

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia berada di area ring of fire dan memiliki 3 lempengan besar yaitu Eurasia, Indo-australia, dan Pasifik. Hal ini menjadikan Indonesia berpotensi lebih besar dalam menghadapi bencana alam. Bencana alam yang banyak memakan korban jiwa adalah bencana gempa bumi dan tsunami. Bencana gempa terjadi karena adanya pergeseran lempengan kerak bumi yang bergerak, dibawahnya ada arus konveksi di mantel bumi yang panas. Gempa besar yang terjadi di daerah laut lepas dapat menyebabkan munculnya bencana susulan, yaitu tsunami (Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia, 2017).

Gempa di Mentawai tahun 2010 ($M_w=7,8$) dan Gempa Padang ($M_w=7,6$) pada 2009, memiliki keterkaitan sumber gempa berkelanjutan yang dapat mengakibatkan bencana tsunami di waktu mendatang. Gempa yang terjadi disebabkan adanya dua sesar aktif, yakni; (1) Sesar Mentawai di sebelah Barat Daya dan (2) Sesar Semangko di Sebelah Timur Laut, membentang dari Teluk Aceh hingga Teluk Semangka. Fenomena sesar dapat terlihat pada wisata Ngarai Sianok di Kota Bukittinggi. Tsunami di Pulau Pagai di Mentawai, pulau yang berdekatan dengan Kota Padang terjadi pada 25 Oktober 2010. Hal tersebut dipicu oleh gempa bumi dengan kekuatan 7,7 M_w yang terjadi di Samudera Hindia yang mengakibatkan tsunami. Ketinggian gelombang tsunami mencapai 2,5–9,3 meter yang mengakibatkan korban jiwa. (Sumema, 2020). Sedangkan pada kota Padang berdasarkan Catatan basis data tsunami historis menunjukkan bahwa tsunami pernah melanda Kota Padang pada tahun 1797 dan 1833. Meskipun Pemerintah Kota Padang telah merilis peta evakuasi tsunami untuk kota tersebut, informasi yang disediakan belum lengkap terkait estimasi wilayah genangan tsunami dan kedalaman genangannya. (Honesti dkk., 2025)

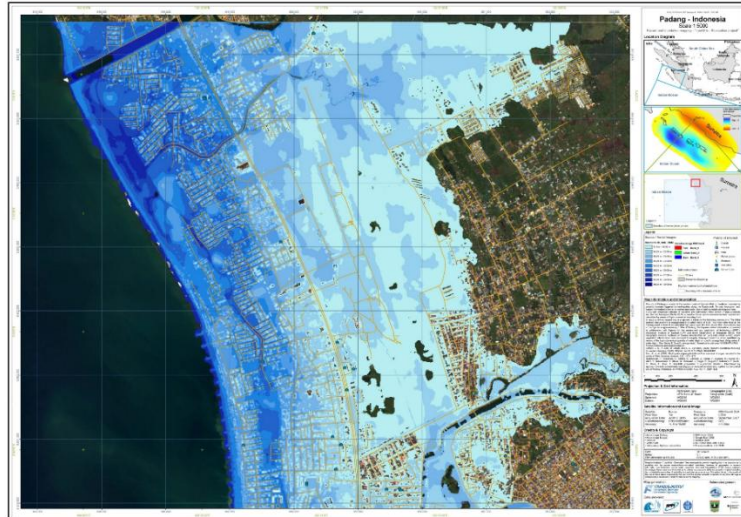
Berdasarkan peta zona rawan tsunami Kota Padang, risk potential area terbesar terdapat di daerah sekitar pantai, salah satunya Kecamatan Padang Utara yang sangat beresiko besar jika terjadi tsunami yang berjarak $\pm 2-3$ km dari bibir pantai. Sedangkan pada zona aman bencana tsunami di asumsikan 4-5 km dari bibir pantai. Tsunami diprediksi terjadi dalam rentang waktu 10-20 menit setelah terjadinya gempa dengan skala besar. maka perlu analisa parameter kebutuhan jarak dan waktu dalam proses evakuasi bencana agar masyarakat sekitar Kecamatan Padang Utara dapat memperkirakan kemampuan mereka dalam menyelamatkan diri apabila terjadi bencana tsunami. (Andreas dkk., 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa “golden time”

evakuasi sangat terbatas, oleh karena itu di usulkan untuk membangun shelter evakuasi vertikal berbasis masjid, karena untuk evakuasi horizontal tidak sempat dilakukan.

Ketidakpastian informasi mengenai kedalaman genangan ini menjadi ancaman serius bagi wilayah pesisir dengan kepadatan tinggi seperti Kelurahan Pasie Nan Tigo, yang memiliki populasi kurang lebih 12.541 jiwa (Badan Pusat Statistik Kota Padang, 2024). Secara khusus, kawasan Kuala Nyiur 2 merupakan area pemukiman nelayan yang berada pada elevasi sangat rendah. Keberadaan titik kumpul fungsional seperti Masjid Nurul Falah menjadi krusial karena merupakan bangunan publik utama yang diakses masyarakat setiap hari, namun saat ini belum dirancang sebagai struktur tempat evakuasi sementara (TES) vertikal yang tangguh terhadap tekanan gelombang.

Pengusulan Masjid Nurul Falah sebagai basis *shelter* vertikal menjawab tantangan keterbatasan lahan terbuka di Kuala Nyiur. Masjid memiliki keunggulan sosiologis sebagai pusat gravitasi warga, sehingga waktu mobilisasi massa saat gempa terjadi dapat diperpendek. Pengintegrasian fungsi masjid sebagai TES vertikal juga memastikan keberlanjutan fungsi bangunan pascabencana dibandingkan gedung mitigasi khusus yang seringkali tidak terawat (Ismail dkk., 2020).

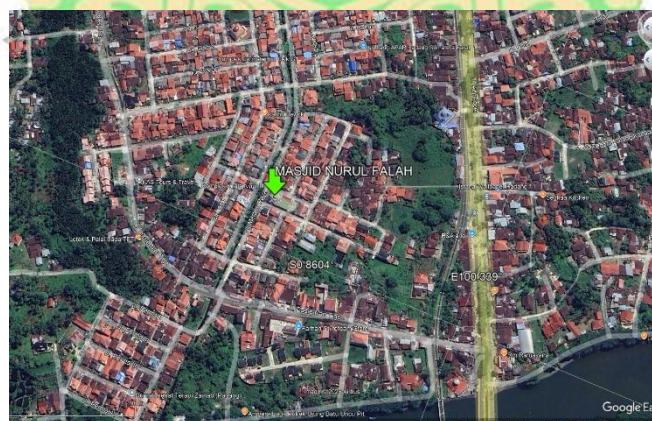
Urgensi pemetaan risiko menjadi semakin krusial mengingat peta evakuasi saat ini masih memerlukan penyempurnaan terkait estimasi wilayah genangan. Berdasarkan pemodelan hidrodinamika yang merujuk pada Gambar 2a, analisis difokuskan pada tinggi rayapan gelombang maksimum (*maximum wave run-up*) dengan menggunakan skenario paling konservatif—yaitu menggabungkan faktor keamanan dislokasi dasar laut sebesar 0,50 dan kondisi pasang air laut tertinggi (0,80 m di atas MSL). Dengan menggunakan *Digital Surface Model* (DSM) beresolusi spasial 3,0 meter, data landaan pada Gambar 2a memberikan gambaran fisik yang lebih akurat mengenai sejauh mana gelombang tsunami akan menginvasi daratan dan melintasi lingkungan binaan kota. Informasi ini sangat vital untuk memperbaiki strategi evakuasi dan menentukan zona bahaya yang lebih presisi bagi masyarakat Kota Padang (Taubenböck dkk., 2013).



Gambar 1. 1 Peta Rencana Evakuasi Kelurahan Pasie Nan Tigo

Oleh karena itu, diperlukan sebuah desain teknis struktur beton bertulang yang daktail untuk mendukung fungsi ganda masjid tersebut. Perencanaan elemen struktur ini wajib mengacu pada standar (SNI-1726, 2019) untuk ketahanan gempa serta pedoman internasional (FEMA P-646, 2019) untuk memperhitungkan beban hidrodinamika, gaya apung (*buoyancy*), dan dampak puing (*debris*) tsunami. Desain ini diharapkan menjadi solusi proteksi jiwa yang efektif bagi warga Kuala Nyiur 2 di bawah ancaman Megathrust Mentawai.

Penelitian ini bertujuan merancang masjid multifungsi berbasis struktur beton bertulang sebagai *shelter* evakuasi vertikal di kawasan Kuala Nyiur 2, Pasie Nan Tigo. Fokus utama desain adalah mengintegrasikan ketahanan struktur bangunan dengan fungsi sosial-religius guna menutupi keterbatasan fasilitas perlindungan darurat di area berisiko tinggi tersebut.



Gambar 1. 2 Komplek Kuala Nyiur 2, Kelurahan Pasie Nan Tigo

1.2. Tujuan Dan Manfaat

1.2.1. TUJUAN

Adapun target ilmiah dan teknis yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menghitung secara komprehensif besaran gaya lateral akibat beban kerja gempa dinamis respons spektrum dan gaya hidrodinamika vertikal-horizontal akibat terjangan gelombang tsunami yang akan bekerja pada suprastruktur Masjid Nurul Falah, Kuala Nyiur 2.
2. Menghasilkan desain teknis komponen suprastruktur beton bertulang yang memenuhi kriteria daktilitas penuh (*fully ductile*) dan tangguh, termasuk perencanaan geometris jalur akses ramp mandiri eksternal, guna mentransformasikan Masjid Nurul Falah menjadi gedung yang aman untuk evakuasi vertikal.
3. Menganalisis kinerja elemen-elemen struktural kritis pada lantai bawah masjid serta mengevaluasi stabilitas sistem fondasi dalam untuk memastikan ketahanan interaksi tanah-struktur terhadap hantaman gelombang tsunami, tekanan hidrostatik, gaya apung, gaya cabut (*tension*), dan beban kejut puing (*debris impact*).
4. Menyediakan prototipe desain teknis yang andal dan estimasi pembiayaan konstruksi fisik yang rasional melalui perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dapat dipertanggungjawabkan bagi pembangunan *shelter* berbasis masyarakat di kawasan padat pemukiman nelayan Pasie Nan Tigo.

1.2.2. MANFAAT PENELITIAN

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang berarti bagi berbagai pihak:

1. **Manfaat Akademis:** Sebagai referensi dalam penerapan metode desain bangunan tahan ganda (gempa dan tsunami) menggunakan standar terbaru di lingkungan Teknik Sipil, khususnya dalam hal integrasi pemodelan struktur rangka momen khusus, ramp evakuasi eksternal, dan fondasi dalam penahan gaya cabut vertikal.
2. **Manfaat bagi Masyarakat Kuala Nyiur 2:** Memberikan solusi proteksi jiwa yang nyata melalui penyediaan desain Masjid Nurul Falah yang teruji secara teknis

sebagai tempat penyelamatan sementara vertikal yang mudah diakses serta dilengkapi dengan fasilitas sirkulasi darurat yang memadai.

3. **Manfaat bagi Pemerintah Kota:** Menjadi masukan bagi Pemerintah Kota Padang dan BPBD dalam mengembangkan model *shelter* mandiri berbasis tempat ibadah di wilayah-wilayah kritis zona merah, serta menyajikan estimasi perkiraan anggaran biaya (RAB) yang rasional sebagai bahan acuan realisasi infrastruktur mitigasi bencana.

1.3. Batasan Masalah

Mengingat luasnya aspek dalam perencanaan sebuah gedung mitigasi, maka penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah perancangan *shelter* evakuasi tsunami berbasis masjid dengan struktur utama beton bertulang. Lokasi studi kasus terbatas pada kawasan Kuala Nyiur II, Kelurahan Pasie Nan Tigo, Kecamatan Koto Tangah, Kota Padang, dengan zonasi wilayah tangkap (*catchment area*).
2. Analisis struktur akan dilakukan menggunakan *software* ETABS v21. Pemodelan struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan konsep *strong column-weak beam* pada gedung utama, serta pemodelan struktur ramp eksternal secara mandiri yang terpisah melalui celah dilatasi kaku.
3. Pembebanan yang dianalisis mengacu pada standar nasional dan internasional, meliputi:
 - a. Beban Mati (*Dead Load*)
 - b. Beban Hidup (*Live Load*)
 - c. Beban Gempa (*Earthquake Load*)
 - d. Beban Tsunami (*Tsunami Load*)
4. Tugas akhir ini tidak membahas metodologi pelaksanaan konstruksi atau tahapan pembangunan di lapangan.
5. Analisis pengaruh struktur ditinjau dari gaya dalam, reaksi perletakan, dan perpindahan sesuai standar yang berlaku.
6. Aspek non-struktural seperti tata ruang, utilitas bangunan (listrik, air bersih), dan manajemen logistik pengungsian hanya dibahas secara konseptual dan tidak menjadi fokus analisis.

7. Perhitungan estimasi biaya dibatasi pada penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan tanah, fondasi dalam, struktur atas gedung utama, dan seluruh komponen struktur ramp mandiri.
8. Pedoman dan peraturan yang digunakan dalam perancangan bangunan vertikal, antara lain:
 - a. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
 - b. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.
 - c. SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lainnya.
 - d. SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik untuk analisis fondasi dalam.
 - e. *Federal Emergency Management Agency* (FEMA P-646, 2019a).
 - f. Peraturan Menteri PUPR No. 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi untuk perhitungan RAB

1.4. Sistematika Penulisan

Alur sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Meliputi latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan dalam penyusunan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas tentang dasar-dasar teori yang sudah dikaji sebelumnya yang mendukung penelitian, seperti teori tentang gempa bumi dan tsunami, konsep dan standar shelter, serta prinsip struktur beton bertulang tahan gempa.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dipaparkan tahapan pengerjaan tugas akhir, metode pengumpulan dan analisis data, lokasi dan objek penelitian, beserta hasil dari perhitungan yang dikerjakan berdasarkan ketentuan yang berlaku dalam tugas akhir.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisikan Analisis dan pembahasan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya.

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan dari perhitungan dan analisis yang sudah dilakukan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

