

# Mitigasi Bencana Tsunami di Pantai Losari Makassar, Sulawesi Selatan

Achmad Yasir Baeda<sup>1</sup>, Syerly Klara<sup>2</sup>, Hendra<sup>3</sup>, Rita Muliwati<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin  
Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar, 90245  
Email: <sup>1</sup>yasirbaeda@yahoo.com

## Abstrak

Pantai Losari yang merupakan salah satu ikon penting Kota Makassar, ternyata memendam potensi bahaya yang cukup besar, yakni kerentanan terhadap terpaan tsunami. Hal ini lebih disebabkan karena posisinya yang tepat berada di depan Selat Makassar bagian Selatan yang kurang mempunyai sejarah seismik yang cukup signifikan untuk membangkitkan tsunami. Walaupun demikian, adanya Spreading Center serta kenyataan akan meningkatnya stress pada ujung-ujung lempeng aktif di sekitar Pulau Sulawesi, justru meningkatkan potensi gempa bawah laut, yang pada akhirnya dapat menyebabkan tsunami. Belum adanya konsep mitigasi bencana tsunami di Pantai Losari, semakin memperbesar peluang jatuhnya korban jiwa dan material yang besar, jika terjadi tsunami. Olehnya diperlukan kajian khusus mengenai mekanisme evakuasi yang tertuang pada Manual Mitigasi Bencana Tsunami jika terjadi di Pantai Losari Makassar. Kajian dilakukan dalam dua tahap, pertama adalah pemodelan penjalaran tsunami Selat Makassar bagian Selatan menuju Pantai Losari Makassar, dan kedua adalah kajian khusus mitigasi tsunami itu sendiri. Dengan pemodelan penjalaran tsunami menggunakan SiTProS Ver. 1.5, didapatkan bahwa tsunami dapat mencapai Pantai Losari Makassar sekitar 6.07 menit setelah gempa pertama dan dapat mencapai 9.0 meter run-up. Hal ini menjadi dasar pembuatan peta evakuasi sebagai alternatif terbaik mitigasi tsunami di Pantai Losari Makassar.

**Kata Kunci:** Mitigasi, tsunami, Pantai Losari

## I. Pendahuluan

Pulau Sulawesi merupakan pertemuan dari ujung-ujung lempeng tektonik aktif di dunia; yakni *Indo-Australia*, *Eurasia*, *Pacific*, dan *Caroline*. Selang beratus tahun, Pulau Sulawesi termasuk salah satu pulau yang tidak terlalu “menderita” oleh bencana-bencana geologi maupun bencana bawaannya, seperti tsunami. Namun hal ini pada dasarnya justru meningkatkan level keutamaan akan bahaya (hazard level), utamanya karena meningkatnya potensial stres dari lempeng-lempeng tektonik tersebut di atas.

Pantai Losari yang merupakan salah satu *waterfront* dari Kota Makassar, juga merupakan pantai yang secara langsung berhadapan dengan bagian Selatan dari Selat Makassar. Walau hal ini sangat baik untuk bidang pariwisata, namun juga cukup riskan untuk mendapatkan ancaman tsunami dari kegiatan seismik di Selat Makassar bagian Selatan. Olehnya sebagai tindakan preventif, diperlukan rancangan mitigasi bencana

tsunami yang spesifik untuk Pantai Losari. Rancangan ini merupakan sumber utama dalam pembuatan Manual Mitigasi Bencana Tsunami untuk Pantai Losari, yang akan sangat berperan dalam proses evakuasi penduduk saat terjadi tsunami di Pantai Losari; yang merupakan tanggung jawab dari Pemerintah Kota Makassar sendiri.

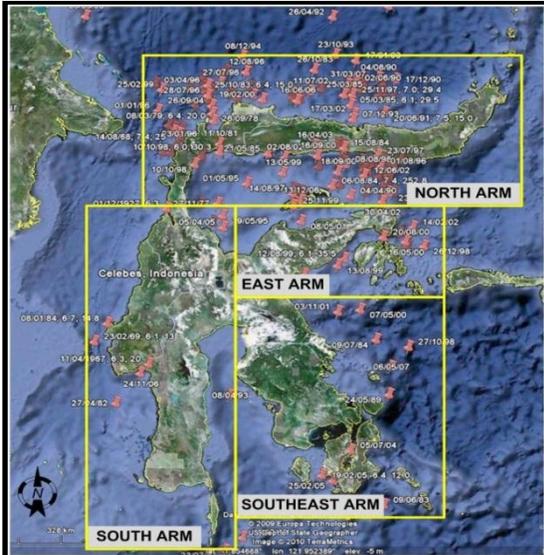
Oleh karena hal tersebut di atas pada penelitian ini, yakni dibuatnya mekanisme khusus mitigasi bencana Tsunami untuk Pantai Losari Makassar. Mekanisme khusus ini kemudian menjadi bahan utama dalam pembuatan Manual Mitigasi Bencana Tsunami untuk Pantai Losari Makassar.

## II. Tinjauan Pustaka

Secara geografis, Pulau Sulawesi terletak di 5.36° LU-7.48° LS dan 117.02°-125.74° BT merupakan salah satu pulau yang paling aman dalam rangkaian kepulauan Indonesia disebabkan karena letaknya yang secara tidak langsung



berada di antara 2 samudera, yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Sulawesi terbagi atas 6 provinsi dan memiliki beberapa pulau kecil, yang membuatnya menjadi salah satu dari pulau terbesar di Indonesia yang memiliki garis pantai yang panjang.



**Gambar 1.** Pusat gempa di perairan Pulau Sulawesi sejak 1976-2010 [1]

Sayangnya, ini juga bermakna bahwa Pulau Sulawesi rentan akan bahaya bencana di laut, seperti tsunami yang terjadi karena adanya gempa bumi yang berpusat di laut (terlihat dari point merah dan tanggal kejadian) tampak pada Gambar 1, terjadi di semua bagian dari Pulau Sulawesi. Sejak terjadinya tsunami Aceh tahun 2004, istilah tsunami mulai dikenal luas masyarakat Indonesia dan sejak saat itu pula Pemerintah dan masyarakat Indonesia semakin waspada akan ancaman tsunami dan menyadari perlunya upaya mitigasi untuk meminimalkan korban dan kerugian yang di timbulkan oleh bencana tsunami.

Indonesia dikelilingi pantai rawan tsunami karena posisi geografisnya yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia di Utara, lempeng Indo-Australia di Selatan, lempeng Pasifik di Timur. Pertemuan lempeng-lempeng ini adalah lokasi gempa-gempa yang besar dan berada di lautan yang berpotensi membangkitkan gelombang tsunami. Catatan riwayat tsunami menunjukkan bahwa terdapat 22 kejadian tsunami yang melanda kawasan pesisir dan laut Indonesia sejak 1961 hingga 2006, yang

artinya bahwa tsunami menghampiri pantai setiap sekitar dua tahun [2, 3]. Fakta di lapangan menunjukkan bahwa masyarakat pesisir belum terlalu siap menghadapi tsunami yang bertubi-tubi itu. Setiap kali tsunami datang, penduduk selalu dilanda kepanikan dan kebingungan. Oleh karena minimnya upaya mitigasi, banyak kerugian dan korban jiwa yang senantiasa jatuh akibat tsunami tersebut. Ada beberapa upaya yang bisa dilakukan untuk melindungi pantai dari terjangkit tsunami. Idealnya, menggunakan mitigasi yang komprehensif, yaitu dengan mengkombinasikan pemodelan fisik penjalaran tsunami dengan analisis mekanisme evakuasi yang sesuai dengan kemampuan manusia dan ketersediaan sarana dan prasarana di lokasi tinjauan.

Dengan perkembangan cepat yang terjadi di perkotaan di seluruh belahan dunia khususnya wilayah Pantai Losari Makassar, bencana alam seperti banjir dan curah hujan di atas normal, periode musim kering yang berkepanjangan, dan serangan angin taufan, tanah longsor dan gempa bumi adalah ancaman umum bagi umat manusia. Walaupun kemajuan mengenai pemahaman permasalahan bencana alam dan mitigasi bencana alam tetap minim, namun bagi sebagian besar orang masih banyak isu-isu yang belum terpecahkan. Penggunaan pemodelan fisik untuk studi dari permasalahan struktur bangunan untuk memperkecil atau mengurangi resiko tsunami ditinjau. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian berupa pemodelan fisik penjalaran tsunami yang dibarengi dengan pemberlakuan mekanisme evakuasi yang tepat yang merupakan komponen utama untuk menjaga keselamatan penduduk setempat jika terjadi tsunami.

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 perjamnya. 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.

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 hampir 500.000 orang dan merusak ratusan juta dollar properti di Alaska, Hawaii, dan di sepanjang Pantai Barat Amerika Serikat. Tsunami adalah peristiwa jarang terjadi namun bisa sangat merusak.

Selain mempersiapkan evakuasi dan tanggap darurat, masyarakat dapat mengurangi risiko tsunami di tempat mereka dengan memodifikasi penggunaan, perencanaan lahan serta praktik pembangunan struktur di atasnya. Meskipun berencana untuk tsunami tidak akan menjadi prioritas utama bagi komunitas pesisir, usaha yang relatif kecil untuk merencanakan bahaya ini dapat secara signifikan meningkatkan keselamatan masyarakat. Dengan itu perlu dilakukan penelitian mengenai mitigasi.

Mitigasi meliputi segala tindakan yang mencegah bahaya, mengurangi kemungkinan terjadinya bahaya, dan mengurangi daya rusak suatu bahaya yang tidak dapat dihindarkan. Mitigasi adalah dasar manajemen situasi darurat. Mitigasi dapat didefinisikan sebagai “aksi yang mengurangi atau menghilangkan resiko jangka panjang bahaya bencana alam dan akibatnya terhadap manusia dan harta-benda”. Mitigasi adalah usaha yang dilakukan oleh segala pihak terkait pada tingkat negara, masyarakat dan individu.

Kondisi masyarakat pantai/pesisir yang masih tradisional dan keterbatasan dana yang tersedia, maka langkah-langkah mitigasi yang berbasis

pada kemampuan masyarakat lokal mungkin lebih efektif untuk diterapkan. Keterampilan masyarakat mengantisipasi bencana menentukan dalam upaya penurunan risiko timbulnya korban dalam bencana tsunami. Langkah-langkah tersebut adalah antara lain:

- Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah membuat petarawan bencana yang dibuat oleh masyarakat sendiri dengan teknologi sesederhana mungkin sehingga mereka sadar dan mengerti bahwa tempat tinggalnya berada di daerah rawan tsunami.
- Langkah kedua melatih dan memberi penyuluhan tentang berbagai hal yang terkait dengan tsunami mulai dari gejala atau ciri-ciri tsunami, dampaknya, hingga upaya evakuasi dan penyelamatan diri. Metode penyampaiannya perlu dilakukan dengan cara yang menarik dan melalui media yang merakyat.
- Selain itu, benda-benda yang berada di pantai seperti kapal dan perahu bisa tertahan oleh vegetasi ini sehingga jumlah korban dan kerusakan bangunan lainnya bisa diperkecil. Banyak warga juga tertolong jiwanya dari bencana tsunami dengan cara berpegangan di pohon atau naik ke atas bangunan. Upaya mitigasi lain dengan pola adaptif, rumah-rumah penduduk di tepian pantai harus memiliki struktur kuat sehingga tahan terhadap goncangan gempa. Rumah panggung baik terbuat dari kayu maupun beton bisa menjadi alternatif karena tidak mudah roboh oleh terjangan tsunami. Yang tidak kalah pentingnya adalah membangun sistem deteksi dini atau sistem peringatan dini ini biasanya dikaitkan dengan alat/instrumen deteksi tsunami.

Jepang telah membangun dinding penahan Tsunami setinggi 4.5 meter pada daerah pantai yang padat penduduk. Namun ketika gempa tahun 1993 menimpa Hokaido, tinggi gelombang Tsunami mencapai 30 meter. Dinding penahan terlampaui namun tetap dapat mengurangi kecepatan dari Tsunami. Korban jiwa tetap tidak terhindarkan, Dengan ini Mitigasi harus memperhatikan semua tindakan yang diambil untuk mengurangi pengaruh dari bencana dan



kondisi yang peka dalam rangka untuk mengurangi bencana yang lebih besar dikemudian hari. Karena itu seluruh aktivitas mitigasi difokuskan pada bencana itu sendiri atau bagian/elemen dari ancaman.

Beberapa hal untuk rencana mitigasi (mitigation plan) pada masa depan dapat dilakukan sebagai berikut:

- Perencanaan lokasi (land management) dan pengaturan penempatan penduduk.
  - Memperkuat bangunan dan infrastruktur serta memperbaiki peraturan (code) disain yang sesuai.
  - Melakukan usaha preventif dengan merealokasi aktifitas yang tinggi ke daerah yang lebih aman dengan mengembangkan mikrozonasi.
  - Melindungi dari kerusakan dengan melakukan upaya perbaikan lingkungan dengan maksud menyerap energi dari gelombang Tsunami (misalnya dengan melakukan penanaman mangrove sepanjang pantai).
  - Mensosialisasikan dan melakukan training yang intensif bagi penduduk di sekitar pantai yang ditengarai rawan Tsunami.
  - Membuat sistem peringatan dini sepanjang daerah pantai losari/perkotaan yang rawan Tsunami.
- Upaya atau kegiatan dalam rangka pencegahan dan mitigasi yang dilakukan, bertujuan untuk menghindari terjadinya bencana serta mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh bencana. Tindakan mitigasi dilihat dari sifatnya dapat digolongkan menjadi 2 (dua) bagian, yaitu mitigasi pasif dan mitigasi aktif. Tindakan pencegahan yang tergolong dalam mitigasi pasif antara lain adalah:
- Pembuatan peta rawan bencana dan pemetaan masalah.
  - Pembuatan pedoman/standar/prosedur.
  - Pembuatan brosur/leaflet/poster.
  - Penelitian/pengkajian karakteristik bencana dan analisis resiko bencana.
  - Internalisasi peta bencana dalam muatan lokal pendidikan.
  - Perkuatan unit-unit sosial dalam masyarakat.
- Pemuatan parameter peta bencana dalam perencanaan pembangunan.
- Sedangkan tindakan pencegahan yang tergolong dalam mitigasi aktif antara lain:
- Pembuatan dan penempatan tanda-tanda peringatan, bahaya, larangan memasuki daerah rawan bencana, dan sebagainya,
  - Pengawasan terhadap pelaksanaan berbagai peraturan tentang penataan ruang, ijin mendirikan bangunan (IMB), dan peraturan lain yang berkaitan dengan pencegahan bencana,
  - Pelatihan dasar kebencanaan bagi aparat dan masyarakat,
  - Pemindahan penduduk dari daerah yang rawan bencana ke daerah yang lebih aman,
  - Penyuluhan dan peningkatan kewaspadaan masyarakat,
  - Perencanaan daerah penampungan sementara dan jalur-jalur evakuasi jika terjadi bencana,
  - Pembangunan struktur yang berfungsi untuk mencegah, mengamankan dan mengurangi jatuhnya korban jiwa.

### III. Tujuan dan Metode Penelitian

Tujuan yang diharapkan dapat dicapai dalam penelitian ini adalah ter-peta-kannya kemitigasian bencana tsunami di Pantai Losari Makassar, yang didasarkan pada simulasi numerik penjalaran tsunami yang kemungkinan terjadi di bagian Selatan Selat Makassar.

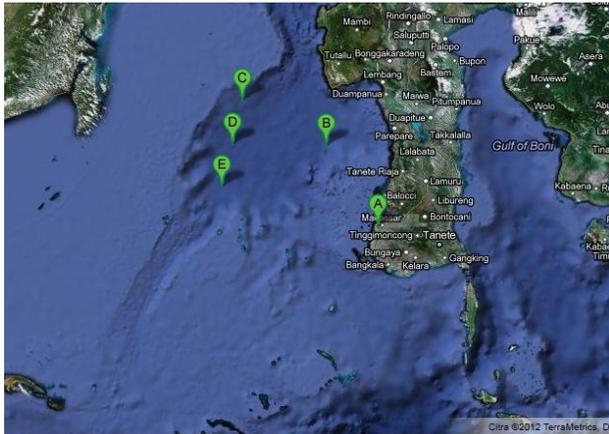
Metode penelitian dibagi dalam dua bagian besar, yakni pemodelan/simulasi numerik penjalaran tsunami dengan sumber pembangkit berada di bagian Selatan Selat Makassar, dan pembuatan peta evakuasi berbasis hasil simulasi numerik penjalaran tsunami tersebut.

Adapun lokasi yang ditinjau adalah Pantai Losari Makassar dengan posisi pada posisi  $5^{\circ} 08' 39.52$  Lintang Selatan dan  $119^{\circ} 24' 20.33''$  Bujur Timur (Gambar 2); sementara data parameter gempa diperoleh dari Global CMT dengan rincian sebagai berikut:



**Tabel 1.** Parameter Gempa Pembangkit Tsunami di Selatan Selat Makassar (sumber: Global CMT)

Reg Name	Location			Fault Plane						Mag
	Lat	Long	Depth	Strike	Dip	Slip	Strike1	Dip1	Slip1	
B	-4.22	118.85	15.7	38	24	100	207	66	86	5.5
C	-3.7	117.91	14.8	13	16	89	194	74	90	5.9
D	-4.2	117.8	14.8	13	16	89	194	74	90	5.9
E	-4.69	117.69	14.8	13	16	89	194	74	90	5.9



**Gambar 2.** Posisi Pantai Losari dan Episenter Gempa Bumi Pembangkitnya

Semua data tersebut di atas menjadi input utama pada program SiTProS [4] untuk mendapatkan visualisasi pemodelan gelombang tsunami buatan pada pantai Losari Makassar. Hasil pemodelan penjalaran ini menjadi input untuk pembuatan mekanisme evakuasi yang menjadi ciri utama dari mitigasi bencana tsunami.

Guna pembuatan peta evakuasi/mitigasi, dibutuhkan:

- Batas darat dan laut dari Pantai Losari
- Data demografi penduduk di sekitar Pantai Losari
- Data konstruksi di sekitar Pantai Losari
- Data rentang waktu aktifitas penduduk di Pantai Losari
- Data waktu terpa rata-rata tsunami serta tinggi run-up di bibir Pantai Losari

Adapun proses pembuatan peta evakuasi/mitigasi dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

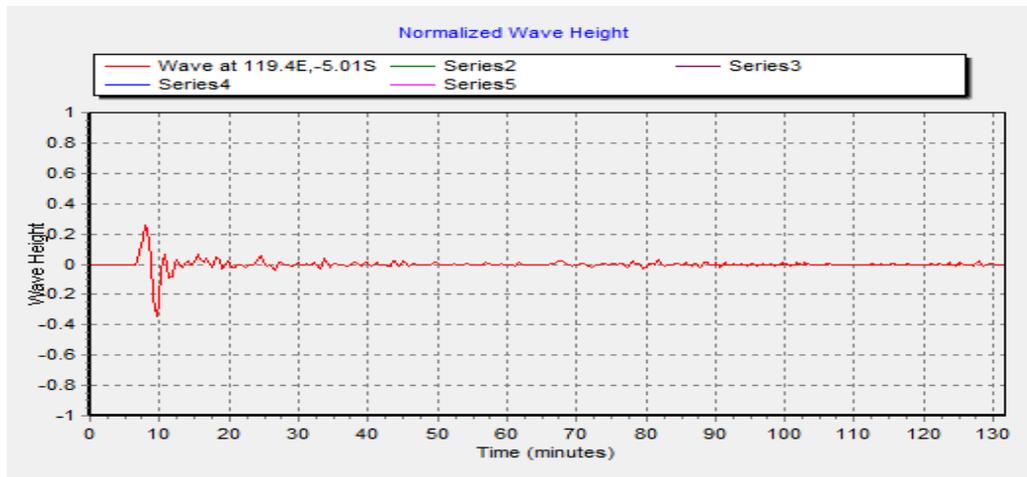
- Mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian ini yang terkait yaitu data jumlah penduduk, pendapatan rata-rata (annual), jenis pekerjaan.
- Mencari data tinggi bangunan, lokasi, luasan, level akses yang berada di Pantai Losari.
- Menghitung waktu rata-rata manusia beraktivitas antara lain: lari, jalan, naik tangga di beberapa lokasi Pantai Losari Makassar yang ditengarai akan terkena tsunami.
- Memasukkan input data tinggi gelombang dan waktu impact
- Memasukkan input koordinat titik dari lokasi daerah yang di tinjau.
- Menentukan alur evakuasi pada saat terjadinya tsunami.
- Membuat rangkaian peta mitigasi bencana tsunami di Losari.

#### IV. Analisis dan Pembahasan

Simulasi penjalaran tsunami dilakukan dalam dua bagian, yakni tinjauan titik dan tinjauan garis. Tinjauan titik memfokuskan pada epicenter gempa sementara tinjauan garis pada arah patahan yang akan menentukan arah terjang tsunami di pantai.

Simulasi ini menghasilkan bahwa waktu tercepat yang dibutuhkan dari *main shock* di pusat gempa (epicenter) sampai tibanya gelombang tsunami pertama di Pantai Losari Makassar adalah 6.073 menit (Gambar 3). Waktu ini juga berarti bahwa waktu evakuasi haruslah paling tidak sama atau kurang dari 6 menit.





Gambar 3. Grafik waktu impact tsunami tersingkat dalam menit

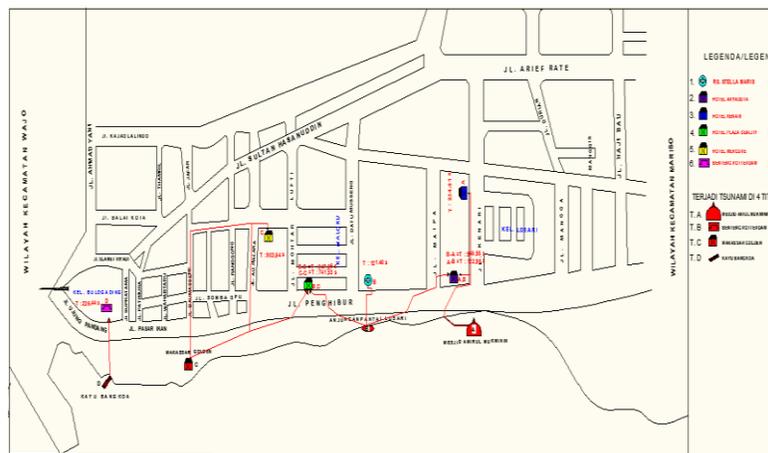
Sementara ketinggian gelombang maksimum adalah sekitar 11.69 meter yang juga berdasar atas formula Aydan [5] untuk wilayah Indonesia.

Adapun pengukuran ketinggian muka air sampai di jalanan Pantai Losari Makassar pada pasang tertinggi adalah 2.65 meter; sehingga ketinggian run-up yang akan tiba di Pantai Losari adalah 9.0 meter. Hal ini memberikan alternative rute evakuasi yang sangat terbatas di Pantai Losari Makassar. Walaupun demikian terdapat beberapa bangunan di sekitar Pantai Losari Makassar yang cukup representatif sebagai tempat evakuasi yakni Hotel Aryaduta Makassar (tinggi 47 meter), RS. Stella Maris (tinggi 17.5 meter), Quality Plaza Hotel (tinggi 30 meter), Mercure Hotel (tinggi 33 meter), Kenari Hotel (tinggi 24.5 meter), dan Benteng Rotterdam (tinggi 11 meter).

Analisis evakuasi kemudian dilakukan dengan mencatat pergerakan orang dalam kerumunan,

baik berjalan, berlari maupun menaiki tangga. Didapatkan bahwa untuk berlari di kerumunan dapat mencapai kecepatan 178.9 meter/menit, berjalan dalam kerumunan dapat mencapai kecepatan 64.9 meter/menit, serta menaiki tangga sebesar 0.49 meter/detik.

Jika di-skenario-kan terdapat pengumpulan massa pada saat tsunami terjadi di beberapa tempat, seperti Masjid Amirul Mukminin (Site A), Anjungan Pantai Losari (Site B), Makassar Golden Hotel (Site C) dan Pelabuhan Kayu Bangkoa (Site D), maka didapatkan bahwa dengan waktu impact 6.073 menit, akan dapat mengakomodasi proses evakuasi di Pantai Losari saat terjadi tsunami untuk Site A, B, dan D. Sementara untuk Site C, dibutuhkan waktu paling tidak dua menit lebih lama untuk sampai ke Mercure Hotel atau Hotel Aryaduta Makassar (Gambar 4).



Gambar 4. Alur evakuasi tsunami di Pantai Losari dan waktu tempuhnya

## V. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini adalah peta mitigasi yang berupa alur evakuasi dan tata cara evakuasi untuk wilayah Pantai Losari Makassar sangatlah diperlukan, mengingat waktu impact yang sangat singkat bila terjadi gempa bumi bawah laut di Bagian Selatan Selat Makassar. Adapun peta alur evakuasi beserta waktu tempuhnya dapat dilihat pada Gambar 4. Peta ini dapat dijadikan acuan awal untuk membuat peta yang lebih lengkap lagi, khususnya mencakup area Pantai Losari yang sementara dalam pembangunan.

Walaupun demikian, terdapat beberapa saran yang mengemuka pada penelitian ini. Antara lain diperlukannya satu bangunan tinggi lagi pada area di depan Makassar Golden Hotel, sebagai alternatif evakuasi yang lebih terjangkau dari estimasi waktu impact tsunami yang didapatkan melalui simulasi penjalaran tsunami. Khusus mengenai area Pantai Losari yang sementara dikembangkan, diperlukan penelitian lanjut mengenai area terpa gelombang tsunami yang

lebih luas lagi yakni mencakup area di sebelah Selatan dari Jalan Metro Tanjung Bunga yang padat dengan rumah penduduk.

## Kepustakaan

- [1] A.Y. Baeda, "Seismic and Tsunami Hazard Potential in Sulawesi Island", *Journal of International Development and Cooperation*, Vol 17, pp17-30, 2011.
- [2] S. Diposaptono, *Life alongside of Earthquakes and Tsunamis*. Penerbit Buku Ilmiah Populer, Ch.1, pp19-20, 2007.
- [3] H. Latief, N.T. Puspito, F. Imamura, "Tsunami Catalog and Zones in Indonesia", *Journal of Natural Disaster Science*, Vol. 22, No.1, pp.25-43, 2000.
- [4] S. Chuai-Aree, W. Kanbua, SiTProS, "Fast and Real-Time Simulation of Tsunami Propagation", *First Asia International Conference on Modeling & Simulation (AMS'07)*, Ams. pp. 490-495, 2007.
- [5] O. Aydan, "Seismic and Tsunami Hazard Potential in Indonesia with a special emphasis on Sumatra Island", *Journal of The School of Marine Science and Technology*, Tokai University, Vol. 6 No. 3: 19-38, 2008.
- [6] A.Y. Baeda, "Patahan Pembangkit Gempa Dasar Laut dan Tsunami di Pulau Sulawesi", *Prosiding Seminar Nasional, Celebes Ocean Science and Engineering Seminar (COSES 2014)*, Makassar, pp. 142-147, 2014.
- [7] A.Y. Baeda, et al, "Mitigation plan for future tsunami of Seruni Beach Bantaeng", *Elsevier Procedia Earth and Planetary Science*, Vol.14, pp.179-185, 2015.
- [8] A.Y. Baeda, et al, "Tsunami Mitigation Plan for Manakarra Beach of West Sulawesi Province, Indonesia", *Elsevier Procedia Engineering*, Vol. 116, pp.134-140, 2015.

