

REKOMENDASI BENTUK MITIGASI STRUKTURAL ANCAMAN BENCANA TSUNAMI (STUDI KASUS: KOTA PALU)

Andi Tenri Khalik Jabbar¹

¹ Perencanaan Wilayah dan Kota, Sekolah Arsitektur Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan,
Institut Teknologi Bandung

¹ Email : anditenrikj@gmail.com

Diterima (received): 5 Januari 2024

Disetujui (accepted): 20 Februari 2024

ABSTRAK

Perkembangan berbagai negara dalam sikap sadar bencana harusnya dapat menjadi acuan bagi Negara Indonesia sebagai wilayah dengan pertemuan 4 lempeng bumi yang berpotensi dalam menimbulkan bencana tsunami. Bencana tsunami tidak dapat dihentikan namun dapat diminimalisir dengan bentuk mitigasi bencana, baik secara struktural maupun secara non struktural. Dalam penelitian yang berbentuk studi literatur review ini bertujuan untuk melihat contoh kasus wilayah yang berhasil dalam mengimplementasikan bentuk mitigasi struktural dan melihat beberapa rekomendasi bentuk mitigasi struktural berdasarkan analisis spasial di beberapa wilayah dan uji eksperimental bentuk mitigasi struktural. Dari kumpulan studi literatur tersebut kemudian dapat diadopsi kedalam bentuk mitigasi bencana tsunami yang tepat untuk diterapkan di tiap wilayah sebagai langkah menghadapi ancaman bencana tsunami. Studi kasus dalam penelitian adalah Kota Palu, untuk mengimplementasikan bentuk rekomendasi mitigasi struktural yang telah dikaji. Hasil dari penelitian ini, terdapat 5 bentuk rekomendasi mitigasi bencana tsunami secara struktural yang dapat dilakukan di Kota Palu, yaitu: pembuatan tsunami gate di muara sungai, penanaman mangrove sebagai sabuk hijau, pembangunan seawall, breakwater, dan memberlakukan jarak sempadan pantai yang sesuai.

Kata Kunci : *Mitigasi, Struktural, Tsunami*

A. PENDAHULUAN

Negara maju seperti Jepang telah menunjukkan kemampuan dalam menghadapi bencana tsunami. Terbukti dalam catatan sejarah tsunami tahun 2011, negara ini tepatnya di Desa Fudai berhasil selamat dari bencana tsunami dengan menerapkan mitigasi struktural berupa tsunami gate di muara sungai. Desa ini memahami bahwa perkembangan wilayahnya berada di sepanjang sungai sehingga memerlukan tindakan mitigasi di muara sungai untuk meminimalisir energi dari hantaman tsunami (Suppasri et al., 2013). Indonesia semestinya harus mulai sadar akan ancaman bahaya tsunami dengan memahami bahwa karakteristik wilayah Negara Indonesia merupakan negara kepulauan dengan interaksi subduksi lempengnya. Negara ini terdapat pertemuan 4 lempeng yaitu Eurasian Plate, Philippine Plate, Australian Plate, dan Pacific Plate. Lempeng merupakan penyebab utama dari gempa tektonik dan lokasinya secara umum memang berada di laut sehingga berpotensi dapat menimbulkan bencana tsunami (A. M. Nur, 2010). Di laut gelombang tsunami bergerak dengan kecepatan 500-1000 km/jam dan ketinggian hanya sekitar 1 meter yang menyebabkan kapal yang berada di tengah laut hampir

tidak merasakannya, namun semakin mengarah ke darat ketinggian gelombang semakin meningkat hingga dapat mencapai ketinggian puluhan meter dan juga menghantam daratan puluhan meter jauhnya, sehingga dapat menyebabkan kerusakan fatal dan bahkan memakan korban jiwa yang disebabkan oleh kekuatan hantaman energi tsunami maupun karena material yang terbawa (Suhartono & Darmawan, 2018).

Dalam buku “Selamat dari Bencana Tsunami Pembelajaran dari Tsunami Aceh dan Pangandaran”, menyebutkan bahwa rata-rata kejadian gempa di Indonesia setidaknya 15 kali sehari, sehingga terdapat banyak catatan sejarah terkait dengan gempa yang menimbulkan tsunami di Indonesia. Banyak kejadian tsunami besar yang terjadi di Indonesia namun waktu terjadinya yang sudah sangat lama menyebabkan masyarakat kurang waspada terhadap ancaman bencana tsunami yang dapat terjadi kapan dan dimana saja. Setidaknya yang perlu diketahui oleh masyarakat terkait dengan tanda-tanda awal akan terjadinya bencana tsunami adalah adanya gempa bumi sebagai peringatan dini, terdengar dentuman keras, air laut dan sungai yang surut dengan cepat, adanya gelombang besar di kaki langit, kemudian tanda alam seperti burung-burung yang terbang menjauh dari laut atau mengarah ke darat yang mengisyaratkan untuk menjauh dari laut. Dari tanda-tanda tersebut, terdapat langkah-langkah penyelamatan diri yang dapat dilakukan ketika terjadi bencana tsunami, yaitu abaikan harta benda dan dahulukan untuk menyelamatkan diri, sebisa mungkin untuk mengevakuasi diri ke tempat yang lebih tinggi seperti bukit, bangunan tinggi, maupun pohon, menjauhi kawasan sungai dan jembatan, jangan evakuasi menggunakan mobil, kemudian dapat melakukan penyelamatan dengan berpegangan pada benda yang terapung (Yulianto et al., 2008).

Meskipun sudah banyak ilmu terkait dengan kesadaran masyarakat terkait dengan tanda-tanda awal dan cara untuk menyelamatkan diri ketika terjadi bencana tsunami, namun hal tersebut belum cukup untuk dapat menyelamatkan diri, harta benda, infrastruktur, dan ruang yang telah terbangun. Hal terpenting yang perlu dilakukan sebelum terjadinya bencana tsunami adalah dengan melakukan tindakan mitigasi atau meminimalisir dampak sebelum terjadinya bencana tsunami tersebut. Sesuai dengan Undang-Undang RI Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang yang menjelaskan bahwa Negara Kesatuan Republik Indonesia berada pada kawasan rawan bencana secara geografis sehingga diperlukan penataan ruang yang berbasis mitigasi bencana.

Berdasarkan Perka BNPB No. 4 Tahun 2008 Tentang Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana, langkah tepat yang dapat dilakukan untuk meminimalisir resiko bencana tsunami adalah dengan melakukan mitigasi bencana, baik dengan pembangunan fisik ataupun kesadaran masyarakat dalam menghadapi bencana. Mitigasi bencana tsunami dapat dilakukan secara struktural (fisik) maupun non-struktural (tidak secara fisik) (BNPB, 2008). Bentuk mitigasi struktural terbagi atas bentuk mitigasi struktural alami, seperti menerapkan greenbelt dan bentuk mitigasi struktural buatan seperti pembangunan seawall, breakwater, serta membuat titik dan jalur evakuasi. Sedangkan bentuk mitigasi non-struktural dapat dilakukan dengan membuat kebijakan terkait kebencanaan,

pemberian pelatihan pada masyarakat terkait dengan kebencanaan, dan pembuatan pemetaan tingkat keterpaparan bencana tsunami (Wijanarko et al., 2022)

Dewasa ini, terdapat berbagai studi literatur yang menjelaskan bentuk mitigasi non-struktural yang dilihat dari aspek keterpaparan wilayah yang secara umum tingkat keterpaparan bencana tsunami dapat diukur dengan 4 parameter yaitu: Ketinggian wilayah, kemiringan lereng wilayah, jarak dari sempadan pantai, dan jarak dari sungai. Dari overlay parameter tersebut akan menghasilkan peta tingkat keterpaparan sebagai bentuk mitigasi non-struktural. Kemudian peta tersebut dapat digunakan sebagai acuan ataupun pertimbangan dalam melakukan pembangunan di suatu kawasan berbasis mitigasi bencana tsunami. Selain dari itu, dapat dilakukan pengambilan keputusan untuk membuat langkah mitigasi struktural yang tepat berdasarkan karakteristik wilayah tersebut (Hadi & Damayanti, 2019).

Selain dari bacaan studi literatur terkait rekomendasi bentuk mitigasi struktural berdasarkan bentuk mitigasi non-struktural atau analisis spasial, juga terdapat referensi yang menyebutkan beberapa wilayah yang dampaknya minim atau bahkan sama sekali tidak terdampak tsunami karena bentuk mitigasi struktural yang diberlakukan serta terdapat uji eksperimental bentuk mitigasi struktural. Sehingga bentuk mitigasi tersebut dapat diadopsi sebagai langkah untuk menghadapi ancaman bencana tsunami.

Bencana yang terjadi dapat menjadi teguran ataupun pelajaran bagi manusia dari Allah SWT, sebagaimana dalam Q.S Al-Baqarah ayat 155 yang berbunyi:

وَلَنَبْلُوَنَّكُمْ بِشَيْءٍ مِّنَ الْخَوْفِ وَالْجُوعِ وَنَقْصٍ مِّنَ الْأَمْوَالِ وَالْأَنْفُسِ وَالتَّمَرَاتِ وَبَشِيرِ الصُّدْرِينَ

Terjemahnya:

“Dan sungguh akan Kami berikan cobaan kepadamu, dengan sedikit ketakutan, kelaparan, kekurangan harta, jiwa dan buah-buahan. Dan berikanlah berita gembira kepada orang-orang yang sabar” (QS. AL-Baqarah Ayat 155, n.d.).

Berdasarkan ayat di atas Kementerian Agama RI menafsirkan bahwa, Allah SWT pasti akan menguji manusia dengan cobaan berupa bencana, hal yang dapat dilakukan oleh manusia adalah dengan bersabar terhadap cobaan yang diberikan. Cobaan tersebut dapat berupa teguran atau pelajaran bagi manusia, sehingga yang dapat dilakukan ketika mendapatkan musibah atau bencana adalah dengan mengambil hikmah atau pembelajaran yang terkandung di dalamnya. Dalam hal ini terkait dengan bencana tsunami, manusia mendapat pembelajaran bahwa bencana tidak dapat dihentikan namun dapat dimitigasi/diminimalisir dengan sebuah perencanaan.

Bencana sebenarnya merupakan proses alam untuk menyeimbangkan diri dengan pelepasan energi sebagai proses geologi (Suhartono & Darmawan, 2018). Sehingga perlu dilakukan adaptasi atau penyesuaian untuk menghadapi ancaman bencana tersebut. Dalam penelitian ini akan memberikan bentuk rekomendasi mitigasi secara struktural yang merupakan hasil kajian beberapa sumber literatur. Kemudian bentuk rekomendasi tersebut akan divisualisasikan dengan contoh studi kasus Kota Palu.

Kota Palu dipilih sebagai studi kasus karena memiliki karakteristik morfologi wilayah pesisirnya yang khas, yaitu berbentuk cekung dengan teluk dan

berdasarkan pengalaman Kota Palu tahun 2018 mengalami bencana tsunami. Kota Palu merupakan wilayah yang dilintasi sesar aktif Palu-Koro di wilayah selatan ke tenggara sehingga berpotensi untuk menimbulkan gempa. Gempa tersebut sangat berpotensi untuk menyebabkan gangguan impulsif di dasar laut yang dapat menyebabkan tsunami. Sehingga diperlukan penataan ruang berbasis mitigasi bencana tsunami secara struktural yang dapat diimplementasikan di Kota Palu untuk meminimalisir dampak bencana tsunami.

B. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode analisis studi literatur review dengan melihat berbagai sumber studi literatur terkait penerapan bentuk mitigasi bencana struktural yang berhasil, kemudian melihat beberapa rekomendasi bentuk mitigasi struktural berdasarkan analisis spasial di beberapa wilayah dan bentuk mitigasi struktural berdasarkan uji eksperimental. Dari analisis tersebut, kemudian dapat menjadi rekomendasi bentuk mitigasi struktural yang dapat dimanfaatkan secara nyata untuk meminimalisir dampak dari bencana tsunami. Dengan bantuan software ArcGis dapat memberikan gambaran bentuk mitigasi bencana tsunami. Dalam hal ini studi kasus Kota Palu untuk memberikan visualisasi bentuk mitigasi struktural tersebut ke dalam peta berdasarkan karakteristik dan kondisi morfologi Kota Palu.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tsunami

Terkait dengan tsunami, terdapat banyak definisi dari berbagai sumber yang menjelaskan terkait dengan bencana ini. Dalam Pedoman Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil mendefinisikan tsunami secara etimologi berasal dari 2 suku kata yaitu tsu yang berarti pelabuhan dan nami yang berarti gelombang, sehingga tsunami dapat didefinisikan sebagai bencana yang membawa air pasang laut yang menghantam daratan atau pelabuhan. Tsunami disebabkan oleh gangguan impulsif yang berasal dari gempa di dasar laut, letusan gunung api di dasar laut, serta longsor yang juga terjadi di dasar laut. Menurut (Baskara et al., 2017), setidaknya terdapat beberapa indikator penyebab tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi, yaitu:

- Pusat gempa penyebab tsunami terjadi di laut dengan kedalaman berkisar <60 km.
- Gempa bumi memiliki skala $\geq 6,5$ Mw
- Terjadi deformasi di dasar laut secara vertikal atau disebut dengan patahan sesar naik/turun.

Sedangkan menurut (Pramana, 2015), menjelaskan tsunami adalah gelombang air laut yang menghantam daratan yang kecepatannya semakin mendekati daratan semakin berkurang, namun berbanding terbalik dengan ketinggiannya yang akan semakin meningkat saat menuju daratan yang memiliki kondisi perairan yang dangkal. Akibatnya berdasarkan catatan historis, hampir 90% tsunami disebabkan oleh gempa bumi di dasar laut. Gelombang tsunami yang disebabkan oleh gangguan impulsif ini mempengaruhi gelombang air laut sehingga mempunyai periode panjang gelombang yang dapat mencapai 100 km dengan waktu sekitar 10 sampai 60 menit (Disaptono, 2003). Maka dari itu untuk menghadapi bencana tsunami

diperlukan sebuah upaya untuk meminimalisir ancaman bencana tsunami dengan bentuk mitigasi.

2. Bentuk Mitigasi Bencana Tsunami

Dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri Tahun 2006 Tentang Pedoman Umum Mitigasi Bencana menjelaskan bahwa jenis bencana berupa tsunami merupakan energi yang mampu menghancurkan segala sesuatu yang dilaluinya di daratan sehingga gelombangnya mampu membawa material-material daratan. Untuk melakukan mitigasi bencana tsunami diperlukan kebijakan upaya mitigasi bencana yang persepsi antara pemerintah dan masyarakat sama, melibatkan pihak pemerintah dan masyarakat, meminimalisir kerusakan dan korban jiwa dengan upaya pencegahan, dan bekerjasama untuk mensukseskan kebijakan tersebut. Adapun strategi dalam mewujudkan kebijakan mitigasi bencana adalah dengan pemetaan daerah yang rawan terhadap bencana, penyebaran informasi secara meluas terkait daerah rawan bencana, pemantauan terhadap daerah rawan bencana, melakukan sosialisasi ataupun penyuluhan, pelatihan terhadap kesiapsiagaan bencana, dan mensosialisasikan peringatan dini kepada masyarakat melalui pemerintah. Berdasarkan kebijakan dan strategi tersebut terdapat beberapa langkah yang dapat dilakukan dalam mitigasi bencana tsunami, diantaranya adalah menumbuhkan tingkat kewaspadaan masyarakat dengan meningkatkan kesiapsiagaan terhadap bencana tsunami, memberikan pendidikan pada masyarakat terkait bahaya, karakteristik, tanda-tanda, dan cara penyelamatan diri bencana tsunami, membangun alat sistem peringatan dini tsunami, kemudian memberi laporan pada pihak berwenang apabila mengetahui tanda akan terjadinya bencana tsunami, serta melakukan penguatan di wilayah pesisir dengan membangun tembok penahan tsunami seperti seawall dan breakwater penahan tsunami serta dengan cara alami seperti penanaman mangrove sebagai greenbelt, membangun tempat evakuasi, serta membangun rumah tahan bencana tsunami yang merupakan bentuk mitigasi secara struktural.

Dalam mitigasi bencana tsunami terdapat 2 bentuk upaya mitigasi bencana tsunami yang dapat dilakukan (Direktorat Jendral Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Departemen Kelautan dan Perikanan, 2004), yaitu:

a. Mitigasi Struktural

Bentuk mitigasi bencana tsunami secara struktural ini merupakan upaya secara fisik yang bertujuan untuk meminimalisir dampak hantaman energi tsunami secara langsung yang menuju ke daratan yang menghantam secara frontal dan tegak lurus terhadap kawasan pesisir. Mitigasi bencana tsunami secara struktural dapat dilakukan dengan cara alami atau dengan cara buatan. Beberapa upaya mitigasi bencana tsunami secara alami yang dapat dilakukan di kawasan pesisir adalah dengan melakukan penanaman greenbelt seperti hutan pantai atau mangrove, dan perlindungan terhadap terumbu karang. Sedangkan upaya mitigasi struktural secara buatan dapat dilakukan dengan pembangunan breakwater, seawall, dan melakukan penguatan terhadap bangunan maupun infrastruktur serta dapat melakukan relokasi terhadap kawasan padat pemukiman ke lokasi yang aman dari lokasi bencana.

b. Mitigasi Non-Struktural

Mitigasi bencana tsunami secara non-struktural merupakan upaya mitigasi yang dilakukan secara non-fisik namun berhubungan dengan pengaturan yang

sesuai dengan upaya mitigasi secara struktural. Upaya mitigasi bencana tsunami dengan cara ini dapat dilakukan dengan membuat peraturan terkait dengan bencana alam, membuat kebijakan yang mengatur tentang penggunaan lahan, ruang, ataupun zona yang aman dari bencana tsunami, kemudian membuat kebijakan terkait dengan standar sarana dan prasarana, mikrozonasi, membuat kebijakan terkait kegiatan di kawasan pesisir, pelatihan dan penyuluhan mitigasi bencana tsunami, pengembangan sistem peringatan dini (early warning system), serta pembuatan peta yang mampu memetakan terkait dengan kebencanaan tsunami.

3. Rekomendasi Bentuk Mitigasi Struktural Tsunami

Terdapat banyak studi yang menjelaskan terkait dengan arahan pola ruang berbasis mitigasi bencana tsunami, terutama bentuk mitigasi bencana tsunami dengan bentuk mitigasi struktural atau secara fisik yang mampu meminimalisir dampak bencana tsunami secara langsung.

Dilihat dari aspek bentuk mitigasi struktural yang berhasil dalam mitigasi bencana tsunami, terdapat beberapa wilayah yang selamat dari tsunami karena bentuk mitigasi struktural. Bentuk mitigasi bencana struktural ini telah terbukti mampu meminimalisir dampak bencana tsunami di beberapa wilayah. Sebagai contoh wilayah yang selamat dari bencana tsunami adalah Desa Fudai, Jepang yang selamat dari tsunami tahun 2011 dengan membangun tsunami gate di muara sungai setinggi 15,5 meter sehingga mampu menyelamatkan wilayahnya dari bencana tsunami setinggi 17 meter yang hanya mengalir sekitar beberapa ratus meter dari tsunami gate tersebut (Suppasri et al., 2013). Tsunami gate ini merupakan salah satu cara mitigasi bencana struktural yang mampu mencegah energi tsunami yang masuk melalui sungai sehingga dapat dihindari dengan membangun pintu air (Oetjen et al., 2022; Yamanaka & Shimozono, 2022). Kemudian bentuk mitigasi struktural secara alami dengan mangrove yang terbukti mampu melindungi Pulau Flores pada tahun 1933 dan Kabupaten Sinjai karena memiliki mangrove yang mampu melindungi wilayahnya, kemudian pengalaman 2004 di Kota Singkil yang juga selamat karena adanya mangrove dengan ketebalan 500 meter (Karminarsih, 2007).

Dilihat dari aspek tingkat kerentanannya dan kondisi wilayah berdasarkan analisis spasial terdapat beberapa studi yang memberikan bentuk rekomendasi mitigasi struktural. Setiap daerah dengan keunikannya memiliki bentuk mitigasi yang berbeda-beda, tergantung dari morfologi dan pola ruang wilayah. Sebagai contoh preseden penelitian yang dilakukan di Kecamatan Carita Kabupaten Pandeglang yang berdasarkan hasil analisis kerentanan lingkungan, kawasan yang berada pada kerentanan rendah diperlukan mitigasi struktural seperti seawall dan breakwater, serta berdasarkan arahan pola ruang direkomendasikan bentuk mitigasi berupa kawasan hutan mangrove (Hidayat & Hendrakusumah, 2021). Kemudian di Pangandaran berdasarkan analisis spasial dengan melihat keterpaparan wilayah berdasarkan ketinggian, jarak dari pantai, jarak dari sungai dan kelerengan direkomendasikan bentuk mitigasi secara struktural yang tepat untuk dilakukan adalah dengan penanaman mangrove, membuat jalur evakuasi, membangun tempat evakuasi sementara, membuat pemecah gelombang/breakwater dan sistem peringatan dini (Lestari et al., 2023). Di Kecamatan Sasana, Kabupaten Kepulauan Sula, Maluku Utara diberikan bentuk rekomendasi mitigasi struktural seperti

reklamasi pesisir sebagai zona penyangga, kemudian pemecah gelombang/breakwater, bangunan evakuasi sementara, jalur evakuasi dan pembuatan sarana prasarana lainnya yang mendukung upaya mitigasi bencana tsunami (Purwanto et al., 2017). Penelitian yang dilakukan di Watu Pecak Kabupaten Lumajang yang dilihat dari interpretasi kondisi wilayah dan data hasil survey, wawancara dan data sekunder direkomendasikan bentuk mitigasi struktural berupa penanaman mangrove, membuat breakwater, melakukan relokasi bangunan permukiman dan melakukan pengembangan sistem peringatan dini (early warning system)(Noviantoro et al., 2022). Di Pesisir Pantai Molibagu direkomendasikan untuk melakukan bentuk mitigasi struktural secara alami dengan membuat kawasan hijau, membuat jalur evakuasi dan melakukan pengembangan wilayah yang tidak memusat di satu titik kawasan (S. Nur et al., 2015) . Bentuk rekomendasi mitigasi struktural di Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat adalah dengan menggunakan ruang fungsional yang dibagi menjadi zona perlindungan, zona penggunaan terbatas, dan zona ruang pengembangan, dimana untuk kawasan yang berada pada risiko tinggi direkomendasikan untuk dilakukan penanaman mangrove (Ihsan & Pramukanto, 2017). Penelitian di Kota Banda Aceh dengan pendekatan multi-layer system terhadap kerentanan tsunami memberikan rekomendasi bentuk mitigasi berdasarkan tingkatan kerentanan tsunami. Untuk kerentanan tinggi yang berada pada lapisan satu direkomendasikan untuk memperkuat dan memelihara breakwater dan seawall yang ada, kemudian pada layer 2 dilakukan pembebasan lahan sempadan pantai sekitar 100 meter dan penetapan jalur mangrove, layer 3 dengan melakukan sistem silvofisheries (selang seling antara tambak dan mangrove), layer 4 membangun jalan layang (Agussaini et al., 2022). Untuk sempadan pantai 100 meter ini juga sesuai dengan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil yang menjelaskan bentuk proporsional sempadan pantai adalah 100 meter. Kemudian penelitian yang dilakukan (Wijanarko et al., 2022) memberikan rekomendasi bentuk mitigasi secara struktural secara alami dan secara buatan. Secara alami dilakukan dengan pemanfaatan greenbelt, sebagai contoh dengan menggunakan mangrove dengan lebar 200 meter, kemudian dengan bentuk mitigasi struktural buatan dapat dilakukan dengan breakwater, seawall, titik jalur evakuasi, dan sensor deteksi dini tsunami. Sedangkan di Kepulauan Mentawai yang dilihat dari karakteristik area yang terdampak tsunami diberikan bentuk rekomendasi berdasarkan zona. Zona pertama yang berhubungan langsung dengan laut disebut dengan zona konservasi, dengan bentuk mitigasi struktural yang dapat dilakukan adalah dengan membuat penambakan, hutang mangrove dengan lebar zona sekitar 200-300 meter, kemudian dengan menghindari bentuk pantai yang membentuk teluk yang dianggap dapat memperkuat arus turbulensi tsunami. Zona selanjutnya dilakukan dengan pembuatan breakwater dan seawall serta beach nourishment sebagai zona penyangga. Lalu zona bebas yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan(Putra, 2011). Di Kota Palu berdasarkan analisis spasial kerentanan wilayah secara struktural diperlukan penanaman mangrove serta perlindungan hutan alam dan hutan lindung (Sarapang, H.T., Rogi, O. H .A ., dan Hanny, 2019) Dilihat berdasarkan hasil uji eksperimental, terdapat beberapa bentuk rekomendasi mitigasi struktural bencana tsunami yang dapat dilakukan. Terdapat

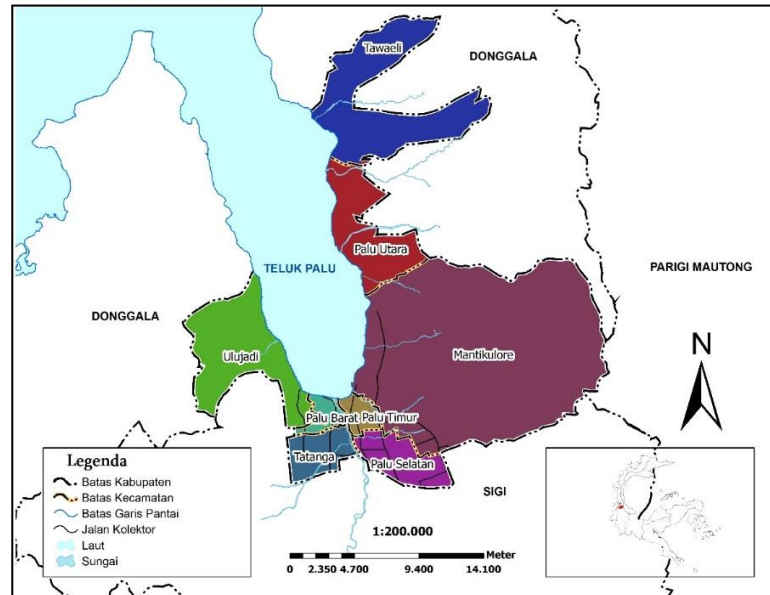
penelitian yang menguji efektivitas tembok laut (seawall), Pemecah gelombang (breakwater) yang menghasilkan hasil uji eksperimental, bahwa dengan adanya penanggulangan mempengaruhi kedalaman aliran, kemudian dengan konfigurasi antara seawall dan breakwater dapat mengurangi kedalaman air maksimum sebesar 33% dan teruji bahwa gabungan antara seawall dan breakwater lebih efektif dalam mengurangi beban gelombang (Van Dang et al., 2023). Kemudian pada percobaan yang dilakukan (Harada et al., 2002) menguji secara langsung perbandingan antara ada dan tidaknya model permeabel, dihasilkan dari hasil eksperimental bahwa terjadi pengurangan dampak tsunami yang berada di belakang kawasan hutan bakau (mangrove), hutan, pemecah gelombang batu, dan rumah rumah. Dan kekuatan hidrolis berkurang di belakang model mangrove dan hutan. Serta penelitian ini juga menjelaskan bahwa mangrove dengan ketebalan 200 meter, kerapatan 30 meter/100 m² dengan diameter pohon 15 cm mampu meredam setidaknya 50% energi gelombang tsunami dengan ketinggian 3 meter. Sedangkan (Jessica et al., 2023), melakukan uji fisik dengan tingkat redaman gelombang tsunami pada bangunan pantai di Teluk Palu yang menunjukkan bahwa dengan adanya kombinasi antara hutan pantai mangrove dan tanggul akan mampu meredam energi tsunami sekitar 20 bahkan sampai 100 persen. Dalam penelitian (Sameera et al., 2017) yang dilakukan dengan analisis kuantitatif dengan mengkaji ketahanan tanggul terhadap bencana tsunami di Sri Lanka menjelaskan bahwa infrastruktur atau bentuk mitigasi secara struktural dapat melindungi wilayah yang ada di belakangnya dan sangat diperlukan pada wilayah yang memiliki kepadatan penduduk karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

4. Kondisi Eksisting dan Bentuk Rekomendasi Mitigasi Struktural Kota Palu

Secara astronomis Kota Palu terletak di antara 0° 39.065' - 0° 56,844' LS sampai 199° 45.443 - 120° 2.535 BT, sedangkan secara geografis sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Donggala dan berbatasan langsung mengarah ke Teluk Palu, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Sigi, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Donggala, serta sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Parigi Moutong dan Donggala. Kota ini terdiri dari 8 Kecamatan yaitu Tawaeli, Palu Utara, Mantikulore, Palu Timur, Palu Barat, Tatanga, Palu Selatan, dan Ulujadi. Kecamatan Palu Timur dan Palu Barat memiliki posisi lokasi yang menghadap langsung ke laut atau Teluk Palu (BPS Kota Palu, 2022).

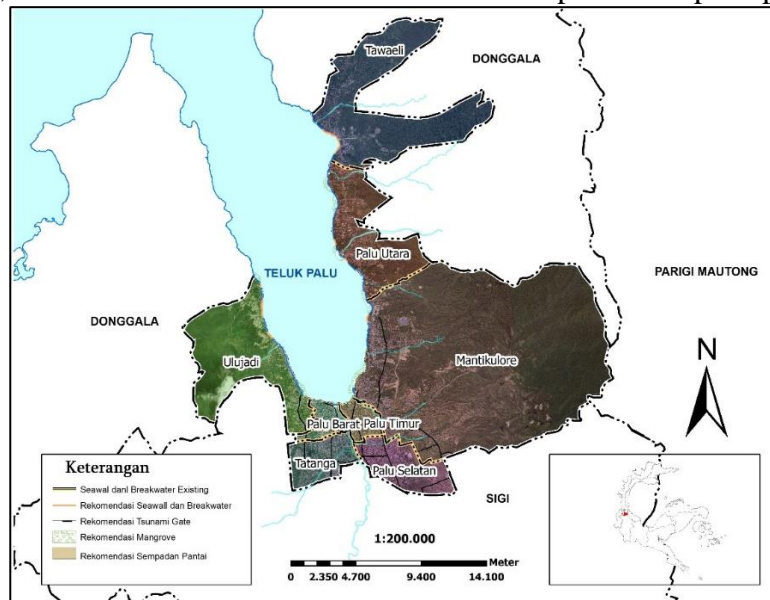
Kota Palu merupakan ibukota dari Provinsi Sulawesi Tengah. Berdasarkan catatan sejarah pada bulan September Tahun 2018 terjadi gempa dengan kekuatan 7,4 skala richter yang menyebabkan terjadinya bencana tsunami di Kota ini. Kota ini menjadi salah satu wilayah yang rawan terhadap ancaman bencana tsunami karena berada pada kawasan seismik aktif Indonesia, seismik ini dikenal dengan Sesar Palu Koro yang memanjang dari Kota Palu hingga arah Selatan dan Tenggara kota ini (Sarapang, H.T., Rogi, O. H .A ., dan Hanny, 2019). Dengan berbagai ancaman yang memungkinkan bencana tsunami dapat berulang terjadi kembali, diperlukan upaya mitigasi bencana tsunami dalam bentuk mitigasi struktural yang secara fisik dapat melindungi kota ini dari hantaman energi tsunami

Andi Tenri Khalik Jabbar, Rekomendasi Bentuk Mitigasi Struktural Ancaman Bencana Tsunami (Studi Kasus: Kota Palu)



Gambar 1. Peta Administrasi Kota Palu
Sumber: Hasil Olahan Peneliti 2024

Berdasarkan studi literatur terkait dengan bentuk-bentuk rekomendasi mitigasi struktural ancaman tsunami yang tepat dilakukan berdasarkan kondisi eksisting suatu kota, maka bentuk rekomendasi di Kota Palu dapat dilihat pada peta berikut:



Gambar 2. Peta Bentuk Rekomendasi Mitigasi Struktural Kota Palu
Sumber: Hasil Olahan Peneliti 2024

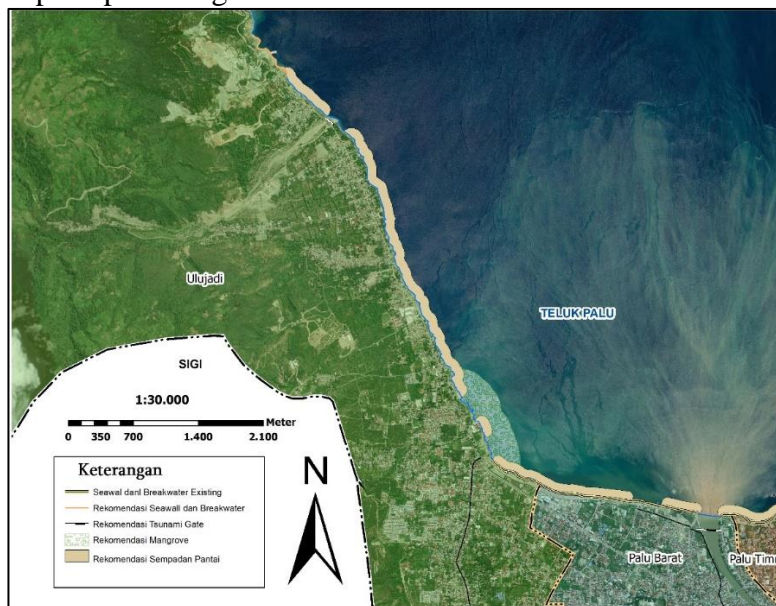
Kota Palu di atas menunjukkan memiliki kondisi eksisting membentuk teluk, yang berdasarkan studi literatur bentuk pantai yang membentuk teluk berpotensi untuk memperbesar energi arus turbulensi tsunami sehingga diperlukan upaya bentuk mitigasi struktural tsunami (Putra, 2011). Bentuk mitigasi ini dilihat dari segi bentuk upaya mitigasi struktural yang berhasil menghadapi ancaman bencana

Andi Tenri Khalik Jabbar, Rekomendasi Bentuk Mitigasi Struktural Ancaman Bencana Tsunami (Studi Kasus: Kota Palu)

tsunami, kemudian dari segi analisis spasial berdasarkan kerentanan wilayahnya, serta dari segi uji eksperimental bentuk mitigasi bencana struktural yang dapat digunakan.

Sehingga berdasarkan studi literatur tersebut, untuk di implementasi di Kota Palu yang memiliki sekitar 8 sungai besar yang mengarah ke laut dapat menggunakan tsunami gate atau pintu air di muara sungai yang berdasarkan kondisi eksisting Kota Palu tersebar di Kecamatan Ulujadi, Palu Barat, Palu Timur, Mantikulore, 3 sungai di Palu Utara, dan Tawaeli. Kemudian dapat dilakukan mitigasi struktural berupa greenbelt dengan memanfaatkan tanaman mangrove. Mangrove sudah teruji pada beberapa wilayah mampu mereduksi gelombang tsunami dengan ketebalan 200 sampai 300 meter kemudian kerapatan 30 meter/100m² dengan diameter pohon 15 cm mampu meredam setidaknya 50% energi gelombang tsunami. Untuk penyebaran lokasi penanaman dapat dilakukan di semua pesisir pantai kecuali wilayah sekitar pelabuhan yang memiliki manfaat untuk tempat berlabuhnya kapal, selain daripada itu, tinggi permukaan air laut di sekitar pelabuhan juga lebih tinggi sehingga tidak memungkinkan untuk menanam mangrove. Kemudian untuk kawasan yang tidak sesuai dengan aturan sempadan pantai direkomendasikan untuk memberlakukan aturan 100 meter dari garis pantai. Yang dimana, di Kota Palu masih belum memberlakukan sempadan pantai 100 meter di beberapa lokasi yang tersebar di setiap kecamatan. Kemudian rekomendasi selanjutnya adalah dengan menerapkan seawall dan breakwater, yang di Kota Palu sudah terdapat di Kecamatan Mantikulore, Kecamatan Palu Timur, Kecamatan Palu Barat, dan sedikit di Kecamatan Ulujadi namun diperlukan tambahan di beberapa lokasi seperti kawasan pelabuhan di Kecamatan Ulujadi, Kecamatan Mantikulore, Kecamatan Palu Utara, dan Kecamatan Tawaeli yang tidak memungkinkan untuk menggunakan bentuk rekomendasi berupa sempadan pantai dan mangrove.

Untuk melihat lebih detail bentuk rekomendasi mitigasi struktural di Kota Palu dapat dilihat pada peta dengan skala 1:30.000 di bawah ini:



Gambar 3. Peta Bentuk rekomendasi Skala 1:30.000 di Kota Palu
Sumber: Hasil Olahan Peneliti 2024

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan metode studi literatur review berbagai bacaan terkait dengan kata kunci yang berhubungan dengan tsunami, terdapat beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh terjadinya bencana tsunami di Kota Palu, sebagai berikut:

1. Melakukan pembuatan *tsunami gate* atau pintu air di muara sungai yang dapat menghalangi masuknya air tsunami melalui sungai ke pemukiman di 8 titik lokasi yang tersebar di semua kecamatan.
2. Memberlakukan zona buffer/zona penyangga, dalam hal ini dapat dilakukan pembuatan *greenbelt*/ sabuk hijau yang merupakan bentuk mitigasi struktural secara alami. Adapun rekomendasi tanaman yang banyak disarankan adalah *mangrove* dengan ketebalan penanaman 300-500 m dari garis pantai dianggap mampu meredam tsunami.
3. Pembangunan *seawall* yang dapat menghalangi hantaman bencana tsunami dan dikombinasikan dengan *breakwater* untuk memperkecil laju rambat gelombang tsunami.
4. Memberlakukan aturan sempadan pantai 100 meter. Terkhusus pada wilayah yang bentuk morfologinya cekung yang dapat meredam turbulensi energi tsunami ke daratan sehingga dapat meminimalisir air tsunami sampai ke permukiman

DAFTAR PUSTAKA

- Agussaini, H., Sirojuzilam, Rujiman, & Purwoko, A. (2022). A New Approach of the Tsunami Mitigation Strategies for the City of Banda Aceh, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 54(1), 62–69. <https://doi.org/10.22146/ijg.66500>
- Baskara, B., Sukarasa, I. K., & Septiadhi, A. (2017). Pemetaan Bahaya Gempa Bumi Dan Potensi Tsu-Nami Di Bali Berdasarkan Nilai Seismisitas. *Buletin Fisika*, 18(1), 20. <https://doi.org/10.24843/bf.2017.v18.i01.p04>
- BNPB. (2008). Pedoman penyusunan rencana penanggulangan bencana.
- BPS Kota Palu. (2022). Kota Palu Dalam Angka 2022.
- Direktorat Jendral Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Departemen Kelautan dan Perikanan. (2004). Mitigasi Bencana Alam Di Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil. In Departemen Kelautan dan Perikanan (Issue ISBN 979–3556–18–8). <http://dkp.go.id>
- Disaptono, S. (2003). Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dalam Kerangka Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu di Indonesia.
- Hadi, F., & Damayanti, A. (2019). Mapping vulnerability level of tsunami disaster in Coastal Villages of Pariaman City, West Sumatera. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 311(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/311/1/012024>
- Harada, K., Imamura, F., & Hiraishi, T. (2002). Experimental Study on the Effect in Reducing Tsunami by the Coastal Permeable Structures. *Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference*, 12(April), 652–658. <https://doi.org/10.1142/9789812776969>

Andi Tenri Khalik Jabbar, Rekomendasi Bentuk Mitigasi Struktural Ancaman Bencana Tsunami (Studi Kasus: Kota Palu)

- Hidayat, F. T., & Hendrakusumah, E. (2021). Arahana Pola Ruang Berbasis Mitigasi Bencana Tsunami di Wilayah Pesisir Pantai Kecamatan Carita Kabupaten Pandeglang. *Wilayah Dan Kota*, 412–420. <https://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/PWK/article/view/29259>
- Ihsan, F., & Pramukanto, Q. (2017). Perencanaan Lanskap Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat Berbasis Mitigasi Tsunami. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.29244/jli.v9i1.17165>
- Jessika, Y., Dharma, I. S., Dirgayusa, I. G. N., & Prasetyo, A. (2023). Studi Laboratorium Bangunan Pantai Untuk Mereduksi Gelombang Tsunami Kasus Palu, Sulawesi Selatan. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 8(1), 143. <https://doi.org/10.24843/jmas.2022.v08.i01.p16>
- Karminarsih, E. (2007). Pemanfaatan Ekosistem Mangrove bagi Minimasi Dampak Bencana di Wilayah Pesisir The Use of Ecosytem Mangrove in Minimalize Disaster Impact in Beach Area. *Jmht*, XIII(3), 182–187. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jmht/article/view/4003/2740>
- Kementerian Agama Republik Indonesia. Tafsir Al-Baqarah ayat 155
- Lestari, A. S., Muzani, M., & Setiawan, C. (2023). Mitigasi Bencana Tsunami Pantai Pangandaran, Jawa Barat. *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 8(1), 234–240.
- Noviantoro, K. M., Widjaja, H. R., & Ridwan, M. (2022). Penataan Ruang Wilayah Pesisir sebagai Upaya Mitigasi Bencana Tsunami di Pantai Watu Pecak, Kabupaten Lumajang. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 10(3), 236–245. <https://doi.org/10.14710/jwl.10.3.236-245>
- Nur, A. M. (2010). Arief Mustofa Nur. *Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya*, 7(1), 0–6.
- Nur, S., Ointu, A., Tarore, R. C., & Sembel, A. S. (2015). Mitigasi Bencana Tsunami Di Kawasan Pesisir Pantai Molibagu.
- Oetjen, J., Sundar, V., Venkatachalam, S., Reichert, K., Engel, M., Schüttrumpf, H., & Sannasiraj, S. A. (2022). A comprehensive review on structural tsunami countermeasures. In *Natural Hazards* (Vol. 113, Issue 3). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05367-y>
- Peraturan Menteri Dalam Negeri Tahun 2006 Tentang Pedoman Umum Mitigasi Bencana
- Pramana, B. S. (2015). Pemetaan Kerawanan Tsunami Di Kecamatan Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi. *SOSIO DIDAKTIKA: Social Science Education Journal*, 2(1), 76–91. <https://doi.org/10.15408/sd.v2i1.1383>
- Purwanto, N. I., Poluan, R. ., & Takumansang, E. D. (2017). Perencanaan Wilayah Pesisir Berbasis Mitigasi Bencana Di Kecamatan Sanana Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara. *Spasial*, 4(3), 1–8.
- Putra, A. P. (2011). Penataan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana Kabupaten Kepulauan Mentawai. *Jurnal Penanggulangan Bencana*, 2(1), 11–20.
- QS. AL-Baqarah ayat 155. (n.d.).
- Sameera, R., Samarasekara, M., Sasaki, J., Esteban, M., & Matsuda, H. (2017). Assessment of the co-benefits of structures in coastal areas for tsunami mitigation and improving community resilience in Sri Lanka.

- International Journal of Disaster Risk Reduction, 23(February), 80–92.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.04.011>
- Sarapang, H.T., Rogi, O. H .A ., dan Hanny, P. (2019). ANALISIS KERENTANAN BENCANA TSUNAMI DI KOTA PALU. 6(2), 432–439.
- Suhartono, & Darmawan, I. B. (2018). Mitigasi Bencana Alam. Graha Ilmu.
- Suppasri, A., Shuto, N., Imamura, F., Koshimura, S., Mas, E., & Yalciner, A. C. (2013). Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Tsunami: Performance of Tsunami Countermeasures, Coastal Buildings, and Tsunami Evacuation in Japan. *Pure and Applied Geophysics*, 170(6–8), 993–1018. <https://doi.org/10.1007/s00024-012-0511-7>
- Undang-Undang RI. (2007). Undang-Undang Republik Indonesia Tentang Penataan Ruang (Uu Ri Nomor 26 Tahun 2007).
- Undang-Undang No. 1 Tahun 2014. (2014). Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil. In Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor.
- Van Dang, H., Park, H., Shin, S., Tomiczek, T., Cox, D. T., Lee, E., Lee, D., & Lomonaco, P. (2023). Physical model comparison of gray and green mitigation alternatives for flooding and wave force reduction in an idealized urban coastal environment. *Coastal Engineering*, 184(August 2022), 104339. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2023.104339>
- Wijanarko, T., Tondobala, L., Ontang, F., & Siregar, P. (2022). MITIGASI BENCANA TSUNAMI DI WILAYAH PESISIR KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW TIMUR TSUNAMI DISASTER MITIGATION IN THE COASTAL AREA OF EAST BOLAANG MONGONDOW REGENCY. *Jurnal Spasial*, 9(1), 2022.
- Yamanaka, Y., & Shimozone, T. (2022). Tsunami inundation characteristics along the Japan Sea coastline: effect of dunes, breakwaters, and rivers. *Earth, Planets and Space*, 74(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01579-5>
- Yulianto, E., Kusmayanto, F., Supriyatna, N., & Dirhamsyah. (2008). Selamat Dari Bencana Tsunami Pembelajaran dari Tsunami Aceh dan Pangandaran Selamat Dari Bencana Tsunami.