

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Potensi kerentanan Indonesia terhadap bencana geologi, khususnya gempa bumi dan tsunami, merupakan isu fundamental yang didasarkan pada konfigurasi tektoniknya yang sangat kompleks (Zulsfi et al., 2021). Secara geologis, kepulauan Indonesia berada tepat di titik pertemuan empat lempeng tektonik utama dunia yakni Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Mikro Filipina sekaligus menjadi bagian integral dari jalur seismik aktif global yang dikenal sebagai Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*) (BNPB, 2012). Interaksi dinamis antara lempeng-lempeng ini, di mana lempeng samudra yang lebih padat menunjam ke bawah lempeng benua dalam proses yang disebut subduksi, menjadi pemicu utama intensitas aktivitas seismik di nusantara.



Gambar 1. 1 Peta Kawasan Pertemuan Lempeng dan Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*)

(Sumber : Orator, 2019)

Kondisi subduksi menghasilkan gempa bumi tipe *megathrust*, yaitu gempa dengan magnitudo sangat besar yang bersumber dari bidang kontak antar lempeng di zona penunjaman. Gempa *megathrust* memiliki karakteristik mampu menyebabkan deformasi vertikal dasar laut secara signifikan, menjadikannya sumber utama pembangkit gelombang tsunami destruktif (Nur, 2010). Berdasarkan pemetaan seismik dan kajian risiko nasional, diidentifikasi adanya sedikitnya 16 segmen *megathrust* aktif di wilayah Indonesia, tersebar dari Busur Sunda

(Sumatra hingga Nusa Tenggara) hingga ke timur (Laut Banda dan Sulawesi Utara). Segmen-segmen ini menyimpan potensi akumulasi energi yang, jika dilepaskan, dapat memicu gempa bumi berkekuatan sangat besar, menempatkan jutaan penduduk di wilayah pesisir dalam ancaman bahaya seismik dan tsunamigenik yang tinggi (PuSGen, 2017). Oleh karena itu, pemahaman dan upaya mitigasi terhadap ancaman *megathrust* ini menjadi prioritas utama dalam kerangka ketahanan bencana nasional.

Indonesia, khususnya wilayah pesisir Sumatera, berada pada jalur cincin api pasifik yang menjadikan negara ini rawan terhadap bencana geologi, termasuk potensi gempa *megathrust* dari segmen Mentawai-Siberut dan Selat Sunda (BMKG, 2024). Kepulauan Mentawai secara spesifik diidentifikasi sebagai salah satu daerah dengan kerentanan tertinggi karena berbatasan langsung dengan lempeng samudra dan merupakan *seismic gap* yang diperkirakan menyimpan energi besar, berpotensi memicu gempa hingga magnitudo (M) 8,9 yang dapat menghasilkan tsunami dengan ketinggian gelombang signifikan dalam waktu tiba yang sangat singkat (*golden time* sekitar 20 hingga 30 menit) (Datumaya et al., 2016).

Sumatera Barat, tepatnya Kota Pariaman, berada pada zona seismisitas tinggi akibat pertemuan lempeng tektonik yang berpotensi memicu gempa *megathrust* di segmen Mentawai, sebuah isu krusial yang mendasari perlunya mitigasi bencana terstruktur. Ancaman ini berimplikasi pada potensi tsunami cepat dengan waktu tiba yang singkat, membuat evakuasi horizontal menuju daratan tinggi seringkali tidak memadai. Oleh sebab itu, berbagai penelitian dan program pemerintah daerah, seperti yang diungkapkan dalam kerjasama penelitian Universitas Andalas dan BALITBANGDA Provinsi Sumatera Barat, berfokus pada optimalisasi jalur dan bangunan evakuasi vertikal di Pariaman (Datumaya et al., 2016).

Pusat Gempa Bumi dan Tsunami BMKG (Daryono, 2024) juga telah menekankan bahwa potensi gempa *megathrust* di segmen Mentawai-Siberut, yang telah mengalami periode kekosongan seismik (*seismic gap*) selama ratusan tahun, dapat berpotensi menghasilkan gempa M 8.9. Fenomena ini memicu kebutuhan mitigasi yang tinggi, terutama di wilayah pesisir Sumatra Barat, termasuk Pariaman dan Padang, karena waktu tiba gelombang yang sangat singkat, yang bahkan diperkirakan dapat mencapai pesisir Padang setinggi 6 hingga 10 meter dalam waktu 20-30 menit.

Upaya yang sedang dikembangkan pemerintah dalam mengurangi risiko bencana gempa dan tsunami, melalui Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) adalah dengan membangun bangunan shelter. Shelter berfungsi sebagai tempat / lokasi evakuasi sementara

sebelum terjadinya Tsunami. Karna keterbatasan jumlah shelter yang ada dan terbatasnya lahan khususnya di pesisir pantai Kota Pariaman. Oleh karena itu, diperlukan adanya bangunan yang dapat di kembangkan dan di tingkatkan baik dari segi fungsi maupun kapasitasnya. Konsep yang di tawarkan dengan pengembangan rumah ibadah sebagai shelter mandiri tempat perlindungan gempa dan tsunami, dikarenakan sebagian besar rumah ibadah berada dekat dari lingkungan masyarakat. Sehingga, keuntungan dari pemakaian rumah ibadah sebagai shelter masyarakat dapat langsung secepat mungkin menjangkau bangunan tersebut (Deded Eka Sahputra, 2020).

Masjid, sebagai pusat kegiatan sosial dan keagamaan yang mudah diakses dan biasanya memiliki struktur bangunan yang relatif kokoh serta daya tampung besar, muncul sebagai solusi ideal. Pemanfaatan masjid sebagai *shelter* mandiri, atau shelter berbasis komunitas, bukan hanya mempercepat ketersediaan tempat berlindung, tetapi juga mengintegrasikan mitigasi bencana dengan kehidupan sosial keagamaan masyarakat. Konsep ini sesuai dengan kategori *shelter* kedua, yaitu bangunan yang dialihkan fungsinya sebagai shelter, sebagaimana dijelaskan dalam jurnal mengenai shelter evakuasi, yang bertujuan untuk mengembangkan desain shelter mandiri berbasis masjid serta melatih sistem peringatan dini dan evakuasi mandiri berbasis komunitas (Seftyarizki et al., 2023). Penelitian ini menjadikan Mushalla Nurul Fajri yang berlokasi di Balai Naras, Kec. Pariaman Utara, Kota Pariaman, Sumatera Barat untuk menerapkan konsep tersebut.

Dalam kerangka rekayasa struktur, mengintegrasikan fungsi masjid dengan fungsi tempat evakuasi vertikal (*Vertical Evacuation Shelter*) menimbulkan kompleksitas desain yang substansial. Rancangan bangunan tidak hanya diwajibkan memenuhi ketahanan terhadap beban seismik ekstrem berdasarkan standar nasional yang berlaku (SNI 1726:2019), tetapi juga harus memastikan integritas strukturalnya dalam menghadapi tekanan hidrodinamik dan hidrostatik masif yang ditimbulkan oleh gelombang tsunami, sesuai dengan acuan teknis internasional seperti pedoman FEMA P-646.

Berdasarkan seluruh pertimbangan tersebut, perancangan *shelter* vertikal berbasis masjid merupakan respons mitigasi terpadu terhadap kerawanan tsunami dan keterbatasan lahan, khususnya di Pariaman, memanfaatkan peran strategis rumah ibadah untuk menjamin evakuasi yang cepat dan aman.

1.2. TUJUAN DAN MANFAAT

1.2.1. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Merencanakan dimensi dan kapasitas tampung bangunan shelter evakuasi vertikal tsunami berdasarkan analisis radius layanan serta proyeksi jumlah pengungsi secara terukur mengacu pada pedoman FEMA P-646 (2019).
2. Menganalisis dan merancang struktur atas Mushalla Nurul Fajri Balai Naras di Pariaman yang memenuhi kriteria keamanan terhadap beban gempa sesuai SNI 1726:2019 dan beban tsunami berdasarkan pedoman FEMA P-646.
3. Menghitung estimasi rancangan anggaran biaya struktur.

1.2.2. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Manfaat Keilmuan (Akademisi):
 - a. Menambah keilmuan dalam bidang rekayasa struktur, khususnya mengenai desain bangunan berlantai banyak dengan fungsi ganda (*multi-purpose building*), yang diperhitungkan terhadap kombinasi beban ekstrem gempa (SNI 1726:2019) dan beban hidrodinamik tsunami (FEMA P-646).
 - b. Menyediakan model studi kasus yang menunjukkan implementasi konseptual *Self-Supported Shelter* pada rumah ibadah, menjembatani teori mitigasi bencana vertikal dengan kebutuhan fungsional komunitas lokal.
2. Manfaat Aplikatif (Praktis):
 - a. Menyajikan desain rinci yang dapat menjadi acuan konkret bagi Pemerintah Kota Pariaman (BPBD) dalam perencanaan dan pembangunan *shelter* vertikal tambahan di kawasan pesisir yang padat dan kekurangan lahan evakuasi alami.
 - b. Mengoptimalkan fungsi Mushalla Nurul Fajri dari sekadar tempat ibadah menjadi fasilitas vital keselamatan, yang secara emosional lebih dekat dengan masyarakat dan mempermudah evakuasi cepat.
 - c. Secara langsung berkontribusi pada upaya pengurangan risiko korban jiwa akibat tsunami dengan menyediakan tempat evakuasi vertikal yang terjamin kekuatan dan keamanannya dalam waktu emas (*golden time*) evakuasi.

3. Manfaat Bagi Peneliti (Mahasiswa):

- a. Memberikan kesempatan untuk mengaplikasikan ilmu dan keterampilan teknik sipil, mulai dari analisis struktur kompleks, pemodelan beban statis dan dinamis, hingga perancangan detail struktur beton bertulang.
- b. Melatih kemampuan dalam merumuskan solusi rekayasa untuk tantangan multi-disiplin (struktur, arsitektur, dan mitigasi bencana) yang relevan dengan kondisi geologis Indonesia.

1.3. BATASAN MASALAH

Untuk menjaga agar penelitian ini tetap terfokus pada sasaran utamanya, cakupan studi akan dibatasi pada aspek-aspek di bawah ini :

1. Fokus utama penelitian adalah pada perancangan ulang struktur atas (superstruktur) Mushalla Nurul Fajri yang berlokasi di Balai Naras, Kecamatan Pariaman Utara, Kota Pariaman, Sumatera Barat.
2. Analisis dan desain struktural diarahkan secara spesifik pada elemen-elemen primer struktur atas, yang mencakup dimensi dan kekuatan kolom, balok, pelat lantai, dan tangga.
3. Perhitungan dan analisis struktural akan dilaksanakan dengan memanfaatkan bantuan perangkat lunak ETABS.
4. Pembebanan yang diperhitungkan secara komprehensif dalam analisis desain *shelter* meliputi:
 - a. Beban mati/ berat sendiri bangunan (*Dead Load*)
 - b. Beban hidup (*Live Load*)
 - c. Beban gempa (*Earthquake Load*)
 - d. Beban Tsunami (*Tsunami Load*)
5. Pembahasan mengenai konsep *shelter* mandiri dibatasi hanya pada aspek perencanaan ruang, perkiraan penambahan beban yang diberikan oleh fasilitas pendukung pada struktur atas, dan integrasi penempatan fasilitas tersebut.
6. Perancangan struktur *Vertical Evacuation Shelter* ini berpedoman pada standar dan acuan teknis berikut:
 - a. SNI 2847:2019 mengenai Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
 - b. SNI 1726:2019 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

- c. Penggunaan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017 sebagai basis penetapan parameter input gempa.
- d. SNI 1727:2020 mengenai Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- e. Pedoman Desain Evakuasi Tsunami dari Federal Emergency Management Agency (FEMA P-646 Tahun 2019) sebagai rujukan utama untuk pembebanan tsunami.

1.4. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bab sebagai berikut:

BAB 1 : Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, tujuan dan manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Berisi uraian mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar atau landasan pada penelitian Tugas Akhir ini.

BAB III : Metodologi Penelitian

Membahas terkait metode dan langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian.

BAB IV : Analisis Dan Pembahasan

Berisikan analisis dan pembahasan dari hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan.

BAB V : Kesimpulan Dan Saran

Memuat kesimpulan serta saran yang dirumuskan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

Daftar Pustaka

Lampiran A

Lampiran B

Lampiran C