

## Studi Komparasi antara Peta Inundasi Tsunami Hasil Pemodelan TUNAMI N3 dengan Peta Topografi Daerah (Studi Kasus Kecamatan Ulak Karang, Kota Padang)

Meli Muchlian<sup>1</sup>, Leli Honesti<sup>\*1</sup> dan Nazwar Djali<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang – 25 143, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bung Hatta, Jl. Sumatera, Ulak Karang, Padang – 25 133, Indonesia

Email: [leli.honesti@gmail.com](mailto:leli.honesti@gmail.com)

Dikirim: 22 Mei 2021

Direvisi: 13 Juni 2021

Diterima: 10 Juli 2021

### ABSTRAK

Sebagian besar peta rawan tsunami Indonesia, khususnya kota Padang baru mulai dirancang setelah kejadian bencana tsunami Aceh tahun 2004. Peta rawan tsunami yang tersedia sekarang memiliki sumber dan kajian yang berbeda-beda. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perbedaan peta inundasi hasil pemodelan dengan TUNAMI N3 dan peta inundasi tsunami berdasarkan peta topografi. Untuk penelitian ini, peta inundasi tsunami diambil dalam skala besar (1:5.000) agar dapat memberikan informasi yang lebih terperinci karena dibuat dengan ukuran grid 90 meter. Daerah tinjauan dipilih di daerah Ulak Karang, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang, karena merupakan wilayah padat penduduk dan termasuk sebagai pusat perekonomian. Hasil elevasi tsunami maksimum pemodelan tsunami dari sumber blok Pagai dan blok Sipora adalah 6,22 m dan 2,15 m. Keberadaan Kepulauan Mentawai berperan dalam meredam energi tsunami yang bersumber dari blok Sipora menghasilkan fluktuasi elevasi gelombang tsunami di blok Sipora lebih kecil daripada blok Pagai. Perbandingan luasan terdampak inundasi blok Pagai, blok Sipora dan berdasarkan topografi adalah 48%, 22% dan 38% dari seluruh luasan daerah tinjauan. Luasan wilayah terdampak inundasi berbanding lurus dengan nilai elevasi gelombang tsunami maksimum yang dihasilkan. Peta inundasi berdasar topografi memiliki kelemahan karena menganggap tinggi elevasi tsunami pada setiap grid di bibir pantai adalah sama dengan asumsi 5 meter. Berbeda dengan peta inundasi hasil pemodelan yang memiliki data elevasi tsunami yang telah mempertimbangkan kondisi profil pantai yang terintegrasi sebagai data batimetri dalam *set up* pemodelan.

**Kata Kunci:** Peta inundasi tsunami, TUNAMI N3, Pagai, Sipora, topografi

### 1. PENDAHULUAN

Ketersediaan peta bahaya tsunami di Indonesia masih bisa dikatakan minim. Sebagian besar baru mulai dibuat setelah kejadian gempa bumi dan tsunami Aceh yang terjadi pada tanggal 26 Desember 2004 dengan kekuatan 9,0-9,3 SR. Tsunami memecahkan patahan besar zona laut lempeng Indo-Australia terhadap Eurasia sepanjang 1.300 Km (Suppasri *dkk*, 2010). Dampak dari Tsunami ini telah menyebabkan kerusakan parah pada infrastruktur dan bangunan di sepanjang pantai dengan 300.000 korban yang telah dilaporkan. Di sisi lain, kepulauan Hawaii telah memiliki peta semiempiris bahaya tsunami sejak tahun 1960-an, karena seringnya ancaman tsunami yang terjadi di sana (Barberopoulou *dkk*, 2009).

Kota Padang, Sumatera Barat termasuk wilayah yang rawan terhadap gempa bumi dan tsunami. Laporan yang tercatat menyatakan bahwa gempa bumi *megathrust* telah terjadi tahun 1797 dan 1833. Gempa bumi tanggal 10 Februari 1797 yang berpusat di blok Sipora Kepulauan Mentawai, menyebabkan kerusakan besar di Padang dan sekitarnya. Gelombang tsunami telah mengakibatkan banyak hilangnya nyawa di daerah Air Manis, serta kerusakan di Pulau Padang. Ketinggian tsunami pada saat itu dilaporkan sekitar 5 meter dengan rayapan tsunami di daratan mencapai 30 meter dari sisi pantai. Selanjutnya gempa bumi dan tsunami juga terjadi pada bulan November 1833 yang berpusat di blok Pagai Kepulauan Mentawai. Laporan pada saat itu permukaan air laut meningkat 3 atau 4 meter di garis pantai. Rayapan tsunami mencapai beberapa ratus meter di darat (Du Puy, 1845; 1847; Natawijaya *dkk.*, 2006).

Bakosurtanal telah membuat peta resmi kebencanaan tsunami dengan nama Peta Dasar Zonasi Tingkat Peringatan Tsunami. Peta tersebut menggunakan standar peta Bakosurtanal skala 1:25.000, menggambarkan fitur-fitur yang terdapat di daratan dan lautan serta zonasi bahaya tsunami di daerah pesisir berdasarkan hasil pemodelan tsunami. Analisis Probabilistik Bahaya Tsunami atau *Probabilistic Tsunami Hazard Analysis* (PTHA) untuk Kepulauan Indonesia telah dilakukan oleh Horspool, dkk. (2012). Peta bahaya tsunami hasil PTHA hanya memberikan data tinggi tsunami di garis pantai, dan kekurangannya adalah belum dapat digunakan secara langsung untuk menghitung luasan rendaman, run-up, atau fenomena tsunami lainnya yang ada di darat.

Sebagian besar peta rawan tsunami telah dirancang oleh instansi pemerintah, LSM, akademisi dan pihak swasta yang memiliki sumber data dan kajian yang berbeda-beda. Peta zona bahaya tsunami dalam skala besar (1:5.000) dapat memberikan informasi yang lebih rinci tentang genangan tsunami di setiap grid. Penelitian ini membuat analisis perbandingan peta genangan tsunami menggunakan data hasil pemodelan TUNAMI N3 dari sumber blok Sipora dan Pagai dengan peta genangan tsunami berdasarkan topografi daerah dengan studi kasus yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Kecamatan Ulak Karang, Kota Padang.

Ulak Karang merupakan wilayah terpadat di Kota Padang. Banyak bangunan tersebar merata di seluruh area ini, mulai dari daerah pesisir yang merupakan zona multi-hunian dengan kepadatan tinggi seperti rumah nelayan. Kawasan pusat Ulak Karang memiliki populasi penduduk yang cukup padat dibandingkan wilayah timur yang lebih merupakan pusat ekonomi di mana pasar Ulak Karang dan beberapa kantor swasta berada di sana. Ada juga jalan utama, yang membagi sisi timur dan barat kecamatan. Berdasarkan data pemerintah kota Padang, Wilayah Ulak Karang merupakan daerah rawan tsunami. Syam (2016), yang telah membuat peta jalur evakuasi tsunami dalam skala 1:30.000 menyatakan bahwa wilayah Ulak Karang termasuk zona merah tua-merah dengan tingkat kerawanan yang tinggi yaitu 4-6 meter.

## 2. METODOLOGI

Sumber gempa bumi dan tsunami yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah blok Sipora dan Blok Pagai di Kepulauan Mentawai di mana secara historis gempa bumi dan tsunami bersumber dari daerah tersebut. Inundasi dan *run-up* disimulasikan dalam beberapa skenario yaitu variasi magnitudo (8,0; 8,5; dan 9,0  $M_w$ ) dan variasi hiposenter gempa (10, 25 dan 35 Km). Setiap hasil nilai pasang surut pemodelan diverifikasi berdasarkan historis tsunami. Berdasarkan sejarah gempa bumi dan tsunami di Padang pada 1797 dan 1833, ketinggian tsunami terpantau adalah 5 m (Du Puy, 1845; 1847). Selain itu, jika hasil simulasi belum sesuai, akan diverifikasi dan divalidasi ulang dengan mengubah parameter gempa bumi dan/atau titik acuan level pasang surut dan/atau kualitas ukuran domain yang digunakan.

Data genangan tsunami diperoleh dari hasil simulasi *run-up* tsunami maksimum. Secara manual, perangkat lunak Transform digunakan untuk menampilkan data numerik dalam bentuk grafik sebelum dan sesudah *run-up* di daerah tinjauan. Dengan membandingkan antara dua grafik di setiap grid bersarang, tingkat genangan untuk setiap grid bersarang dapat diperoleh. Selanjutnya data tersebut diinterpretasikan dalam peta genangan digital dengan menggunakan software Arcview GIS 3.3 dengan ukuran grid yang disesuaikan (90 m). Selanjutnya untuk peta inundasi berdasarkan topografi, adalah mengacu kepada nilai histori tsunami sebagai nilai pasang surut tsunami maksimum. Selisih nilai maksimum dengan data topografi wilayah yang diperoleh dari SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) dijadikan sebagai data inundasi tsunami. Tabel 1 adalah faktor inundasi tsunami yang digunakan dalam penelitian ini. Pembagian zona bahaya tsunami dikelompokkan sebagai VHR = *Very high risk* (merah); HR = *High risk* (jingga); MR = *Medium risk* (kuning); LR = *Low risk* (abu-abu); VLR = *Very low risk* (hijau); h = tinggi inundasi.

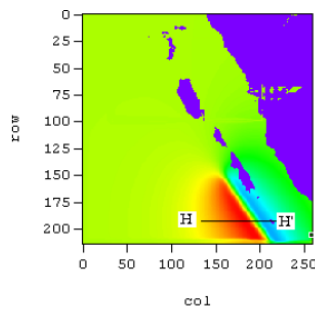
**Tabel 1:** Inundasi tsunami (Mardiatno, 2008)

Komponen	VH	HR	MR	LR	VLR
Inundasi	$h \geq 2 \text{ m}$	$1.5 \leq h < 2 \text{ m}$	$1 \leq h < 1.5 \text{ m}$	$0.5 \leq h < 1 \text{ m}$	$h \leq 0.5 \text{ m}$

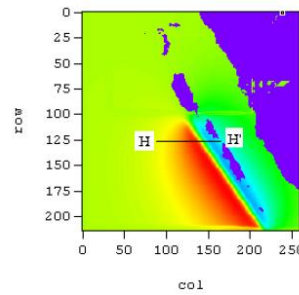
## 3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan hasil pemodelan tsunami dari sumber blok Pagai dan blok Sipora di Kepulauan Mentawai (Gambar 1) diperoleh elevasi tsunami maksimum untuk titik tinjau Ulak Karang 6,22 m dan 2,15 m seperti yang dipaparkan pada Tabel 2. Keberadaan Kepulauan Mentawai berperan dalam meredam energi tsunami yang bersumber dari blok Sipora yang menghasilkan fluktuasi elevasi tsunami di blok Sipora lebih

kecil daripada di blok Pagai. Di sisi lain, waktu yang dibutuhkan tsunami untuk tiba di Ulak Karang lebih cepat dari sumber blok Pagai dibandingkan dari pada blok Sipora.



(a) Sumber tsunami blok Pagai



(b) Sumber tsunami blok Sipora

Gambar 1. Sumber Tsunami blok Pagai (a) dan Sipora (b)

Tabel 2. Waktu Tempuh dan elevasi tsunami maksimum di Ulak Karang

Ulak Karang	Sumber blok Pagai		Sumber blok Sipora	
	Waktu datang tsunami	Elevasi maksimum tsunami	Waktu datang tsunami	Elevasi maksimum tsunami
	30 menit 20 detik	6,22 m	35 menit 20 detik	2,15 m

Hasil pemodelan tsunami akan mudah dipahami jika diinterpretasikan dalam bentuk peta. Masih banyak wilayah pesisir rawan tsunami di Indonesia yang belum memiliki peta rawan tsunami. Peta inundasi tsunami selain diperoleh dari hasil pemodelan tsunami juga bisa didasarkan dari data topografi dan asumsi run-up maksimum. Peta inundasi tsunami dari penelitian ini adalah berdasarkan hasil pemodelan tsunami dan data topografi. Setiap peta memiliki skala yang berbeda disesuaikan dengan tujuan dan ketersediaan datanya. Skala peta yang lebih kecil digunakan untuk wilayah kajian yang besar. Peta dengan skala yang besar bisa digunakan untuk daerah yang kecil, sehingga zona tsunami terlihat lebih rinci.

a. Inundasi tsunami, Ulak Karang sumber blok Pagai

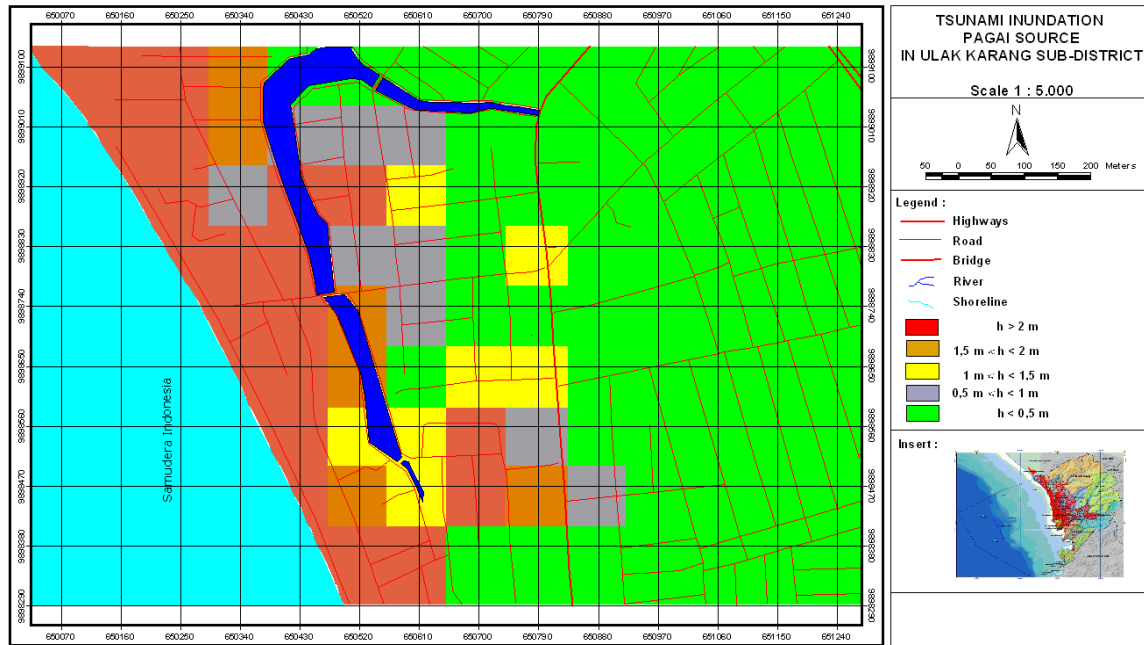
Pemodelan tsunami ini bersumber dari gempabumi *megathrust* dangkal dengan magnitudo 9,0 Mw dan kedalaman 10 km di sebelah barat blok Pagai. Setelah terjadi gempabumi terjadi penyusutan elevasi muka air laut dan tsunami awal sampai di titik tinjau sekitar 35 menit setelahnya. Sebelum sampai ke daerah pengamatan, gelombang tsunami dipecah oleh Kepulauan Mentawai bagian barat yang berhadapan langsung dengan sumber tsunami. Topografi pantai Ulak Karang adalah landai. Genangan tsunami mencapai 450 meter dari garis pantai wilayah Ulak Karang. Gambar 2 menunjukkan peta inundasi tsunami (skala 1:5.000) daerah Ulak Karang. Peta tersebut menunjukkan bahwa ketinggian tsunami ditandai dengan genangan berwarna merah tepi wilayah pesisir pantai dan untuk wilayah dengan warna oranye, kuning dan abu-abu hanya terjadi di beberapa grid saja. Total area yang tergenang air (berwarna hijau) lebih dari setengah daerah pengamatan. Luasan area zona merah (ketinggian tsunami >2 m) terlihat sebanyak 16 grid, yang setara dengan  $16 \times 8.100 \text{ m}^2$  atau  $129.600 \text{ m}^2$ . Luasan inundasi zona oranye sebanyak 6 grid atau  $48.600 \text{ m}^2$ . Selanjutnya zona kuning sebanyak 7 grid yaitu dengan luasan sekitar  $56.700 \text{ m}^2$ . Zona abu-abu sejumlah 9 grid atau setara dengan  $72.900 \text{ m}^2$ . Sehingga total wilayah yang rawan inundasi tsunami 48% dari seluruh luasan daerah tinjauan. Area yang tersisa adalah zona hijau yang dinyatakan sebagai area aman dari tsunami.

b. Inundasi tsunami, Ulak Karang sumber blok Sipora

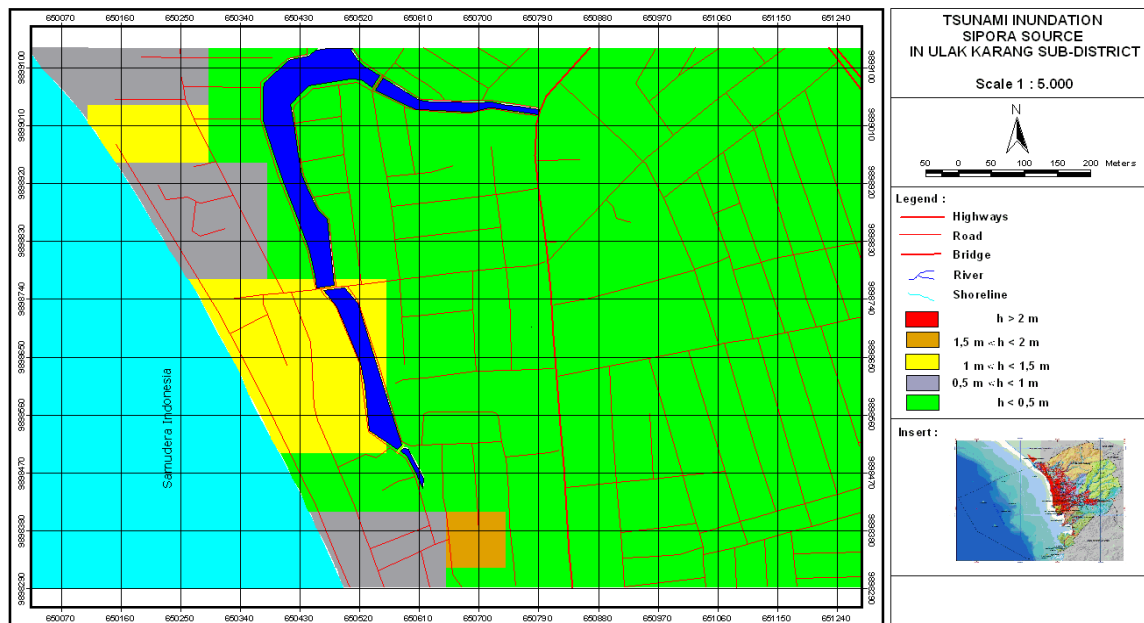
Peta inundasi tsunami di wilayah Ulak Karang pada Gambar 3 menunjukkan bahwa ketinggian genangan tsunami yang ditandai dengan zona kuning dan abu-abu yang menutupi daerah bagian dekat pantai. Hasil pemodelan pada wilayah ini dinyatakan tidak ada daerah dengan zona merah, hanya 1 grid dengan zona oranye, zona kuning kira-kira  $81.000 \text{ m}^2$  yang setara dengan 10 grid, dan area zona abu-abu adalah sekitar  $72.900 \text{ m}^2$  atau sekitar 9 grid. Sehingga total wilayah yang rawan inundasi tsunami 22% dari seluruh luasan daerah tinjauan. Sisanya wilayah ini berzona hijau yang menunjukkan bahwa itu adalah area aman dari tsunami.

## c. Inundasi tsunami, Ulak Karang berdasarkan topografi

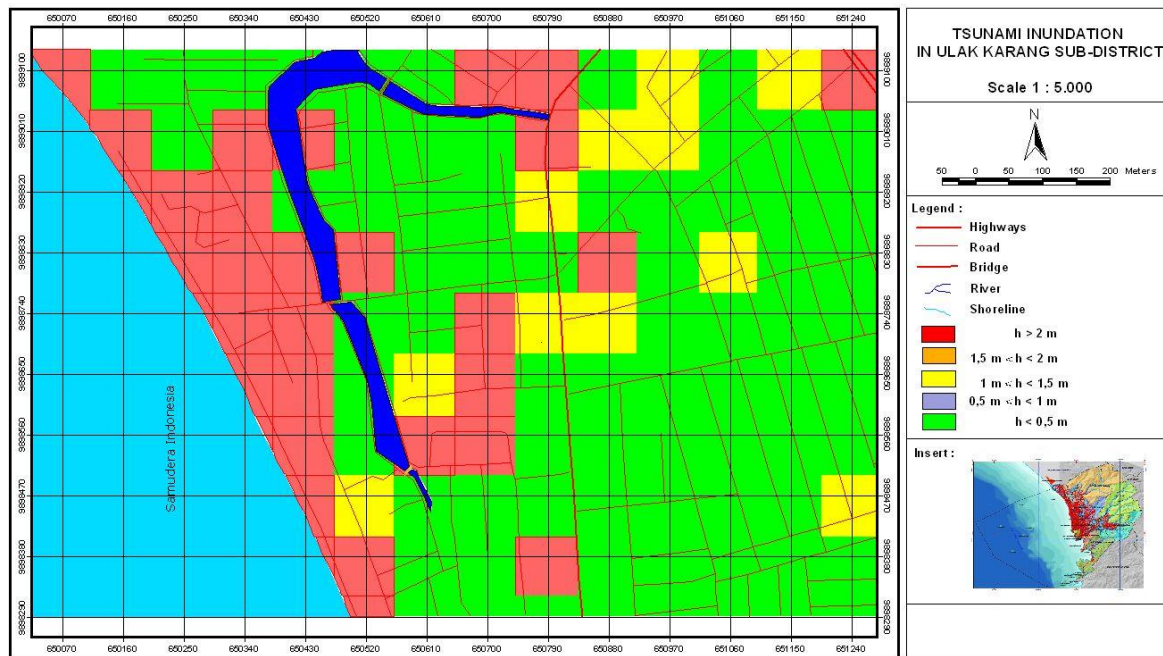
Inundasi tsunami di wilayah Ulak Karang berdasarkan topografi dipaparkan pada Gambar 4. Peta tersebut memaparkan wilayah zona merah seluas 251.100 m<sup>2</sup>. Zona kuning seluas 89.100 m<sup>2</sup>. Untuk peta inundasi berdasarkan topografi ini tidak ada wilayah dengan zona orange dan abu-abu. Sehingga total wilayah yang rawan inundasi tsunami 38% dari seluruh luasan daerah tinjauan. Sisanya wilayah ini berzona hijau yang menunjukkan bahwa itu adalah area aman dari tsunami.



Gambar 2. Peta inundasi tsunami dari sumber blok Pagai di wilayah Ulak Karang



Gambar 3. Peta inundasi tsunami dari sumber blok Sipora di wilayah Ulak Karang



Gambar 4. Peta inundasi tsunami dari topografi

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pemodelan tsunami pada titik tinjauan Ulak Karang menyatakan bahwa waktu datang dan tinggi gelombang tsunami maksimum hasil pemodelan pada sumber blok Pagai adalah 30 menit 20 detik dengan elevasi tsunami maksimum 6,22 m dan untuk sumber blok Sipora adalah 35 menit 20 detik dengan tinggi gelombang maksimum 2,15 m. Hasil pemodelan pada blok Sipora memiliki nilai elevasi gelombang tsunami yang lebih kecil dibandingkan blok Pagai. Hal ini disebabkan oleh keberadaan kepulauan Mentawai yang berperan sebagai peredam energi tsunami, mengalami difraksi sebelum menjalar dan sampai ke titik tinjauan Ulak Karang, Padang.

Berdasarkan analisis luasan wilayah terdampak inundasi tsunami di Ulak Karang dari sumber pemodelan diperoleh bahwa, untuk sumber gempa bumi blok Pagai total wilayah yang rawan inundasi tsunami sekitar 48% dari seluruh luasan daerah tinjauan dan untuk sumber blok Sipora total wilayah yang rawan inundasi tsunami sekitar 22% dari seluruh luasan daerah tinjauan. Perbandingan luasan wilayah terdampak inundasi berbanding lurus dengan elevasi gelombang tsunami maksimum pada masing-masing sumber gempa tersebut. Sementara untuk peta inundasi berdasarkan topografi diperoleh bahwa total wilayah yang rawan inundasi tsunami adalah 38% dari seluruh luasan daerah tinjauan. Di sini level kerawanan yang diperoleh berada di antara hasil dua sumber pemodelan sebelumnya. Namun peta inundasi berdasarkan topografi memiliki kelemahan karena menganggap tinggi elevasi tsunami pada setiap grid di bibir pantai adalah sama yaitu asumsi 5 meter. Berbeda dengan peta inundasi hasil pemodelan terlihat bahwa tinggi elevasi tsunami yang telah mempertimbangkan kondisi profil pantai yang terintegrasi sebagai data batimetri dalam *set up* pemodelan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bakosurtanal, Peta Dasar Zonasi Tingkat Peringatan Tsunami Daerah Banyuwangi, <https://bpbdb.banyuwangikab.go.id/publikasi/view/peta-dasar-zonasi-tingkat-peringatan-tsunami-daerah-banyuwangi>
- Barberopoulou, A., Borrero, J.C., Uslu, B., Kalligeris, N., Goltz, J.D. Wilson, R.I. and Synolakis, C.E. 2009, New Tsunami Inundation Maps for California, *EOS*, vol. 90, No. 16
- du Puy, J. (1845). Een aantekening omtrent vuurbergen en aardbevingen op Sumatra, *Tijdsch Neerland's Indie*, 7.
- du Puy, J. (1847). Een paar aantekening omtrent vuurbergen en aardbevingen op Sumatra. *Tijdsch Neerland's Indie*, 9.

- Horspool N., Pranantyo, I. R., Griffin, J., Latief, H., Natawidjaja, D. H., Kongko, W., Cipta, A., Koetapangwa, B., Anugrah, S. D. dan Thio, H. K. ,2012, A National Tsunami Hazard Assessment for Indonesia, AIFDR Report
- Mardinatno, D., 2008, Tsunami Risk Assessment Using Scenario-Based Approach, Geomorphological Analysis and Geographic Information System: A Case Study in South Coastal Areas of Java Island-Indonesia, Disertasi, University of Innsbruck.
- Natawijaya, D. H., Sieh, K., Chlieh, M., Galetzka, J., Suwargadi, B. W., Cheng, H., Edwards, R. L., Avouac, J. P., dan Ward, S. N., 2006, Source parameters of the great Sumatran megathrust earthquakes of 1797 and 1833 inferred from coral microatolls, *Journal of Geophysical Research*, vol. 111. 3: pp 1-37
- Suppasri, A., Imamura, F., and Koshimura, S. (2010). Effect of the rupture velocity of fault motion, ocean current and initial sea level on the transoceanic propagation of tsunamis. *Coastal Engineering Journal*. 52(2): pp 107-132. World Scientific.
- Syam, A., 2016, Kelayakan Jalur Evakuasi Tsunami di Kecamatan Padang Utara Kota Padang, *Jurnal STKIP Pessel*, Vol.1 No.1.