



# 1 PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Tsunami dikategorikan sebagai gelombang laut raksasa yang salah satunya dibangkitkan oleh peristiwa gempa bumi. Gempa bumi pembangkit tsunami disebabkan oleh beberapa faktor seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung berapi (9%), gempa bumi bawah laut (90%) dan sekitar 1% akibat longsoran masa batuan di sekitar basin samudera (Djunire 2009; Latief *et al.* 2006). Gelombang tsunami dicirikan dengan panjang gelombang yang dapat mencapai puluhan kilometer dengan tinggi gelombang beberapa centimeter hingga lebih dari 10 m, serta periode gelombang yang bervariasi mulai dari 2 menit hingga lebih dari 1 jam (Lay dan Wallace 1995). Kecepatan gelombang tsunami tergantung pada kedalaman perairan, sehingga gelombang ini akan mengalami akselerasi (percepatan) atau deselerasi (perlambatan) seiring dengan bertambah atau berkurangnya kedalaman. Di laut dalam, gelombang tsunami dapat menjalar dengan kecepatan 500-1.000 km/jam dan tinggi sekitar 1 atau 2 m, namun semakin mendekati pantai kecepatannya mulai berkurang, sedangkan tinggi gelombang dapat meningkat hingga dua kali lipat dari ketinggian awal (IOC 2006). Hal ini dikarenakan kecepatan dan ketinggian gelombang mempengaruhi prinsip energi gelombang. Kecepatan penjalaran yang menurun saat mendekati pantai menyebabkan adanya penumpukan massa air sehingga terjadi konversi energi kinetik gelombang menjadi energi potensial. Energi yang hilang saat berkurangnya kecepatan ditransfer dalam bentuk peningkatan tinggi gelombang (Diposaptono 2006). Konsekuensinya adalah kebanyakan kejadian tsunami yang berpusat di laut dalam pada awalnya tidak dapat disadari, hingga beberapa waktu ketika mencapai pantai, gelombang tsunami akan semakin tinggi dan merusak apa saja yang dilaluinya.

Indonesia pernah dilanda tsunami yang cukup parah dalam kurun waktu lebih dari 20 tahun terakhir antara lain tsunami yang terjadi di Flores tahun 1992, Banyuwangi (Jawa Timur) tahun 1994, Biak tahun 1996, Maluku Utara tahun 1998, Banggai (Sulawesi Utara) tahun 2000, Ransiki (Papua Barat) tahun 2002, Aceh tahun 2004, Nias tahun 2005, Pangandaran (Jawa Barat) tahun 2006, Bengkulu tahun 2007, Mentawai tahun 2010, Donggala (Palu) dan Pandeglang (Jawa Barat) tahun 2018. Indonesia memiliki tatanan tektonik yang kompleks dengan aktivitas seismik yang cukup tinggi, karena keberadaannya pada zona pertemuan 3 lempeng tektonik utama di dunia dan lempeng-lempeng kecil lainnya. (Bird 2003; PUSGEN 2017). Zona subduksi merupakan pertemuan antara lempeng Indo-Australia yang menghunjam di bawah lempeng Eurasia, memanjang di bagian selatan pulau Jawa dan sekitarnya serta daerah patahan busur belakang yang juga merupakan salah satu sumber potensial gempa bumi pembangkit tsunami, menempatkan Indonesia sebagai wilayah dengan kategori rawan tsunami.

Pulau Lombok merupakan bagian dari gugusan kepulauan Nusa Tenggara Barat, yang secara tektonik sangat rawan terhadap bahaya tsunami (Yunidiya 2015; Meidji 2014; PUSGEN 2018). Bagian selatan pulau Lombok berhadapan dengan zona subduksi pertemuan lempeng Indo-Australia dan Eurasia, dan tercatat pada tahun 1977 telah terjadi bencana tsunami yang diawali dengan gempa berkekuatan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

7.7 yang berpusat di samudera Hindia, melanda beberapa wilayah di gugusan kepulauan Nusa Tenggara Barat bagian selatan yakni Bali, Lombok, dan Sumbawa (Nakamura 1979; Pradjoko *et al.* 2014). Bagian utara berhadapan dengan patahan yang dikenal sebagai sesar naik Flores (*Flores Back Arc Thrust*). Sejarah tsunami yang berasal dari sesar Flores yaitu kejadian tsunami Flores pada tanggal 12 Desember 1992 dengan korban jiwa sebanyak 2.100 orang. Beberapa kejadian gempa dangkal yang cukup mematikan tercatat sebagai akibat dari aktivitas sesar ini. Kegempaan di Lombok Utara yang didominasi gempa dangkal, telah berlangsung sejak puluhan tahun yang lalu hingga saat ini, seperti gempabumi 20 Oktober 1979 (M5.9), 30 Mei 1979 (6.0), 17 Desember 1979 (M5.6), 20 Januari 2004 (M6.2), 22 Juni 2013 (M5.2), dan 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0), dan 19 Agustus 2018 (M6.9) (McCaffrey dan Nabelek 1987; Supendi *et al.* 2020). Gempabumi tahun 2018 memiliki posisi pusat gempa yang berbeda dengan tahun-tahun sebelumnya, namun memberikan dampak kerusakan yang cukup tinggi di Lombok Utara. Catatan sejarah kegempaan ini memberikan pemahaman baru bahwa gempabumi memiliki siklus yang berulang. Pengulangan periode gempabumi dapat dianalisa dari beberapa parameter gempabumi di mana gempa besar berada pada kelipatan 50 tahun dan gempa kecil dengan pengulangan hampir setiap hari (Asrurifak *et al.* 2010). Estimasi periode pengulangan ini belum dapat dipastikan secara akurat, karena sampai dengan saat ini belum ada teknologi yang mampu mendeteksi secara tepat waktu, lokasi, dan berapa besar kekuatan gempabumi yang akan terjadi (PUSGEN 2018). Sepanjang sejarah kejadian gempabumi di Lombok utara, belum pernah dilaporkan adanya tsunami yang terjadi di wilayah ini (Pradjoko *et al.* 2014).

Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) melaporkan bahwa telah terjadi gempa bumi utama (*mainshock*) dan susulan (*aftershock*) selama bulan Juli - September 2018 di pulau Lombok dengan kekuatan 4-7 Mw, yang tersebar mulai dari darat hingga di laut. Salah satu kejadian gempabumi disertai peringatan dini tsunami tanggal 5 Agustus 2018 dengan kekuatan 7.0 Mw di Lombok Utara tepatnya di kaki lereng gunung Rinjani (episenter di darat), mengakibatkan tsunami skala rendah atau waspada yang mencapai daratan dengan ketinggian kurang dari 0.5 m pada 4 lokasi berbeda yakni desa Carik di pesisir Lombok Utara (13.5 cm), desa Badas di Sumbawa (10 cm), desa Lembar di Lombok barat daya (9 cm) dan Benoa, di Bali (2 cm). Peringatan tsunami dengan tinggi tsunami berskala rendah, dapat dijadikan sebagai acuan akan peringatan tsunami di waktu yang akan datang, ditinjau dari kompleksitas tatanan tektonik pada Lombok Utara terutama keberadaan sesar Flores (*Flores Back Arc Thrust*). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis lebih lanjut tentang potensi tsunami akibat aktivitas sesar Flores yang dapat terjadi di wilayah Lombok Utara.

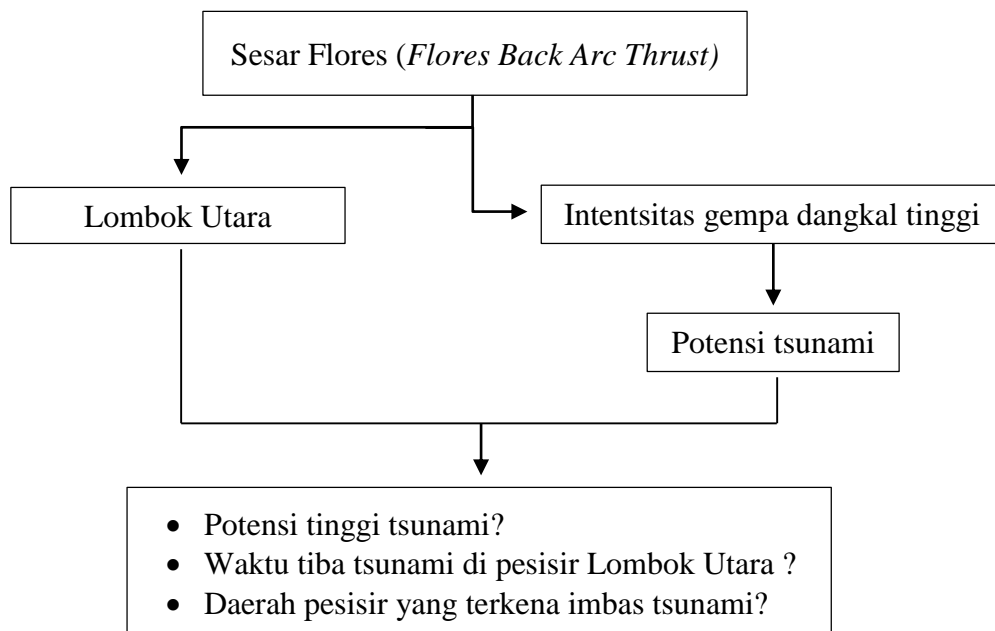
### Perumusan Masalah

Lombok Utara termasuk salah satu wilayah dengan potensi wisata yang terkenal, seperti Gili Trawangan, Gili Meno, dan Gili Air. Sebagian besar wilayah pesisir merupakan kawasan yang dimanfaatkan untuk pengembangan di sektor pariwisata (BAPEDDA 2011). Keberadaan sesar Flores dapat menjadi sumber ancaman tsunami di waktu yang akan datang. Sesar Flores termasuk sesar yang aktif, meski aktivitas kegempaan dengan kekuatan lebih dari 6.5 Mw tidak terdengar lagi

setelah kejadian tsunami dengan magnitudo 7.7 Mw pada tahun 1992 silam. Suatu patahan yang tidak menyebabkan gempa besar dalam waktu yang singkat bukan berarti tidak aktif, tetapi sebaliknya bidang patahan sedang menahan beban atau stres akibat pergerakan lempeng antara satu dan lainnya, dan akan dilepaskan dalam bentuk energi/gempa pada waktu yang tidak dapat diprediksi. Hal ini terbukti bahwa gempa-gempa besar pernah terjadi sejak 50 tahun terakhir dan sampai saat ini masih terjadi (McCaffrey dan Nabelek 1987).

BMKG melaporkan rentetan aktivitas kegempaan yang berpusat pada utara pulau Lombok tahun 2018, dengan kekuatan gempabumi mencapai 7.0 Mw. Peringatan dini tsunami berskala waspada yang dilaporkan BMKG saat peristiwa gempabumi tanggal 05 Agustus 2018 silam dengan episenter di daratan, dapat dijadikan suatu peringatan dini akan bahaya tsunami yang lebih besar yang dapat terjadi di waktu yang akan datang. Sampai dengan saat ini, belum ada teknologi yang dapat memprediksi secara tepat kapan, dimana, dan berapa besar kekuatan gempa yang akan terjadi pada suatu wilayah. Berdasarkan hal tersebut, maka beberapa masalah yang dapat dirumuskan untuk dijawab dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa potensi tinggi tsunami yang dapat dibangkitkan akibat gempabumi tektonik pada sesar Flores di wilayah pesisir Lombok Utara?
2. Berapa waktu tempuh penjalaran tsunami hingga tiba di pesisir Lombok Utara?
3. Berapa jumlah daerah pesisir yang rawan tsunami di Lombok Utara?



Gambar 1 Diagram alir kerangka pikir penelitian

## Tujuan Penelitian

1. Menganalisis potensi tinggi tsunami di pesisir Lombok Utara untuk kemungkinan kasus terburuk.
2. Menganalisis estimasi waktu tiba tsunami di pesisir Lombok Utara. Memprediksi wilayah pesisir yang berpotensi rawan tsunami di Lombok Utara.

## Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal terkait dengan potensi tinggi tsunami dan waktu penjarannya di Lombok Utara serta mengetahui wilayah yang berpotensi terdampak bencana tersebut. Informasi ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk membuat peta resiko bencana tsunami, mitigasi bencana tsunami, optimalisasi jalur evakuasi serta sebagai bahan pertimbangan dalam upaya pengembangan dan pengelolaan wilayah pesisir Lombok Utara secara berkelanjutan.

## Hipotesis

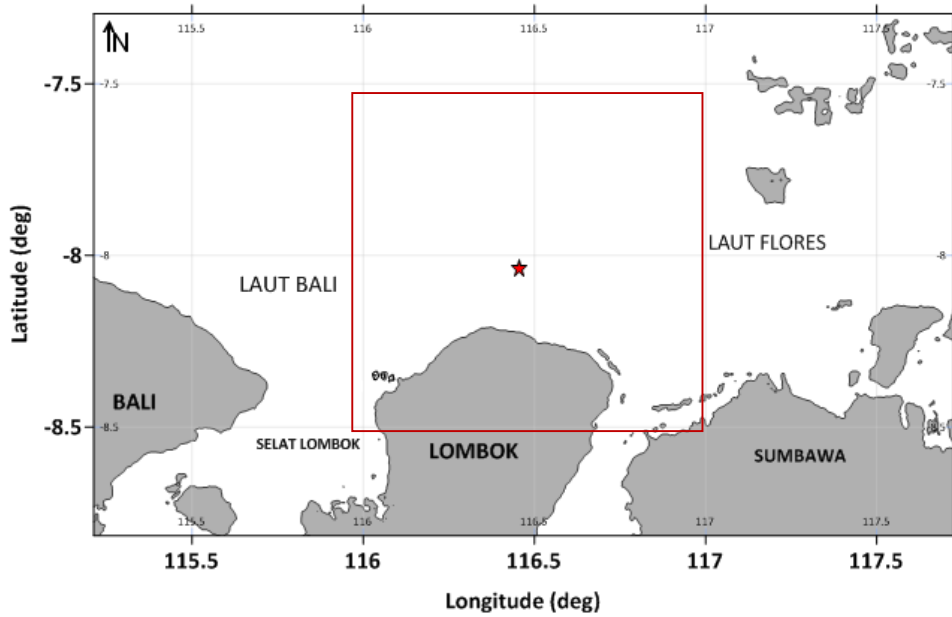
1. Potensi tinggi tsunami di Lombok Utara dapat mencapai ketinggian lebih dari 0.5 m
2. Letak sesar Flores yang sangat dekat dengan pantai mempengaruhi waktu tiba tsunami di darat dalam kurun waktu kurang dari 30 menit
3. Penjalaran tsunami yang bersumber dari sesar Flores dapat mengimbas daratan di sepanjang pesisir Lombok Utara

## 2 METODE PENELITIAN

### Wilayah Penelitian

Peta kajian model simulasi penjalaran tsunami disajikan pada Gambar 2. Domain kajian simulasi model adalah Lombok Utara. Lombok Utara berbatasan dengan Laut Flores di sebelah utara, Kabupaten Lombok Barat di sebelah barat, Kabupaten Lombok Timur di sebelah timur, dan Kabupaten Lombok Tengah di sebelah selatan. Transek untuk skenario simulasi model tsunami (kotak merah) berada pada posisi  $7.494^{\circ}$  –  $8.544^{\circ}$  LS dan  $115.877^{\circ}$  –  $117.069^{\circ}$  BT. Pusat gempa bumi pembangkit tsunami (*epicenter*) untuk skenario simulasi penjalaran tsunami di wilayah kajian ditandai dengan simbol bintang merah (Gambar 2). Pengolahan dan analisis data dilakukan selama bulan Oktober – Desember 2018.





Gambar 2 Peta lokasi kajian model simulasi penjalaran tsunami di Lombok Utara (Kotak merah adalah domain model, bintang merah adalah titik epicentrum)

### Analisis Data

Simulasi model tsunami di Lombok Utara dilakukan dengan bantuan perangkat lunak COMCOT (*Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model*) v1.7, yang dibangun oleh Prof. L-F Liu dari *Cornell University*, New Zealand. Perangkat lunak COMCOT telah banyak digunakan untuk mensimulasikan beberapa kejadian tsunami seperti tsunami Sumba tahun 1977 (Pradjoko *et al.* 2014), tsunami Iquique, Chile 2014 (An *et al.* 2014), tsunami Mentawai tahun 2010 (Hill *et al.* 2012; Mutmainah *et al.* 2016), dan tsunami Samudera Hindia tahun 2004 (Rasyif *et al.* 2019; Syamsidik *et al.* 2019; Wang dan Philip 2006).

Konfigurasi model COMCOT (Lampiran 1, 2, dan 3) dibangun menggunakan persamaan nonlinier dalam koordinat *cartesian*, dengan melibatkan faktor gesekan dasar untuk menggambarkan gerakan aliran saat memasuki perairan dangkal (An *et al.* 2014). Persamaan nonlinier dalam koordinat *cartesian* dan persamaan gesekan dasar dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \left\{ \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} \right\} = -\frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{P^2}{H} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{PQ}{H} \right\} + gH \frac{\partial \eta}{\partial x} + F_x = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{PQ}{H} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{Q^2}{H} \right\} + gH \frac{\partial \eta}{\partial y} + F_y = 0 \quad (3)$$

$$F_x = \frac{gn^2}{H^{7/3}} P(P^2 + Q^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$F_y = \frac{gn^2}{H^{7/3}} Q(P^2 + Q^2)^{1/2} \tag{5}$$

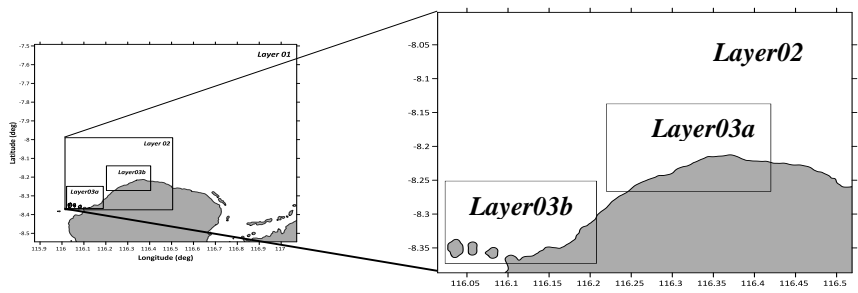
dimana  $H = (h + \eta)$  adalah total kedalaman air,  $P$  dan  $Q$  adalah volume fluks dalam arah x dan y,  $g$  adalah percepatan gravitasi ( $m/s^2$ ),  $F_x$  dan  $F_y$  adalah gesekan dasar arah x dan y, dan  $n$  adalah koefisien gesekan dasar. Persamaan gesekan dasar yang dimodelkan menggunakan formula Manning (*Manning's formula*). Koefisien gesekan dasar ( $n$ ) dalam COMCOT digunakan untuk merepresentasikan karakteristik permukaan profil batimetri dan topografi wilayah kajian. Prasetya *et al.* (2013) mengatakan bahwa koefisien yang dipilih dapat berupa nilai tunggal untuk mewakili seluruh area pada wilayah kajian atau bervariasi sesuai dengan karakteristik batimetri dan topografi. *Manning's roughness coefficient* yang digunakan untuk simulasi ini adalah 0.013 (Li *et al.* 2012).

Persamaan air dangkal dalam model COMCOT diselesaikan dengan metode beda hingga *leap frog*, dengan kondisi kestabilan yang diperlukan untuk mendapatkan solusi numeriknya. Kondisi kestabilan dalam selang waktu dihitung berdasarkan persamaan berikut (Wang 2009) :

$$\Delta t < \frac{\Delta x}{\sqrt{gh_{max}}} \tag{6}$$

dimana  $g$  adalah percepatan gravitasi dan  $h_{max}$  adalah kedalaman maksimum pada grid simulasi layer domain. Skenario simulasi penjalaran tsunami dilakukan berdasarkan historis gempa bumi Lombok Utara berkekuatan 6.5 dan 7.0 Mw pada tanggal 5 Agustus 2018. Kedua skenario dijalankan dalam 4 layer simulasi dengan konfigurasi model pada layer pertama (*domain*) menggunakan persamaan linier, sedangkan layer berikutnya (*sub-layer*) menggunakan persamaan nonlinier dalam koordinat *cartesian*. Durasi waktu simulasi penjalaran untuk kedua skenario adalah 30 menit. Hasil keluaran model berupa tinggi tsunami dan waktu penjalaran, selanjutnya akan digunakan untuk memprediksi daerah-daerah pesisir dari 5 kecamatan yang rawan bencana tsunami di Lombok Utara.

Simulasi penjalaran tsunami yang dilakukan dalam 2 skenario, masing-masing memuat 4 layer yang mencakup seluruh wilayah pesisir Lombok Utara. Luas transek daerah kajian pada Gambar 1 akan dibagi berdasarkan *nested grid model* (model grid bersarang) menjadi 4 bagian, yaitu layer01 (*parent layer*), layer02, layer03a, dan layer03b sebagai *sub-layer*. Pembagian layer simulasi dilakukan agar penjalaran tsunami dapat terlihat dengan jelas di wilayah pesisir Lombok Utara. Desain model dibagi berdasarkan *nested grid model* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Pembagian layer simulasi berdasarkan *nested grid model*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Konfigurasi *nested grid* dalam model COMCOT adalah memperoleh detail informasi penjalaran di wilayah pesisir, maka ukuran grid yang lebih kecil hanya diperlukan untuk daerah fokus pengamatan. Layer03a dan layer03b adalah daerah fokus pengamatan, sehingga rasio perbandingan ukuran grid antara layer pengamatan (*sub-layer*) dengan layer domain (*parent layer*) harus semakin besar untuk mendapatkan nilai resolusi grid *sub-layer* yang lebih kecil. Ukuran grid dan *time step* diinput pada konfigurasi layer01, kemudian akan diintegrasikan secara otomatis saat menjalankan model pada layer berikutnya (*sub-layer*), berdasarkan nilai input rasio perbandingan dengan layer domain (Wang 2009). Informasi detail pembagian layer simulasi tsunami dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik ukuran spasial berdasarkan *nested grid model*

Layer	Posisi	Rasio	Resolusi grid (m)
Layer01	7.494° – 8.544°LS 115.877° – 117.069°BT	-	464
Layer02	8.00° – 8.385°LS 116.015° – 116.52°BT	3	155
Layer03a	8.14° – 8.27°LS 116.25° – 116.45°BT	6	77
Layer03b	8.26° – 8.38°LS 116.02° – 116.22°BT	6	77

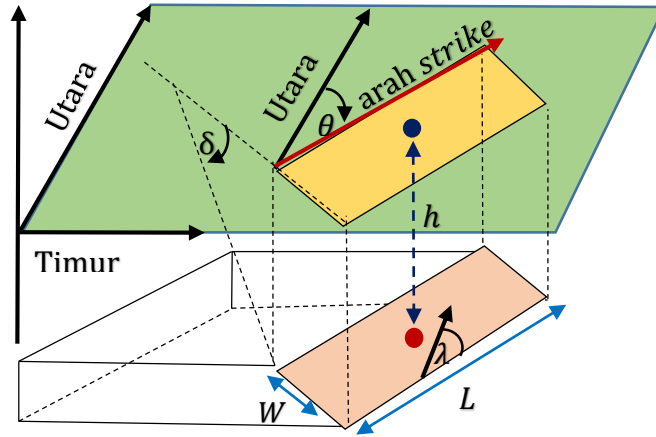
Skenario tsunami menggunakan asumsi gempabumi berkekuatan 6.5 dan 7.0 Mw sesuai dengan historis gempabumi pada tanggal 29 Juli dan 5 Agustus 2018. Pemilihan historis gempabumi ini disesuaikan dengan syarat gempabumi yang berpotensi membangkitkan tsunami diantaranya pusat gempa (*epicenter*) berada di laut, sumber kedalaman gempa < 30 km (gempa dangkal), dan sumber gempa berasal dari sesar aktif (sesar Flores) dengan tipe *Reverse Fault* (sesar naik) yang dapat memicu tsunami (Latief *et al.* 2006; Pradjoko *et al.* 2018; Sugianto *et al.* 2017).

### Data dan Sumber Data

Data input yang diperlukan dalam menyusun skenario penjalaran tsunami antara lain data historis gempabumi, data parameter sesar, dan data batimetri. Pusat gempa (*epicenter*) tanggal 5 Agustus 2018 tidak dipakai sebagai acuan dalam simulasi penjalaran tsunami karena berada di daratan, sehingga data historis gempabumi yang dipilih sebagai *epicenter* skenario tsunami adalah gempabumi tanggal 2 September 2018 berkekuatan 5.4 Mw, yang merupakan gempabumi disertai dengan peringatan dini tsunami (sumber : BMKG, USGS). Posisi *epicenter* gempa dalam simulasi model berada pada posisi 8.130° LS dan 116.409° BT (Gambar 1).

Data parameter sesar diperoleh dari katalog USGS (*The United States Geological Survey*), diantaranya kedalaman pusat gempa (km), *strike*, *dip*, dan *slip*. Parameter *strike*, *dip*, dan *slip* adalah sudut-sudut geometri bidang patahan yang diukur relatif terhadap arah utara ke kanan (*clockwise*) untuk *strike* dan *dip*,

sedangkan sudut *slip* diukur ke kiri (*anti-clockwise*) terhadap arah *strike*, berdasarkan pergerakan bidang *hanging wall* terhadap *foot wall*. Komponen parameter sesar dalam ilustrasi pergerakan bidang patahan dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan data parameter sesar untuk skenario tsunami disajikan pada Tabel 2.



Keterangan :

- : Rerata permukaan laut
- : Bidang patahan pada blok sesar bagian bawah (*foot wall*)
- : Proyeksi bidang patahan pada rerata permukaan bumi
- : Arah *strike*
- : *Hipocenter* (pusat gempa bumi)
- : *Epicenter* (proyeksi pusat gempa bumi pada permukaan bumi)
- $\delta$  : Sudut *dip* dari pergerakan bidang patahan
- $\lambda$  : Sudut *rake* (arah *slip* pada bidang patahan)
- $\theta$  : Sudut *strike*
- $h$  : Kedalaman pusat gempa bumi
- $L$  : Panjang patahan
- $W$  : Lebar patahan

Gambar 4 Sketsa bidang patahan dengan komponen parameter sesar (modifikasi Wang 2009)

Tabel 2 Data parameter sesar simulasi tsunami di Lombok Utara (USGS)

Parameter	6.5 Mw	7.0 Mw	Satuan
Kedalaman gempa	14	14	km
Panjang patahan	20.417	47.863	km
Lebar patahan	13.183	15.849	km
Dislokasi	2.5	2.5	m
<i>Strike</i>	284	284	derajat
<i>Dip</i>	64	64	derajat
<i>Slip</i>	88	88	derajat

Parameter panjang dan lebar patahan dalam hubungannya dengan pergerakan bidang patahan dihitung dengan menggunakan persamaan oleh Wells dan Coppersmith (1994), sebagai berikut :



$$\text{Log } L = (-3.5 + 0.74 * M_w) \quad (7)$$

$$\text{Log } A = (-3.42 + 0.9 * M_w) \quad (8)$$

dimana  $L$  adalah panjang patahan (km),  $A$  adalah luas patahan (km<sup>2</sup>) dan  $M_w$  adalah kekuatan gempa (*Magnitude momen*).

Data batimetri diperoleh dari GEBCO (*The General Bathymetric Chart Of The Ocean*) dengan jarak grid 15-arc second (0.25 menit). Daerah fokus pengamatan pada Layer03a mencakup wilayah pesisir Kecamatan Bayan dan Kecamatan Kayangan, sedangkan layer03b mencakup pesisir Kecamatan Gangga, Kecamatan Tanjung, dan Kecamatan Pemenang.

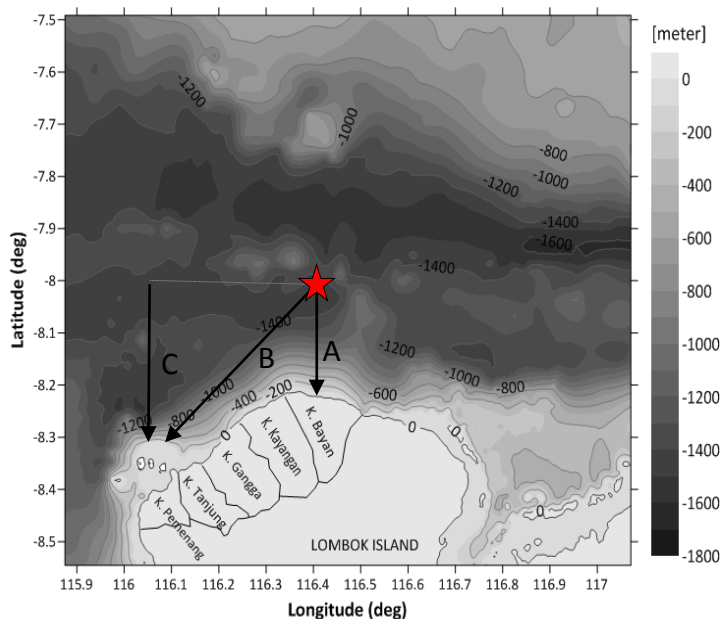
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Deskripsi Wilayah

Lombok Utara merupakan kabupaten termuda di provinsi Nusa Tenggara Barat yang berada pada bagian utara pulau Lombok, dengan luas wilayah daratan 809.53 km<sup>2</sup> dan luas wilayah perairan mencapai 594.71 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 127 km<sup>2</sup>. Sebagian besar potensi keindahan alam di Lombok Utara dimanfaatkan dan dikembangkan untuk sektor pariwisata. Kabupaten Lombok Utara mencakup 3 pulau wisata terkenal yang merupakan gugusan pulau-pulau kecil yaitu Gili Trawangan, Gili Meno, dan Gili Air. Gugusan pulau-pulau kecil ini disebut juga sebagai Tiga Gili (BAPEDDA 2011). Selain itu, Lombok Utara juga memiliki potensi wisata alam pantai yang menjadi tujuan destinasi wisatawan lokal seperti Pantai Sire (Kab. Tanjung), Pantai Kerakas dan Pantai Lempenge (Kab. Gangga), dan Pantai Tanjung Menangis (Kab. Bayan). Secara topografis wilayah Kabupaten Lombok Utara merupakan daerah perbukitan atau pegunungan. Kenampakan ini mulai terlihat pada bagian tengah dari utara ke selatan (PKLU 2016).

Profil batimetri Lombok Utara disajikan pada Gambar 5. Perhitungan tingkat kemiringan dilakukan dengan membuat garis-garis transek dari episenter ke wilayah pesisir yang mewakili jarak terdekat dan terjauh dari pusat pembangkitan tsunami. Transek A mewakili jarak dari episenter ke Kecamatan Bayan, sedangkan Transek B dan C mewakili jarak dari episenter ke Gili Trawangan (Kecamatan Pemenang). Transek C menggambarkan karakteristik kemiringan lereng di Gili Trawangan jika ditarik garis tegak lurus arah utara sejajar dengan titik episenter.

Transek A (Kecamatan Bayan) memiliki tingkat kemiringan lereng yang curam dengan gradien sebesar 16% dan panjang transek 15 km, Transek B (Gili Trawangan) memiliki gradien sebesar 14.8% dengan panjang transek 42 km, dan Transek C memiliki gradien lebih curam 24% dengan panjang transek 25 km. Kedalaman perairan pada batas wilayah kajian (*domain layer*) mencapai 1800 m, sedangkan kedalaman pada batas simulasi layer03b mencapai 1430 m.



Gambar 5 Profil batimetri wilayah Lombok Utara

Lugra dan Arifin (2008) memetakan karakteristik garis pantai serta relief pantai di pesisir Lombok Utara. Relief pantai yang rendah teramati pada pesisir Kecamatan Bayan, Kecamatan Kayangan, Kecamatan Gangga, dan Kecamatan Tanjung. Kondisi batimetri yang landai dan relief pantai yang rendah akan menyebabkan jarak pecah gelombang semakin jauh di daratan. Genangan yang signifikan akan terjadi apabila didukung dengan kekuatan gempa pemicu tsunami yang lebih besar (Oktariadi, 2009).

### Hasil Simulasi Potensi Tsunami di Lombok Utara

#### Skenario 1 : asumsi gempa 6.5 Mw.

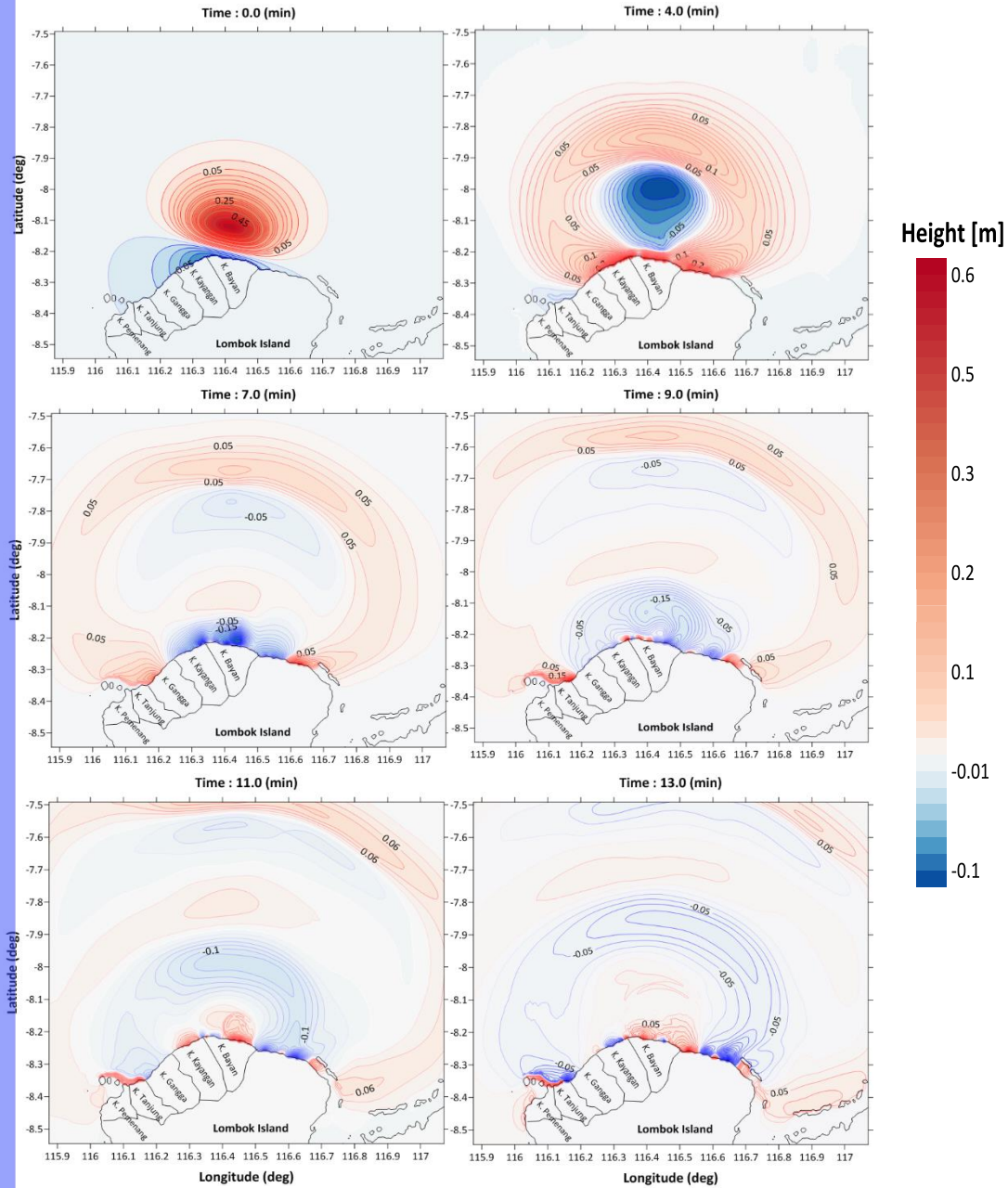
Hasil simulasi model penjalaran tsunami layer01, layer03a, dan layer03 untuk skenario pertama asumsi gempabumi berkekuatan 6.5 Mw, disajikan pada Gambar 6, 7, dan 8. Deformasi vertikal menghasilkan nilai minimum sebesar -0.1 m, nilai maksimum 0.6 m, dan luasan sesar 269.157 km<sup>2</sup>. Pola yang terbentuk pada awal pembentukan tsunami (menit ke 0) ditandai dengan garis kontur berwarna merah dan biru, menandakan adanya elevasi muka air positif (air naik) dan elevasi muka air negatif (surut). Pola gelombang yang terbentuk pada hasil pemodelan mengikuti arah strike yang diberikan (Tabel 1), dengan arah penjalaran menuju ke segala arah.

Gambaran sesaat (*snapshot*) penjalaran tsunami pada menit ke-0, 4, 7, 9, 11, dan 13 disajikan pada Gambar 9. Penjalaran tsunami saat memasuki perairan yang lebih dangkal, akan mengakibatkan kecepatan gelombang semakin menurun dan terlihat adanya pola kontur merah yang menumpuk di garis pantai. Penjalaran pada menit ke-4 sudah memasuki pesisir Kecamatan Bayan dan Kayangan, kemudian terus menjalar menuju ke pesisir Kecamatan Gangga. Pesisir Kecamatan Gangga mendapatkan imbas tsunami pada menit ke-7, Kecamatan Tanjung pada menit ke-11 dan Tiga Gili pada menit ke 13. Pada skenario 1 kondisi surut teramati pada

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

wilayah kecamatan Bayan, namun belum sampai pada kecamatan Tanjung dan Pemenang. Pada menit ke-4, kondisi muka air surut telah terlihat pada wilayah kecamatan Tanjung dan pulau Gili Air.

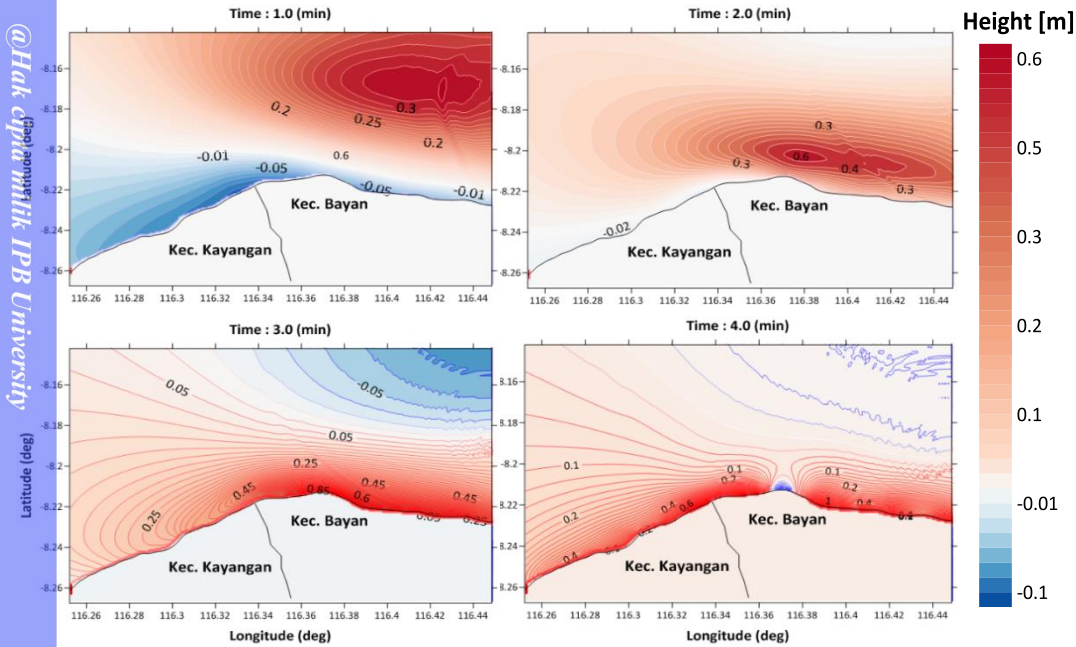


Gambar 6 Skenario 1 : *Snapshot* pola tinggi tsunami pada layer01 menit ke-0, 4, 7, 11 dan 13

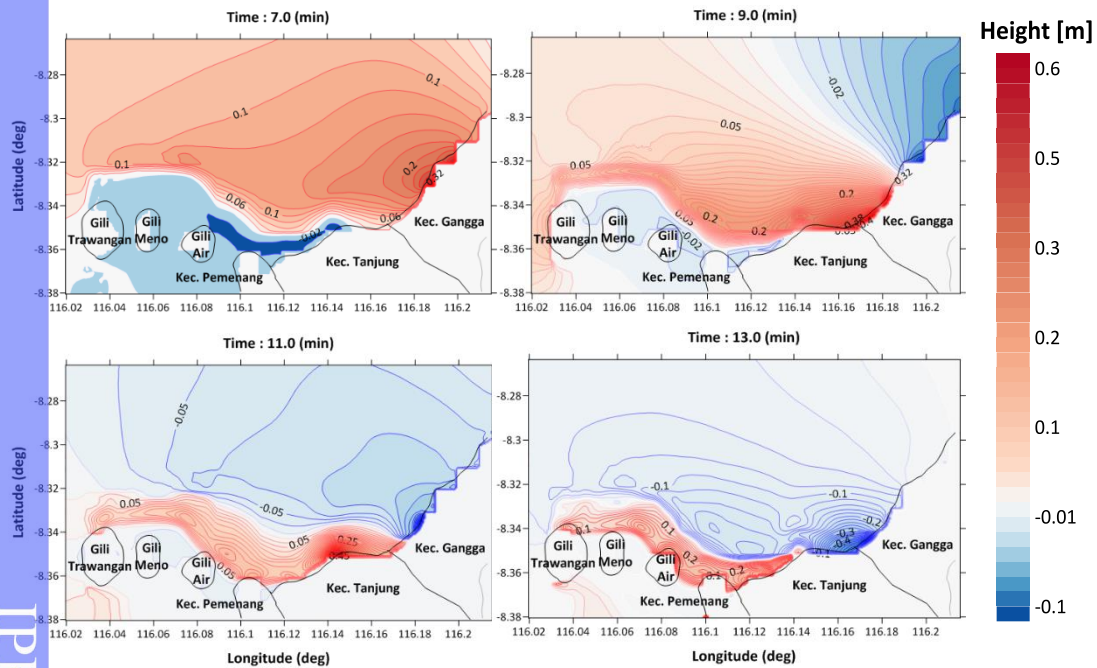
Layer03a skenario 1 pada Gambar 7 memperlihatkan tinggi maksimum tsunami di pesisir Kecamatan Bayan yang teramati adalah 1 m, tinggi tsunami di pesisir Kecamatan Kayangan berkisar antara 0.6-1 m. *Snapshot* penjalaran tsunami pada Layer03b (Gambar 8), memperlihatkan penjalaran tsunami di pesisir



Kecamatan Gangga, Tanjung, dan Pemenang (Tiga Gili). Tinggi tsunami yang teramati pada pesisir Kecamatan Gangga adalah 0.5 m, Kecamatan Tanjung 0.4 m dan semakin menurun ketika mencapai pesisir Tiga Gili dengan kisaran 0.2-1.4 m.



Gambar 7 Skenario 1 : Snapshot pola tinggi tsunami pada layer03a menit ke-1 sampai ke-4



Gambar 8 Skenario 1 : Snapshot pola tinggi tsunami pada layer03b menit ke-7, 9, 11, dan 13

@Hak Cipta Persekitar IPB University

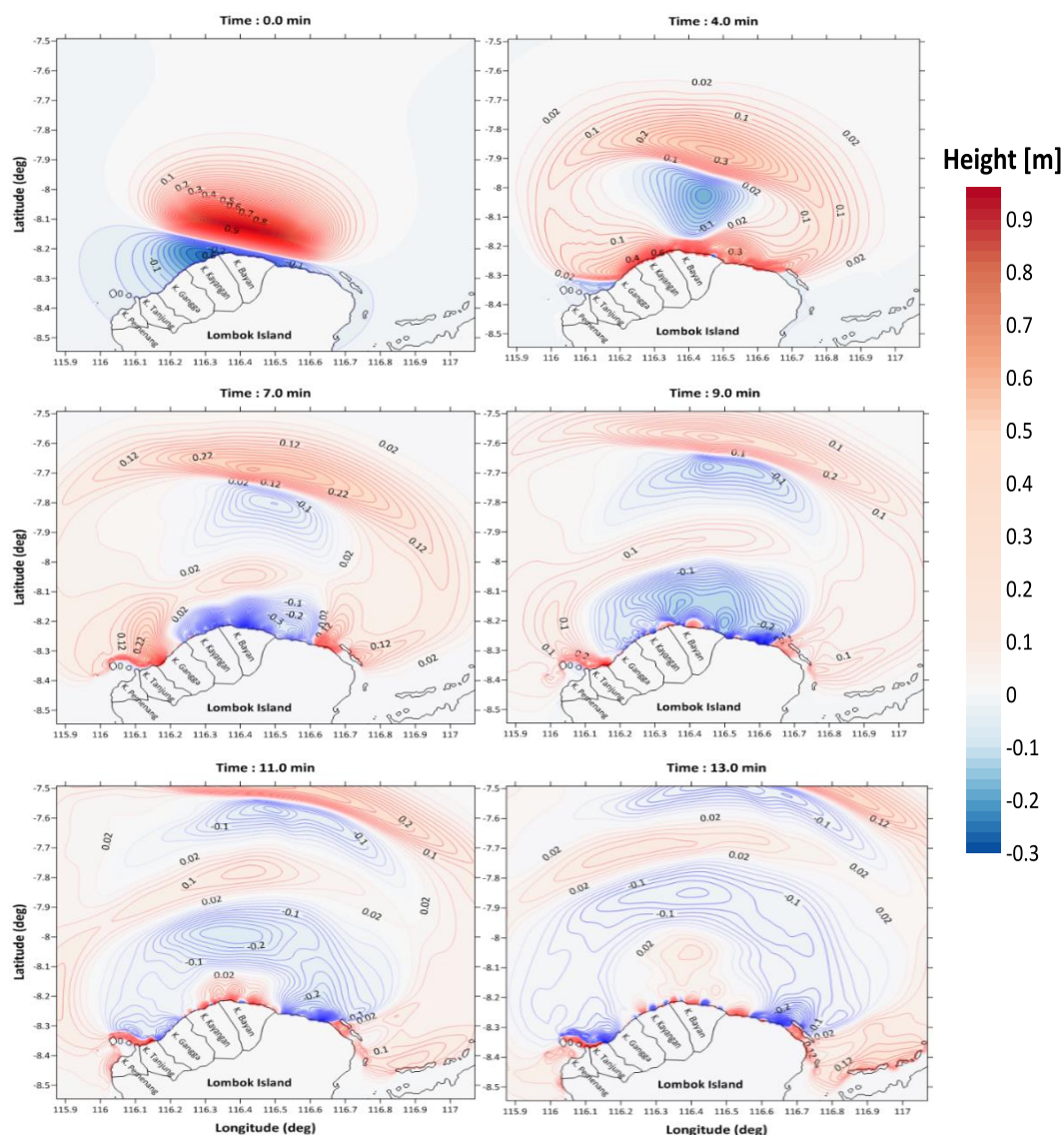
IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



### Skenario 2 : asumsi gempa 7.0 Mw.

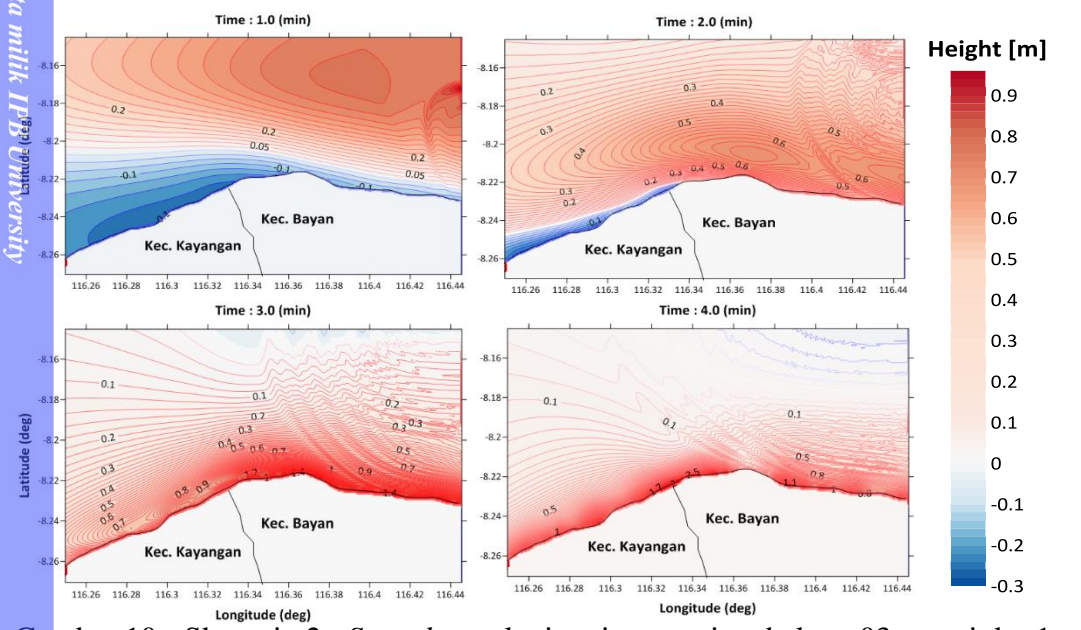
Hasil simulasi model penjalaran tsunami layer01, layer03a, dan layer03 untuk skenario kedua asumsi gempabumi berkekuatan 7.0 Mw, disajikan pada Gambar 9, 10, dan 11. Deformasi vertikal menghasilkan nilai minimum sebesar -0.3 m, nilai maksimum 0.9 m, dan luasan sesar 758.581 km<sup>2</sup>. Gambar 12 memperlihatkan *snapshot* penjalaran tsunami pada menit ke-0, 4, 7, 9, 11, dan 13. Kondisi surut yang terjadi lebih luas dibandingkan dengan skenario 1, yakni -0.1 m yang teramati telah mencapai sebagian pesisir Kecamatan Gangga.



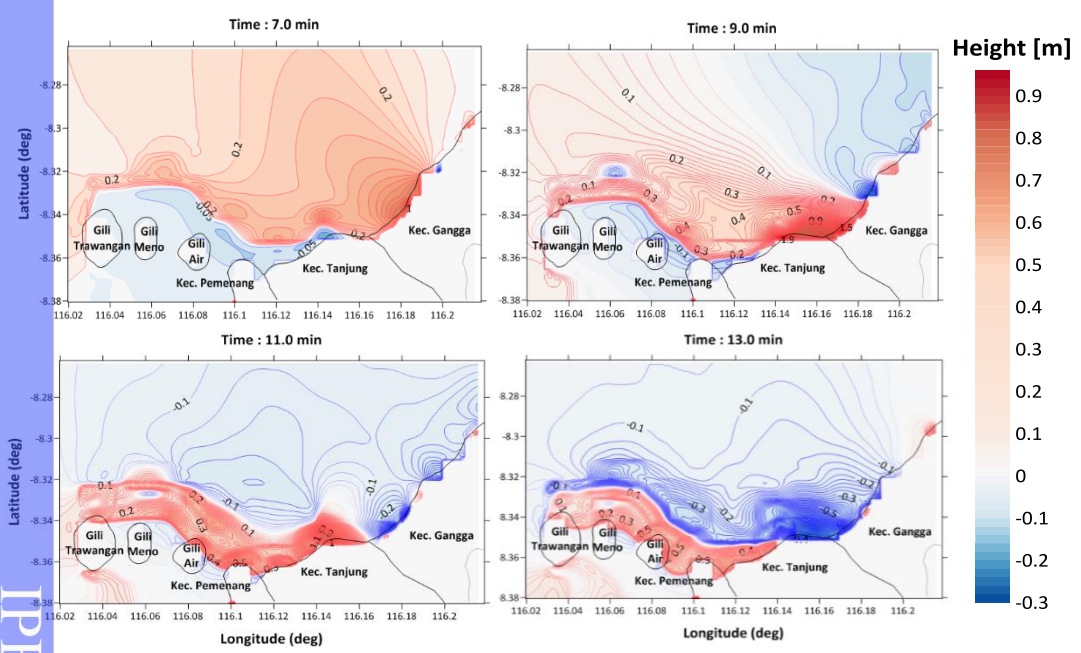
Gambar 9 Skenario 2 : *Snapshot* pola tinggi tsunami pada layer01 menit ke-0, 4, 7, 9, 11 dan 13

Skenario 2 memperlihatkan kondisi muka air surut pada pesisir kecamatan Tanjung dan pulau Gili Air pada menit ke-4. Penjalaran tsunami pada menit ke-4 sudah memasuki pesisir Kecamatan Gangga, kemudian terus menjalar menuju ke pesisir Kecamatan Tanjung. Pesisir Kecamatan Gangga mendapatkan imbas tsunami pada menit ke-7, Kecamatan Tanjung pada menit ke-11 dan Tiga Gili pada

menit ke-13. Layer03a skenario 2 pada Gambar 10 memperlihatkan tinggi maksimum tsunami di darat yang teramati adalah 2.5 m pada pesisir Kecamatan Bayan, sedangkan tinggi tsunami di pesisir Kecamatan Kayangan adalah 1.7 m. *Snapshot* penjalaran tsunami pada Layer03b (Gambar 11), memperlihatkan penjalaran tsunami di pesisir Kecamatan Gangga, Tanjung, dan Pemenang (Tiga Gili). Tinggi tsunami yang teramati pada pesisir Kecamatan Gangga adalah 1.5 m, Kecamatan Tanjung 1.8 m dan semakin kecil ketika mencapai pesisir Tiga Gili dengan nilai 0.5 m.



Gambar 10 Skenario 2 : *Snapshot* pola tinggi tsunami pada layer03a menit ke-1 sampai menit ke-4



Gambar 11 Skenario 2 : *Snapshot* pola tinggi tsunami layer03b pada menit ke-7, 9, 11, dan 13

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gelombang awal yang terbentuk akan merambat ke arah yang berlawanan yakni ke arah samudera dan daerah pantai yang berdekatan dengan pusat pembangkitan tsunami (Prasetya *et al.* 2011). Warna merah dan biru sebagai gambaran elevasi muka air naik dan turun, menunjukkan adanya deformasi pada bidang patahan yang bergerak secara vertikal saat terjadi gempa bumi tektonik pemicu tsunami (Wang 2009; Latief 2007), sehingga pada kebanyakan kejadian tsunami akan diawali dengan air surut di pantai kemudian diikuti dengan gelombang tinggi.

Tinggi gelombang awal pada saat pembangkitan sangat dipengaruhi oleh besarnya kekuatan gempa, luas patahan serta dislokasi (Sugianto *et al.* 2017; Wang 2009). Pada menit ke-4 penjalaran skenario 1, tinggi gelombang yang teramati di pesisir kecamatan Bayan dan Kayangan adalah 1 m, sedangkan skenario 2 tinggi gelombang mencapai 2.5 m di kecamatan Bayan. Tinggi maksimum di kecamatan Gangga pada menit ke-7 penjalaran mencapai 1.5 m untuk skenario 2 dan kecamatan Tanjung 2 m. Meskipun jarak tempuh pada kecamatan Tanjung lebih jauh dibandingkan dengan kecamatan Bayan, namun nilai tinggi maksimum yang teramati cukup tinggi dibandingkan dengan skenario 1. Gelombang yang menjalar memasuki pantai akan mengalami deformasi (perubahan tinggi gelombang) akibat efek *shoaling* atau pendangkalan batimetri. Tinggi tsunami maksimum teramati pada Kecamatan Bayan, Kecamatan Kayangan, Kecamatan Gangga, dan Kecamatan Tanjung berkisar antara 1.5-2.5 m. Selain itu, kekuatan gempa bumi pembangkit tsunami yang semakin besar, menghasilkan gelombang semakin tinggi di darat (*run-up*). Potensi tinggi tsunami pada skenario 1 menunjukkan nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan skenario 2.

Kedua skenario menunjukkan daerah pesisir yang mendapatkan dampak tsunami pertama kali adalah pesisir Kecamatan Bayan. Tsunami yang dihasilkan gempa bumi tektonik biasanya merambat dengan sebagian besar energi gelombang diarahkan tegak lurus terhadap patahan di mana gempa bumi terjadi. Hal ini yang menyebabkan daratan yang tegak lurus terhadap bidang patahan mendapatkan dampak yang lebih signifikan (Prasetya *et al.* 2011).

Berdasarkan hasil pemodelan, gelombang tiba terlebih dahulu di pesisir kecamatan Bayan dan kecamatan Kayangan dalam rentang waktu kurang dari 7 menit setelah terjadinya gempa bumi pada kedua skenario, dibandingkan dengan kecamatan Gangga, kecamatan Tanjung, dan kecamatan Pemenang. Jarak antara titik pengamatan dengan pusat gempa bumi tsunami mempengaruhi waktu tiba gelombang (Ibad dan Santosa 2014; Yudhicara *et al.* 2010). Waktu tempuh penjalaran yang dicapai dalam waktu kurang dari 40 menit, dikategorikan sebagai tsunami jarak dekat atau *near field tsunami* (Puspito 2007; IOC 2006).

Koefisien gesekan dasar yang dipakai pada kedua skenario ( $n = 0.013$ ) menunjukkan pengaruh yang signifikan. Kekuatan gempa 7.0 Mw memberikan imbas di daratan dengan tinggi yang hampir mendekati dengan kecamatan Bayan pada jarak  $\pm 38$  km (kecamatan Tanjung). Pada skenario 1 dengan kekuatan gempa 6.5 Mw, tinggi gelombang semakin menurun selama penjalaran hingga mencapai Kecamatan Tanjung. Tinggi tsunami saat penjalaran di kecamatan Gangga dan Tanjung pada skenario 2 lebih tinggi dibandingkan dengan skenario 1. Semakin kecil kekuatan gempa bumi tektonik pemicu tsunami, nilai gesekan dasar yang relatif kecil turut berpengaruh terhadap tinggi tsunami di darat.



Tingkat kemiringan lereng yang landai dengan relief pantai yang rendah dapat mempengaruhi tinggi tsunami dan jarak pecah gelombang di darat (Helal dan Mehanna 2008; Oktariadi 2009). Tingkat kemiringan lereng pada Kecamatan Bayan tergolong curam, meski demikian pada skenario 2 tinggi tsunami mencapai hampir 3 m dibandingkan dengan skenario 1. Hal ini dipengaruhi oleh jarak dan besar kekuatan gempa pemicu tsunami. Tingkat kemiringan pada ketiga pulau wisata adalah curam (24%), sehingga gelombang tidak signifikan mengimbas daratan. Dari Tiga Gili, Gili Air mendapatkan imbas tsunami melalui rayapan gelombang di sepanjang pesisir, dan belum sampai pada pesisir Gili Meno dan Gili Trawangan. Penjalaran gelombang pada menit ke-7 hingga menit ke-13 saat memasuki pesisir Gili Trawangan tidak sampai mengimbas daratan, karena pengaruh jarak tempuh yang jauh, tingkat kemiringan lereng yang curam serta faktor gesekan dasar (Gambar 8 dan 11).

Hasil model penjalaran tsunami dalam kurun waktu kurang dari 30 menit, memperlihatkan rayapan gelombang di sepanjang pesisir Lombok Utara dengan jarak terjauh pada radius < 50 km dari pusat pembangkitan tsunami. Tsunami jarak dekat memberikan dampak destruktif pada pantai dalam radius 100 km (Diposaptono 2006). Potensi wilayah terdampak tsunami di Lombok Utara disajikan pada Tabel 3.

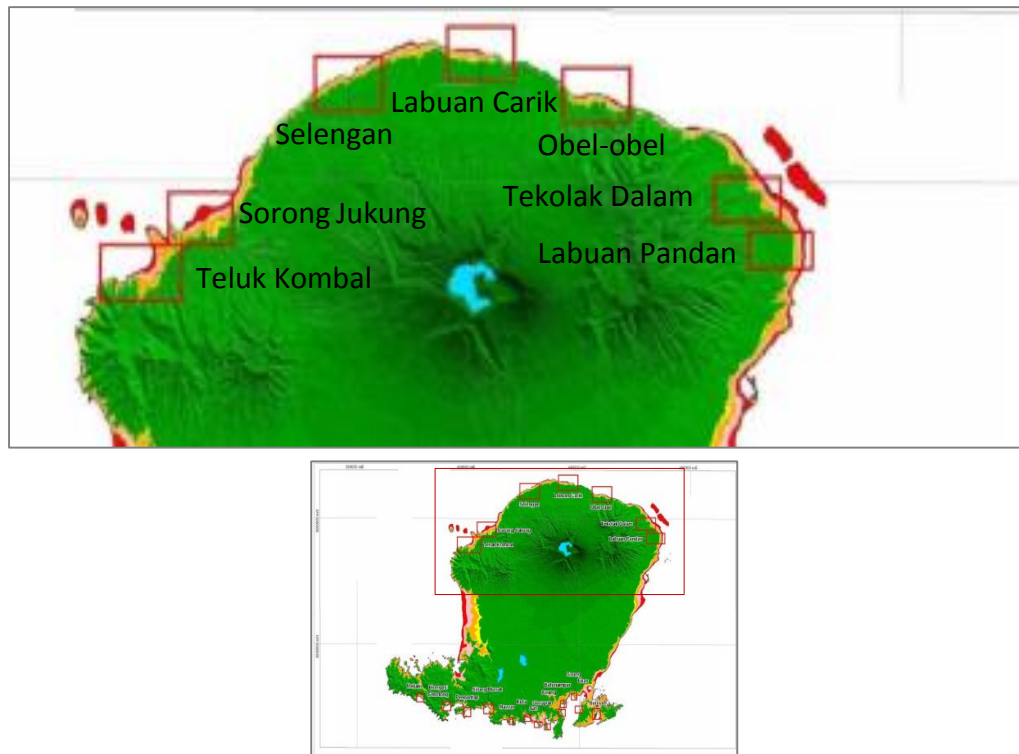
Tabel 3 Potensi wilayah terdampak tsunami di Lombok Utara

Kecamatan	Skenario 1		Skenario 2		Jarak terhadap episenter (km)
	Waktu tiba (min)	Tinggi maksimum (m)	Waktu tiba (min)	Tinggi maksimum (m)	
Bayan	3 – 4	1	3 – 4	2.5	~ 5
Kayangan	4 – 6	0.6-1	5 – 6	1.7	~ 13
Gangga	7 – 9	0.5	7 – 9	1.5	~ 30
Tanjung	10 – 11	0.4	10 – 11	1.8	~ 38
Pemenang	13	0.2	13	0.5	~ 40

Simulasi penjalaran tsunami dari kedua skenario menunjukkan bahwa kecamatan Pemenang khususnya Tiga Gili mendapat imbas yang sangat rendah dibandingkan dengan 4 kecamatan lainnya. Berdasarkan Tabel 3, daerah terdampak yang cukup signifikan adalah kecamatan Bayan, kecamatan Kayangan, Kecamatan Gangga, dan Kecamatan Tanjung. Hal yang sama juga dikemukakan oleh GIZ-IS (2013), yang memetakan potensi daerah rawan bencana tsunami di Pulau Lombok berdasarkan hasil model multi-skenario. Prediksi wilayah terdampak tsunami di Pulau Lombok yang dihasilkan khususnya di Lombok Utara adalah Labuan Carik (Kecamatan Bayan), Selengan (Kecamatan Kayangan), dan Sorong Jukung (Kecamatan Tanjung) (Gambar 12).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





Gambar 12 Potensi wilayah terdampak tsunami di Lombok Utara (GIZ-IS 2013)

## 4 KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Potensi tinggi tsunami pada Lombok Utara berdasarkan kedua skenario simulasi penjalaran adalah berkisar antara 0.6-2.5 m. Tinggi tsunami maksimum teramati pada Kecamatan Bayan, Kayangan dan Tanjung.
2. Waktu tiba tsunami pada Lombok Utara kurang dari 30 menit, dengan waktu tiba tercepat di Kecamatan Bayan pada menit ke-4.
3. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa sepanjang pesisir ke-5 kecamatan di Lombok Utara sangat rentan terhadap bencana tsunami, dengan wilayah yang signifikan adalah Kecamatan Bayan, Kayangan, Tanjung dan Gangga.

### Saran

Simulasi penjalaran tsunami dengan potensi gempabumi berkekuatan  $> 7.0$  Mw dapat dilakukan dalam studi selanjutnya, untuk menganalisis potensi rendaman pada kasus terburuk yang dapat terjadi di Lombok Utara. Selain itu, hasil simulasi penjalaran tsunami dalam penelitian ini belum divalidasi, karena pada lokasi kajian belum pernah terjadi bencana tsunami.

## DAFTAR PUSTAKA

- An C, Ignacio S, Philip L -F Liu. 2014. Tsunami Source and it's validation of the 2014 Iquique, Chile earthquake. *Geophys. Res. Letters*. 41:3988-3994.
- Asrurifak M, Irsyam M, Budiono B, Triyoso W, Hendriyawan. 2010. Development of spectral hazard map for Indonesia with a return period of 2500 years using probabilistic method. *J. Civil Eng. Dimension*. 12(1):52-56.
- [BAPPEDA] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Lombok Utara. 2011. Peraturan Daerah Kabupaten Lombok Utara No. 9 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lombok Utara Tahun 2011-2013. Lombok Utara (ID): BAPPEDA Kabupaten Lombok Utara.
- Bird P. 2003. An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 4(3):1-52.
- Diposaptono B S. 2006. *Tsunami*. Buku Ilmiah Populer. Bandung (ID).
- [GIZ-IS] German International Cooperation – International Services. 2013. Dokumen Teknis: Peta-Peta Bahaya Tsunami Untuk Lombok. Jakarta (ID): GIZ-IS dan DLR.
- Helal MA, Mehanna MS. 2008. Tsunamis from nature to physics. *Chaos, Solitons and Fractal*. 36:787-796.
- Hill ME, Borrero CJ, Huang Z, Qiu Q, Banerjee P, Natawidjaja HD, Elosegui P, Fritz MH, Suwargadi WB, Pranantyo RI, Li L, Macpherson AK, Skanavis V, Synolakis EC, Sieh K. 2012. The 2010  $M_w$  7.8 Mentawai earthquake: Very shallow source of a rare tsunami earthquake determined from tsunami field survey and near-field GPS data. *J. Geophys. Res.* 117:1-21.
- Ibad MI, Santosa BJ. 2014. Pemodelan tsunami berdasarkan parameter mekanisme sumber gempa bumi dari analisis *waveform* tiga komponen gempa bumi Mentawai 25 Oktober 2010. *J. Sains dan Seni Pomits*. 3(2):2337-3520.
- [IOC] Intergovernmental Oceanographic Commission. 2006. Tsunami Glossary. Paris, UNESCO. *IOC Technical Series*, 85.
- Latief H, Yuhsananta P, Riawan E. 2006. Pemodelan dan pemetaan rendaman tsunami serta kajian risiko bencana tsunami Kota Padang, PPKPL, ITB.
- Latief H. 2007. Mengenal bahaya tsunami dan upaya mitigasinya. Prosiding Pemodelan Tsunami, 21 Agustus 2007. Kementerian Negara Riset dan Teknologi – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta. 21 hlm.
- Lay T, Wallace T. 1995. Modern Global Seismology. Volume ke-58. California (US): Academic Press.
- Li L, Qiu Q, Huang Z. 2012. Numerical modeling of the morphological change in Lhok Nga, West Banda Aceh, during the 2004 Indian Ocean Tsunami : Understanding tsunami deposits using a forward modeling method. *Nat. Hazards*. 64:1549-1574.
- Lugra IW, Arifin L. Potensi objek wisata pantai dan bahari di perairan utara Lombok ditinjau dari aspek geologi kelautan. *J. Geo Kelautan*. 6(2):93-103.
- McCaffrey R, Nabelek J. 1984. The geometry of back arc thrusting along the eastern Sunda Arc, Indonesia : Constraints from earthquake and gravity data. *J. Geophys. Res.* 89(B7):6171-6179.

- McCaffrey R, Nabelek J. 1987. Earthquake, gravity, and the origin of the Bali basin : An example of a Nascent Continental Fold-and-Thrust Belt. *J. of Geo. Res. Atmos.*, 92(B1):441-460.
- Meidji UI. 2014. Kajian karakteristik dinamika tanah terhadap resiko kerawanan seismik dan dampaknya terkait rencana tata ruang wilayah di Kota Mataram bagian timur [tesis]. Yogyakarta (ID): Univesitas Gajah Mada.
- Mutmainah H, Christiana DW, Kusumah G. 2016. Tsunami Mentawai 25 Oktober 2010 (simulasi COMCOT v1.7) dan dampaknya kini terhadap pantai barat Mentawai. *J. Kelautan : IJMST.* 9(2):175-187.
- Nakamura. 1979. A Note on the Indonesian earthquake and tsunami of 19 August 1977. *Southeast Asian Studies.* 17(1):157-162.
- Oktariadi O. 2009. Peran kapasitas bentang alam dalam upaya kesiapsiagaan menghadapi bencana tsunami wilayah pesisir Sukabumi, Jawa Barat. *Bul. Geo. Tata Lingkungan.* 19(1):39-49.
- [PKLU] Pemerintah Kabupaten Lombok Utara. 2016. Peraturan Pemerintah Daerah tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kabupaten Lombok Utara Tahun 2016-2021. Lombok (ID): PKLU.
- Pradjoko E, Kusuma T, Setyandito O, Suroso A dan Harianto B. 2014. The Tsunami Run-up Assesment of 1977 Sumba Earthquake in Kuta Center of Lombok, Indonesia. *Prosedia Earth and Planetary Sci.* 14:9-16.
- Pradjoko E, Wadani L, Hartana, Sulistiyono H, Syamsidik. 2018. International Conference on Disaster Management 2018 (ICDM 2018). <https://www.researchgate.net/publication/234647824>.
- Prasetya G, Wang X, Palmer N, Grant G. 2013. Tsunami Inundation Modelling For Riverton and New River Estuary Southland. *GNS Science Consultancy Report.* pp87
- [PUSGEN] Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Irsyam M, Widiyantoro S, Natawidjaja HD, Meilano I, Rudyantyo A, Hidayati S, Triyoso W, Hanifa RN, Djarwadi D, Faizal L, Sunarjito, editor. Bandung (ID) : PPPPP dan BPPKPUPR. 361 hlm.
- [PUSGEN] Pusat Studi Gempa Nasional. 2018. Rangkaian Gempa Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia 29 Juli 2018 (M6.4), 5 Agustus 2018 (M7.0), 19 Agustus 2018 (M6.9). Irsyam M, Hanifa RN dan Djarwadi D, editor. Bandung (ID) : PPPPP dan BPPKPUPR.
- Puspito N. 2007. Indonesia memang rawan tsunami. [www.bppt.go.id].
- Rasyif TM, Shigeru K, Syamsidik, dan Okabe T. 2019. Numerical simulation of morphological changes due to the 2004 tsunami wave around Banda Aceh, Indonesia. *Geos*, 9(125): 1-16.
- Sugianto D, Nurjaya WI, Natih MNM, Pandoe WW. 2017. Potensi rendaman tsunami di wilayah lebak banten. *J. Kelautan Nasional.* 12(1):9-18.
- Supendi P, Nugraha AD, Widiyantoro S, Pesicek JD, Thurber CH, Abdullah CI, Daryono D, Wiyono SH, Shiddiqi HA, Rosalia S. 2020. Relocated aftershocks and background seismicity in eastern Indonesia shed light on the 2018 Lombok and Palu earthquake sequences. *Geophys. J. Int.* 221: 1845-1855.doi: 10.1093/gji/ggaa118.
- Syamsidik, Tursina, Suppasri A, Al'ala M, Luthfi M, Comfort KL. 2019. Assessing the tsunami mitigation effectiveness of the planned Banda Aceh Outer Ring

Road (BORR), Indonesia. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* (19):299-312. <http://doi.org/10.5194/nhess-19-299-2019>.

Wang X, Philip. 2006. An analysis of 2004 Sumatra earthquake fault plane mechanisms and Indian Ocean tsunami. *J. of Hydraulic Res.* 44(2): 147-154.

Wang X. 2009. User manual for COMCOT version 1.7 (First Draft). [http://ceeserver.cee.conell.edu//phll-group/comcot\\_down.htm](http://ceeserver.cee.conell.edu//phll-group/comcot_down.htm). [diakses tanggal 25 Maret 2019].

Wells LD, Coppersmith JK. 1994. New empirical relationship among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bul. of The Seis. Society of America.* 84(4):974-10002.

Yunidiya RD. 2015. Penataan ruang pesisir berbasis risiko tsunami di kota mataram, Nusa Tenggara Barat [tesis]. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## RIWAYAT HIDUP



Eva Susan Ratuluhain, lahir di Kisar Kabupaten Maluku Barat Daya (MBD) pada tanggal 20 Februari 1989, anak kedua dari pasangan Bapak Mardianus dan Ibu Anita. Penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 4 Ambon tahun 2006. Penulis melanjutkan pendidikan strata 1 (S1) di program studi Ilmu Kelautan, FPIK Universitas Pattimura Ambon. Setelah menyelesaikan studi S1, penulis sempat bekerja sebagai tenaga administrasi pada Kantor Desa Passo tahun 2013-2016, kemudian tahun 2016 hingga Juni 2017 penulis berhenti dan mulai bekerja di Kantor BUPATI Seram Bagian Barat bagian Kesejahteraan Masyarakat. Tahun 2017-2020 penulis melanjutkan pendidikan strata 2 (S2) di program studi Ilmu Kelautan, FPIK IPB University, BOGOR. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister, penulis telah menulis satu jurnal di Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis (JITKT) terakreditasi DIKTI, dengan status jurnal *review* 1. Dalam penyelesaian studi S2, penulis melakukan penelitian dan karya tulis dengan judul “**Analisis Potensi Tsunami di Perairan Pantai Utara Lombok**”.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University