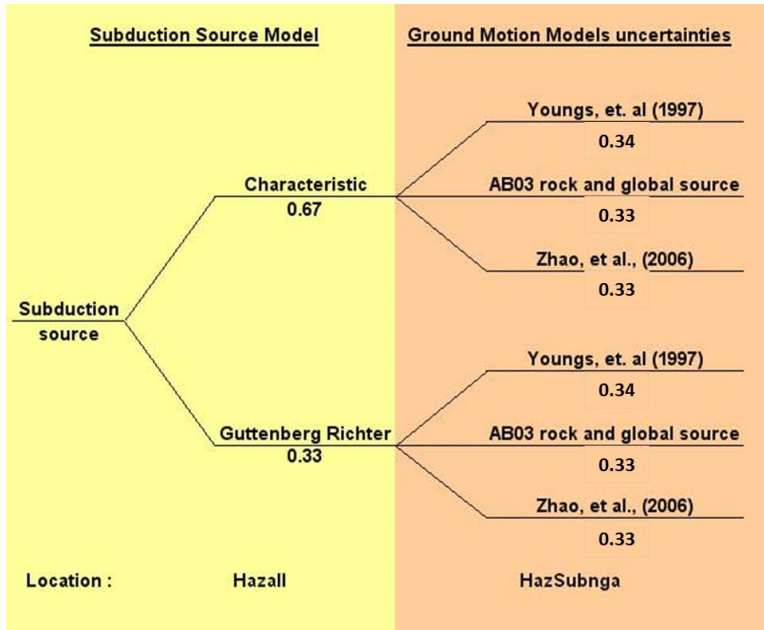
Logic Tree pertama kali diperkenalkan untuk analisis *seismic hazard* oleh (Kulkarni et al., 1984) dan menjadi alat yang populer pada analisis *seismic hazard*. *Logic Tree* ini memperhitungkan seluruh ketidakpastian dalam menentukan parameter-parameter dalam analisis *hazard* gempa dengan menggunakan probabilitas, antara lain yaitu fungsi atenuasi, pemilihan *recurrence model*, *recurrence rate*, dan magnitudo maksimum. Dengan menggunakan metode *logic tree* ini kebebasan dalam menggunakan berbagai model lebih dapat dikontrol tingkat keakuratannya karena *logic tree* memberikan faktor bobot yang berbeda-beda untuk masing-masing model. Sehingga antara model satu dengan model yang lainnya dapat dilakukan komparasi akurasi. Dengan menggunakan metode *logic tree* ini setiap alternatif yang dipilih dalam menentukan parameter-parameter tersebut diberi suatu bobot yang menggambarkan tingkat kepercayaan terhadap parameter yang digunakan. Jumlah faktor bobot dari semua alternatif metode untuk parameter yang sama harus sama dengan satu (Nugraha dkk., 2014). Gambar di bawah ini merupakan bentuk dari *logic tree* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2. 7 Logic Tree Perhitungan dengan Sumber Gempa *Background*



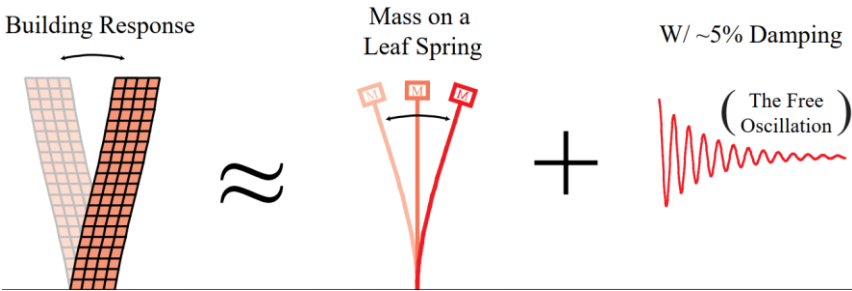
Gambar 2. 8 Logic Tree Perhitungan dengan Sumber Gempa Patahan



Gambar 2. 9 Logic Tree Perhitungan dengan Sumber Gempa Subduksi

2.9. Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)

Tujuan dari probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) adalah untuk mengukur kemungkinan (atau probabilitas) dari berbagai tingkat gerakan tanah di suatu tempat (atau peta tempat) dengan diberikan berbagai scenario kemungkinan terjadinya gempa bumi. *Peak Ground Acceleration* (PGA) telah digunakan untuk mengukur pergerakan tanah pada metode PSHA (ini digunakan untuk menentukan kekuatan lateral dan tegangan geser pada prosedur kesetaraan gaya statik dari beberapa kode bangunan, dan dalam analisis likuifaksi). Namun saat ini parameter yang sering dipergunakan adalah *Respon Spectral Acceleration* (SA), yang memberikan percepatan maksimum yang dialami oleh osilator teredam, *single-degree-of-freedom oscillator* (representasi kasar dari respons bangunan). Periode osilator dipilih sesuai dengan periode alami dari struktur dan nilai redaman biasanya ditetapkan pada batas 5% kritis.



Gambar 2. 10 Respon bangunan dengan prinsip *single-degree-of-freedom oscillator*

Perhitungan PSHA meliputi 5 tahap :

1. Identifikasi semua sumber gempa yang mampu menghasilkan gerakan tanah yang merusak.
2. Karakterisasi distribusi besaran gempa (laju di mana gempa bumi dengan berbagai perkiraan magnitudo yang akan terjadi)
3. Karakterisasi identifikasi jarak sumber gempa ke lokasi
4. Memprediksi distribusi intensitas gerakan tanah yang dihasilkan sebagai fungsi dari magnitudo gempa bumi, jarak, dll.
5. Menggabungkan ketidakpastian dalam ukuran gempa, lokasi dan intensitas gerakan tanah, menggunakan perhitungan yang dikenal sebagai teorema probabilitas total.

Dengan informasi di atas, kita dapat menggabungkannya menggunakan persamaan PSHA. Pertama-tama mempertimbangkan dua perhitungan menengah yang mempertimbangkan beberapa sumber. Pertama dihitung probabilitas melebihi intensitas IM tingkat x , mengingat terjadinya gempa di masa depan dari satu sumber tunggal. Model prediksi gerak tanah Bagian 2.6 memungkinkan kita menghitung probabilitas melebihi tingkat IM untuk magnitudo dan jarak tertentu. Besaran dan jarak dari gempa di masa depan belum diketahui, tetapi kita dapat menemukan distribusi probabilitas menggunakan persamaan 2.4 dan 2.5 kemudian menggabungkan informasi ini menggunakan teorema probabilitas total.

$$P(IM > x) = \int_{m_{min}}^{m_{max}} \int_0^{r_{max}} P(IM > x|m, r) f_M(m) f_R(r) dr dm \quad (2.11)$$

dimana $P(IM > x|m, r)$ berasal dari model gerakan tanah, $f_M(m)$ dan $f_R(r)$ adalah PDF untuk besar dan jarak, dan mengintegrasikan magnitudo dan jarak yang dipertimbangkan. Operasi integrasi menambahkan probabilitas kondisional dari pelampauan yang terkait dengan semua kemungkinan besaran dan jarak

(dengan pembobotan PDF masing-masing probabilitas pelampauan bersyarat dengan probabilitas terjadinya magnitudo dan jarak yang terkait).

Persamaan 2.12 adalah probabilitas pelampauan yang diberikan gempa bumi, dan tidak termasuk informasi tentang seberapa sering gempa terjadi pada sumber yang menjadi *interest*. Kita dapat membuat modifikasi sederhana untuk persamaan itu, untuk menghitung tingkat $IM > x$, daripada probabilitas $IM > x$ diberikan terjadinya gempa bumi.

$$\lambda(IM > x) = \lambda(M > m_{min}) \int_{m_{min}}^{m_{max}} \int_0^{r_{max}} P(IM > x|m, r) f_M(m) f_R(r) dr dm \quad (2.12)$$

dimana $\lambda(M > m_{min})$ adalah tingkat kejadian gempa bumi lebih besar dari m_{min} dari sumbernya, dan $\lambda(IM > x)$ adalah tingkatan dari $IM > x$.

Untuk menyamaratakan analisis lebih lanjut, dengan mempertimbangkan kasus dengan lebih dari satu sumber. Menyadari bahwa tingkatan dari $IM > x$ ketika mempertimbangkan semua sumber hanyalah jumlah dari tingkat $IM > x$ dari masing-masing sumber, sehingga dapat ditulis :

$$\lambda(IM > x) = \sum_{i=1}^{n_{sources}} \lambda(M_i > m_{min}) \int_{m_{min}}^{m_{max}} \int_0^{r_{max}} P(IM > x|m, r) f_{M_i}(m) f_{R_i}(r) dr dm \quad (2.13)$$

dimana $n_{sources}$ adalah jumlah sumber yang diinginkan, dan M_i atau R_i merujuk distribusi magnitudo atau jarak untuk sumber ke i

2.10. Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya dengan judul Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 (PUSGEN, 2017) diperoleh sebaran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) di seluruh Indonesia. Adapun untuk wilayah Lombok, estimasi nilai PGA yang didapat untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun yaitu 0,25 – 0,3g. Selain itu, penelitian juga pernah dilakukan terkait analisis *seismic hazard* menggunakan pengukuran mikrotremor di Kota Mataram. Hasil yang diperoleh secara umum yaitu wilayah Mataram sebelah barat mempunyai tingkat kerentanan seismik yang lebih tinggi dari Kota Mataram bagian timur (Syamsuddin, 2014).

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga Mei 2019 bertempat di Pusat Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Kemayoran – Jakarta Pusat. Pada penelitian ini menggunakan data sekunder hasil pengamatan lapangan yang telah dilakukan dengan merujuk buku yang berjudul Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 (PUSGEN 2017), Penelitian berfokus pada Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat.

3.2. Alat dan Data

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah Laptop yang telah ter-*install* perangkat lunak ArcGis untuk sistem informasi geografis, Z-MAP 6.0 yang berjalan pada MATLAB 2015 sebagai program *De-Clustering*, Ms. Excel untuk pengolahan dan manajemen data, dan USGS AID (USGS 2007) untuk analisis *seismic hazard*.

3.2.2. Data

Data yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. 4 buah Katalog Gempa yang terdiri dari
 - A. Katalog Gempa BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika)
Periode Data : 1 Januari 2015 – 20 Maret 2019
Jumlah Data : 493 event
 - B. Katalog EHB
Periode Data :1922 – 2016
Jumlah Data : 3326 event
 - C. Katalog ISC (International Seismological Center)
Periode Data : 1940 – Maret 2019
Jumlah Data : 538 event
 - D. Katalog USGS (United States Geological Survey)
Periode Data : 1940 – Maret 2019
Jumlah Data : 1521 event
2. Data pengamatan Geometrik Patahan & Subduksi
3. Fungsi Atenuasi untuk gempa *Background*, Patahan, & Subduksi
 - a. Sumber gempa shallow crustal, untuk model sumber gempa fault dan shallow background:
 - (1) Boore-Atkinson NGA. (Boore dan Atkinson, 2007)
 - (2) Campbell-Bozorgnia NGA. (Campbell dan Bozorgnia, 2006)
 - (3) Chiou-Youngs NGA. (Chiou dan Youngs, 2006)

b. Sumber gempa subduksi *interface* (Megathrust), untuk model sumber gempa subduksi:

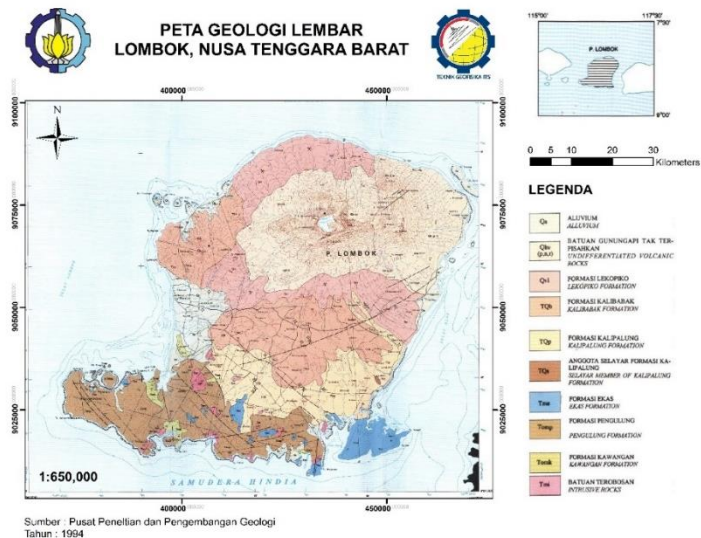
- (1) Geomatrix subduction (Youngs et al., SRL, 1997)
- (2) Atkinson-Boore BC rock and global source subduction. (Atkinson dan Boore, 2003)
- (3) Zhao et al., with variable Vs-30. (Zhao et al., 2006)

c. Sumber gempa Benioff (deep intraslab), untuk model sumber gempa deep background:

- (1) AB intraslab seismicity Cascadia region BC-rock condition. (Atkinson Boore, Cascadia 2003)
- (2) Geomatrix slab seismicity rock, 1997 srl. July 25 2006. (Youngs et al., 1997)
- (3) AB 2003 intraslab seismicity worldwide data region BC-rock condition. (Atkinson-Boore, Wordwide 2003)

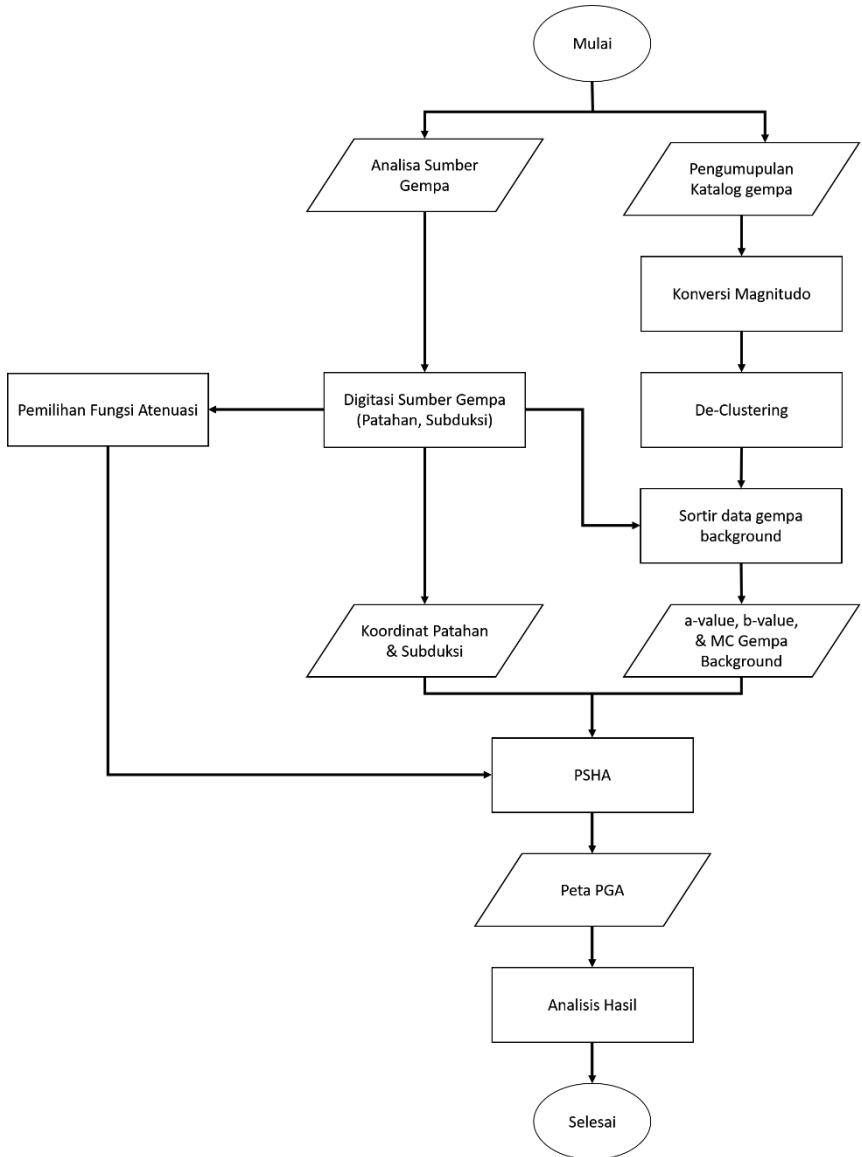
3.2. Daerah Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini berfokus pada Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat



Gambar 3. 1 Daerah penelitian

3.3. Skema Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Skema alir penelitian

3.4. Alur Kerja

Secara umum penelitian dimulai dengan melakukan analisa sumber gempa pada daerah penelitian dan pengumpulan data katalog gempa. Data katalog gempa kemudian dilakukan konversi magnitudo ke M_w (*magnitude moment*), lalu dilakukan *De-clustering* untuk mendapatkan gempa utama. Lalu mencari nilai a & b value untuk sumber gempa *background*. Hasil dari analisis sumber gempa adalah *digitasi* titik atau lokasi dari sumber gempa (patahan & subduksi) yang berupa koordinat, kemudian dilakukan pemilihan fungsi atenuasi sesuai karakteristik sumber gempa yang merujuk pada buku PUSGEN 2017. Data a & b value untuk setiap sumber, fungsi atenuasi, dan data koordinat sumber gempa dibawa ke tahapan PSHA yang hasilnya adalah nilai percepatan spektral untuk setiap *grid* yang telah ditentukan pada periode ulang tahun tertentu.

3.4.1. Pengumpulan Katalog Gempa

Pengumpulan katalog gempa bertujuan untuk menghimpun seluruh kejadian gempa yang pernah terjadi pada area penelitian. Katalog gempa berisikan informasi data gempa pada saat kejadian, yang umumnya meliputi koordinat, nama lokasi, tanggal dan waktu kejadian, serta magnitudo gempa. Semakin banyak data, data yang terhimpun semakin akurat.

Penelitian ini menggunakan 4 katalog gempa yang terdiri dari Katalog BMKG, Katalog EHB, Katalog ISC, dan Katalog USGS. Parameter pengumpulan berdasarkan lokasi daerah penelitian dan rentang nilai magnitudo 4.5 – 9.9. Total *event* yang didapatkan sebanyak 12.659 kejadian.

3.4.2. Analisis Sumber Gempa

Analisis sumber gempa didasarkan tektonikal wilayah Pulau Lombok, yang dimana terdapat 2 sumber utama gempa yaitu Subduksi Lempeng Indo-Australia, Subduksi Jawa Selatan bagian timur dan *Flores Back-arc Thrust*, disertai dengan patahan-patahan yang ada di sekitarnya. Hasil analisis sumber gempa didapatkan 16 patahan dan 2 subduksi dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Data Patahan

| Patahan | Type | Panjang (km) | Slip-rate (mm/yr) | Dip (°) |
|---------------|------|--------------|-------------------|---------|
| Bawean | SS | 156 | 0.5 | 90 |
| RMKS Barat | SS | 258 | 1.5 | 90 |
| RMKS Timur | R45S | 230 | 1.5 | 90 |
| F.B.T. NTB | R45S | 217 | 11.6 | 45S |
| F.B.T. Tengah | N60E | 173 | 11.6 | 45S |
| Selayar Barat | N60W | 152 | 0.5 | 60E |
| Selayar Timur | SS | 167 | 0.5 | 60W |
| Sumba Utara | SS | 79 | 0.5 | 90 |

| | | | | |
|-------------------|------|-----|-----|-----|
| Sumba Tengah | SS | 104 | 0.5 | 90 |
| Sumba Selatan | SS | 47 | 0.5 | 90 |
| Lombok Utara | SS | 156 | 0.5 | 90 |
| Lombok Tengah | SS | 133 | 0.5 | 90 |
| Lombok Sumbawa | R45N | 310 | 9.9 | 45N |
| Bali | R45N | 84 | 7 | 45N |
| Sape | SS | 54 | 0.5 | 90 |
| Teluk Panas Utara | SS | 175 | 0.5 | 90 |

3.4.3. Konversi Magnitudo Gempa

Konversi Magnitudo dilakukan untuk menyamakan jenis magnitudo, karena jenis yang terdapat pada suatu *event* dapat beragam. Untuk mendapatkan *a-value* & *b-value* diperlukan satu jenis magnitudo yang sama dengan menggunakan M_w (*Magnitude Moment*) dimana tidak tersedia pada setiap *event*. Dalam melakukan konversi harus menggunakan satu acuan tabel konversi, pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan konversi yang dibuat oleh Asrurifak pada tahun 2010.

Tabel 3. 2 Konversi Magnitudo (Asrurifak, 2010)

| Korelasi Konversi | Jml Data (Events) | Range Data | Kesesuaian (R^2) |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| $M_w = 0.143M_s^2 - 1.051M_s + 7.285$ | 3.173 | $4.5 \leq M_s \leq 8.6$ | 93.9% |
| $M_w = 0.114m_b^2 - 0.556m_b + 5.560$ | 978 | $4.9 \leq m_b \leq 8.2$ | 72.0% |
| $M_w = 0.787M_E + 1.537$ | 154 | $5.2 \leq M_E \leq 7.3$ | 71.2% |
| $m_b = 0.125M_L^2 - 0.389x + 3.513$ | 722 | $3.0 < M_L < 6.2$ | 56.1% |
| $M_L = 0.717M_D + 1.003$ | 384 | $3.0 \leq M_D \leq 5.8$ | 29.1% |

Pada proses konversi magnitudo perhatikan batas nilai minimum dan maksimum magnitudo yang dapat dimasukkan kedalam persamaan korelasi, hal ini penting dilakukan karena persamaan tersebut dibuat dengan rentang nilai data pada saat persamaan korelasi tersebut dibuat. Pengolahan yang telah dilakukan berdasarkan acuan konversi magnitudo tersebut didapatkan dari 12.659 data gempa tersisa 5.540 data

| time | latitude | longitude | depth | mag | magType | Pusgen 2010 | | |
|------------------|----------|-----------|-------|-----|---------|-------------|----------|---------|
| | | | | | | ML | mb | Mw |
| -09-02T10:36:28. | -11.04 | 119.149 | 33 | 6 | mb | | | 6.328 |
| -03-03T22:50:10. | -8.232 | 121.438 | 30 | 6 | mb | | | 6.328 |
| -12-19T04:43:01. | -9.436 | 119.452 | 58 | 6 | mb | | | 6.328 |
| -12-12T06:38:29. | -8.517 | 121.928 | 20.8 | 6.1 | mb | | | 6.41034 |
| -05-30T09:38:52. | -8.207 | 115.949 | 25 | 6.1 | mb | | | 6.41034 |
| -08-25T18:09:10. | -10.443 | 119.072 | 33 | 6.1 | mb | | | 6.41034 |
| -08-25T18:05:10. | -10.743 | 119.268 | 33 | 6.1 | mb | | | 6.41034 |
| -08-19T06:43:30. | -10.566 | 118.386 | 33 | 6.1 | mb | | | 6.41034 |
| -08-19T05:08:41. | -11.145 | 118.388 | 33 | 6.1 | mb | | | 6.41034 |
| -10-31T08:14:09. | -11.437 | 118.225 | 33 | 6.3 | mb | | | 6.58186 |
| -01-23T05:45:30. | -7.478 | 119.905 | 614 | 6.4 | mb | | | 6.67104 |
| -04-10T20:52:18. | -11.36 | 116.685 | 33 | 6.7 | mb | | | 6.95226 |
| -01-02T02:27:29. | -8.493 | 117.385 | 182.9 | 4.5 | md | 4.2295 | 4.103808 | |
| -08-08T07:18:15. | -9.57 | 122.225 | 123.4 | 4.6 | md | 4.3012 | 4.152373 | |
| -07-27T17:15:18. | -8.134 | 118.562 | 152.9 | 4.6 | md | 4.3012 | 4.152373 | |
| -03-07T18:01:41. | -9.743 | 119.886 | 66.4 | 4.6 | md | 4.3012 | 4.152373 | |
| -04-18T01:18:30. | -8.671 | 114.816 | 111.5 | 4.6 | md | 4.3012 | 4.152373 | |
| -01-16T02:06:35. | -8.354 | 117.608 | 33 | 4.6 | md | 4.3012 | 4.152373 | |
| -01-04T22:07:19. | -9.482 | 118.344 | 33 | 4.6 | md | 4.3012 | 4.152373 | |
| -02-08T13:45:45. | -9.322 | 114.032 | 58.2 | 4.7 | md | 4.3729 | 4.202224 | |
| -05-04T20:45:44. | -7.589 | 120.074 | 427.4 | 4.7 | md | 4.3729 | 4.202224 | |
| -03-06T02:11:09. | -9.205 | 112.364 | 33 | 5.2 | ml | | 3.513 | |
| -09-10T22:22:16. | -11.709 | 116.85 | 33 | 4.5 | ms | | | 5.45125 |
| -07-29T13:13:37. | -10.639 | 113.27 | 33 | 4.7 | ms | | | 5.50417 |
| -12-03T14:29:51. | -10.666 | 112.158 | 33 | 4.8 | ms | | | 5.53492 |
| -06-05T04:13:25. | -10.613 | 113.322 | 27.5 | 4.8 | ms | | | 5.53492 |
| -07-18T09:15:24. | -8.2 | 121.775 | 33.9 | 4.9 | ms | | | 5.56853 |
| -06-13T06:49:31. | -10.775 | 113.632 | 27.5 | 5 | ms | | | 5.605 |
| -06-03T05:10:07. | -10.219 | 113.508 | 33 | 5 | ms | | | 5.605 |
| -03-26T11:23:09. | -5.667 | 112.873 | 33 | 5 | ms | | | 5.605 |
| -03-24T17:35:09. | -11.207 | 118.309 | 22.7 | 5.1 | ms | | | 5.64433 |
| -03-25T04:51:32. | -11.468 | 119.189 | 33 | 5.1 | ms | | | 5.64433 |
| -03-04T14:28:37. | -8.158 | 116.357 | 33 | 5.1 | ms | | | 5.64433 |
| -09-15T11:13:24. | -10.402 | 117.448 | 33 | 5.1 | ms | | | 5.64433 |
| -03-05T08:57:04. | -10.733 | 115.036 | 33 | 5.3 | ms | | | 5.73157 |
| -10-20T11:35:23. | -9.776 | 117.098 | 33 | 5.3 | ms | | | 5.73157 |
| -08-25T21:40:12. | -10.808 | 119.284 | 33 | 5.5 | ms | | | 5.83025 |

Gambar 3. 3 Pengkonversian data magnitude

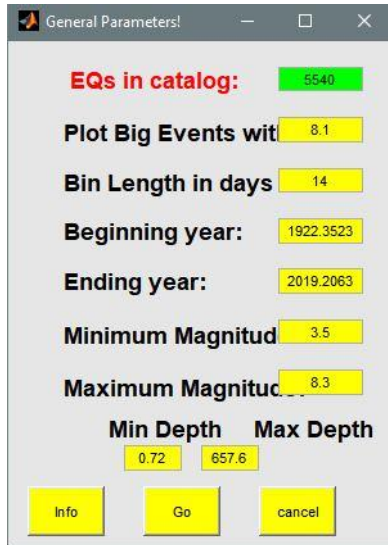
3.4.4. De-clustering

De-clustering gempa dilakukan untuk membedakan gempa *main-shock* dengan *pre-shock* dan *after-shock*. Kemudian gempa *pre-shock* dan *after-shock* dieliminir (dihilangkan) dengan melihat perbedaan besar magnitude, selisih waktu kejadian, dan lokasi/koordinat sehingga akan tersisa gempa *mainshock*.

Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ZMAP 6.0 yang berjalan pada MATLAB 2013, *Input-an* yang digunakan data gempa dengan format *file* ASCII (.csv/.txt). *Input file* memiliki format Latitude, Longitude, Year, Month, Day, Mw, Depth, Hours, dan Minute.

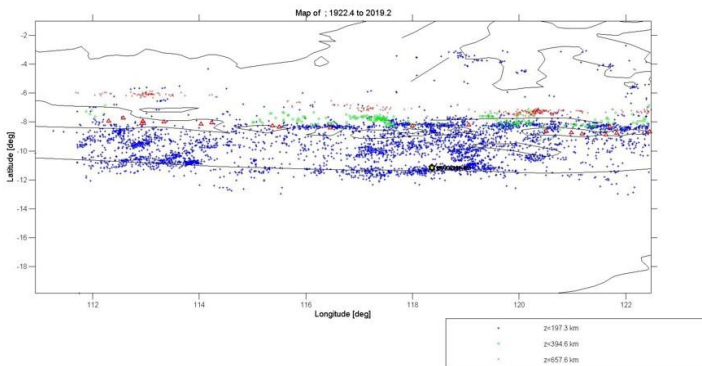
| | | | | | | | | | |
|----------|----------|------|----|----|---------|--------|----|----|--|
| 118.745 | -7.8026 | 2018 | 8 | 29 | 5.57274 | 10 | 4 | 51 | |
| 116.9485 | -8.4768 | 2018 | 8 | 26 | 5.57274 | 10 | 3 | 54 | |
| 116.8103 | -8.1633 | 2018 | 8 | 22 | 5.57274 | 10 | 14 | 50 | |
| 116.3728 | -8.2421 | 2018 | 8 | 20 | 5.57274 | 10 | 10 | 31 | |
| 116.658 | -8.2566 | 2018 | 8 | 19 | 5.57274 | 10 | 15 | 46 | |
| 112.4729 | -8.7694 | 2018 | 8 | 8 | 5.57274 | 78.83 | 6 | 9 | |
| 118.2102 | -11.3772 | 2018 | 8 | 6 | 5.57274 | 10 | 12 | 12 | |
| 116.1998 | -8.2955 | 2018 | 8 | 5 | 5.57274 | 10 | 12 | 58 | |
| 116.1577 | -8.3214 | 2018 | 8 | 5 | 5.57274 | 13.64 | 12 | 42 | |
| 121.2732 | -9.4676 | 2018 | 8 | 5 | 5.57274 | 116.23 | 10 | 50 | |
| 116.6286 | -8.2127 | 2018 | 8 | 2 | 5.57274 | 34.52 | 19 | 7 | |
| 116.5426 | -8.287 | 2018 | 7 | 28 | 5.57274 | 10 | 23 | 16 | |
| 112.8499 | -9.5711 | 2018 | 7 | 28 | 5.57274 | 50.16 | 0 | 12 | |
| 118.9296 | -9.9183 | 2018 | 7 | 4 | 5.57274 | 54.53 | 6 | 4 | |
| 118.3405 | -8.5522 | 2018 | 4 | 13 | 5.57274 | 132.32 | 7 | 22 | |
| 117.1487 | -8.9508 | 2018 | 2 | 10 | 5.57274 | 100.5 | 0 | 31 | |
| 118.8503 | -8.7572 | 2017 | 10 | 31 | 5.57274 | 110.15 | 5 | 3 | |
| 113.0083 | -9.4826 | 2017 | 10 | 25 | 5.57274 | 54.13 | 17 | 19 | |
| 111.7727 | -9.6024 | 2017 | 4 | 29 | 5.57274 | 10 | 15 | 45 | |
| 111.7854 | -9.6529 | 2017 | 4 | 29 | 5.57274 | 14.29 | 14 | 30 | |
| 111.7819 | -9.5742 | 2017 | 4 | 9 | 5.57274 | 40.91 | 23 | 22 | |
| 112.1499 | -9.2988 | 2017 | 2 | 12 | 5.57274 | 35 | 6 | 42 | |
| 115.6659 | -6.5341 | 2017 | 2 | 2 | 5.57274 | 559.62 | 11 | 18 | |
| 119.7368 | -8.1487 | 2017 | 1 | 19 | 5.57274 | 179.93 | 22 | 54 | |
| 117.4646 | -9.6358 | 2016 | 12 | 2 | 5.57274 | 81.64 | 9 | 11 | |
| 122.3723 | -9.6287 | 2016 | 8 | 1 | 5.57274 | 64.42 | 8 | 32 | |
| 119.1232 | -10.5345 | 2016 | 6 | 9 | 5.57274 | 37.56 | 7 | 7 | |
| 117.0314 | -11.2179 | 2016 | 5 | 12 | 5.57274 | 10 | 18 | 18 | |
| 118.3702 | -11.9366 | 2016 | 3 | 16 | 5.57274 | 10 | 13 | 13 | |
| 116.9051 | -7.5937 | 2015 | 10 | 4 | 5.57274 | 308.78 | 17 | 45 | |
| 120.2195 | -7.4514 | 2015 | 7 | 2 | 5.57274 | 413.44 | 7 | 4 | |
| 118.3265 | -8.6297 | 2015 | 6 | 13 | 5.57274 | 124.09 | 1 | 22 | |
| 112.7863 | -10.3177 | 2014 | 10 | 26 | 5.57274 | 29.91 | 9 | 9 | |
| 121.3949 | -8.2938 | 2013 | 12 | 2 | 5.57274 | 200.09 | 13 | 25 | |
| 114.9424 | -9.764 | 2013 | 10 | 15 | 5.57274 | 8.47 | 12 | 50 | |
| 114.7564 | -9.737 | 2013 | 10 | 15 | 5.57274 | 9.82 | 12 | 49 | |

Gambar 3. 4 Format input ZMAP



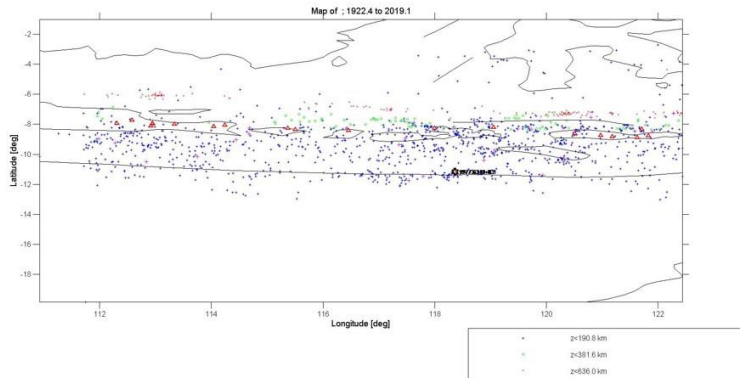
Gambar 3. 5 Parameter Data *Input*

General Parameter memberikan informasi mengenai data katalog gempa yang dimasukkan, seperti : jumlah data, jarak kejadian dalam, awal dan akhir tahun kejadian, dan magnitudo minimum & maksimum. Lalu klik ‘Go’ sehingga didapatkan tampilan peta seismisitas, dimana pada tampilan ini menampilkan seluruh kejadian dan belum bias diketahui mana gempa utamanya.



Gambar 3. 6 Peta Seismisitas

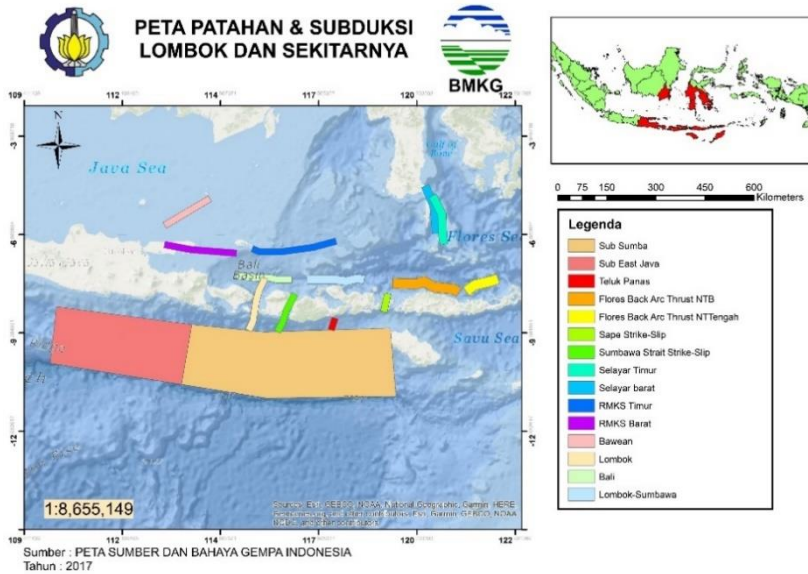
Selanjutnya Klik Ztools > De-clustering the catalogue > Gardner & knopff > go, akan didapatkan tampilan histogram dan peta seismisitas yang baru. Lakukan hal tersebut hingga bar pada jendela histogram hilang dengan langkah yang sama namun pada jendela seisitas yang baru pada setiap iterasinya. Pada penelitian ini hasil De-clustering didapatkan setelah iterasi ke 3 dengan jumlah data 1161



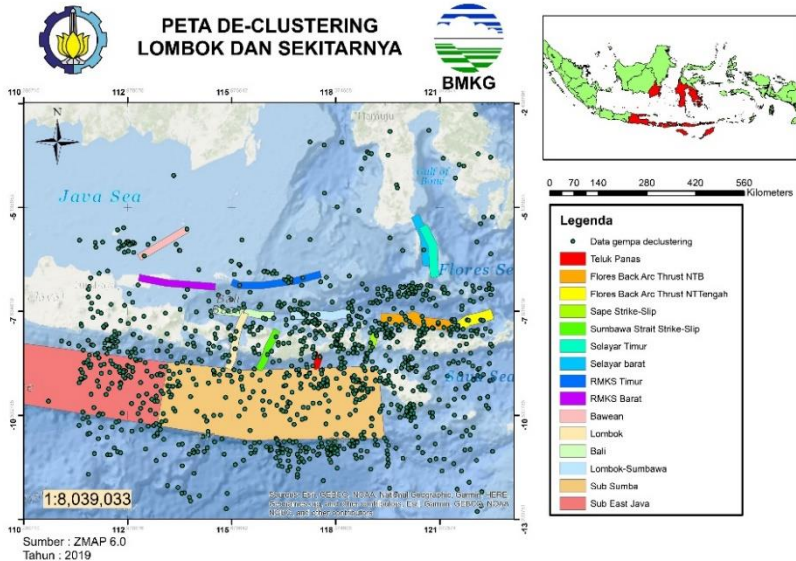
Gambar 3. 7 Peta Seismisitas Hasil *De-Clustering*

3.4.5. Digitasi Sumber Gempa

Setelah dilakukan analisis sumber dengan didapaknya 16 patahan dan 2 segementasi subduksi selanjutnya dilakukan digitasi sumber gempa tersebut dengan perangkat lunak ArcGis 10.3. Yang didapatkan 13 digitasi patahan dikarenakan patahan Sumba Utara, Sumba Tengah, dan Sumba Selatan berada pada satu garis yang sama dengan jarak yang tidak terlalu jauh sehingga dijadikan 1 digitasi patahan, begitu pula dengan patahan Lombok Tengah dan Lombok Utara. Pada tahapan ini pula data gempa hasil *De-clustering* di plot lalu dipilih data gempa *background*-nya untuk nantinya dibawa ke tahapan berikutnya .



Gambar 3. 8 Peta Patahan & Subduksi untuk Wilayah Lombok dan Sekitarnya



Gambar 3. 9 Peta De-Clustering Lombok dan Sekitarnya

3.4.6. Pemilihan Fungsi Atenuasi

Fungsi Atenuasi dipilih berdasarkan kesesuaian geotektonik pada wilayah penelitian dengan dimana fungsi atenuasi tersebut dibuat. Dengan merujuk buku PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA TAHUN 2017 (PUSGEN 2017) fungsi atenuasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 3 Fungsi Atenuasi

| GMPe | Sumber Gempa |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Boore-Atkinson, 2007 • Campbell-Bozorgnia, 2006 • Chiou-Youngs, 2006 | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Shallow Crustal (Background)</i> • Patahan |
| <ul style="list-style-type: none"> • Geomatrix Subduction (Youngs, 1997) • Atkinson-Boore BC rock & Global Subduction (Atkinson-boore, 2003) • Zhao et al. Vs 30 variable (Zhao et al.,2006) | <ul style="list-style-type: none"> • Subduksi |
| <ul style="list-style-type: none"> • AB intraslab seismicity Cascadia region BC rock condition. (Atkinson-Boore, Cascadia 2003) • Geomatrix slab seismicity rock, 1997 srl. July 25 2006. (Youngs et al., 1997) • AB 2003 intraslab seismicity worldwide data region BC-rock condition. (Atkinson-Boore, Worldwide 2003) | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Deep Intraslab (Background)</i> |

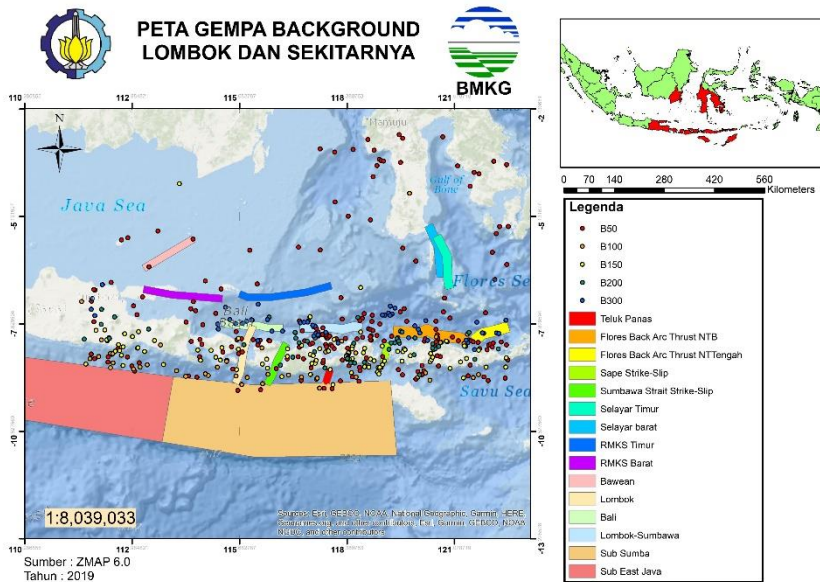
3.4.7. Sortir Data Gempa *Background*

Pada Pengolahan PSHA diperlukan berbagai *input-an* parameter, salah-satunya adalah *a-value* & *b-value* untuk setiap sumber gempa. Pada buku “PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA TAHUN 2017” telah dicantumkan nilai *a-value* & *b-value* untuk sumber gempa patahan dan subduksi, sehingga yang perlu dicari adalah nilai *a-value* & *b-value* untuk sumber gempa *background*.

Gempa *background* dibedakan menjadi 2 jenis yaitu

- *Shallow Crustal* (0 – 50 km)
 - *Deep Intraslab* (51 – 300 km)
- **Deep Intraslab* akan di kelompokkan kembali menjadi 4 kelas, sehingga didapatkan 5 kelas/kelompok gempa *background*

Sortir data dilakukan pada perangkat lunak ArcGIS 10.3 dari data hasil *De-clustering* yang telah di plot sebelumnya pada sub bab 3.4.5., didapatkan data sebanyak 399 gempa *background*. Berikut adalah hasilnya



Gambar 3. 10 Peta Gempa Background Lombok dan Sekitarnya

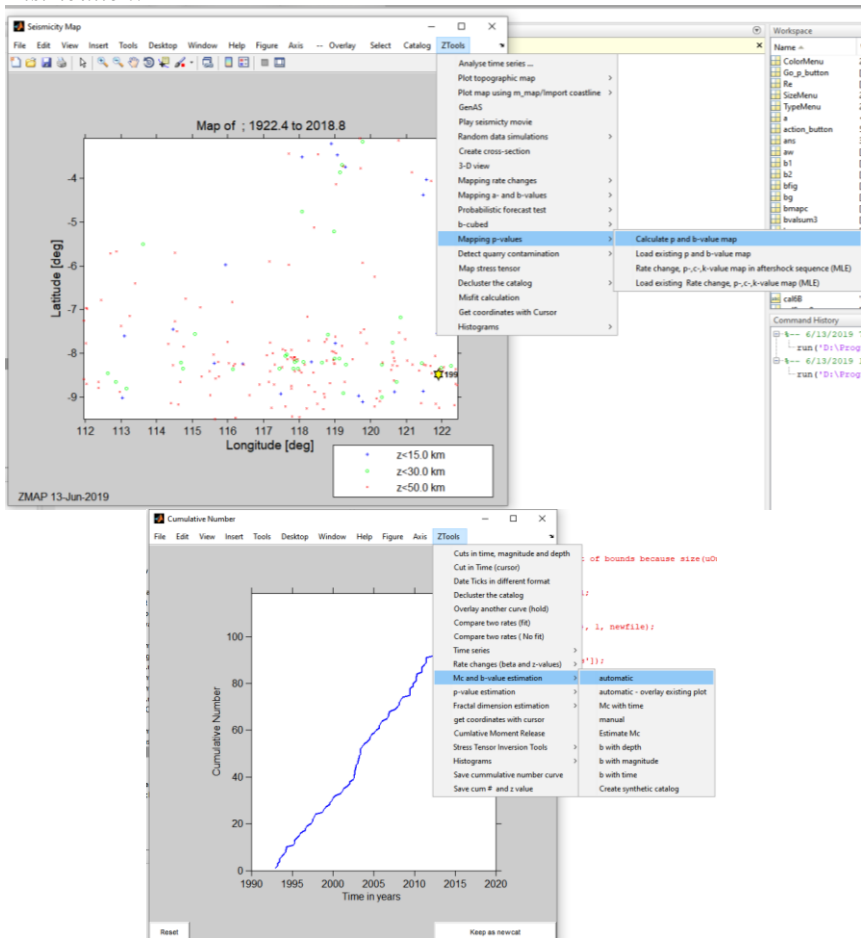
3.4.8. *a*-value, *b*-value, & *Mc* Gempa Background

a-value adalah nilai yang mewakili tingkat total kegempaan di suatu wilayah, sedangkan *b*-value adalah nilai rasio gempa kecil ke besar atau bisa dianggap sebagai nilai yang menggambarkan kondisi tanah pada daerah tersebut. Semakin besar nilai *b*-value berarti kondisi tanah tersebut tersusun atas batuan lepas yang apabila diberikan energi sedikit akan menghasilkan guncangan sedangkan *Mc* (*Magnitude Completeness*) memberikan informasi pada waktu kapan suatu data telah terekam dengan baik oleh instrumen.

Nilai *a*-value, *b*-value, & *Mc* didapatkan pada perangkat lunak ZMAP 6.0. Proses dilakukan dengan memilih data gempa berdasarkan kedalamannya, lalu

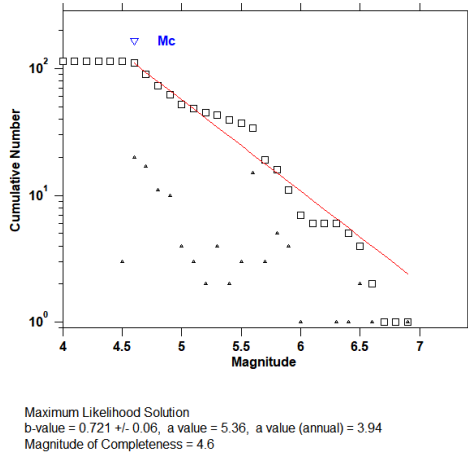
masing-masing dibuatkan file berformat ASCII (.csv/.txt) dengan *input* format yang sama pada saat tahapan *de-clustering*. Namun kali ini dilakukan perkedalaman sehingga akan ada 5 file dan 5 kali pengulangan pengerjaan.

Dilakukan *input* file kedalam ZMAP lalu akan muncul jendela *General Parameter* yang telah dijelaskan pada sub-bab 3.4.4. Lalu Ztools > *Mapping p-value* > *Calculate p and b-value map*. Selanjutnya akan muncul jendela *Cumulative Number* jendela ini menggambarkan kurva kejadian gempa terhadap tahun. Pada jendela *Cumulative Number* klik Ztools > *Mc & b-value estimation* > *automatic* > *go*. Lalu akan dimunculkan jendela *Frequency – Magnitude Distribution*.



Gambar 3. 11 Tahapan Pengolahan *a-value*, *b-value*, & *Mc* Gempa Background Shallow Crustal

Frequency – Magnitude Distribution menggambarkan hubungan frekuensi/intensitas gempa pada suatu nilai magnitudo tertentu. Pada jendela *frequency – fagnitude distribution* dapat diketahui nilai *a-value*, *b-value*, & *Mc* Gempa *Background* pada contoh ini adalah untuk gempa *background shallow – crutal*.



Gambar 3. 12 Nilai *a-value*, *b-value*, & *Mc* Gempa *Background Shallow – Crustall*

3.4.9. Koordinat Patahan dan Subduksi

Digitasi sumber gempa pada ArcGis menghasilkan koordinat untuk masing-masing patahan dan subduksi. Data koordinat ini nantinya yang akan digunakan sebagai parameter masukan untuk pengolahan PSHA. Berikut adalah data koordinat yang didapatkan

Tabel 3. 4 Koordinat Patahan

| Patahan | Longitude | Latitude |
|------------|-------------|--------------|
| Bawean | 113.2750615 | -6.434349996 |
| | 113.4607522 | -6.324347497 |
| | 113.6232317 | -6.22809531 |
| | 113.7857111 | -6.131843122 |
| | 113.9404534 | -6.040174374 |
| | 114.1029329 | -5.943922186 |
| | 114.2654123 | -5.847669999 |
| | 114.3969433 | -5.769751562 |
| | 114.513 | -5.701 |
| RMKS Timur | 115.6756559 | -7.07558474 |

| | | |
|---------------|-------------|--------------|
| | 115.8633581 | -7.152583442 |
| | 116.1735098 | -7.160157752 |
| | 116.4501705 | -7.161245336 |
| | 116.8500984 | -7.106636706 |
| | 117.178928 | -7.061736277 |
| | 117.3388991 | -7.039892825 |
| | 117.5599072 | -6.981282943 |
| | 117.7469141 | -6.931689966 |
| | 117.9169203 | -6.886605442 |
| | 117.9849228 | -6.868571632 |
| RMKS Barat | 115.2509221 | -7.196937252 |
| | 114.7229622 | -7.156324951 |
| | 114.302384 | -7.123972779 |
| | 114.0070844 | -7.101257425 |
| | 113.9723117 | -7.095656194 |
| | 113.5849495 | -7.021962886 |
| | 113.2664516 | -6.961370612 |
| Selayar Timur | 120.6355156 | -5.619380331 |
| | 120.7037764 | -5.754637817 |
| | 120.7760525 | -5.897851627 |
| | 120.8443133 | -6.033109114 |
| | 120.8884821 | -6.120628664 |
| | 120.9007594 | -6.350007052 |
| | 120.9113348 | -6.633427296 |
| | 120.916292 | -6.766280536 |
| | 120.9591223 | -6.947119573 |
| Selayar Barat | 120.7402119 | -6.656825329 |
| | 120.713282 | -6.32952347 |
| | 120.6907191 | -6.055297587 |
| | 120.6783459 | -5.904915652 |
| | 120.5436964 | -5.604543692 |
| | 120.430882 | -5.352880698 |
| Selat Sumba | 116.3689394 | -9.351978617 |
| | 116.4313275 | -9.245532631 |
| | 116.5115409 | -9.108673505 |
| | 116.5717412 | -8.917126894 |
| | 116.6136197 | -8.783877078 |
| | 116.7071576 | -8.600136769 |
| | 116.8518038 | -8.321071912 |
| Lombok | 115.5767176 | -9.317458085 |
| | 115.6360517 | -9.197599298 |

| | | |
|---|--------------|--------------|
| | 115.6914301 | -9.085731098 |
| | 115.6967154 | -9.069342414 |
| | 115.7352767 | -8.825797582 |
| | 115.7671895 | -8.624243238 |
| | 115.7858053 | -8.506669871 |
| | 115.8214972 | -8.378402051 |
| | 115.8548096 | -8.258685419 |
| | 115.8655966 | -8.225103291 |
| | 115.9458666 | -8.050674901 |
| | 116.0261365 | -7.876246509 |
| <i>Flores Back-arc Thrust</i> Nusa Tenggara Barat | 119.537334 | -8.026761058 |
| | 119.7341561 | -8.030893806 |
| | 119.9220318 | -8.034838702 |
| | 120.1456933 | -8.039535007 |
| | 120.217265 | -8.041037824 |
| | 120.3957246 | -7.975007781 |
| | 120.6723369 | -8.12669842 |
| | 120.871152 | -8.14850395 |
| | 121.1131878 | -8.175049811 |
| | 121.2255616 | -8.187374676 |
| 121.3561299 | -8.273035272 | |
| <i>Flores Back-arc Thrust</i> Nusa Tenggara Tengah | 121.5560047 | -8.247337093 |
| | 121.6776023 | -8.157609781 |
| | 121.7920472 | -8.073160547 |
| | 122.0594015 | -8.010035227 |
| | 122.1973908 | -7.977454417 |
| | 122.4335499 | -7.901997985 |
| Lombok – Sumbawa | 117.1916499 | -7.927907672 |
| | 117.5309576 | -7.927907672 |
| | 117.8702654 | -7.927907672 |
| | 118.0036759 | -7.929097402 |
| | 118.2557501 | -7.964789318 |
| | 118.5533232 | -7.894264738 |
| | 118.756701 | -7.932666594 |
| Bali | 115.2493755 | -7.811314083 |
| | 115.3971334 | -7.828168598 |
| | 115.8751737 | -7.882697913 |
| | 116.0261365 | -7.876246509 |
| | 116.1448707 | -7.871172398 |
| | 116.3594855 | -7.925711247 |
| | 116.7754029 | -7.927907672 |

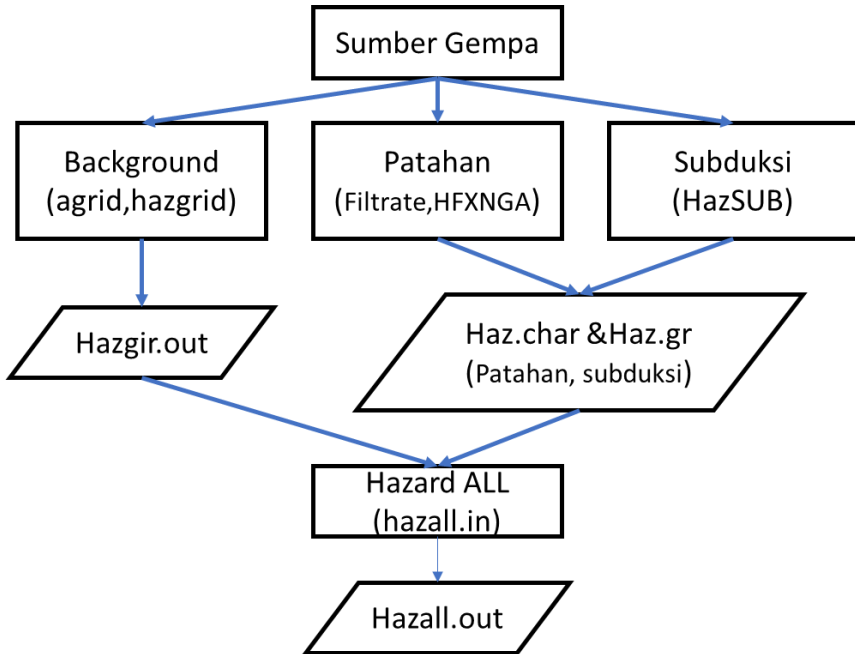
| | | |
|-------------|-------------|--------------|
| Sape | 119.2953076 | -8.807142465 |
| | 119.3262525 | -8.665160026 |
| | 119.3699394 | -8.464714231 |
| | 119.4045249 | -8.306027976 |
| Teluk Panas | 117.8492777 | -9.306084559 |
| | 117.8834033 | -9.200305624 |
| | 117.9201539 | -9.086389849 |
| | 117.9542795 | -8.980610913 |

Tabel 3. 5 Koordinat Subduksi

| Subduksi Jawa Selatan bagian Timur | | |
|------------------------------------|------------|------------|
| | Longitude | Latitude |
| Top | 110.125683 | -10.21657 |
| | 113.737665 | -10.795374 |
| Bottom | 114.018574 | -9.15841 |
| | 110.297097 | -8.668241 |
| Subduksi Sumba | | |
| | Longitude | Latitude |
| Top | 113.737665 | -10.795374 |
| | 116.074693 | -11.174973 |
| | 119.631 | -11.124 |
| Bottom | 119.474467 | -9.2557 |
| | 116.020679 | -9.362776 |
| | 114.018574 | -9.15841 |

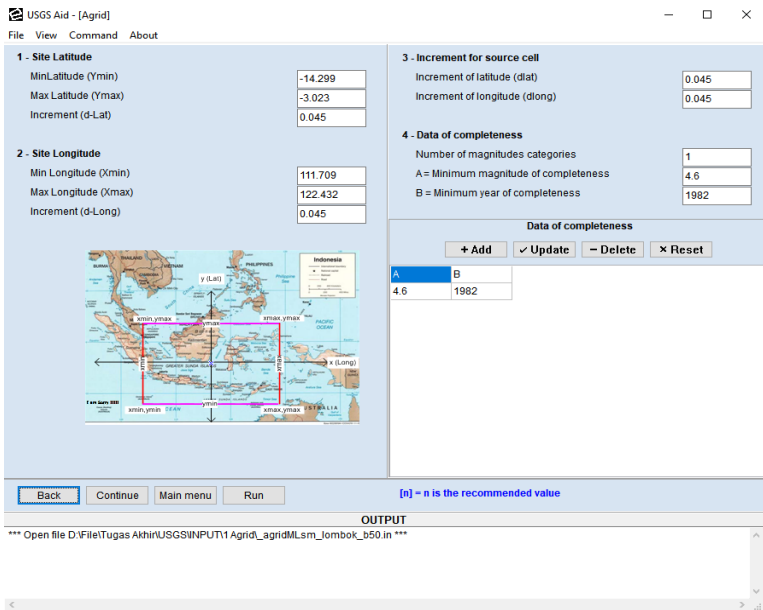
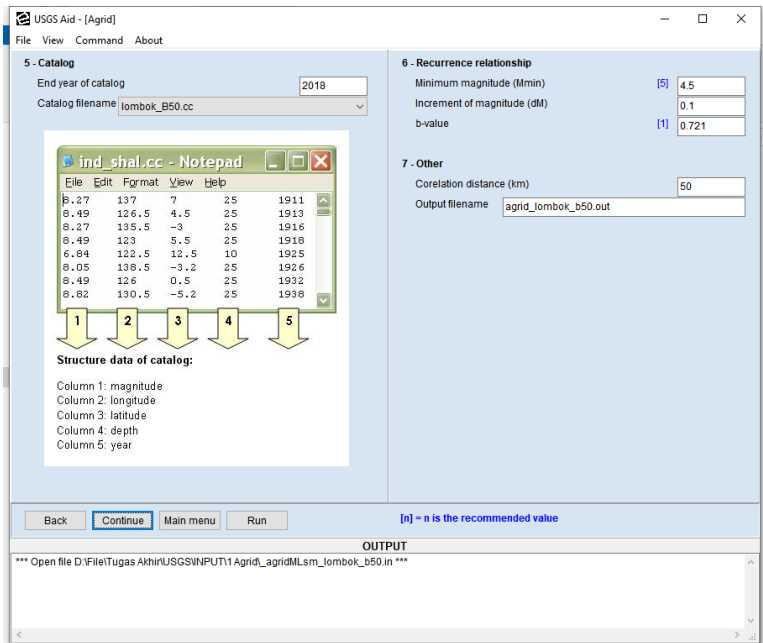
3.4.10. Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)

Pada tahapan ini dilakukan pada perangkat lunak USGS AID, program ini merupakan hasil modifikasi dari program USGS 2007 yang dikembangkan oleh Rosmiyati Bella. Proram ini bekerja dengan cara sebagai berikut :

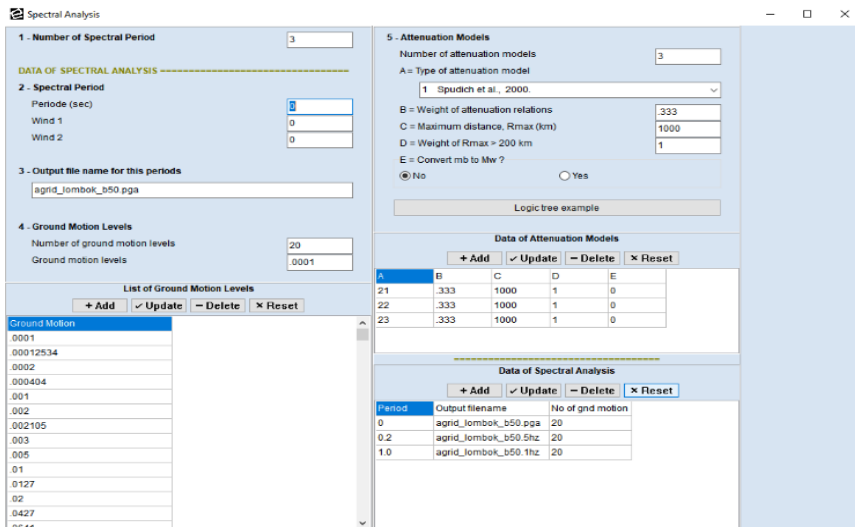
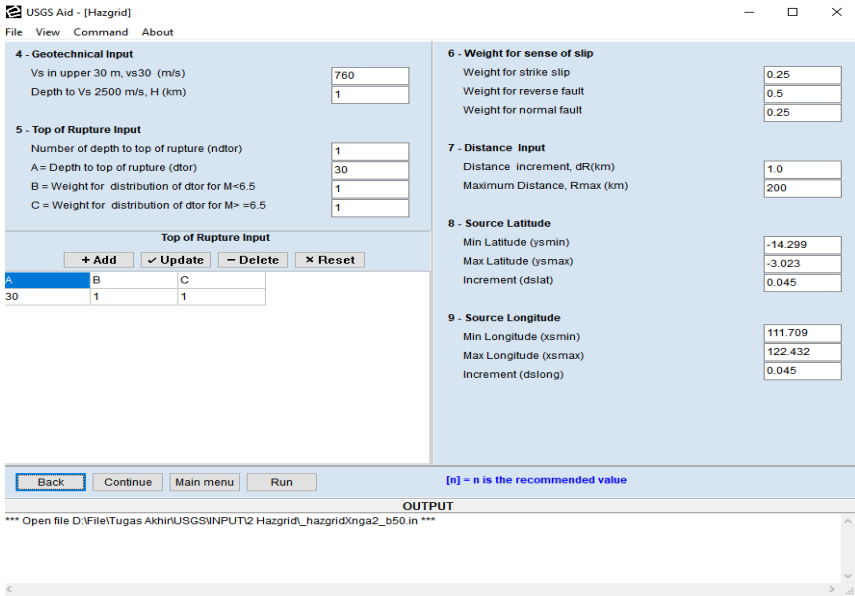


Gambar 3. 13 Alur Kerja Program USGS AID

Program ini bekerja berdasarkan *input* sumber gempa, sumber gempa yang terdapat pada program ini ada 3 yaitu *background*, patahan, dan subduksi. Apabila hanya ada 2 sumber gempa maka cukup meng-*input* sesuai dengan kebutuhan dan kondisi pada area penelitian. Untuk sumber gempa *background* dilakukam 2 kali tahapan, dimana *agrid* merupakan tahapan yang memberikan atribut parameter gempa kepada data katalog sesuai dengan perkedalamannya. Sedangkan *hazgrid* untuk membuat level *ground motion*, pembobotan, dan memasukan fungsi atenuas



Gambar 3. 14 Tahapan Agrid



Gambar 3. 15 Tahapan Hazgrid

Selanjutnya untuk sumber gempa patahan ada 2 tahapan yaitu Filtrate dan HazFxnga. Pada Filtrate adalah input identitas data patahan (*geometric fault*) yang didalamnya berisi seperti panjang & lebar patahan, tipe dan arah dip, koordinat patahan dan nilai *b-value* serta nilai *Mmax*.

Sedangkan untuk HazFxnga memasukan level *ground motion*, fungsi atenuasi dan bobotnya. Untuk sumber gempa subduksi sama saja dengan dengan sumber patahan, hanya saja satu tahapan sudah mencakup seperti 2 tahapan pada sumber patahan. Pada sumber patahan dan subduksi keduanya akan menghasilkan *output* file berformat .char & .gr. Hal ini bertujuan untuk memberikan membedakan nilai bobotnya. File .char diberikan bobot lebih besar dibandingkan .gr karena merupakan hasil pengamatan langsung, sedangkan .gr lebih kepada karakteristik atau teori.

Secara umum *input* yang diperlukan untuk semua sumber adalah sebagai berikut :

- Koordinat (area penelitian, patahan, subduksi)
- Grid Size, Mc, Mmin, Mmax
- Nilai a & b value
- Ground motion Levels
- Geometric fault & subduction
- Spectral Period
- Model atenuasi (logic tree, pembobotan)

USGS Aid - [Filtrate]

File View Command About

1 - Recurrence Parameter

b-value [1] 1

Minimum magnitude (Mmin) [6-5] 6.5

Increment of magnitude (dM) 0.1

DATA OF FAULT *****

2 - Fault Descriptions

ID fault 11

Name of fault Bali

3 - Fault Data

Slip rate 7

Sense
 Strike slip Reverse Normal

Length of fault 84

Dip (degree) 45

Depth of top of fault (km) 3

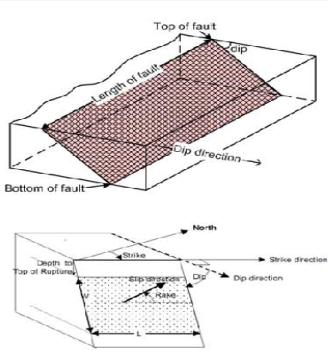
Depth of bottom of fault (km) 18

Width of fault (km) 20

The number of magnitudes 1

Characteristic magnitude, Mchar 7.4

The weight of Mchar 1

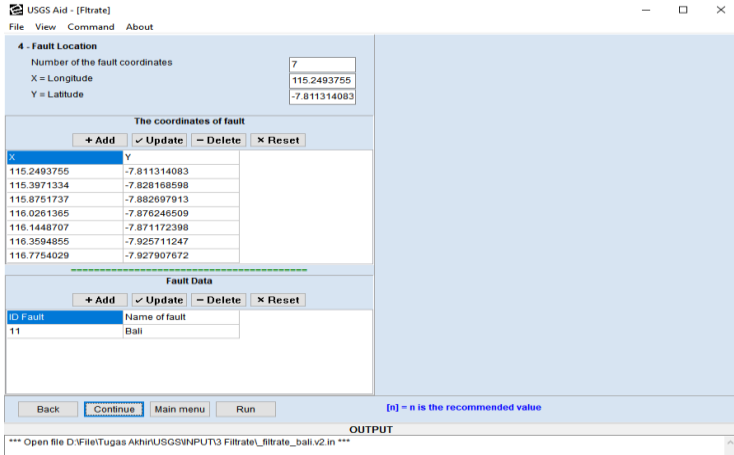


[n] = n is the recommended value

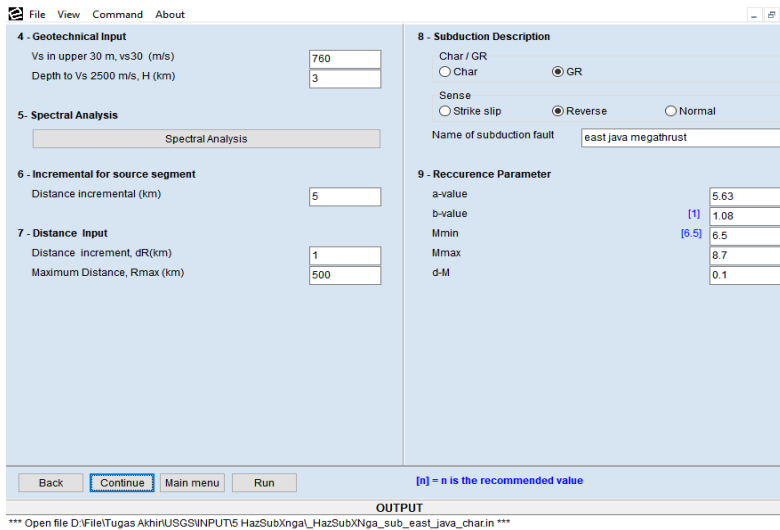
Back Continue Main menu Run

OUTPUT

*** Open file D:\FileTugas Akhir\USGS\INPUT3 Filtrate_filtrate_bali.v2.in ***



Gambar 3.16 Tahapan Filtrate



Spectral Analysis

1 - Number of Spectral Period

DATA OF SPECTRAL ANALYSIS -----

2 - Spectral Period

Periode (sec)

Wind 1

Wind 2

3 - Output file name for this periods

4 - Ground Motion Levels

Number of ground motion levels

Ground motion levels

List of Ground Motion Levels

| Ground Motion |
|---------------|
| 0.0001 |
| 0.00012534 |
| 0.0002 |
| 0.000404 |
| 0.001 |
| 0.002 |
| 0.002105 |
| 0.003 |
| 0.005 |
| 0.01 |
| 0.0127 |
| 0.02 |
| 0.0427 |
| 0.0644 |

5 - Attenuation Models

Number of attenuation models

A = Type of attenuation model

B = Weight of attenuation relations

C = Maximum distance, Rmax (km)

D = Weight of Rmax > 200 km

E = Convert mb to Mw ? No Yes

Data of Attenuation Models

| A | B | C | D | E |
|----|-------|------|---|---|
| 13 | 0.334 | 1000 | 1 | 0 |
| 14 | 0.333 | 1000 | 1 | 0 |
| 15 | 0.333 | 1000 | 1 | 0 |

Data of Spectral Analysis

| Period | Output filename | No of gnd motion |
|--------|-----------------|------------------|
| 0 | ball_pga.char | 20 |
| 0.2 | ball_5hz.char | 20 |
| 1 | ball_1hz.char | 20 |

Gambar 3. 17 Tahapan HazFxnga

Spectral Analysis

1 - Number of Spectral Period

DATA OF SPECTRAL ANALYSIS -----

2 - Spectral Period

Periode (sec)

Wind 1

Wind 2

3 - Output file name for this periods

4 - Ground Motion Levels

Number of ground motion levels

Ground motion levels

List of Ground Motion Levels

| Ground Motion |
|---------------|
| 0.0001 |
| 0.00012534 |
| 0.0002 |
| 0.000404 |
| 0.001 |
| 0.002 |
| 0.002105 |
| 0.003 |
| 0.005 |
| 0.01 |
| 0.0127 |
| 0.02 |
| 0.0427 |
| 0.0644 |

5 - Attenuation Models

Number of attenuation models

A = Type of attenuation model

B = Weight of attenuation relations

C = Maximum distance, Rmax (km)

D = Weight of Rmax > 200 km

E = Convert mb to Mw ? No Yes

Data of Attenuation Models

| A | B | C | D | E |
|---|------|------|---|---|
| 2 | 0.25 | 1000 | 1 | 0 |
| 5 | 0.25 | 1000 | 1 | 0 |
| 7 | 0.5 | 1000 | 1 | 0 |

Data of Spectral Analysis

| Period | Output filename | No of gnd motion |
|--------|------------------------|------------------|
| 0 | sub_east_java_pga.char | 20 |
| 0.2 | sub_east_java_5hz.char | 20 |
| 1.0 | sub_east_java_1hz.char | 20 |

Gambar 3. 18 Tahapan HazSub

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil *a-value*, *b-value*, & *Mc Gempa Background*

Pada hasil *a-value*, *b-value*, & *Mc Gempa Background* yang diperoleh dari data *de-clustering* didapatkan nilai dan kurva *frequency – magnitude distribution* untuk setiap kedalaman adalah sebagai berikut :

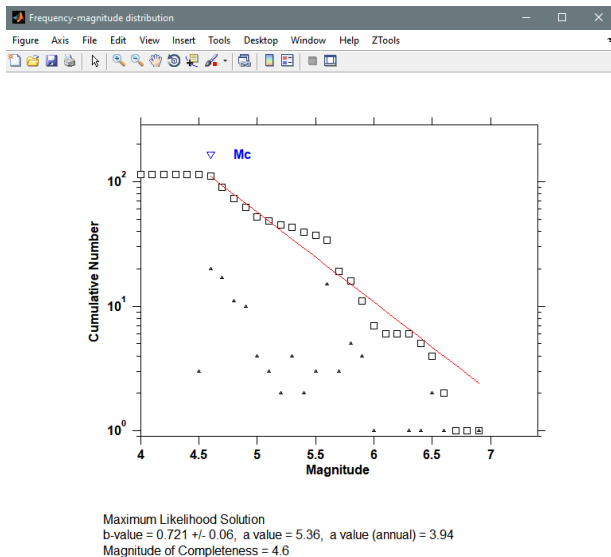
Tabel 4. 1 *a-value*, *b-value*, & *Mc Gempa Background*

| | B50 | B100 | B150 | B200 | B300 |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|
| data | 156 | 48 | 104 | 42 | 49 |
| <i>a-value</i> | 5.18 | 5.86 | 5.95 | 6.29 | 5.3 |
| <i>b-value</i> | 0.712 ± 0.07 | 0.914 ± 0.2 | 0.86 ± 0.08 | 1.09 ± 0.3 | 0.79 ± 0.1 |
| <i>Mc</i> | 4.6 | 4.9 | 4.7 | 4.8 | 4.8 |
| <i>Mw</i> | 4.5 - 7.8 | 4.6 - 6.5 | 4.5 - 6.2 | 4.5 - 6.6 | 4.6 - 6 |
| Tahun <i>Mc</i> | 1986 | 1986 | 1977 | 1991 | 1972 |

Nilai *a-value* mewakili tingkat total kegempaan di suatu wilayah, *b-value* nilai rasio gempa kecil ke besar atau nilai yang menggambarkan kondisi tanah pada suatu wilayah, semakin besar nilai *b-value* maka daerah tersebut semakin rawan akan aktivitas seismik. *Mc (Magnitude completeness)* adalah nilai magnitudo yang terekam dengan baik dari rentang waktu tertentu

4.1.1. *Shallow Crustal (0 – 50 km)*

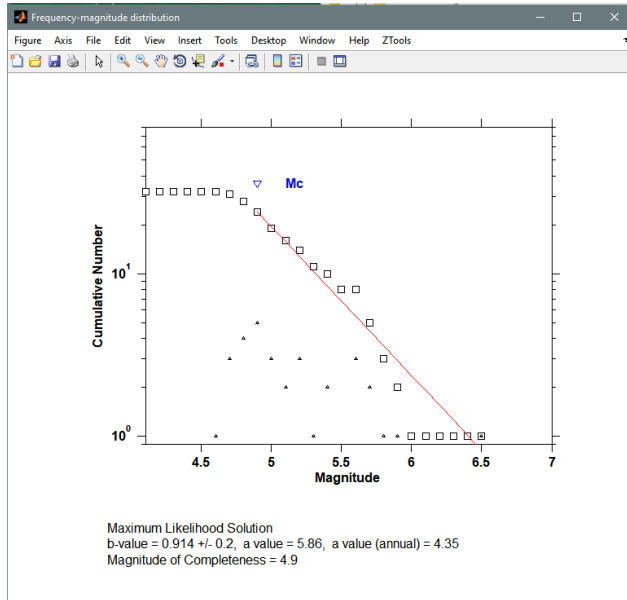
Memiliki persebaran data yang cukup baik, hal ini ditandai dengan data (berbentuk kotak) yang merata/menyeluruh dan membentuk sebuah kurva yang cukup *smooth* dan memiliki *trend*. Hal ini mengindikasikan kejadian gempa kecil hingga besar pernah terjadi. *a-value* yang didapat 5.36 yang menandakan mayoritas *event* gempa memiliki magnitudo berkisar 5, untuk nilai *b-value* yang diperoleh adalah 0.721 ± 0.06 yang dimana bahwa tanah atau pada lapisan tersebut cenderung memiliki kondisi yang rigid/kaku, sehingga apabila tanah/lapisan tersebut diberikan gaya tidak mudah mengalami guncangan. Semakin besar *b-value* maka daerah tersebut rawan akan aktivitas seismik. *Mc* yang diperoleh dengan magnitudo 4.6 dan apabila ditinjau ke katalog gempa magnitudo 4.6 muncul pertama kali pada tahun 1986, yang berarti bahwa data gempa mulai pada tahun tersebut telah terekam oleh alat instrumen dengan baik.



Gambar 4. 1 Kurva *Frequency – Magnitude Distribution Shallow – Crustall*

4.1.2. *Deep Intraslab (51 – 100 km)*

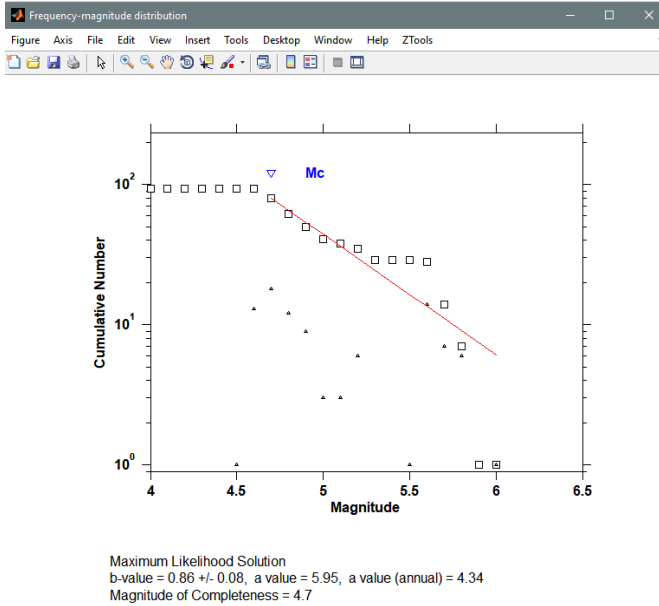
Pada *deep intraslab* dengan kedalaman 51 – 100 km cenderung memiliki *trend* kurva *frequency – magnitude distribution* yang lebih *smooth* atau terlihat jelas dibandingkan dengan *shallow crustall* dikarenakan persebaran data yang cukup imbang untuk setiap nilai magnitudenya, namun juga lebih renggang dikarenakan jumlah data pada kedalaman ini tidak sebanyak pada data dengan kedalaman 0 – 50 km. *a-value* yang diperoleh adalah 5.86 cenderung lebih tinggi dibandingkan *shallow crustall* dan *deep intraslab* (200 – 300 km). Karena apabila dibandingkan dengan nilai *b-value* keduanya; pada kedalaman ini diperoleh 0.914 ± 0.2 atau hampir mendekati 1, itu menandakan bahwa pada lapisan ini cenderung memiliki tanah/lapisan yang lebih lepas. Sedangkan *Mc* yang didapatkan adalah 4.9 dan itu terekam pertama kali pada tahun 1986.



Gambar 4. 2 Kurva *Frequency – Magnitude Distribution Deep Intraslab (51 – 100 km)*

4.1.3. *Deep Intraslab (101 – 150 km)*

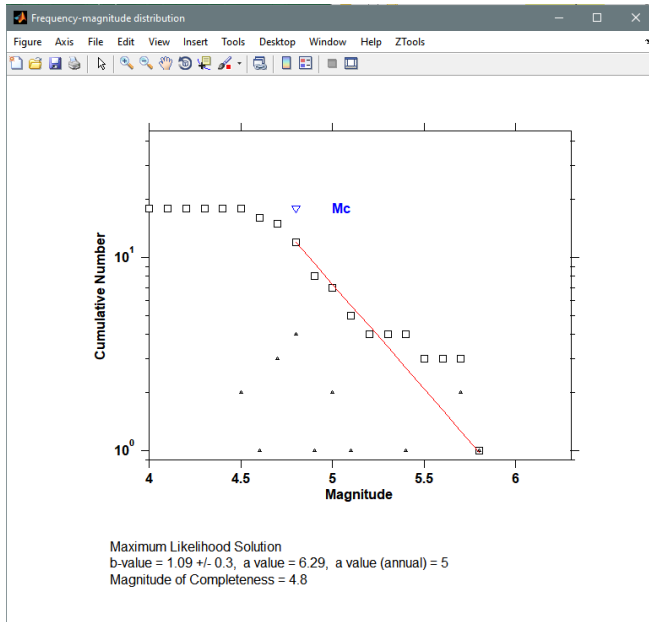
Pada *deep intraslab* dengan kedalaman 101 – 150 km memiliki kurva dengan distribusi jumlah data yang terpusat atau dominan. Hal ini dapat terlihat kotak yang berjajar segaris lurus, faktor yang dapat mempengaruhi hal ini antara lain ketersediaan data yang ada dan proses *de-clustering* yang kemungkinan terdapat kesalahan seleksi data antara gempa utama dengan gempa susulan. Memiliki nilai *a-value* 5.95 dan *b-value* 0.86 ± 0.08 hasil ini tidak berbeda jauh dengan *deep intraslab* dengan kedalaman 51 – 100 km. *Mc* yang didapatkan adalah 4.7 dan itu terekam pertama kali pada tahun 1977.



Gambar 4.3 Kurva *Frequency – Magnitude Distribution Deep Intraslab* (101 - 150 km)

4.1.4. *Deep Intraslab* (151 – 200 km)

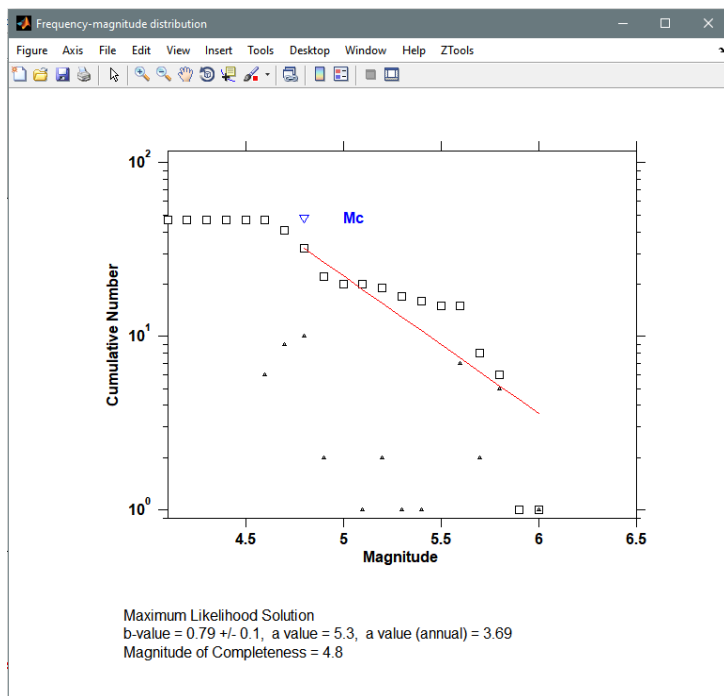
Deep intraslab (151 – 200 km) memiliki *trend* yang lebih baik dibandingkan dengan *deep intraslab* 150 – 200 km dan 201 – 300 km, namun pada kedalaman ini didapatkan nilai *a-value* dan *b-value* yang paling besar yaitu 6.29 dan 1.09 ± 0.3 . Untuk nilai *Mc* didapatkan magnitude 4.8 pada tahun 1991



Gambar 4. 4 Kurva *Frequency – Magnitude Distribution Deep Intraslab* (151 - 200 km)

4.1.5. *Deep Intraslab* (201 – 300 km)

Merupakan lapisan terdalam dengan bentuk kurva yang menyerupai *deep intraslab* (101 – 150 km) namun dengan nilai *a-value* dan *b-value* yang mendekati *shallow crustall* yaitu 5.3 dan 0.79 ± 0.1 . Dengan nilai *Mc* 4.8 dan terdapat pada tahun 1972.



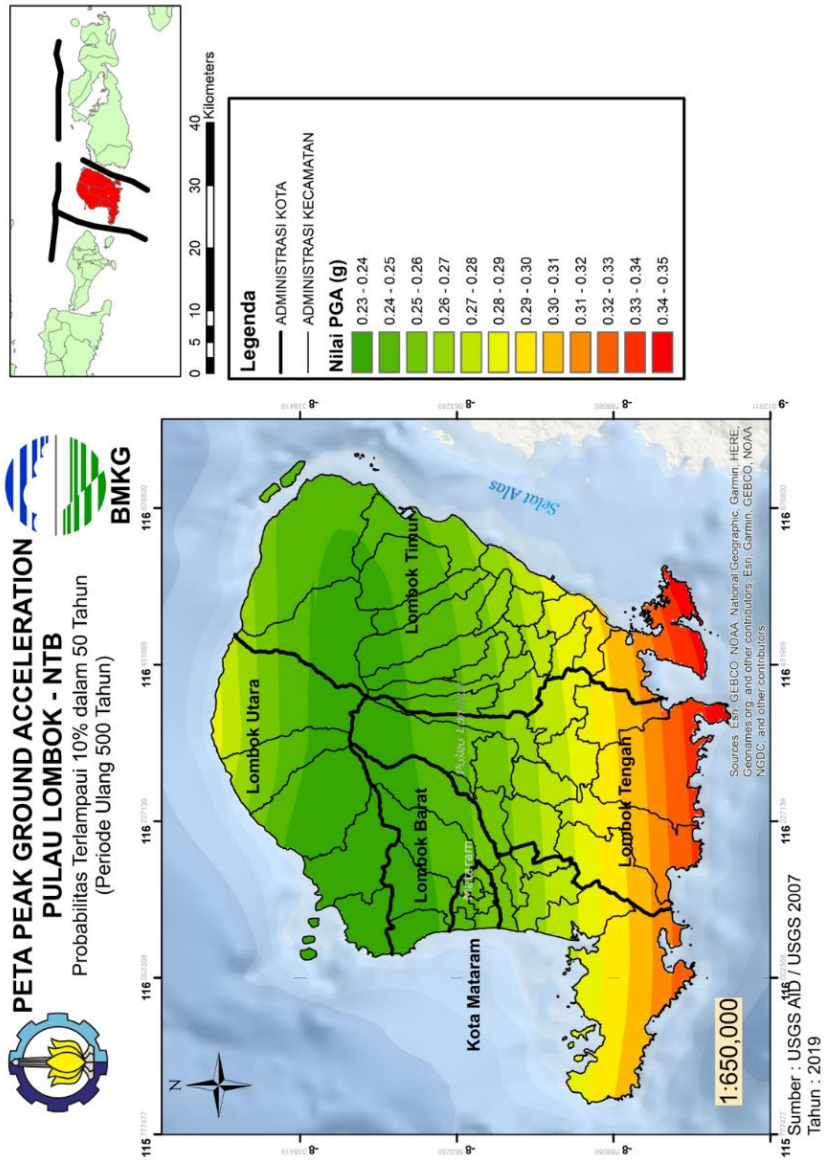
Gambar 4. 5 Kurva *Frequency – Magnitude Distribution Deep Intralab* (201 - 300 km)

4.2. Peak Ground Acceleration (PGA) Pulau Lombok

Penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan persebaran nilai PGA di Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat. PGA adalah nilai percepatan tanah yang diukur selama gempa. PGA ini bisa dihitung dari besarnya magnitudo dan kedalaman gempa (Irwansyah dan Winarko, 2012). Pada Penelitian kali ini dihasilkan 9 peta PGA dengan periode ulang 500, 1000, dan 2500 tahun untuk setiap $T = 0, 0.2$ dan 1 sekon, dengan sumber gempa *background*, patahan dan subduksi. Persebaran nilai PGA yang didapatkan berada di batuan induk untuk keperluan pondasi suatu infrastruktur

4.2.1. PGA ($T=0s$) 10% untuk 50 Tahun (500 Tahun)

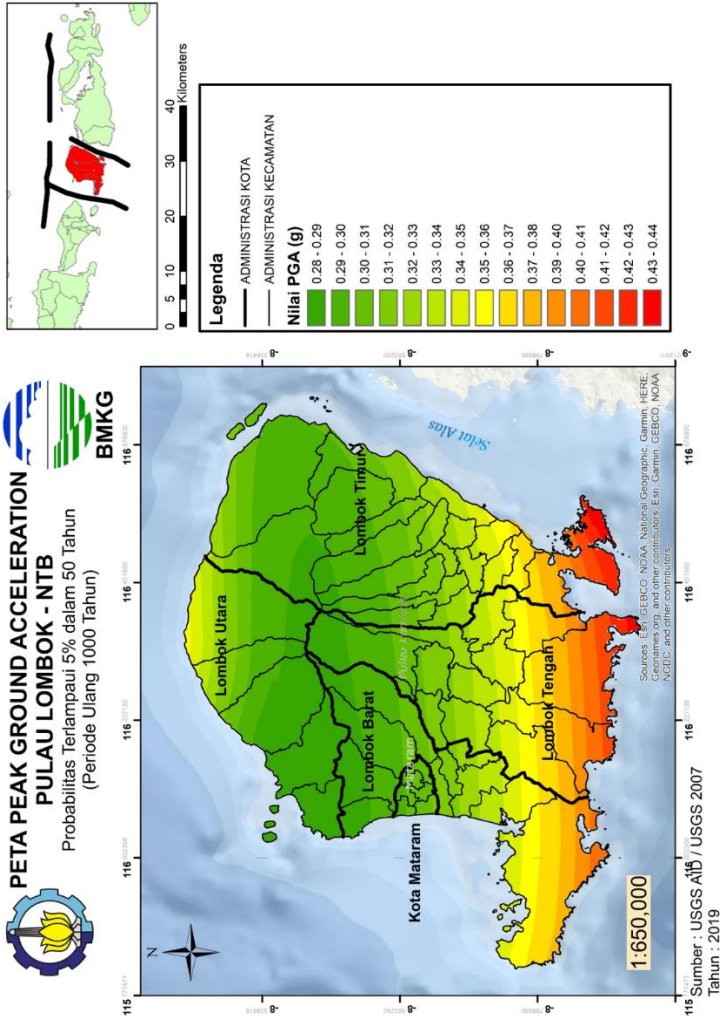
Didapatkan rentang nilai PGA 0.23 – 0.35 g, dengan PGA nilai terbesar berada di Pulau Lombok bagian Utara yang disebabkan terdapatnya patahan Flores *Back-arc Thrust* dan Lombok bagian Selatan (Lombok Tengah, dan sebagian Lombok Barat dan Timut) diakibat oleh adanya subduksi Lempeng Indo – Australia (*Megathrust* Sumba)



Gambar 4. 6 PGA 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun)

4.2.2. PGA (T=0s) 5% untuk 50 Tahun (1000 Tahun)

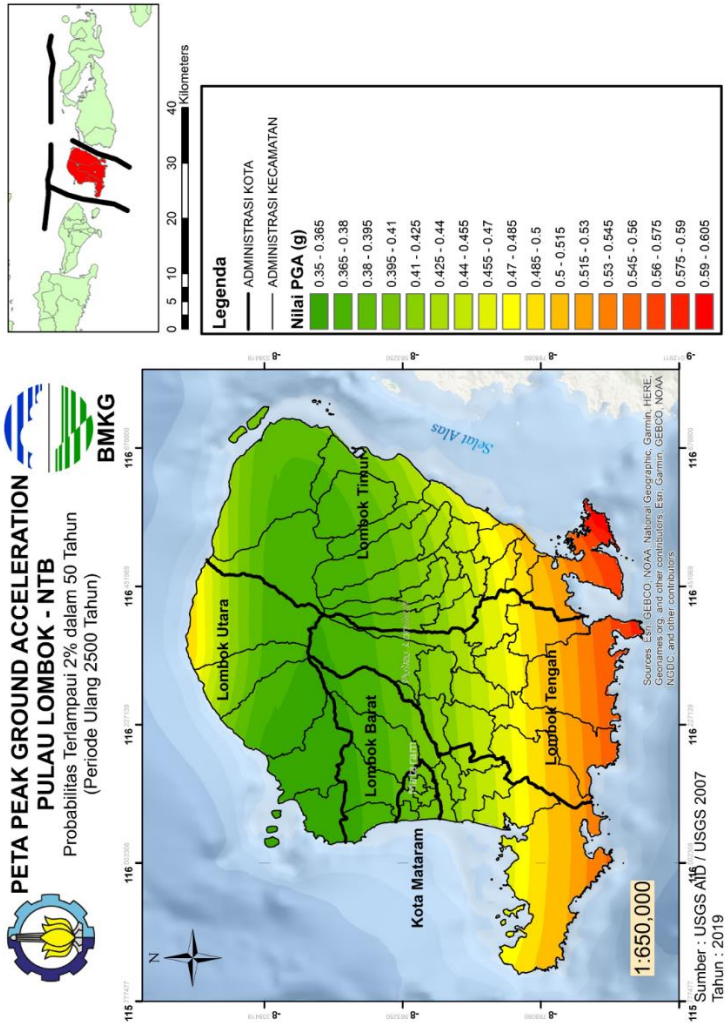
Memiliki *trend* persebaran yang sama namun dengan rentang nilai PGA 0.28 – 0.44 g atau mengalami peningkatan karena periode ulangnya yang semakin lama dan efek Flores *Back-arc Thrust* dan *Megathrust* Sumba tetap dominan.



Gambar 4. 7 PGA 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun)

4.2.3. PGA (T=0s) 2% untuk 50 Tahun (2500 Tahun)

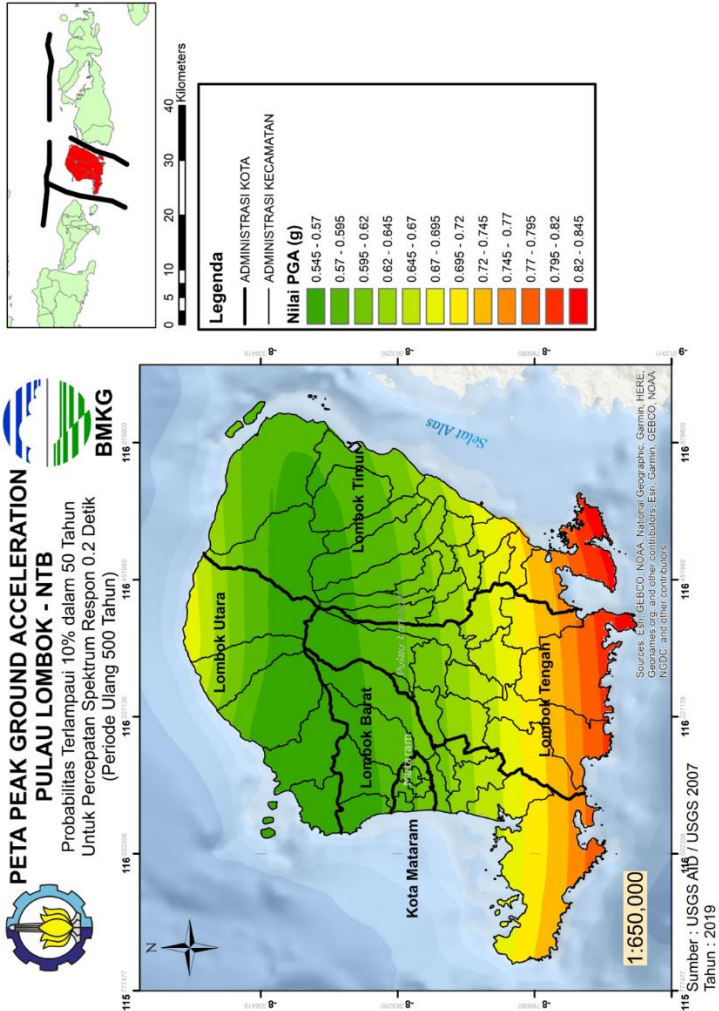
Memiliki persebaran data PGA yang serupa dengan mengalami kenaikan nilai PGA menjadi 0.35 – 0.605 g. Dengan efek subduksi dan patahan yang semakin menutupi wilayah Lombok. Pada hasil ini Lombok Barat memiliki nilai PGA yang relatif kecil dan cenderung aman terhadap bahaya seismik



Gambar 4. 8 PGA 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun)

4.2.4. PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (500 Tahun)

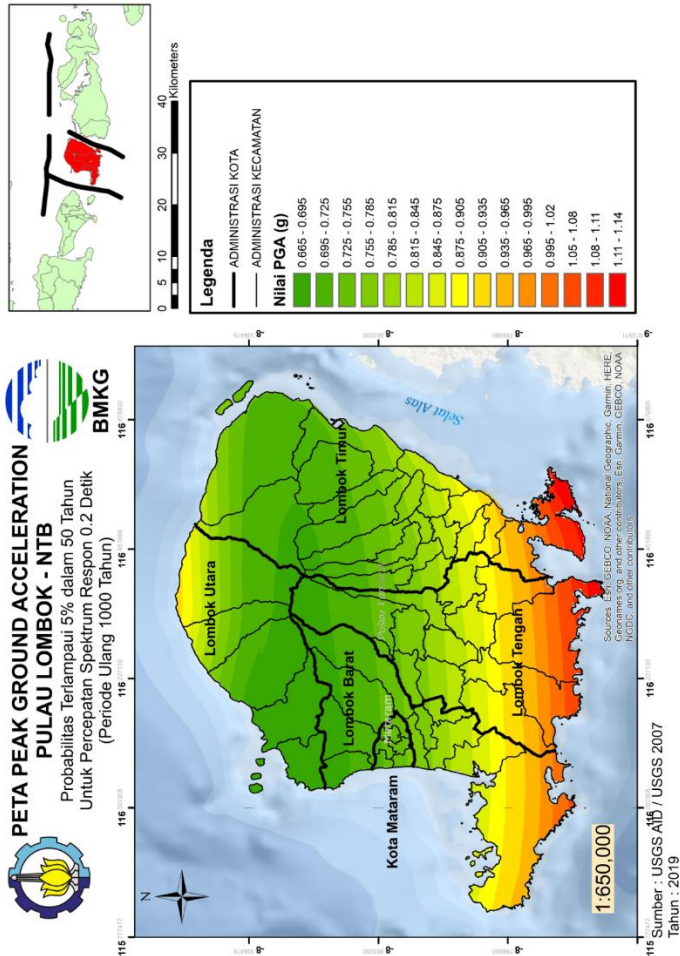
Didapatkan rentang nilai PGA 0.545 – 0.845 g, dengan pola persebaran yang sama, dengan Pulau Lombok bagian tengah tetap menjadi wilayah yang relatif aman. Namun walaupun begitu dengan nilai minimalnya yang sudah menyentuh 0.5g cukup mengkhawatirkan



Gambar 4. 9 PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun)

4.2.5. PGA (T=0.2s) 5% untuk 50 Tahun (1000 Tahun)

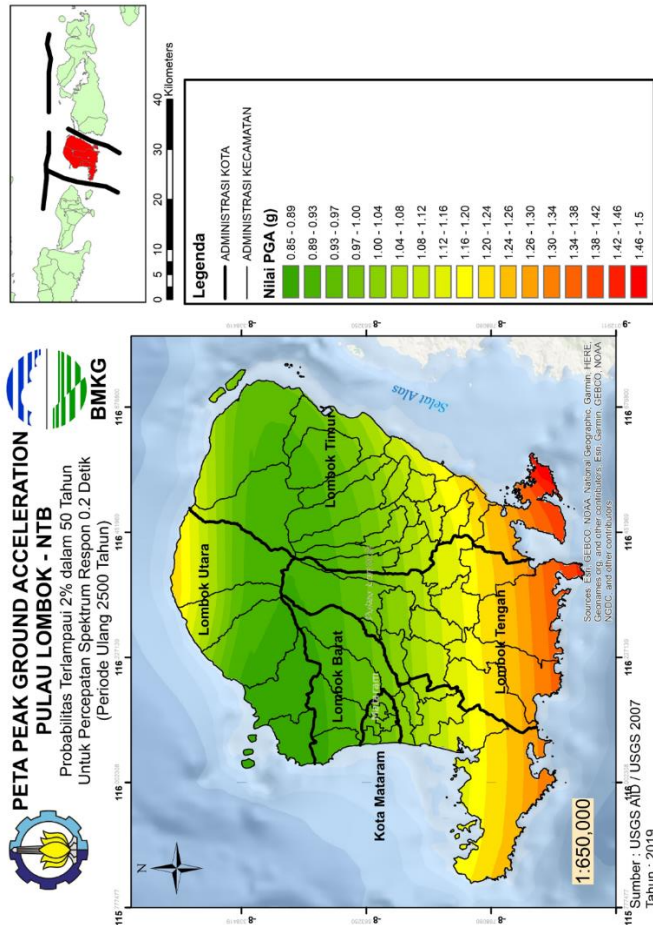
Didapatkan nilai PGA 0.665 – 1.14 g, dengan *trend* persebaran yang sama Dimana Lombok bagian selatan dan utara memiliki nilai yang tinggi, lalu diikuti oleh Lombok bagian timur



Gambar 4. 10 PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun)

4.2.6. PGA (T=0.2s) 2% untuk 50 Tahun (2500 Tahun)

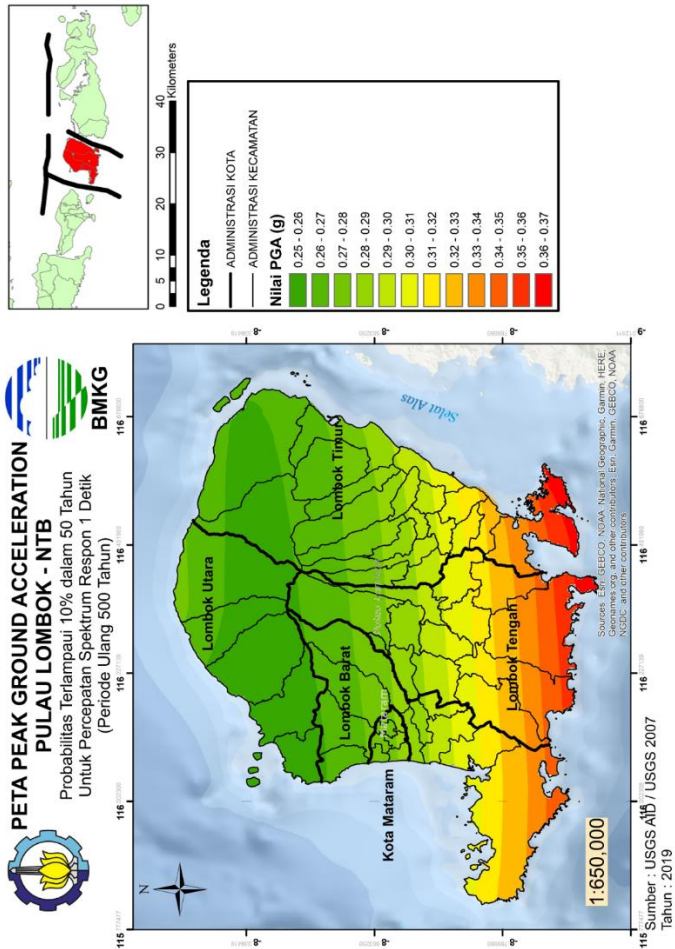
Diperoleh nilai PGA 0.85 – 1.5 g, dengan model persebaran yang relatif sama namun sedikit adanya perbedaan dimana wilayah yang terkena dampak tertinggi lebih terfokus pada daerah timur laut Pulau Lombok yakni disekitar daerah Sunut. Baik efek subduksi dan patahan tidak terlalu memberikan perubahan yang berarti



Gambar 4. 11 PGA (T=0.2s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun)

4.2.7. PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (500 Tahun)

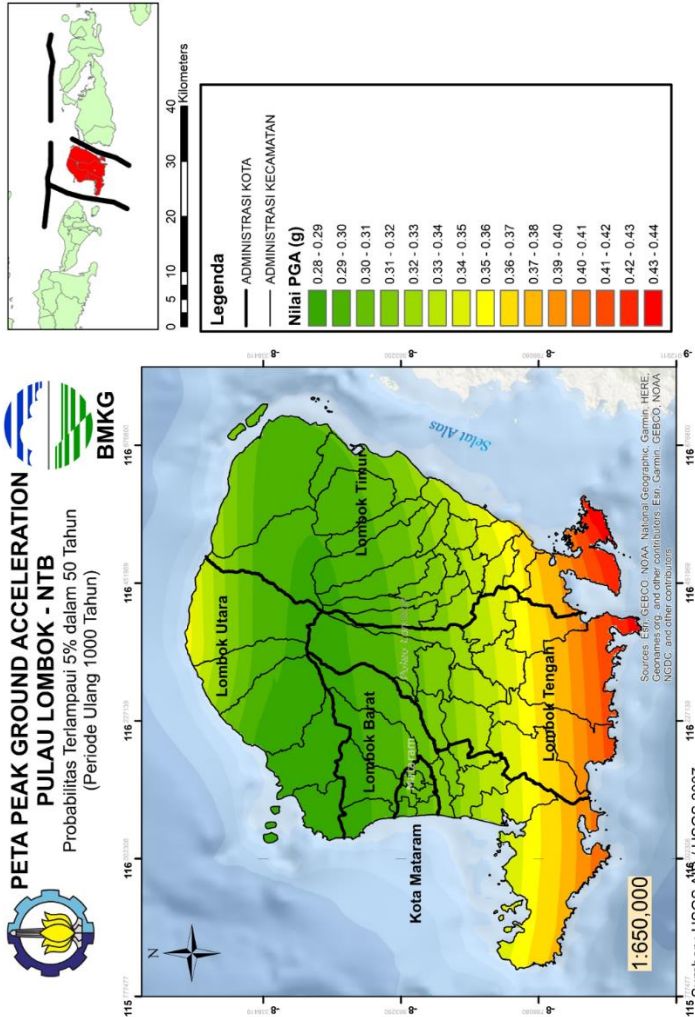
Untuk hasil PGA (T=1s) memiliki bentuk yang berbeda dibandingkan dengan T = 0s dan 0.2s. Dimana efek subduksi jauh lebih dominan dibandingkan dengan patahan, walaupun terlihat sedikit efek akibat patahan namun tidak sekontras jika dibandingkan dengan 6 hasil sebelumnya. Untuk nilai PGA kembali mengecil dan cenderung mendekati nilai T=0s, meskipun tetap lebih tinggi sedikit dengan nilai 0.25 – 0.37 g.



Gambar 4. 12 PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun)

4.2.8. PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (1000 Tahun)

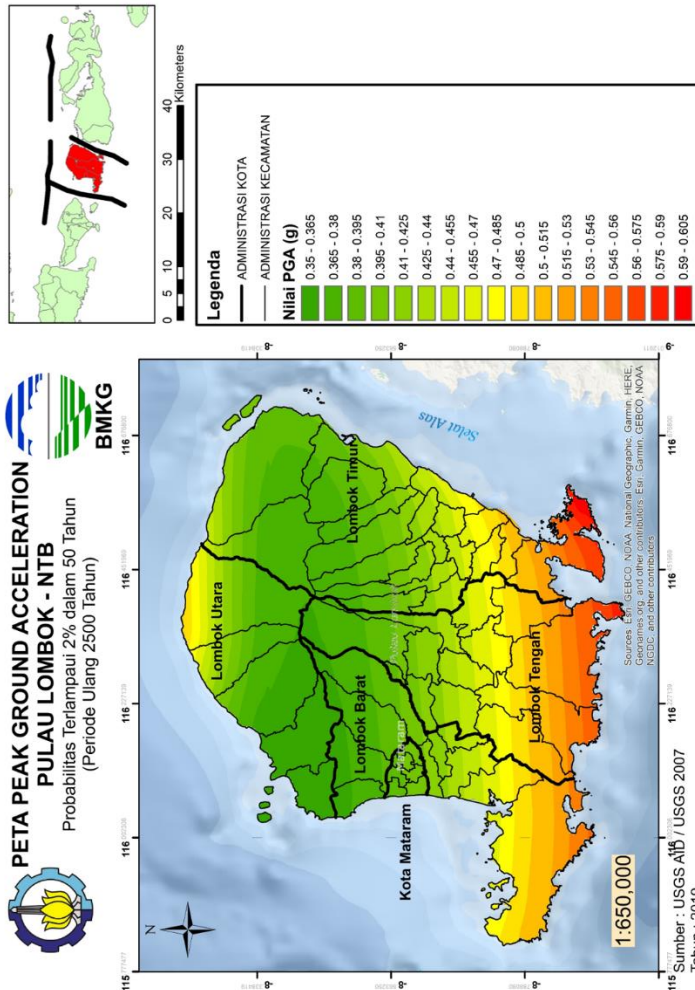
Sama seperti pada PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun) tidak terlalu signifikan perubahan hasilnya. Namun tetap terjadi kenaikan nilai PGA menjadi 0.32 – 0.47 g.



Gambar 4. 13 PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun)

4.2.9. PGA (T=1s) 2% untuk 50 Tahun (2500 Tahun)

Di dapatkan *trend* persebaran nilai PGA yang cukup homogen pada Lombok bagian utara seakan-akan tidak terdapat efek akibat patahan, namun tetap terlihat pada wilayah Lombok sebelah barat daya atau lebih tepatnya berada di dekat daerah Pamenang memiliki nilai PGA yang paling rendah. Nilai PGA pada hasil ini memiliki rentang 0.425 – 0.68 g.



Gambar 4. 14 PGA (T=1s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun)

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis pada penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai PGA $T=0$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 0.23 – 0.35g, pada periode ulang 1000 tahun adalah 0.28 – 0.44g, sedangkan periode ulang 2500 tahun didapatkan 0.35 – 0.605g.
Nilai PGA $T=0.2s$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 0.545 – 0.845g, pada periode ulang 1000 tahun adalah 0.665 – 1.14g, sedangkan periode ulang 2500 tahun 0.85 – 1.5g.
Nilai PGA $T=1s$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 0.25 – 0.37g, periode ulang 1000 tahun 0.32 – 0.47g, periode ulang 2500 tahun 0.425 – 0.68g.
2. Berdasarkan hasil peta *seismic hazard* nilai PGA ($T = 0s$) dan PGA ($T = 0.2$ dengan periode ulang 500, 1000, dan 2500 tahun didapatkan sumber gempa subduksi dan patahan memiliki kontribusi terbesar (Pada bagian lampiran) dalam persebaran nilai PGA di Pulau Lombok, dengan efek Subduksi Sumba di bagian selatan dan efek Flores *Back-arc Thrust* di bagian utara pulau Lombok. Untuk PGA ($T = 1s$) yang dominan adalah efek Subduksi Sumba.
3. Pada wilayah Pulau Lombok bagian tengah dan sisi barat dekat daerah Pamenang merupakan daerah dengan potensi bahaya gempa yang rendah.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis pada penelitian ini, penulis memiliki saran sebagai berikut :

1. Memahami historikal kegempaan pada daerah penelitian untuk memastikan bahwa data yang di olah merupakan gempa utama.
2. Diharapkan untuk dapat menggunakan persamaan fungsi atenuasi yang lebih mutakhir/terbarukan, diharapkan agar didapatkan hasil yang lebih sesuai dengan perkembangan zaman.

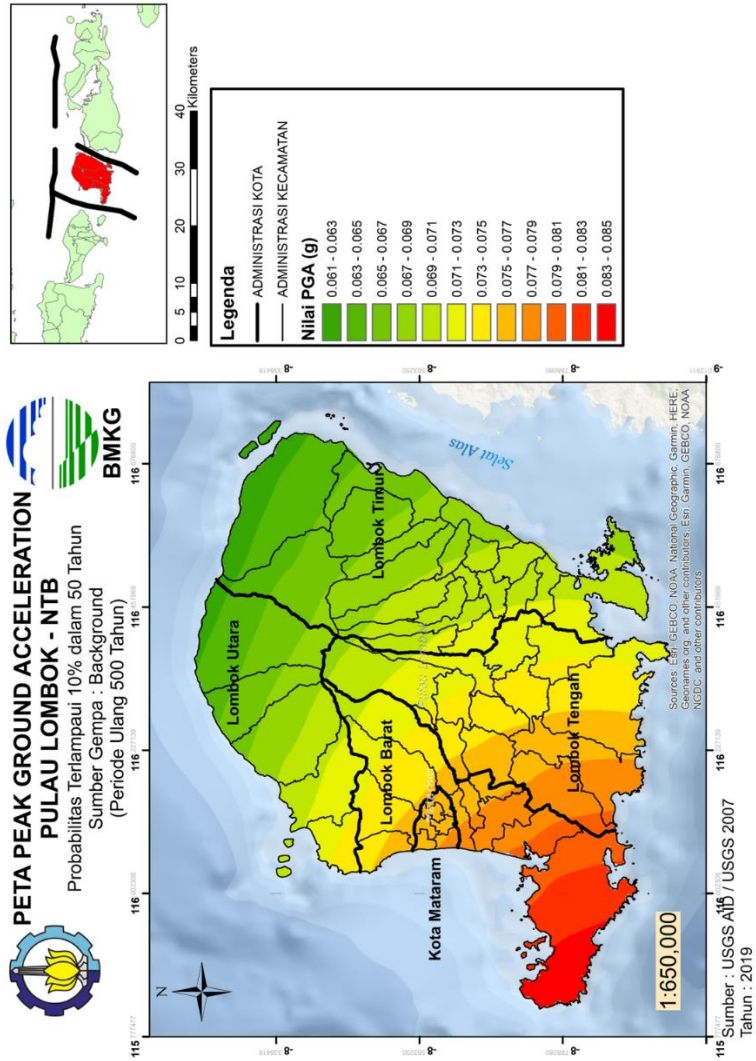
“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

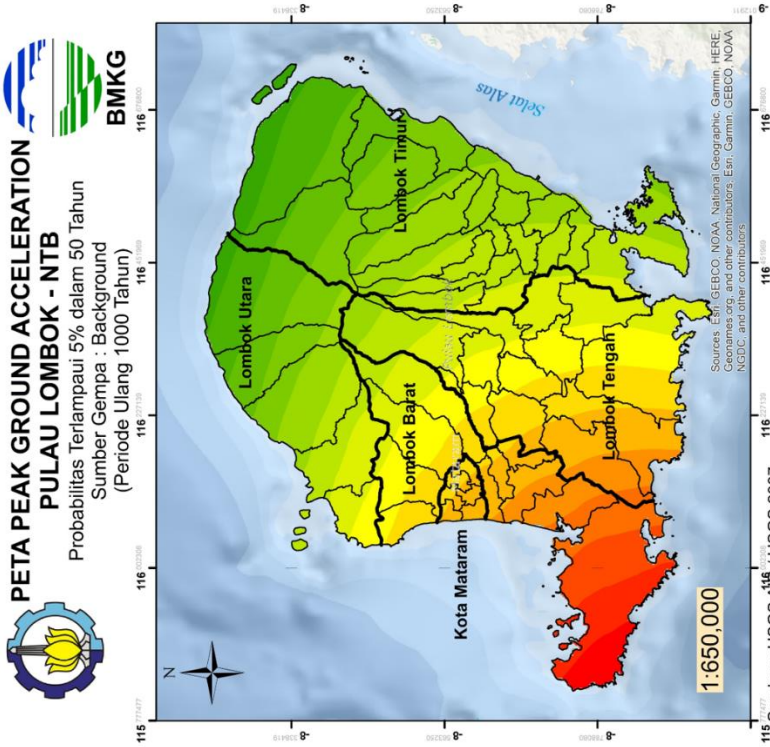
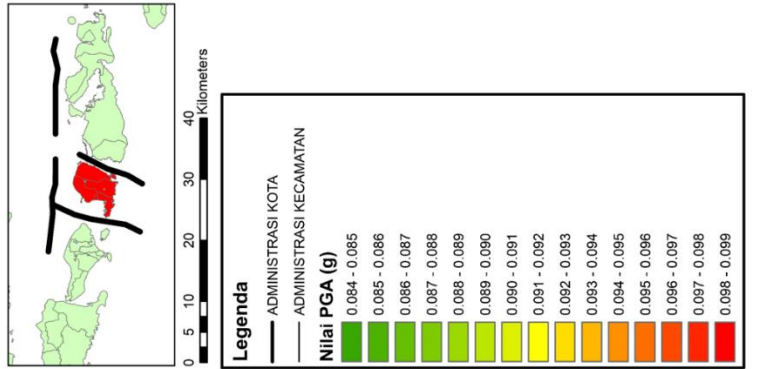
- Atkinson, G.M. dan Boore, D.M. (2003), *Empirical Ground-Motion Relations for Subduction - Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Regions*, Bulletin of the Seismological Society of America, Volume 93, nomor 4 pp. 1703–1729.
- Baker, Jack W. (2008), *An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)*, Version 1.3
- Irsyam, M., Sengara, W., Aldiamar, F., Widiyantoro, S. dan Triyoso, W. (2012), *Hasil Studi Tim Revisi Gempa Indonesia 2010*, Bandung.
- Irwansyah, E. dan Winarko, E. (2012), *Zonasi Daerah Bahaya Kegempaan Dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA)*, Seminar Nasional Informatika 2012 (semnasIF 2012), Yogyakarta.
- Makrup, L. (2013) *Seismic Hazard untuk Indonesia*. Yogyakarta : Gramedia
- McGuire R. K. (2004), *Seismic Hazard and Risk Analysis*. Earthquake Engineering Research Institute MNO-10.
- Nugraha, J., Sunardi, B., Climatological, M. dan Climatological, M. (2014), *Seismic Hazard Analysis and Isoleismal for Java-Bali-NTB*, No.March 2016.
- PUSGEN (2017), *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*, Tim Pusat Studi Gempa Nasional, Bandung.
- Sieh, K. dan Natawidjaja, D. (2000), *Neotectonics of Sumatra Fault Indonesia*, Journal of Geophysical Research, Vol. 105, 28,295-28,326.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

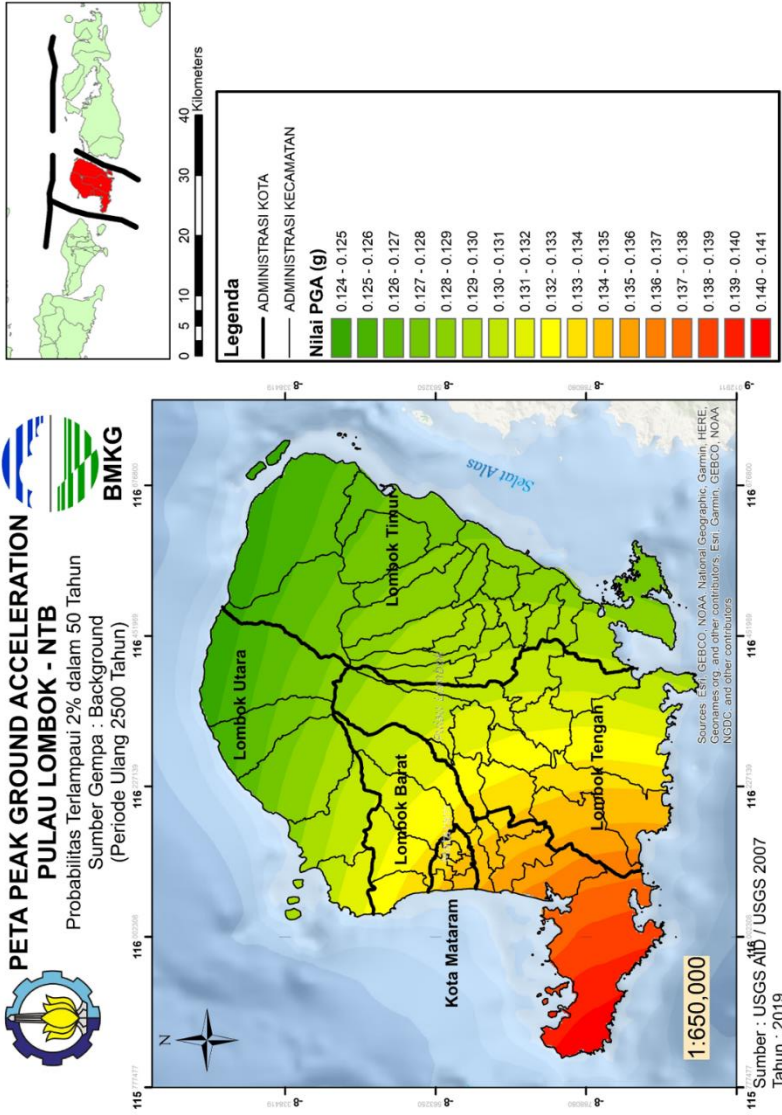
LAMPIRAN



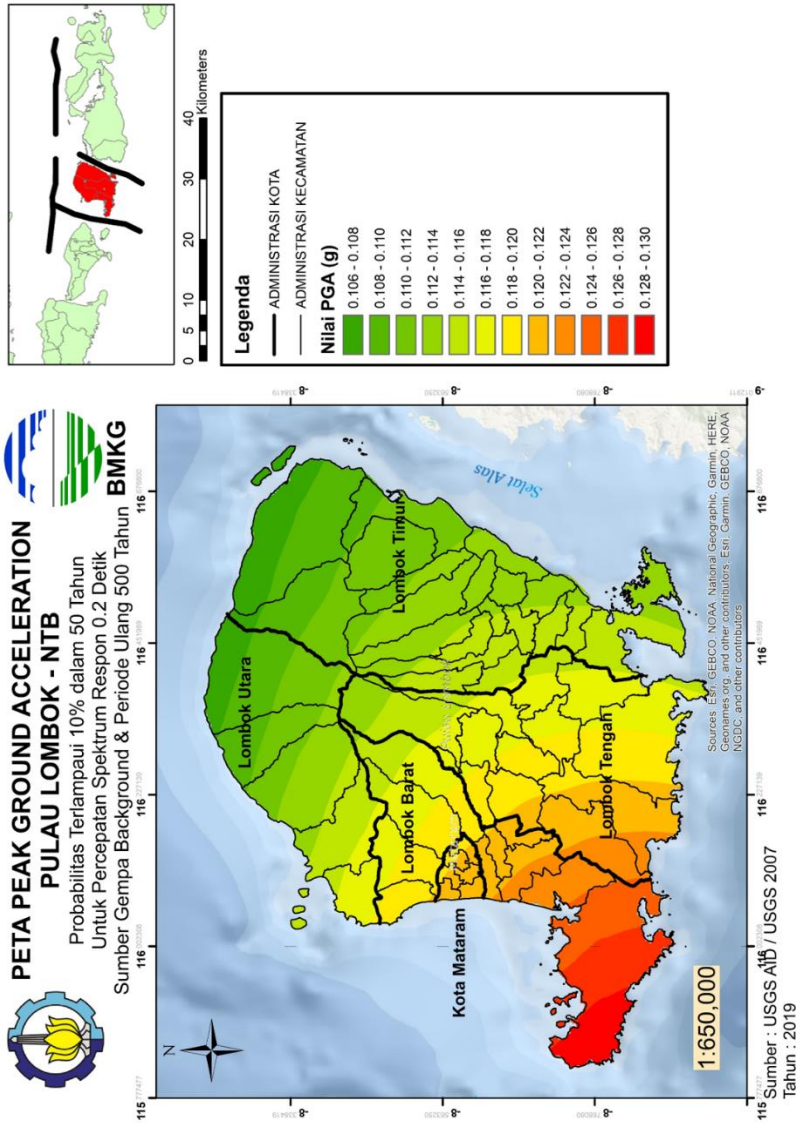
Lampiran 1. PGA 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Background



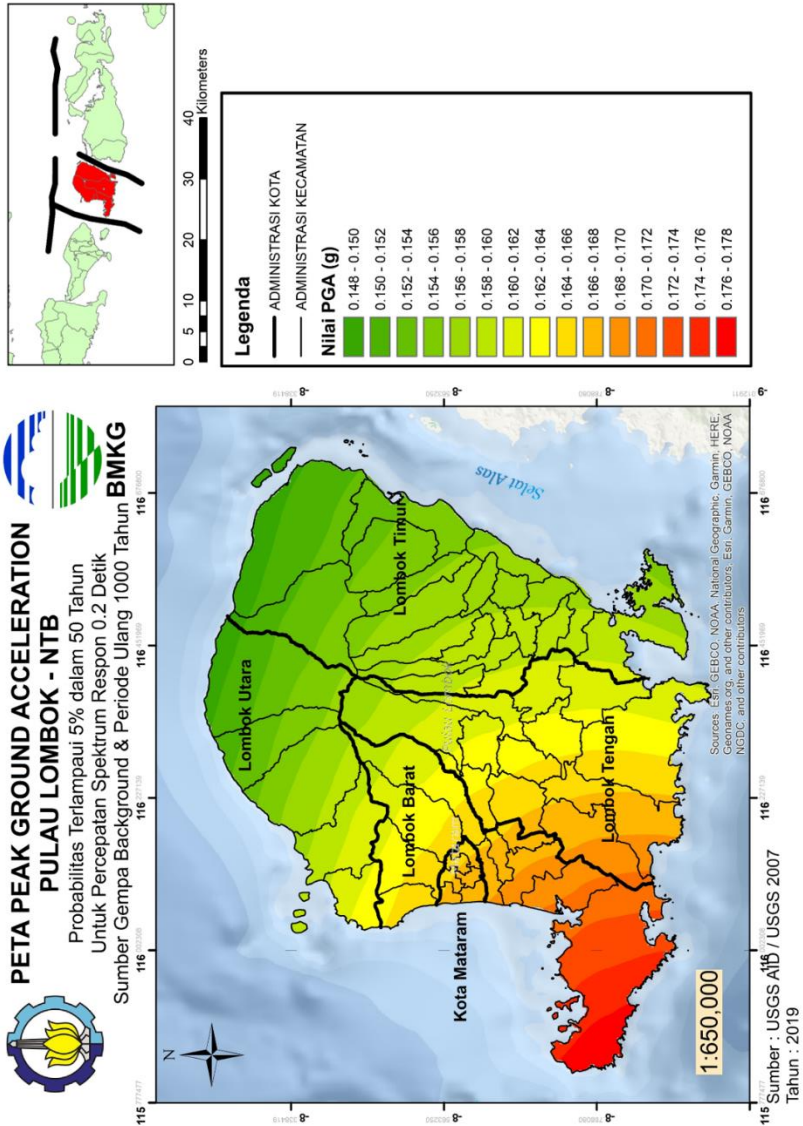
Lampiran 2. PGA 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Background



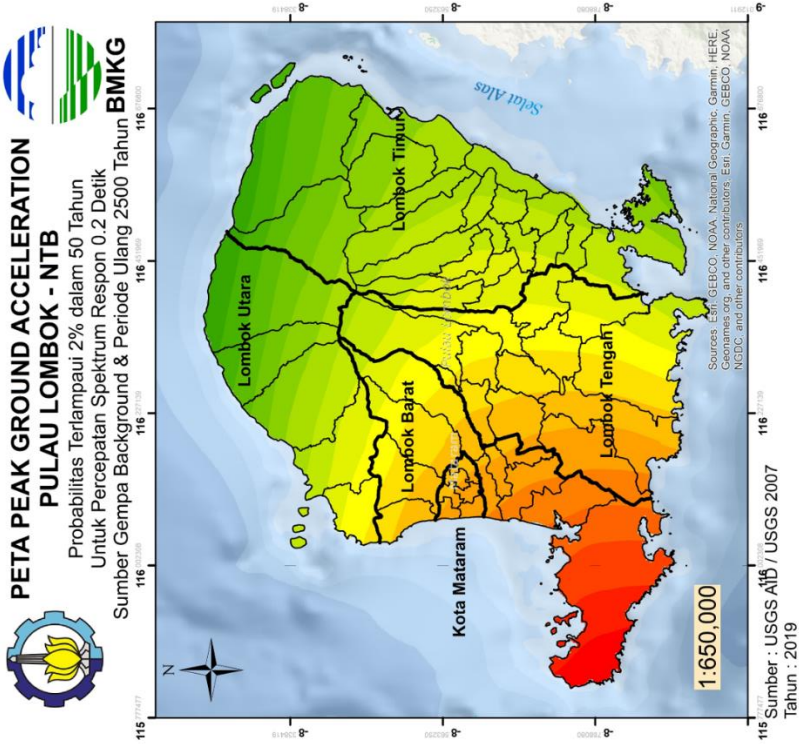
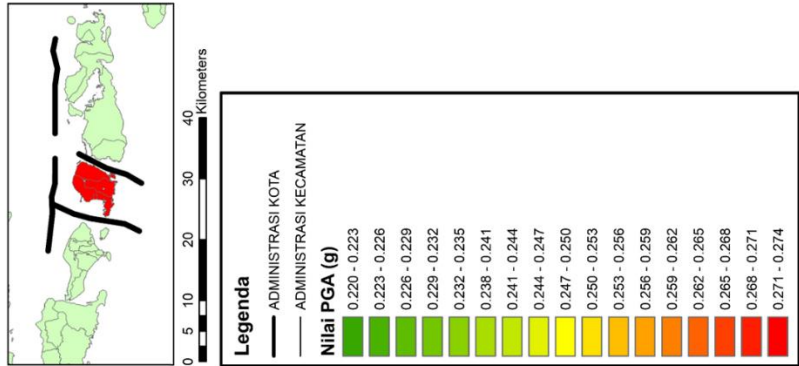
Lampiran 3. PGA 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Background



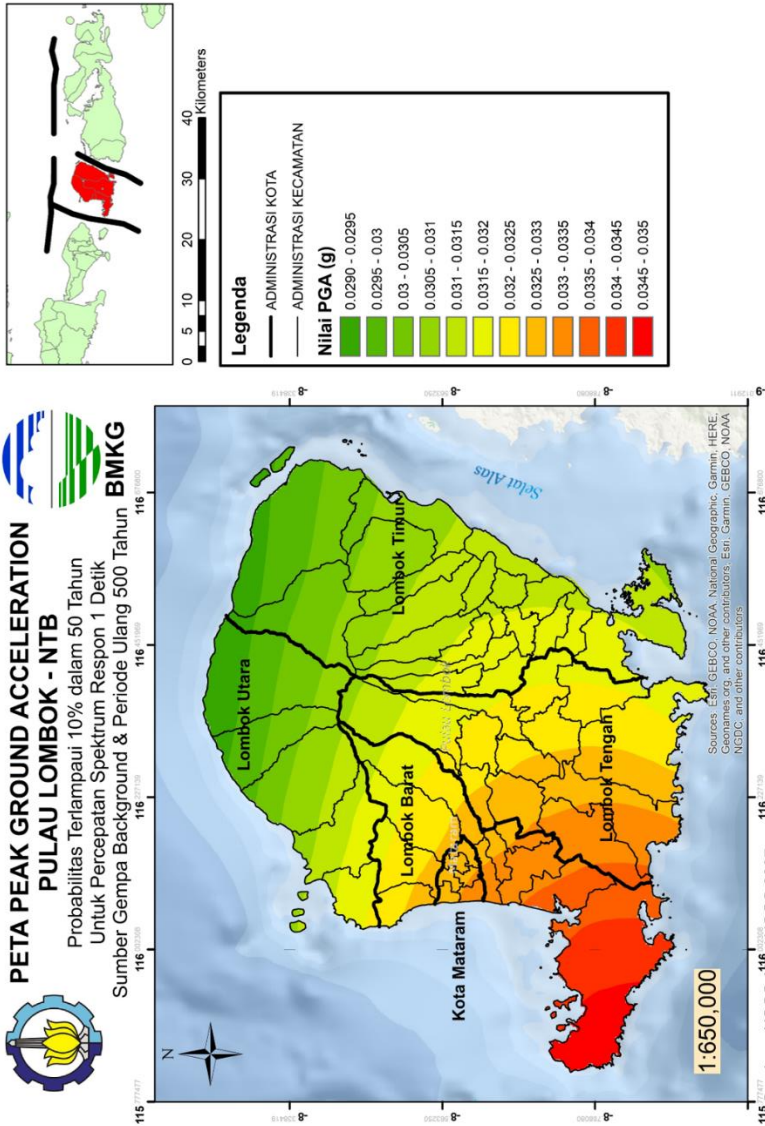
Lampiran 4. PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun).
Sumber Gempa Background



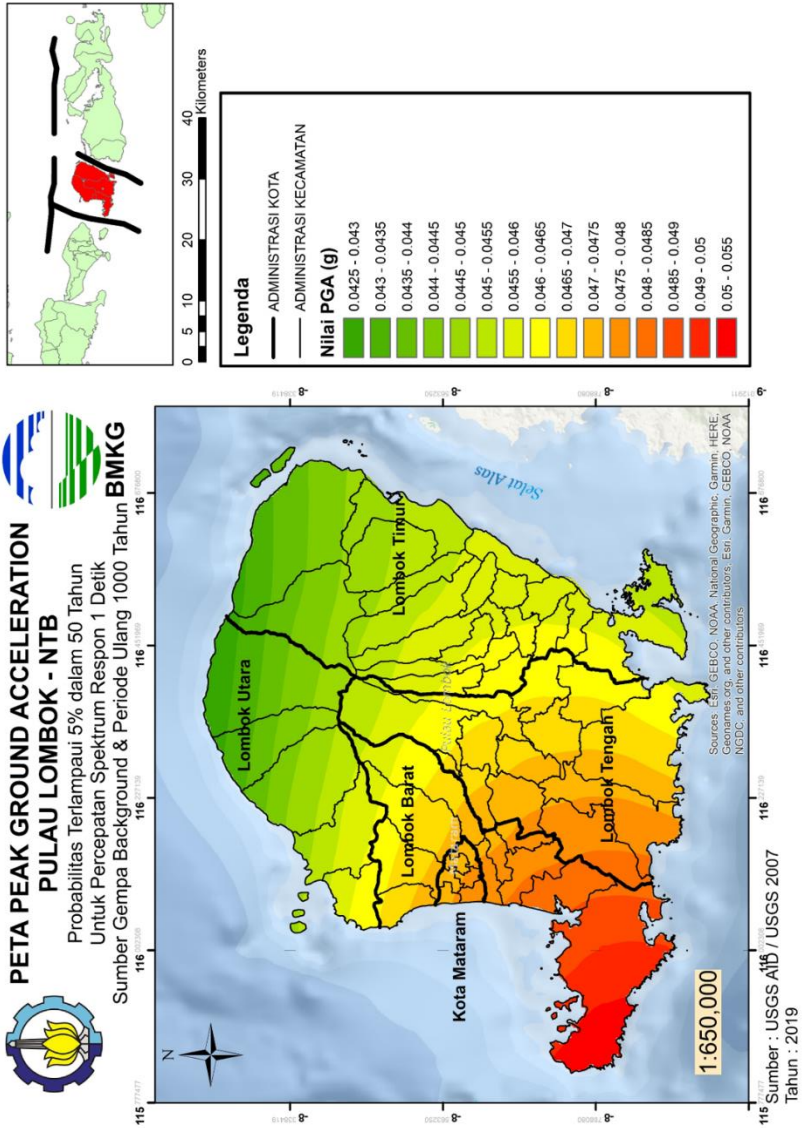
Lampiran 5. PGA ($T=0.2s$) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun).
Sumber Gempa Background



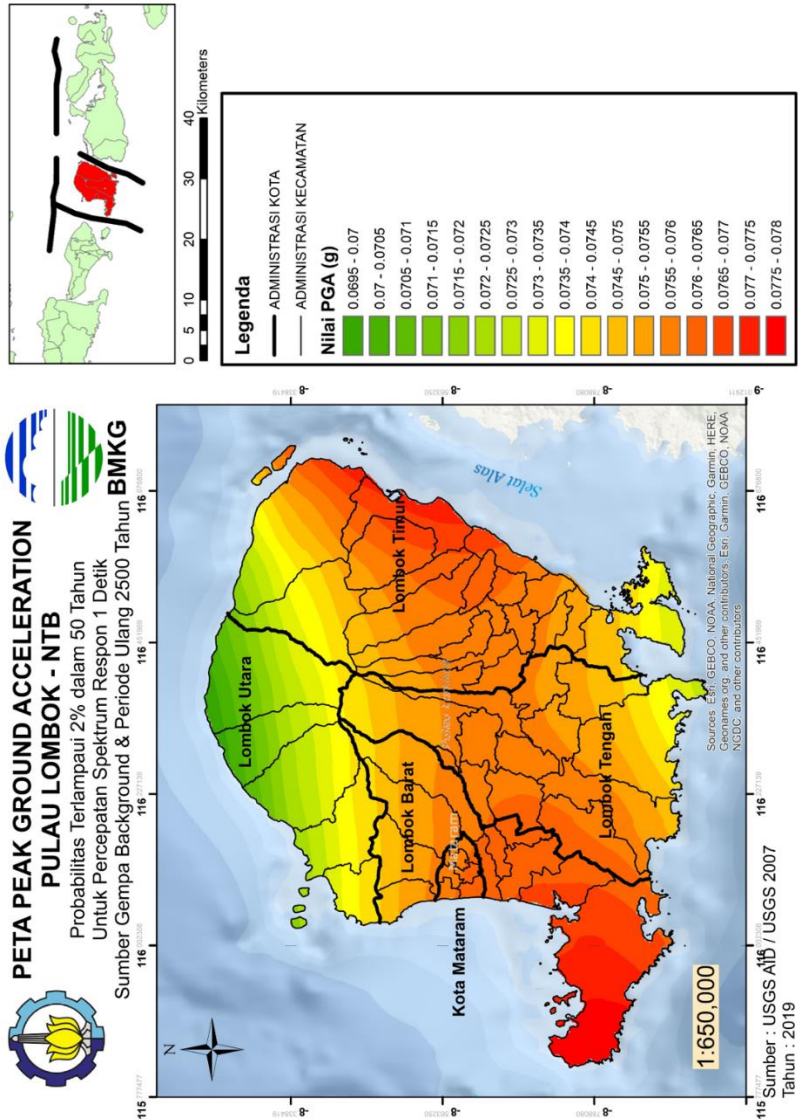
Lampiran 6. PGA (T=0.2s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun).
Sumber Gempa Background



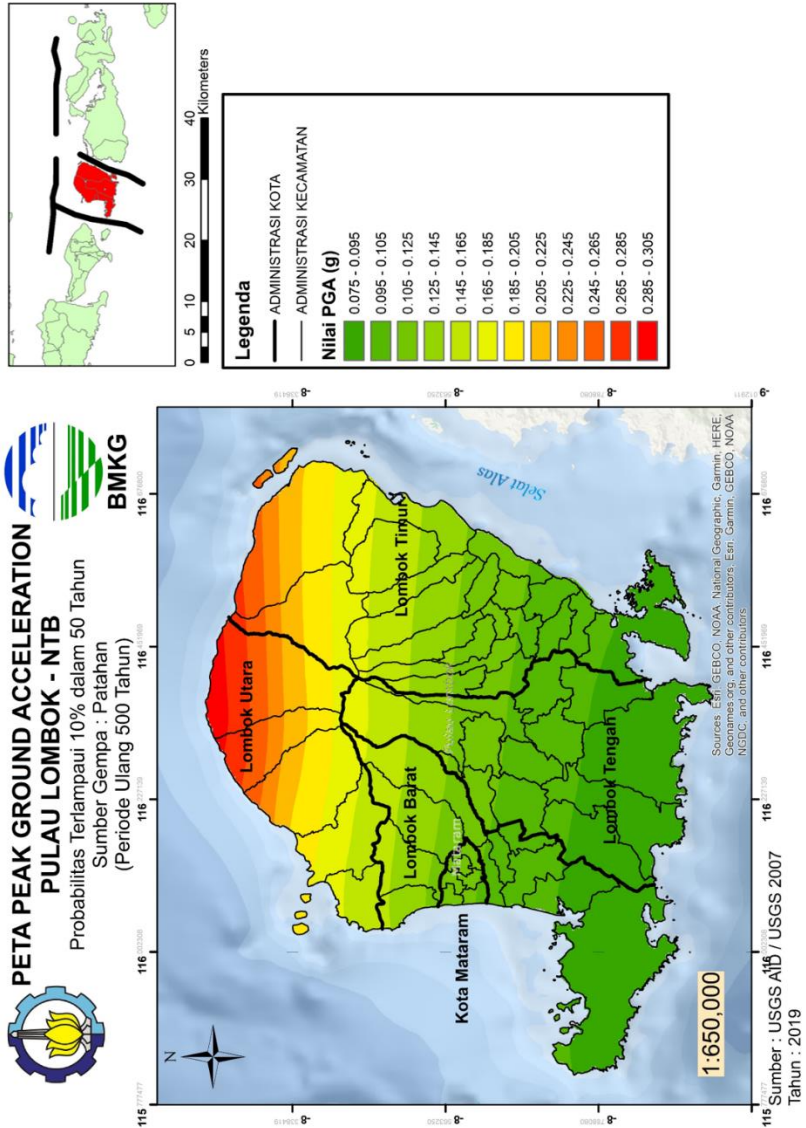
Lampiran 7. PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun).
Sumber Gempa Background



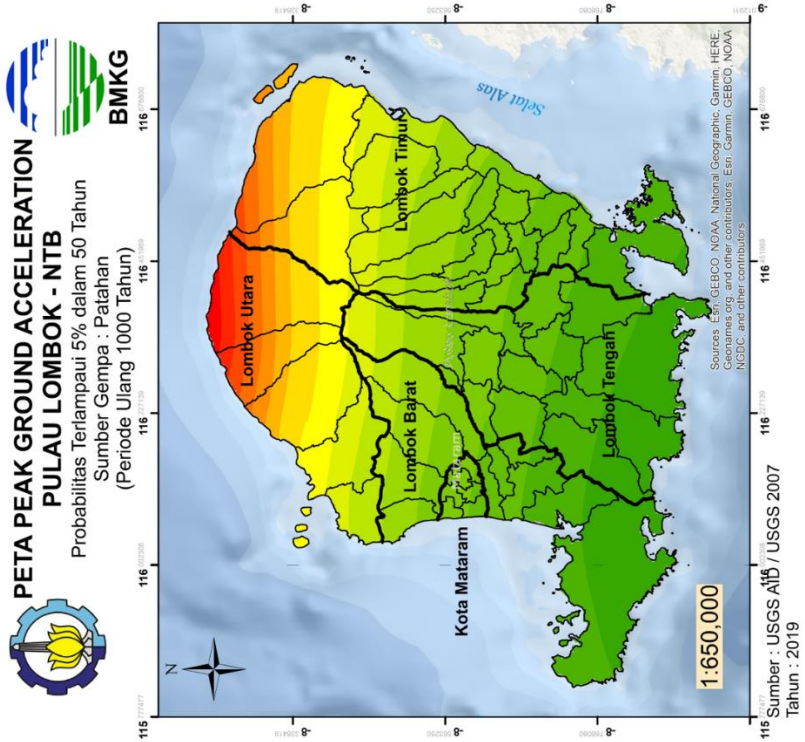
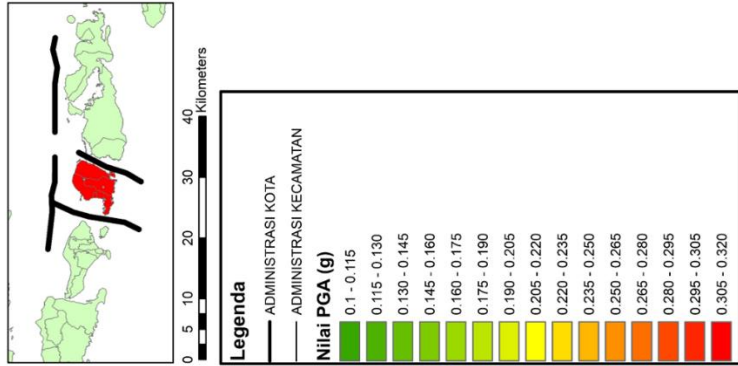
Lampiran 8. PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun).
Sumber Gempa Background



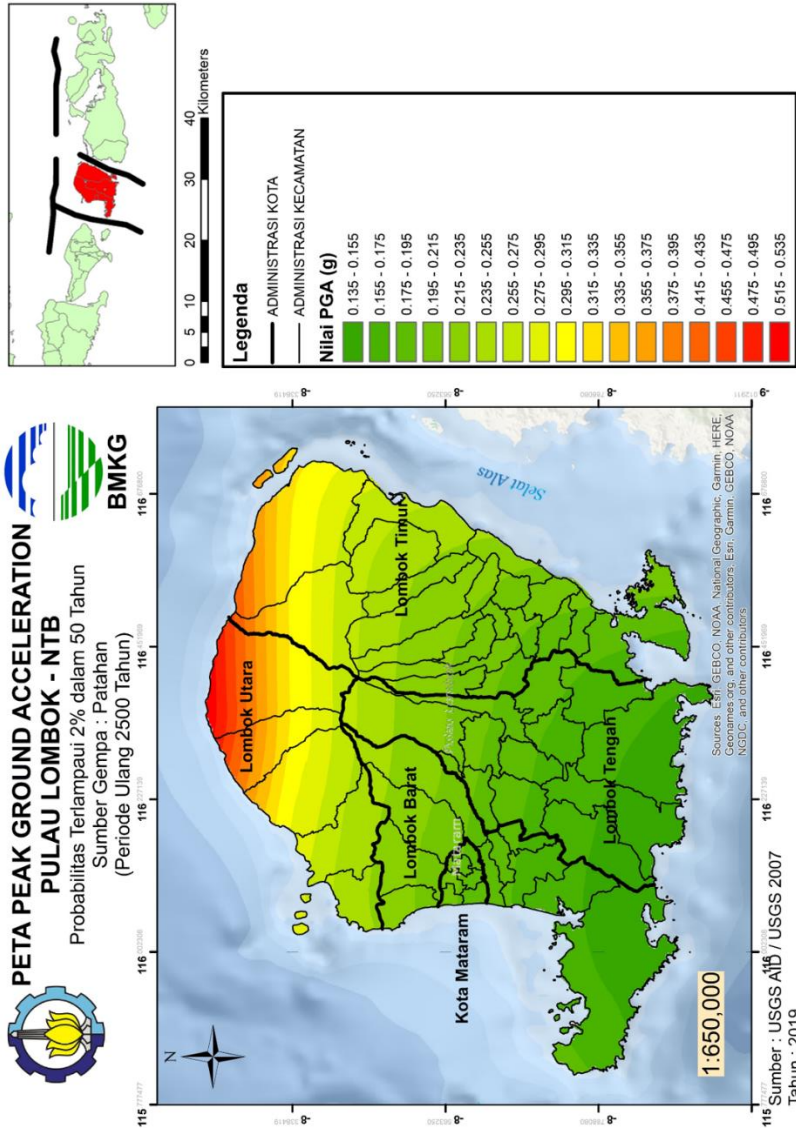
Lampiran 9. PGA ($T=1s$) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun).
Sumber Gempa Background



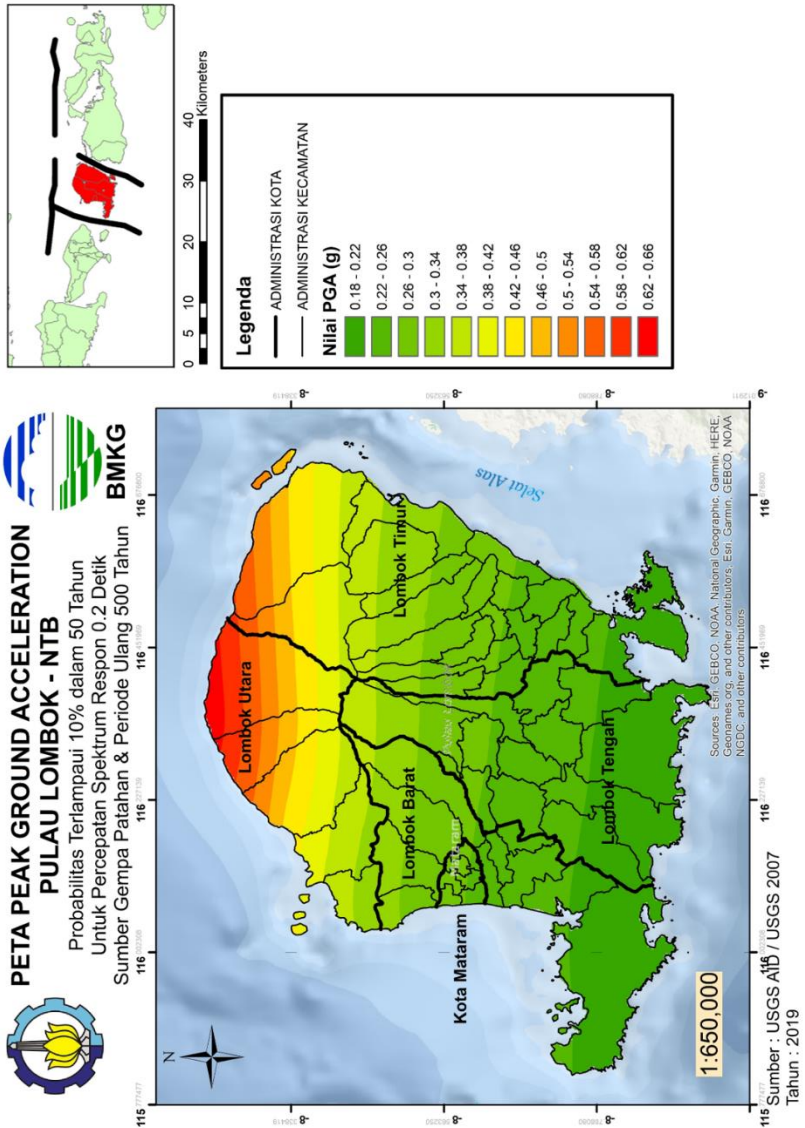
Lampiran 10. PGA 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Patahan



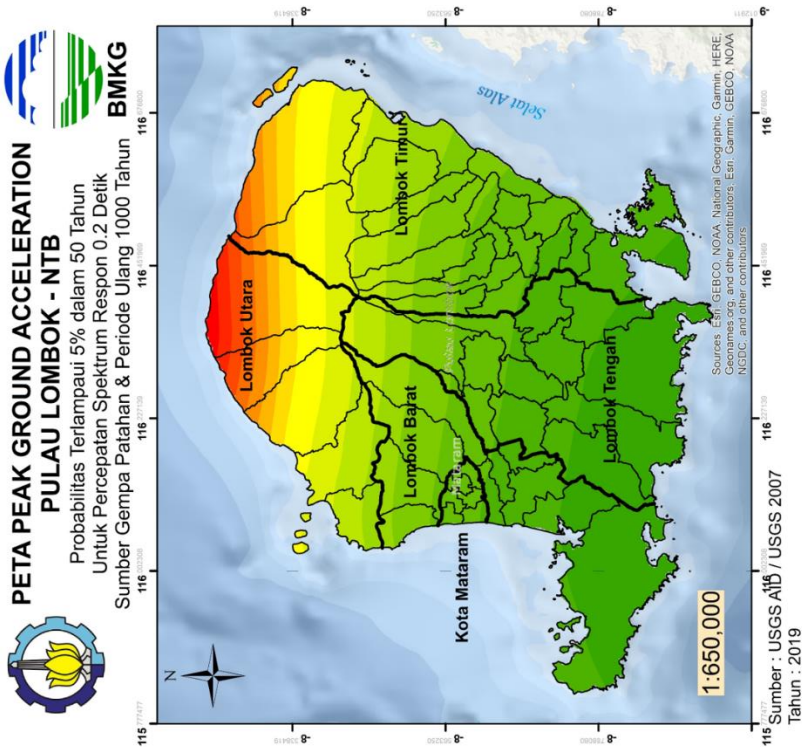
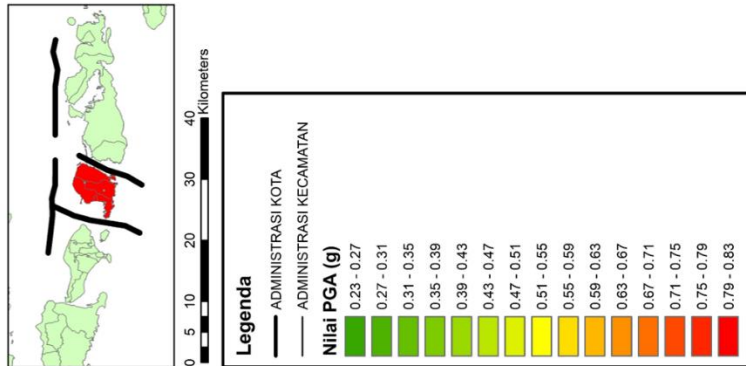
Lampiran 11. PGA 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Patahan



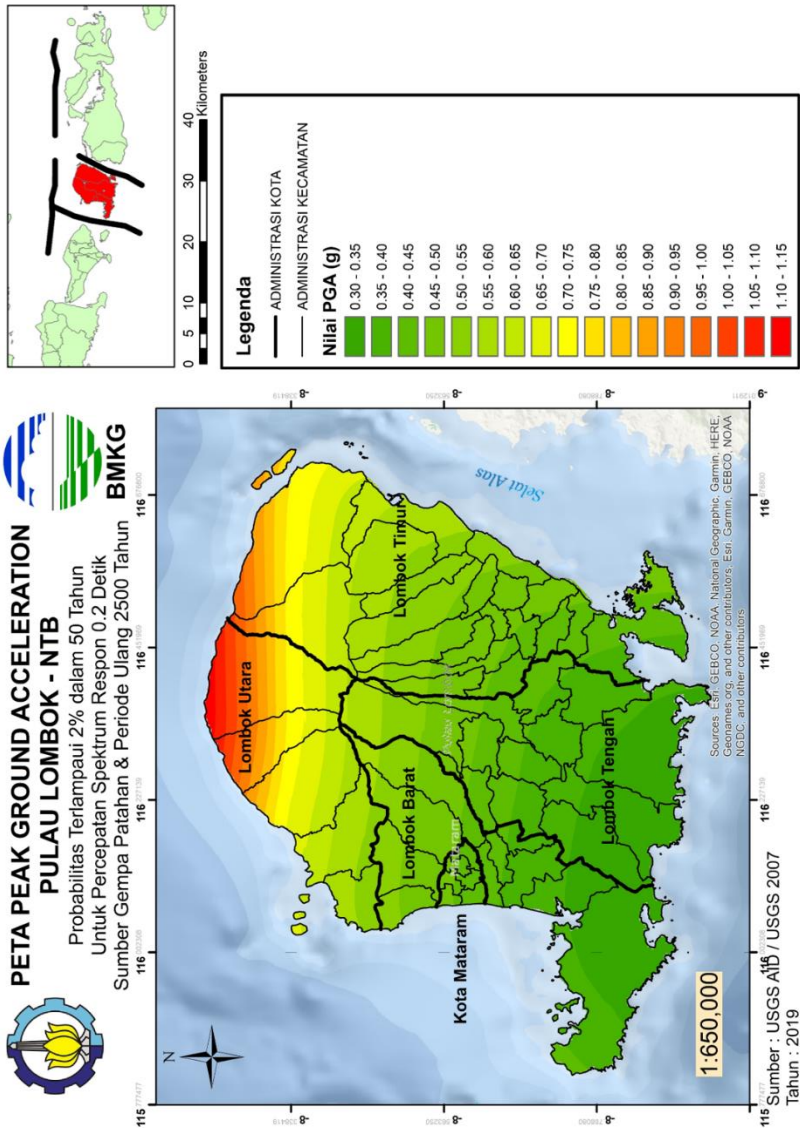
Lampiran 12. PGA 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Patahan



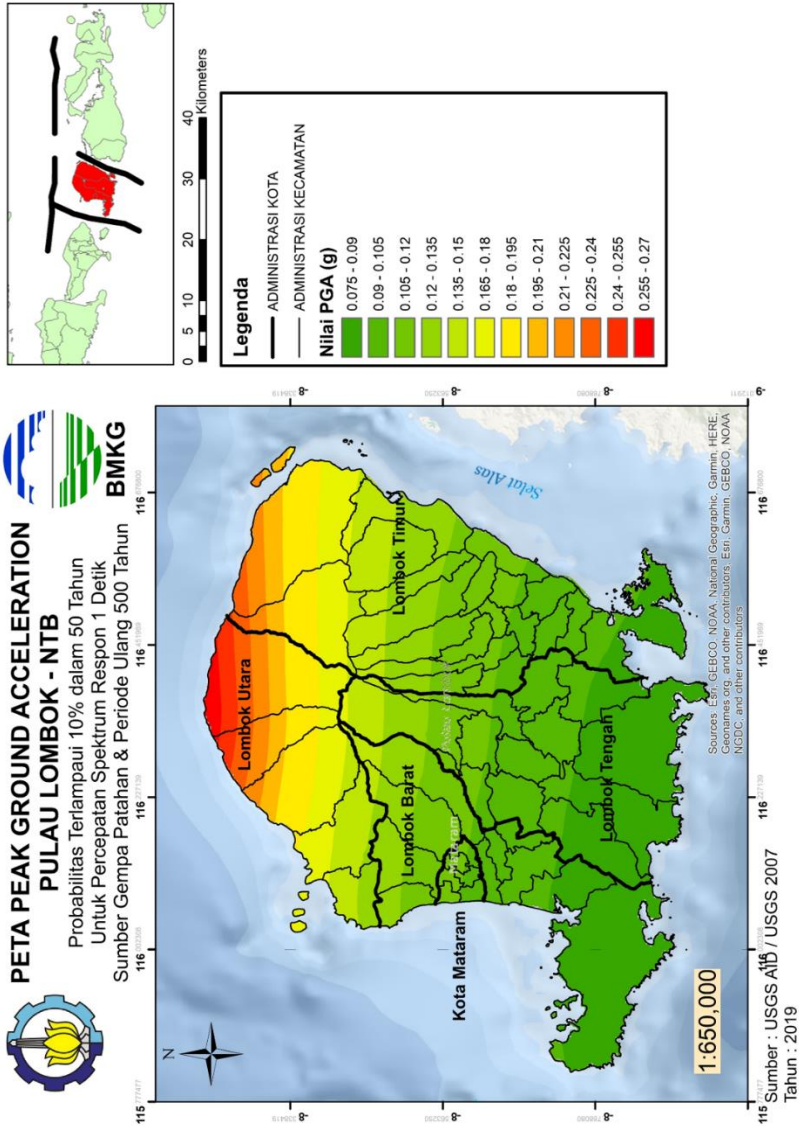
Lampiran 13. PGA ($T=0.2s$) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun).
Sumber Gempa Patahan



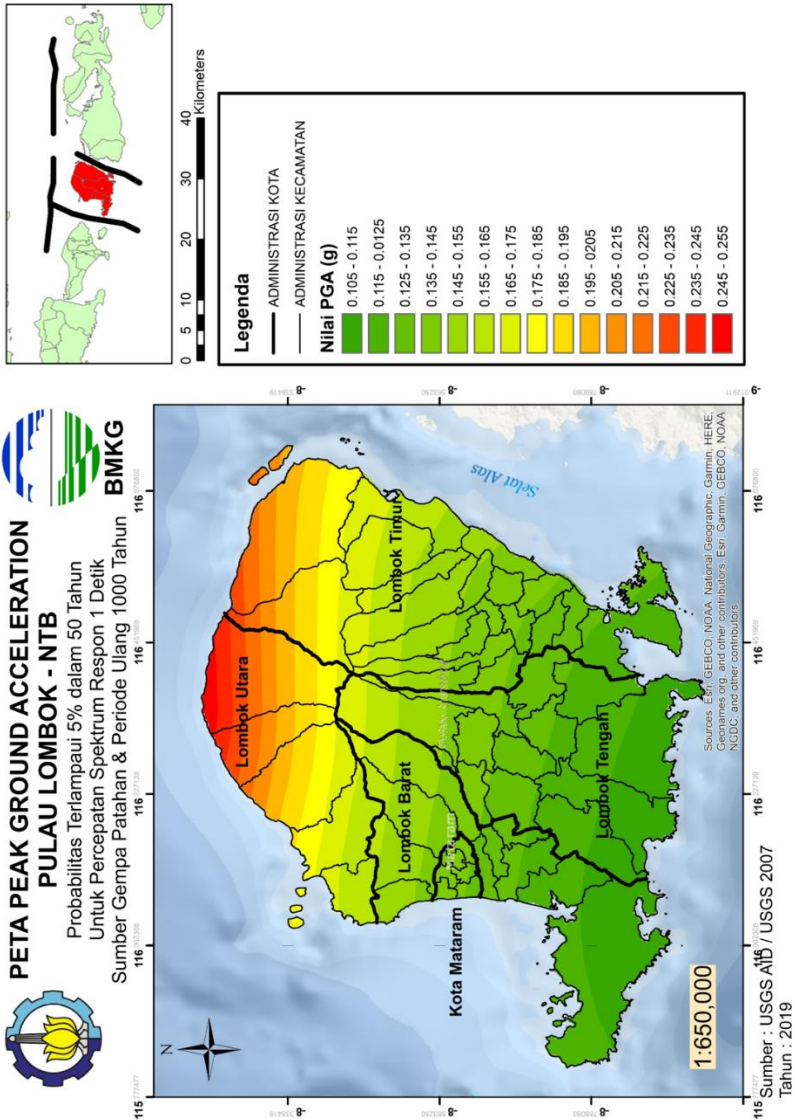
**Lampiran 14. PGA (T=0.2s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun).
Sumber Gempa Patahan**



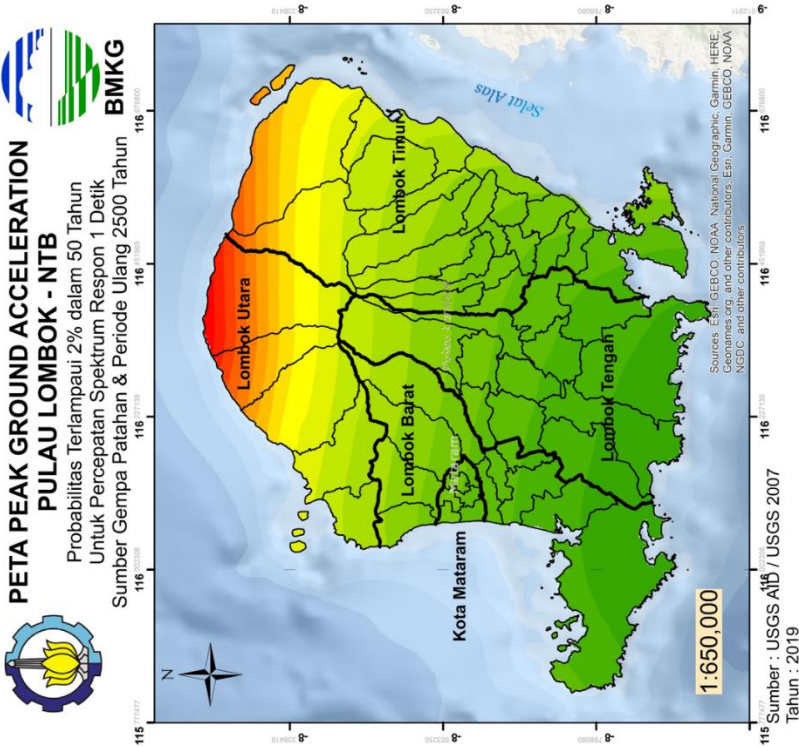
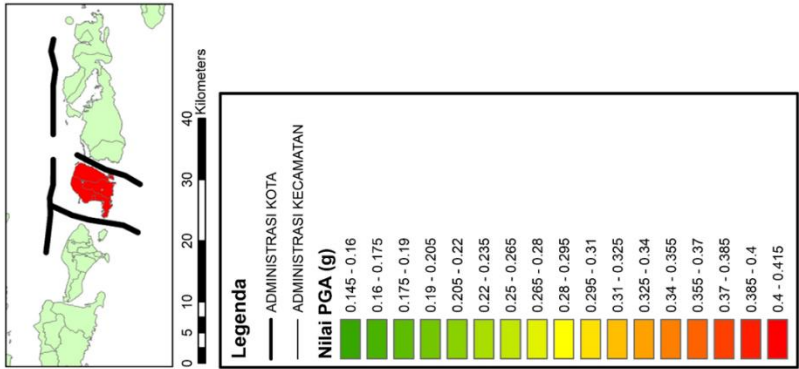
Lampiran 15. PGA ($T=0.2s$) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun).
Sumber Gempa Patahan



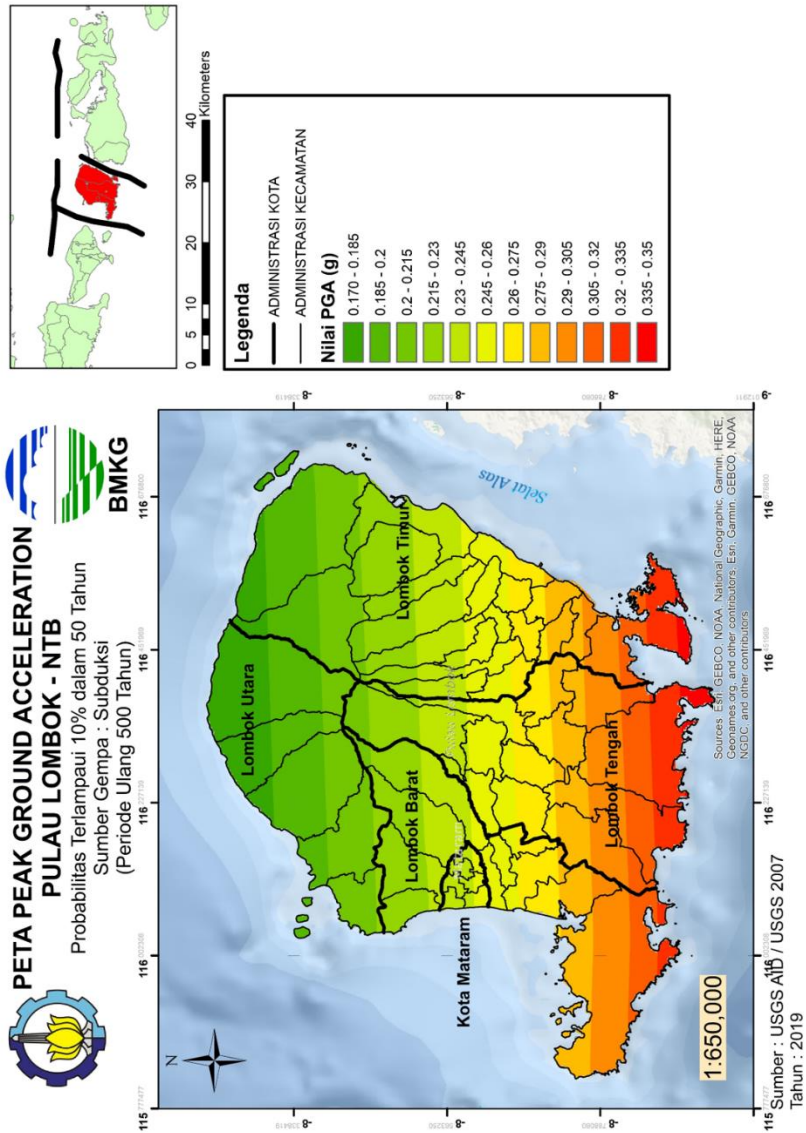
**Lampiran 16. PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun).
Sumber Gempa Patahan**



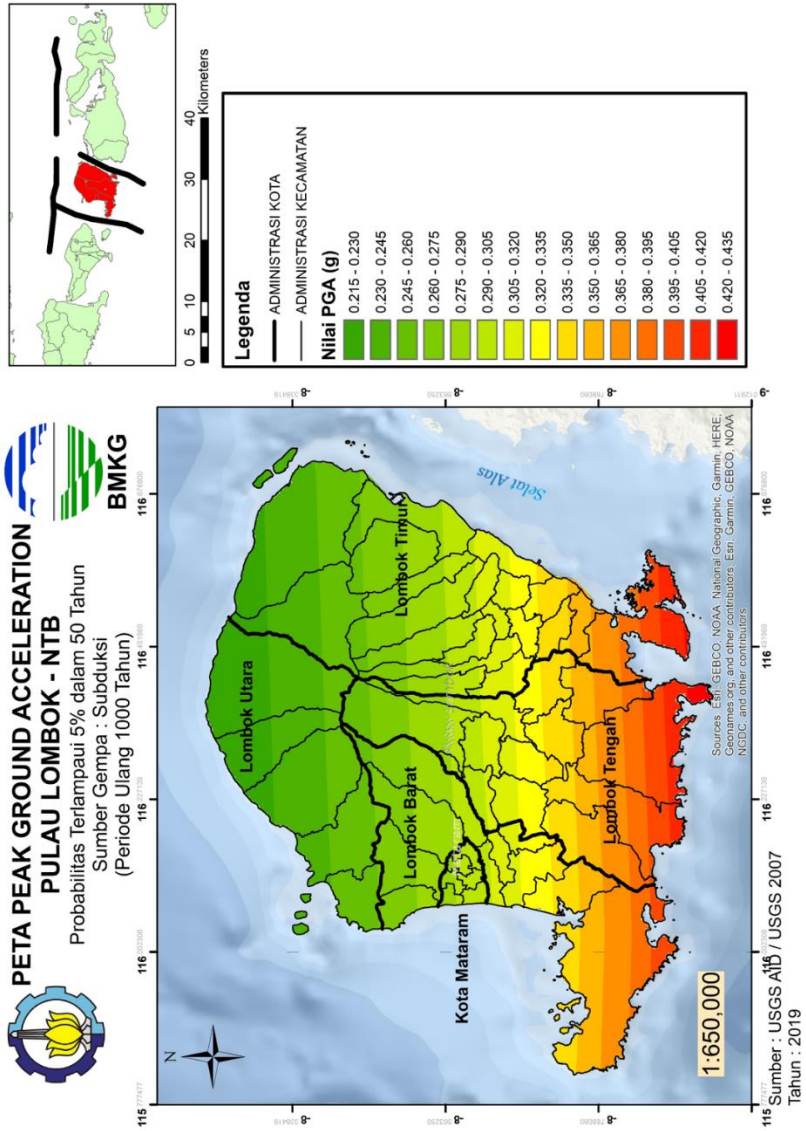
Lampiran 17. PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun).
Sumber Gempa Patahan



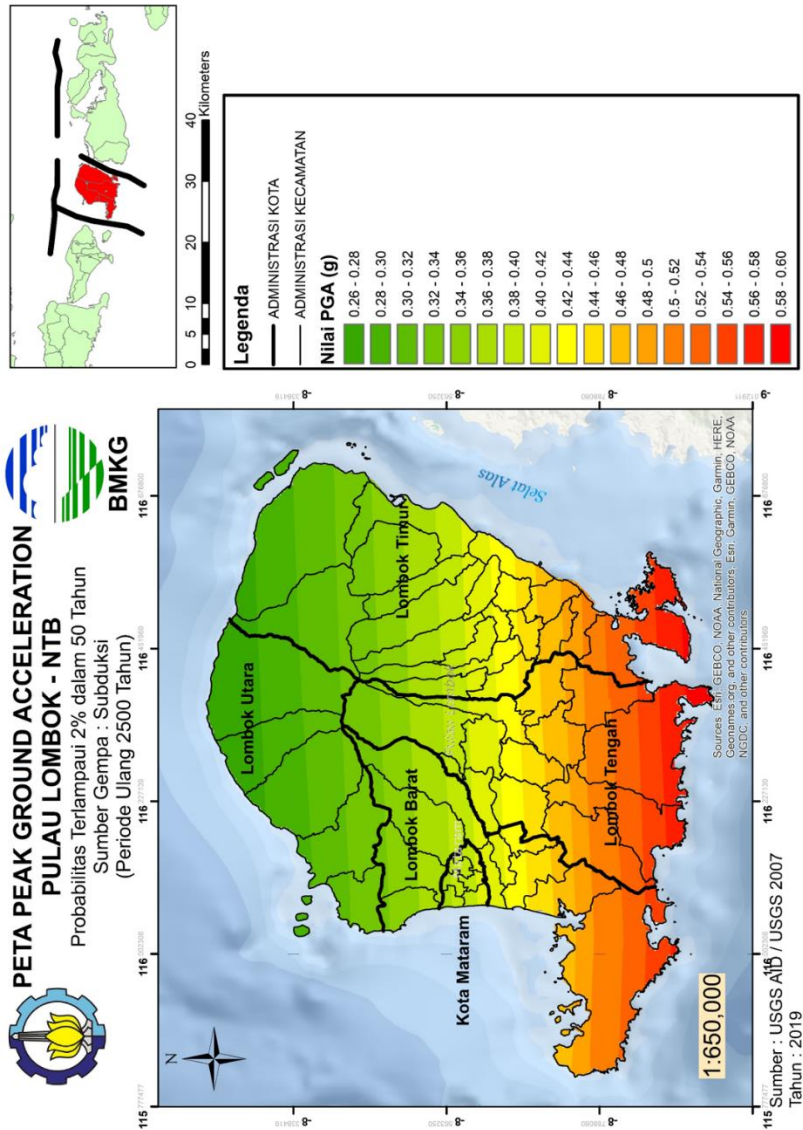
Lampiran 18. PGA (T=1s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun).
Sumber Gempa Patahan



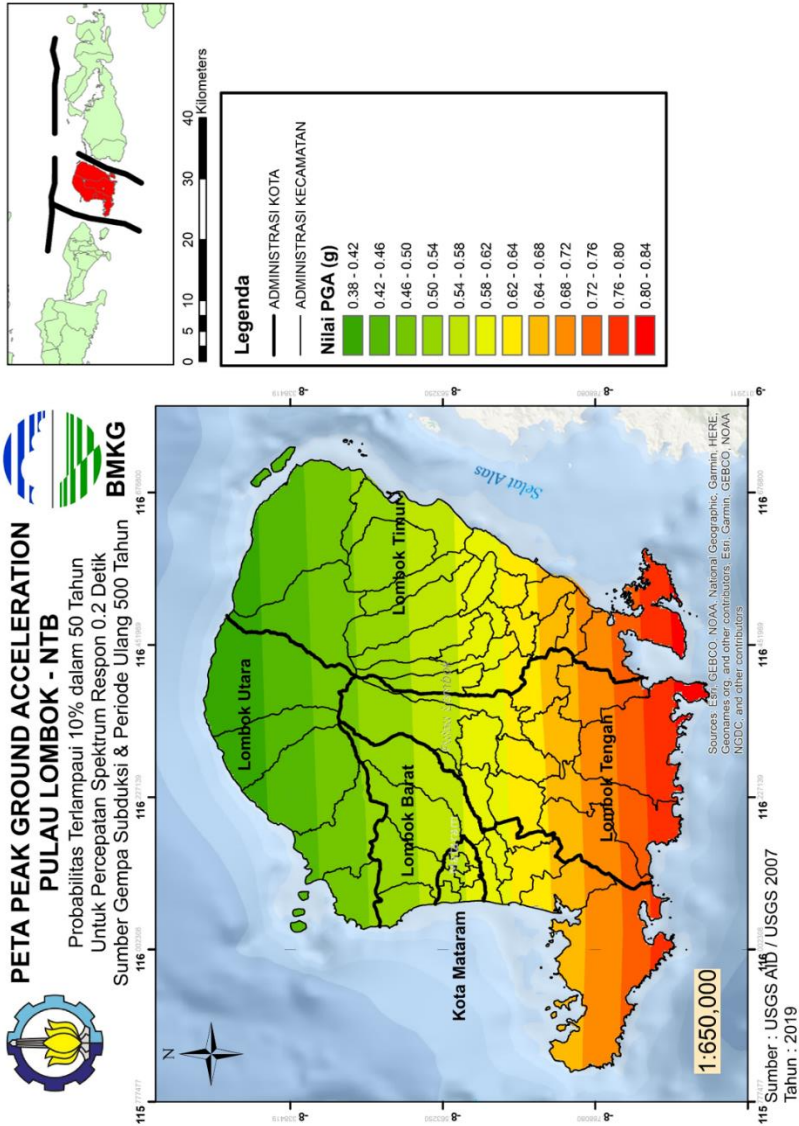
Lampiran 19. PGA 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun). Sumber Gempa Subduksi



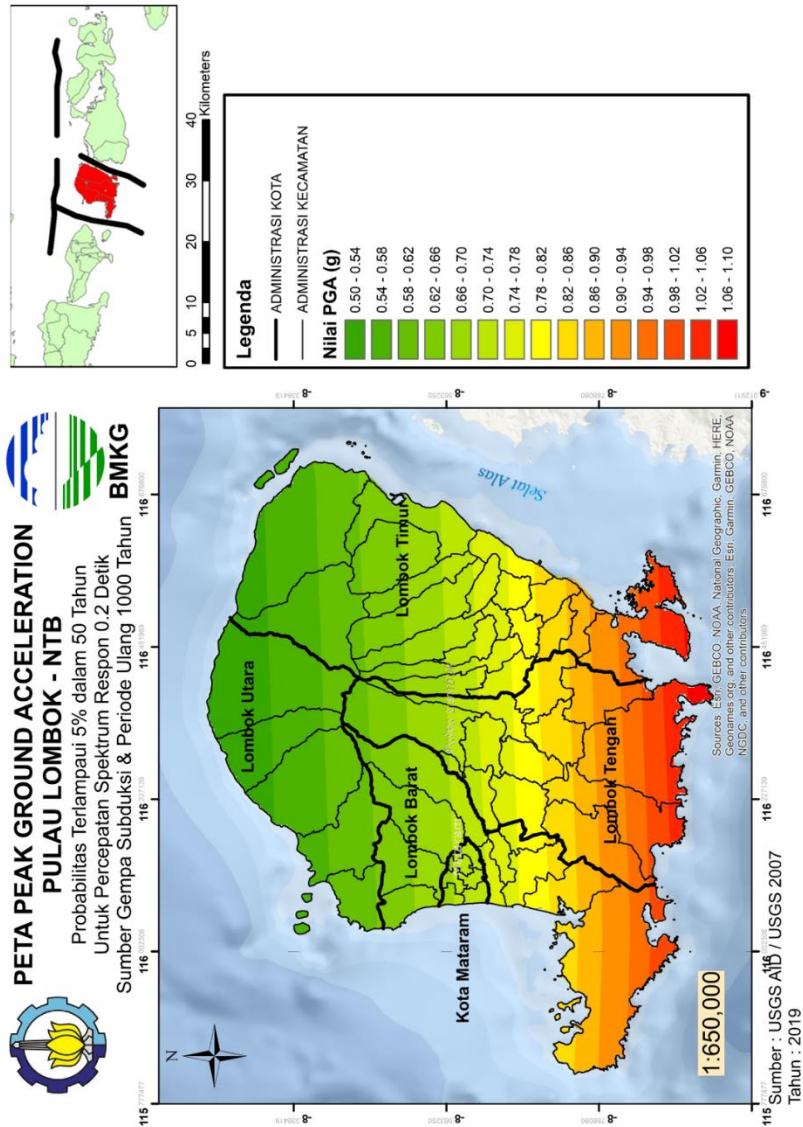
Lampiran 20. PGA 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun). Sumber Gempa Subduksi



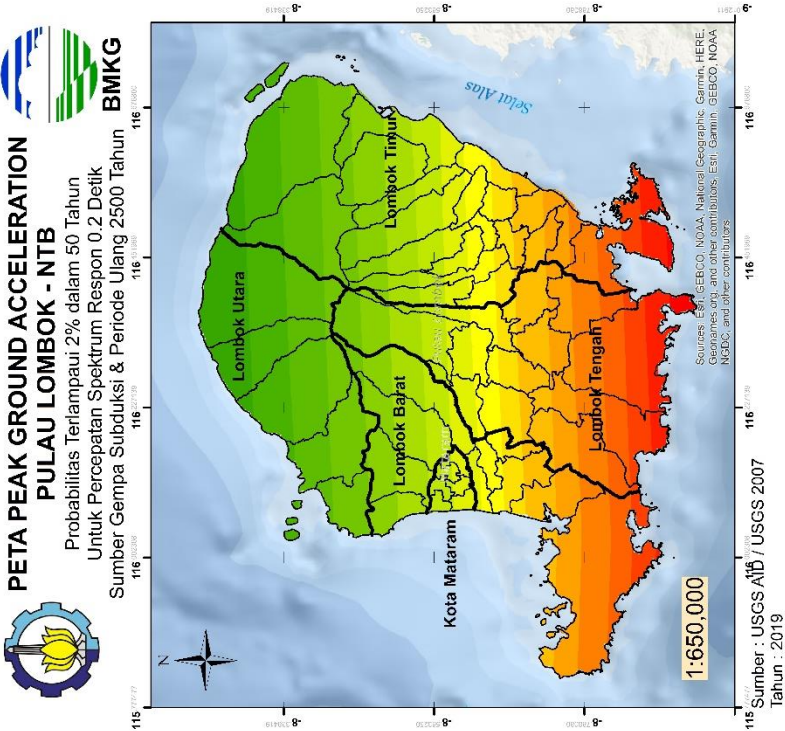
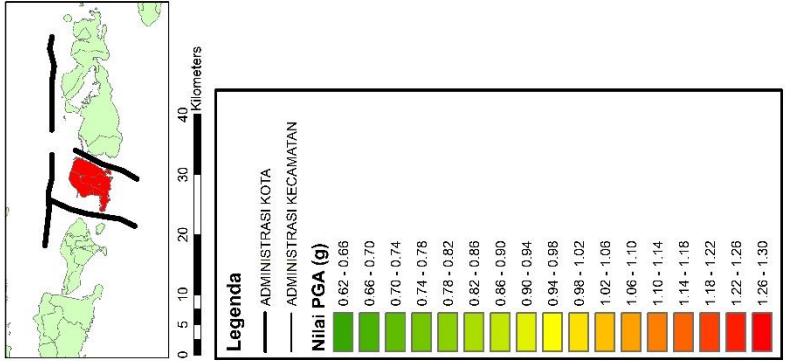
Lampiran 21. PGA 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun). Sumber Gempa Subduksi



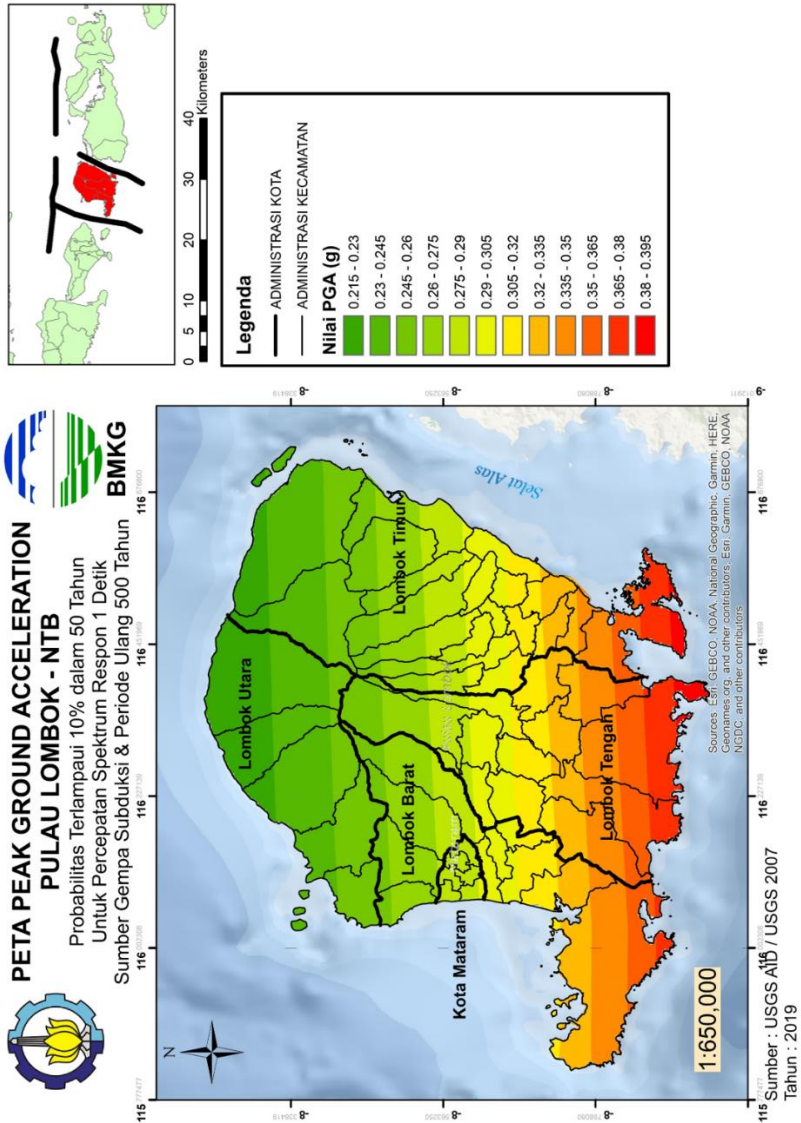
Lampiran 22. PGA (T=0.2s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun).
Sumber Gempa Subduksi



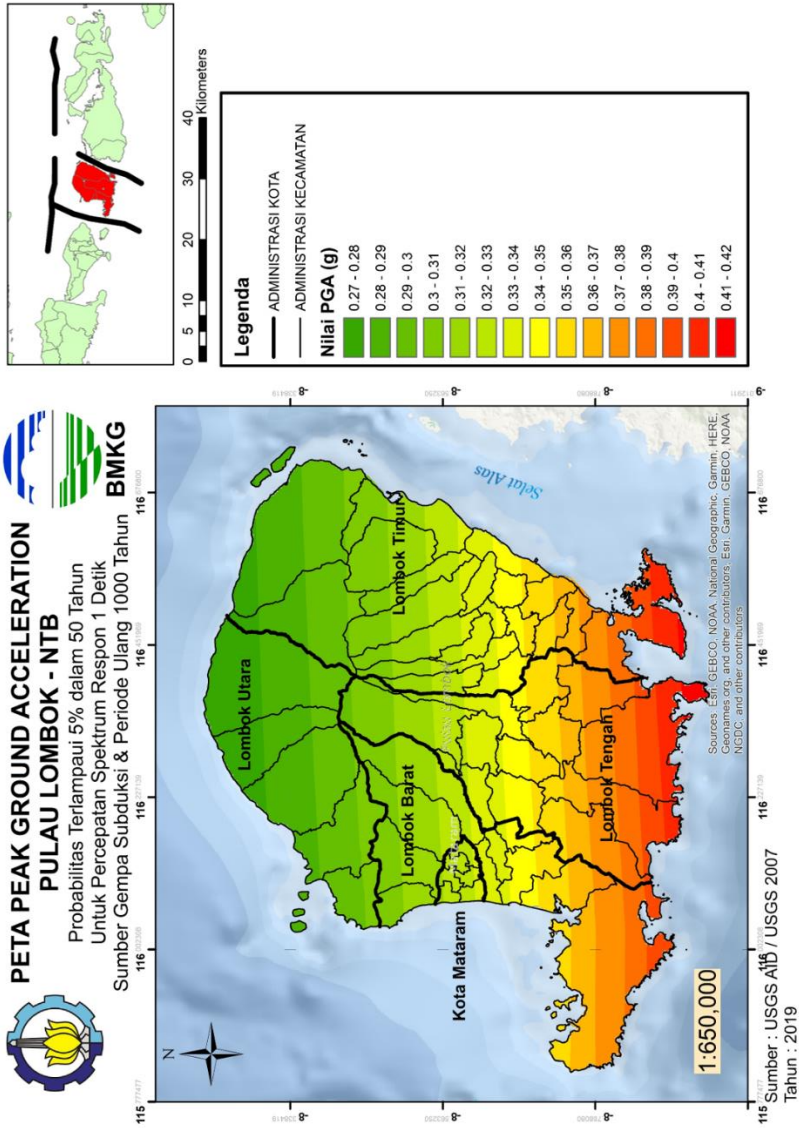
Lampiran 23. PGA ($T=0.2s$) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun).
Sumber Gempa Subduksi



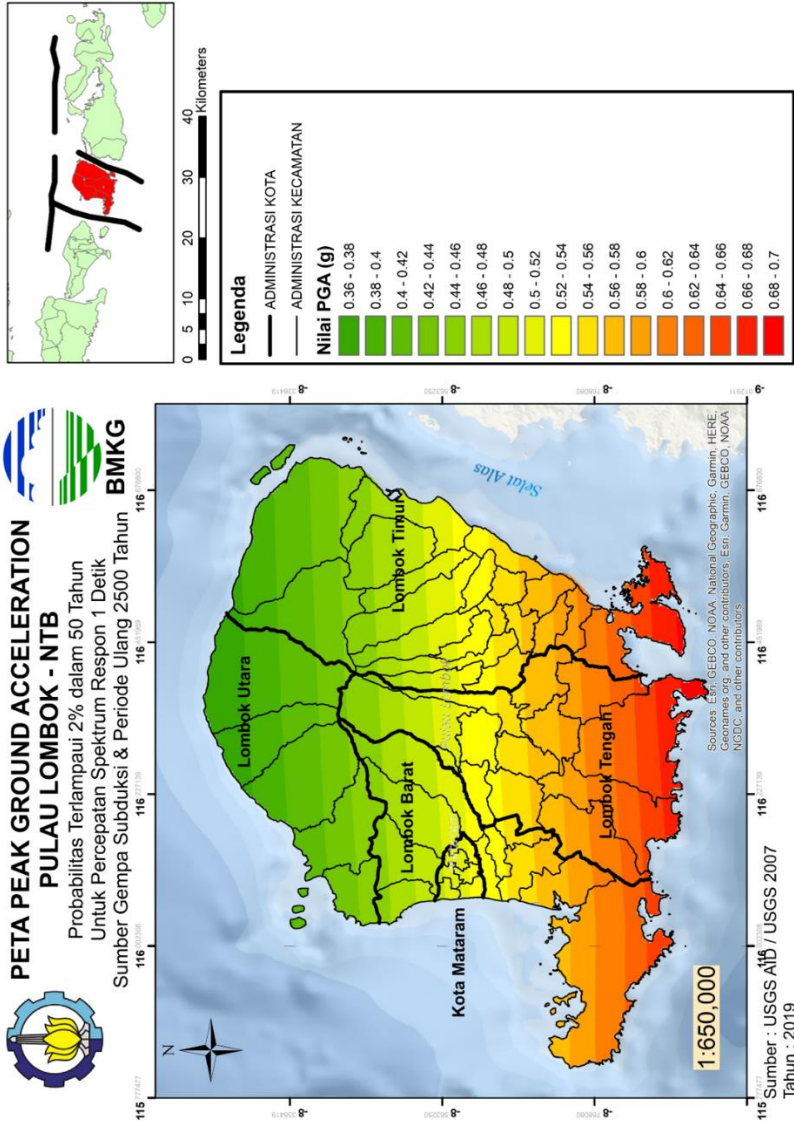
Lampiran 24. PGA (T=0.2s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun).
Sumber Gempa Subduksi



Lampiran 25. PGA (T=1s) 10% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 500 tahun).
Sumber Gempa Subduksi



Lampiran 26. PGA (T=1s) 5% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 1000 tahun).
Sumber Gempa Subduksi



Lampiran 27. PGA (T=1s) 2% untuk 50 Tahun (Periode Ulang 2500 tahun).
Sumber Gempa Subduksi

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Sugeng Kurniawan lahir di Jakarta pada tanggal 28 Agustus 1996. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai di SDN Cipunang Melayu 04 PAGI (2003 - 2009), SMP 199 JAKARTA (2009-2012), SMAN 61 JAKARTA (2012-2015), dan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menjadi mahasiswa, penulis menjalani berbagai kegiatan, baik akademik maupun non-akademik. Di bidang non-akademik, penulis pernah menjadi staf Departemen Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS pada periode 2016/2017 dan staff Advokasi Kesejahteraan Mahasiswa (ADKESMA) Bada Eksekutif Mahasiswa ITS pada periode 2017/2018. Selain menjadi fungsionaris organisai, penulis berkesempatan menjadi Koordinator Sie Acara Education Fair (Edufair) 2017/2018 yang merupakan event beasiswa terbesar di ITS. Penulis sangat berkenan apabila ada saran, kritik, maupun diskusi tentang *seismic hazard* atau yang lain. Berikut kontak email penulis sugeng199@gmail.com jika ada pertanyaan maupun diskusi yang ingin disampaikan.