# PENENTUAN AREA TERDAMPAK "KETINGGIAN MAKSIMUM TSUNAMI" DI PULAU BALI

# BERDASARKAN POTENSI GEMPABUMI PEMBANGKIT TSUNAMI PADA SEGMEN MEGATHRUST SUMBA

# Telly Kurniawan<sup>1</sup>, Arifah Fairuz Laili<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG Jalan Angkasa I No 2 Kemayoran, Jakarta Pusat <sup>2</sup>Jurusan Fisika Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail: tellykurniawan46@gmail.com

### Abstrak

Gempabumi di segmen megathrust sumba pada 19 agustus 1977 membangkitkan tsunami yang melanda sebagian besar pantai selatan deretan nusa tenggara, meliputi pulau bali, lombok, sumbawa dan sumba. Berdasarkan data pusat studi gempa nasional (pusgen) tahun 2017, segmen ini masih berpotensi menghasilkan gempabumi dengan kekuatan 8.5 SR. Dari informasi diatas, penelitian tentang dampak tsunami dari potensi gempabumi di segmen ini penting untuk dilakukan. Salah satu pulau yang berpotensi terdampak tsunami akibat gempabumi di segmen ini adalah pulau bali, yang merupakan tempat tujuan wisata terkenal baik domestik maupun mancanegara. Parameter utama yang penting diketahui dalam penjalaran gelombang tsunami adalah ketinggian tsunami ketika mencapai garis pantai yang disebut maximum tsunami height (MTH). Tujuan penelitian ini adalah menentukan nilai MTH dari hasil scenario gempabumi yang membangkitkan tsunami. Metoda penelitian yang digunakan adalah metoda kuantitatif penjalaran gelombang tsunami berdasarkan shallow water theory yang diaplikasikan kedalam sistem informasi geografi. Hasil penelitian simulasi tsunami dengan menggunakan parameter gempabumi: magnitude 8.5 SR dan kedalaman 10 km di segmen megathrust sumba, menunjukkan bahwa lokasi MTH paling tinggi terletak di pesisir pantai desa nusapenida kabupaten/kota klungkung dengan nilai MTH 5.174 - 7.389 m.

Kata Kunci: MTH, Megathrust, Segmen.

# **Abstract**

The earthquake in the segment of sumba megathrust on august 19, 1977 generated a tsunami that hit most of the southern coast of the nusa tenggara which includes the bali island, lombok, sumbawa and sumba. Based on data from pusat studi gempa nasional (pusgen) 2017, this segmen stil potential produced earthquake magnitude 8.5 SR. From information above, study of the tsunami impact from potential earthquakes in this segment is important to be done. One of the islands that potential affected by the tsunami from earthquake in this segment is the bali island, which is a object of famous tourism both domestic and foreign. The main parameter that must be known in the propagation of tsunami waves is the height of the tsunami when it reaches the coastline called maximum tsunami height (MTH). The purpose of this study was to determine the MTH value from the results of the earthquake scenario that caused the tsunami. The research method that be used a quantitative method of tsunami wave propagation based on shallow water theory that be applied to Geographic Information Systems. The results of the tsunami simulation

using earthquake magnitude 8.5 SR and source depth 10 km in the Segmen of Sumba Megathrust indicate that the highest MTH location is located on the coastline of Nusapenida Village, District/ City of Klungkung with MTH values 5,174-7,389 m.

Keywords: MTH, Megathrust, Segmen.

### 1. PENDAHULUAN

Pulau Bali atau disebut juga sebagai pulau dewata merupakan salah satu daerah tujuan wisata utama Indonesia yang terkenal baik didalam negeri maupun mancanegara. Daya tarik utama dari Bali sendiri adalah kekayaan dan keindahan alam pesisir pantainya, serta keunikan khas seni budayanya yang menjadi tujuan wisatawan baik lokal dan mancanegara untuk berkunjung ke Bali [1].

Kunjungan wisatawan mancanegara ini selalu meningkat setiap tahun, bukan hanya untuk berlibur bahkan ada memutuskan untuk tinggal di Bali. Badan Pusat Statistik Provinsi Bali mencatat bahwa jumlah wisatawan mancanegara pada bulan mei 2018 mencapai 528.512 kunjungan, dari data ini maka kunjungan mengalami kenaikan sebesar 2,27% dibandingkan bulan april 2018, kemudian jika dibandingkan dengan bulan mei 2017, jumlah kunjungan wisatawan mancanegara ke Bali tercatat mengalami peningkatan sebesar 8% [2].

Dibalik keindahan alam dan keunikan budaya Bali, ternyata Bali termasuk dalam zona rawan tsunami di Indonesia, yang tidak banyak orang menyadari hal ini. Secara tektonik, Pulau Bali memiliki dua sumber gempabumi yang berpotensi tsunami. Sumber yang pertama adalah Bali back arc thrust, yaitu sesar naik belakang busur Bali yang merupakan perpanjangan dari flores back arc thrust yang terletak di utara pulau bali [3,8]. Sumber yang kedua adalah zona subduksi di selatan Pulau Bali yang terjadi karena pergerakan lempeng Indo-Australia terhadap lempeng dengan kecepatan 7 (tujuh) cm per tahun (demets dkk, 1994) yang merupakan penyebab utama aktifnya sesar di bali dan sekitarnya [4]. Dari sumber yang kedua, diperkirakan bahwa jika gempabumi terjadi disalah satu segmen selatan Bali, maka gelombang tsunami dari

area ini hanya memerlukan 30 hingga 60 menit untuk mencapai pantai [5].

Salah satu sejarah tsunami yang pernah melanda Bali adalah tsunami akibat gempabumi pada tanggal 19 agustus 1977 dengan pusat gempa atau episenter berada di bawah dasar laut pada posisi 118.60bt; 11.080ls dengan kedalaman sekitar 33 kilometer. Kekuatan gempa diperkirakan mencapai 8,3 skala richter (SR). Dampak bencana ini mengakibatkan terjadinya gelombang tsunami yang melanda sebagian besar pantai selatan dari deretan Nusa Tenggara, meliputi Pulau Bali, Lombok, Sumbawa dan Sumba [6].

Selain adanya sejarah gempabumi di segmen *megathrust* yang menimbulkan tsunami pada 1977, di segmen ini terdapat data yang menunjukkan bahwa segmen ini masih mempunyai potensi gempabumi dengan kekuatan 8.5 SR, yang dapat membangkitkan tsunami [7]. Dari sejarah tsunami 1977 dan masih adanya potensi gempabumi dari segmen ini, yang dapat membangkitkan tsunami, maka daerah selatan bali termasuk pada daerah rawan terdampak gempabumi dan tsunami.

Adanya daerah rawan terdampak tsunami di selatan bali akibat gempabumi di segmen megathrust sumba, membuat pentingnya dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui lokasi-lokasi yang terdampak tsunami.

Berdasarkan dinamika tektonik bumi, gempabumi mempunyai perioda ulang pada kurun waktu tertentu [8]. Periode ulang gempabumi ini terjadi pada lokasi sekitar bidang patahan pada segmen yang sama dengan gempabumi yang pernah terjadi sebelumnya. Sehingga kejadian tsunami 1977 akibat gempabumi di segmen megathrust sumba, secara statistik punya potensi terulang kembali. Adanya periode ulang gempabumi inilah yang membuat penelitian ini sangat penting dilakukan sebagai bentuk kewaspadaan,

karena hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai informasi baik oleh pemerintah dan masyarakat mengenai langkah mitigasi terhadap area rawan terdampak tsunami.

Kewaspadaan yang merupakan bagian mitigasi ini dapat direalisasikan sebagai bentuk kesiapsiagaan menghadapi bencana tsunami yaitu dengan cara mempersiapkan secara dini langkah-langkah yang harus dilakukan untuk dapat meminimalisir kerusakan dan menghindarkan korban jiwa terhadap lokasi geografi yang punya potensi terdampak tsunami.

Tujuan akhir penelitian ini adalah untuk mengetahui area yang berpotensi terdampak MTH di selatan bali melalui simulasi penjalaran gelombang tsunami.

Tsunami adalah gelombang air laut yang menyebar ke segala arah. Gelombang ini berasal dari adanya gangguan terhadap dasar laut, seperti perubahan struktur geologi dasar laut secara vertikal akibat gempabumi tektonik, letusan gunung api dasar laut dan longsor yang terjadi di dasar laut [9]. Di indonesia sumber penyebab tsunami yang utama adalah gempabumi tektonik [9,10].

Tidak semua gempabumi tektonik dapat menyebabkan tsunami, parameter gempabumi tektonik yang dapat menyebakan tsunami adalah [9,10]:

- Gempabumi tektonik terjadi di bawah laut .
- Kedalaman gempa bumi yang dangkal (<100 km).</li>
- Kekuatan gempabumi > 7 skala richter (SR).
- Pergerakan bidang patahan terjadi secara vertikal, (sesar naik/ turun)

Karakteristik tsunami sangat berbahaya karena energi kekuatan tsunami bersifat konstan yaitu tidak berubah terhadap fungsi ketinggian dan kecepatannya. Tinggi tsunami tidak nampak saat masih berada di tengah laut namun ketika mencapai pesisir pantai ketinggiannya bertambah sampai kemudian pada suatu titik tertentu mendekati pantai akan mengalami pecah gelombang. Semakin tingginya gelombang tsunami ketika mencapai disebabkan pinggir pantai kecepatan gelombang tsunami berkurang karena semakin besarnya gaya gesek bathymetri dasar laut sehingga terjadi penumpukan massa air laut ketika mendekati pantai [10].

Ketika gelombang tsunami akan pecah mendekati pantai, ketinggian tsunami langsung berkurang signifikan. Disinilah proses yang paling berbahaya, karena dengan karakteristik tsunami yang mempunyai kekuatan energi yang konstan, ketika ketinggian berkurang sangat signifikan membuat kecepatan gelombang bertambah tsunami kembali beripat-lipat. Dengan energi yang konstan dan kecepatan yang bertambah beripat-lipat dalam waktu singkat langsung dapat menyeret barang apapun yang dilaluinya sehingga menimbulkan banyak kerusakan dan korban jiwa pada area tersebut.

Gelombang tsunami yang akan pecah ketika mendekati pantai ini, kecepatannya tidak mungkin dapat dihindari oleh penduduk yang berada pada area tersebut, sehingga salah satu solusinya adalah membuat tempat evakuasi vertikal (shelter) di lokasi rawan tsunami tersebut.

Tsunami diklasifikasikan sebagai gelombang perairan dangkal (gelombang panjang), karena ketika penjalaran gelombang tsunami terjadi, panjang gelombangnya lebih besar daripada kedalaman perairannya yang dilaluinya [10].

### 2. METODE PENELITIAN

Data magnitude gempabumi yang digunakan sebagai skenario dalam penelitian ini mengambil referensi dari peta sumber dan bahaya gempa indonesia tahun 2017 [7] yang menunjukkan bahwa segmen *megathrust* sumba mempunyai sumber potensi gempabumi dengan kekuatan 8.5 SR, kemudian data lain yang digunakan adalah kedalaman sumber gempa 10 km yang dikategorikan dangkal dan berpotensi besar menimbulkan tsunami, sebagai skenario terburuk untuk langkah kesiapsiagaan mengetahui dampak tsunami

Metode penelitian menggunakan metoda kuantitatif secara sistematis dari mulai penentuan peta bathymetri yang berisi batas maksimum koordinat lokasi penelitian yang berpotensi terdampak tsunami di selatan Bali, kemudian perhitungan seluruh data parameter gempabumi dan bidang patahan pada segmen *megathrust* sumba melalui beberapa perumusan, setelah itu, semua parameter diinput kedalam simulasi gempabumi pembangkit tsunami dan diakhiri dengan *overlay* hasil simulasi tsunami kedalam sistem informasi geografi sehingga dapat diketahui nama lokasi geografi yang terdampak MTH.

# 2.1. Penentuan Batas Area Terdampak Tsunami

Penentuan batas area terdampak tsunami ini menggunakan nilai lintang dan bujur bumi secara square pada batasan koordinat area penelitian yang berpotensi terdampak tsunami di selatan Bali. Titik pusat area terdampak ini adalah sumber parameter bidang patahan pada segmen *megathrust* Sumba yang akan dijadikan sumber awal terbentuknya tsunami pada simulasi penjalaran gelombang tsunami.

# 2.2. Penentuan Dan Perhitungan Parameter Gempabumi Dan Bidang Patahan

Dalam tahapan ini menggunakan database gempabumi *global cmt* [11] yang divalidasi dengan database gempabumi *geoforschungszentrum* (*gfz*) [12], dua database ini selain mempunyai data parameter koordinat episenter gempabumi, juga mempunyai data moment tensor, yang dapat menunjukkan jenis sesar, selain itu juga mempunyai data parameter bidang patahan nilai *strike* dan *dip* untuk kebutuhan input data simulasi penjalaran qelombang tsunami

Dari parameter yang ada dalam database gempabumi *global cmt*, kemudian dihitung parameter lain yaitu koordinat bidang patahan dalam arah x dan y, kemudian dihitung juga nilai panjang dan lebar bidang patahan mengunakan formula *papazachos* et al (2004) [13], dengan formula sebagai berikut:

### Dimana:

Mw = magnitudo momen (sr)

I = panjang bidang sesar (km)

w = lebar bidang sesar (km)

a = luasan sesar (km²)

Untuk selanjutnya dicari nilai momen seismik menggunakan persamaan hanks and kanamori (1979) [14], dengan formula sebagai berikut:

• Mw = 
$$\frac{2}{3}$$
 log mo - 6,07.....(4)  
Dimana :

Mo = momen seismik (nm)

Formula terakhir dalam tahapan ini adalah perhitungan nilai slip atau displacement dalam satuan panjang (m) dengan formula wells & coppersmith (1994) [15] sebagai berikut:

D = mo / 
$$\mu$$
 a .....(6)

Dimana:

μ = modulus rigiditas kerak bumi

 $= (3x1010 \text{ n/m}^2)$ 

A = luasan sesar (km<sup>2</sup>)

D = slip atau displacement (meter)

# 2.3. Penentuan Simulasi Penjalaran Gelombang Tsunami.

Dari hasil data penentuan dan perhitungan parameter gempabumi dan bidang patahan, data tersebut akan diolah dengan menggunakan shallow water theory untuk dapat membuat simulasi penjalaran gelombang tsunami yang diaplikasikan dalam software tsunami-I2008. Dalam shallow water theory, gelombang tsunami merambat dengan kecepatan yang berbanding lurus dengan akar kedalaman perairan. Kecepatan gelombang tsunami akan berkurang seiring dengan semakin dangkalnya kedalaman air (marchuk dan kagan, 1989). Secara matematis semua perumusan perambatan gelombang tsunami ditunjukkan sebagai berikut [16,17]:

# 2.3.1. Kecepatan Gelombang Tsunami

Berdasarkan teori yang diperoleh dari thorne lay dan terry c.wallace (*modern global seismology*, hal. 149), kecepatan tsunami

merupakan akar dari hasil perkalian antara percepatan gravitasi dan kedalaman laut.

V = kecepatan gelombang tsunami (m/s).

G = percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s<sup>2</sup>).

Н = kedalaman laut (m).

Kecepatan tsunami berbeda untuk setiap kedalaman laut yang berbeda. Kecepatan tsunami yang menuju pantai berubah-ubah sebagai berikut:

$$v(x_0), v(x_1), v(x_2), v(x_2), \dots v(x_n) \dots (8)$$

Dengan demikian, didapatkan hubungan kecepatan terhadap jarak. Untuk antara memudahkan perhitungan, kecepatan gelombang tsunami diwakili oleh kecepatan rata-ratanya, melalui perhitungan dengan rumus (sutrisno, 2006):

$$\bullet \ \overline{v} = \frac{\int_0^x v(x) dx}{x} \dots (9)$$

Perhitungan persamaan (9) dapat diuraikkan sebagai berikut:

• 
$$\bar{v} = \frac{v(x_1).\delta x + v(x_2).\delta x + \dots + v(x_n).\delta x}{n-1} \dots (10)$$
  
•  $\bar{v} = (v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n) \frac{\Delta x}{n-1} \dots (11)$ 

• 
$$\bar{\mathbf{v}} = (v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n) \frac{\Delta x}{n-1} \dots \dots (11)$$

$$\bullet \ \bar{\mathbf{v}} = \frac{\sum v_x}{n-1} \dots (12)$$

# 2.3.2. Waktu Tiba Gelombang Tsunami

Waktu tiba gelombang tsunami dihitung dengan memperhatikan perubahan kedalaman vang dilewati gelombang tsunami. Semakin mendekati pantai maka kedalaman laut semakin dangkal. Dengan kecepatan ratarata gelombang tsunami yang diperoleh, waktu penjalaran gelombang tsunami dapat diketahui melalui perhitungan dengan rumus:

Т = waktu tempuh (sec).

Χ = jarak dari episenter ke lokasi pengamatan (m).

= kecepatan rata-rata (m/s).

(sutrisno, 2006).

### 2.3.3. Energi Gelombang Dan Tinggi **Tsunami**

Besar energi air yang terdorong oleh patahan naik diperoleh dengan menggunakan model waterberg. Ketika terjadi patahan naik, air yang berada di atas patahan tersebut terdorong sehingga volume air menjadi sama dengan volume patahan:

= volume air gelombang tsunami V

L = panjang patahan (m) W = lebar patahan (m)

= deformasi (m) D

Massa air yang terangkat dari titik kesetimbangannya yaitu:

m = 
$$\rho V$$
.....(15)  
m =  $\rho LWD$ .....(16)

Dimana:

= massa air gelombang tsunami M

= massa jenis air (kg/m³) ρ

V = volume air gelombang tsunami

= panjang patahan (m) L W = lebar patahan (m) D = deformasi (m)

Energi yang terkandung dalam massa air yang terdorong karena patahan ini adalah energi potensial. Apabila setiap partikel air yang terdorong oleh patahan naik memiliki tinggi rata-rata sebesar d/2 maka besar energi

Ε = energi gelombang tsunami

M = massa air gelombang tsunami

= percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s<sup>2</sup>).

D = deformasi (m)

G

potensialnya adalah:

= massa jenis air (kg/m³)

L = panjang patahan (m)

W = lebar patahan (m)

Terbentuknya tinggi gelombang tsunami sama dengan besar deformasi laut (d). Zein (2005) mengatakan hasil kali antara kecepatan gelombang tsunami, energi gelombang tsunami dan jarak arah rambat gelombang tsunami untuk setiap kedalaman adalah konstan.

v(1/2 pLWgH² )b=konstan.....(18) Dimana :

V = kecepatan tsunami (m/s)

= massa jenis air (kg/m³)

L = panjang patahan (m)

W = lebar patahan (m)

G = percepatan gravitasi bumi  $(9.8 \text{ m/s}^2)$ .

H = tinggi tsunami (m)

B = jarak arah rambat gelombang (m)

Energi yang dirambatkan dari sumber tsunami hingga ke pantai adalah konstan, sehingga pada kedalaman n – 1 dan n berlaku hubungan:

$$c(vHb)_{n-1}=c(vHb)_{n}$$
....(19)

Dengan adalah konstan.

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan, tinggi gelombang tsunami (bryant, 2008).

• 
$$H_n = \sqrt{\frac{v_{n-1}}{v_n}} \sqrt{\frac{b_{n-1}}{b_n}} H_{n-1}....(20)$$

# Dimana:

N = nilai 1, 2, 3, sampai n

H<sub>n</sub> = tinggi gelombang tsunami pada kedalaman n (m)

H<sub>n-1</sub> = tinggi gelombang tsunami pada kedalaman n-1 (m)

V<sub>n-1</sub> = kecepatan tsunami pada kedalaman n-1 (m/s)

V<sub>n</sub> = kecepatan tsunami pada kedalaman n (m/s)

b<sub>n-1</sub> = jarak arah rambat gelombang pada kedalaman n-1 (m)

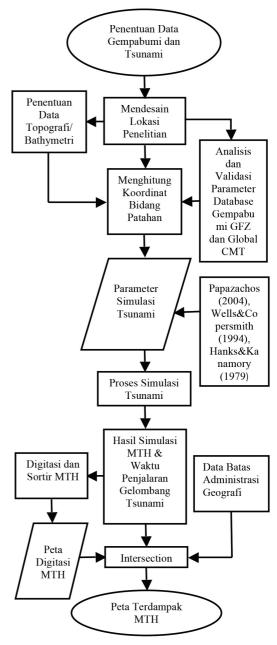
b<sub>n</sub> = jarak arah rambat gelombang pada kedalaman n (m)

# 2.4. Penentuan Fokus Batas Koordinat Area Terdampak Tsunami

Penentuan fokus ini berdasarkan degradasi warna hasil simulasi tsunami di Pulau Bali yang menunjukkan nilai terendah sampai dengan tertinggi.

# 2.5. Penentuan Nilai MTH pada Fokus Batas Koordinat Area Terdampak Tsunami

Penentuan ini menggunakan metoda *picking* dan *sortir* data. Perlu beberapa kali pensortiran data dengan menggunakan *ms. Excel* yaitu yang pertama dilihat berdasarkan ketinggian. Nilai yang diambil adalah nilai-nilai positif puncak gelombang tsunami diatas permukaan laut. Setelah itu, data di sortir kembali



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

berdasarkan koordinat *longitude-latitude*-nya karena saat simulasi tsunami, koordinat *longitude-latitude* yang sama akan mengalami nilai ketinggian yang berbeda di waktu yang berbeda juga, sehingga yang disort adalah ketinggian gelombang yang paling tinggi yang disebut MTH pada satu waktu dalam satu koordinat *longitude-latitude*.

# 2.6. Penentuan Nama Lokasi Geografi Kab/Kota Terdampak Tsunami

Penentuan ini dilakukan dengan metoda overlay antara fokus batas koordinat area terdampak tsunami kedalam data batas administrasi di pulau bali dengan menggunakan software arcgis.

# 2.7. Penentuan Nilai MTH Pada Lokasi Geografi Terdampak

Sama dengan tahapan 2.6, maka metode yang dilakukan dalam tahapan terakhir menggunakan metoda *overlay* nilai MTH kedalam lokasi geografi terdampak yang sudah diketahui nama geografinya, dalam bentuk diagram alir, metoda penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.

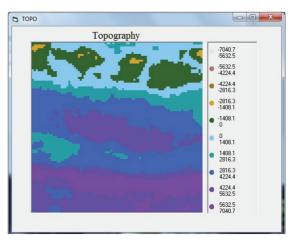
# 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

# 3.1. Batas Area Terdampak Tsunami

Dari analisis sejarah tsunami akibat gempabumi 19 agustus 1977 yang terjadi di segmen magathrust sumba dengan koordinat episenter 118.60bt;11,80ls yang berdampak terhadap Pulau Bali dan batasan *square* yang meliputi batas terluar pulau bali (115,420bt; 8,40ls) maka penentuan batas koordinat lokasi penelitian berada pada koordinat 1110bt-1190bt dan 70ls-150ls. Lokasi penelitian dapat ditunjukkan dengan peta *bathymetri* pada gambar 2.

# 3.2. Parameter Gempabumi Dan Bidang Patahan

Untuk penentuan parameter bidang

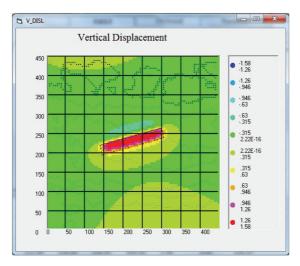


Gambar 2. Peta Topography (*Bathymetri*) Lokasi Penelitian.

patahan pada penelitian ini menggunakan database gempabumi global cmt pada kejadian gempabumi tanggal 6 agustus 2015 dengan episenter 115,930bt; 9,880ls [14]. Kemudian event ini divalidasi waktu dan tempat kejadian dengan database gempabumi gfz [15] dan hasilnya tepat dengan database gempabumi global cmt. Event ini diambil karena terletak di Selatan Bali yang berada pada segmen megathrust Sumba yang mempunyai jenis sesar naik. Parameter yang diambil dari global cmt yaitu nilai strike=2710 dan dip= 610 [15,16]. Sedangkan untuk parameter bidang patahan lain yang akan dihitung yaitu panjang dan lebar bidang patahan serta nilai displacement (d) yaitu slip dalam satuan panjang yang dibutuhkan untuk input simulasi. Parameterparameter yang harus dihitung tersebut, dicari dengan menggunakan formula papazachos et.al (2004), hanks&kanamori (1979), dan wells & coppersmith (1994) dengan skenario m= 8.5 SR. Dari seluruh perhitungan diperoleh nilai sebagai berikut:

- L = 323.594 km,
- W = 74.989 km
- A =  $24.266,101 \text{ km}^2 = 2,4266 \text{ x } 1010 \text{ m}^2$
- Mo =  $7,161 \times 1021 \text{ nm dan}$
- D = 9,837 m.

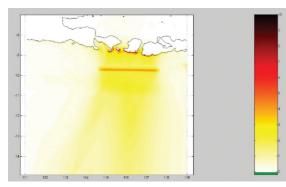
Dari hasil perumusan tersebut maka didapatkan peta *vertical displacement* pada gambar 3 yang menunjukkan semua parameter gempabumi dan bidang patahan yang akan dijadikan input simulasi penjalaran gelombang tsunami.



Gambar 3. Peta Vertical Displacement.

# 3.3. Simulasi Penjalaran Gelombang Tsunami.

Pada penelitian ini menggunakan simulasi waktu selama 3600 detik dengan interval penyimpanan data setiap 60 detik. Hasil simulasi ini berupa peta hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 4.

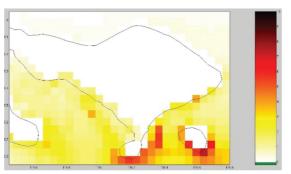


Gambar 4. Peta Hasil Simulasi Penjalaran Gelombang Tsunami.

Hasil dari pemodelan simulasi tsunami menunjukkan bahwa daerah yang terdampak tsunami tidak hanya pulau bali namun juga sekitarnya seperti Lombok, Sumba, dan Sumbawa.

# 3.4. Fokus Batas Koordinat Area Terdampak Tsunami

Fokus dilakukan pada area terdampak di Pulau Bali dengan batas koordinat sebagai berikut: 114,40 –115,80 bt dan 7,90 – 8.90 ls. Hasil fokus batas koordinat pulau bali yang terdampak tsunami ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Peta Fokus Batas Koordinat Area Terdampak Tsunami.

# 3.5. Nilai MTH Pada Fokus Lokasi Terdampak Tsunami D Pulau Bali

Nilai ini diperoleh melalui metoda *picking* dan *sortir* data sepanjang pesisir pantai pada fokus lokasi terdampak tsunami di Pulau Bali. Nilai hasil *picking* ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil *Picking* Dan *Sort* Pada Fokus Terdampak Tsunami.

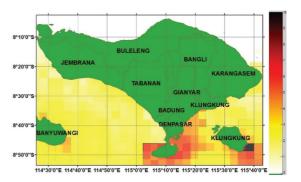
Long	Lat	MTH
115.610	-8.788	7.389
115.544	-8.800	6.844
115.625	-8.765	6.580
115.182	-8.765	6.111
115.230	-8.810	5.503
115.179	-8.845	5.404
115.150	-8.846	5.261
115.498	-8.769	5.174
115.230	-8.725	4.539
115.263	-8.675	4.509
115.163	-8.783	4.467
115.293	-8.635	4.316

Long	Lat	MTH
115.595	-8.720	4.306
115.357	-8.580	4.021
115.453	-8.675	3.853
115.120	-8.800	3.126
115.453	-8.720	2.800
114.920	-8.468	2.795
115.407	-8.577	2.459
115.453	-8.565	2.384
115.657	-8.450	2.329
115.544	-8.675	2.307
115.498	-8.544	2.283
115.707	-8.405	2.183
114.960	-8.500	2.157
114.865	-8.445	2.072
115.010	-8.540	2.034
115.544	-8.505	1.962
115.613	-8.495	1.763
115.498	-8.675	1.745
115.044	-8.568	1.732
114.818	-8.428	1.661
114.769	-8.404	1.562
114.723	-8.395	1.309
114.677	-8.399	1.306
115.170	-8.720	1.291
114.632	-8.405	1.277
114.586	-8.400	1.274
115.140	-8.667	1.253
115.088	-8.620	1.002
114.553	-8.361	0.985
114.520	-8.316	0.664
114.482	-8.271	0.547
114.453	-8.226	0.118
114.449	-8.136	0.002
114.449	-8.181	0.001

Pada tabel 1, ada 3 kolom yaitu koordinat *longitude*, *latitude* dan MTH yang disort dari nilai yang tertinggi. Nilai MTH tertinggi adalah 7.389 m yang terletak pada koordinat 115.610 bt: 8.788 ls.

# 3.6. Nama Lokasi Geografi Kab/Kota Terdampak Tsunami Di Pulau Bali

Dalam menentukan nama lokasi geografi terdampak tsunami di pesisir pantai selatan bali, maka harus dilakukan *overlay* dari fokus batas koordinat area terdampak tsunami kedalam data batas administrasi geografi dari badan pusat statistik. Hasil *overlay* ditunjukkan pada gambar 6.



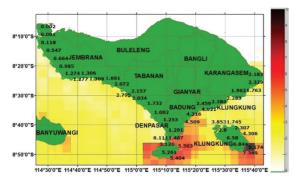
Gambar 6. *Overlay* Fokus Area Terdampak Tsunami Kedalam Data Batas Administrasi Geografi Kabupaten/Kota.

Dari hasil *overlay* ini, terlihat bahwa lokasi geografi yang terkena dampak tsunami adalah kabupaten/kota Jembrana, Tabanan, Badung, Denpasar, Gianyar, Klungkung, dan Karang Asem.

# 3.7. Nilai MTH Pada Lokasi Geografi Kab/ Kota Terdampak.

Pada tahap akhir pengolahan data ini, menggunakan metoda *overlay* data nilai MTH hasil *picking* dan *sortir* data kedalam lokasi geografi kab/kota. Hasilnya ditunjukkan pada gambar 7 dibawah ini.

Pada gambar 7, dapat ditunjukkan bahwa kabupaten/kota di Pulau Bali yang terkena dampak MTH paling tinggi yaitu terletak pada Kabupaten/Kota Klungkung dengan nilai tinggi tsunami 7,389 meter.



Gambar 7. Nilai MTH Pada Lokasi Kabupaten/Kota Terdampak Tsunami Di Selatan Bali.

# # 1507 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100

Gambar 8. Nilai MTH Pada Lokasi Desa Terdampak Tsunami Di Selatan Bali.

# 3.8. Nilai MTH Pada Lokasi Geografi Desa

Untuk dapat mengetahui dampak MTH pada level lokasi geografi yang lebih detail lagi yaitu lingkup desa, maka dilakukan kembali metoda *overlay* data nilai MTH hasil *picking* dan sortir data kedalam lokasi geografi desa.

No

19

20

2.459

2.384

Hasilnya ditunjukkan pada gambar 8 diatas. Pada gambar 8, desa di Pulau Bali yang terkena dampak MTH paling tinggi yaitu terletak pada desa tanglad dengan nilai 7,389 meter.

Hasil pengolahan penelitian nilai MTH dengan nama lokasi desa terdampak MTH secara lengkap ditunjukkan pada tabel 2.

Desa

Gelgel

Kusamba

INO	I INITI	Nab/kota	l vec	Desa
1	7.389	Klungkung	Nusapenida	Tanglad
2	6.844	Klungkung	Nusapenida	Sekartaji
3	6.580	Klungkung	Nusapenida	Pejukutan
4	6.111	Badung	Kuta selatan	Kedonganan
5	5.503	Badung	Kuta selatan	Benoa
6	5.404	Badung	Kuta selatan	Kutuh
7	5.261	Badung	Kuta selatan	Ungasan
8	5.174	Klungkung	Nusapenida	Batumadeg
9	4.539	Denpasar	Denpasar selatan	Serangan
10	4.509	Denpasar	Denpasar selatan	Sanur kaja
11	4.467	Badung	Kuta	Jimbaran
12	4.316	Gianyar	Sukawati	Ketewel
13	4.306	Klungkung	Nusapenida	Suana
14	4.021	Gianyar	Gianyar	Lebih
15	3.853	Klungkung	Nusapenida	Jungutbatu
16	3.126	Badung	Kuta selatan	Pecatu
17	2.800	Klungkung	Nusapenida	Sakti
18	2.795	Tabanan	Selemadeg barat	Selabih

Tabel 2. Nilai MTH Dan Nama Lokasi Terdampak MTH.

Kec

Kah/kota

Klungkung

Klungkung

Klungkung

Dawan

No	MTH	Kab/kota	Kec	Desa
21	2.329	Karangasem	Karangasem	Seraya
22	2.307	Klungkung	Nusapenida	Kutampi kaler
23	2.283	Karangasem	Manggis	Antiga kelod
24	2.183	Karangasem	Karangasem	Seraya timur
25	2.157	Tabanan	Selemadeg barat	Lalang linggah
26	2.072	Jembrana	Pekutatan	Pangyangan
27	2.034	Tabanan	Selemadeg	Berembeng
28	1.962	Karangasem	Manggis	Sengkidu
29	1.763	Karangasem	Karangasem	Bugbug
30	1.745	Klungkung	Nusapenida	Tojapakeh
31	1.732	Tabanan	Kerambitan	Tibubiyu
32	1.661	Jembrana	Pekutatan	Pekutatan
33	1.562	Jembrana	Mendoyo	Yeh embang kangin
34	1.309	Jembrana	Mendoyo	Penyaringan
35	1.306	Jembrana	Mendoyo	Delod berawah
36	1.291	Badung	Kuta	Kuta
37	MTH	Kab/kota	Kec	Desa
38	1.277	Jembrana	Jembrana	Perancak
39	1.274	Jembrana	Negara	Pengambengan
40	1.253	Badung	Kuta utara	Tibubeneng
41	1.002	Tabanan	Kediri	Beraban
42	0.985	Jembrana	Negara	Cupel
43	0.664	Jembrana	Melaya	Candikusuma
44	0.547	Jembrana	Melaya	Melaya
45	0.118	Jembrana	Melaya	Gilimanuk
46	0.002	Buleleng	Gerokgak	Sumber klampok
47	0.001	Jembrana	Melaya	Gilimanuk

# 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan suatu kesimpulan bahwa hasil simulasi menunjukkan bahwa MTH terjadi di daerah teluk/pesisir, sehingga di daerah teluk/pesisir merupakan area yang paling rawan terdampak tsunami. Area terdampak inilah yang perlu kajian mengenai pengelolaan tata ruang di lokasi-lokasi dekat dengan teluk/pesisir, agar

kita mempunyai kesiapsiagaan menghadapi bencana tsunami.

# **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada puslitbang bmkg (badan meteorologi, klimatologi, dan geofisika) yang telah memberikan dukungan untuk melakukan penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Somantri, lili. "keunggulan bali sebagai daerah tujuan wisata andalan indonesia". File.upi.edu/direktori/fpips/jur.\_pend. lili\_somantri/makalah\_bali.pdf diakses tanggal 2 agustus 2018.
- BPS provinsi bali. "mei 2018, kedatangan wisatawan mancanegara bali kunjungan mencapai 528.512 atau Https://bali.bps. 2,27 persen". go.id/pressrelease/2018/07/02/717097/ mei-2018--kedatangan-wisatawanmancanegara-ke-bali-mencapai-528-512-kunjungan-atau-naik-2-27-persen-. html
- Daryono. "identifikasi sesar naik belakang busur (back arc thrust) daerah bali berdasarkan seismisitas dan solusi bidang sesar. Artikel kebumian bmkg, 2011.
- Pradita, j.s., utomo, f.b., moehajirin., dawwam r, f., rudyanto, a., pramono, s., permana, d. "ulasan guncangan tanah akibat gempa bumi tenggara denpasar bali": bmkg, 2017.
- Dlr/gtz, dokumen teknis peta bahaya tsunami bali, september 2010.
- Pradjoko, e., kusuma, t., setyandito, o., suroso, a., harianto, b. "the tsunami run-up assesment of 1977 sumba eartquake in kuta, center of lombok, indonesia" mataram university: 2nd international seminar on ocean and coastal engineering, environment and natural disaster management, isoceen 2014, procedia earth and planetary science 14 (2015) 9 16.
- Tim pusat studi gempa nasional. "peta sumber dan bahaya gempa indonesia tahun 2017". Badan penelitian dan pengembangan. 2017.

- Pertiwi, i.i., fattah, m.h., rauf, a. "estimation of tsunami inundation and disaster mitigation in bulukumba, indonesia". Jurnal geofisika (2018) vol. 16, no.01 pp. 01-08.himpunan ahli geo\_sika indonesia. 2018.
- Inatews. "pedoman pelayanan peringatan dini tsunami". Bmkg: 2012.
- Sugito, n.t. "tsunami". Universitas pendidikan indonesia:2008.
- Http://www.globalcmt.org/cmtsearch.h Https://geofon.gfz-potsdam.de/eqin
- Papazachos, b.c., scordilis, e. M., panagiotopoulos, d. G., papazachos, c.b., and karakaisis, g. F.,. Global relations between seismic fault parameters and moment magnitude of earthquakes. Bull. Geol. Soc. Greece, vol. Xxxvi. Proceedings of the 10 international congress, thessaloniki, april 2004th.2004.
- Hanks, thomas c., kanamori, h. "moment magnitude scale". Journal of geophysical research, 84 (b5): 2348–2350. Retrieved 2007-10-06. 1979.
- Wells, d.l., dan coppersmith, k. J.,. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, and surface displacements: bulletin of the seismological society of america, v. 84, p. 974–1002, 1994.
- "report on international workshop on tsunami inundation mapping": tokyo. Japan. 25-27 november 2015
- Sumtaki, m.i., pasau, g., tongkuku, s.h.j. "simulasi penjalaran gelombang tsunami di sofifi– tidore kepulauan maluku utara sebagai upaya mitigasi bencana". Jurnal mipa jurusan fisika, fmipa, unsrat, manado. 2017 http://ejournal.unsrat. ac.id/index.php/jmuo