IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

ANALISIS KERENTANAN *SHELTER* TSUNAMI TERHADAP BEBAN GEMPA DAN TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *TIME HISTORY* DAN *INCREMENTAL DYNAMIC ANALYSIS*

MOHAMAD DAFFA RIVANSYAH

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Analisis Kerentanan *Shelter* Tsunami terhadap Beban Gempa dan Tsunami Menggunakan Metode *Time History* dan *Incremental Dynamic Analysis*" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2025

Mohamad Daffa Rivansyah
F4401211018

@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
© Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

ABSTRAK

MOHAMAD DAFFA RIVANSYAH. Analisis Kerentanan *Shelter* Tsunami terhadap Beban Gempa dan Tsunami Menggunakan Metode *Time History* dan *Incremental Dynamic Analysis*. Dibimbing oleh MUHAMMAD FAUZAN dan HERIANSYAH PUTRA.

Palabuhanratu merupakan lokasi dengan risiko tinggi terhadap gempa berkekuatan M 8,9 dan tsunami setinggi 20 meter, dengan populasi sekitar 119.347 jiwa dan hingga 1,7 juta pengunjung tahunan. Penelitian ini menganalisis kerentanan *shelter* dengan menggunakan metode non linear *time history* dan *Incremental Dynamic Analysis* terhadap tiga rekaman gempa; Chi-Chi, Iwate, dan Tohoku serta beban tsunami dengan variasi inundasi 2,5–20 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur mencapai kinerja IO terhadap gempa pada skala 1,0, namun mengalami peningkatan signifikan dalam simpangan atap akibat beban tsunami, terutama pada ketinggian 15 m. Kurva fragilitas memperlihatkan probabilitas kerusakan berat mencapai 95,6% dan potensi keruntuhan 10,93% pada tsunami dengan puing, sementara pada skenario tanpa puing probabilitas kerusakan berat hampir 0%. Temuan ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan beban puing dalam desain *shelter* tsunami serta memberikan dasar empiris untuk pengembangan kurva fragilitas pada struktur *shelter* tsunami.

Kata kunci: gempa, kerentanan struktur, *shelter*, *time history*, tsunami

ABSTRACT

MOHAMAD DAFFA RIVANSYAH. Assessing the Fragility of Tsunami Shelter to Earthquake and Tsunami Loads Using Time History and Incremental Dynamic Analysis Methods. Supervised by MUHAMMAD FAUZAN and HERIANSYAH PUTRA.

Palabuhanratu is a location with an elevated risk of a M 8.9 earthquake and a 20-meter tsunami, with a population of approximately 119,347 and up to 1.7 million annual visitors. This research analyzes the shelter's fragility using non-linear time history and Incremental Dynamic Analysis methods under three recorded earthquakes; Chi-Chi, Iwate, and Tohoku and tsunami loads with variations of 2.5–20 m inundation. The analysis results show that the structure satisfies IO performance against earthquakes at scale 1.0 but experiences a significant increase in roof drift due to tsunami loads and exceeds LS limit, especially at 15 m inundation height. The fragility curves show that the probability of extensive damage reaches 95.6% and the collapse probability 10.93% in the tsunami with debris, whereas in the scenario without debris the probability of extensive damage is almost zero. The findings confirm the importance of considering debris loads in tsunami shelter design and provide an empirical basis for the development of fragility curves for tsunami shelter structures.

Keywords: earthquake, structure fragility, shelter, time history, tsunami

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

ANALISIS KERENTANAN *SHELTER* TSUNAMI TERHADAP BEBAN GEMPA DAN TSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *TIME HISTORY* DAN *INCREMENTAL DYNAMIC ANALYSIS*

MOHAMAD DAFFA RIVANSYAH

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng.
2. Dr. Yudi Chadirin, S.TP., M.Agr.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Judul Skripsi	:	Analisis Kerentanan *Shelter* Tsunami terhadap Beban Gempa dan Tsunami Menggunakan Metode *Time History* dan *Incremental Dynamic Analysis*
Nama	:	Mohamad Daffa Rivansyah
NIM	:	F4401211018

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Muhammad Fauzan, S.T., M.T.
NIP. 19780129 201012 1 001

Digitally signed by:
Muhammad Fauzan
Date: 22 Mei 2025 10.09.38 WIB
Verify at disign.ipb.ac.id

Pembimbing 2:
Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng.
NIP. 19900209 201803 1 001

digitally signed
disign.ipb.ac.id

Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan:
Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU.
NIP. 19650106 199002 1 001

digitally signed
disign.ipb.ac.id

Tanggal Ujian: 2 Mei 2025

Tanggal Lulus: 26 MAY 2025

@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai bulan Desember 2024 ini ialah skripsi dengan judul "Analisis Kerentanan *Shelter* Tsunami terhadap Beban Gempa dan Tsunami Menggunakan Metode *Time History* dan *Incremental Dynamic Analysis*".

Ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Muhammad Fauzan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama atas segala dukungan, arahan, dan bimbingannya.
2. Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing dan banyak memberi saran.
3. Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah memberikan dukungan dan izin penelitian.
4. Dr. Yudi Chadirin, S.TP., M.Agr. dan Jihan Nur Azizah, S.T., M.T. selaku dosen penguji dan moderator pada saat proses sidang akhir.
5. Kedua orang tua, Bapak Edi Nugroho dan Ibu Supriati, serta adik saya, Muhammad Dzaky Al Ghiffari yang telah memberikan doa, dukungan, dan motivasi.
6. Ratna Atika Huwaida dan Muhamad Adlijil Ikram, selaku sahabat baik yang selalu memberikan dukungan dan bantuan tulusnya dalam kehidupan perkuliahan.
7. Teman-teman satu tempat tinggal Blok A7, yaitu Gian Azaria, Muhammad Reza Nurmansyah, George Martinus, Muhammad Aditiya Resqiyanto, Dzaki Ihsaan Tamba, Muhamad Faiq Alghifari, dan Anthony Dwya Putra yang selalu menemani, baik di luar mau pun dalam kampus.
8. Rekan satu bimbingan, yaitu Farhan Firana Febrival, Yunan Yakuta Wangsawitana, dan Herlina Aulia Daulay yang mendukung dan menemani proses pengerjaan penelitian.
9. Rekan-rekan SIL 58 yang sudah saling membantu dan memberikan dukungan satu sama lain.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2025

Mohamad Daffa Rivansyah

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL iv
DAFTAR GAMBAR iv
DAFTAR LAMPIRAN iv
I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat 3
1.5 Ruang Lingkup 3
II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Tempat Evakuasi Sementara (*Shelter*) 4
2.2 Struktur Bangunan Tahan Gempa 4
2.3 Analisis Beban Gempa 5
2.4 Kesesuaian Struktur 6
2.5 Level Kinerja Struktur 9
2.6 Analisis *Time History* 10
2.7 Beban Tsunami (FEMA P-646) 11
2.8 Kurva Fragilitas 13
III METODE 14
3.1 Waktu dan Tempat 14
3.2 Alat dan Bahan 14
3.3 Prosedur Penelitian 15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN 20
4.1 Pemodelan Struktur *Shelter* dan Kapasitas 20
4.2 Kontrol Kapasitas Struktur 21
4.3 Analisis *Time History* dan Beban Tsunami 23
4.4 *Incremental Dynamic Analysis* 29
4.5 Analisis Kerentanan terhadap Gempa dan Tsunami 30
V SIMPULAN DAN SARAN 33
5.1 Simpulan 33
5.2 Saran 33
DAFTAR PUSTAKA 34
LAMPIRAN 39
RIWAYAT HIDUP 47

IPB University
Bogor Indonesia

DAFTAR TABEL

1 Nilai koefisien batas atas periode hitung 7
2 Acuan peraturan dan standar yang digunakan 15
3 Data umum bangunan 17
4 Detail beban mati dan beban hidup 18
5 Rekapitulasi dimensi elemen struktur 20
6 Kapasitas desain *shelter* tipikal 21
7 Partisipasi massa setiap ragam getar 22
8 Gaya geser dasar 22
9 Detail pilihan data gerak tanah 23
10 Percepatan tanah puncak (PGA) gempa 24

DAFTAR GAMBAR

1 Grafik spektrum respons desain 6
2 Target kinerja seismik berdasarkan bahaya gempa 9
3 Target kinerja tsunami berdasarkan bahaya tsunami 10
4 Distribusi gaya hidrostatik dan resultannya 11
5 Distribusi gaya hidrodinamik 12
6 Ilustrasi gaya hantaman puing pada struktur 13
7 Peta lokasi penelitian 14
8 Diagram alir prosedur pelaksanaan penelitian 16
9 Grafik spektrum respons desain Palabuhanratu 18
10 Pemodelan bangunan *shelter* 20
11 Pola ragam getar 21
12 Simpangan antar lantai 23
13 Spektrum rekaman gerak tanah yang dicocokkan 24
14 Rekaman percepatan gempa (gerakan tanah) 25
15 Gaya geser dasar maksimum dan PGA 26
16 Jumlah sendi plastis (skala 1,2 hingga 2,0) 27
17 Sendi plastis pada struktur 27
18 Grafik simpangan atap gempa dan tsunami 28
19 Kurva IDA struktur *shelter* 30
20 Kurva fragilitas 31

DAFTAR LAMPIRAN

1 Lampiran 1 Peta percepatan puncak di batuan dasar dengan periode ulang 2500 tahun 40
2 Lampiran 2 Sesar atau patahan yang ada di Pulau Jawa 41
3 Lampiran 3 Segmentasi dan magnitudo maksimum subduksi Indonesia 42
4 Lampiran 4 Denah tipikal lantai 1-2 43
5 Lampiran 5 Denah tipikal lantai 3-4 44

©Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

6 Lampiran 6 Besaran beban tsunami yang diperhitungkan 45
7 Lampiran 7 Spesifikasi tulangan kolom 45
8 Lampiran 8 Spesifikasi tulangan balok 45
9 Lampiran 9 Sendi plastis akibat gempa untuk setiap tingkat kinerja 46

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University