

SKRIPSI

KAJIAN TSUNAMI MENDATANG DI PESISIR SELATAN KAWASAN IBU KOTA NEGARA (IKN) NUSANTARA, KALIMANTAN TIMUR

Disusun dan diajukan oleh:

BESSE HASRIANTI
D081 19 1030



DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**KAJIAN TSUNAMI MENDATANG DI PESISIR SELATAN
KAWASAN IBU KOTA NEGARA (IKN) NUSANTARA,
KALIMANTAN TIMUR**

Disusun dan diajukan oleh:

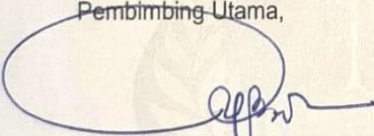
BESSE HASRIANTI
D081191030

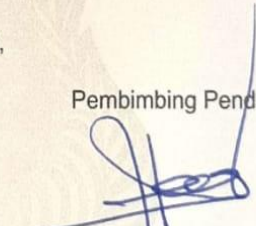
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 13 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,


Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.
NIP. 197307092000031001


Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.
NIP. 197506052002121003

Ketua Departemen Teknik Kelautan,


Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.
NIP. 197506052002121003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Besse Hasrianti
NIM : D081191030
Program Studi : Teknik Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“Kajian Tsunami Mendatang di Pesisir Selatan Kawasan Ibu Kota Negara
(Ikn) Nusantara, Kalimantan Timur”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 13 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Besse Hasrianti

ABSTRAK

BESSE HASRIANTI, (*Kajian Tsunami Mendatang di Pesisir Selatan Kawasan Ibu Kota Negara (IKN), Nusantara, Kalimantan Timur*), dibimbing oleh Achmad Yasir Baeda dan Chairul Paotonan.

Pemerintah secara resmi telah mengumumkan bahwa Ibu Kota Negara (IKN) baru akan berlokasi di Provinsi Kalimantan Timur. Namun perlu dipahami bahwa pembangunan Ibu Kota Nusantara tidak semata-mata memindahkan Ibu Kota Jakarta ke Kalimantan Timur. Salah satu aspek daya dukung yang dibutuhkan adalah kemudahan akses material industri ke kawasan IKN. Pesisir selatan kawasan IKN tersebut dapat dijadikan sebagai pusat distribusi logistik dan terus diupayakan pengembangan khususnya Teluk Balikpapan yang berhadapan dengan Selat Makassar. Kondisi Selat Makassar dan kemungkinan terjadinya tsunami serta hubungannya dengan kemiringan vertikal yang signifikan. Tsunami yang terjadi di sisi barat atau timur karena kemungkinan perambatan gelombang akan mencapai Teluk Balikpapan dan mencapai IKN dengan berbagai pemicu dari arus dan gempa Indonesia. Penelitian ini bertujuan mengkaji pemodelan bencana tsunami mendatang di Pesisir Selatan Kawasan IKN Nusantara, Kalimantan Timur. Dengan asumsi gempa bumi pembangkit yaitu kejadian rekayasa dengan magnitude 5,6–5,9 SR serta mekanisme bangkitan *Dip-Slip-Strike*. Kajian dilakukan dengan tahap pengolahan data parameter gempa bumi pembangkit, kemudian dimodelkan numerik dengan SiTPros dengan hasil sebaran tinggi tsunami dan waktu tempuh. Hasil yang didapatkan dikaji dan diolah dengan ArcGis sehingga mendapatkan mitigasi yang diterapkan di pesisir selatan kawasan IKN. Hasil penelitian menunjukkan pemodelan tsunami dengan tinggi 4,29 m dan tinggi *run-up* sebesar 15,04 m dengan jarak tempuh 40,2 menit. Hasil simulasi ini menjadi acuan penentuan mitigasi tsunami mendatang diantaranya berupa pendekatan tipologi pesisir dan pemukiman, mitigasi struktural, mitigasi non struktural dan metode evakuasi vertikal di pesisir selatan Kawasan IKN khususnya dengan area level prioritas tinggi yaitu Kota Balikpapan.

Kata Kunci: Tsunami, Pesisir Selatan IKN Nusantara, SiTPros, Mitigasi

ABSTRACT

BESSE HASRIANTI, (Study of the Future Tsunami on the South Coast of the National Capital Region (IKN), Nusantara, East Kalimantan), supervised by Achmad Yasir Baeda and Chairul Paotonan.

The government has officially announced that the new National Capital City (IKN) will be located in East Kalimantan Province. However, it needs to be understood that the development of the archipelago's capital city is not merely moving the capital city of Jakarta to East Kalimantan. One aspect of the required carrying capacity is the ease of access for industrial materials to the IKN area. The southern coast of the IKN area can be used as a logistics distribution center, and development continues to be pursued, especially in Balikpapan Bay, which faces the Makassar Strait. The condition of the Makassar Strait, the possibility of a tsunami, and its relationship with a significant vertical slope A tsunami that occurs on the west or east side due to the possibility of wave propagation will reach Balikpapan Bay and reach IKN with various triggers from Indonesian currents and earthquakes. This study aims to assess the modeling of future tsunami disasters on the south coast of the IKN Nusantara Area, East Kalimantan. Assuming that the generating earthquake is an engineering event with a magnitude of 5,6–5,9 SR and a dip-slip-strike generation mechanism, The study was conducted by processing data on the parameters of the generating earthquake and then numerically modeling it with SiTPros with the results of tsunami height distribution and travel time. The results obtained were studied and processed with ArcGis to obtain mitigation applied on the south coast of the IKN area. The results showed a tsunami model with a height of 4,29 meters and a run-up height of 15,04 meters with a distance of 40,2 minutes. The simulation results become a reference for the determination of future tsunami mitigation, including coastal and settlement typology approaches, structural mitigation, non-structural mitigation, and vertical evacuation methods on the south coast of the IKN Area, especially in high-priority areas, namely Balikpapan City.

Keywords: Tsunami, South Coast of IKN Nusantara, SiTPros, Mitigation

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur kehadiran **Allah SWT** atas segala rahmat, berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Salawat dan salam penulis panjatkan kehadiran **Nabi Muhammad SAW**. Skripsi ini dibuat penulis sebagai Tugas Akhir dalam syarat menyelesaikan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan judul penelitian:

“KAJIAN TSUNAMI MENDATANG DI PESISIR SELATAN KAWASAN IBU KOTA NEGARA (IKN) NUSANTARA, KALIMANTAN TIMUR”

Sehubungan dengan ini, penulis dengan segala ketulusan hati menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang berperan penting dalam mendukung jalannya pendidikan penulis dan dalam menyelesaikan skripsi ini. Proses penelitian dan penyusunan skripsi ini telah banyak melibatkan pihak-pihak yang senantiasa membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Diantara pihak-pihak tersebut rasa terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua (**Hj. Besse Agusnawati** dan **H. Baso Hasanuddin**) yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan serta nasihat yang membangun semangat penulis untuk menyelesaikan penelitian dan juga adik-adik tersayang (**Baso Hasriadi**, **Besse Hisma** dan **Baso Hasbi**) yang memotivasi penulis untuk memberikan yang terbaik dalam melakukan sesuatu.
2. Bapak **Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah berkenan memberikan waktu, kesempatan dan pengetahuan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini serta sekaligus menjadi Dosen Penasehat Akademik selama menjadi Mahasiswa Program Sarjana Departemen Teknik Kelautan yang memberi bimbingan dan arahan selama berada di kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing Kedua yang memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi serta sekaligus selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu memberikan pengarahan yang baik selama berada di kampus.
4. Bapak **Ashury, ST., MT.** selaku Sekertaris Mahasiswa Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu memberikan bimbingan dan arahan tentang dunia kuliah selama di kampus.
5. Seluruh Dosen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yakni Bapak **Ir. H. Juswan, ST.,MT.**, Bapak **Sabaruddin Rahman, ST., MT.**,

Ph.D., Bapak **Dr. Eng. Firman Husain, ST., MT.**, Bapak **Prof. Daeng Parokah, ST., MT., Ph.D.**, Bapak **Dr. Ir. Taufiqur Rachman, ST., MT.**, Bapak **Muhammad Zubair Muis Ali, ST., MT., Ph.D.**, Ibu **Dr. Hasdinar Umar, ST., MT.**, Bapak **Habibi ST., MT.**, dan Bapak **Fuad Mahfud Assidiq, ST., MT.** yang telah memberikan pengetahuan dan membagikan pengalaman yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.

6. Ibu **Marwati, S. sos.**, dan Bapak **Muammar Yus'an, S. sos.** sebagai Staff Tata Usaha Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang senantiasa membantu penulis dalam memenuhi kebutuhan administrasi untuk kebutuhan kuliah dan juga untuk administrasi kebutuhan skripsi.
7. **Teman-teman Mahasiswa Teknik Kelautan Angkatan 2019** yang selalu memberi dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi baik dalam bentuk sharing ilmu dan pengalaman serta saling membantu dalam menyelesaikan pendidikan selama sarjana. Terkhusus kepada sahabat penulis yaitu **Egha Sikala, S.T.**, yang selalu memberi dukungan serta sharing pengalaman selama pengerjaan skripsi.
8. **Teman-teman Labo Riset *Marine Disaster and Wheater Anomalies* (Maraya Abi Surya P. dan F.A. Chaidir)** yang saling membantu dalam menyelesaikan penelitian dan menjadikan labo sangat damai dan tentram.
9. **PAZZENGER 19, MENTOR 20 FT-UH, BURENGERS, dan PMM 2 UNITRI** yang memberikan pengalaman berharga kepada penulis selama masa perkuliahan. Serta kepada orang-orang yang telah membantu dan mendukung penulis yang tidak sempat dituliskan satu per satu. Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari masih terdapat kesalahan dan kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kesalahan yang mungkin ditemukan di dalamnya. Penulis juga mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk membantu penulis di masa depan. Akhir kata, semoga tujuan dari penulisan skripsi ini dapat terwujud dan dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi Wabarakatuh.

Gowa, 09 Mei 2023

Besse Hasrianti

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Teori Dasar Tsunami	4
2.2. Generasi Tsunami.....	5
2.2.1. Pembangkitan tsunami	5
2.2.2. Mekanisme Terjadinya Tsunami	8
2.3. Propagasi Tsunami	10
2.4. Impak Tsunami	11
2.5. Inundasi Tsunami.....	12
2.6. Mitigasi Bencana Tsunami	13
2.7. Karakteristik Wilayah Penelitian	15
2.8. Tinjauan Empiris	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1. Lokasi Penelitian.....	21
3.2. Perolehan Data	22
3.3. Metode Pengambilan Data.....	22
3.4. Pemodelan Tsunami	22
3.5. Prosedur Penelitian.....	24
3.6. Diagram Alur.....	26
3.7. Metode Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1. Sumber Generasi Tsunami	28
4.2. Pemodelan Propagasi Tsunami	30
4.3. Grafik Impak dan Inundasi Tsunami.....	38
4.4. Topografi dan Kondisi Eksisting di Kawasan IKN Nusantara.....	41
4.5. Mitigasi Tsunami di Pesisir Selatan Kawasan IKN	43
BAB V PENUTUP	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tsunami akibat gempa tektonik di dasar laut.....	6
Gambar 2.2 Tsunami akibat benda langit	8
Gambar 2.3 Ketinggian Gelombang Akibat Wilayahnya.....	12
Gambar 2.4 Peta Kalimantan Timur.....	16
Gambar 2.5 Peta Kawasan IKN Nusantara.....	17
Gambar 3.1 Lokasi Kawasan IKN, Nusantara, Kalimantan Timur	21
Gambar 3.2 Region Setting Info.....	23
Gambar 3.3 Parameter Setting SiTProS	24
Gambar 3.4 Warning Info Setting SiTProS.....	24
Gambar 3.5 Diagram Alur Penelitian.....	26
Gambar 4.1 Titik Pusat yang dapat memicu tsunami	30
Gambar 4.2 Lokasi Penempatan Buoy	31
Gambar 4.3 Earthquake Line A.....	32
Gambar 4.4 Hasil visualisasi berupa frame awal dengan pembangkit Earthquake Line A.....	32
Gambar 4.5 Hasil visualisasi berupa frame pertengahan dengan pembangkit Earthquake Line A.....	33
Gambar 4.6 Hasil visualisasi berupa frame akhir dengan pembangkit Earthquake Line A.....	33
Gambar 4.7 Earthquake Line B.....	34
Gambar 4.8 Hasil visualisasi berupa frame awal dengan pembangkit Earthquake Line B.....	34
Gambar 4.9 Hasil visualisasi berupa frame pertengahan dengan pembangkit Earthquake Line B.....	35
Gambar 4.10 Hasil visualisasi berupa frame akhir dengan pembangkit Earthquake Line B.....	35
Gambar 4.11 Earthquake Line C	36
Gambar 4.12 Hasil visualisasi berupa frame awal dengan pembangkit Earthquake Line C.....	36
Gambar 4.13 Hasil visualisasi berupa frame pertengahan dengan pembangkit Earthquake Line C.....	37
Gambar 4.14 Hasil visualisasi berupa frame akhir dengan pembangkit Earthquake Line C.....	37
Gambar 4.15 Grafik tinggi gelombang dengan pembangkit Earthquake Line A	38
Gambar 4.16 Grafik tinggi gelombang dengan pembangkit Earthquake Line B	39
Gambar 4.17 Grafik tinggi gelombang dengan pembangkit Earthquake Line C	40
Gambar 4.18 Teluk Balikpapan dilihat dari udara.....	42
Gambar 4.19 Dermaga Penunjang IKN di Teluk Balikpapan.....	42
Gambar 4.20 Lokasi Identifikasi Wilayah Pesisir Selatan Kawasan IKN	46
Gambar 4.21 Skema Mitigasi Pendekatan Tipologi Pesisir dan Pemukiman.....	48
Gambar 4.22 Skema mitigasi Sistem Peringatan Dini	51
Gambar 4.23 Hutan Mangrove.....	52
Gambar 4.24 Kawasan Perhutanan IKN	53
Gambar 4.25 Pembukaan lahan di Teluk Balikpapan	53
Gambar 4.26 Lokasi Hutan Mangrove di Balikpapan	54
Gambar 4.27 Bangunan Pelindung Pantai Seawall.....	55
Gambar 4.28 Peta Pembagian Zona Resiko Tsunami Pesisir Selatan Kawasan IKN.....	57

Gambar 4.29 Skema mitigasi tsunami mendatang di pesisir selatan Kawasan IKN	59
Gambar 4.30 Pembagian Zona Arah Evakuasi	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian sebelumnya	20
Tabel 4.1 Data Gempa yang Terjadi di Sekitar Lokasi (Global CMT, 2023)	29
Tabel 4.2 Simulasi waktu kedatangan tsunami	38
Tabel 4.3 Matriks Profil Penilaian Wilayah Pesisir.....	44
Tabel 4.4 Profil wilayah pesisir Selatan Kawasan IKN	44
Tabel 4.5 Komponen Rencana Aksi.....	47
Tabel 4.6 Nilai Skoring Titik Evakuasi Bencana Tsunami.....	61
Tabel 4.7 Interval Skor Titik Evakuasi	61
Tabel 4.8 Hasil Analisis Shelter	62

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
v	Cepat rambat gelombang	m/det
d	Kedalaman air	m
g	Percepatan gravitasi	m/det ²
Hr	Tinggi <i>run-up</i> dihitung dari tinggi Muka air laut rerata	m
A	0,004 (Ketentuan Aydan)	
B	2,5 (Ketentuan Aydan)	
b	0,9 (Ketentuan Aydan)	
Mw	Momen Magnitudo	SR
Hm	Tinggi gelombang maksimum di garis pantai	m
ΔHr	Tinggi <i>run-up</i> gelombang tsunami	m

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Arah Evakuasi Vertikal Mitigasi Tsunami Balikpapan Pesisir Selatan Kawasan IKN, Zona A	70
Lampiran 2 Peta Arah Evakuasi Vertikal Mitigasi Tsunami Balikpapan Pesisir Selatan Kawasan IKN, Zona B	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ibu Kota Negara merupakan kesatuan fisik daerah yang berfungsi sebagai wadah berbagai kegiatan pemerintahan di seluruh wilayah Negara. Pemerintah secara resmi telah mengumumkan bahwa Ibu Kota Negara (IKN) baru akan berlokasi di Provinsi Kalimantan Timur dan akan memiliki infrastruktur yang berbeda dari daerah lain di Indonesia. Pemindahan IKN dari Jakarta ke Kalimantan Timur semakin nyata. Hal ini didukung dengan berbagai persiapan yang telah dilakukan selama ini, terbukti dengan diadakannya UUD RI Nomor 3 Tahun 2022 tentang IKN dan terpilihnya pimpinan yang berwenang melaksanakan pembangunan IKN ke depan. Namun perlu dipahami bahwa pembangunan Ibu Kota Nusantara tidak semata-mata memindahkan Ibu Kota Negara ke Kalimantan Timur.

Dalam perkembangannya, salah satu aspek daya dukung yang dibutuhkan adalah kemudahan akses material industri ke kawasan IKN. Untuk mempercepat perkembangan IKN, tentunya dibutuhkan alur transportasi laut yang memadai, agar kawasan ini dapat secepat mungkin memainkan peran yang diinginkan. Dalam rangka mendukung interkoneksi lalu lintas maritim, perlu dilakukan pendalaman rencana pengembangan pelabuhan Ibu Kota Negara. Oleh karena itu, potensi pengembangan pesisir selatan Kalimantan Timur perlu ditingkatkan. Pesisir selatan kawasan IKN tersebut dapat dijadikan sebagai pusat distribusi logistik dan terus diupayakan pengembangan khususnya Teluk Balikpapan. Dengan pola Teluk Balikpapan sangat ideal karena memiliki kedalaman yang cukup dan berpotensi menjadi pelabuhan pusat distribusi logistik di Pelabuhan Semayang, Pelabuhan Kariangau (KKT) (Malisan et al., 2021).

Teluk Balikpapan berada di daerah Pesisir Selatan IKN dan juga berhadapan dengan Selat Makassar, yang membuat perairan Teluk Balikpapan terpengaruh oleh massa air yang didatangkan dari Selat Makassar, serta merupakan bagian dari *Sundaland (Continental Crust)*. Kondisi Selat Makassar dan kemungkinan terjadinya tsunami serta hubungannya dengan kemiringan vertikal yang signifikan. Kalau dilihat standarnya bisa terbentuk hanya akibat longoran atau akibat gempa dan longoran. Selat Makassar merupakan

pertemuan arus Samudera Pasifik dan Samudera Hindia yang dikenal dengan *Makassar Throughflow* yang sangat signifikan di Selat Makassar. Berdasarkan pemetaan *Seabed to Pliocene* di kawasan Selat Makassar, diperoleh hubungan antara geomorfologi, fasies seismik, nilai kemiringan curam, laju aliran, sedimen, dan kerusakan yang terjadi selama interval waktu tersebut. Dari kajian tersebut, kemungkinan terjadinya tsunami di wilayah tersebut sangat dipengaruhi oleh adanya longsor dan dampak dari *fold thrust belt* yang terus bergerak hingga saat ini (Sapiie & Husein, 2020).

Jumlah peristiwa tsunami yang tercatat secara historis yang benar-benar terjadi di Pantai Timur atau Barat Sulawesi, termasuk tahun 1968, dapat diwariskan dari pengalaman sehingga jumlah korban jiwa akibat pengetahuan pada tahun 1969 berkurang secara signifikan. Tidak ada bukti sedimen konklusif untuk tsunami di Teluk Balikpapan, namun data menarik dapat diambil dari data paleontologi tentang korelasi tsunami Sulawesi dengan kondisi perairan Teluk Balikpapan. Menengok kembali konsep tsunami secara teori, jika terjadi longsor akan menyebabkan perubahan jumlah air di atasnya, akan muncul depresi, dan akan muncul massa air yang naik di depannya, yang akan menimbulkan gelombang besar. Gelombang, yang tidak hanya akan merambatkan gelombang tsunami ke depan, tetapi ke samping dan ke belakang. Tsunami yang terjadi di sisi barat atau timur karena kemungkinan perambatan gelombang akan mencapai Teluk Balikpapan dan mencapai IKN dengan berbagai pemicu dari arus dan gempa Indonesia (Sapiie & Husein, 2020).

Lokasi calon IKN terletak dalam daerah yang cukup stabil, tidak ada tektonik aktif yang bersifat gempa, tidak ada gunung api serta tsunami yang dikiranya dapat terjadi dalam waktu dekat, tapi hal ini tetap harus dikaji dengan tepat. Selat Makassar dari segi morfologi sangat unik, dengan kondisi steep dan keberadaan arus *Pacific* dan *Indian Ocean*. Selain itu juga terdapat keterkaitan antara longsor dan tsunami namun diperlukan *evidence* secara geologi dengan dilakukannya penelitian paleo tsunami di Perairan Kalimantan Timur (Sapiie & Husein, 2020). Mengacu pada permasalahan-permasalahan tersebut di atas, maka dilakukanlah penelitian tentang prediksi kemungkinan terjadinya tsunami di Pesisir Selatan Kawasan IKN Nusantara, Kalimantan Timur, yang kemudian akan dituangkan dalam bentuk penulisan penugasan tugas akhir atau skripsi dengan judul **Kajian Tsunami Mendatang di Pesisir Selatan Kawasan Ibu Kota Negara (IKN) Nusantara, Kalimantan Timur.**

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, diketahui bahwa Kawasan IKN yang secara geografis dan geologis berada di area ancaman bencana gempa bumi dan tsunami. Olehnya masalah yang dihadapi adalah bagaimanakah kajian pemodelan tsunami berupa generasi, propagasi, dampak, inondasi dan mitigasi mendatang di Pesisir Selatan Kawasan IKN Nusantara, Kalimantan Timur.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan tujuan mendapatkan kajian pemodelan tsunami berupa generasi, propagasi, dampak, inondasi dan mitigasi mendatang di Pesisir Selatan Kawasan IKN Nusantara, Kalimantan Timur.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan bisa diperoleh dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. sebagai tambahan pengetahuan dan wawasan penulis mengenai kajian pemodelan tsunami,
2. sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut terkait masalah atau topik mengenai kajian tsunami berupa generasi, propagasi, dampak, inondasi dan mitigasi di Pesisir Selatan Kawasan IKN Nusantara, Kalimantan Timur,
3. dapat dijadikan sebagai landasan berpikir untuk penelitian lanjutan yang relevan.

1.5. Ruang Lingkup

Agar penelitian tidak terlalu luas dan masih dalam kategori dapat dilakukan serta karena keterbatasan-keterbatasan yang ada, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal seperti berikut:

1. batasan wilayah tinjauan hanya pada lokasi Pesisir Selatan Kawasan IKN Nusantara, Kalimantan Timur,
2. permasalahan yang akan dibahas adalah kajian pemodelan tsunami berupa generasi, propagasi, dampak, inondasi dan mitigasi dan tidak membahas bencana alam lainnya yang akan terjadi di lokasi tersebut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Dasar Tsunami

Secara harfiah, tsunami berasal dari Bahasa Jepang. *Tsu* berarti pelabuhan dan *nami* berarti gelombang. Secara umum tsunami diartikan sebagai gelombang laut yang besar di pelabuhan. Tsunami dapat dideskripsikan sebagai gelombang laut dengan periode Panjang yang ditimbulkan gangguan *impulsive* yang terjadi pada medium laut. Gangguan *impulsive* itu bisa berupa gempa bumi tektonik di laut, erupsi vulkanik (meletusnya gunung api) di laut, longsor (*land-slide*) di laut, atau jatuhnya meteor di laut (Subandono & Budiman, 2008).

Tsunami adalah gelombang yang terjadi karena gempa bumi atau letusan gunung api di laut. Gelombang yang terjadi bervariasi dari 0,5 m sampai 30 m dan periode dari beberapa menit sampai sekitar satu jam. Berbeda dengan gelombang (angin) yang hanya menggerakkan air laut bagian atas, pada tsunami seluruh kolom air dari permukaan sampai dasar bergerak dalam segala arah. Cepat rambat gelombang tsunami tergantung pada kedalaman laut. Semakin besar kedalaman laut maka semakin besar kecepatan rambatnya. di lokasi pembentukan tsunami (daerah episentrum gempa) tinggi gelombang tsunami diperkirakan antara 1,0 m dan 2,0 m (Triatmodjo, 2016).

Tsunami adalah rangkaian gelombang laut yang mampu menjalar dengan kecepatan hingga lebih 900 km per jam, terutama diakibatkan oleh gempa bumi yang terjadi di dasar laut. Kecepatan gelombang tsunami bergantung pada kedalaman laut. Di laut dengan kedalaman 7000 m misalnya, kecepatannya bisa mencapai 942,9 km/jam. Kecepatan ini hampir sama dengan kecepatan pesawat jet. Namun demikian tinggi gelombangnya di tengah laut tidak lebih dari 60 cm. Akibatnya kapal-kapal yang sedang berlayar di atasnya jarang merasakan adanya tsunami. Berbeda dengan gelombang laut biasa, tsunami memiliki panjang gelombang antara dua puncaknya lebih dari 100 km di laut lepas dan selisih waktu antara puncak-puncak gelombangnya berkisar antara 10 menit hingga 1 jam. Saat mencapai pantai yang dangkal, teluk, atau muara sungai gelombang ini menurun kecepatannya, namun tinggi gelombangnya meningkat puluhan meter dan bersifat merusak (Anonymous, 2012).

Gelombang tsunami dihasilkan oleh gempa bumi, letusan gunung berapi, atau tanah longsor bawah laut bisa mencapai 50 kaki atau lebih tinggi dan menghancurkan masyarakat pesisir. Dalam sejarah tercatat, tsunami di seluruh dunia telah membunuh ratusan ribu orang. Sejak 1946 beberapa tsunami telah menewaskan hamper 500.000 orang dan merusak ratusan juta dolar properti di Alaska, Hawaii, dan di sepanjang Pantai Barat Amerika Serikat. Tsunami adalah peristiwa jarang terjadi namun bisa sangat merusak (Baeda et al., 2016).

2.2. Generasi Tsunami

Generasi Tsunami merupakan proses penyebab munculnya gelombang pada awal terjadinya gelombang tsunami. Pada hal ini mekanisme gempa yang membangkitkan tsunami gelombang awal.

2.2.1. Pembangkitan tsunami

Mekanisme generasi pokok (atau penyebab) dari tsunami adalah perpindahan volume besar air atau gangguan dari laut. Displasemen air biasanya dikaitkan baik gempa bumi, tanah longsor, letusan gunung berapi, runtuhnya gletser atau oleh meteorit dan tes nuklir yang jarang terjadi. Gelombang terbentuk dengan cara ini kemudian ditopang oleh gravitasi. Pasut tidak memainkan peran apapun dalam pembangkitan tsunami.

Tsunami dapat dihasilkan ketika dasar laut tiba-tiba mengalami deformasi dan secara vertikal menggerakkan air di atasnya. Gempa tektonik adalah jenis gempa yang berkaitan dengan deformasi kerak bumi; ketika gempa ini terjadi di bawah laut, air yang ada di daerah deformasi dipindahkan dari posisi keseimbangannya. Lebih khusus, tsunami dapat dihasilkan ketika dorongan yang berhubungan dengan konvergen atau pelat merusak batas bergerak secara tiba-tiba, sehingga perpindahan air karena komponen vertikal gerakan terlibat. Gerakan pada normal (*ekstensional*) kesalahan juga dapat menyebabkan perpindahan dari dasar laut, tetapi hanya yang terbesar dari peristiwa tersebut (biasanya berkaitan dengan *flexure* dalam parit membengkak luar) menyebabkan cukup perpindahan untuk menimbulkan tsunami yang signifikan (Aeda et al., 2017).

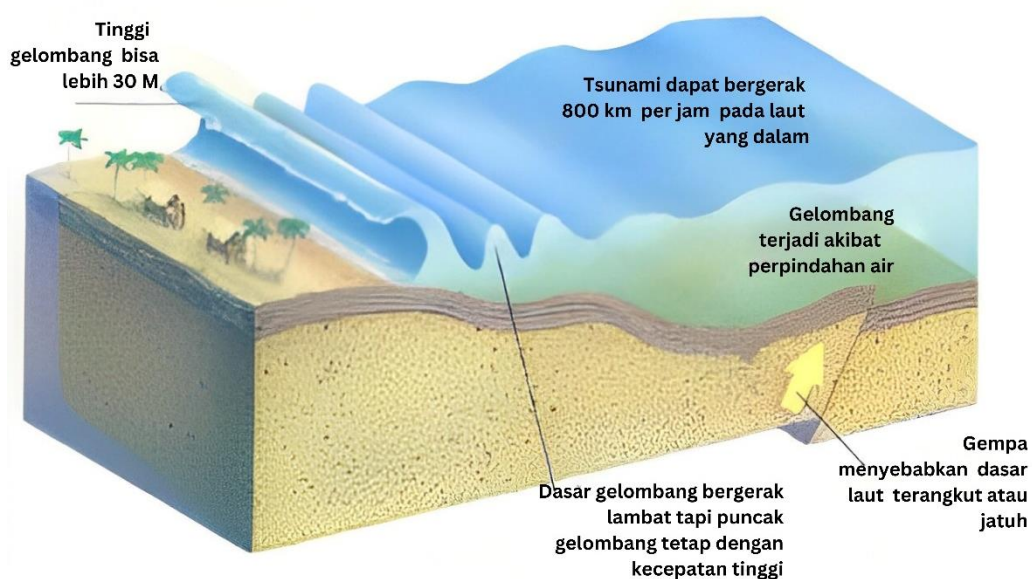
Terjadinya tsunami disebabkan oleh pergerakan air dalam volume besar secara vertikal. Pergerakan itu disebabkan tiga hal: gempa tektonik di laut, longsor tanah di laut, dan letusan vulkanik gunung api di laut.

1. Tsunami akibat gempa tektonik

Secara empiris, jika gempanya berkekuatan lebih dari 6,5 SR, pusat gempa berada pada kedalaman kurang 60 km dari dasar laut, dan deformasi vertikal dasar laut cukup besar maka tsunami akan terjadi. Berdasarkan catatan, gempa tektonik memang menyumbang kontribusi terbesar terjadinya tsunami baik di dalam maupun luar negeri.

Gempa tektonik dapat berupa gempa *interplate* dan gempa *intraplate*. Gempa *interplate* adalah gempa yang terjadi di daerah persinggungan *seismogenic* atau *megathrust* antara dua lempeng yaitu lempeng samudra dan lempeng benua. Gempa *intraplate* adalah gempa yang terjadi dalam badan lempeng benua maupun lempeng samudera.

Memang tidak semua gempa bisa menghasilkan tsunami. Berdasarkan penelitian, tsunami bisa terwujud jika kekuatan gempa minimal 6,5 SR. Syarat lain, pusat gempanya berada kurang dari 60 km dari permukaan laut (laut dangkal). Selain itu gempa tersebut harus menghasilkan deformasi cukup besar, lebih dari 2 meter. Jadi, jika ada gempa tektonik yang terjadi pada kedalaman lebih dari 60 km, tidak akan menghasilkan tsunami walaupun kekuatan gempanya di atas 6,5 SR.



Gambar 2.1 Tsunami akibat gempa tektonik di dasar laut
(Sumber: akvianerieprawira.blogspot.com 2012)

Sementara itu, jika pusat gempa berada lebih dalam lagi, energi dan gempa akan menghilang sebelum sampai di dasar laut. Akibatnya, tidak menimbulkan deformasi dasar laut secara vertikal sehingga tidak menimbulkan tsunami. Begitu pula jika gempa yang terjadi menghasilkan patahan horizontal juga tidak menimbulkan tsunami.

Berikut ini adalah beberapa persyaratan terjadinya tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi (Malik, 2013) :

- a. gempa bumi yang berpusat di tengah laut dan dangkal (0-30 km),
- b. gempa bumi dengan kekuatan sekurang-kurangnya 6,5 skala richter,
- c. gempa bumi dengan pola sesar naik atau sesar turun.

Tidak semua gempa menghasilkan tsunami, hal ini tergantung beberapa faktor utama seperti tipe sesaran, kemiringan sudut antar lempeng dan kedalaman pusat gempa.

2. Tsunami akibat longsor

Tsunami dapat disebabkan oleh adanya longsor besar yang disebabkan oleh gempa, kegiatan gunung berapi, atau longsor di dasar laut. Sebuah gelombang tsunami dapat saja ditimbulkan oleh sebuah tanah longsor dari atas permukaan laut. Longsoran itu lalu masuk ke dalam laut. *Land slide* ini dapat terjadi ketika lereng atau gundukan sedimen menjadi terlalu curam dan materialnya jatuh akibat gaya tarik gravitasi. Bisa jadi longsoran itu terjadi akibat angin topan, gempa bumi, hujan, atau deposisi material yang terus menerus (Subandono & Budiman, 2008).

3. Tsunami akibat letusan vulkanik (Gunung api)

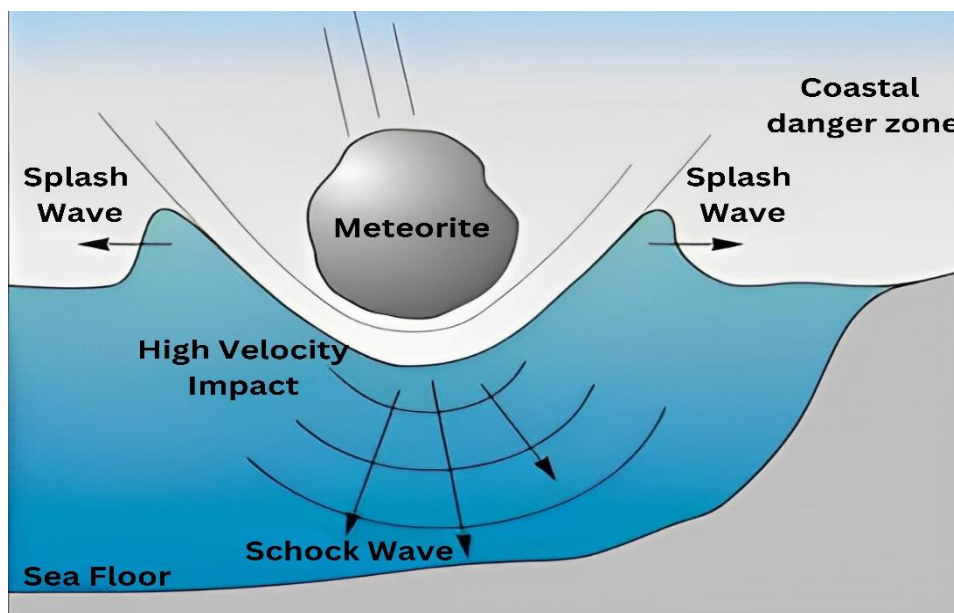
Tsunami yang disebabkan oleh meletusnya gunung berapi memang jarang terjadi. Namun dampak yang terjadi dari tsunami demikian juga tak kalah dahsyatnya. desa-desa, pulau-pulau, dan bahkan seluruh penduduk musnah akibat letusan gunung berapi. Lebih dari itu, semua korban jiwa akibat letusan gunung-gunung berapi, hampir seperempatnya tewas tergulung gelombang tsunami.

Bencana yang sering terjadi baik berupa tsunami ini adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Secara geografis, kepulauan Indonesia merupakan daerah rawan bencana karena termasuk dalam *Ring of Fire* (kawasan gunung api Pasifik) yang

bentuknya melengkung melengkung dari pulau-pulau di bagian utara Sumatera-Jawa-Nusa Tenggara hingga Sulawesi Utara. Indonesia memiliki lebih dari 400 gunung berapi dan 130 di antaranya merupakan gunung berapi aktif, yang terletak di dasar laut dan di atas permukaan laut (Akbar et al., 2020).

Gempa bumi vulkanik, tidak seperti gempa bumi yang dihasilkan oleh kegiatan tektonik. Kekuatan gempa bumi vulkanik biasanya tidak terlalu besar dan hanya dapat dirasakan secara lokal, dekat dengan gunung berapinya. Ledakan-ledakan gunung berapi bawah laut terjadi ketika air laut yang dingin bertemu dengan magma vulkanik yang panas. Fenomena semacam itu sangat berbahaya karena menghasilkan ledakan-ledakan meluap (Subandono & Budiman, 2008).

4. Tsunami akibat tumbukan benda luar angkasa



Gambar 2.2 Tsunami akibat benda langit
(Sumber: tsunamimargareth17.weebly.com 2020)

Tumbukan dari benda luar angkasa seperti meteor merupakan gangguan terhadap air laut yang datang dari arah permukaan. Tsunami yang timbul karena sebab ini umumnya terjadi sangat cepat dan jarang mempengaruhi wilayah pesisir yang jauh dari sumber gelombang. Sekalipun begitu, apabila pergerakan lempeng dan tabrakan benda angkasa luar cukup dahsyat, kedua peristiwa ini dapat menciptakan mega tsunami (Sugito et al., 2008).

2.2.2. Mekanisme Terjadinya Tsunami

Mekanisme tsunami akibat gempabumi dapat diuraikan dalam 4 (empat) tahap yaitu kondisi awal, pemisahan gelombang, amplifikasi, dan rayapan.

1. Kondisi awal

Gempa bumi biasanya berhubungan dengan guncangan permukaan yang terjadi sebagai akibat perambatan gelombang elastik (*elastic waves*) melewati batuan dasar ke permukaan tanah. Pada daerah yang berdekatan dengan sumber-sumber gempa laut (patahan), dasar lautan sebagian akan terangkat (*uplifted*) secara permanen dan sebagian lagi turun ke bawah (*down-dropped*), sehingga mendorong kolom air naik dan turun. Energi potensial yang diakibatkan dorongan air ini, kemudian berubah menjadi gelombang tsunami atau energi kinetik di atas elevasi muka air laut rata-rata (*mean sea level*) yang merambat secara horisontal. Kasus yang diperlihatkan adalah keruntuhan dasar lereng kontinental dengan lautan yang relatif dalam akibat gempa. Kasus ini dapat juga terjadi pada keruntuhan lempeng kontinental dengan kedalaman air dangkal akibat gempa.

2. Pemisahan gelombang

Setelah beberapa menit kejadian gempa bumi, gelombang awal tsunami akan terpisah menjadi tsunami yang merambat ke Samudera yang disebut sebagai tsunami berjarak (*distant tsunami*), dan sebagian lagi merambat ke pantai-pantai berdekatan yang disebut sebagai tsunami lokal (*local tsunami*). Tinggi gelombang di atas muka air laut rata-rata dari ke dua gelombang tsunami, yang merambat dengan arah berlawanan ini, besarnya kira-kira setengah tinggi gelombang tsunami awal. Kecepatan rambat ke dua gelombang tsunami ini dapat diperkirakan sebesar akar dari kedalaman, oleh karena itu, kecepatan rambat tsunami di samudera dalam akan lebih cepat dari pada tsunami lokal.

3. Amplifikasi

Pada waktu tsunami lokal merambat melewati lereng kontinental, sering terjadi hal-hal seperti peningkatan amplitudo gelombang dan penurunan panjang gelombang, setelah mendekati daratan dengan lereng yang lebih tegak, akan terjadi rayapan gelombang.

4. Rayapan

Pada saat gelombang tsunami merambat dari perairan dalam, akan melewati bagian lereng kontinental sampai mendekati bagian pantai dan terjadi rayapan tsunami. Rayapan tsunami adalah ukuran tinggi air di pantai terhadap muka air laut rata-rata yang digunakan sebagai acuan, dari pengamatan berbagai kejadian tsunami, pada umumnya tsunami tidak menyebabkan gelombang tinggi yang berputar di tempat (gelombang akibat angin yang dimanfaatkan oleh

peselancar air untuk meluncur di pantai). Namun, tsunami datang berupa gelombang kuat dengan kecepatan tinggi di daratan yang berlainan seperti diuraikan pada amplitudo, sehingga rayapan gelombang pertama bukanlah rayapan tertinggi (Namiruddin, 2018).

2.3. Propagasi Tsunami

Tinggi tsunami pada saat mendekati pantai akan mengalami perbesaran karena adanya penumpukan massa air akibat adanya penurunan kesempatan penjarangan. Tinggi tsunami yang ada di laut dalam hanya sekitar 1-2 meter, saat mendekati pantai dapat mencapai tinggi puluhan meter. Gelombang tsunami bisa dijelaskan dari fenomena penjarangan gelombang secara transversal; energinya adalah fungsi dari ketinggian (*amplitude*) dan kecepatannya. Ketinggiannya sangat dipengaruhi oleh panjang gelombang. Tsunami memiliki panjang gelombang ratusan km, berperilaku seperti gelombang air dangkal. Suatu gelombang menjadi gelombang air dangkal atau *shallow water* ketika perbandingan kedalaman air dengan panjang gelombangnya kecil dari 0.05.

Kecepatan gelombang air-dangkal (v) adalah : $v = \sqrt{g \times d}$, dengan g adalah percepatan gravitasi dan d adalah kedalaman air. Bayangkan, pada kedalaman 10 km di samudera india, sebuah tsunami akan memiliki kecepatan awal sekitar 300 m/detik atau sekitar 1000 km/jam. Kecepatan ini akan berkurang seiring dengan semakin dangkalnya kedalaman air ke arah pantai. Namun, energi yang dikandung gelombang tidaklah berkurang banyak. Ini sesuai hubungan laju energi yang hilang (*energi loss rate*) pada gelombang berjalan berbanding terbalik dengan Panjang gelombangnya dengan kata lain semakin besar Panjang gelombangnya maka makin sedikit energi yang hilang, sehingga energi yang dikandung tsunami dianggap konstan. Karena energinya konstan, berkurangnya kecepatan akan membuat ketinggian gelombang (*amplitude*) bertambah.

Episentrum dari sebuah gempa bawah laut dan kemungkinan kejadian tsunami dapat cepat dihitung. Pemodelan tsunami yang baik telah berhasil memperkirakan seberapa besar tinggi gelombang tsunami yang baik telah berhasil penjarangannya dan waktu sampai di pantai, berapa ketinggian tsunami di pantai dan seberapa jauh rendaman yang mungkin terjadi di daratan. Walaupun begitu, karena faktor alamiah, seperti topografi dan batimetri sekitar pantai dan adanya corak ragam tutupan lahan (baik tumbuhan, bangunan, dll), diperkirakan waktu

kedatangan tsunami, ketinggian dan jarak rendaman tsunami masih belum bisa dimodelkan secara akurat (Malik, 2013).

2.4. Impak Tsunami

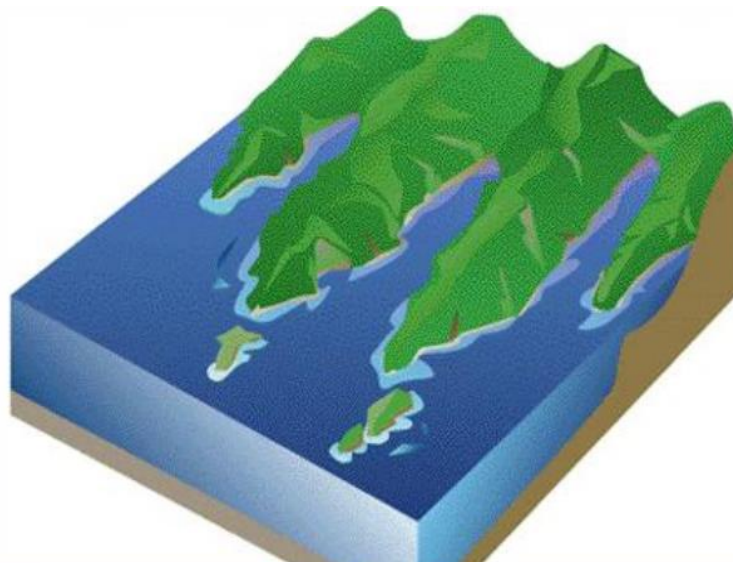
Dampak negatif yang diakibatkan tsunami adalah merusak apa saja yang dilaluinya. Bangunan, tumbuh-tumbuhan, dan mengakibatkan korban jiwa manusia serta menyebabkan genangan, pencemaran air asin lahan pertanian, tanah dan air bersih. Gelombang tsunami bergerak dengan kecepatan tinggi dan dapat merambat lintas samudera dengan sedikit energi berkurang. Tsunami dapat menerjang wilayah yang berjarak ribuan kilometer dari sumbernya, sehingga mungkin ada selisih waktu beberapa jam antara terciptanya gelombang ini dengan bencana yang ditimbulkan di pantai. Waktu perambatan gelombang tsunami lebih lama dari waktu yang diperlukan oleh gelombang *seismic* untuk mencapai tempat yang sama.

Periode tsunami cukup bervariasi, mulai dari 2 menit hingga lebih dari 1 jam. Panjang gelombangnya sangat besar, antara 100-200 km. Jika dibandingkan dengan ombak laut biasa di pantai selancar (*surfing*) yang mungkin hanya memiliki periode 10 detik dan panjang gelombang 150 meter. Karena itulah pada saat masih di tengah laut, gelombang tsunami hampir tidak nampak dan hanya terasa seperti ayunan air saja.

Kecepatan tsunami bergantung kepada kedalaman air. Di laut dalam dan terbuka, kecepatannya mencapai 800-1000 km/jam. Ketinggian tsunami di lautan dalam hanya mencapai 30-60 cm, dengan panjang gelombang mencapai ratusan kilometer, sehingga keberadaan mereka di laut dalam susah dibedakan dengan gelombang biasa, bahkan tidak dirasakan oleh kapal-kapal yang sedang berlabuh di tengah samudera. Berbeda dengan gelombang karena angin, dimana hanya bagian permukaan atas yang bergerak; gelombang tsunami mengalami pergerakan di seluruh bagian partikel air, mulai dari permukaan sampai bagian dalam samudera. Ketika tsunami memasuki perairan yang lebih dangkal, ketinggian gelombangnya meningkat dan kecepatannya menurun drastis, meski demikian energinya masih sangat kuat untuk menghanyutkan segala benda yang dilaluinya. Arus tsunami dengan ketinggian 70 cm masih cukup kuat untuk menyeret dan menghanyutkan orang (Malik, 2013).

2.5. Inundasi Tsunami

Genangan (*Inundation*) adalah jarak horizontal antara ujung tsunami terjauh yang sampai di pantai (*run-up*) dengan garis pantai. Jarak genangan bergantung dengan tinggi tsunami dan morfologi garis pantai. Pada pantai yang landai, genangan dapat mencapai ratusan meter, sedangkan pada pantai yang curam hanya puluhan meter saja. Gelombang ini dapat menyebabkan kerusakan yang sangat dahsyat pada cakupan wilayah pantai yang sangat luas. Tingginya gelombang saat berada di pantai lebih tinggi disebabkan karena topografi wilayahnya, daripada karena energi yang dikeluarkan oleh peristiwa amblesnya lempeng. *Run-up* tsunami adalah ujung tsunami terjauh yang sampai di pantai. Tinggi *run-up* tsunami adalah jarak vertical antara ujung tsunami di pantai dengan titik nol muka laut atau mean sea level. Tinggi *run-up* dan tinggi gelombang tsunami bergantung pada magnitude gempa, morfologi dasar laut, dan bentuk pantai.



Gambar 2.3 Ketinggian Gelombang Akibat Wilayahnya
(Sumber: disaster.elvini.net)

Korban terbanyak bencana tsunami adalah perkampungan padat di daerah pantai di samping daerah wisata pantai. Menurut catatan, sudah banyak peristiwa tsunami yang menyapu habis pemukiman nelayan di sekitar pantai, mereka terperangkap dan tidak sempat menyelamatkan diri ketika tsunami datang. Kedatangan tsunami begitu cepat sangat tidak memungkinkan penduduk di daerah pesisir pantai untuk meloloskan diri. Perkiraan tentang daerah penggenangan tsunami diperlukan untuk merancang daerah pemukiman yang aman bagi penduduk (Malik, 2013).

Gelombang tsunami melimpas memasuki daratan melewati semua benda yang ada di pantai dan daratan hingga kecepatannya berkurang dan air kembali ke laut. Tinggi gelombang (*run-up*) saat mencapai pantai akan mempengaruhi distribusi dan jarak genangan ke arah daratan. Distribusi luas dan tinggi genangan secara spasial dapat diperoleh dengan analisis kontur wilayah pesisir. Gelombang tsunami akan memasuki daratan dan menggenangi daerah yang dilewatinya. Daerah yang dilewati dan digenangi air berpotensi mengalami kerusakan yang cukup parah (Zaitunah et al., 2012).

2.6. Mitigasi Bencana Tsunami

Mitigasi sendiri mempunyai definisi sebagai serangkaian usaha untuk meminimalisir dampak buruk dari bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun kesadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Saat ini terjadi pergeseran pandangan tentang penanggulangan terhadap bencana, dari yang semula paradigma konvensional (memandang penanggulangan bencana bersifat bantuan dan kedaruratan) menjadi paradigma mitigasi yang memandang pada identifikasi daerah-daerah rawan bencana (Frasetya et al., 2021).

Bencana adalah suatu kecelakaan sebagai hasil dari faktor buatan manusia atau alami yang mempunyai dampak negatif pada kondisi kehidupan manusia dan flora/fauna. Bencana alam meliputi banjir, gempa bumi, gelombang tsunami, tanah longsor, letusan gunung berapi dan lain-lain. Untuk menangani masalah bencana maka dikenal dengan penanggulangan bencana, yaitu suatu siklus kegiatan yang saling berkaitan, mulai dari kegiatan pencegahan, kegiatan mitigasi, kegiatan kesiapsiagaan, kegiatan tanggap darurat, kegiatan pemulihan yang meliputi restorasi, rehabilitasi dan rekonstruksi serta kegiatan pembangunan. Semua kegiatan mulai dari tanggap darurat sampai pengumpulan data dan informasi serta pembangunan, merupakan rangkaian dalam menghadapi kemungkinan bencana. Tahap-tahap ini dapat saling berkaitan dan merupakan lingkaran atau siklus manajemen bencana (Malik, 2013).

Tsunami adalah ancaman alam yang representatif dan sering menyebabkan korban jiwa yang signifikan, selain menyebabkan kerusakan yang luas, kemiskinan, dan kehilangan tempat tinggal. Secara khusus, di negara-negara berkembang, bahaya alam yang menghancurkan seperti tsunami, dapat menyebabkan guncangan tiba-tiba dalam proses pembangunan mereka, dan

pemulihan biasanya sangat mahal dan sulit. Oleh karena itu, perencanaan yang tepat untuk dan manajemen bahaya alam sangat penting. Secara umum, kesadaran dan pengetahuan mempengaruhi kesiapsiagaan bencana. Kesadaran telah didefinisikan sebagai sejauh mana orang berpikir dan berbicara tentang bahaya tertentu. Kesadaran bergantung pada pengetahuan umum penduduk setempat dan akses mereka terhadap sumber-sumber informasi. Kesadaran penduduk lokal tentang bahaya alam jelas bersifat spesifik untuk setiap lokasi dan bergantung pada berbagai faktor, termasuk budaya, pendidikan, dan kebijakan. Semua faktor ini secara terpisah ditargetkan di berbagai daerah yang rentan dengan bahaya alam yang berbeda (Salah & Sasaki, 2021).

Menurut Undang Undang (UU) nomor 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana. Definisi kata mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Mengacu kepada definisi tersebut, maka mitigasi bencana gempa bumi adalah serangkaian upaya yang ditujukan untuk mengurangi atau meminimalkan korban jiwa, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, gangguan kehidupan, dan penghidupan manusia yang diakibatkan oleh kejadian gempa bumi. Hingga kini upaya terbaik untuk mengurangi risiko kejadian gempa bumi dilakukan melalui upaya mitigasi gempa bumi secara struktural dan non struktural, dalam (Supartoyo et al., 2022).

Dalam studi tentang partisipasi masyarakat dalam pencegahan dan mitigasi bencana, partisipasi publik yang dikombinasikan dengan tata kelola masyarakat dapat berkontribusi mencapai tujuan mitigasi bencana yang berkelanjutan. Proses pencegahan dan mitigasi bencana dari bawah ke atas. Proses pencegahan dan mitigasi bencana dari bawah ke atas membantu menyempurnakan sistem strategi mitigasi bencana, meningkatkan masyarakat tentang risiko bencana, meningkatkan kemampuan pencegahan dan mitigasi bencana secara keseluruhan, dan mengurangi kerugian akibat bencana. Dengan mempromosikan pentingnya kekuatan publik dalam. Dengan mempromosikan pentingnya kekuatan publik dalam mitigasi bencana, bagaimana mempromosikan partisipasi publik dalam manajemen risiko bencana masyarakat dan persepsi risiko individu, dan kesiapsiagaan.

Serta partisipasi publik dalam model mitigasi bencana masyarakat telah mendapat perhatian yang semakin meningkat dari para peneliti. Kegiatan mitigasi

bencana merupakan cara yang penting untuk mendorong partisipasi masyarakat. Di satu sisi, komunitas memberikan kesempatan kepada masyarakat untuk berpartisipasi dalam pendidikan mitigasi bencana dan masyarakat dengan menyelenggarakan latihan evakuasi, keterampilan penyelamatan diri dalam keadaan darurat, dan di sisi lain dalam proses berpartisipasi dalam manajemen risiko bencana (Que et al., 2022).

2.7. Karakteristik Wilayah Penelitian

1. Karakteristik wilayah kalimantan timur

Berdasarkan data yang didapatkan di laman web resmi (Kaltimprov.go.id, 2017), Kalimantan Timur memiliki luas wilayah daratan 127.267,52 km² dan luas pengelolaan laut 25.656 km² terletak antara 113°44' Bujur Timur dan 119°00' Bujur Timur serta diantara 2°33' Lintang Utara dan 2°25' Lintang Selatan. Secara administratif Provinsi ini memiliki batas wilayah sebelah Utara berbatasan dengan Kalimantan Utara, sebelah Timur berbatasan dengan sebagian (12 Mil) Selat Makasar dan Laut Sulawesi, sebelah Selatan berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Selatan, sebelah Barat berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Tengah dan Provinsi Kalimantan Barat serta Negara Bagian Serawak Malaysia Timur.

Provinsi ini mempunyai topografi bergelombang dari kemiringan landai sampai curam, dengan ketinggian berkisar antara 0-1500 meter diatas permukaan laut dengan kemiringan antara 0-60 persen. Daerah dataran rendah pada umumnya dijumpai pada kawasan sepanjang sungai. Sedangkan daerah perbukitan dan pegunungan memiliki ketinggian rata-rata lebih dari 1000 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan 300 persen, terdapat dibagian barat laut yang berbatasan langsung dengan wilayah Malaysia. Kondisi topografi tersebut sangat berpengaruh terhadap peluang budidaya suatu jenis komoditi, potensi dan persediaan air, dinamika hidrologi dan kerentanan terhadap erosi. Dilihat dari topografi, sebagian besar atau 43,35 persen wilayah daratan termasuk dalam kemiringan diatas 40 persen persen dan 43,22 persen terletak pada ketinggian 100-1000 m diatas permukaan laut, sehingga pemanfaatan lahan di Provinsi Kalimantan Timur harus memperhatikan karakteristik lahan tersebut.



Gambar 2.4 Peta Kalimantan Timur

(Sumber: broonet.com)

Terkait dari kondisi geografis Provinsi Kalimantan Timur yang bersebelahan langsung dengan Laut Sulawesi dan Selat Makassar dan berdasarkan dapat disimpulkan bahwa longsor bawah laut yang menghasilkan endapan yang dipetakan adalah tsunamigenik. Gelombang yang dihasilkan dari longsor bawah laut yang dipetakan dalam penelitian ini dapat berdampak pada garis Pantai Sulawesi dan Kalimantan di wilayah yang sebelumnya tidak terpengaruh oleh kejadian-kejadian historis. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami mekanisme pemicu dari kejadian ini (Brackenridge et al., 2020).

2. Karakteristik wilayah IKN

IKN meliputi wilayah daratan seluas kurang lebih 256.142 ha (dua ratus lima puluh enam ribu seratus empat puluh dua hektar) dan wilayah perairan laut seluas kurang lebih 68.189 ha (enam puluh delapan ribu seratus delapan puluh sembilan hektar) berdasarkan data yang diperoleh dari laman web resmi (Ikn.go.id, 2021). Batas wilayah sebelah selatan berbatasan dengan kecamatan Penajam Kabupaten Penajam Paser Utara, Teluk Balikpapan, Kecamatan Balikpapan Utara, dan Kecamatan Balikpapan Timur Kota Balikpapan; Sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kertanegara dan Kecamatan Sepaku Kabupaten Penajam Paser Utara; Sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Loa Kulu, Kecamatan Loa Janan, dan Kecamatan Sanga-

sanga Kabupaten Kutai Kartanegara; dan sebelah timur berbatasan dengan Selat Makassar dikutip dari (UUD RI Nomor 3 Tahun 2022 Tentang Ibu Kota Negara, 2022).



Gambar 2.5 Peta Kawasan IKN Nusantara
(Sumber: *kompaspedia.kompas.id*)

Posisi Ibu Kota Nusantara secara geografis terletak pada (UUD RI Nomor 3 Tahun 2022 Tentang Ibu Kota Negara, 2022) :

1. bagian Utara pada $117^{\circ} 0' 31.292''$ Bujur Timur dan $0^{\circ} 38' 44.912''$ Lintang Selatan;
2. bagian Selatan pada $117^{\circ} 11' 51.903''$ Bujur Timur dan $1^{\circ} 15' 25.260''$ Lintang Selatan;
3. bagian Selatan pada $116^{\circ} 31' 37.728''$ Bujur Timur dan $0^{\circ} 59' 22.510''$ Lintang Selatan;
4. bagian Selatan pada $117^{\circ} 18' 28.084''$ Bujur Timur dan $1^{\circ} 6' 42.398''$ Lintang Selatan.

Secara geologi dan tektonik, di wilayah provinsi Kalimantan Timur terdapat 3 struktur sesar sumber sesar paternoster. Hasil monitoring kegempaan oleh BMKG terhadap sesar Maratua dan Mangka lihat di wilayah Kabupaten Berau dan Kabupaten Kutai Timur menunjukkan masih sangat aktif. Hal tersebut kegempaanannya cukup tinggi dan membentuk klaster sebaran pusat gempa yang berarah barat-timur. Hasil pemodelan tsunami dengan skenario gempa $M=8,5$ di Zona Megathrust Sulawesi Utara menunjukkan bahwa Pantai Kalimantan Utara dan Kalimantan Timur berpotensi terjadi tsunami dengan status ancaman awas dengan tinggi 3 meter (Kurniawan & Barokah, 2022).

2.8. Tinjauan Empiris

Penelitian empiris mengenai kajian pemodelan tsunami mendatang di Kawasan Pelabuhan IKN Nusantara. Dimana penelitian tersebut menggunakan metode analisis yang berbeda pula tergantung kondisi dan lokasi dari penelitian tersebut. Berikut merupakan penelitian terdahulu terkait dengan kajian pemodelan tsunami mendatang di kawasan pelabuhan IKN Nusantara, Kalimantan Timur.

(Pratama, 2020), Judul “Pemodelan dan Pembuatan Peta Evakuasi Tsunami Pesisir Sanur”. Pemodelan dilakukan menggunakan ComMIT dengan gabungan skenario M9,0 dan tsunami Banyuwangi 2 Juni 1994, kemudian untuk data topografi menggunakan SRTM dan batimetri dari ETOPO1. Hasil pemodelan inundasi tsunami yaitu jarak inundasi bervariasi antara 2-3km ke arah darat, ketinggian tsunami di pantai bervariasi antara 9,9 hingga 16,8 meter dengan *run-up* maksimum 21 meter, dan waktu tiba tsunami di pantai sekitar 24 menit setelah gempa bumi terjadi. **Perbedaan** dengan penelitian yang dilakukan penulis: selain mengkaji inundasi tsunami penelitian ini juga mengkaji generasi, propagasi, dampak serta mitigasi tsunaminya secara lebih spesifik.

(Aeda et al., 2017), Judul “Simulasi Penjalaran dan Penentuan Run-Up Gelombang Tsunami di Teluk Pangandaran, Jawa Barat”. Data dimodelkan dengan menggunakan *software* COMCOT v1.7 untuk mengetahui tinggi dan waktu tempuh penjalaran tsunami. Hasil simulasi menunjukkan ketinggian gelombang tsunami pada tiap skenario berkisar antara 2-9 meter dengan kisaran *run-up* antara 0-510 meter. Tinggi tsunami tertinggi ada di titik pengamatan 3 dan terendah di titik pengamatan 1. Run-up tertinggi terjadi di titik 3 dan run-up terendah di titik 6. Waktu yang diperlukan gelombang tsunami untuk mencapai daratan berkisar antara 39–48 menit. **Perbedaan** dengan penelitian yang dilakukan penulis: Selain menggunakan jenis *software* yang berbeda dalam pemodelan tsunami penelitian tersebut hanya sebatas memodelkan tsunaminya sedangkan pada penelitian ini berdasarkan hasil pemodelan tsunaminya dibuatkan sistem mitigasi yang tepat sesuai lokasi penelitian.

(Rezaldi et al., 2021), Judul “*Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and Photogrammetric Technic for 3D Tsunamis Safety Modeling in Cilacap, Indonesia*”. Pemodelan dalam penelitian ini dengan menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape Professional* untuk menghasilkan *orthomosaic* 3D dari foto yang diambil dengan teknik *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau pesawat tanpa awak (*fotogrametri*), dan perangkat lunak *3ds max* untuk simulasi gelombang. Hasil dari

penelitian dapat digunakan untuk pembuatan jalur evakuasi dan penentuan lokasi yang tepat untuk membangun tempat penampungan. **Perbedaan** dengan penelitian yang dilakukan penulis: Pemodelan menggunakan software yang berbeda selain itu hasil pemodelan juga hanya digunakan untuk pembuatan jalur evakuasi beserta shelter sedangkan pada penelitian ini dibuatkan beberapa metode mitigasi yang dapat digunakan sesuai dengan lokasi penelitian.

(Saleh, 2022), Judul “Skema Mitigasi Bencana Mendatang di Pelabuhan Garonkong, Barru, Sulawesi Selatan”. Kajian dilakukan dengan dua tahap. Dengan kajian tahap awal pengolahan data parameter gempa bumi pembangkit, yang dilanjutkan pemodelan numerik menggunakan SiTProS, yang menghasilkan sebaran tinggi tsunami dan waktu tempuhnya. Kajian kedua ialah skema mitigasi. Penelitian ini menghasilkan pemodelan tsunami dengan tinggi 3,22 m dengan jarak tempuh selama 34,78 menit, dan *run-up* dapat mencapai 11.26 m. **Perbedaan** dengan penelitian yang dilakukan penulis: Penelitian yang akan dilakukan penulis lebih luas dalam mengkaji tsunami berupa generasi, propagasi, dampak serta inundasinya selain itu lokasi yang diteliti berada di Pesisir Selatan Kawasan IKN, Nusantara, Kalimantan Timur.

Tabel 2.1 Penelitian sebelumnya

No.	Penulis	Judul	Variabel	Perbedaan Penelitian
1.	(Pratama, 2020).	Pemodelan dan Pembuatan Peta Evakuasi Tsunami Pesisir Sanur.	Pemodelan MOST menggunakan ComMIT menggunakan gabungan skenario M9,0.	Pemodelan tsunami menggunakan <i>software</i> SiTProS. Selain mengkaji inundasi tsunami penelitian ini juga mengkaji generasi, propagasi, dampak serta mitigasi tsunaminya secara lebih spesifik.
2.	(Aeda et al., 2017).	Simulasi Penjalaran dan Penentuan <i>Run-Up</i> Gelombang Tsunami di Teluk Pangandaran, Jawa Barat.	Metode <i>purposive sampling</i> menggunakan <i>Software</i> COMCOT v1.7 untuk mengetahui tinggi dan waktu tempuh penjalaran tsunami.	Selain menggunakan jenis <i>software</i> yang berbeda dalam pemodelan tsunami penelitian tersebut hanya sebatas memodelkan tsunaminya sedangkan pada penelitian ini berdasarkan hasil pemodelan tsunaminya dibuatkan sistem mitigasi yang tepat sesuai lokasi penelitian.
3.	(Rezaldi et al., 2021).	<i>Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and Photogrammetric Technic for 3D Tsunamis Safety Modeling</i> in Cilacap, Indonesia.	Pemodelan 3D, prediksi sebaran, dan penentuan jarak titik akhir gelombang tsunami.	Pemodelan menggunakan <i>software</i> yang berbeda selain itu hasil pemodelan juga hanya digunakan untuk pembuatan jalur evakuasi beserta shelter sedangkan pada penelitian ini dibuatkan beberapa metode mitigasi yang dapat digunakan sesuai dengan lokasi penelitian.
4	(Saleh, 2022).	Skema Mitigasi Bencana Mendatang di Pelabuhan Garonkong, Barru, Sulawesi Selatan.	Pengolahan data parameter gempa bumi pembangkit, dan pemodelan numerik menggunakan SiTProS.	Penelitian yang akan dilakukan penulis lebih luas dalam mengkaji tsunami berupa generasi, propagasi, dampak serta inunasinya selain itu lokasi yang diteliti berada di Pesisir Selatan Kawasan IKN, Nusantara, Kalimantan Timur.