



## Pemetaan Jalur Evakuasi Sebagai Upaya Pengurangan Risiko Bahaya Tsunami di Wilayah Kuta Mandalika, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Yohana Noradika Maharani <sup>1\*</sup>, Ardhianto Septiadhi <sup>2)</sup>, Tissia Ayu Algary<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Magister Manajemen Bencana, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

<sup>2)</sup> Stasiun Geofisika Mataram, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>3)</sup> Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

\*email korespondensi : yohanam@upnyk.ac.id

### ABSTRAK

Berdasarkan catatan sejarah kegempaan, Pulau Lombok merupakan kawasan yang sering mengalami gempa kecil hingga menengah. Kabupaten Lombok Tengah khususnya wilayah Mandalika merupakan daerah yang terletak di bagian selatan pulau Lombok yang dekat dengan sumber kegempaan yaitu sumber gempabumi Penunjaman Parit Jawa atau Zona Benioff Wadati Jawa-Bali. Zona megathrust atau subduksi dengan potensi magnitudo maksimum 8,7 dapat memberikan dampak signifikan apabila mengguncang wilayah selatan Lombok dan sumber gempa ini berpotensi tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai genangan tsunami maksimum di wilayah Kuta Mandalika, sehingga dapat dijadikan acuan tambahan dalam penentuan jalur evakuasi dan titik kumpul. Selanjutnya menyusun sebuah peta yang menggambarkan jalur evakuasi di Mandalika, Kabupaten Lombok Tengah terhadap bahaya landaan tsunami. Metode yang digunakan adalah *Community Model Interface for Tsunami* (ComMIT) melalui Method of Splitting Tsunami (MOST) buatan *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) Center for Tsunami Research. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa tinggi dan inundasi paling besar ditimbulkan oleh sumber gempabumi Megathrust segmen Bali dengan magnitudo 9,0. Sedangkan Peta Flow Depth menunjukkan bahwa genangan maksimum yang terjadi di Kuta sekitar 0,5 m hingga 12 m di bibir pantai dengan luas genangan 15,27 km<sup>2</sup>. Peta Flow Depth ini selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan dasar dalam pembuatan peta evakuasi tsunami.

**Kata Kunci:** *community model interface for tsunami; method of splitting tsunami; peta evakuasi; provinsi nusa tenggara barat; tsunami*

### ABSTRACT

*Based on historical records of seismicity, Lombok Island is an area that often experiences small to medium earthquakes. Central Lombok Regency, especially the Mandalika region, is an area located in the southern part of the island of Lombok which is close to the source of the earthquake, namely the Java Trench Subduction earthquake source or the Java-Bali Wadati Benioff Zone. The megathrust or subduction zone with a potential maximum magnitude of 8.7 can have a significant impact if it shakes the southern region of Lombok and the source of this earthquake has the potential cause for a tsunami. This study aims to provide an overview of the maximum tsunami inundation in the Kuta Mandalika area, so that it can be used as an additional reference in determining evacuation routes and tsunami shelter. Furthermore, compiling a map that describes the evacuation route in Mandalika, Central Lombok Regency against the danger of a tsunami. The method used is the Community Model Interface for Tsunami (ComMIT) through the Method of Splitting Tsunami (MOST) made by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Center for Tsunami Research. The modeling results show that the highest height and inundation are caused by the Megathrust earthquake source in the Bali segment with a magnitude of 9.0. While the Flow Depth Map shows that the maximum inundation that occurs in Kuta is around 0.5 m to 12 m on the shoreline with an inundation area of 15.27 km<sup>2</sup>. This Flow Depth map can then be used as a basic reference in making a tsunami evacuation map.*

**Keywords:** *community model interface for tsunami; evacuation map; method of splitting tsunami; tsunami; west nusa tenggara province*

## I. PENDAHULUAN

Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat termasuk salah satu daerah seismik aktif dengan seismisitas yang tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh zona subduksi atau megathrust di selatan dan zona sumber gempa bumi “*Back Arc Thrusting*” di utara Lombok. Dari dua zona sumber kegempaan tersebut mengakibatkan terjadinya gempa bumi dengan potensi merusak dan juga potensi terjadinya tsunami yang relatif tinggi akibat gempa bumi di megathrust. Kejadian gempa besar yang terakhir terjadi adalah di tahun 2018 yang menyebabkan guncangan yang cukup kuat sehingga menimbulkan korban jiwa, kerusakan bangunan, serta kerusakan geologi. Gempa ini disebabkan oleh aktivitas Back Arc Thrust di wilayah utara Pulau Lombok.

Selama beberapa dekade terakhir, banyak perkembangan besar di Lombok, bahkan perekonomiannya menjadi sangat bergantung pada sektor pariwisata. Apalagi pembangunan kawasan pesisir Mandalika sedang terus dilakukan untuk persiapan perhelatan balap motor bergengsi MotoGP 2021, selain itu juga telah disepakati untuk menjadi tuan rumah *World Superbike* (WSBK). Untuk beberapa kawasan pantai, tidak hanya penduduk setempat yang berisiko, tetapi para pengunjung juga berisiko akibat tsunami. Secara umum, pengunjung memiliki pengetahuan yang lebih sedikit dibandingkan dengan penduduk lokal tentang lokasi tempat perlindungan tsunami dan rute yang lebih aman untuk menjangkau mereka. Kehadiran pengunjung dan perilaku yang berbeda, oleh karenanya akan mempengaruhi waktu evakuasi, jumlah pengunjung yang mencapai setiap tempat penampungan, titik-titik kemacetan dan korban. Dengan demikian, untuk membuat rencana evakuasi yang efektif penting bagi pengelola risiko bencana untuk mempertimbangkan hal-hal tersebut.

Masyarakat yang tinggal di pesisir seringkali terancam oleh bahaya tsunami yang dapat menggenangi daerah dataran lebih rendah hanya beberapa menit setelah terjadi gempa bumi lokal. Mengingat waktu yang singkat ini, maka perlu bagi individu untuk mengambil tindakan protektif. Evakuasi dengan menggunakan kendaraan kemungkinan besar akan sulit dilakukan karena jalan yang rusak setelah gempa awal, bahkan dilarang di beberapa yurisdiksi karena bisa menimbulkan kemacetan lalu lintas (Cascadia Region Earthquake Workgroup, 2013; Fraser et al., 2012). Beberapa infrastruktur yang ada di pesisir misalnya pemecah gelombang, tanggul laut dan tanggul pantai akan mengalami kerusakan yang signifikan ketika tsunami terjadi (Mikami et al., 2012; Mori & Takahashi, 2012).

Meskipun demikian juga diakui bahwa bangunan beton bertulang seringkali cukup kuat (FEMA, 2008) untuk menahan kekuatan tsunami, banyak diantaranya rusak parah dan beberapa hanyut (Mori & Takahashi, 2012; Ogasawara, et al., 2012). Satu pelajaran penting yang bisa ditarik dari tsunami ini adalah sulitnya melindungi wilayah pesisir dan kehidupan manusia dari kejadian tsunami ekstrim jika hanya dengan menggunakan pembangunan dari segi struktur (misalnya tanggul pantai, tembok laut, bangunan).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran mengenai genangan tsunami maksimum di wilayah Kuta Mandalika, sehingga dapat dijadikan acuan tambahan dalam penentuan jalur evakuasi dan titik kumpul (shelter tsunami). Selanjutnya menyusun sebuah peta yang menggambarkan jalur evakuasi di Mandalika, Kabupaten Lombok Tengah terhadap bahaya landaan tsunami. Berdasarkan UU No. 24 Tahun 2007 bahwa penanggulangan bencana bersifat dinamis, berkelanjutan, dan proses yang terintegrasi untuk meningkatkan kualitas tindakan yang berkaitan dengan observasi bencana, analisis, pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, peringatan dini, tanggap darurat, rehabilitasi dan rekonstruksi. Perencanaan jalur evakuasi dan tempat penampungan evakuasi termasuk dalam tsunami fase mitigasi bencana. Mitigasi bencana merupakan rangkaian upaya melalui pengurangan risiko bencana perkembangan fisik serta kesadaran dan peningkatan kemampuan untuk menghadapi ancaman (Budiarjo, 2006). Untuk menjaga agar penelitian ini dapat dikelola dengan baik, maka diaplikasikan *Community Model Interface for Tsunami* (ComMIT) menggunakan metode *Method of Splitting Tsunami* (MOST) buatan *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) *Center for Tsunami Research*.

## II. METODE

Setiap kejadian tsunami berbeda-beda. Lombok mengalami dampak tsunami yang mungkin lebih kecil, akan tetapi kasus terburuk juga mungkin pernah terjadi. Sejarah kejadian tsunami memberikan referensi penting untuk memprediksi kemungkinan kejadian di masa depan. Oleh karena itu, untuk memahami kemungkinan dampak tsunami di masa depan, maka data kejadian masa lalu bisa digunakan dan diolah dengan pemodelan (simulasi) yang terkomputerisasi untuk memperkirakan daerah yang berpotensi terkena landaan tsunami.

Penelitian ini mengambil studi kasus wilayah Kuta Mandalika, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan mempertimbangkan kejadian sejarah gempa bumi dan tsunami di wilayah Lombok. Penelitian ini didukung dan bekerjasama dengan BMKG khususnya Stasiun Geofisika Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat, yang dalam hal ini terkait ketersediaan data dan analisis komputasi. Secara ringkas penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang terbagi sebagai berikut:

- 1) Persiapan. Pada tahap persiapan dilakukan deliniasi area studi kasus, mengumpulkan beberapa data awal, dan penentuan skenario gempa bumi.
- 2) Pengolahan data dengan ComMIT. Pengolahan data dilakukan berdasarkan lima skenario sumber gempa bumi. Skenario yang dimaksud terdiri atas dua gempa bumi tsunami yang pernah terjadi dan tiga segmen megathrust dengan nilai magnitudo maksimum yang berpotensi terjadi yang merupakan kemungkinan terburuk.
- 3) Hasil pengolahan. Masing-masing skenario menghasilkan nilai tinggi maksimum tsunami dan inundasi yang berbeda-beda.
- 4) Menyusun peta evakuasi tsunami. Dalam pembuatan peta evakuasi tsunami diperlukan nilai gabungan (*composite*) inundasi maksimum dari lima skenario yang ada.

Program yang digunakan untuk melakukan komputasi pemodelan adalah ComMIT yang awalnya dikembangkan untuk negara Samudera Hindia dengan dukungan dari PBB, *United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization* (UNESCO), *United States Agency for International Development* (USAID), dan *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

ComMIT menggunakan metode *Method of Splitting Tsunami* (MOST) sebuah software buatan NOAA untuk memfasilitasi pengguna dalam simulasi dan penanganan masalah yang terkait dengan batimetri dan topografi masalah dalam kasus tsunami (Kaiser et al., 2011). Pemodelan tsunami yang menggunakan MOST terbagi dalam tiga tahap (Titov et al., 2011), sebagai berikut:

- 1) Fase deformasi yang menghasilkan kondisi awal untuk tsunami dengan mensimulasikan perubahan dasar laut akibat peristiwa seismik.
- 2) Fase propagasi yang menjelaskan penjalaran gelombang tsunami yang dihasilkan di laut.
- 3) Fase inundasi/penggenangan yang mensimulasikan keadaan laut dangkal dari tsunami untuk memprediksi banjir dan wilayah tergenang di daerah pesisir.

Ruang lingkup pemodelan inundasi tsunami dibuat dari dua skenario gempa bumi pembangkit tsunami yang pernah terjadi, yaitu gempa bumi Selatan Sumbawa 19 Agustus 1977 dan Selatan Banyuwangi 2 Juni 1994. Selain itu digunakan juga tiga skenario megathrust segmen Jawa Tengah-Jawa Timur (M=8,9), segmen Bali (M=9,0) dan segmen NTB (M=8,9).

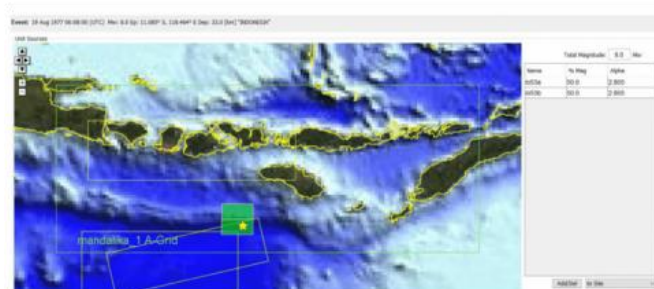
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Gempabumi dan tsunami di wilayah Lombok

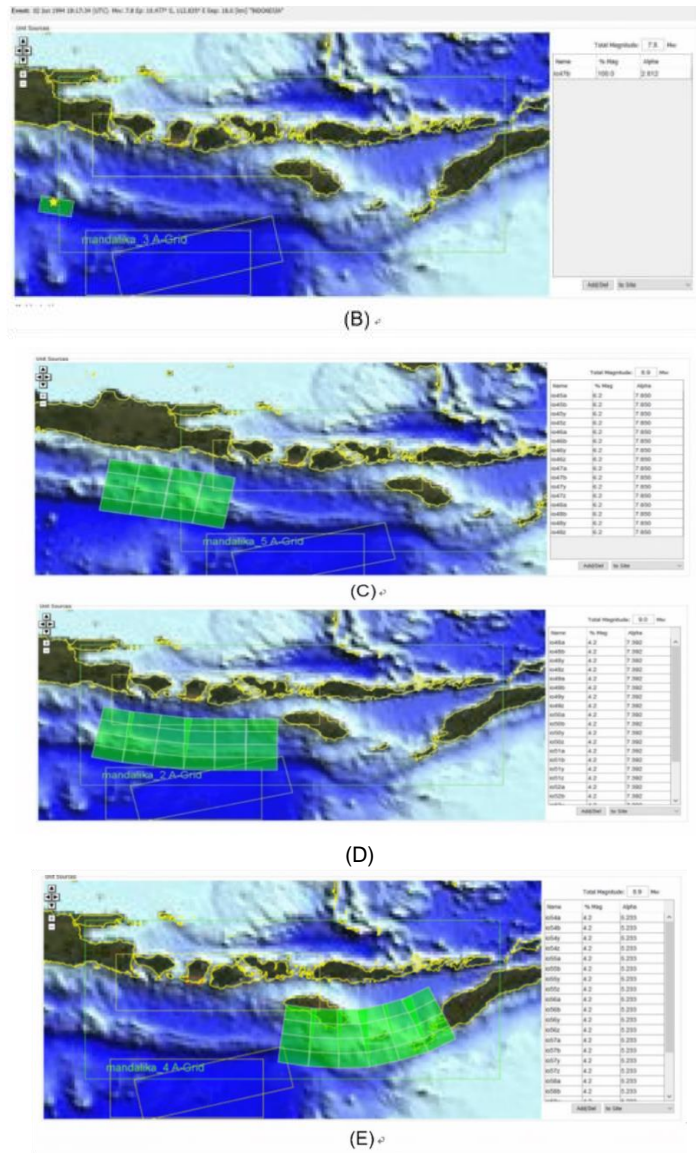
Sumber gempa bumi di Lombok terbagi atas zona subduksi dan back arc thrust. Berdasarkan catatan yang ada, satu-satunya gempa bumi yang menimbulkan tsunami di wilayah Lombok bersumber di selatan Sumbawa pada koordinat 11,08°LS 118,464°BT dengan magnitudo 8,0 dan kedalaman 33 km. Tsunami tersebut terjadi pada 19 Agustus 1977 dan berdampak di daerah Kuta dan Awang. Selain itu terdapat juga gempa bumi 2 Juni 1994 yang mengguncang selatan Banyuwangi, tepatnya pada koordinat 10,47°LS 112,835°BT dan kedalaman 18 km. Gempabumi berkekuatan 7,8 tersebut menimbulkan banyak kerusakan di Banyuwangi.

#### 3.2. Skenario Sumber Gempabumi

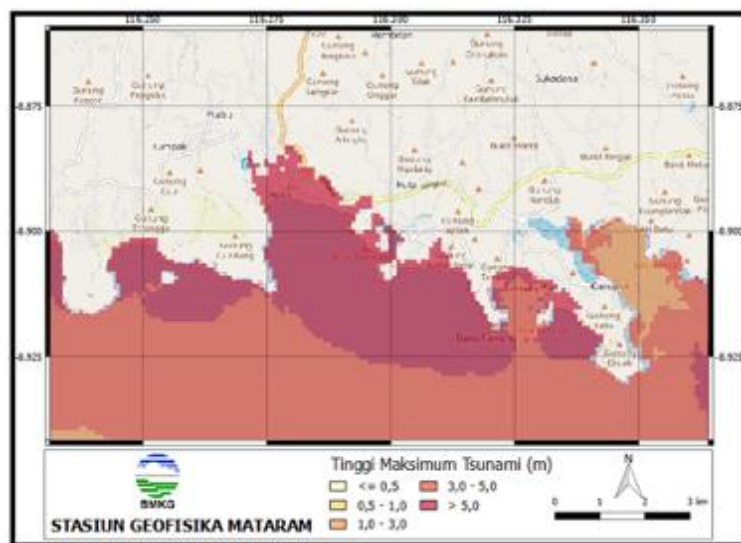
Pengolahan data dilakukan berdasarkan lima skenario sumber gempa bumi seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**. Skenario yang dimaksud terdiri atas dua gempa bumi tsunami yang pernah terjadi dan tiga segmen Megathrust dengan nilai magnitudo maksimum yang berpotensi terjadi yang merupakan kemungkinan terburuk. Masing-masing skenario menghasilkan nilai tinggi maksimum tsunami dan inundasi yang berbeda-beda. Dalam pembuatan peta evakuasi tsunami diperlukan nilai gabungan (*composite*) inundasi maksimum dari lima skenario yang ada yang hasilnya ditunjukkan pada **Gambar 2**, sedangkan peta *composite* tinggi maksimum tsunami ditunjukkan pada **Gambar 3**.



(A)

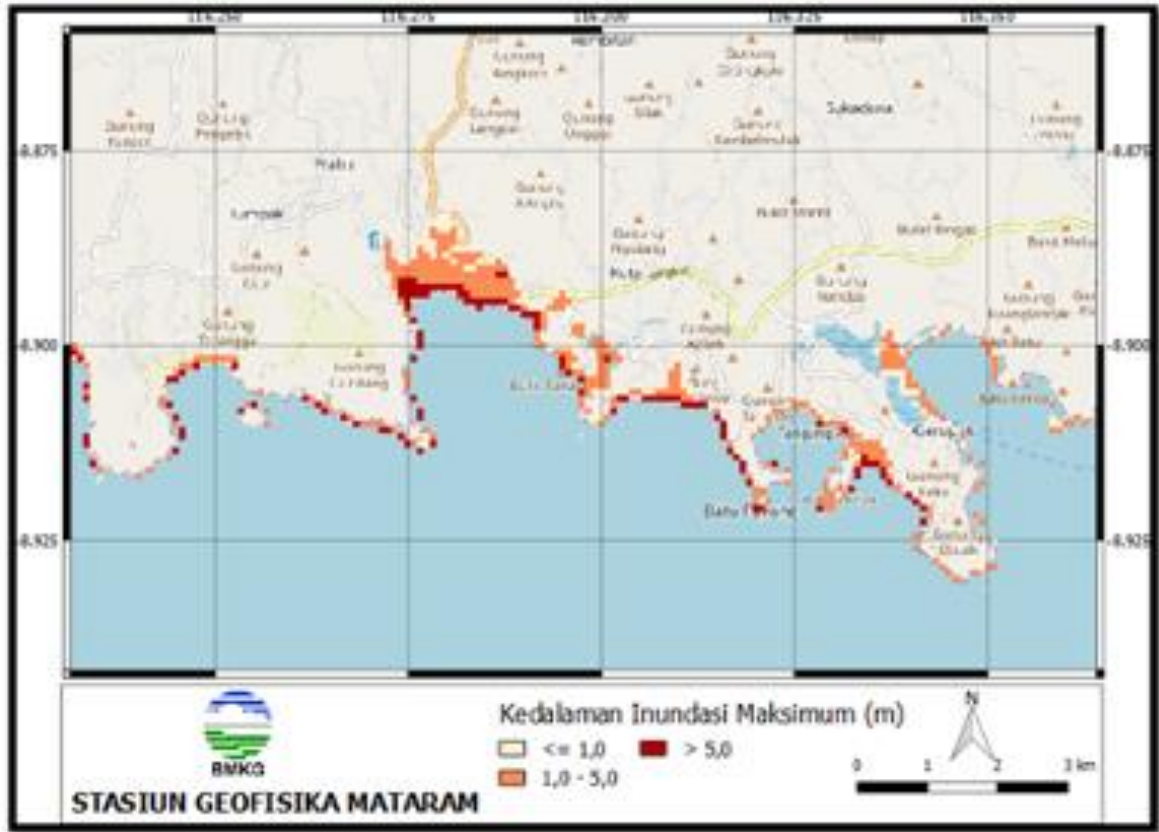


Gambar 1. Skenario Sumber Gempabumi (A) Sumbawa 1977, (B) Banyuwangi 1994, (C) Megathrust segmen Jateng-Jatim, (D) Megathrust segmen Bali, (E) Megathrust segmen NTB



Gambar 2. Peta Tinggi Maksimum Tsunami Hasil Composite di Kuta Mandalika dan sekitarnya

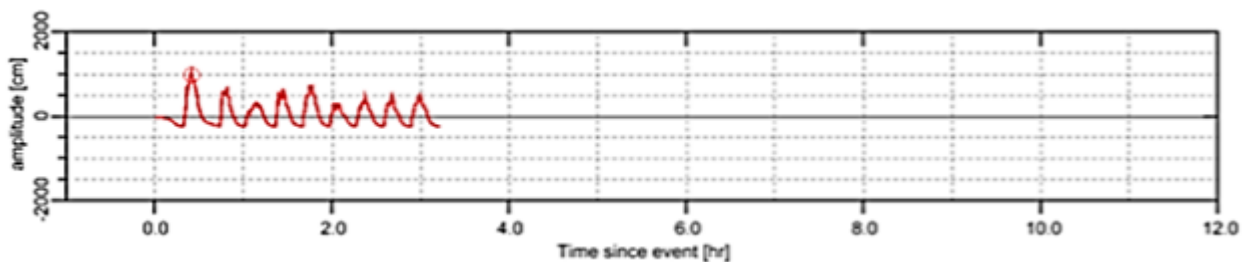




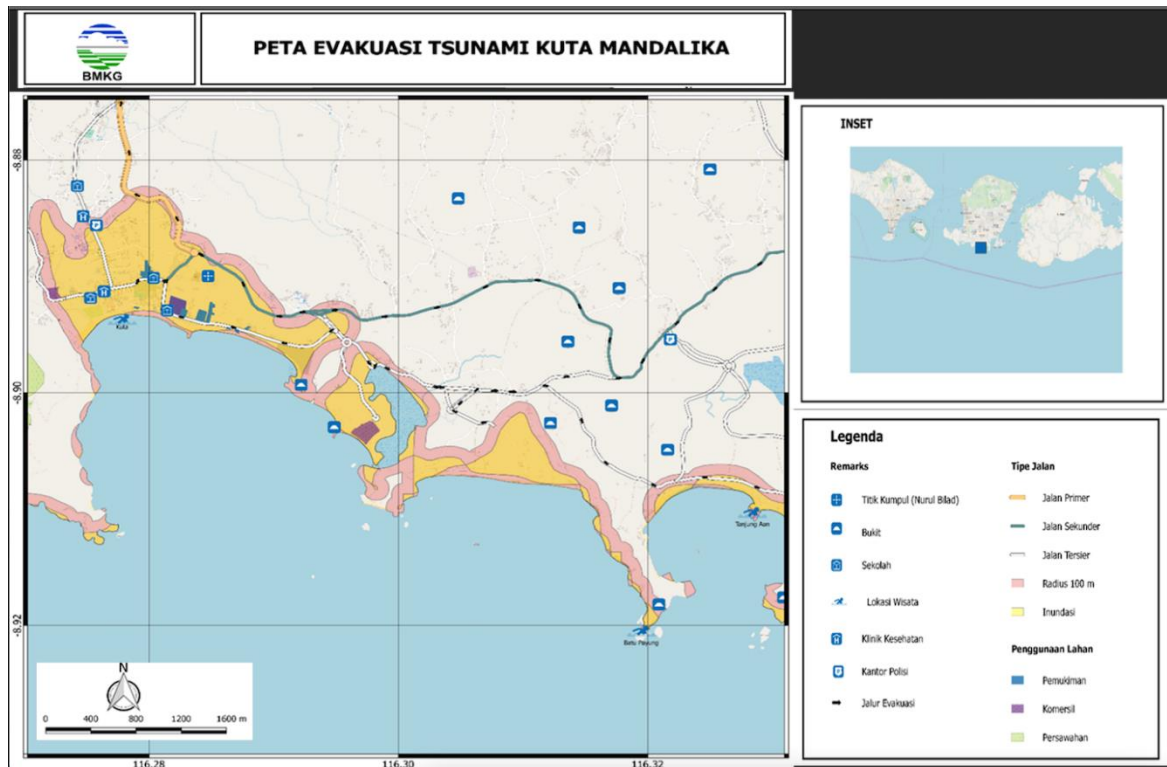
Gambar 3. Peta Inundasi Maksimum Tsunami Hasil *Composite* di Kuta Mandalika dan sekitarnya

### 3.3. Analisis *composite*

Hasil *composite* menunjukkan perkiraan nilai tinggi dan inundasi tsunami maksimum yang terjadi wilayah Kuta Mandalika berdasarkan 5 skenario gempa bumi. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa tinggi dan inundasi paling besar ditimbulkan oleh sumber gempa bumi Megathrust segmen Bali dengan  $M=9,0$ . Berdasarkan peta *composite* dan Gambar 4 diketahui bahwa tinggi tsunami maksimum di bibir pantai mencapai 12 m di wilayah Kuta Mandalika dan terjadi 25 menit setelah gempa bumi. Sedangkan peta *flow depth* menunjukkan bahwa genangan maksimum yang terjadi di Kuta sekitar 0,5 m hingga 12 m di bibir pantai dengan luas genangan 15,27 km<sup>2</sup>. Peta *flow depth* ini selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan dasar dalam pembuatan peta evakuasi tsunami (Gambar 5).



Gambar 4. Perkiraan Model Gelombang Tsunami di Pantai Kuta Mandalika



Gambar 5. Peta Evakuasi Tsunami di Kuta Mandalika

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh antara lain bahwa, (a) wilayah Kuta Mandalika memiliki potensi tsunami relatif tinggi karena berdekatan dengan zona Megathrust di Selatan Lombok; (b) berdasarkan skenario gempabumi Selatan Sumbawa 1977, Selatan Banyuwangi 1994, Megathrust segmen Jawa Tengah-Jawa Timur, Megathrust segmen Bali, dan Megathrust segmen NTB diperoleh hasil bahwa ketinggian tsunami maksimum di bibir pantai Kuta Mandalika mencapai 12 meter; dan (c) pemodelan inundasi tsunami menunjukkan bahwa genangan tsunami mencapai pesisir pantai Kuta Mandalika dengan ketinggian 0,5 m hingga 12 m, serta dapat digunakan untuk pembuatan Peta Evakuasi Tsunami. Peta evakuasi tsunami diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan jalur evakuasi tsunami dan shelter tsunami di wilayah Kuta Mandalika. Shelter tsunami, jalur evakuasi, dan titik kumpul lainnya perlu ditinjau ulang berdasarkan peta evakuasi tsunami ini yang didasarkan oleh skenario terburuk. Sebagai tambahan bahwa kawasan yang masuk ke dalam zona genangan atau inundasi perlu meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi terhadap tsunami.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh dana hibah dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta melalui “Hibah Penelitian Dosen Pemula UPN Veteran Yogyakarta Tahun 2021”. Penelitian ini juga didukung dan bekerjasama dengan Stasiun Geofisika Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Budiarjo, A. (2006). Evacuation Shelter Building Planning for Tsunami-Prone Area; a Case Study of Meulaboh City, Indonesia.
- Cascadia Region Earthquake Workgroup. (2013). Cascadia subduction zone earthquakes—a magnitude 9.0 earthquake scenario. Portland: Oregon Department of Geology and Mineral Industries
- FEMA. (2008). Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis, Federal Emergency Management Agency, Washington, p. P604.

- Fraser, S., Leonard, G.S., Matsuo, I., Murakami, H. (2012). Tsunami evacuation- lessons from the Great East Japan Earthquake and Tsunami of March 11th 2011. *Geosciences New Zealand (GNS) science report 2012/17*, 89 p; 2012a.
- Kaiser, G., Scheele, L., Kortenhaus, A., Løvholt, F., Römer, H., and Leschka, S. (2011). The Influence of Land Cover Roughness on the Results of High-Resolution Tsunami Inundation Modeling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 11(9): 2521-2540.
- Mikami, T., Shibayama, T., Esteban, M., Matsumaru, R. (2012). Field survey of the 2011 Tohoku earthquake and tsunami in Miyagi and Fukushima prefecture, Coast. Eng. J. 54 (1) 125011.
- Mori, N., Takahashi, T. (2012). The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group, Nationwide Post Event Survey and Analysis of the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami, Coast Eng. J., 54(1), 1250001.
- Ogasawara, T., Matsubayashi, Y., Sakai, S., Yasuda, T., (2012). Characteristics of the 2011 Tohoku earthquake and tsunami and its impact on the northern Iwate coast, Coast. Eng. J. 54 (1) 1250003.
- Titov, V.V., Moore, C.W., Greenslade, D.J.M., Pattiaratchi, C., Badal, R., Synolakis, C.E., and Kânoğlu, U. (2011). A New Tool for Inundation Modeling: Community Modeling Interface for Tsunamis (ComMIT). *Pure and Applied Geophysics*. 168: 2121-131.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.