

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS DAN DESAIN GEDUNG
EVAKUASI DENGAN MATERIAL BETON
BERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA DAN
TSUNAMI**



**FAWWAZ SAPTA ADLI
NPM : 2015410177**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS DAN DESAIN GEDUNG
EVAKUASI DENGAN MATERIAL BETON
BERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA DAN
TSUNAMI**



**FAWWAZ SAPTA ADLI
NPM : 2015410177**

BANDUNG, 25 JUNI 2019

KO-PEMBIMBING:

Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc

PEMBIMBING:

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Fawwaz Sapta Adli

NPM : 2015410177

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul *Studi Analisis dan Desain Gedung Evakuasi dengan Material Beton Bertulang Akibat Beban Gempa dan Tsunami* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 25 Juni 2019



Fawwaz Sapta Adli

NPM: 2015410177

STUDI ANALISIS DAN DESAIN GEDUNG EVAKUASI DENGAN MATERIAL BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN GEMPA DAN TSUNAMI

**Fawwaz Sapta Adli
NPM: 2015410177**

**Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Ko-Pembimbing: Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred /S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI 2019**

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang rawan bencana alam, salah satunya gempa bumi dan tsunami. Banyak masyarakat yang tinggal di pesisir pantai belum sadar terhadap bahaya bencana yang mengancam. Standar dan kriteria bangunan evakuasi tsunami dari pemerintah di daerah pesisir belum ada. Bangunan evakuasi yang didesain akibat beban tsunami dibutuhkan karena menjadi salah satu upaya untuk mengurangi korban jiwa dan dampak kerusakan bangunan akibat bencana alam. Pada umumnya gempa terjadi mendahului kemungkinan terjadinya tsunami. Ketika gempa terjadi, bangunan harus tetap kokoh sebelum adanya hantaman gelombang tsunami. Sehingga bangunan akan dianalisis terlebih dahulu akibat beban gempa kemudian akan dianalisis akibat beban tsunami. Sebagai studi kasus, kondisi geografis Pantai Tanjung Lesung memiliki kemungkinan terjadinya tsunami dari arah yang bervariasi. Beberapa arah pembebanan tsunami yang dianalisis antara lain tsunami arah X, arah Y, dan bersudut 45° . Gedung evakuasi didesain menggunakan material beton bertulang dengan luas gedung 544 m^2 /lantai dan ketinggian gelombang tsunami diprediksi mencapai 4 meter dari datum. Hasil analisis menunjukkan bahwa arah beban tsunami mempengaruhi besar gaya pada kolom jika terdapat dinding yang terendam tsunami, sehingga detail penulangan kolom akan berbeda untuk setiap arah beban tsunami. Hasil analisis juga menunjukkan simpangan antar lantai dipengaruhi arah beban tsunami dan besarnya gaya geser dasar maksimum adalah akibat beban tsunami.

Kata Kunci: Tsunami, Gempa, Bangunan Evakuasi, Ketinggian Gelombang Tsunami

ANALYSIS STUDY AND DESIGN OF REINFORCED CONCRETE EVACUATION BUILDING AFFECTED BY EARTHQUAKE AND TSUNAMI LOADS

Fawwaz Sapta Adli
NPM: 2015410177

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Co-Advisor: Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred /S/VII/2018)
BANDUNG
JUNE 2019

ABSTRACT

Indonesia is a country prone to natural disasters, such as earthquake and tsunami. Many Indonesian people who live on the coast have not been aware of the danger of disasters. So far there is no government standard and design criteria of evacuation building in the coastal area. However, design of evacuation buildings that caused by tsunami load are needed because it is one of the solution to reduce casualties and building damage due to natural disasters. After the earthquake there are probability of tsunami occur. During the earthquake, evacuation building need to be strong enough before facing the tsunami loading. So, the evacuation building will be analyzed first due to earthquake load and then due to tsunami load. In this case, the geographical condition of Tanjung Lesung Beach has many possibilities of various tsunamis directions. Some of the tsunami loading directions analyzed include tsunami are X direction, Y direction, and 45° angle direction. The evacuation building is designed using reinforced concrete material with a building area of 544 m² / floor and the tsunami run-up height is 4.2 meters from datum. Then, the analysis results shows that the direction of the tsunami load affects the force applied to the column if there is a wall submerged by the tsunami, so the detail of column reinforcement will be different for each direction of the tsunami load. The results of the analysis also shows that the drift is influenced by the direction of the tsunami loads and the maximum base shear affected by the tsunami loads.

Keywords: Tsunami, Earthquake, Evacuation Building, Tsunami Run-up Height

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia yang telah diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Analisis dan Desain Gedung Evakuasi Dengan Material Beton Bertulang Akibat Beban Gempa dan Tsunami”. Skripsi ini adalah salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana bidang teknik sipil di Universitas Katolik Parahyangan.

Proses penyusunan skripsi ini dilalui dengan berbagai hambatan. Hambatan tersebut dapat dilalui dan membuat skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik adalah berkat bantuan, bimbingan, dan dukungan yang diterima oleh penulis dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Beni Kusnandar (Kel. Besar Hj. Eni) dan Wiwin Purwinarti (Kel. Besar H. Ayo Samyono) selaku orangtua penulis serta Fawra Rijkia Bewinfa selaku adik dari penulis yang telah memberi dukungan berupa doa dan semangat;
2. Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberi ilmu yang dapat membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
3. Naomi Pratiwi, B.Eng., M.Sc. selaku dosen ko-pembimbing yang selalu memberi saran dan membantu penulis dalam menghadapi kesulitan;
4. Seluruh dosen dan staf pengajar KBI Struktur Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberi saran dan kritik untuk membuat skripsi ini menjadi lebih baik;
5. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberi penulis ilmu saat menjalani studi di Universitas Katolik Parahyangan;
6. Karenina Diandra Savitri, Deva Ayu, dan Nana Mutiara selaku teman jarak jauh yang selalu memberi dukungan dan semangat pada penulis;

7. F. Marcellino, Pio Kefas, Alia dan Marcellino A selaku teman berjuang dalam mengerjakan skripsi yang selalu membantu penulis dalam menghadapi kesulitan;
8. Ega Tjia, Bintang, Ardianto, Jevon, Graldo, Alvin, dan Adelbert selaku teman dekat dan teman berjuang skripsi yang selalu memberi semangat;
9. Andry, Kresna, Raja, Muktar, Nicky, Raha, dan Ashila selaku teman permusikan penulis yang senantiasa mendoakan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
10. Raissa, Shahira, Chandra, Alvin, Martinus, Joanne, dan Marcellino selaku teman bimbingan skripsi yang juga telah memberi masukan pada skripsi ini;
11. Kevin Doly, Akbar Maulana, Avia Nurushahifa, M. Ghufron, dan Raihan Habibi selaku teman dekat dari Kota Serang yang hadir ketika seusai sidang akhir;
12. Seluruh mahasiswa teknik sipil angkatan 2015 yang tidak bisa penulis sebutkan satu satu yang telah menemani penulis dalam menjalani studi sarjana selama 4 tahun.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat dibutuhkan oleh penulis untuk menjadi lebih baik ke depannya.

Penulis berharap agar skripsi ini berguna tidak hanya untuk penulis, namun untuk mahasiswa dan pihak lainnya dalam bidang teknik sipil.

Bandung, 2019

Penulis,



Fawwaz Sapta Adli

2015410177

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR DIAGRAM	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-3
1.4 Pembatasan Masalah	1-3
1.5 Sistematika Penulisan	1-7
1.6 Metode Penelitian.....	1-9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Konsep Evakuasi Vertikal.....	2-1
2.2 Kriteria Desain Struktur	2-1
2.3 Perencanaan Lokasi.....	2-2
2.4 Gambaran Umum Lokasi	2-4
2.5 Potensi Rendaman Kabupaten Pandeglang Pantai Tanjung Lesung.....	2-4
2.5.1 Ketinggian <i>Run-up</i>	2-6
2.5.2 Jarak Maksimum Rendaman dan Waktu Tempuh Gelombang.....	2-6

2.6 Pembebanan Gempa	2-6
2.6.1 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan ..	2-7
2.6.2 Kombinasi Pembebanan Gempa.....	2-8
2.6.3 Respons Spektrum Desain	2-8
2.6.4 Kategori Desain Seismik	2-12
2.6.5 Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem	2-13
2.7 Metode Analisis Beban Gempa	2-15
2.7.1 Analisis Statik Ekuivalen	2-16
2.7.2 Analisis Spektrum Respons Ragam.....	2-16
2.8 Pembebanan Tsunami.....	2-18
2.8.1 Kasus Beban	2-18
2.8.2 Kombinasi Beban	2-19
2.8.3 Gaya Hidrostatik.....	2-19
2.8.4 Gaya Hidrodinamik	2-22
2.8.5 Gaya Impak Puing	2-27
2.9 Perkiraan Dimensi Kolom	2-28
2.10 Perkiraan Dimensi Balok.....	2-29
2.11 Pembebanan Gravitasi	2-29
2.11.1 Beban Mati	2-30
2.11.2 Beban Hidup.....	2-30
2.12 Ketidakberaturan Gedung.....	2-30
2.13 Faktor Redundansi.....	2-30
2.14 Simpangan Antar Lantai.....	2-30
2.15 Beban Minimum untuk Perancangan Gedung.....	2-33
2.15.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>).....	2-33
2.15.2 Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	2-33

2.16 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung	2-33
2.16.1 Tulangan Memanjang (<i>Flexural Reinforcement</i>).....	2-33
2.16.2 Tulangan Transversal (<i>Shear Reinforcement</i>).....	2-33
BAB 3 PEMODELAN DAN PERENCANAAN GEDUNG EVAKUASI	3-1
3.1 . Deskripsi Lokasi	3-1
3.1.1 Kabupaten Pandeglang.....	3-1
3.1.2 Kecamatan Panimbang Kelurahan Tanjung Jaya.....	3-2
3.1.3 Potensi Rendaman Tsunami di Kabupaten Pandeglang.....	3-3
3.2 Deskripsi Gedung dan Parameter Gelombang	3-4
3.2.1 Data Gedung.....	3-5
3.2.2 Bentuk Gedung dan Komponen Struktur Gedung	3-6
3.2.3 Menentukan Jarak Gedung.....	3-7
3.2.4 Menentukan Kecepatan dan Ketinggian <i>Run-up</i> Gelombang.....	3-8
3.3 Perhitungan Beban Tsunami	3-8
3.3.1 Gaya Hidrostatik	3-9
3.3.2 Gaya Hidrodinamik.....	3-9
3.3.3 Gaya Impak Puing.....	3-10
3.4 Perhitungan Beban Gempa.....	3-10
3.4.1 Respons Spektrum Desain	3-10
3.4.2 Kategori Desain Seismik.....	3-13
3.5 Perhitungan Beban Gravitasi dan Perkiraan Dimensi Komponen Struktur .	3-13
3.5.1 Material Beton Bertulang.....	3-13
3.5.2 Perencanaan Pembebanan Pelat Lantai.....	3-14
3.5.3 Perencanaan Pembebanan Tangga	3-16
3.5.4 Perkiraan Dimensi Kolom.....	3-18
3.5.5 Perkiraan Dimensi Balok	3-19

3.6 Penginputan Beban Tsunami pada Program ETABS	3-20
3.6.1 Pembebanan Tsunami pada Kolom Gedung dan Ramp dengan Beban Tsunami Arah X, Arah Y, dan Arah 45° di antara Arah X dan Arah Y....	3-20
3.6.2 Pembebanan Tsunami pada Balok Gedung dan Ramp dengan Beban Tsunami Arah X, Arah Y, dan Arah 45° di antara Arah X dan Arah Y....	3-24
3.6.3 Pembebanan Tsunami pada Pelat Lantai Gedung dan Ramp	3-28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	4-1
4.1 Analisis Perilaku Gedung Beton Bertulang.....	4-1
4.1.1 Kombinasi Pembebanan	4-1
4.1.2 Gaya Geser Dasar	4-2
4.1.3 Simpangan Antar Lantai dan Peralihan Lateral.....	4-3
4.1.4 Ketidakberaturan Gedung.....	4-8
4.1.5 Perioda Getar dan Arah Ragam Dominan	4-20
4.1.6 Partisipasi Ragam	4-21
4.2 Desain Penulangan Komponen Gedung.....	4-23
4.2.1 Spesifikasi Tulangan	4-23
4.2.2 Detail Tulangan Kolom	4-23
4.2.3 Detail Tulangan Balok.....	4-28
4.2.4 Detail Tulangan Pelat Lantai	4-33
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran	5-1
DAFTAR PUSTAKA	xxv

DAFTAR NOTASI

- A_{ch} = Luas tulangan komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan geser
- A_g = Luas bruto penampang beton
- A_{st} = Luas total tulangan memanjang
- A_{sh} = Luas penampang total tulangan geser (termasuk kait silang) dalam spasi, s dan tegak lurus terhadap dimensi, b_c
- B = Lebar komponen struktur
- B_{DIN} = Balok yang diberi gaya hidrodinamik (*drag*)
- b = Lebar komponen yang tegak lurus terhadap aliran
- b_e = Lebar sayap efektif balok
- b_c = Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ke tepi luar tulangan geser yang membentuk luas A_{sh}
- b_w = Lebar balok
- C_d = Faktor pembesaran defleksi
- C_d = Koefisien drag
- C_o = Koefisien orientasi (diambil sebesar 0,65)
- C_s = Koefisien respons seismik
- C_u = Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung
- D = Beban mati
- E_h = Gaya gempa horisontal
- E_v = Gaya gempa vertikal

F_a	= Amplifikasi getaran perioda pendek
F_b	= Gaya apung (<i>buoyant</i>)
f_c'	= Mutu beton
F_d	= Gaya hidrodinamik
F_h	= Gaya hidrostatis
F_i	= Gaya dampak puing seketika yang disederhanakan
F_{TSU}	= Efek beban tsunami untuk arah aliran masuk dan keluar
F_v	= Amplifikasi getaran perioda 1 detik
f_y	= Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan
f_{yt}	= Kekuatan leleh tulangan geser yang disyaratkan f_y
h	= Kedalaman rendaman tsunami
h	= Tinggi balok
h_{max}	= Ketinggian air yang menggenangi struktur
h_e	= Ketinggian rendaman terproyeksi
h_r	= Kedalaman air pada lantai atas
h_s	= Puncak elevasi pelat lantai
h_{sx}	= Rata-rata ketinggian tingkat di atas dan di bawah setiap tingkat di bawah kedalaman rendaman tsunami
h_{sx}	= Tinggi tingkat di bawah tingkat x
I_e	= Faktor keutamaan gempa
I_{TSU}	= Faktor keutamaan tsunami untuk hidrodinamika dan gaya dampak (diberikan pada Tabel 2.1)
K_{DEB}	= Kolom yang diberi gaya dampak puing seketika
K_{DIN}	= Kolom yang diberi gaya hidrodinamik (<i>drag</i>)

- K_{STA} = Kolom yang diberi gaya hidrostatis
- k_s = Faktor densitas fluida
- L = Beban hidup
- L = Bentang balok terpanjang
- L_o = Beban hidup rencana tanpa reduksi
- L_{REF} = Beban hidup pengungsi
- MCE_R = Parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
- M_w = Skala momen untuk besaran gempa
- P_u = Gaya angkat (*uplift*)
- P_u = Beban gravitasi yang dipikul kolom
- R = Koefisien modifikasi respons
- R^* = Elevasi kenaikan air tsunami maksimum yang diambil berdasarkan estimasi elevasi genangan air pada struktur
- s = Spasi pusat ke pusat suatu benda, misalnya tulangan memanjang, tulangan geser, tendon, kawat atau angkur prategang
- S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain perioda pendek
- S_{D1} = Parameter percepatan spektral desain perioda 1 detik
- S_{MS} = Percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah perioda pendek
- S_{M1} = Percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah perioda 1 detik
- S_a = Percepatan respons spektrum desain
- S_s = Percepatan batuan dasar perioda pendek
- S_1 = Percepatan batuan dasar perioda 1 detik
- T = Perioda fundamental struktur

- T_a = Periode fundamental pendekatan struktur
- u = Kecepatan aliran pada lokasi struktur
- u = Kecepatan aliran horisontal pada kedalaman air, sama atau lebih besar dari h_{ss} elevasi *soffit* pada sistem lantai
- V = Gaya geser dasar seismik
- V_t = Gaya geser dasar seismik dari kombinasi modal yang disyaratkan
- V_w = Volume air yang dipindahkan
- W = Berat seismik efektif struktur
- z_w = Elevasi dasar dinding pada struktur
- p_r = Tekanan tambahan air residual pada pelat lantai
- ρ = Faktor redundansi struktur
- ρ_s = Kerapatan fluida termasuk endapan
- ρ_s = Rasio volume tulangan spiral atau tulangan geser bulat terhadap volume total inti yang dikekang oleh spiral (diukur dari sisi luar ke sisi luar spiral)
- Δ = Simpangan antar lantai tingkat desain
- Δ_a = Simpangan antar lantai tingkat ijin
- Ω_0 = Faktor kuat lebih
- γ_{sw} = Densitas berat jenis spesifik air laut
- δ_x = Perpindahan elastis yang diperbesar
- δ_{xe} = Defleksi pada lokasi tertentu

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tampak Atas Gedung Evakuasi dan Ramp.....	1-4
Gambar 1.2 Potongan X Gedung Evakuasi.....	1-5
Gambar 1.3 Potongan Y Gedung Evakuasi.....	1-5
Gambar 1.4 Denah Tipikal Lantai 2 sampai Lantai 4	1-6
Gambar 1.5 Pemodelan Gedung Evakuasi dan Ramp	1-7
Gambar 2.1 Elevasi Level Pengungsian Minimum (1 ft = 0,305 m)	2-4
Gambar 2.2 Peta Rawan Tsunami Provinsi Banten	2-5
Gambar 2.3 Peta Respons Spektrum Percepatan 0,2 detik (S_s) di Batuan Dasar (S_B) Tahun 2017 untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun.....	2-9
Gambar 2.4 Peta Respons Spektrum Percepatan 1 detik (S_1) di Batuan Dasar (S_B) Tahun 2017 untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 Tahun.....	2-9
Gambar 2.5 Respons Spektrum Desain.....	2-11
Gambar 2.6 Respons Spektrum Batas Terendah Deterministik.....	2-12
Gambar 2.7 Distribusi Gaya Hidrostatik dan Lokasi Resultannya	2-20
Gambar 2.8 Gaya Apung pada Keseluruhan Struktur Kedap Air pada Lantai yang Lebih Rendah	2-21
Gambar 2.9 Beban Gravitasi Berupa Air yang Tertahan oleh Dinding Eksterior Bekerja pada Pelat Lantai Selama Proses Penyurutan yang Cepat.....	2-22
Gambar 2.10 Gaya Hidrodinamik yang Bekerja pada Komponen Struktur ..	2-23
Gambar 2.11 Gaya Angkat pada Lantai yang Ditinggikan	2-27
Gambar 2.12 Gaya Benturan Puing yang Terbawa Air	2-28
Gambar 2.13 Penentuan Simpangan Antar Lantai	2-32
Gambar 3.1 Peta Administrasi Kabupaten Pandeglang	3-1
Gambar 3.2 Wilayah Kabupaten Pandeglang, Kecamatan Panimbang, Kelurahan Tanjung Jaya	3-3
Gambar 3.3 Elevasi Gedung dan Ketinggian Tsunami	3-5
Gambar 3.4 Bentuk Gedung dan Komponen Struktur	3-6
Gambar 3.5 Respons Spektrum Desain Kabupaten Pandeglang.....	3-13
Gambar 3.6 Denah Pembebanan Gaya Hidrodinamis pada Kolom.....	3-22
Gambar 3.7 Denah Pembebanan Gaya Hidrostatik pada Kolom dengan Beban Tsunami dari Arah X	3-22

Gambar 3.8 Denah Pembebanan Gaya Hidrostatik pada Kolom dengan Beban Tsunami dari Arah Y	3-23
Gambar 3.9 Denah Pembebanan Gaya Hidrostatik pada Kolom dengan Beban Tsunami dari Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	3-23
Gambar 3.10 Denah Pembebanan Gaya Akibat Hantaman Puing yang Terbawa Aliran Tsunami.....	3-24
Gambar 3.11 Denah Pembebanan Gaya Hidrodinamis pada Balok dengan Beban Tsunami dari Arah X	3-26
Gambar 3.12 Denah Pembebanan Gaya Hidrodinamis pada Balok dengan Beban Tsunami dari Arah Y	3-27
Gambar 3.13 Denah Pembebanan Gaya Hidrodinamis pada Balok dengan Beban Tsunami dari 45° di Antara Arah X dan Arah Y.....	3-27
Gambar 3.14 Denah Pembebanan Tsunami pada Pelat Lantai.....	3-29
Gambar 4.1 Penentuan Iregularitas Horizontal Tipe 1	4-8
Gambar 4.2 Penulangan Kolom pada Pembebanan Tsunami Arah X.....	4-25
Gambar 4.3 Penulangan Kolom pada Pembebanan Tsunami Arah Y.....	4-26
Gambar 4.4 Penulangan Kolom pada Pembebanan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-27
Gambar 4.5 Penulangan Kolom yang Diberi Beban Impak Puing (<i>Debris</i>) untuk Ketiga Pemodelan Arah Beban Tsunami	4-28
Gambar 4.6 Penulangan Balok pada Pemodelan Pembebanan Tsunami Arah X	4-30
Gambar 4.7 Penulangan Balok pada Pemodelan Pembebanan Tsunami Arah Y	4-31
Gambar 4.8 Penulangan Balok pada Pemodelan Pembebanan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Keutamaan Gempa	2-7
Tabel 2.2 Kategori Desain Seismik dengan $S_1 \geq 0,75$	2-12
Tabel 2.3 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek.....	2-13
Tabel 2.4 Koefisien dan Faktor Perencanaan untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	2-15
Tabel 2.5 Faktor penting tsunami untuk hidrodinamika dan beban dampak.....	2-24
Tabel 2.6 Koefisien drag untuk struktur persegi.....	2-24
Tabel 2.7 Koefisien <i>Drag</i> untuk Komponen Struktural.....	2-25
Tabel 2.8 Simpangan Antar Lantai Ijin, $\Delta_a^{a,b}$	2-31
Tabel 3.1 Data Gedung	3-5
Tabel 3.2 Jarak Gedung Evakuasi Vertikal.....	3-8
Tabel 3.3 Data Percepatan Gempa Kabupaten Pandeglang.....	3-12
Tabel 3.4 Dimensi Pelat.....	3-15
Tabel 3.5 Beban Mati Tambahan	3-16
Tabel 3.6 Beban Hidup	3-16
Tabel 3.7 Data Perencanaan Tangga.....	3-17
Tabel 3.8 Beban Mati Tambahan pada Pelat Tangga	3-17
Tabel 3.9 Dimensi Kolom Gedung Evakuasi dan Ramp	3-19
Tabel 3.10 Dimensi Balok	3-20
Tabel 3.11 Gaya Hidrodinamis pada Kolom Gedung dan Ramp	3-21
Tabel 3.12 Gaya Hidrostatik pada Kolom Gedung	3-21
Tabel 3.13 Gaya Akibat Benturan Puing yang Terbawa Aliran Tsunami pada Kolom	3-21
Tabel 3.14 Gaya Hidrodinamis pada Balok Gedung dan Ramp untuk Pemodelan arah X dan Y	3-25
Tabel 3.15 Gaya Hidrodinamis pada Balok Gedung dan Ramp untuk Pemodelan 45° di Antara Arah X dan Arah Y	3-25
Tabel 4.1 Gaya Geser Dasar Pemodelan Tsunami Arah X.....	4-2

Tabel 4.2 Gaya Geser Dasar Pemodelan Tsunami Arah Y	4-2
Tabel 4.3 Gaya Geser Dasar Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-3
Tabel 4.4 Peralihan Lateral Pemodelan Tsunami Arah X	4-4
Tabel 4.5 Simpangan Antar Lantai Pemodelan Tsunami Arah X	4-4
Tabel 4.6 Peralihan Lateral Pemodelan Tsunami Arah Y	4-4
Tabel 4.7 Simpangan Antar Lantai Pemodelan Tsunami Arah Y	4-5
Tabel 4.8 Peralihan Lateral Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-5
Tabel 4.9 Simpangan Antar Lantai Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-5
Tabel 4.10 Ketidakberaturan Horisontal Tipe 1 Arah X Pemodelan Tsunami Arah X	4-9
Tabel 4.11 Ketidakberaturan Horisontal Tipe 1 Arah Y Pemodelan Tsunami Arah X	4-9
Tabel 4.12 Ketidakberaturan Horisontal Tipe 1 Arah X Pemodelan Tsunami Arah Y	4-9
Tabel 4.13 Ketidakberaturan Horisontal Tipe 1 Arah Y Pemodelan Tsunami Arah Y	4-10
Tabel 4.14 Ketidakberaturan Horisontal Tipe 1 Arah X Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-10
Tabel 4.15 Ketidakberaturan Horisontal Tipe 1 Arah Y Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-10
Tabel 4.16 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah X dan Arah Y Pemodelan Tsunami Arah X	4-13
Tabel 4.17 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah X dan Arah Y Pemodelan Tsunami Arah Y	4-13
Tabel 4.18 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah X dan Arah Y Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-14
Tabel 4.19 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Pemodelan Tsunami Arah X ...	4-15
Tabel 4.20 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Pemodelan Tsunami Arah Y ...	4-16

Tabel 4.21 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-16
Tabel 4.22 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b Arah X dan Arah Y Pemodelan Tsunami Arah X.....	4-17
Tabel 4.23 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b Arah X dan Arah Y Pemodelan Tsunami Arah Y.....	4-18
Tabel 4.24 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a dan 5b Arah X dan Arah Y Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-19
Tabel 4.25 Periode Getar dan Arah Ragam Dominan Pemodelan Tsunami Arah X	4-20
Tabel 4.26 Periode Getar dan Arah Ragam Dominan Pemodelan Tsunami Arah Y	4-20
Tabel 4.27 Periode Getar dan Arah Ragam Dominan Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-21
Tabel 4.28 Jumlah Partisipasi Ragam Pemodelan Tsunami Arah X	4-21
Tabel 4.29 Jumlah Partisipasi Ragam Pemodelan Tsunami Arah Y	4-22
Tabel 4.30 Jumlah Partisipasi Ragam Pemodelan Tsunami Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-22
Tabel 4.31 Tulangan Kolom Gedung dan Ramp Pemodelan Tsunami dari Arah X, Arah Y, dan Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-24
Tabel 4.32 Tulangan Balok Gedung dan Ramp Akibat Beban Gravitasi, Gempa, dan Tsunami dari Arah X, Arah Y, dan Arah 45° di Antara Arah X dan Arah Y	4-29
Tabel 4.33 Tulangan Pelat Lantai Gedung dan Ramp	4-33

DAFTAR DIAGRAM

Diagram 1. Peralihan Lateral Arah X.....	4-6
Diagram 2. Peralihan Lateral Arah Y.....	4-6
Diagram 3. Perbandingan Simpangan Antar Lantai Gedung Arah X.....	4-7
Diagram 4. Perbandingan Simpangan Antar Lantai Gedung Arah Y.....	4-7

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 (Perhitungan Skala Faktor).....	L1-1
LAMPIRAN 2 (Perhitungan Tulangan Torsi dan Sengkang Balok)	L2-1
LAMPIRAN 3 (Desain Pelat Lantai dan Penulangan Metode PBI).....	L3-1
LAMPIRAN 4 (Desain dan Penulangan Tangga)	L4-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di antara tiga pertemuan lempeng benua dan samudera yaitu, lempeng Eurasia dari utara, lempeng Indo-Australia dari selatan, dan lempeng Pasifik dari timur dan berada pada jalur gempa teraktif di dunia karena dikelilingi oleh Cincin Api Pasifik. Kondisi geografis ini menyebabkan Indonesia rawan terhadap bencana alam seperti gempa bumi, letusan gunung api, longsor, dan tsunami. Sulawesi Tengah, Maluku, dan Sumatera Utara merupakan daerah yang rawan gempa. Ada dua jenis gempa yang sering terjadi di Indonesia, gempa tektonik dan gempa vulkanik. Gempa tektonik terjadi karena adanya patahan dari lempeng-lempeng benua yang bertumbukan. Gempa vulkanik terjadi karena adanya getaran dari letusan gunung berapi. Kedua jenis gempa ini tak jarang terjadi di wilayah laut sehingga berpotensi terjadinya bencana alam tsunami.

Tsunami adalah peristiwa bencana alam yang diakibatkan perubahan dasar laut secara vertikal dengan tiba-tiba sehingga memindahkan air dalam volume yang besar dan dapat menyapu daratan. Tsunami dapat diakibatkan karena adanya gempa, letusan gunung berapi, longSORan bawah laut atau hantaman jatuhnya benda langit ke laut. Indonesia sudah mengalami beberapa bencana alam tsunami yaitu tsunami di Mentawai pada tahun 2010 akibat gempa subduksi dengan kekuatan 7,7 Mw (538 jiwa), tsunami di Aceh pada tahun 2004 akibat gempa subduksi Sumatera-Andaman dengan kekuatan 9,2 Mw (167,799 jiwa), tsunami di Palu pada tahun 2018 akibat longSORan di bawah laut (2,045 jiwa), dan tsunami di Banten pada tahun 2018 akibat longSORan bawah tanah dari letusan Gunung Anak Krakatau (429 jiwa).

Potensi terjadinya bencana alam tsunami di Indonesia cukup tinggi. Masyarakat yang tinggal di pesisir Indonesia masih belum sadar akan bahaya bencana tsunami yang mengancam. Ketika sistem peringatan sudah baik dan dideteksi akan adanya bencana tsunami, lalu beban tsunami memberikan gaya

pada struktur di daerah pesisir, struktur tersebut seringkali tidak cukup kuat menahan beban dan dapat runtuh. Untuk memaksimalkan probabilitas kelangsungan hidup, manusia akan mencari dataran yang lebih tinggi dan keluar dari daerah genangan air (Park, S., et al, 2012). Bagaimanapun, langkah ini tidak selalu memungkinkan karena waktu peringatan tsunami lokal hanya berkisar 5-30 menit sebelum datangnya tsunami. Belum adanya peraturan yang jelas dari pemerintah mengenai kriteria bangunan evakuasi di daerah pesisir dan banyak permukiman di daerah pesisir sehingga dampak korban jiwa akibat bencana alam tidak berkurang. Oleh karena itu, gedung evakuasi vertikal di daerah pesisir yang tahan terhadap beban gempa dan tsunami dapat dipertimbangkan sebagai pendekatan alternatif untuk evakuasi dari genangan air. Di Indonesia dibutuhkan sekitar 2000 bangunan evakuasi dan sudah ada sekitar 50 bangunan evakuasi tsunami seperti di Kota Padang, Kabupaten Pangandaran, Lombok Utara dan daerah pesisir lainnya. Peraturan yang digunakan untuk memperhitungkan pengaruh beban tsunami terhadap bangunan evakuasi mengacu pada ASCE 7-16.

Perilaku beban tsunami menghasilkan tekanan air, baik gaya hidrostatis maupun hidrodinamik, gaya angkat, gaya impulsif, dan gaya benturan puing-puing. Gaya-gaya yang bekerja tidak selalu terjadi secara bersamaan sehingga harus dipertimbangkan untuk keseluruhan struktur dan setiap komponen struktur.

1.2 Inti Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini adalah tidak adanya tata cara atau petunjuk teknis yang jelas untuk mendesain gedung akibat beban gempa dan tsunami. Ketika terjadi gempa, gedung harus tetap kokoh sebelum datangnya gelombang tsunami karena kemungkinan gempa dan tsunami terjadi secara bersamaan sangat kecil sehingga didesain terhadap beban gempa dan tsunami. Indonesia merupakan daerah yang rawan bencana alam gempa dan tsunami. Untuk proses mitigasi yang baik, struktur bangunan evakuasi yang dapat menahan beban gempa dan tsunami harus direncanakan. Namun, jumlah bangunan evakuasi masih terbilang sedikit dan beberapa bangunan yang difungsikan untuk evakuasi justru runtuh akibat beban tsunami, karena belum ada standar yang jelas dalam mendesain gedung evakuasi akibat beban gempa dan tsunami.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah mendesain struktur yang dapat digunakan sebagai gedung evakuasi pada saat terjadi gempa dan tsunami serta menganalisis respon gedung akibat pengaruh dari perbedaan tiga arah pembebanan tsunami.

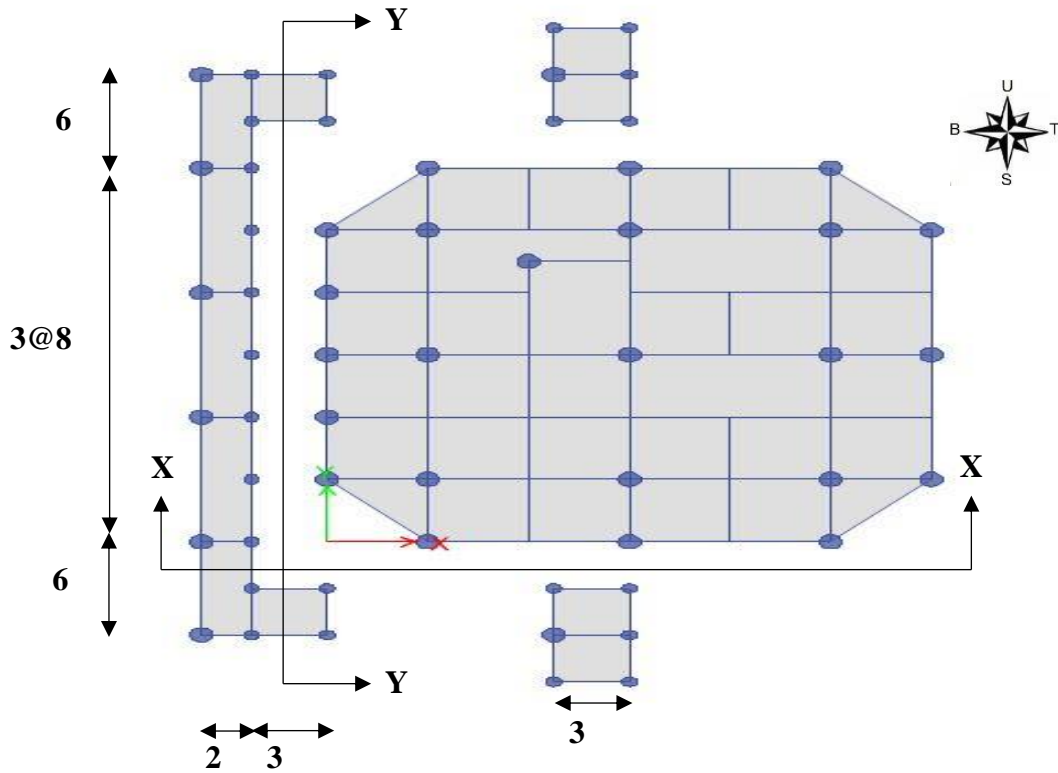
1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam skripsi ini yaitu :

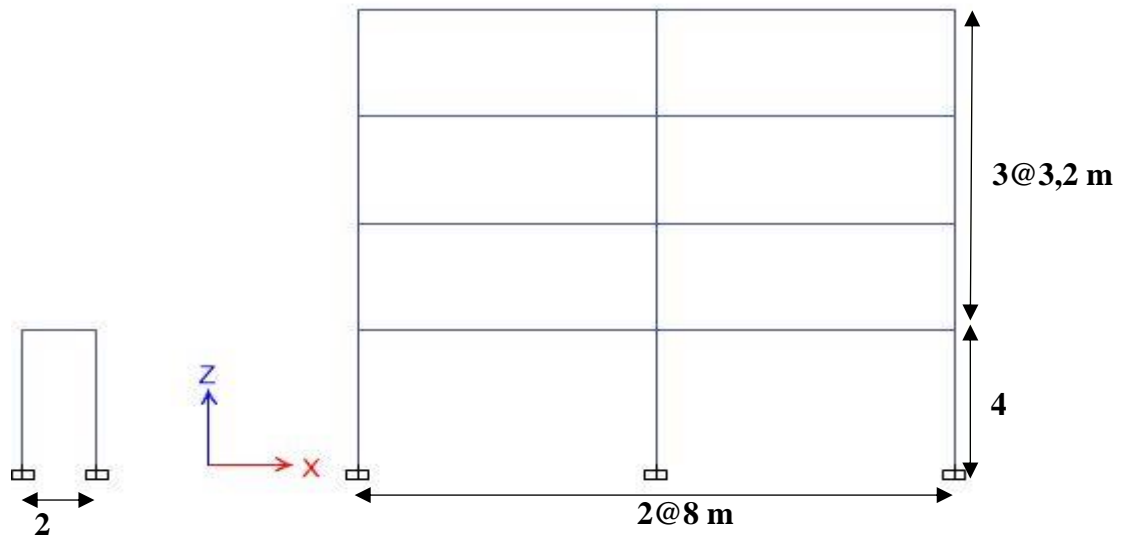
1. Gedung evakuasi dibangun di Kabupaten Pandeglang, Kecamatan Panimbang, Kelurahan Tanjung Jaya, Pantai Tanjung Lesung dengan jarak bangunan adalah 500 meter tegak lurus dari garis pantai;
2. Gedung berdiri di atas tanah lunak;
3. Bentuk gedung adalah oktagon seperti denah yang ditunjukkan pada Gambar 1.2;
4. Gedung terdiri dari 4 lantai dengan ketinggian total gedung adalah 13,6 meter. Tinggi lantai dasar adalah 4 meter dan tinggi lantai lainnya tipikal sebesar 3,2 meter;
5. Peraturan pembebanan yang digunakan dalam analisis adalah ASCE 7-16 mengenai pembebanan gempa serta efek dan beban tsunami;
6. Perhitungan beban dibatasi hanya beban gravitasi, gempa, dan tsunami. Beban tsunami yang dihitung adalah gaya hidrostatis, gaya hidrodinamik, gaya apung (*buoyant*), gaya angkat (*uplift*), gaya akibat hantaman puing yang terbawa aliran tsunami, dan gaya gravitasi tambahan akibat air residual yang tertahan pada pelat lantai;
7. Desain fondasi tidak diperhitungkan;
8. Gelombang tsunami diprediksi datang dengan ketinggian gelombang (*runup*) mencapai 4 meter. Arah datang tsunami yang dianalisis adalah dari arah X, arah Y, dan 45° di antara arah X dan Y seperti yang ditunjukkan Gambar 1.5;
9. Analisis yang digunakan adalah analisis respons spektrum.

1-4

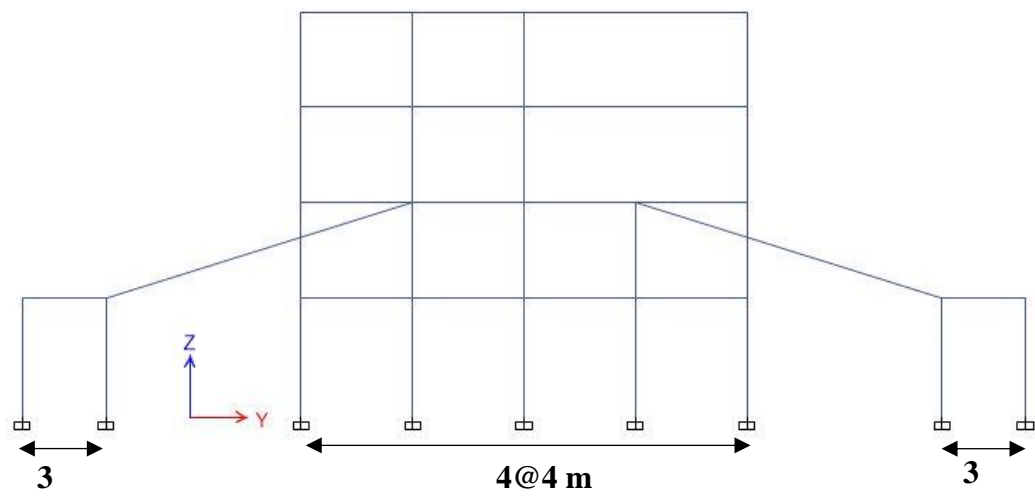
10. Gedung diasumsikan tidak mengalami penurunan kekuatan sebelum diberi beban tsunami.



Gambar 1.1 Tampak Atas Gedung Evakuasi dan Ramp

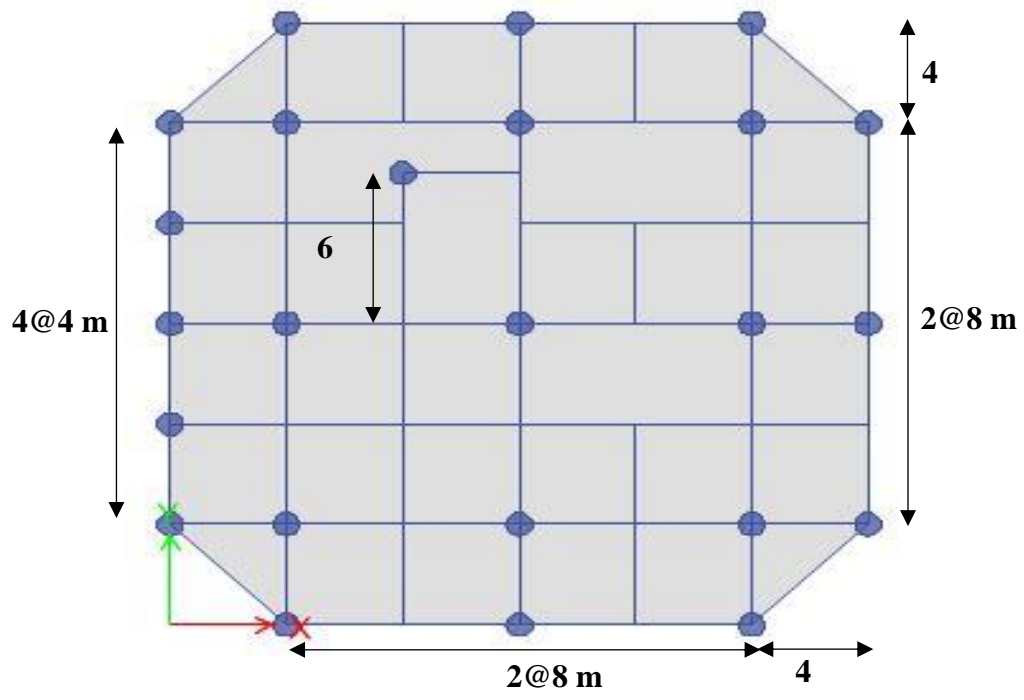


Gambar 1.2 Potongan X Gedung Evakuasi

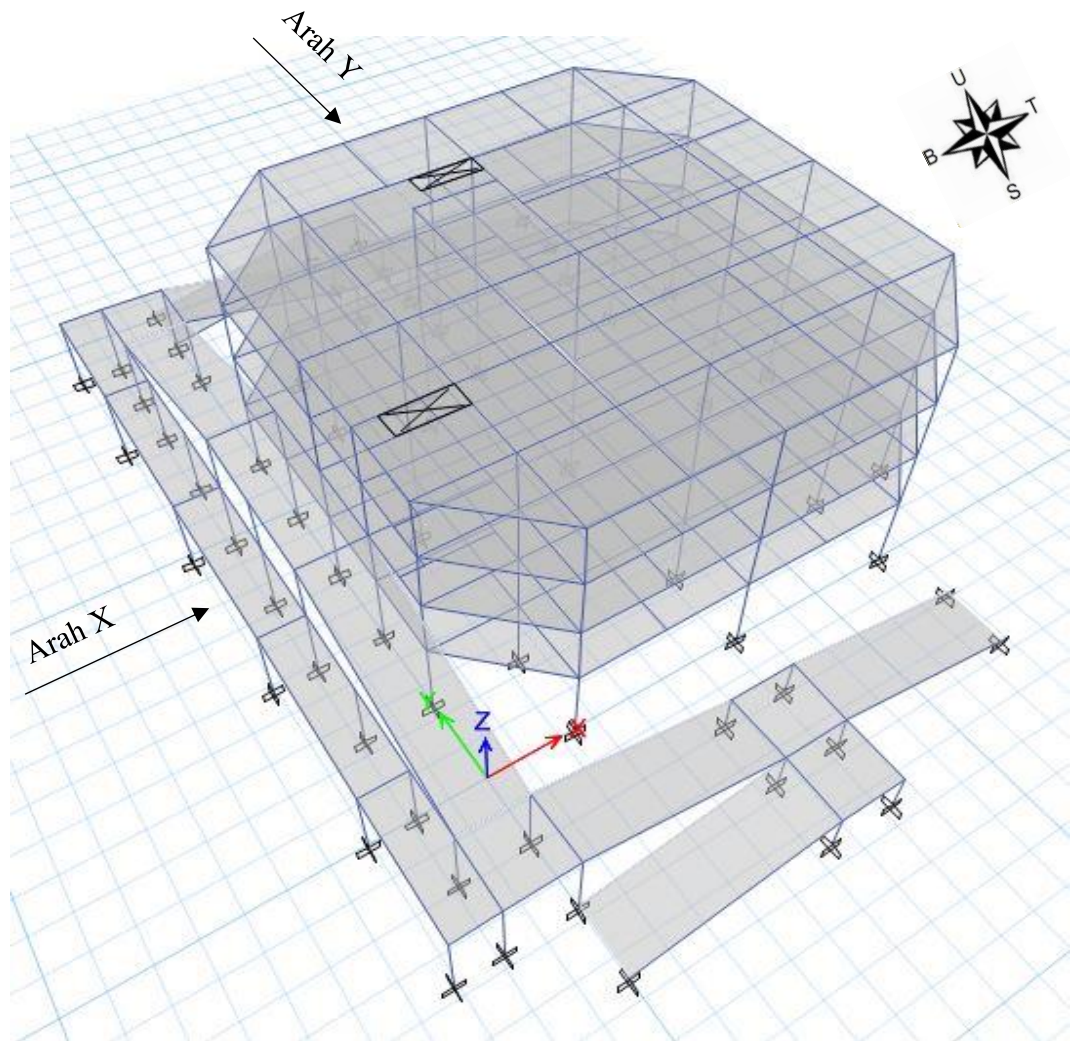


Gambar 1.3 Potongan Y Gedung Evakuasi

1-6



Gambar 1.4 Denah Tipikal Lantai 2 sampai Lantai 4



Gambar 1.5 Pemodelan Gedung Evakuasi dan Ramp

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini meliputi :

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini diuraikan menjadi latar belakang, inti permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penelitian, sistematika penulisan, dan metode penelitian.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai teori-teori yang digunakan untuk desain dan analisis struktur yang dapat digunakan sebagai gedung evakuasi pada saat terjadi gempa dan tsunami.

3. BAB 3 DATA PERENCANAAN DAN PEMODELAN GEDUNG EVAKUASI

Bab ini berisi mengenai perhitungan manual beban tsunami, beban gempa, beban gravitasi, dan penerapan beban tsunami pada program ETABS.

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai hasil dari analisis berupa simpangan antar lantai, peralihan lateral, ketidakberaturan, gaya geser dasar, partisipasi ragam, dan perioda getar, serta perhitungan dimensi tulangan yang digunakan pada kolom, balok, dan pelat lantai.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan, saran skripsi yang digunakan sewaktu-waktu untuk perbaikan selanjutnya, dan saran untuk mendesain gedung evakuasi akibat beban gempa dan tsunami.

6. DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka berisi sumber dan literatur yang digunakan untuk menunjang proses penyusunan skripsi.

1.6 Metode Penelitian

