

# Jurnal Manajemen Bencana - UNHAN - Muhammad Rizqy Septyandy

*by Muhammad Rizqy Septyandy*

---

**Submission date:** 06-Jan-2023 02:59PM (UTC+0900)

**Submission ID:** 1910902183

**File name:** Jurnal\_MB\_-\_UNHAN\_-\_Muhammad\_Rizqy\_Septyandy.docx (8.11M)

**Word count:** 4421

**Character count:** 28497



## PENENTUAN ZONA INUNDASI PALEOTSUNAMI MENGGUNAKAN METODE *FINITE DIFFERENCE* DI KAWASAN PESISIR SELATAN LEBAK, BANTEN

### DETERMINATION OF PALEOTSUNAMI INUNDATION ZONE USING *FINITE DIFFERENCE METHOD* IN SOUTHERN COASTAL LEBAK, BANTEN

Muhammad Rizqy Septyandy<sup>1\*</sup>, Shafira Selinzaskia Anwar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia  
<sup>2</sup> Program Studi Geologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

#### Sejarah Artikel

Diterima: Bulan 20xx  
Disetujui: Bulan 20xx  
Dipublikasikan: Bulan 20xx

#### Abstract

*Paleotsunami deposits have been found in Indonesia, including in Pacitan, Kulon Progo, Cilacap, Pangandaran, and Sukabumi. This research aims to obtain an ideal model for determining the paleotsunami inundation zone along the southern coastal Lebak, Banten using finite difference numerical modeling through the MOST (Method of Splitting Tsunamis)-based ComMIT software. Field observations were made to identify the presence of paleotsunami deposits in the swale area on the southern coastal Lebak, Banten. Several tsunami scenarios such as Pangandaran in 2006, Indian Ocean Tsunami (IOT) in 2004, Tohoku in 2011, Sunda Strait megathrust segment, and megathrust along the south of Java were used in the modeling process to identify the characteristics of paleotsunami that were produced the tsunami deposits in the study area. Modeling is carried out using two schemes, such as using the ComMIT database unit source (subduction zone segments) and using the earthquake source parameters that are entered manually. The results show the best tsunami scenario that may have ever occurred in research area is the tsunami event with magnitude of 9.1 Mw, with maximum inundation range of 5.2 km, and run-off of up to 32 m, which is estimated as a tsunami event that precipitates paleotsunami deposits in study area.*

#### Kata Kunci

*finite difference*;  
inundasi; MOST.

#### Abstrak

Deposit paleotsunami telah ditemukan di berbagai lokasi di Indonesia, diantaranya ialah di Pacitan, Kulon Progo, Cilacap, Pangandaran, serta Sukabumi. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan model ideal dalam penentuan zona inundasi paleotsunami di pesisir selatan Lebak, Banten dengan pemodelan numerik *finite difference* melalui perangkat lunak ComMIT yang berbasis MOST (*Method of Splitting Tsunamis*). Observasi lapangan dilakukan guna mengidentifikasi keberadaan endapan paleotsunami pada kawasan kepik (*swale*) di pesisir selatan Lebak, Banten. Beberapa skenario tsunami seperti Pangandaran Tahun 2006, Samudra Hindia Tahun 2004, Tohoku Tahun 2011, pemodelan gempabumi yang bersumber pada segmen *megathrust*



Selat Sunda, serta pemodelan gempabumi dengan sumber dari segmen *megathrust* sepanjang selatan Jawa digunakan sebagai rujukan pada model yang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik paleotsunami yang mungkin mengendapkan deposit di daerah penelitian. Pemodelan dilakukan dengan dua skema yaitu dengan memanfaatkan sumber data dalam bentuk segmen-segmen pada zona subduksi yang ada dalam *database* ComMIT serta menggunakan parameter sumber gempabumi yang dimasukkan secara manual untuk selanjutnya dilakukan pemodelan pada ComMIT. Hasil pemodelan menunjukkan skenario tsunami terbaik yang mungkin terjadi di area penelitian ialah tsunami dengan nilai magnitudo mencapai 9.1 Mw, dengan jangkauan inundasi maksimum sejauh 5,2 km, serta *run-off* gelombang mencapai 32 m, yang diperkirakan sebagai peristiwa tsunami yang mengendapkan deposit paleotsunami di daerah penelitian.

3

DOI:  
10.33172/jmb.xxxx.xx-  
01

e-ISSN: 2716-4462

© 20xx Published by Program Studi Manajemen Bencana  
Universitas Pertahanan Republik Indonesia

**\*Corresponding Author:**

Muhammad Rizqy Septyandy  
Email: rizqyseptyandy@ft.unmul.ac.id



## PENDAHULUAN

Paleotsunami didefinisikan sebagai suatu peristiwa tsunami di masa lampau, yang di dalamnya belum ada pengamatan tertulis ketika peristiwa terjadi. Studi mengenai paleotsunami telah meningkat selama beberapa tahun ke belakang. Scheffers (2015) menyatakan bahwa sepanjang tahun 1989–2014 jumlah penelitian yang berkaitan dengan paleotsunami terus meningkat. Khususnya setelah peristiwa tsunami Samudra Hindia Tahun 2004 silam. Tsunami menjadi salah satu bencana alam yang terjadi di Pulau Jawa dan banyak memakan korban jiwa, misalnya saja pada Tahun 1994 dan 2006, tsunami yang dipicu oleh gempa bumi magnitudo  $>7,5$  Mw terjadi di dua wilayah di Pulau Jawa (Widiyantoro dkk., 2020). Menurut Harris & Major (2017), terdapat kemungkinan adanya peristiwa gempa bumi akibat aktivitas tektonik di zona *megathrust* yang memiliki cakupan sangat luas serta bersifat sangat merusak yang terjadi selama periode 1584-1587 di kawasan selatan Jawa, yang mana pada periode ini juga terjadi peningkatan aktivitas vulkanisme yang ditandai dengan letusan beberapa gunungapi. Selain itu, ditemukan juga beberapa deposit tsunami di kawasan pesisir selatan Pulau Jawa yang memiliki umur pada rentang sekitar periode tersebut. Temuan deposit yang diduga sebagai endapan hasil dari peristiwa tsunami di masa lalu telah ditemukan di beberapa wilayah di Indonesia, khususnya di Pulau Jawa ditemukan di beberapa lokasi seperti di Pacitan, Kulon Progo, Cilacap, Pangandaran, dan Sukabumi.

Penelitian ini berlokasi di pesisir selatan Kabupaten Lebak, yang berada di dekat zona *megathrust* Selat Sunda. Selain itu, Kabupaten Lebak, khususnya wilayah pesisir selatan memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi terkait dengan keterjadian bencana tsunami. Wilayah ini tergolong ke dalam kelompok sangat berbahaya dengan jangkauan inundasi tsunami hingga 1,7 km serta tinggi maksimum gelombang tsunami yang dapat melebihi ketinggian 3 m di atas permukaan laut (Sugianto dkk., 2017).

Kejadian tsunami memang tidak dapat dicegah, namun dalam setiap aspek kebencanaan, tentu akan ada cara untuk meminimalisasi dampak serta memperkirakan risiko keterjadiannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan ialah dengan melakukan pemodelan guna memperkirakan sejauh mana batas zona inundasi dari tsunami yang pernah terjadi di wilayah terkait. Jarak serta luasan zona inundasi tsunami dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter yang berkaitan dengan aspek geomorfologi di wilayah pesisir seperti tebing, gumuk pasir, vegetasi, dan konfigurasi pantai (Hafeez, 2008). Di samping kondisi geomorfologi, parameter yang paling memengaruhi adalah kecepatan gelombang tsunami dan elevasi (Mueck dkk., 2011; Hafeez, 2008).

Inundasi tsunami menjadi salah satu tahap akhir proses keterbentukan tsunami, yaitu ketika gelombang merambah dan menggenangi lahan kering, yang mana pada tahap ini juga gelombang tsunami banyak memakan korban (Lynett, 2009). Salah satu cara untuk memperkirakan dampak paling buruk dari terjadinya tsunami di suatu wilayah ialah dengan memahami karakteristik tsunami yang pernah terjadi di masa lampau. Penelitian kali ini bertujuan untuk memahami karakteristik paleotsunami yang pernah terjadi di daerah penelitian, serta untuk mendapatkan model yang paling ideal terkait penentuan zona atau luasan inundasi tsunami di masa lampau.

## METODE PENELITIAN

Terdapat dua pendekatan pemodelan utama yang umum dilakukan dalam pemodelan inundasi tsunami, yaitu pendekatan fisik dan numerik. Pada penelitian kali ini, dilakukan pemodelan menggunakan pendekatan numerik dengan metode *finite difference*. Pemodelan numerik telah diterapkan secara luas untuk mengatasi masalah geologi yang kompleks dengan simulasi komputasi dari skenario geologi. *Finite difference method* (FDM) adalah metode yang sederhana dan terpercaya untuk memecahkan persamaan diferensial parsial. Pemodelan tsunami yang umumnya berbasis 2D ini secara sederhana berkaitan dengan *shallow water equation* (SWE) yang kerap digunakan untuk menyatakan penjaran gelombang tsunami. Persamaan ini digunakan dalam kondisi gelombang yang memiliki karakteristik penjaran dengan jarak horizontal lebih besar dibandingkan kedalaman air.

*Shallow water equations* merupakan serangkaian persamaan diferensial parsial yang biasa digunakan untuk menggambarkan gerakan *incompressible fluid* dengan mengabaikan variasi kepadatan di sepanjang kedalaman kolom air. SWE dapat digunakan untuk memprediksi pasang surut, tingkat gelombang badai, dan perubahan garis pantai dari angin topan, arus laut, dan untuk mempelajari kelayakan pengerukan (Wesseling, 2009).

SWE berasal dari persamaan konservasi massa (1) dan konservasi momentum linier (2) (persamaan Navier-Stokes), yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2 + \frac{1}{2}gh^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} &= -gh \frac{\partial b}{\partial x} \\ \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(hv^2 + \frac{1}{2}gh^2)}{\partial y} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} &= -gh \frac{\partial b}{\partial y} \end{aligned} \quad (2)$$

di mana:

$h$  merupakan kedalaman,

$b$  merupakan batimetri,

$g$  merupakan percepatan gravitasi,

$u$  merupakan kecepatan pada arah  $x$  atau disebut kecepatan zonal,

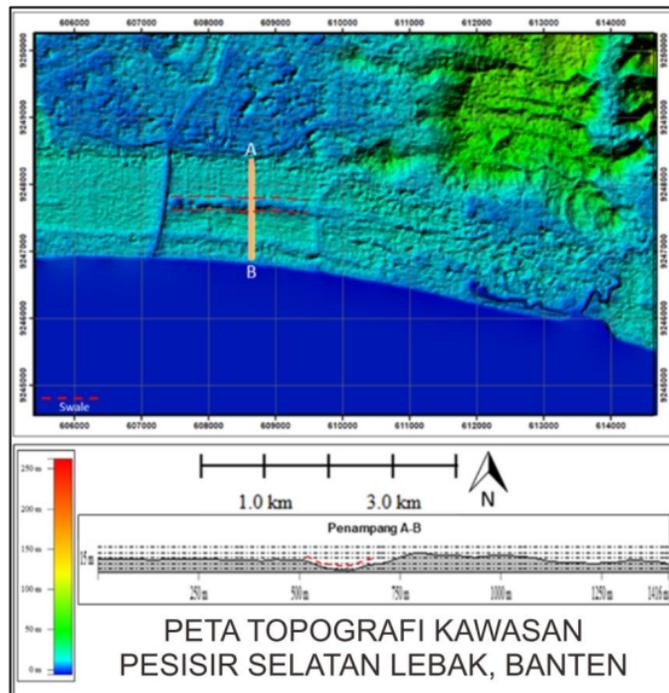
$v$  merupakan kecepatan pada arah  $y$ , atau disebut kecepatan meridional.

Dalam membuat suatu model numerik guna memperkirakan inundasi tsunami, dapat dibuat suatu pemodelan yang memanfaatkan perangkat lunak ComMIT (*Community Model Interface for Tsunami*) yang bekerja menggunakan sistem MOST (*Method of Splitting Tsunamis*) yang dikembangkan oleh NCTR. Sistem ini memanfaatkan kondisi awal dari *database* propagasi pra-komputasi pembentukan tsunami dari unit gempabumi, dengan basis data yang terdiri dari 100 km x 50 km bidang sesar, di sepanjang zona subduksi laut dunia dalam beberapa baris (Deng, 2018).

Pemodelan dilakukan dengan memanfaatkan data topografi *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) dengan resolusi 90 m dan batimetri ETOPO1 dengan resolusi 1 menit seperti yang umum digunakan dalam ComMIT. Selain itu pemodelan juga dilakukan dengan memasukan data-data terkait parameter tsunami seperti *slip*, *dip*, *rupture length*, *width*, dan lainnya berdasarkan data katalog pada peristiwa tsunami masa lampau. Parameter tersebut dimasukkan ke dalam *grid* batasan wilayah.

#### **Data dan Perlengkapan Penelitian**

Pada proses analisis kondisi geomorfologi area penelitian, diperlukan beberapa data yaitu data *Digital Elevation Model* (DEM) dan batimetri yang keduanya diunduh melalui halaman <https://tanahair.indonesia.go.id/> milik Badan Informasi Geospasial (BIG). Hal ini berguna dalam mempersempit fokus daerah pencarian deposit tsunami yang umumnya ditemukan pada kawasan kepik (*swale*) (Gambar 1). Untuk tahapan pemodelan, diperlukan beberapa data terkait parameter sumber gempabumi seperti *strike*, *dip*, *rake*, *rupture*, serta magnitudo dari berbagai kejadian dan segmen seperti Pangandaran Tahun 2006, IOT (*Indian Ocean Tsunami*) Tahun 2004, GEJE (*Great East Japan Earthquake*)/ Tohoku Tahun 2011, segmen *Megathrust Sunda Strait*, dan sepanjang *Southern Java Megathrust*. Seluruh proses pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak ComMIT. Selanjutnya, hasil yang didapatkan dari proses pemodelan ditampilkan dalam bentuk peta luasan zona inundasi di area penelitian, yang diproses menggunakan bantuan perangkat lunak GIS.



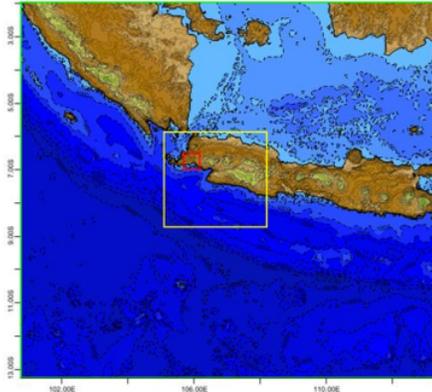
Gambar 1. Peta topografi daerah penelitian.

### Prosedur Penelitian

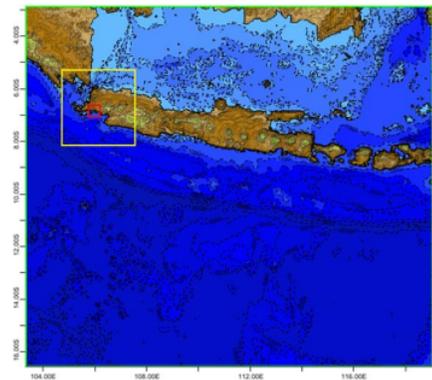
Berdasarkan hasil olahan data DEM yang dilakukan, didapatkan bahwa pada daerah penelitian terdapat suatu morfologi kepik (*swale*) yang menjadi area yang berpotensi mengendapkan deposit tsunami. Pengambilan sampel dengan metode pengeboran tangan (*hand boring*) dilakukan di beberapa titik di sekitar morfologi kepik. Selanjutnya, dikembangkan beberapa skenario tsunami berdasarkan model numerik untuk kondisi inundasi yang mungkin berdasarkan endapan paleotsunami yang ditemukan. Beberapa skenario tsunami yang berbeda dibangun berdasarkan perbandingan dengan parameter-parameter dari kejadian tsunami seperti Pangandaran Tahun 2006, IOT (*Indian Ocean Tsunami*) Tahun 2004, GEJE (*Great East Japan Earthquake*)/ Tohoku Tahun 2011, serta memanfaatkan data segmen *Sunda Strait Megathrust* dan segmen *megathrust* sepanjang selatan Pulau Jawa.

Pada tahap awal pemodelan, dilakukan penentuan area *Grid A*, *Grid B*, serta *Grid C* (Gambar 2 dan Gambar 3). Dua luasan *grid* berbeda digunakan menyesuaikan sumber gempa bumi pada skenario yang dibangun. Pemodelan pada piranti lunak ComMIT dilakukan dengan sistem *layering* guna meningkatkan efektifitas dalam proses pemodelan serta

mengupayakan kestabilan saat model dijalankan. Pada piranti lunak ComMIT terdapat pilihan untuk menentukan tiga lapisan transisi yang disediakan. Hal ini bertujuan untuk memperhalus hasil pemodelan. Dalam penentuan ketiga *grid* tersebut, perlu diperhatikan juga lokasi sumber gempa bumi serta wilayah yang menjadi fokus penelitian.



**Gambar 2.** Lokasi Area-1 penelitian. *Grid A*, *Grid B* (kotak kuning), dan *Grid C* (kotak merah).



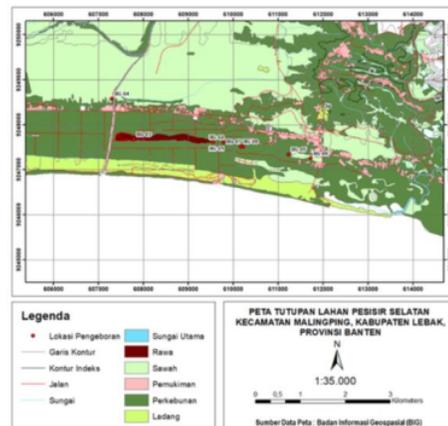
**Gambar 3.** Lokasi Area-2 penelitian. *Grid A*, *Grid B* (kotak kuning), dan *Grid C* (kotak merah).

Setelah dilakukan penentuan *grid* atau cakupan wilayah yang akan menjadi fokus penelitian, kemudian pemodelan dilakukan dengan berbagai macam skenario yang berbeda. Pemodelan dilakukan dengan memanfaatkan *database* yang sudah disediakan oleh ComMIT baik dalam bentuk *database* kejadian tsunami yang pernah terjadi, maupun berbagai data pada *unit source grid* yang umumnya berada di kawasan zona subduksi. Selain itu dilakukan juga pemodelan menggunakan data yang diinput secara manual melalui

fitur *custom propagation*. Pada bagian *custom propagation*, seluruh data yang telah dikumpulkan yang berkaitan dengan paratemer sumber gempa bumi kemudian diinput untuk digunakan sebagai sumber data utama yang diproses selama pemodelan dijalankan. Pemodelan dimulai dengan pemilihan *unit source*, serta dilanjutkan dengan memasukan parameter pemodelan seperti lamanya waktu pemodelan yang diinginkan, koefisien kekasaran, dan lainnya. Lamanya waktu pemodelan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, utamanya disesuaikan dengan kondisi area yang menjadi fokus penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan studi pendahuluan terkait aspek morfologi yang telah dilakukan, kegiatan pengambilan sampel dilakukan pada delapan titik lokasi yang utamanya berada di kawasan kepik (Gambar 4). Seluruh kegiatan pengambilan sampel dilakukan dengan metode pengeboran manual atau dikenal dengan metode *hand boring* atau *hand auger*. Pengeboran yang dilakukan pada delapan lokasi berbeda ini memiliki ketebalan serta karakteristik lapisan yang juga cukup berbeda. Dari hasil analisis lapangan, didapatkan lima jenis endapan yang berbeda, diantaranya ialah endapan tanah, endapan gambut, endapan lempung, endapan lanau, dan endapan pasir (Gambar 5). Pada beberapa lokasi pengeboran, sampel yang didapatkan terlihat memiliki kandungan mineral kehijauan pada lapisan pasir yang diidentifikasi sebagai mineral glaukonit.



Gambar 4. Peta tutupan lahan dan lokasi titik bor.



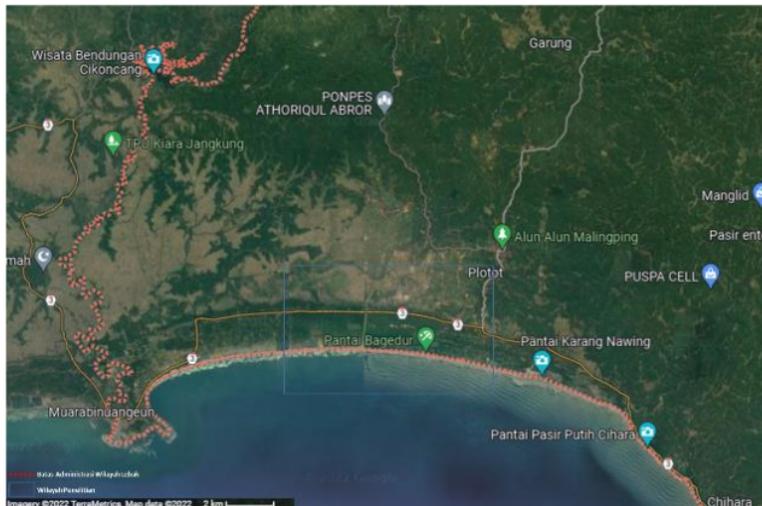
**Gambar 5.** (a) Endapan gambut kehitaman; (b) Endapan tanah kecoklatan; (c) Endapan pasir halus dengan kandungan fosil; (d) Endapan pasir halus dengan kandungan mineral kehijauan (glaukonit).

Berdasarkan analisis sedimentologi yang telah dilakukan dengan menggunakan pendekatan kebulatan butiran endapan paleotsunami Zheng & Hryciw tahun 2015 serta Ishimura & Yamada tahun 2019, didapatkan seluruh sampel dari delapan lokasi memiliki kelimpahan butiran laut yang mengindikasikan bahwa endapan-endapan ini dihasilkan dari peristiwa tsunami di masa lampau, serta terdapat tiga sampel yang memiliki nilai paling signifikan yaitu pada sampel BG01, BG05 dan BG06. Selain itu, penelitian lain terkait karakteristik sedimen dari endapan di lokasi yang sama dilakukan oleh Abi Tiyana dkk. (2022), hasil penelitian terkait analisis petrografi yang dilakukan menunjukkan keberadaan mineral glaukonit pada lapisan-lapisan sedimen berwarna kehijauan pada sampel hasil bor yaitu pada sampel BG02 di kedalaman 29 – 31 cm, pada sampel BG07 di kedalaman 46 – 49 cm dan 126 – 129 cm, dan pada sampel BG08 di kedalaman 73 – 77 cm dan 97 – 100 cm. Keberadaan mineral glaukonit yang umumnya terdapat pada endapan laut dalam yang dapat menjadi salah satu petunjuk yang baik dalam analisis terkait deposit paleotsunami.

Mempertimbangkan deposit tsunami yang terendapkan pada posisi saat ini, yang mana jaraknya > 1 km dari garis pantai, maka kemungkinan besar peristiwa tsunami yang terjadi memiliki energi yang cukup tinggi hingga mampu mencapai lokasi deposit paleotsunami tersebut terendapkan. Meskipun tidak dilakukan analisis terkait penentuan umur absolut pada sampel deposit paleotsunami, namun mempertimbangkan temuan Harris & Major (2017) serta lokasi deposit terendapkan, kemungkinan besar peristiwa tsunami yang terjadi dan mengendapkan deposit di daerah penelitian merupakan peristiwa yang sama dengan peristiwa gempa bumi yang bersumber dari *megathrust* di Selatan Jawa yang terjadi pada sekitar tahun 1584 – 1587.

### Analisis Geomorfologi

Untuk memahami dan mendukung data penelitian terdahulu terkait perubahan geomorfologi yang terjadi di area penelitian (Gambar 6), maka dilakukan analisis menggunakan citra satelit resolusi spasial tinggi *Google Earth*. Penginderaan jauh satelit menjadi salah satu solusi terbaik untuk menyelidiki perubahan garis pantai dalam jangka waktu yang lama karena hemat biaya dan ketersediaan data yang umumnya memadai (Warnasuriya dkk., 2018).



**Gambar 6.** Lokasi Penelitian.

(*Google Earth*, 2022)

Analisis dilakukan dengan menggunakan interpretasi visual melalui metode *on-screen digitizing* pada data satelit *Google Earth*. Data satelit tahun 2000 digunakan sebagai baseline dan sebagai data perbandingan yang digunakan untuk menunjukkan ada atau tidaknya perubahan pada pesisir pantai dengan menggunakan data satelit pada tahun 2013, 2017, dan 2022.

Perubahan morfologi yang paling signifikan ialah abrasi pesisir yang dapat diamati pada kawasan paling barat dari pesisir selatan Lebak, Banten, tepatnya di sekitar wilayah Pesisir Binuangeun. Abrasi pada daerah Tanjung Panto (Gambar 7) menyebabkan hilangnya Sebagian dataran dengan luas area mencapai  $\pm 90 \text{ m}^2$ . Pada sebagian besar wilayah di bagian selatan Binuangeun juga menunjukkan hilangnya sebagian daratan dengan luas area mencapai  $\pm 700 \text{ m}^2$  (Gambar 8).



**Gambar 7.** Perubahan morfologi berupa pengurangan wilayah daratan (abrasi pantai) pada daerah Tanjung Panto (A) Citra Satelit tahun 2000, (B) 2013, (C) 2017, (D) 2022.



**Gambar 8.** Perubahan morfologi berupa pengurangan wilayah daratan (abrasi pantai) pada daerah selatan Binuangun (A) Citra Satelit tahun 2000, (B) 2013, (C) 2017, (D) 2022.

Penemuan abrasi pada citra satelit di kawasan Binuangeun ini juga selaras dengan pernyataan Ilahude & Kamiludin (2011), yang mana dikatakan bahwa terdapat perubahan lanskap di wilayah pesisir selatan Lebak khususnya di beberapa kawasan sekitar Binuangeun, yang kemudian menunjukkan efek negatif dari meningkatnya luas lahan di zona pesisir.

Berbeda dengan kawasan pesisir bagian barat, kawasan yang menjadi fokus penelitian, atau yang berada di wilayah yang lebih timur dari pesisir Binuangeun ini dapat dikatakan memiliki tingkat perubahan morfologi pesisir baik berupa abrasi maupun akresi yang dapat dikatakan tidak signifikan, setidaknya dalam 20 tahun terakhir seperti pengamatan yang dilakukan menggunakan citra satelit dari tahun 2000. Ditemukan suatu perubahan morfologi yaitu penambahan atau munculnya wilayah daratan baru pada tahun 2013 pada muara sungai di kawasan Cilangkahan, namun kondisi aliran sungai yang bermuara kembali seperti kondisi tahun-tahun sebelumnya (Gambar 9).



**Gambar 9.** Perubahan morfologi berupa kemunculan wilayah daratan pada tahun 2013 di daerah Cilangkahan (A) Citra Satelit tahun 2000, (B) 2013, (C) 2017, (D) 2022.

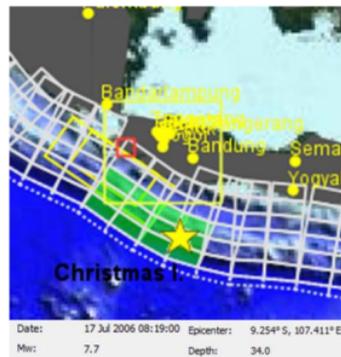
Selain temuan terkait perubahan daratan di kawasan muara sungai pada Gambar 9, sebagian besar wilayah pesisir daerah penelitian tidak mengalami perubahan morfologi pesisir yang signifikan. Berbeda dengan tingkat perubahan morfologi pesisir di kawasan Binuangeun dan beberapa pesisir Pulau Jawa seperti kawasan pantai utara Serang yang memiliki tingkat perubahan morfologi yang sangat dinamis dan cepat (Suwandana, 2019), wilayah penelitian pada kawasan pesisir selatan Lebak, khususnya wilayah Pantai Bagedur ini tidak menunjukkan perubahan yang signifikan selama 20 tahun terakhir.

### Skenario Pemodelan

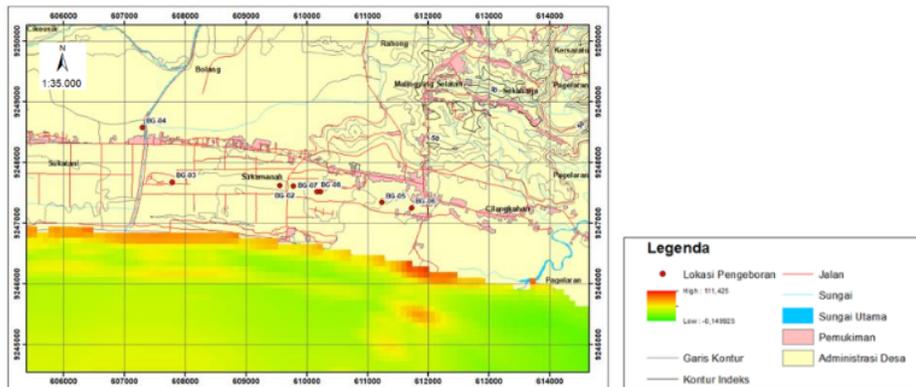
Dalam pemodelan yang dijalankan, telah diuji berbagai magnitudo gempabumi dengan berbagai nilai *slip* yang bertujuan untuk memperkirakan ukuran minimum gempabumi yang diperlukan untuk menghasilkan gelombang tsunami yang mencapai lokasi ditemukannya deposit yang dihasilkan dari peristiwa paleotsunami.

Berdasarkan hasil analisis perubahan geomorfologi yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa perubahan yang terjadi di area yang menjadi fokus studi tidak signifikan, sehingga pemodelan yang dilakukan mengasumsikan tidak terjadi perubahan morfologi di daerah penelitian. Beberapa skenario tsunami digunakan untuk menyusun serangkaian model numerik yang dapat melihat estimasi zona inundasi yang dihasilkan dari berbagai skenario tersebut. Terdapat lima skenario yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya Tsunami Pangandaran 2006, skenario tsunami pada segmen *Megathrust* Selat Sunda, segmen *megathrust* sepanjang Selatan Jawa, Tsunami Aceh 2004 atau dikenal dengan IOT (*Indian Ocean Tsunami*), serta Tsunami Tohoku 2011 atau dikenal dengan GEJE (*Great East Japan Earthquake*).

Skenario pertama dijalankan menggunakan *database* peristiwa tsunami di kawasan Pangandaran yang terjadi pada 17 Juli 2006 silam. Lokasi episenter dari peristiwa ini ialah pada 9.254°S, 107.411°E (Gambar 10), dengan magnitudo sebesar 7.7 Mw. Hasil dari pemodelan dengan mekanisme sumber gempabumi berada di kawasan Pangandaran menunjukkan nilai maksimum dari inundasi tsunami sebesar 80 m dari garis pantai, dengan nilai *run-off* maksimum mencapai 111 cm (Gambar 11).

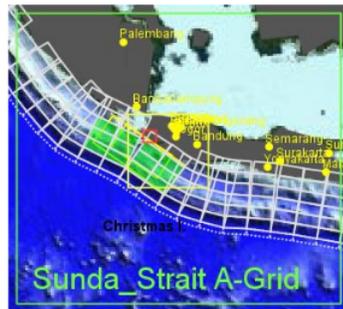


Gambar 10. *Unit source* skenario-1 Pangandaran 2006.

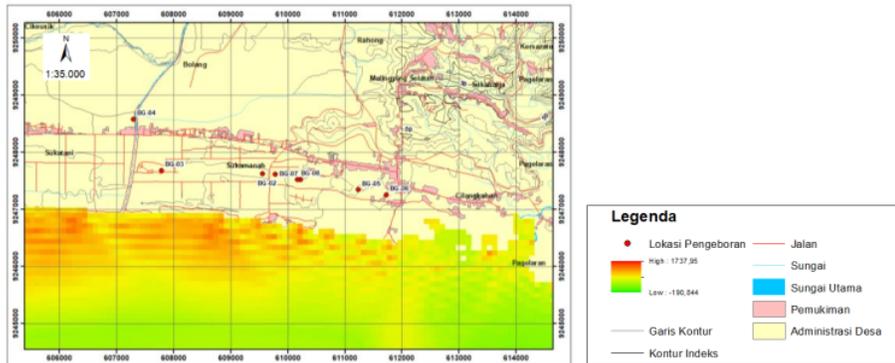


Gambar 11. Peta zona inundasi untuk skenario-1.

Skenario pemodelan kedua dijalankan menggunakan *database* sumber gempa bumi yang berpusat di kawasan segmen *megathrust* Selat Sunda. Berdasarkan PUSGEN (2017), segmen ini dikatakan memiliki nilai magnitudo maksimum sebesar 8.7 Mw. Pemodelan dijalankan dengan nilai magnitudo maksimum yang mungkin terjadi, dengan memanfaatkan sumber *database unit source* pada piranti lunak ComMIT. Total sumber data yang digunakan ialah sebanyak 12 *grid* atau segmen (Gambar 12), masing-masing segmen merepresentasikan bidang sesar seluas 100 x 50 km, dengan total panjang segmen 400 km dan lebar 150 km. Hasil dari pemodelan menunjukkan nilai maksimum dari inundasi tsunami sebesar 1.050 m dari garis pantai, dengan nilai *run-off* maksimum mencapai 1.737 cm (Gambar 13).

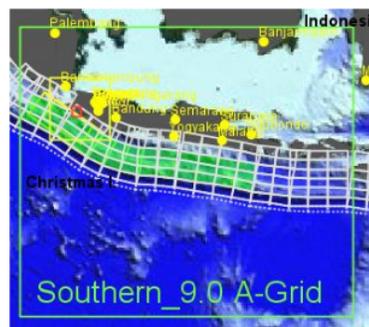


Gambar 12. Unit source skenario-2 segmen *Megathrust* Selat Sunda.

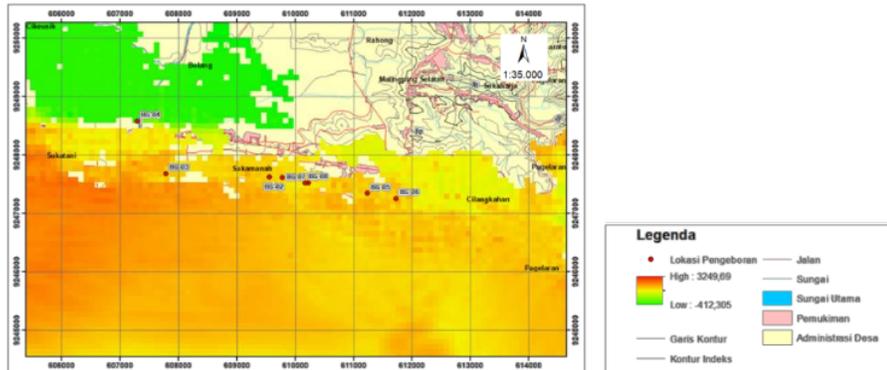


**Gambar 13.** Peta zona inundasi untuk skenario-2.

Skenario ketiga dibangun berdasarkan peristiwa gempabumi yang bersumber dari gabungan segmen-segmen bidang sesar di sepanjang Jawa Barat hingga ke Jawa Tengah. Skenario ini juga dibangun berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, seperti penelitian Hanifa dkk. (2014) yang mengemukakan keberadaan *slip deficit* pada kawasan barat daya Pulau Jawa, yang diduga dapat menjadi sumber dari gempabumi *megathrust*. Dikatakan bahwa jika lokasi dengan tingkat *slip deficit* yang tinggi “pecah” dalam waktu bersamaan, ada kemungkinan terjadinya gempa bumi yang dapat menghasilkan magnitudo mencapai 9.1 Mw (Widiyantoro dkk., 2020). Pada penelitian kali ini, dijalankan proses pemodelan dengan total 39 segmen, dengan panjang bidang sesar yang diperkirakan mencapai 1.300 km dan lebar mencapai 150 km (Gambar 14). Hasil dari pemodelan dengan skenario ini menunjukkan nilai maksimum dari inundasi tsunami sebesar 5.200 m dari garis pantai, dengan nilai *run-off* maksimum mencapai 3.249 cm (Gambar 15).

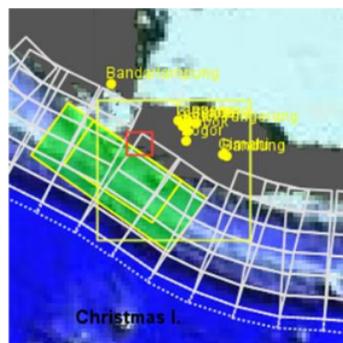


**Gambar 14.** Unit source skenario-3 segmen *megathrust* sepanjang selatan Jawa.

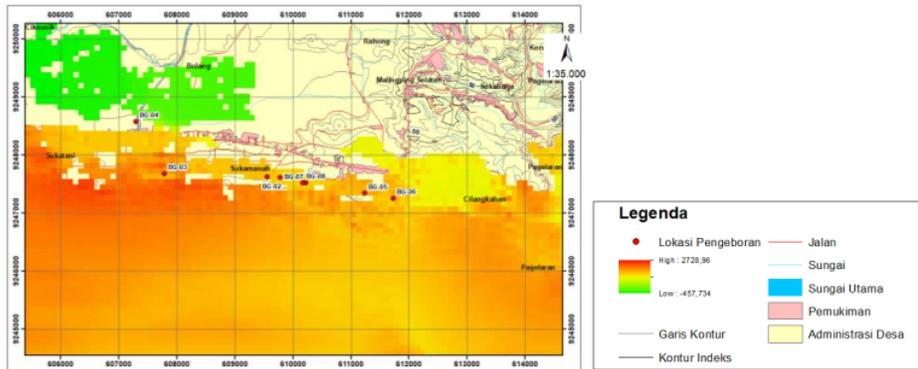


**Gambar 15.** Peta zona inundasi untuk skenario-3.

Skenario keempat dijalankan menggunakan sumber gempabumi Aceh, 2004, yang mana pada dasarnya sumber gempabumi pada peristiwa di Sumatera ini berada pada antarmuka subduksi yang sama dengan di kawasan Jawa. Beberapa data yang dimasukkan ialah *strike* 305°, *dip* 12°, *rake* 90° (Gusman dkk., 2012) dengan nilai *slip* yang dimasukkan merupakan nilai *slip* maksimum 21 m (Titov dkk., 2011). Dalam menggunakan fitur ini, nilai magnitudo akan menyesuaikan dengan besaran atau luasan area sesar yang dimasukkan ke dalam parameter pemodelan. Pada pemodelan kali ini, dibuat suatu bidang sesar dengan total panjang 380 km, dengan luas 150 km, dengan magnitudo yang dihasilkan sebesar 9.1 Mw (Gambar 16). Hasil dari pemodelan dengan skenario ini menunjukkan nilai maksimum dari inundasi tsunami sebesar 3.400 m dari garis pantai, dengan nilai *run-off* maksimum mencapai 2.728 cm (Gambar 17).

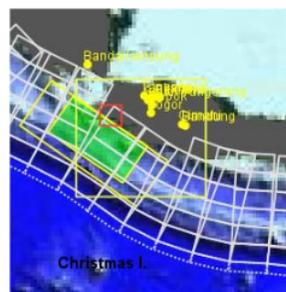


**Gambar 16.** Unit source skenario-4 IOT 2004.

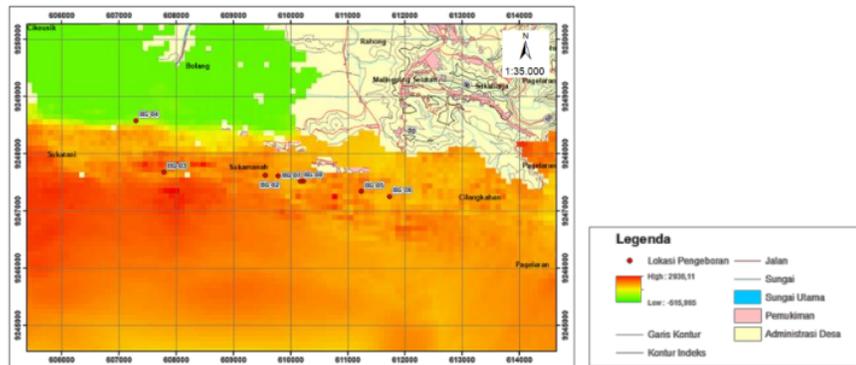


**Gambar 17.** Peta zona inundasi untuk skenario-4.

Skenario kelima dijalankan dengan sumber gempa bumi pada peristiwa tsunami Tohoku, 2011 silam. Tsunami yang terjadi di Jepang pada 2011 silam ini bersumber dari gempa bumi hebat pada 11 Maret 2011 di kawasan Tohoku. Peristiwa ini dikatakan memecahkan sebagian besar batas lempeng Pasifik – Amerika Utara di lepas pantai timur laut Jepang (Ammon dkk., 2011). Skenario ini digunakan karena ditemukannya karakteristik serupa dari subduksi di kawasan palung Jawa dengan di kawasan Jepang. Sumber gempa diperkirakan berada pada kedalaman 30 km, dengan nilai *strike* 305°, *dip* 12°, *rake* 90°, *slip* 25, dengan total panjang area sesar 240 km serta lebar 120 km, dengan magnitudo yang dihasilkan sebesar 9.0 Mw (Gambar 18). Hasil dari pemodelan menunjukkan nilai maksimum dari inundasi tsunami sebesar 5.700 m dari garis pantai, dengan nilai *run-off* maksimum mencapai 2.936 cm (Gambar 19).



**Gambar 18.** Unit source skenario-5 Tohoku 2011.



Gambar 19. Peta zona inundasi untuk skenario-5.

## PENUTUP

Dari penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu pemodelan tsunami yang dilakukan dengan skenario sumber gempabumi yang berbeda menunjukkan hasil inundasi maksimum sebesar 80 m pada skenario Pangandaran 2006, 1.050 m pada skenario segmen *Megathrust* Selat Sunda, 5.200 m pada skenario segmen *megathrust* sepanjang selatan Pulau Jawa, 3.400 m pada skenario IOT 2004, dan 5.700 m pada skenario Tohoku 2011.

Diperkirakan bahwa skenario yang paling mungkin terjadi ialah dengan sumber gempabumi berasal dari gabungan segmen *megathrust* di sepanjang selatan Pulau Jawa yang menghasilkan nilai magnitudo maksimum mencapai 9.1 Mw, dengan capaian inundasi maksimum sejauh 5.200 m serta ketinggian tsunami mencapai 32 m. Tsunami dengan karakteristik tersebut diduga merupakan peristiwa yang mengendapkan deposit paleotsunami di daerah penelitian. Dari hasil pemodelan yang didapatkan, peristiwa paleotsunami yang terjadi di daerah penelitian kemungkinan besar berkaitan dengan peristiwa gempabumi *megathrust* di area sepanjang selatan Pulau Jawa yang diperkirakan terjadi sekitar abad ke-15. Hal ini didukung juga dengan hasil analisis petrografi dan sedimentologi terhadap endapan paleotsunami yang didapatkan dari pengeboran tangan. Selain itu, mempertimbangkan ketidakhadiran gempabumi berkekuatan  $>9.0$  Mw selama ratusan tahun terakhir di kawasan ini, beberapa penelitian menyebutkan bahwa terdapat kemungkinan terjadinya peristiwa gempabumi yang disebabkan akibat aktivitas tektonik di *megathrust* sepanjang selatan Pulau Jawa sehingga diperlukan rencana kontijensi terkait pengurangan risiko bencana di pesisir selatan Lebak, Banten.

Terdapat beberapa kelebihan dalam proses pemodelan menggunakan metode *finite difference* dengan perangkat lunak ComMIT ini, yang mana pemodelan dapat dilakukan

pada seluruh kawasan, asalkan memiliki data terkait parameter sumber gempa di kawasan yang ingin dimodelkan, serta memungkinkan untuk memasukkan berbagai data terkait kejadian tsunami di masa lampau yang dapat digunakan sebagai referensi membuat model dari beberapa skenario. Selain itu, metode ini memungkinkan untuk melakukan pemodelan sesuai dengan parameter yang diinginkan, mulai dari durasi pemodelan, besaran magnitudo, luasan bidang sesar, dan parameter lainnya. Namun, di samping itu, metode ini juga memiliki kekurangan diantaranya ialah keterbatasan dalam proses input data pada beberapa tahapan. Selain itu, resolusi data yang relatif rendah terkadang membuat data pemodelan yang kurang baik, misalnya terdapat beberapa kesalahan dalam ketinggian wilayah menyebabkan adanya anomali pada hasil pemodelan.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Geologi Universitas Indonesia yang telah mendukung penelitian ini. Penelitian ini didanai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui program hibah penelitian dasar unggulan perguruan tinggi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abi Tiyana, R., Supriyanto, Rani Puji Astuti, T., Abdul Jabbar, G., & Rizqy Septyandy, M. (2022). Mineralogy, geochemistry, and genesis of glauconite mineral from paleotsunami deposit in Lebak, Banten, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 340, 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234001004>
- Amnion, C. J., Lay, T., Kanamori, H., & Cleveland, M. (2011). A rupture model of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth, Planets and Space*, 63(7), 693–696. <https://doi.org/10.5047/eps.2011.05.015>
- Deng, H. (2018). *Assessing Tsunami Risk in Southwest Java, Indonesia: Paleo-Tsunami Deposits and Inundation Modeling*. <https://search.proquest.com/openview/613c2fa0baee926679057bdba12880b0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Gusman, A. R., Tanioka, Y., & Takahashi, T. (2012). Numerical experiment and a case study of sediment transport simulation of the 2004 Indian Ocean tsunami in Lhok Nga, Banda Aceh, Indonesia. *Earth, Planets and Space*, 64(10), 817–827. <https://doi.org/10.5047/eps.2011.10.009>
- Hafeez, H. (2008). Inundation of Tsunami Waves and Its Relation to the Tsunami Run Up. *Pakistan Journal of Meteorology*, 5(9), 5–10.

- Hanifa, N. R., Sagiya, T., Kimata, F., Efendi, J., Abidin, H. Z., & Meilano, I. (2014). Interplate coupling model off the southwestern coast of Java, Indonesia, based on continuous GPS data in 2008-2010. *Earth and Planetary Science Letters*, 401, 159–171. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.06.010>
- Harris, R., & Major, J. (2017). Waves of destruction in the East Indies: the Wichmann catalogue of earthquakes and tsunami in the Indonesian region from 1538 to 1877. *Geological Society, London, Special Publications*, 441(1), 9–46. <https://doi.org/10.1144/SP441.2>
- Ilahude, D., & Kamiludin, U. (2011). Abrasion Wave Obstructs Tourism Development in Coastal Regions of Binuangeun, Lebak - Banten. *Bulletin of the Marine Geology*, 26(1), 51. <https://doi.org/10.32693/bomg.26.1.2011.34>
- Ishimura, D., & Yamada, K. (2019). Palaeo-tsunami inundation distances deduced from roundness of gravel particles in tsunami deposits. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46584-z>
- Lynett, P. J. (2009). Tsunami Inundation, Modeling of. In R. I. Tilling (Ed.), *Complexity in Tsunamis, Volcanoes, and their Hazards* (pp. 117–133). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1705-2\\_569](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1705-2_569)
- Mueck, M., Muhari, A., Post, J., Stein, E., Co, S. W., Birkmann, J., Riedlinger, T., & Strunz, G. (2011). *Guideline for Tsunami Risk Assessment in Indonesia Scientific Proposal for Practitioner and End Users*. Indonesian-German Working Group on Tsunami Risk Assessment.
- PUSGEN. (2017). *Buku Peta Gempa 2017*.
- Scheffers, A. M. (2015). Chapter 3 - Paleotsunami Research—Current Debate and Controversies. In J. F. Shroder, J. T. Ellis, & D. J. Sherman (Eds.), *Coastal and Marine Hazards, Risks, and Disasters* (pp. 59–92). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396483-0.00003-0>
- Sugianto, D., Nurjaya, I. W., MN Natih, N., & Pandoe, W. W. (2017). Potensi Rendaman Tsunami Di Wilayah Lebak Banten. *Jurnal Kelautan Nasional*, 12(1), 9. <https://doi.org/10.15578/jkn.v12i1.6241>
- Suwandana, E. (2019). Dinamika morfologi pantai Kabupaten Tangerang Banten dan Pantai Indah Kapuk Jakarta melalui analisis citra google earth. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 9(1), 55–68.
- Titov, V. V., Moore, C. W., Greenslade, D. J. M., Pattiaratchi, C., Badal, R., Synolakis, C. E., & Kânoğlu, U. (2011). A New Tool for Inundation Modeling: Community Modeling

- Interface for Tsunamis (ComMIT). *Pure and Applied Geophysics*, 168(11), 2121–2131.  
<https://doi.org/10.1007/s00024-011-0292-4>
- Warnasuriya, T. W. S., Gunaan, K., & Gunasekara, S. S. (2018). Google Earth: A New Resource for Shoreline Change Estimation—Case Study from Jaffna Peninsula, Sri Lanka. *Marine Geodesy*, 41(6), 546–580.  
<https://doi.org/10.1080/01490419.2018.1509160>
- Wesseling, P. (2009). *The shallow-water equations*. 305–338. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-05146-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-05146-3_8)
- Widiyantoro, S., Gunawan, E., Muhari, A., Rawlinson, N., Mori, J., Hanifa, N. R., Susilo, S., Suspendi, P., Shiddiqi, H. A., Nugraha, A. D., & Putra, H. E. (2020). Implications for megathrust earthquakes and tsunamis from seismic gaps south of Java Indonesia. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72142-z>
- Zheng, J., & Hryciw, R. D. (2015). Traditional soil particle sphericity, roundness, and surface roughness by computational geometry. *Geotechnique*, 65(6), 494–506.  
<https://doi.org/10.1680/geot.14.P.192>

# Jurnal Manajemen Bencana - UNHAN - Muhammad Rizqy Septyandy

---

## ORIGINALITY REPORT

---

9%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

1 [jurnalprodi.idu.ac.id](http://jurnalprodi.idu.ac.id) 3%  
Internet Source

---

2 [jurnal.um-palembang.ac.id](http://jurnal.um-palembang.ac.id) 2%  
Internet Source

---

3 Submitted to Bellevue Public School 1%  
Student Paper

---

4 [iopscience.iop.org](http://iopscience.iop.org) <1%  
Internet Source

---

5 Submitted to Universitas Pertamina <1%  
Student Paper

---

6 U Rikhasanah, M R Septyandy, Supriyanto.  
"Identification of Paleotsunami Deposits Using  
XRF and Artificial Intelligence Methods on the  
Southern Coast of Lebak, Banten", IOP  
Conference Series: Earth and Environmental  
Science, 2021  
Publication

---

7 [aguswijaya2185.wordpress.com](http://aguswijaya2185.wordpress.com) <1%  
Internet Source

---

8	<a href="http://ejournal.stipwunaraha.ac.id">ejournal.stipwunaraha.ac.id</a> Internet Source	<1 %
9	<a href="http://jurnal.untirta.ac.id">jurnal.untirta.ac.id</a> Internet Source	<1 %
10	<a href="http://www.lppm.itn.ac.id">www.lppm.itn.ac.id</a> Internet Source	<1 %
11	<a href="http://journal.ipb.ac.id">journal.ipb.ac.id</a> Internet Source	<1 %
12	<a href="http://lppm-unissula.com">lppm-unissula.com</a> Internet Source	<1 %
13	<a href="http://www.kacerpoci.com">www.kacerpoci.com</a> Internet Source	<1 %
14	<a href="http://adoc.pub">adoc.pub</a> Internet Source	<1 %
15	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet Source	<1 %
16	<a href="http://www.bappenas.go.id">www.bappenas.go.id</a> Internet Source	<1 %
17	<a href="http://www.batamnews.co.id">www.batamnews.co.id</a> Internet Source	<1 %
18	<a href="http://www.cendananews.com">www.cendananews.com</a> Internet Source	<1 %

---

Exclude quotes      On

Exclude matches      Off

Exclude bibliography      On