

**ANALISIS NILAI KERUGIAN BANGUNAN AKIBAT BENCANA
TSUNAMI DENGAN MENGGUNAKAN PROBABILISTIC TSUNAMI
HAZARD ASSESSMENT (PTHA) (Studi Kasus : Pelabuhan Ratu,
Berdasarkan Patahan di Bengkulu)**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh:

SIRAJ BACHMID

1212004009

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

2025

**ANALISIS NILAI KERUGIAN BANGUNAN AKIBAT BENCANA
TSUNAMI DENGAN MENGGUNAKAN PROBABILISTIC TSUNAMI
HAZARD ASSESSMENT (PTHA) (Studi Kasus : Pelabuhan Ratu,
Berdasarkan Patahan di Bengkulu)**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun Oleh:

SIRAJ BACHMID

1212004009

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

2025

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Siraj Bachmid

NIM 1212004009

TANDA TANGAN :

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Siraj Bachmid', written in a cursive style.

TANGGAL : 31 Agustus 2025

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Siraj Bachmid
NIM : 1212004009
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : ANALISIS NILAI KERUGIAN BANGUNAN AKIBAT
BENCANA TSUNAMI DENGAN MENGGUNAKAN
PROBABILISTIC TSUNAMI HAZARD ASSESSMENT
(PTHA) (Studi Kasus : Pelabuhan Ratu, Berdasarkan Patahan di
Bengkulu)

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 1 : Susania Novita Putri, S.T.,M.T

()

Pembahas 2 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc.

()

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal, 31 Agustus 2025

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Pengasih atas segala limpahan kasih, karunia, dan kehendak-Nya sehingga Tugas Akhir Skripsi dengan judul **“ANALISIS NILAI KERUGIAN BANGUNAN AKIBAT BENCANA TSUNAMI DENGAN MENGGUNAKAN PROBABILISTIC TSUNAMI HAZARD ASSESSMENT (PTHA) (Studi Kasus : Pelabuhan Ratu, Berdasarkan Patahan di Bengkulu)”**

dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi S1 di Universitas Bakrie.

Proses penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari do’a, dukungan, dan bantuan berbagai pihak dari awal penulisan laporan hingga selesai. Oleh karena itu, dengan rendah hati, saya ingin mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada yang terhormat:

1. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Bakrie.
2. Ibu Fatin Adriati, S.T.,M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil.
3. Bapak Teuku Muhammad Rasyif, Ph.D., 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.
4. Ibu Susania Novita Putri, S.T.,M.T dan Dr. Mohammad Ihsan, ST., MT., M.Sc. Selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran sehingga penulis dapat memperbaiki Tugas Akhir menjadi lebih baik.
5. 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.
6. Kedua orang tua dan saudara penulis yang telah senantiasa memberikan doa dan dukungan untuk kelancaran kegiatan kuliah dan Tugas Akhir.
7. Salsabila Fayzariefta selaku teman-teman satu bimbingan penulis yang telah membantu dan mendukung banyak, telah menjadi pilar penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan angkatan 21 yang telah menjadi bagian penting dari perjalanan masa perkuliahan penulis.
9. Semua pihak yang terlibat dalam laporan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan dan belum mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan hati terbuka mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca, demi kemajuan dan perbaikan dalam penyusunan Tugas Akhir di masa mendatang. Penulis berharap dengan tulus agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknik sipil di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie. Semoga karya ini, meskipun sederhana, dapat memberikan dampak positif dan menjadi bagian dari langkah kecil menuju kemajuan bersama.

Jakarta, 31 Agustus 2025

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Siraj Bachmid', written in a cursive style.

Siraj Bachmid

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Siraj Bachmid
NIM : 1212004009
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 NonEksklusif** (*Non-exclusive RoyaltyFree Right*) atas karya ilmiah yang berjudul :

“ANALISIS NILAI KERUGIAN BANGUNAN AKIBAT BENCANA TSUNAMI DENGAN MENGGUNAKAN PROBABILISTIC TSUNAMI HAZARD ASSESSMENT (PTHA) (Studi Kasus : Pelabuhan Ratu, Berdasarkan Patahan di Bengkulu)”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksekutif 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 : 31 Agustus 2025

Yang menyatakan



Siraj Bachmid

ANALISIS NILAI KERUGIAN BANGUNAN AKIBAT BENCANA TSUNAMI DENGAN MENGGUNAKAN PROBABILISTIC TSUNAMI HAZARD ASSESSMENT (PTHA)

(Studi Kasus : Pelabuhan Ratu, Berdasarkan Patahan di Bengkulu)

Siraj Bachmid¹

ABSTRAK

Ancaman tsunami di wilayah pesisir Pelabuhan Ratu, Jawa Barat, berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan, terutama di kawasan dengan kepadatan penduduk tinggi dan infrastruktur vital. Peristiwa tsunami besar di masa lalu, seperti Tsunami Aceh 2004 dan Tohoku 2011, telah menunjukkan besarnya dampak ekonomi yang dapat terjadi, sehingga penilaian risiko dan strategi mitigasi menjadi sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi kerugian ekonomi akibat kerusakan bangunan yang disebabkan oleh tsunami melalui pendekatan analisis *damage probability* dan proyeksi kerugian jangka panjang dengan mempertimbangkan inflasi. Pemodelan tsunami dilakukan menggunakan perangkat lunak *Cornell Multigrid Coupled Tsunami* (COMCOT) dengan skenario sumber gempa zona patahan Mentawai-Pagai dan Enggano. Hasil tinggi gelombang dan luas genangan digunakan untuk menghitung indeks probabilitas kerusakan bangunan berdasarkan *tsunami fragility curve*, yang kemudian dikonversi menjadi nilai kerugian ekonomi menggunakan *replacement value*. Proyeksi nilai kerugian masa depan dihitung dengan persamaan *Future Value* (FV) menggunakan tingkat inflasi tahunan 3,26% sesuai *annual rate* Bank Indonesia (1 Agustus 2024–1 Agustus 2025). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2225, estimasi kerugian ekonomi mencapai Rp3,43 triliun untuk *return period* 50 tahun, Rp4,54 triliun untuk *return period* 100 tahun, dan Rp19,92 triliun untuk *return period* 200 tahun. Tren ini konsisten pada seluruh periode ulang, di mana semakin panjang *return period* dan semakin jauh tahun proyeksi, potensi kerugian meningkat secara signifikan. Peningkatan ini berkorelasi dengan hasil *damage probability* yang memperlihatkan bertambahnya jumlah bangunan terdampak dan tingginya tingkat kerusakan pada skenario ekstrem. Temuan ini menegaskan perlunya strategi mitigasi jangka panjang yang mempertimbangkan skenario *return period* besar, penguatan struktur bangunan, serta peningkatan kesiapsiagaan masyarakat untuk meminimalkan dampak ekonomi bencana tsunami di masa depan.

Kata kunci: tsunami, *damage probability*, kerugian ekonomi, PTHA, *economic losses*, COMCOT

¹Sarjana Teknik Sipil, Universitas Bakrie, Jakarta

E-mail: bachmidraj@gmail.com

**ANALYSIS OF BUILDING LOSSES DUE TO TSUNAMI HAZARDS USING
PROBABILISTIC TSUNAMI HAZARD ASSESSMENT (PTHA) (CASE STUDY:
PELABUHAN RATU BASED ON THE BENGKULU FAULT)**

Siraj Bachmid¹

ABSTRACT

The tsunami hazard in the coastal area of Pelabuhan Ratu, West Java, has the potential to cause significant economic losses, particularly in areas with high population density and critical infrastructure. Past major tsunami events, such as the 2004 Aceh Tsunami and the 2011 Tohoku Tsunami, have demonstrated the scale of possible economic impacts, highlighting the importance of risk assessment and effective mitigation strategies. This study aims to evaluate potential economic losses from building damages caused by tsunamis through *damage probability* analysis and long-term loss projections that account for inflation. Tsunami modeling was carried out using the Cornell Multigrid Coupled Tsunami (COMCOT) model with earthquake source scenarios from the Mentawai-Pagai and Enggano fault zones. Wave height and inundation extent outputs were used to calculate building damage probability indices based on the *tsunami fragility curve*, which were then converted into economic loss values using the *replacement value* method. Future loss projections were calculated using the *Future Value* (FV) formula with an annual inflation rate of 2.88%, based on the Bank Indonesia annual rate (August 1, 2023 – August 1, 2024). The results show that by the year 2225, estimated economic losses reach IDR 3.43 trillion for a 50-year return period, IDR 4.54 trillion for a 100-year return period, and IDR 19.92 trillion for a 200-year return period. This trend is consistent across all return periods, where longer return periods and more distant projection years significantly increase potential losses. This increase correlates with the *damage probability* results, which indicate a higher number of affected buildings and greater damage severity under extreme scenarios. These findings emphasize the need for long-term mitigation strategies that consider large *return period* scenarios, structural strengthening of buildings, and enhanced community preparedness to minimize future tsunami-induced economic impacts.

Kata kunci: tsunami, *damage probability*, kerugian ekonomi, PTHA, *economic losses*, COMCOT

¹Sarjana Teknik Sipil, Universitas Bakrie, Jakarta

E-mail: bachmidraj@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 GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gempa Bumi.....	7
2.1.1 Parameter Gempa Bumi	7
2.1.2 Mekanisme Gempa Bumi	10
2.1.3 <i>Scaling Laws</i> Gempa dan Dimensi Patahan.....	12
2.2 Tsunami.....	14
2.2.1 Penyebab Tsunami	15
2.2.2 Parameter Bencana Tsunami	18
2.3 <i>Geographic Information System (GIS)</i>	21
2.3.1 Klasifikasi Bangunan	22
2.3.2 <i>Damage Probability</i>	22
2.3.3 Pemodelan Tsunami	25
2.3.4 Pemodelan Stokastik Slip	28
2.3.5 Probabilistic Tsunami Hazard Assessment (PTHA)	29
2.3.6 <i>Economic Losses</i>	31
2.3.7 Penelitian Terdahulu.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Metodologi Penelitian	36
3.2 Bentuk Penelitian	37

3.3	Lokasi Penelitian	37
3.4	Metode Pengumpulan Data	40
3.4.1	Data <i>Classification Building</i> di pelabuhan Ratu	41
3.4.2	Klasifikasi Bangunan	42
3.4.3	Data Spasial	45
3.4.4	Data Mekanisme Gempa (Slip Stokastik)	47
3.4.5	Data Parameter Tsunami.....	50
3.4.6	Data Harga Bangunan.....	52
3.5	Metode Analisis Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		58
4.1	Slipreal	58
4.2	Kondisi Awal (<i>Initial Condition</i>)	59
4.3	Proses Penjalaran Gelombang Tsunami	62
4.4	Ketinggian Maksimum Tsunami.....	64
4.4	Probabilistic Tsunami Hazard Assessment (PTHA).....	66
4.5	Damage Probability	69
4.6	Economic Losses	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		81
5.1	Kesimpulan.....	81
5.2	Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....		84
LAMPIRAN.....		88
DAFTAR LAMPIRAN		98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 6 <i>Fault Parameters</i> (Wang, 2019)	8
Gambar 2. 7 <i>Focal Mechanism Earthquake</i> (USGS,2007)	11
Gambar 2. 1 <i>Submarine Landslide</i> (Lukaves,2013)	16
Gambar 2. 2 <i>Earthquake Tsunami</i> (Lukaves,2013).....	16
Gambar 2. 3 <i>Volcanic Activities</i> Sumber: Lukaves, 2013	17
Gambar 2. 4 <i>Falling Meteors/Asteroid</i>	18
Gambar 2. 5 <i>Tsunami Parameters</i> (Kong, 2019)	18
Gambar 2. 8 <i>Fungsi Fragilitas Damage Probability</i> (Koshimura et.al,2009)	23
Gambar 2. 9 <i>Pemodelan kontinuitas massa atau Leap-Frog Finite Difference</i>	27
Gambar 2. 10 <i>Contoh Pola Distribusi Slip Kekuatan Gempa</i> (Mai et.al 2002)	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tipe Model Klasifikasi Kondisi Bangunan (<i>National Institute of Building Sciences</i>).....	22
Tabel 2. 2 Parameter untuk Fungsi Kerentanan (Koshimura et.al, 2009 & Surpassri et. al, 2012)	24
Tabel 2. 3 Klasifikasi Kategori <i>Damage States</i> (Xin, D., Daniell, J. E., & Wenzel, F. 2020)	25
Tabel 2. 4 Tabel Penelitian Terdahulu (1/3).....	33
Tabel 2. 5 Tabel Penelitian Terdahulu (2/3).....	34
Tabel 2. 6 Tabel Penelitian Terdahulu (3/3).....	35