

Skema Mitigasi Tsunami Mendatang di Pelabuhan Garongkong, Barru, Sulawesi Selatan

Didit Fahrudin Muhamad Saleh¹, Achmad Yasir Baeda^{1,*}, Sabaruddin Rahman²

¹ Lab. Riset Kebencanaan Laut dan Anomali Cuaca, Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin

² Lab. Teknik Pantai dan Lingkungan, Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin

*Email: yasirbaeda@yahoo.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang sangat rawan dilanda bencana gempa yang dapat diikuti oleh tsunami. Bencana tsunami merupakan fenomena alam ataupun bencana alam yang sama sekali tidak dapat diprediksi kapan tepatnya akan terjadi. Oleh karenanya karakteristik bencana tersebut tidak dapat diprediksi maka satu – satunya pilihan yang logis dan rasional adalah mengupayakan agar dampak bencana tersebut bisa diminimalisir. Pelabuhan Garongkong merupakan pelabuhan peengumpul. Posisinya berada bersebelahan dengan pelabuhan penyeberangan Andi Matalata, di pantai Garongkong. Kegiatan yang dilakukan di pelabuhan garongkong didominasi oleh kegiatan bongkar muat curah kering non pangan berupa batubara, klinker, sirtu gunung dan gipsum. Yang berarti pelabuhan garongkong memiliki peran penting untuk memajukan perekonomian wilayah Barru, Sulawesi Selatan. Upaya sistem peringatan dini dengan membuat skema mitigasi di suatu wilayah dengan berbagai perencanaan rekayasa pembangkit gempa bumi yang bermagnitudo 5,1 - 5,6 SR dengan mekanisme bangkitan Dip-Slip-Strike tertentu. Kajian dilakukan dengan dua tahap. Dengan kajian tahap awal pengolahan data parameter gempa bumi pembangkit, yang dilanjutkan dengan pemodelan numerik menggunakan SiTProS, yang akan menghasilkan sebaran tinggi tsunami dan waktu tempuhnya. Kajian kedua ialah skema mitigasi yang dapat diterapkan di pelabuhan garongkong. 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. Hasil simulasi ini kemudian dijadikan acuan untuk menentukan skema mitigasi tsunami mendatang yang sesuai untuk pelabuhan garongkong. Skema mitigasi tersebut berupa sistem peringatan dini, mitigasi struktural (berupa pembuatan greenbelt dan sistem perlindungan buatan), mitigasi non struktural (berupa pembuatan peta zona rawan bencana dan melakukan sosialisasi dan tsunami drill), mitigasi menggunakan metode evakuasi dan mitigasi vertikal yang merupakan pilihan terbaik untuk mitigasi bencana tsunami mendatang di Pelabuhan Garongkong.

Kata Kunci: Mitigasi; Tsunami; Skema mitigasi mendatang; Pelabuhan Garongkong; SiTProS

1. Pengantar

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kerawanan bencana alam cukup tinggi. Berdasarkan data *World Risk Report* 2018, Indonesia menduduki urutan ke-36 dengan indeks risiko 10,36 dari 172 negara paling rawan bencana alam di dunia. Kondisi tersebut disebabkan oleh keberadaan Indonesia secara tektonis yang menjadi tempat bertemunya tiga lempeng tektonik dunia (Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik), secara vulkanis sebagai jalur gunung api aktif yang dikenal dengan cincin api pasifik atau *Pacific Ring of Fire* [1].

Indonesia menduduki peringkat kedua sebagai negara yang paling sering dilanda tsunami dengan 71 kejadian atau hampir 9% dari jumlah tsunami di dunia. Penyebab kenapa Indonesia menduduki peringkat kedua tersebut karena letak geografis Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng

utama pembentuk kerak bumi, yaitu Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara dan Lempeng Indo-Australia yang bergerak memanjang di Samudera Hindia dari arah utara (Aceh) hingga sekitar Laut Timor di timur dan Lempeng Pasifik yang bergerak di sekitar Samudera Pasifik hingga utara Papua [2].

Bencana alam dapat terjadi secara tiba-tiba maupun melalui proses yang berlangsung secara perlahan. Beberapa jenis bencana seperti gempa bumi, hampir tidak mungkin diperkirakan secara akurat kapan, dimana akan terjadi dan besaran kekuatannya. Sedangkan beberapa bencana lainnya seperti banjir, tanah longsor, kekeringan, letusan gunung api, tsunami dan anomali cuaca masih dapat diramalkan sebelumnya. Meskipun demikian kejadian bencana selalu memberikan dampak kejutan dan menimbulkan banyak kerugian baik jiwa maupun materi. Kejutan tersebut terjadi karena

kurangnya kewaspadaan dan kesiapan dalam menghadapi ancaman bahaya [3].

Mengacu pada permasalahan-permasalahan tersebut di atas, maka dilakukanlah penelitian tentang prediksi kemungkinan terjadinya tsunami serta alur mitigasi di Pelabuhan Garongkong, Barru, Sulawesi Selatan. Informasi-informasi di atas menjadi dasar yang melatarbelakangi penelitian ini dengan judul “Skema Mitigasi Tsunami Mendatang di Pelabuhan Garongkong, Barru, Sulawesi Selatan”.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Teori dasar Tsunami

Tsunami, kata ini berasal dari Jepang, tsu berarti pelabuhan, nami berarti gelombang. Tsunami dipergunakan untuk gelombang pasang yang memasuki pelabuhan. Pada laut lepas misal terjadi gelombang pasang sebesar 8 m tetapi begitu memasuki daerah pelabuhan yang menyempit tinggi gelombang pasang menjadi 30 m. Tsunami biasa terjadi jika gempa bumi berada di dasar laut dengan pergerakan vertikal yang cukup besar. Tsunami juga bisa terjadi jika terjadi letusan gunungapi di laut atau terjadi longsor di laut [4].

Tsunami ini merupakan kejadian alam yang dipengaruhi adanya aktivitas yang terjadi di dasar laut, aktivitas ini dapat berupa gempa laut, gunung berapi meletus, atau hantaman meteor di laut, tanah longsor di dasar laut, patahan. Tsunami merupakan kejadian alam yang terjadi ketika adanya aktivitas di dasar laut dan sangat berbahaya, karena dapat mengakibatkan kerusakan yang besar [5].

Kata tsunami berasal dari bahasa Jepang yang artinya tsu berarti pelabuhan dan nami berarti gelombang. Kata ini secara mendunia sudah diterima dan secara harfiah yang berarti gelombang tinggi/besar yang menghantam pantai/pesisir. Tsunami kerap terjadi akibat gempa tektonik yang besar di laut, walaupun pada dasarnya tsunami juga dapat dipicu oleh tanah longsor di dasar laut, letusan gunung api dasar laut, atau akibat jatuhnya meteor. Tsunami terjadi pada dasarnya akibat Bergeraknya patahan/rekahan vertikal memanjang sehingga air laut terhisap masuk dalam patahan dan kemudian terlempar kembali setelah patahan mencapai keseimbangan. Pada kasus tsunami kecepatan rambat air dapat mencapai ratusan kilometer per jamnya. Antara terjadinya gempa dan tsunami ada jeda waktu yang dapat digunakan untuk memberikan peringatan dini pada masyarakat. Untuk itu perlu dilakukan Mitigasi Tsunami untuk memberi peringatan dini sebelum terjadinya bencana [6].

Bencana dapat terjadi karena ada dua kondisi yaitu adanya peristiwa atau gangguan yang mengancam dan merusak (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*) masyarakat. Hubungan keduanya dapat digambarkan bila gangguan atau ancaman tersebut muncul ke permukaan tetapi masyarakat

tidak rentan, maka berarti masyarakat dapat mengatasi sendiri peristiwa yang mengganggu tersebut, sementara bila kondisi masyarakat rentan tetapi tidak terjadi peristiwa yang mengancam maka tidak akan terjadi bencana. Adapun Bencana dibagi ke dalam tiga kategori yaitu:

- a. Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor.
- b. Bencana non alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa non alam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.
- c. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antar kelompok atau antar komunitas masyarakat, dan teror.

2.2. Penyebab Tsunami

Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab tsunami seperti yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Gempa Bumi Bawah Laut
Penyebab tsunami yang paling umum adalah Gempa bumi bawah laut. Ia merupakan penyebab yang paling sering menimbulkan tsunami dengan persentase 90 persen kejadian tsunami disebabkan oleh terjadinya gempa yang berada di bawah samudera. Sebagai zona pertemuan lempeng dunia, menjadikan Indonesia sangat berpotensi mengalami gempa yang berpusat di bawah laut.
2. Letusan Gunung Berapi Bawah Laut atau Atas Laut
Dampak letusan gunung berapi bawah laut dapat menjadi penyebab tsunami yang sangat besar. Tidak hanya di daratan, lautan yang begitu luas sebenarnya juga terdapat gunung berapi, yang apabila meletus akan menimbulkan getaran yang efeknya sama dengan gempa tektonik bawah laut tadi. Meskipun jarang terjadi namun jika sekali terjadi dapat menimbulkan tsunami. Semakin besar skala letusan maka akan semakin besar tsunami yang dihasilkan.
3. Longsor Bawah Laut
Penyebab tsunami yang juga termasuk sering adalah karena longsor. Kejadian longsor tidak hanya terjadi di daratan yang sering diberitakan selama ini. Di dasar laut sebenarnya juga memiliki struktur yang mirip dengan daratan yakni terdapat bukit/ punggung laut dan lembah/palung laut, serta cekungan yang dapat saja longsor dimana semakin besar volume longsor maka akan semakin tinggi potensi terjadi tsunami. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan munculnya longsor laut, seperti

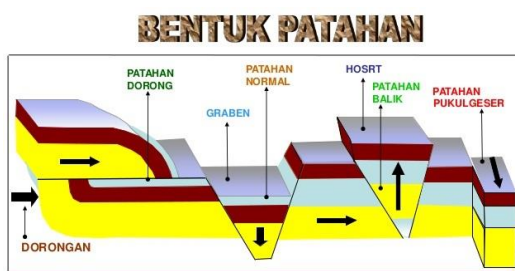
gempa bumi tektonik dan letusan gunung bawah laut atau di daratan yang dekat dengan laut.

4. Hantaman Meteor

Meskipun sangat jarang terjadi namun kekuatan tsunami yang disebabkan oleh meteor yang jatuh ke samudera/ lautan sangatlah masif. Sepanjang sejarah peradaban manusia, belum ada dokumentasi mengenai tsunami akibat hantaman meteor ini. Namun berdasarkan simulasi yang dilakukan pada komputer canggih, dampaknya merupakan paling besar jika dibandingkan dengan tsunami yang disebabkan faktor lain.

2.3. Patahan

Patahan (Sesar) adalah satu bidang rekahan atau zona rekahan yang mengalami pergeseran. Menurut Billings, 1990, Sesar atau Patahan atau Fault adalah "are reptures along with opposites wall have moved past each other". Jadi sesar merupakan suatu rekahan yang telah mengalami pergeseran. Menurut ilmu geologi, Sesar atau Patahan adalah fraktur planar atau diskontinuitas pada suatu volume batuan, dimana telah terjadi perpindahan signifikan sebagai hasil dari gerakan massa batuan. Patahan (sesar) yang besar dalam lempeng bumi dapat dilihat pada Gambar 1, dihasilkan dari proses tektonik lempeng. Karena merupakan yang terbesar maka akan membentuk dan mempengaruhi batas-batas antar lempeng (contohnya zona subduksi dan patahan transform). Pelepasan energi yang terjadi akan menghasilkan gerakan yang cepat dan aktif, inilah penyebab utama terjadinya gempa bumi.



Gambar 1. Bentuk Patahan

2.4. Modelling Numerical (SiTProS)

SiTProS meliputi model matematika baru tsunami yang akan terjadi, penyebaran, simulasi *real-time* dan visualisasi. Model ini disebut SiTProS (Siam Tsunami Propagation Simulator). Model ini dapat berjalan untuk setiap jaringan regional atau global dengan data set topografi ditentukan pada ETOPO2. Resolusi grid dapat disesuaikan dengan ruang dan waktu. Penyebaran ini dapat dilakukan pada lintang-longitudinal atau pada grid kartesian. Olehnya diperkenalkan simulator model penjalaran tsunami yang memodelkan dan memprediksi kedatangan gelombang tsunami. Secara umum, ditemukan bahwa permodelan yang dilakukan dapat

memprediksi waktu kedatangan tsunami dengan baik. SiTProS adalah simulator permodelan penyebaran tsunami, dengan algoritma yang cepat sehingga dapat dengan cepat memperkirakan penyebaran tsunami ke depan.

2.5. Mitigation Tsunami disaster

Penanganan bencana (*disaster management*) merupakan proses yang dinamis, terpadu dan berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas langkah-langkah yang berhubungan dengan serangkaian kegiatan yang meliputi pencegahan (*preventive*), mitigasi, kesiapsiagaan (*preparedness*), tanggap darurat, evakuasi, rehabilitasi dan pembangunan kembali (*reconstruction*). Sedangkan mitigasi adalah merupakan tindakan-tindakan untuk mengurangi atau meminimalkan potensi dampak negatif dari suatu bencana.

3. Metode Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui perantara), sementara data sekunder adalah data-data yang diperoleh langsung dari penelitian orang lain atau sumber terpercaya yang telah dipublikasikan sehingga tersebut telah tersedia. Data sekunder dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, laporan, jurnal, artikel dan lain sebagainya. Pengumpulan data yang diperlukan untuk melakukan simulasi tsunami buatan adalah data faktor pembangkit tsunami, berupa data letak koordinat gempa, magnitude gempa, dan kecepatan rambat gelombang dengan menggunakan literatur yang berkaitan dengan data yang akan dijadikan acuan dalam penelitian ini. Dibutuhkan juga peta lokasi mengenai batasan wilayah yang akan dilakukan simulasi tsunami buatan. Semua data-data yang didapat dimasukkan kedalam program SiTProS untuk mendapatkan visualisasi pemodelan gelombang tsunami buatan pada Laut Sulawesi. Adapun untuk memodelkan kembali tsunami pada program SiTProS, data-data tersebut dibagi kedalam tiga komponen, yakni *Region Setting*, *Parameter Setting*, dan *Warning Info Setting*.

Secara garis besar prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian ini dalam literatur yang terkait yaitu data faktor-faktor pembangkit tsunami dan data lokasi terjadinya tsunami.
2. Memasukkan input koordinat batasan daerah penjalaran tsunami pada tab region setting pada program SiTProS.
3. Memasukkan input faktor-faktor pembangkit tsunami pada tab parameter setting pada program SiTProS.
4. Memasukkan input koordinat titik dari lokasi daerah yang ditinjau pada tab warning info pada

- program SiTProS.
- Menjalankan program simulasi tsunami dengan mengklik tab start tsunami pada program SiTProS.
 - Setelah menjalankan simulasi, program SiTProS akan memvisualisasikan penjalaran tsunami yang terjadi secara 2D.
 - Dari output yang dihasilkan oleh program SiTProS, kita akan mendapatkan tiga bentuk output, yakni gambar video visualisasi permodelan tsunami, grafik tinggi gelombang tsunami dan waktu yang dibutuhkan tsunami untuk sampai ke tempat yang ditinjau.
 - Setelah simulasi selesai, langkah selanjutnya adalah penentuan skema mitigasi.
 - Penentuan skema mitigasi tsunami ditentukan berdasarkan penelitian. Data yang menjadi dasar penentuan skema mitigasi antara lain topografi wilayah, data penduduk, serta fasilitas-fasilitas

umum yang ada di wilayah penelitian.

- Setelah mendapatkan data dasar, selanjutnya adalah membuat skema mitigasi tsunami beserta peta mitigasi yang dapat diaplikasikan untuk wilayah penelitian.

4. Hasil

Visualisasi tsunami adalah salah satu output hasil simulasi dan program SiTProS yang berbentuk frame-frame gambar dalam bentuk 2D. Frame gambar ini berbentuk format JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) dan BMP (*Bitmap*). Output berupa gambar tersebut dapat kita atur pada tab output. Menentukan titik pembangkit tsunami berdasarkan data yang diperoleh dari Global CMT, sesuai dengan lokasi penelitian.

Tabel 1. Titik pembangkit tsunami

| Reg Name | Date | Location | | | Fault Plane | | | | | | Mag |
|--------------------|----------|----------|--------|-------|-------------|-----|------|---------|------|-------|-----|
| | | Lat | Long | Depth | Strike | Dip | Slip | Strike1 | Dip1 | Slip1 | |
| SULAWESI (Point A) | 27.04.82 | -4,22 | 118,85 | 15,7 | 38 | 24 | 100 | 207 | 66 | 86 | 5,6 |
| SULAWESI (Point B) | 24.11.06 | -3,67 | 119,26 | 19,8 | 209 | 46 | 110 | 1 | 47 | 70 | 5,1 |
| JAVA SEA (Point C) | 12.12.10 | -5,96 | 117,58 | 16,6 | 156 | 77 | -168 | 64 | 78 | -13 | 5,4 |

Setelah memasukkan input koordinat Pelabuhan Garongkong Barru pada *Tab Warning Info* untuk menentukan letak *Buoy Time*, maka dilakukan *men-Start* Tsunami, maka output 2D akan didapat berupa frame – frame. Dalam simulasi ini dilakukan dua tipe simulasi berdasarkan pada jenis gempa yang terjadi, yaitu *Earthquake Line*.

Pada *Tab Warning Info*, akan menghasilkan estimasi waktu kedatangan tsunami di Laut Sulawesi pada *Tab Buoy Time (mins)* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi waktu kedatangan tsunami

| Titik Pusat Gempa | | Waktu Kedatangan Tsunami Di Buoy (mins) | Waktu Kedatangan Tsunami (mins) | Jarak Episenter (Km) |
|-------------------|--------|---|---------------------------------|----------------------|
| Lat | Lon | | | |
| -4,22 | 118,85 | 12,6 | 30,83 | 214,632 |

Pada Tabel 2 menunjukkan jumlah estimasi waktu yang diperlukan gelombang tsunami untuk sampai ke Pelabuhan Garongkong Barru dalam waktu hitungan menit. Diketahui gempa di koordinat Longitude 118,85° dan Latitude -4,22° memiliki Momen Magnitude (MW) sebesar 5,6, maka:

$$H_m = A \times M_w \times \exp(b \times M_w)$$

$$H_m = 0,004 \times 5,6 \times \exp(0,9 \times 5,6)$$

$$H_m = 3,46 \text{ m}$$

Karena tinggi muka air laut 0,55 dari besaran tsunami maka:

$$H_m = 3,46 \times 0,55 = 1,9 \text{ m}$$

Untuk tinggi run-up Tsunami:

$$\Delta H_r = B \times H_m$$

$$\Delta H_r = 2,5 \times 1,9$$

$$\Delta H_r = 4,76 \text{ m}$$

$$H_r = H_m + \Delta H_r$$

$$H_r = 1,9 + 4,76$$

$$H_r = 6,66 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan gelombang tersebut menunjukkan tinggi gelombang tsunami *Line A* pada *buoy* sebesar 1,9 m dan tinggi *run up* sebesar 6,66 m.

Berdasarkan hasil simulasi tsunami melalui aplikasi SiTProS, untuk Pelabuhan Garongkong terdapat beberapa skema mitigasi yang dianggap tepat untuk diterapkan di lokasi. Mitigasi tersebut adalah sebagai berikut:

- Mitigasi Tsunami Struktural
- Mitigasi Tsunami Non Struktural

Mitigasi struktural adalah upaya fisik yang dilakukan untuk mengurangi dampak dari bencana alam tersebut. Adapun mitigasi struktural yaitu :

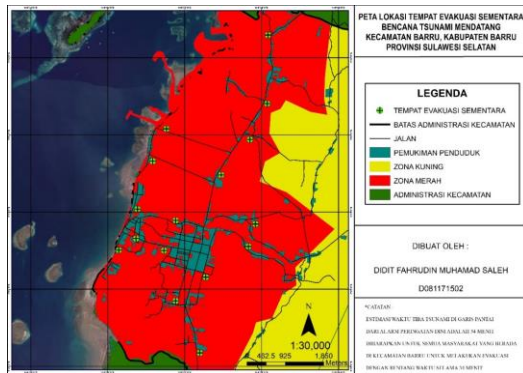
- Pembuatan *Greenbelt* Di Sekitar Pelabuhan
- Pemasangan Sistem Perlindungan Buatan di Pelabuhan

Mitigasi non struktural adalah upaya non fisik yang dilakukan untuk mengurangi dampak dari bencana alam tersebut. Adapun mitigasi struktural yaitu:

- Pembuatan Peta Zona Rawan Bencana Tsunami

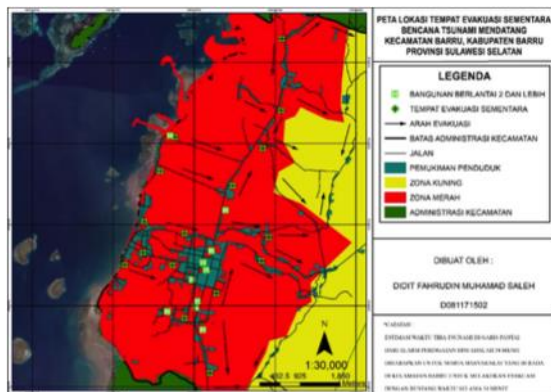
2. Melakukan Sosialisasi dan Tsunami Drill Terhadap Pekerja Dan Masyarakat Di Sekitar Pelabuhan

Adapun untuk lokasi penempatan Tempat evakuasi sementara dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tempat evakuasi sementara

Peta zona rawan bencana tsunami menggambarkan lokasi – lokasi yang rawan akan gelombang tsunami. Menggunakan konsep dua zona akan membagi zona bahaya menjadi zona merah dan zona kuning. Zona merah dipandang sebagai zona yang paling berbahaya dengan peluang tinggi terdampak oleh gelombang tsunami. Sementara zona kuning dipandang sebagai zona aman.



Gambar 3. Jalur evakuasi dari bencana mendatang

Adapun penetapan jalur evakuasi dari bencana tsunami mendatang ditunjukkan pada Gambar 3.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian penulis pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa skema mitigasi di Pelabuhan Garongkong adalah dengan

metode sistem peringatan dini dan metode evakuasi merupakan mitigasi yang tepat untuk diterapkan di Pelabuhan Garongkong untuk bencana tsunami mendatang. Adapun sistem peringatan dini dengan memanfaatkan sarana *buoy* sebagai pendeteksi tsunami. Dengan melakukan proses running melalui aplikasi SiTPros diperoleh data tsunami yang terjadi di Titik A memiliki tinggi gelombang maksimal sebesar 4,2 meter, dan waktu kedatangan dari titik gempa ke Buoy 1 sekitar 12,6 menit dan ke Pelabuhan Garongkong sekitar 30,8 menit. Berdasarkan hasil dari simulasi melalui aplikasi SiTProS penulis menyimpulkan terdapat banyak mitigasi yang dapat diterapkan di pelabuhan garongkong. Mitigasi tersebut yaitu mitigasi struktural dan mitigai non struktural. Mitigasi struktural berupa pembuatan *greenbelt* di sekitar pelabuhan dan sistem perlindungan buatan di pelabuhan. Mitigasi non struktural berupa pembuatan peta zona rawan bencana tsunami dan melakukan sosialisasi dan tsunami *drill* terhadap pekerja dan masyarakat pelabuhan garongkong. Dan juga adapun mitigasi tsunami melalui sistem peringatan dini, mitigasi vertikal dan metode evakuasi. Skema mitigasi tersebut merupakan skema mitigasi bencana tsunami mendatang yang tepat untuk diterapkan di Pelabuhan Garongkong Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan.

6. Referensi

- [1] H. Hadi, S. Agustina, and A. Subhani, “Penguatan Kesiapsiagaan Stakeholder Dalam Pengurangan Risiko Bencana Gempabumi,” *J. Geodika*, vol. 3, no. 1, pp. 30–40, 2019.
- [2] R. A. Pratomo and I. Rudiarto, “Permodelan Tsunami dan Implikasinya Terhadap Mitigasi Bencana di Kota Palu,” *J. Pembang. Wil. dan Kota*, pp. 174–182, 2013.
- [3] Direktorat Mitigasi, “Pengenalan Karakteristik Bencana Dan Upaya Mitigasinya Di Indonesia Edisi Ii,” Jakarta Pusat, 2007.
- [4] A. M. Nur, “Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya,” *J. Geogr.*, vol. 7, no. 1, pp. 66–72, 2010.
- [5] E. R. Moningkey and R. H. Pardanuis, “Komputasi Paralel Menggunakan Nvidia Cuda Untuk Pemodelan 2d Tsunami Aceh Dengan Metode Lattice Boltzmann,” *J. Front.*, vol. 1, no. 2, pp. 181–188, 2018.
- [6] A. Y. Baeda, S. Klara, Hendra, and R. Mulyati, “Mitigasi Bencana Tsunami di Pantai Losari Makassar, Sulawesi Selatan,” *J. Penelit. Enj.*, vol. 20, no. 1, pp. 21–27, 2016.