

**PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS  
AT NEW CAPITAL IN INDONESIA**

**TESIS**



**Oleh:**

**ROCKY MOUNTAINSHIA  
8101901037**

**PEMBIMBING:**

**Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
FEBRUARI 2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS  
AT NEW CAPITAL IN INDONESIA**

**TESIS**



**Oleh:**

**ROCKY MOUNTAINSHIA  
8101901037**

**Disetujui Untuk Diajukan Ujian Sidang pada Hari/Tanggal:  
Sabtu, 19 Februari 2022**

**PEMBIMBING:**

**Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
FEBRUARI 2022**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Rocky Mountainshia

NPM : 8101901037

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa tesis dengan judul:

Probabilistic Seismic Hazard Analysis at New Capital in Indonesia

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 16 Februari 2022



Rocky Mountainshia

# **ANALISIS PROBABILITAS BAHAYA GEMPA DI IBU KOTA BARU INDONESIA**

**Rocky Mountainshia (NPM: 8101901037)**

**Pembimbing: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**Magister Teknik Sipil**

**Bandung**

**Februari 2022**

## **ABSTRAK**

Upaya pemindahan ibu kota Indonesia ke Kalimantan dimaksudkan untuk mengatasi masalah overpopulasi di Jakarta, sehingga memungkinkan adanya pembangunan infrastruktur yang masif di masa yang mendatang. Pada penelitian ini dilakukan Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) dan membuat peta hazard gempa yang berfungsi untuk perencanaan bangunan tahan gempa untuk daerah Ibu Kota Baru Indonesia. PSHA dan peta gempa dibuat untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun atau periode ulang 2500 tahun. Hasil analisis pada tiga periode penting yaitu PGA, Ss, dan S1 di batuan dasar dengan periode ulang 2500 tahun memiliki percepatan gempa di batuan dasar lebih besar jika menggunakan GMPE 2017 daripada GMPE 2010 untuk periode kecil antara PGA dan 0.1s. Percepatan gempa maksimum di batuan dasar hasil pembuatan peta bahaya gempa di Ibu Kota Baru Indonesia pada periode PGA, Ss, dan S1 di batuan dasar untuk periode ulang 2500 tahun secara berturut-turut adalah 0.2-0.25g; 0.4-0.5g; dan 0-0.15g. Indeks ancaman bencana pada Ibu Kota Baru Indonesia dikategorikan rendah menurut peraturan BNPB ( $PGA < 0.2501g$ ).

**Kata Kunci:** PSHA, GMPE 2010, GMPE 2017, percepatan gempa, dan peta bahaya gempa

# **PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS AT NEW CAPITAL IN INDONESIA**

**Rocky Mountainshia (NPM: 8101901037)**

**Adviser: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**Magister of Civil Engineering**

**Bandung**

**February 2022**

## **ABSTRACT**

Efforts to move the Capital of Indonesia to Kalimantan are intended to solve the problem of overpopulation in Jakarta, so it's possible there are massive infrastructure development in the future. In this study conducted Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) and made an earthquake hazard map that serves to analyze earthquake-resistant buildings for the New Capital of Indonesia. The PSHA and earthquake map was developed for 2% probability exceeded in 50 years or 2500-return period. The results of the analysis on three important periods, comprised of PGA, Ss, and S1 with a return period of 2500 years have higher acceleration at bedrock if performed by GMPE 2017 rather than GMPE 2010 for the period between PGA and 0.1s. Maximum earthquake acceleration on bedrock resulting from the creation of earthquake hazard maps in New Capital of Indonesia for period of PGA, 0.2s, and 1.0s at bedrock for return period of 2500 years is 0.2-0.25g, 0.4-0.5g, and 0-0.15g, respectively. The earthquake threat index in the New Capital of Indonesia is categorized as low according to Indonesia's National Board for Disaster Management (BNPB) regulations ( $PGA < 0.2501g$ ).

**Keywords:** PSHA, GMPE 2010, GMPE 2017, earthquake acceleration, and earthquake hazard maps

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul *Probabilistic Seismic Hazard Analysis at New Capital in Indonesia*. Tesis ini adalah salah satu syarat untuk memenuhi syarat kelulusan kelulusan di Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyusunan Tesis ini, banyak hambatan dan tantangan yang telah dialami oleh penulis. Akan tetapi, proses yang telah dilalui inilah membuat penulis memiliki pengalaman dan ilmu yang lebih dalam lingkup penelitian. Penulis menyadari bahwa terdapat dukungan dari banyak pihak sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis sangat bersyukur atas hadirnya orang-orang yang sangat membantu penulis dalam menghadapi hambatan dan tantangan. Oleh karena itu, penulis sangat berterimakasih kepada:

1. Papa, mama, koko dan keluarga penulis yang selalu memberi dukungan, semangat, dan motivasi sehingga penulis bisa menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. Prof. Paulus Pramono, Ph.D., sebagai dosen pembimbing, panutan, yang dengan sabar, membimbing, mendampingi, memberikan waktu, tenaga, dan ilmu pengetahuan kepada penulis serta memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan tesis ini dengan baik.
3. Seluruh dosen dan staff pengajar KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji untuk segala kritik, masukan, dan sarannya.
4. Bang Regu, Bang Dega, dan Kak Zumrotun, selaku rekan penulis yang kenal baik di ITB dan membantu banyak hal kepada penulis, sehingga setiap permasalahan dalam proses belajar selalu ada solusinya.
5. Seluruh karyawan PT Geotechnical Engineering Constultant, terutama Wellyanto yang juga menjadi sahabat penulis dengan sabar memberi dorongan dan tekanan sehingga tesis ini dapat selesai.
6. Seluruh karyawan EPIC STUDIO yang secara tidak langsung memberikan dukungan kepada penulis.
7. Nicholas Ryan Bintoro dan Hafiz Baladraf selaku sahabat penulis yang secara tidak langsung memberikan dukungan.

8. Kefas, George, dan Dea selaku teman seperjuangan yang saling mendukung satu sama lain selama proses penyusunan tesis.
9. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis secara langsung maupun tak langsung dalam proses penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi. Semoga tesis ini dapat berguna bagi teman-teman yang membaca. Terima kasih.

Bandung, Februari 2022

Penulis

Rocky Mountainshia

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	
ABSTRACT .....	
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Lingkup Penelitian .....	2
1.4 Metode Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
1.6 Diagram Alir Penelitian .....	4
BAB 2 STUDI PUSTAKA .....	5
2.1 Gempa Bumi .....	5
2.1.1 Sifat Alami Gempa .....	5
2.1.2 Fokal dan Episenter .....	6
2.2 Gelombang Seismik .....	6
2.2.1 Gelombang Badan .....	7
2.2.2 Gelombang Permukaan .....	7
2.3 <i>Strong Ground Motion</i> .....	8
2.3.1 Pengukuran <i>Strong Ground Motion</i> .....	8
2.4 Magnitudo Gempa Bumi .....	9
2.4.1 Richter <i>Local Magnitude</i> ( $M_L$ ) .....	9
2.4.2 <i>Surface Wave Magnitude</i> ( $M_s$ ) .....	10
2.4.3 <i>Body Wave Magnitude</i> ( $m_b$ ) .....	11



2.4.4 Skala Magnitudo Lainnya .....	11
2.4.5 <i>Moment Magnitude</i> ( $M_w$ ) .....	11
2.5 Intensitas Gempa Bumi .....	13
2.5.1 Skala Intensitas .....	13
2.6 <i>Seismic Hazard Analysis</i> .....	14
2.7 <i>Deterministic Seismic Hazard Analysis</i> (DSHA).....	14
2.8 <i>Probabilistic Seismic Hazard Analysis</i> (PSHA).....	15
2.9 Identifikasi dan Karakterisasi Sumber Gempa .....	17
2.10 <i>Ground Motion Prediction Equation</i> .....	19
2.10.1 Fungsi Atenuasi Pada Studi Peta <i>Hazard</i> Gempa Indonesia Tahun 2010 .....	20
2.10.2 Fungsi Atenuasi Pada Studi Peta <i>Hazard</i> Gempa Indonesia Tahun 2017 .....	33
2.11 Pengelolaan Ketidakpastian ( <i>Logic Tree</i> ) .....	45
2.11.1 <i>Logic Tree</i> Pada Studi Peta <i>Hazard</i> Gempa Indonesia Tahun 2010 ...	46
2.11.2 <i>Logic Tree</i> Pada Studi Peta <i>Hazard</i> Gempa Indonesia Tahun 2017 ...	47
2.12 Deagregasi <i>Hazard</i> .....	49
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	51
3.1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian .....	51
3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data Gempa.....	52
3.2.1 Konversi Skala Magnitudo.....	53
3.2.2 Analisis Kejadian Gempa Independen.....	54
3.2.3 Analisis Kelengkapan ( <i>Completeness</i> ) Data Gempa .....	55
3.3 Pemodelan Sumber Gempa .....	55
3.3.1 Pemodelan Sumber Gempa <i>Fault</i> .....	56
3.3.2 Pemodelan Sumber Gempa Subduksi <i>Interface</i> ( <i>Megathrust</i> ) .....	59
3.3.3 Pemodelan Sumber Gempa <i>Background</i> ( <i>Gridded Seismicity</i> ) .....	61
3.4 Fungsi Atenuasi.....	69



4.4.4 Perbandingan Nilai UHS Hasil PSHA .....	105
4.5 Deagregasi <i>Hazard</i> Gempa dan Rekomendasi Gerak Tanah .....	106
4.5.1 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Shallow Crustal Fault</i> .....	106
4.5.2 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Megathrust</i> .....	107
4.5.3 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Benioff</i> .....	109
4.5.4 Deagregasi <i>Hazard</i> Semua Sumber Gempa .....	110
4.5.5 Rekapitulasi Hasil Deagregasi <i>Hazard</i> Gempa .....	110
4.5.6 Rekomendasi Gerak Tanah .....	111
4.6 Hasil <i>Spectral Matching Analysis</i> .....	111
4.6.1 <i>Spectral Matching Analysis</i> Untuk Sumber Gempa <i>Shallow Crustal Fault</i> .....	111
4.6.2 <i>Spectral Matching Analysis</i> Untuk Sumber Gempa <i>Megathrust</i> .....	112
4.6.3 <i>Spectral Matching Analysis</i> Untuk Sumber Gempa <i>Benioff</i> .....	113
4.7 Peta Gempa Untuk Area IKN Kab. Penajam Paser Utara .....	113
4.7.1 Indeks Ancaman Bencana .....	115
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	116
5.1 Kesimpulan .....	116
5.2 Saran .....	117
DAFTAR PUSTAKA .....	xvi

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

### Daftar Notasi

$M_L$	= Richter <i>local magnitude</i>
$M_s$	= <i>surface wave magnitude</i>
$m_b$	= <i>body wave magnitude</i>
$M_w$	= <i>moment magnitude</i>
$R_{jb}$	= jarak terdekat ke proyeksi permukaan <i>fault</i>
$R_{RUP}$	= jarak terdekat ke bidang patahan/ <i>rupture</i>
$\delta$	= sudut <i>dip</i> sesar
$Z_{TOR}$	= kedalaman sesar (km)
$Z_{1.0}$	= kedalaman tanah pada saat kecepatan rambat gelombang geser 1.0 km/s.
$Z_{2.5}$	= kedalaman tanah pada saat kecepatan rambat gelombang geser 2.5 km/s
$Z_{HYP}$	= kedalaman hiposenter dari gempa (km)

### Daftar Singkatan

IKN	Ibu Kota Negara
PSHA	<i>Probabilistic Seismic Hazard Analysis</i>
PuSGeN	Pusat Studi Gempa Nasional
GMPE	<i>Ground Motion Prediction Equation</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UHS	<i>Uniform Hazard Spectrum</i>
CMS	<i>Conditional Mean Spectrum</i>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Ibu Kota Negara Indonesia Baru .....	1
Gambar 1.2 Diagram Alir Penelitian .....	4
Gambar 2.1 Skematik Dari Elemen Yang Mempengaruhi <i>Ground Motion</i> (Sen, 2009) .....	6
Gambar 2.2 <i>Focus dan Epicentre</i> Pada Gempa Bumi (Stein and Wysession, 2003) .....	6
Gambar 2.3 (a) Gelombang Primer dan (b) Gelombang Sekunder (Doyle, 1996) .	7
Gambar 2.4 Gelombang Permukaan; <i>Rayleigh Waves</i> dan <i>Love Waves</i> (Doyle, 1995) .....	8
Gambar 2.5 Ilustrasi Rinsip Kerja Seismograf Berdasarkan Sistem <i>Single Degree Of Freedom</i> Dengan Massa, Pegas, Dan Peredam (Lay and Wallace, 1995).....	9
Gambar 2.6 Seismometer Wood-Anderson ( <a href="http://www.eas.slu.edu/">http://www.eas.slu.edu/</a> ).....	10
Gambar 2.7 Saturasi Pada Variasi Skala Magnitudo: $M_w$ ( <i>Moment Magnitude</i> ), $M_L$ ( <i>Richter Local Magnitude</i> ), $M_s$ ( <i>Surface Wave Magnitude</i> ), $M_b$ ( <i>Short-Period Body Wave Magnitude</i> ), $M_b$ ( <i>Long-Period Body Wave Magnitude</i> ), Dan $M_{JBA}$ ( <i>Japanese Meteorological Agency Magnitude</i> ). (Idriss, 1985).....	12
Gambar 2.8 Skala Intensitas MMI .....	13
Gambar 2.9 Empat Langkah DSHA (digambar ulang dari Kramer, 1996) .....	15
Gambar 2.10 Tahap 1-4 PSHA (Digambar ulang dari Reiter, 1990).....	16
Gambar 2.11 Tahap 5-6 PSHA (Reiter, 1990).....	17
Gambar 2.12 Ilustrasi Model Sumber Gempa Sesar/Fault ( <a href="http://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/">http://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/</a> ) .....	18
Gambar 2.13 Ilustrasi Sumber Gempa Subduksi (Sumber: Ensiklopedia Britannica).....	18
Gambar 2.14 Model <i>Logic Tree</i> Sumber Gempa Sesar .....	46
Gambar 2.15 Model <i>Logic Tree</i> Sumber Gempa Subduksi ( <i>Megathrust</i> ) (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2010) .....	46
<b>Gambar 2.16</b> Model <i>Logic Tree</i> Sumber Gempa <i>Background</i> (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2010) .....	47
Gambar 2.17 Model <i>Logic Tree</i> Sumber Gempa Sesar .....	47

Gambar 2.18 Model <i>Logic Tree</i> Sumber Gempa Subduksi ( <i>Megathrust</i> ) (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2010).....	48
<b>Gambar 2.19</b> Model <i>Logic Tree</i> Sumber Gempa <i>Background</i> (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017).....	48
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian .....	52
Gambar 3.2 Data Kejadian Gempa Bumi Pada Lokasi Yang Ditinjau ( <a href="https://earthquake.usgs.gov">https://earthquake.usgs.gov</a> ).....	53
Gambar 3.3 Kriteria <i>Time Windows</i> Untuk Analisis Kejadian Gempa Independen (Asrurifak, 2010) .....	54
Gambar 3.4 Kriteria <i>Distance Windows</i> Untuk Analisis Kejadian Gempa Independen (Asrurifak, 2010).....	54
Gambar 3.5 <i>Fault Seismic Source Editor - Description</i> Pada Software PSHA.....	56
Gambar 3.6 <i>Fault Seismic Source Editor - Orientation</i> Pada Software PSHA.....	56
Gambar 3.7 <i>Fault Seismic Source Editor – Trace Coordinates</i> Pada Software PSHA .....	57
Gambar 3.8 <i>Superimpose</i> Peta Sumber Gempa Kedalam Google Earth Pro Untuk Mengetahui Koordinat Sumber Gempa Sesar .....	57
Gambar 3.9 <i>Fault Seismic Source Editor – Magnitude Recurrence Models</i> Pada Software PSHA.....	58
Gambar 3.10 <i>Subduction Interface - Description</i> Pada Software PSHA .....	59
Gambar 3.11 <i>Subduction Interface – Upper Trace dan Lower Trace</i> Pada Software PSHA .....	60
Gambar 3.12 <i>Subduction Interface – Magnitude Recurrence Models</i> Pada Software PSHA.....	61
Gambar 3.13 Susunan Kolom Untuk Data Katalog Gempa (Asrurifak, 2007).....	62
Gambar 3.14 Tampilan Data Katalog Gempa .....	62
Gambar 3.15 Susunan Baris Untuk File Input <i>agridmlsm.exe</i> .....	63
Gambar 3.16 Uraian Pada Setiap Baris Untuk File Input <i>agridmlsm.exe</i> (Asrurifak, 2007) .....	63
Gambar 3.17 Tampilan File Input <i>agridmlsm.exe</i> .....	63
Gambar 3.18 Pengecekan <i>File Run_agrid</i> .....	64

Gambar 3.19 File Yang Dibutuhkan Sebelum Program agridmlsm.Exe Dijalankan .....	64
Gambar 3.20 Tampilan Program agridmlsm.Exe Yang Sedang Dijalankan .....	64
Gambar 3.21 File Output Pada Hasil Pengolahan Data Background Dengan agridmlsm.exe .....	65
Gambar 3.22 <i>Gridded Seismic Source Editor – Description</i> Pada Software PSHA .....	65
Gambar 3.23 <i>Gridded Seismic Source Editor – Data Configuration</i> Pada Software PSHA.....	66
Gambar 3.24 <i>Gridded Seismic Source Editor – Boundary</i> Pada Software PSHA	66
Gambar 3.25 <i>Gridded Seismic Source Editor – Magnitude Recurrence Model</i> Pada Software PSHA.....	67
Gambar 3.26 <i>Gridded Seismic Source Editor – Input Mekanisme Sumber Gempa</i> Pada <i>Magnitude Recurrence Model</i> .....	67
Gambar 3.27 Lokasi Tempat Penyimpanan File Output agridmlsm.exe .....	68
Gambar 3.28 <i>Gridded Seismic Source Editor – Calculated Values</i> Pada Software PSHA.....	68
Gambar 3.29 Fungsi Atenuasi Pada Studi Peta Gempa Indonesia 2010.....	69
Gambar 3.30 Fungsi Atenuasi Pada Studi Peta Gempa Indonesia 2017.....	69
Gambar 3.31 <i>Site Parameters</i> Pada Software PSHA .....	70
Gambar 3.32 <i>Seismic Sources</i> Pada Software PSHA.....	70
Gambar 3.33 <i>Attenuation Equations</i> Pada Software PSHA.....	71
Gambar 3.34 <i>Sources vs Equations</i> Pada Software PSHA .....	71
Gambar 3.35 <i>Calculational Parameters</i> Pada Software PSHA.....	72
Gambar 3.36 <i>Uniform Hazard Spectra (UHS) Output</i> dari PSHA Pada Software PSHA.....	72
Gambar 3.37 <i>Deaggregate Seismic Hazard</i> Pada Software PSHA.....	73
Gambar 3.38 Output Deagregasi <i>Hazard</i> Gempa Dari Masing-Masing Sumber Gempa Pada Software PSHA .....	74
Gambar 3.39 Output Deagregasi <i>Hazard</i> Gempa Dari Semua Sumber Gempa Bumi (CMS) Pada Software PSHA.....	74
Gambar 3.40 <i>Spectrum Model</i> Pada NGA WEST 2 <i>Database</i> .....	75

Gambar 3.41 Input Parameter Pada Pemilihan <i>Time Histories</i> Untuk Sumber Gempa <i>Shallow Crustal</i> pada NGA WEST 2 Database .....	75
Gambar 3.42 Ilustrasi $R_{JB}$ dan $R_{RUP}$ .....	76
Gambar 3.43 Input Parameter Gempa Untuk Pemilihan <i>Time History</i> Pada NGA WEST 2 Database .....	76
Gambar 3.44 Hasil Pemilihan <i>Time History</i> Pada NGA WEST 2 Database .....	77
Gambar 3.45 Tampilan dan Input Parameter Pada Pemilihan <i>Time Histories</i> Untuk Sumber Gempa Subduksi dan <i>Benioff</i> pada CESMD.....	77
Gambar 3.46 Beberapa <i>Time History</i> Untuk Sumber Gempa Subduksi dan <i>Benioff</i> Berdasarkan CESMD .....	78
Gambar 3.47 Informasi <i>Magnitude</i> dan <i>Depth</i> Pada <i>Time History</i> Berdasarkan CESMD .....	78
Gambar 3.48 Tampilan <i>Spectral Matching</i> Pada <i>Software</i> PSHA .....	79
Gambar 3.49 <i>Target Spectrum Options</i> Pada <i>Software</i> PSHA.....	79
Gambar 3.50 <i>RSPMatch99 Approach</i> Pada <i>Software</i> PSHA .....	80
Gambar 3.51 <i>Input Record</i> Pada <i>Software</i> PSHA .....	80
Gambar 3.52 Ekstensi .AT2 Pada <i>Time History</i> .....	81
Gambar 3.53 Ekstensi 151 File Pada <i>Time History</i> .....	81
Gambar 3.54 Tampilan Pengolahan Data Untuk Ekstensi 151 <i>File</i> Pada <i>Time History</i> .....	82
Gambar 3.55 <i>Time Step</i> , Satuan Akselerasi, dan Catatan Akselerasi Gempa Pada <i>File Time History</i> .....	82
Gambar 3.56 Proses <i>Import Data</i> Percatatan Gempa Ekstensi 151 File Pada <i>Software</i> PSHA.....	83
Gambar 3.57 Analisis <i>Spectral Matching</i> Pada <i>Software</i> PSHA .....	83
Gambar 3.58 Hasil Analisis <i>Spectral Matching</i> Pada <i>Software</i> PSHA.....	84
Gambar 3.59 Area Pembuatan Peta Gempa .....	85
Gambar 3.60 Pembagian Area Menjadi Beberapa <i>Grid</i> .....	85
Gambar 3.61 Area Pengaruh Sumber Gempa dan Area Peta Untuk Pembuatan Peta Gempa.....	86
Gambar 3.62 <i>Multisite Analysis</i> Pada <i>Software</i> PSHA .....	86
Gambar 3.63 Hasil <i>Multisite Analysis</i> Pada <i>Software</i> PSHA.....	87



Gambar 3.64 Tampilan Awal <i>Software</i> Pemetaan .....	87
Gambar 3.65 Peta Dasar Indonesia Yang Ditampilkan Pada <i>Software</i> Pemetaan	88
Gambar 3.66 Input Hasil PSHA Pada <i>Software</i> Pemetaan .....	88
Gambar 3.67 Proses Input Hasil PSHA Pada <i>Software</i> Pemetaan.....	89
Gambar 3.68 Proses Pembuatan Kontur Pada <i>Software</i> Pemetaan.....	90
Gambar 3.69 Proses Pembuatan Rentang Nilai Percepatan Gempa Pada <i>Software</i> Pemetaan .....	91
Gambar 3.70 Proses Pembuatan Legenda Pada <i>Software</i> Pemetaan .....	92
Gambar 3.71 Proses Pembuatan <i>Grid</i> Pada <i>Software</i> Pemetaan.....	93
Gambar 3.72 Proses Pemfokusan Area Peta pada <i>Software</i> Pemetaan.....	94
Gambar 3.73 Penambahan Arah Mata Angin dan Bar Skala pada <i>Software</i> Pemetaan .....	95
Gambar 4.1 Kerangka Tektonik Pulau Kalimantan dan Sekitarnya (Satyana dkk., 1999) .....	96
Gambar 4.2 Peta Geologi Lembar Balikpapan (Hidayat dan Umar, 1994) .....	97
Gambar 4.3 Peta Geologi Lembar Samarinda (Supriatna et al., 1995).....	97
Gambar 4.4 Sebaran Sesar Aktif Yang Berhasil Diidentifikasi di Kalimantan yang Terangkum (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017) .....	99
Gambar 4.5 Sesar Aktif dan Distribusi Episenter Gempa Katalog PUSGEN 2017 di Kalimantan (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017).....	100
Gambar 4.6 Sumber Gempa Sesar Yang Berpengaruh di Area IKN.....	100
Gambar 4.7 Sumber Gempa Subduksi di Radius 500 km dari IKN .....	101
Gambar 4.8 Sumber Gempa Background di Area IKN .....	102
Gambar 4.9 Kurva <i>Hazard</i> Untuk Periode PGA di Area IKN.....	103
Gambar 4.10 Kurva <i>Hazard</i> Untuk Periode = 0.2 s di Area IKN.....	103
Gambar 4.11 Kurva <i>Hazard</i> Untuk Periode = 1 s di Area IKN.....	103
Gambar 4.12 UHS Dengan Fungsi Atenuasi 2010 .....	104
Gambar 4.13 UHS Dengan Fungsi Atenuasi 2017 .....	104
Gambar 4.14 Perbandingan Hasil UHS Dengan Fungsi Atenuasi 2010 dan 2017 .....	105
Gambar 4.15 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa Shallow Crustal Periode PGA .....	106

Gambar 4.16 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa Shallow Crustal Periode $S_s$ ..	106
Gambar 4.17 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa Shallow Crustal Periode $S_1$ ..	107
Gambar 4.18 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Megathrust</i> Periode PGA.....	107
Gambar 4.19 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Megathrust</i> Periode $S_s$ .....	108
Gambar 4.20 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Megathrust</i> Periode $S_1$ .....	108
Gambar 4.21 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Benioff</i> Periode PGA.....	109
Gambar 4.22 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Benioff</i> Periode $S_s$ .....	109
Gambar 4.23 Deagregasi <i>Hazard</i> Sumber Gempa <i>Benioff</i> Periode $S_1$ .....	110
Gambar 4.24 Hasil Deagregasi <i>Hazard</i> Semua Sumber Gempa .....	110
Gambar 4.25 Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Shallow Crustal Fault</i> dan $T = \text{PGA}$ .....	111
Gambar 4.26 Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Shallow Crustal Fault</i> dan $T = 0.2 \text{ s}$ .....	111
Gambar 4.27 Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Shallow Crustal Fault</i> dan $T = 0.2 \text{ s}$ .....	112
Gambar 4.28 Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Megathrust</i> dan $T = \text{PGA}$ .....	112
Gambar 4.29 $S_s$ Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Megathrust</i> dan $T = 0.2 \text{ s}$ .....	112
Gambar 4.30 Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Megathrust</i> dan $T = 1 \text{ s}$ .....	112
Gambar 4.31 Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Benioff</i> dan $T = \text{PGA}$ .....	113
Gambar 4.32 Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Benioff</i> dan $T = 0.2 \text{ s}$ .....	113
Gambar 4.33 Hasil <i>Spectral Matching</i> Untuk Area IKN Dengan Mekanisme Gempa <i>Benioff</i> dan $T = 1 \text{ s}$ .....	113
Gambar 4.34 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar Periode PGA Untuk Periode Ulang 2500 Tahun Pada Area IKN .....	114
Gambar 4.35 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar Periode $S_s$ ( $T = 0,2\text{s}$ ) Untuk Periode Ulang 2500 Tahun Pada Area IKN .....	114

Gambar 4.36 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar Periode  $S_1$  ( $T = 1s$ ) Untuk Periode Ulang 2500 Tahun Pada Area IKN ..... 115

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Distance-Scaling Coefficient</i> ( $M_{ref} = 4.5$ dan $R_{ref} = 1$ km untuk semua periode) (Boore dan Atkinson, 2008).....	22
Tabel 2.2 <i>Magnitude-Scaling Coefficient</i> (Boore dan Atkinson, 2008).....	23
Tabel 2.3 Koefisien untuk Rata-Rata Geometri Dan Komponen Arbitrary Horizontal Untuk Model Median <i>Ground Motion</i> (Campbell dan Bozorgnia, 2008).....	25
Tabel 2.4 Koefisien Model <i>Period-Dependent</i> Untuk $\ln(y_{ref})$ (Chiou dan Youngs, 2008).....	27
Tabel 2.5 Koefisien Model <i>Site Response</i> Untuk $\ln(y)$ (Chiou dan Youngs, 2008).....	27
Tabel 2.6 Koefisien Regresi (Youngs dkk., SRL, 1997).....	28
Tabel 2.7 Koefisien Regresi untuk Fungsi Atenuasi Atkinson-Boore Worldwide Data.....	30
Tabel 2.8 Koefisien Regresi untuk Fungsi Atenuasi Atkinson-Boore (2003).....	32
Tabel 2.9 Faktor Amplifikasi Tanah Dari Batuan Dasar Ke Permukaan Tanah (Atkinson Boore, 2003).....	32
Tabel 2.10 Koefisien <i>Untuk Magnitude Dan Distance Scaling</i> (Boore dan Atkinson, 2014).....	35
Tabel 2.11 Koefisien Untuk Model Linear, Nonlinear, Dan Efek Kedalaman Basin (Boore dan Atkinson, 2014).....	37
Tabel 2.12 Koefisien Model Median <i>Ground Motion Horizontal</i> (Campbell dan Bozorgnia, 2014).....	40
Tabel 2.13 Koefisien Model <i>Period-Dependent</i> untuk $\ln(y_{ref})$ (Chiou dan Youngs, 2014).....	42
Tabel 2.14 Koefisien <i>Period-Independent Model Subduksi</i> (Abrahamson dkk., 2012).....	44
Tabel 2.15 Koefisien Regresi untuk Model Median Subduksi (Abrahamson dkk., 2012).....	44
Tabel 2.16 Koefisien Regresi untuk Model Median Subduksi (lanjutan).....	45
Tabel 2.17 Koefisien Regresi untuk Model Median Subduksi (lanjutan).....	45

Tabel 3.1 Korelasi konversi skala magnitudo untuk wilayah Indonesia (PuSGeN, 2017) .....	53
Tabel 3.2 Konstanta Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Moment Magnitude (M) (Wells and Coppersmith, 1994).....	58
Tabel 3.3 Konstanta Wells and Coppersmith (1994) Untuk Input Rupture Dimensioning ( <i>Rupture Length</i> Dan <i>Rupture Width</i> ) .....	59
Tabel 4.1 Parameter Sumber Gempa Sesar di Radius 500 km dari IKN.....	101
Tabel 4.2 Parameter Sumber Subduksi di Area IKN .....	102
Tabel 4.3 Perbandingan UHS Hasil PSHA GMPE 2010 dan GMPE 2017 dengan SNI .....	105
Tabel 4.4 Nilai Percepatan Gempa Dengan Menggunakan Fungsi Atenuasi 2010 Dan 2017 Pada Semua Periode .....	105
Tabel 4.5 Tabel Perbandingan Nilai Percepatan Gempa Untuk Periode Penting	105
Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Deagregasi <i>Hazard</i> Gempa.....	110
Tabel 4.7 Rekomendasi Gerak Tanah untuk Area IKN .....	111

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1 PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA TAHUN 2017 .....	xix
LAMPIRAN 2 HASIL MULTI-SITE ANALYSIS .....	xxii

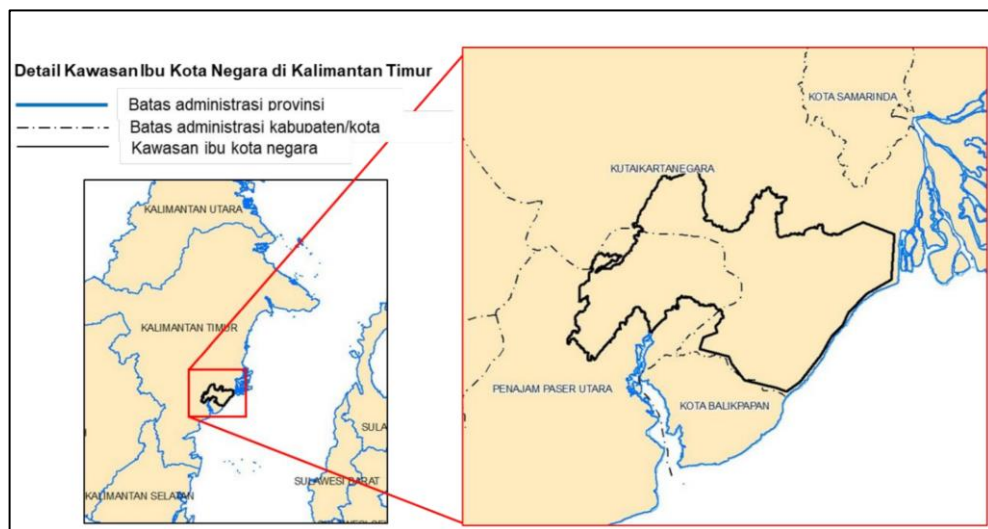


# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Upaya pemindahan ibu kota Indonesia ke Kalimantan dimaksudkan untuk mengatasi masalah overpopulasi di Jakarta, sehingga memungkinkan adanya pembangunan infrastruktur yang masif di masa yang mendatang. Lokasi Ibu Kota Negara Indonesia Baru dapat dilihat pada **Gambar 1.1**, yangmana terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur.



**Gambar 1.1** Lokasi Ibu Kota Negara Indonesia Baru

Pulau Kalimantan adalah wilayah di Indonesia yang jarang terkena guncangan gempa bumi karena pulau Kalimantan berada kokoh diatas lempeng Eurasia dan aktivitas gempa buminya rendah. Akan tetapi, pulau Kalimantan beresiko terjadinya gempa bumi dikarenakan adanya endapan batuan yang lunak, dan memiliki struktur geologi yang didominasi oleh sesar dan lipatan.

Masalah geoteknik yang penting dari kacamata kegunaan yaitu evaluasi respons situs. Analisis respon situs dilakukan untuk tanah kelas situs SF (tahan khusus) dan digunakan untuk memprediksi gerak tanah (*ground motion*) yang kemudian digunakan untuk mengembangkan desain respon spektra.

Untuk meminimalisir dampak bencana gempa, dilakukan mitigasi yaitu membuat peta *hazard* gempa yang berfungsi untuk perencanaan bangunan tahan gempa untuk daerah *New Capital*.



Penelitian ini akan menganalisis bahaya gempa pada Lokasi Ibu Kota Negara Indonesia Baru yang terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara dan Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur.

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah:

- a. Mengumpulkan data-data gempa yang dapat berpengaruh terhadap lokasi Ibu Kota Negara Indonesia Baru.
- b. Melakukan *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) pada masing-masing sumber gempa bumi.
- c. Membuat kurva hazard pada lokasi yang ditinjau.
- d. Melakukan deagregasi pada masing-masing sumber gempa bumi.
- e. Melakukan analisis *spectral matching* pada masing-masing sumber gempa bumi.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk memberikan rekomendasi gerak tanah di batuan dasar yang cocok di area dalam Ibu Kota Negara Indonesia Baru.
- b. Untuk mendapatkan ground motion sintetik di batuan dasar berdasarkan rekomendasi gerak tanah di area dalam Ibu Kota Negara Indonesia Baru.
- c. Untuk mendapatkan peta kerentanan dampak gempa bumi di area dalam Ibu Kota Negara Indonesia Baru.
- d. Untuk mendapatkan kategori indeks ancaman bencana gempa bumi di dalam area Ibu Kota Negara Indonesia Baru.

## 1.3 Lingkup Penelitian

Lingkup pembahasan dalam penelitian ini adalah:

- a. Lokasi penelitian berada pada koordinat 0.93522°S 116.97688°E.
- b. Katalog gempa bumi yang digunakan adalah katalog USGS dengan nilai magnitude gempa minimum 4.5 dengan waktu pengamatan pada tahun 1971-2020.
- c. *Software* yang digunakan adalah *software* PSHA dan *software* pemetaan.

#### 1.4 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa metode:

1. Studi Literatur  
Memperoleh teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini melalui buku referensi, jurnal, dan artikel.
2. Pengumpulan Data  
Data yang digunakan berupa katalog gempa bumi dan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.
3. Analisis Data  
Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* PSHA dan *software* pemetaan.
4. Diskusi Analisis Data  
Diskusi analisis data dilakukan berdasarkan hasil analisis data.
5. Kesimpulan  
Kesimpulan diputuskan berdasarkan diskusi analisis data.

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini dibagi menjadi 5 bab:

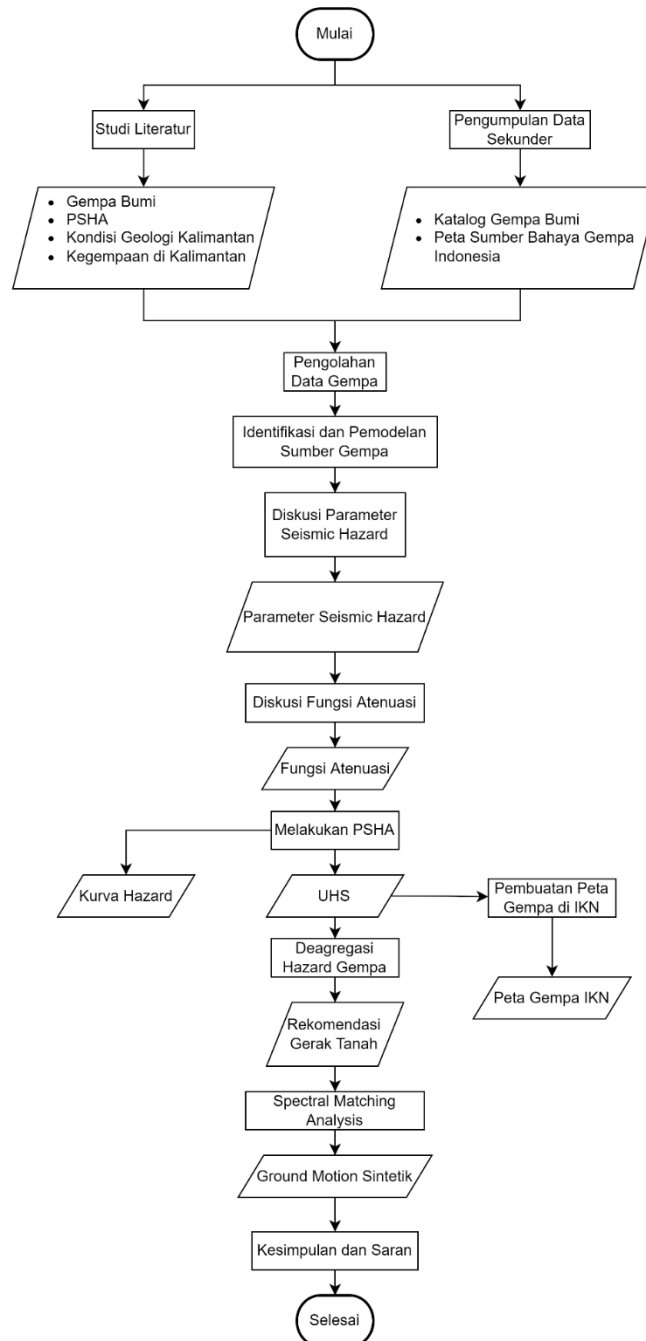
1. BAB 1: Pendahuluan  
Bab ini berisi latar belakang penelitian, tujuan penelitian, lingkup pembahasan penelitian, metodologi penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.
2. BAB 2: Dasar Teori  
Bab ini berisi teori yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu geologi dan kegempaan di Kalimantan, PSHA, dan gempa bumi.
3. BAB 3: Metodologi Penelitian  
Membahas mengenai cara melakukan *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* berdasarkan data gempa yang telah dikumpulkan.
4. BAB 4: Analisis Data  
Bab ini membahas identifikasi sumber gempa di Kalimantan dan hasil PSHA dengan menggunakan bantuan *software* PSHA dan *software* pemetaan.

## 5. BAB 5: Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan hasil perhitungan.

### 1.6 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir penelitian:



**Gambar 1.2** Diagram Alir Penelitian