

**ANALISIS PROBABILISTIK KERUGIAN EKONOMI BANGUNAN
AKIBAT BENCANA TSUNAMI BERDASARKAN SKENARIO
PATAHAN ENGGANO DI WILAYAH LABUAN**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh:

PUTU GDE SATHYA DYAN KUMARA

1222004016

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2026**

**ANALISIS PROBABILISTIK KERUGIAN EKONOMI BANGUNAN
AKIBAT BENCANA TSUNAMI BERDASARKAN SKENARIO
PATAHAN ENGGANO DI WILAYAH LABUAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun Oleh:

PUTU GDE SATHYA DYAN KUMARA

1222004016

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Putu Gde Sathya Dyan Kumara

NIM : 1222004016

Tanda Tangan : 

Tanggal : 20 Februari 2026

HALAMAN PENGESAHAN

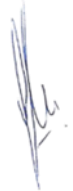
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Putu Gde Sathya Dyan Kumara
NIM : 1222004016
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Analisis Probabilistik Kerugian Ekonomi Bangunan Akibat Bencana
Tsunami Berdasarkan Skenario Patahan Enggano di Wilayah Labuan

Telah berhasil menyelesaikan dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., Ph.D. ()

Pembahas I : Dr. Ir. Ade Asmi, S.T., M.Sc., IPM, ASEAN Eng. ()

Pembahas II : Susania Novita Putri, S.T., M.T. ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 20 Februari 2026

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Probabilistik Kerugian Ekonomi Bangunan Akibat Bencana Tsunami Berdasarkan Skenario Patahan Enggano di Wilayah Labuan”** dengan baik dan tepat waktu.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie. Penelitian pada Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis potensi kerugian ekonomi bangunan akibat bencana tsunami secara probabilistik dengan mengintegrasikan pendekatan *Probabilistic Tsunami Hazard Analysis* (PTHA) dan *Tsunami Fragility Curve*. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kajian mitigasi risiko bencana, khususnya dalam perencanaan dan pengelolaan risiko tsunami di wilayah pesisir.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa terdapat berbagai tantangan dan kendala. Namun, berkat dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, serta saudara dan saudari penulis yang selalu mendoakan dan memberi dukungan selama kuliah dan penyusunan Tugas Akhir.
2. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., IPU, ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Bakrie.
3. Ibu Fatin Adriati S.T., M.T., IPP, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie.
4. Bapak Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan yang tiada henti selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Kebajikan hati dan kesabaran beliau dalam membimbing dan menyemangati penulis sangatlah berarti.
5. Bapak Dr. Ir. Budianto Ontowirjo, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik penulis yang telah memberi arahan kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Bapak Dr. Ir Ade Asmi, S.T., M.Sc., IPM, ASEAN Eng. dan Ibu Susania Novita Putri, S.T., M.T., selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran sehingga penulis dapat memperbaiki Tugas Akhir menjadi lebih baik.

7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu dalam bidang Teknik sipil, sehingga penulis dapat menerapkan dan menyusun Tugas Akhir.
8. Naya Putri Adiza dan Rahma Putri Tanjung selaku teman satu bimbingan penulis yang telah setia dan saling membantu dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Maulina Alya Salsabila, Wahyu Saputra dan teman-teman seangkatan penulis lainnya yang selalu memberikan semangat dan dukungan dari awal kuliah sampai penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima kritik serta saran dari para pembaca sebagai bahan evaluasi dan perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik sipil pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie. Meskipun disusun secara sederhana, diharapkan karya ini dapat memberikan manfaat positif dan menjadi bagian dari upaya kecil menuju kemajuan bersama.

Jakarta, 20 Februari 2026

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putu Gde Sathya Dyan Kumara
NIM : 1222004016
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah yang berjudul:

Analisis Probabilistik Kerugian Ekonomi Bangunan Akibat Bencana Tsunami Berdasarkan Skenario Patahan Enggano Di Wilayah Labuan

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekseklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 20 Februari 2026

Yang menyatakan



(Putu Gde Sathya Dyan Kumara)

ANALISIS PROBABILISTIK KERUGIAN EKONOMI BANGUNAN AKIBAT BENCANA TSUNAMI BERDASARKAN SKENARIO PATAHAN ENGGANO DI WILAYAH LABUAN

Putu Gde Sathya Dyan Kumara¹

ABSTRAK

Ancaman tsunami di wilayah pesisir Indonesia tetap menjadi perhatian utama mengingat tingginya aktivitas tektonik pada zona subduksi, khususnya di sepanjang pertemuan Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, merupakan salah satu wilayah pesisir yang memiliki tingkat kerentanan tinggi, baik dari aspek geografis maupun perkembangan sosial ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kerugian ekonomi bangunan akibat tsunami berdasarkan skenario gempa pada segmen Megathrust Enggano dengan pendekatan probabilistik. Metode yang digunakan meliputi *Probabilistic Tsunami Hazard Assessment* (PTHA) yang dikombinasikan dengan pemodelan numerik menggunakan Cornell Multi-Grid Coupled Tsunami (COMCOT). Skenario gempa disusun menggunakan pendekatan stokastik slip dengan rentang magnitudo 8,5 hingga 9,0 Mw dan interval 0,1, di mana setiap interval dimodelkan dalam 20 skenario berbeda. Hasil simulasi yang diperoleh berupa tinggi gelombang tsunami untuk periode ulang 100 tahun dan 500 tahun, yang selanjutnya dianalisis menggunakan *Tsunami Fragility Curve* untuk menghitung *Damage Probability* berdasarkan klasifikasi tipe bangunan. Nilai probabilitas kerusakan yang diperoleh dapat dihitung menjadi estimasi kerugian ekonomi melalui persamaan *Economic Losses* dengan pendekatan nilai pengganti bangunan yang telah disesuaikan terhadap nilai inflasi di wilayah studi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi total kerugian bangunan pada periode ulang 100 tahun mencapai Rp194.591.111, sedangkan pada periode ulang 500 tahun meningkat signifikan menjadi Rp1.828.969.111. Meskipun sumber gempa dari segmen Enggano berlokasi relatif jauh dari wilayah studi, hasil analisis menunjukkan bahwa sejumlah bangunan di kawasan pesisir Labuan tetap berpotensi terdampak genangan tsunami. Temuan ini menegaskan pentingnya penerapan analisis risiko berbasis probabilistik dalam mendukung perencanaan tata ruang, strategi mitigasi, serta penyusunan kebijakan pembangunan infrastruktur pesisir yang lebih tangguh terhadap ancaman tsunami.

Kata Kunci: *Economic Losses*, PTHA, COMCOT, *Damage Probability*, *Tsunami Fragility Curve*

¹Sarjana Teknik Sipil, Universitas Bakrie, Jakarta

E-mail: putugdesathya@gmail.com

PROBABILISTIC ANALYSIS OF ECONOMIC LOSSES TO BUILDINGS CAUSED BY TSUNAMI DISASTERS BASED ON THE ENGGANO FAULT SCENARIO IN THE LABUAN REGION

Putu Gde Sathya Dyan Kumara¹

ABSTRACT

The threat of tsunamis in Indonesia's coastal regions remains a major concern due to the high level of tectonic activity along subduction zones, particularly at the convergence of the Indo-Australian and Eurasian plates. Labuan Subdistrict, Pandeglang Regency, Banten Province, is one of the coastal areas characterized by high vulnerability, both in terms of geographical conditions and socio-economic development. This study aims to analyze the potential economic losses of buildings caused by tsunami events based on earthquake scenarios from the Enggano Megathrust segment using a probabilistic approach. The methodology employed includes Probabilistic Tsunami Hazard Assessment (PTHA) combined with numerical modeling using the Cornell Multi-Grid Coupled Tsunami (COMCOT) model. Earthquake scenarios were developed using a stochastic slip approach with magnitudes ranging from 8.5 to 9.0 Mw at 0.1 intervals, where each magnitude interval was modeled into 20 different scenarios. The simulation results produced tsunami wave heights corresponding to 100-year and 500-year return periods. These results were subsequently analyzed using Tsunami Fragility Curves to calculate the Damage Probability based on building classification types. The obtained damage probabilities were then converted into estimated economic losses using the Economic Losses equation, applying a replacement value approach adjusted for inflation in the study area. The results indicate that the estimated total building losses for the 100-year return period amount to Rp194.591.111, while for the 500-year return period the losses increase significantly to Rp1.828.969.111. Although the earthquake source from the Enggano segment is relatively distant from the study area, the analysis shows that several buildings in the coastal area of Labuan remain potentially exposed to tsunami inundation. These findings highlight the importance of implementing probabilistic risk-based analysis to support spatial planning, mitigation strategies, and the development of more resilient coastal infrastructure policies against tsunami hazards.

Keywords: *Economic Losses, PTHA, COMCOT, Damage Probability, Tsunami Fragility Curve*

¹Sarjana Teknik Sipil, Universitas Bakrie, Jakarta

E-mail: putugdesathya@gmail.com

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 <i>Geographic Information System (GIS)</i>	8
2.2 Tsunami	9
2.2.1 Penyebab Bencana Tsunami.....	9
2.2.2 Parameter Bencana Tsunami	13
2.3 Gempa Bumi.....	15
2.3.1 Parameter Gempa Bumi.....	15
2.3.2 Mekanisme Gempa Bumi	18
2.3.3 <i>Scalling Laws</i> Gempa dan Dimensi Patahan	21
2.4 Klasifikasi Bangunan.....	22
2.5 Pemodelan Tsunami.....	23
2.6 Pemodelan Stokastik Slip	27
2.7 Probabilistic Tsunami Hazard Assesment (PTHA)	27
2.8 <i>Damage Probability</i>	29
2.9 <i>Economic Losses</i>	32
2.10 Penelitian Terdahulu	33
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Diagram Alir Penelitian	35
3.2 Bentuk Penelitian.....	36
3.3 Lokasi Penelitian	36
3.4 Metode Pengumpulan Data	39

3.4.1 Data Klasifikasi Bangunan di Labuan	39
3.4.2 Data Spasial	41
3.4.3 Data Mekanisme Gempa (Slip Stokastik)	42
3.4.4 Data Parameter Tsunami	45
3.4.5 Data Parameter Seismik.....	48
3.4.6 Data Harga Bangunan.....	48
3.5 Metode Analisis Data	51
BAB IV ANALISIS & PEMBAHASAN	54
4.1 <i>Probabilistic Tsunami Hazard Analysis</i> (PTHA).....	54
4.2 Tinggi Tsunami Berdasarkan Periode Ulang	57
4.3 <i>Damage Probability</i>	59
4.4 Kerugian Ekonomi Bangunan	61
4.5 <i>Discussion</i>	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Struktur Komponen Bangunan	23
Tabel 2. 2 Parameter <i>Tsunami Fragility Curve</i> Berdasarkan Klasifikasi Komponen Struktur Bangunan.....	31
Tabel 2. 3 Klasifikasi <i>Damage States</i> (DS)	32
Tabel 2. 4 Daftar Penelitian Terdahulu.....	33
Tabel 3. 1 Nama dan Luas Desa pada Kecamatan Labuan.....	37
Tabel 3. 2 Klasifikasi Struktur Bangunan di Labuan.....	40
Tabel 3. 3 Jumlah Bangunan Berdasarkan Klasifikasi Struktur Bangunan di Labuan.....	41
Tabel 3. 4 Data Gempa Bengkulu Tahun 2007.....	43
Tabel 3. 5 Data <i>Input SlipReal</i> untuk Patahan Enggano.....	44
Tabel 3. 6 Informasi Parameter untuk Program COMCOT.....	46
Tabel 3. 7 Distribusi Koefisien Kekasaran Manning.....	47
Tabel 3. 8 Data Harga Satuan Bangunan Kabupaten Sukabumi Tahun 2023	49
Tabel 3. 9 Data Inflasi Kabupaten Pandeglang Tahun 2025	50
Tabel 3. 10 Data Harga Satuan Bangunan dengan <i>Future Value</i> untuk Tahun 2025.....	50
Tabel 4. 1 Distribusi Probabilitas Kerusakan Bangunan untuk Periode Ulang 100 dan 500 Tahun.....	60
Tabel 4. 2 Kerugian Ekonomi Bangunan untuk Periode Ulang 100 dan 500 Tahun.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Tsunami Akibat Gempa Bumi Bawah Laut (Grezio et al., 2017)	10
Gambar 2. 2 Proses Tsunami Akibat Aktivitas Vulkanik (Grezio et al., 2017).....	11
Gambar 2. 3 Proses Tsunami Akibat Longsoran Bawah Laut (Grezio et al., 2017).....	12
Gambar 2. 4 Proses Tsunami Akibat Hantaman Meteor (Grezio et al., 2017)	13
Gambar 2. 5 Parameter Tsunami (Reicherter & Hoffmann, 2016).....	13
Gambar 2. 6 Parameter Patahan (Wang, 2009).....	16
Gambar 2. 7 Jenis-jenis <i>Focal Mechanism Earthquake</i> (Abdulnaby, 2013).....	19
Gambar 2. 8 Patahan Menurun (Assenova & Kozhoukharova, 2022).....	20
Gambar 2. 9 Patahan Naik (Assenova & Kozhoukharova, 2022)	20
Gambar 2. 10 Patahan Mendatar (Assenova & Kozhoukharova, 2022).....	21
Gambar 2. 11 Pemodelan Kontinuitas Massa atau <i>Leap-Frog Finite Difference</i>	26
Gambar 2. 12 Contoh Pola Distribusi Slip Kekuatan Gempa (Mulia et al., 2020).....	27
Gambar 2. 13 Fungsi Kurva Fragilitas untuk <i>Damage Probability</i> (Koshimura et al., 2009).....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian.....	36
Gambar 3. 3 Analisis Kerugian Bangunan pada 5 Desa di Kecamatan Labuan	38
Gambar 3. 4 Peta Persebaran Klasifikasi Struktur Bangunan di Labuan.....	39
Gambar 3. 5 Peta Batimetri dan Topografi (BIG, 2025)	42
Gambar 3. 6 <i>Focal Mechanism</i> Gempa Bengkulu 2007 (USGS, 2016).....	43
Gambar 3. 7 (a) Luasan Patahan (b) Jarak antar Titik Gempa	45
Gambar 3. 8 Bentuk Multilayer Area Simulasi untuk Program COMCOT	45
Gambar 3. 9 Distribusi Koefisien Kekasaran Manning untuk Layer 5 (Rasyif & Raihanputra, 2025)	47
Gambar 3. 10 Peta Segmentasi dan Subduksi di Indonesia (PuSGeN, 2024)	48
Gambar 4. 1 Lokasi Bangunan ID 8454 di Wilayah Labuan.....	54
Gambar 4. 2 Sensitivitas Parameter Seismisitas pada Kurva Bahaya Tsunami: (a) <i>a-value</i> dan (b) <i>b-value</i>	55
Gambar 4. 3 Kurva Bahaya Tsunami.....	56
Gambar 4. 4 Peta Persebaran Ketinggian Tsunami Periode Ulang: (a) 100 Tahun dan (b) 500 Tahun.....	58

Gambar 4. 5 Peta Distribusi Probabilitas Kerusakan Bangunan untuk Periode Ulang 100 Tahun di: (a) Kecamatan Labuan dan (b) Desa Teluk	61
Gambar 4. 6 Peta Distribusi Probabilitas Kerusakan Bangunan untuk Periode Ulang 500 Tahun di: (a) Kecamatan Labuan dan (b) Desa Teluk	61