

Analisis Dampak Kerugian Tsunami di Aliran Tukad Mati (Sungai yang Melintasi Kota Denpasar dan Kabupaten Badung)

Ni Made Galuh Cakrawati Dharma Wijaya, Ni Putu Diva Iswarani

SMA Negeri 3 Denpasar

divaiswarani41@gmail.com, kazuto2004kirigaya@gmail.com

Abstrak

Tsunami adalah perpindahan badan air yang terjadi karena adanya gangguan impulsif pada laut seperti gempa bumi. Sementara itu di Bali ada empat gempa besar yang memicu tsunami. Adapun sapuan tsunami akan lebih besar jika topografi cenderung datar, atau saat gelombang merangsak masuk ke sungai yang bermuara di lautan, di mana hal ini akan menyebabkan sapuan tsunami lebih jauh masuk ke daratan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui potensi gelombang tsunami yang merangsak masuk ke aliran Tukad Mati dan untuk mengetahui dampak kerugian bila terjadi bencana tsunami yang merangsak masuk ke muara dan aliran Tukad Mati. Metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi, percobaan dan metode analisis citra satelit menggunakan google earth.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah (1) Gelombang tsunami yang melanda kawasan Teluk Benoa berpotensi merangsak masuk ke muara dan aliran sungai Tukad Mati, berdasarkan kesejajaran muara Tukad Mati dengan pintu masuk aliran air laut ke Teluk Benoa, dan juga ketinggian permukaan tanah pada aliran Tukad Mati. (2) Dampak tsunami yang masuk ke muara dan aliran Tukad (Sungai) Mati berpotensi menyebabkan kerusakan besar dan diperkirakan total kerugian mencapai Rp 6.489.560.500.000,00. Penelitian ini masih memerlukan penelitian lebih lanjut mengenai (1) material abiotik dari laut di sepanjang aliran Tukad Mati, (2) material fosil biotik dari laut di sepanjang aliran Tukad Mati, (3) tingkat salinitas di Tukad (sungai) Mati. border, (4) Analisis tinggi lahan beserta aliran Tukad Mati, (5) Analisis posisi muara Tukad Mati dan pintu masuk atau mulut Teluk Benoa menghadap ke Samudera Hindia.

Kata Kunci : Denpasar, Badung, Tsunami, Tukad Mati

Abstract

Tsunamis are movements of water bodies that occur due to impulsive disturbances in the sea such as earthquakes. Meanwhile in Bali there were four large earthquakes that triggered a tsunami. The tsunami sweep will be greater if the topography tends to be flat, or when the waves are pushed into the river that empties into the ocean, where this will cause the tsunami sweep to enter the land further. the Tukad Mati flow and to determine the impact of losses in the event of a tsunami disaster which infiltrates the estuary and the Tukad Mati flow. The research method used is the method of observation, experiments and methods of analysis of satellite images using google earth.

The conclusions of this study are (1) The tsunami waves that hit the Benoa Bay area have the potential to enter the estuary and flow of the Tukad Mati river, based on the alignment of the Tukad Mati estuary with the entrance to the sea water flow to Benoa Bay, and also the ground level in the Tukad Mati flow. . (2) The impact of the tsunami that entered the estuary and flow of the Tukad (River) Mati has the potential to cause major damage and it is estimated that the total loss reached Rp. 6,489,560,500,000.00. This research still requires further research on (1) abiotic material from the sea along the Tukad Mati stream, (2) biotic fossil material from the sea along the Tukad Mati stream, (3) salinity levels in Tukad Mati (river). border, (4) Analysis of land height and Tukad Mati flow, (5) Analysis of the position of the Tukad Mati estuary and the entrance or mouth of Benoa Bay facing the Indian Ocean.

Keywords: Denpasar, Badung, Tsunami, Tukad Mati

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tsunami adalah perpindahan badan air yang terjadi karena adanya gangguan impulsif pada laut. Gangguan impulsif tersebut terjadi akibat adanya perubahan bentuk dasar laut secara tiba-tiba dalam arah vertikal atau dalam arah horizontal seperti gempa bumi (Trianawati, 2008). Bali merupakan salah satu daerah rawan bencana gempa bumi dan tsunami karena berada di wilayah pertemuan dua lempeng yaitu lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang terletak di sebelah selatan Bali dan zona back arc thrust yang terletak di utara Bali. (Bayu B., dkk, 2017).

Dampak tsunami secara umum adalah hancurnya apa pun yang diterjang, jumlah energi dan air yang terkandung dalam tsunami besar dapat menyebabkan kehancuran ekstrem ketika menyerang daratan. Seperti gempa Palu, sebanyak 1.309 orang hilang, 4.612 orang luka-luka, dan 223.751 orang mengungsi di 122 titik akibat bencana di Sulteng. Kerusakan tersebut meliputi 68.451 unit rumah, 327 unit rumah ibadah, 265 unit sekolah, perkantoran 78 unit, toko 362 unit, jalan 168 titik retak, jembatan 7 unit, dan sebagainya. Kerugian akibat bencana mencapai Rp13,82 triliun : BNPB mencatat, hasil penghitungan sementara terhadap kerugian dan kerusakan akibat bencana berdasarkan data per 20 Oktober 2018 (IDN Times, 2018).

Sementara di Bali ada empat gempa besar yang memicu tsunami, yaitu pada 22 November tahun 1815 di Buleleng dan Singaraja yang menewaskan 1.500 orang. Pada 13 Mei tahun 1857 di wilayah Bali Utara menyebabkan sebanyak 36 orang meninggal dunia. Tahun 1917 pada 21 Januari di wilayah Tenggara Pulau Bali yaitu di Klungkung dan Benoa, menelan korban jiwa sebanyak 1.500 orang meninggal, merusak 64.000 rumah termasuk istana, 10.000 lumbung beras, dan 2.431 Pura, termasuk Pura Besakih. Tahun 1976 tanggal 14 Juli di pantai Utara Bali sebanyak 573 orang meninggal dunia di Buleleng, Jembrana, dan Tabanan. Sementara 4.000 orang lainnya luka-luka dan sekitar 450.000 orang kehilangan tempat tinggal (Muhammad A., 2019).

Menurut Tirto.id sapuan tsunami akan lebih besar jika topografi cenderung datar, atau saat gelombang merangsak masuk ke sungai yang bermuara di lautan, di mana hal ini akan menyebabkan sapuan tsunami lebih jauh masuk ke daratan (Tirto.id, 2018). Seperti pada tsunami Tohoku, Jepang pada tahun 2011, jejak terpanjang yang ditemukan bukanlah di daratan melainkan di sungai. Hal ini mengindikasikan adanya potensi tsunami untuk masuk ke aliran sungai (Elena Tolkova, et al, 2015).

Menurut Wildan K (2018) garis sempadan sungai adalah garis batas luar pengamanan sungai. Sempadan sungai (riparian zone) adalah zona penyangga antara ekosistem perairan (sungai) dan daratan. Adapun berdasarkan peraturan menteri PUPR No. 28 tahun 2015 daerah sempadan sungai yang tidak bertanggung di kawasan perkotaan yaitu 15 (lima belas) meter untuk kedalaman 3 (tiga) meter sampai dengan 20 (dua puluh meter). Peraturan pemerintahan No. 38 Tahun 2011 tentang sungai juga mengatur tentang sempadan.

Kriteria dan batas sempadan sungai telah dituangkan dalam berbagai peraturan-peraturan pemerintah. Sementara itu sempadan sungai di Tukad Mati adalah 15 meter. Pemanfaatan lahan pada daerah sempadan sungai Tukad Mati adalah permukiman sebanyak 50%, ruko sebanyak 20%, hotel sebanyak 15%, sawah sebanyak 8%, tegalan/tanah kosong sebanyak 5% dan fasilitas umum (tempat ibadah/pura) sebanyak 2% (Putu A., 2016).

Tukad Mati merupakan sungai yang membentang dari Kabupaten Badung hingga Kota Denpasar dengan panjang mencapai 22,429 km dan luas DAS 44,667 km². Nama Tukad Mati diberikan karena sungai ini dulunya tidak ada fungsinya dimana hanya sebagai aliran tempat pembuangan air sawah, dan seiring perkembangan daerah Badung dan Denpasar, Tukad Mati dimanfaatkan sebagai saluran drainase perkotaan (Putu A., 2016).

Tukad Mati terletak di pusat Kota Denpasar dan mengalami desakan pembangunan perumahan pada daerah sempadannya. Pemukiman yang menghimpit sungai ini menyebabkan terjadinya beberapa

permasalahan seperti sungai kota besar pada umumnya. Pada bagian hulu, masih terdapat beberapa ruas sungai yang belum terdapat pemukiman di bagian sempadan sehingga sungai masih tampak alami (Putu A., 2016). Tukad Mati merupakan salah satu sungai yang bermuara di Teluk Benoa. Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Mati melintasi kota Denpasar (Yulianto S., 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti tertarik untuk meneliti Dampak Kerugian Bila Tsunami Merangsak masuk ke Aliran Tukad Mati di kota Denpasar dan Kabupaten Badung.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi gelombang tsunami yang merangsak masuk ke aliran Tukad (Sungai) Mati dan untuk mengetahui dampak kerugian harta benda dan jiwa bila terjadi bencana tsunami yang merangsak masuk ke muara dan aliran Tukad (Sungai) Mati.

Manfaat dari penelitian ini adalah meningkatkan kewaspadaan masyarakat yang bertempat tinggal di sekitar daerah aliran sungai (DAS) Tukad Mati dan dapat menjadi dasar mitigasi bencana tsunami bila terjadi bencana tsunami yang merangsak masuk ke sungai-sungai.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas rumusan masalahnya adalah **“Kawasan teluk Benoa di wilayah Kota Denpasar dan kabupaten Badung pernah diterjang bencana tsunami pada tahun 1917 yang menimbulkan kerusakan parah dan menyebabkan korban jiwa 1.500 orang. Di teluk Benoa bermuara Tukad (sungai) Mati. Tukad (Sungai) Mati memiliki panjang 22,429 km dan luas DAS 44,667 km² melintasi kabupaten Badung dan kota Denpasar. Adapun sapuan tsunami akan lebih besar jika topografi cenderung datar, atau saat gelombang merangsak masuk ke sungai yang bermuara di lautan, di mana hal ini akan menyebabkan sapuan tsunami lebih jauh masuk ke daratan. Sehingga bila terjadi tsunami di kawasan teluk Benoa, berpotensi menyebabkan gelombang tsunami merangsak masuk ke Tukad (sungai) Mati dan menimbulkan kerugian harta benda yang besar dan korban jiwa. Hal itu dikarenakan sepanjang aliran Tukad (sungai) Mati dipadati pemukiman padat penduduk, kawasan ekonomi, pariwisata dan bangunan-bangunan sosial. Hanya saja belum ada penelitian untuk itu”**. Dari rumusan masalah muncul pertanyaan penelitian sebagai berikut:

- 1) Bagaimanakah potensi gelombang tsunami merangsak masuk ke aliran Tukad (sungai) Mati ketika terjadi bencana tsunami di kawasan Teluk Benoa?
- 2) Bagaimana dampak kerugian harta benda dan korban jiwa jika terjadi gelombang tsunami merangsak masuk ke muara dan aliran Tukad (sungai) Mati?

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di alur sungai Tukad Mati yaitu sepanjang aliran sungai Tukad Mati, yang meliputi wilayah Kabupaten Badung dan Kota Denpasar Provinsi Bali dan Gedung Pusat Riset Pelajar Trisma “Prajna Paramita” SMAN 3 Denpasar. Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Juli – September 2020.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi, percobaan dan metode analisis citra satelit menggunakan google earth. Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung identifikasi dan inventarisasi jejak tsunami masa lalu di sepanjang aliran Tukad (sungai) Mati dari hilir (di muara sungai) hingga ke hulu. Saat observasi juga diambil sampel-sampel tanah hingga kedalaman

1 – 2 meter di sepanjang tepi aliran sungai. Sampel-sampel ini kemudian di uji sesuai indicator penelitian, diantaranya dengan melakukan percobaan di laboratorium di Gedung Pusat Riset Pelajar Trisma “Prajna Paramita” SMAN 3 Denpasar. Tujuan dari metode observasi dan percobaan ini untuk mengetahui potensi tsunami yang merangsak masuk ke aliran Tukad Mati sekaligus melakukan pencocokan data analisis dampak dan kerugian berdasarkan metode analisis citra satelit menggunakan google earth.

Metode analisis citra satelit menggunakan google earth dilakukan di Gedung Pusat Riset Pelajar Trisma “Pradnja Paramita” SMAN 3 Denpasar. Tujuan metode ini untuk menghitung dampak dan kerugian yang ditimbulkan bila terjadi tsunami merangsak masuk ke aliran Tukad Mati. Metode ini sebagai bagian dari mitigasi bencana. Hasil analisis kemudian dicocokkan dengan pengamatan/observasi langsung di sepanjang aliran Tukad Mati.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi software Google Earth, GPS, alat pengambil sampel tanah (Soil sampler), meteran, kotak plastic, salinometer, botol, Gelas Bekker.

Indikator Penelitian

Indikator pada penelitian ini adalah (1) potensi dampak kerusakan yang diakibatkan apabila tsunami menerjang Tukad Mati, meliputi kerusakan pada pemukiman, rumah ibadah, sekolah, perkantoran, pertokoan, hotel, sawah, dan tegalan/tanah kosong (2) material abiotik dari laut yang berada sepanjang aliran Tukad Mati, (3) material fosil biotik dari laut yang berada sepanjang aliran Tukad Mati, (4) Tingkat salinitas di sempadan Tukad (sungai) Mati, (5) Analisis Tinggi daratan sepanjang aliran Tukad Mati, (6) Analisis Posisi muara Tukad Mati dan pintu masuk atau mulut teluk Benoa yang menghadap ke samudera Hindia.

Alur Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan, adalah (1) Penyusunan kerangka penelitian dan studi literature. (2) Pengumpulan data sekunder seperti peta dasar lokasi penelitian. (3) Analisis menggunakan software Google Earth berdasarkan peta dasar lokasi penelitian dan data sekunder lainnya. (4) Pengumpulan data primer dengan melakukan observasi di sepanjang alur sungai Tukad Mati untuk mengetahui pemanfaatan daerah sempadan sungai, yaitu dengan menggunakan GPS (Global Positioning Siystem) dan melakukan cek silang data hasil analisis menggunakan Software Google Earth. (5) Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 1 – 2 meter di tepian Tukad Mati sesuai dengan indicator penelitian. Dilanjutkan percobaan di laboratorium dari sampel yang didapat. (6) Tabulasi dan Analisis data primer dan sekunder dari hasil observasi, percobaan dan analisis menggunakan Software Google Earth.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis google earth dan dibandingkan dengan Peta Tsunami Hazzard yang dikeluarkan oleh Pemerintah Kota Denpasar diperoleh hasil sebagai berikut. Wilayah terdampak tsunami terbagi menjadi 3 wilayah, yaitu wilayah terdampak besar dengan perkiraan kerusakan 75%, wilayah terdampak sedang dengan perkiraan kerusakan 50%, dan wilayah terdampak kecil dengan perkiraan kerusakan 25%.

Tabel 1 Kerugian di Area Terdampak Besar (Kerusakan setidaknya 75% bangunan)

Tipe Bangunan	Banyak/ Jumlah	Harga (Rp)	Total (Rp)
Rumah Kecil (tipe 36 atau lebih kecil)	60	180.000.000	10.800.000.000,00
Rumah sedang (tipe 45 – tipe 60)	333	543.750.000	181.068.750.000,00
Rumah Besar (lebih besar dari tipe 60)	91	1.125.000.000	102.375.000.000,00
Hotel	20	33.750.000.000	675.000.000.000,00
Penginapan	11	22.500.000.000	247.500.000.000,00
Pura	5	4.500.000.000	22.500.000.000,00
Tempat ibadah lainnya	1	900.000.000	900.000.000,00
Lapangan	16	639.000.000	10.224.000.000,00
Sekolah	2	1.125.000.000	2.250.000.000,00
Fasilitas umum	17	1.050.000.000	17.850.000.000,00
Kantor	34	6.000.000	204.000.000,00
Pabrik/gudang	58	93.750.000	5.437.500.000,00
Tempat wisata lainnya	66	18.225.000.000	1.202.850.000.000,00
Mall	8	450.000.000.000	3.600.000.000.000,00
Taman	10	26.250.000	262.500.000,00
Bisnis	47	7.500.000	352.500.000,00
Sawah	11	112.500.000	1.237.500.000,00
Hutan	29	11.250.000	326.250.000,00
Villa	26	7.500.000.000	195.000.000.000,00
Total			6.276.138.000.000,00

Tabel tersebut menunjukkan bahwa rumah sedang, kemudian rumah besar, dan rumah kecil mendominasi. Terlihat bahwa sepanjang aliran tukad mati di daerah bencana besar dipenuhi pemukiman. Selain permukiman, wilayah terdampak besar juga didominasi oleh tempat wisata dan pabrik/gudang. Total kerugian untuk Area Besar yang Terkena Dampak (kerusakan sekurang-kurangnya 75% bangunan) mencapai Rp 6.276.138.000.000,00.

Tabel 2 Kerugian di Area Terdampak Sedang (Kerusakan setidaknya 50% bangunan)

Tipe Bangunan	Banyak/ Jumlah	Harga (Rp)	Total (Rp)
Rumah Kecil (tipe 36 atau lebih kecil)	25	120.000.000	3.000.000.000,00
Rumah sedang (tipe 45 – tipe 60)	109	362.500.000	39.512.500.000,00
Rumah Besar (lebih besar dari tipe 60)	53	750.000.000	39.750.000.000,00
Hotel	1	22.500.000.000	22.500.000.000,00
Pura	2	3.000.000.000	6.000.000.000,00
Tempat Ibadah lainnya	1	600.000.000	600.000.000,00
Lapangan/tanah kosong	5	426.000.000	2.130.000.000
Fasilitas umum	16	700.000.000	11.200.000.000,00
Kantor	2	4.000.000	8.000.000,00
Pabrik/gudang	9	62.500.000	562.500.000,00
Hutan	23	7.500.000	172.500.000
TOTAL		125.435.500.000,00	

Tabel tersebut menunjukkan bahwa rumah sedang, kemudian rumah besar, dan rumah kecil mendominasi. Terlihat bahwa sepanjang aliran tukad mati di daerah bencana sedang dipenuhi pemukiman. Selain permukiman, wilayah terdampak besar juga didominasi oleh fasilitas umum dan hutan. Total kerugian untuk Wilayah Terkena Dampak Sedang (Kerusakan sekitar 50% bangunan) mencapai Rp 125.435.500.000,00

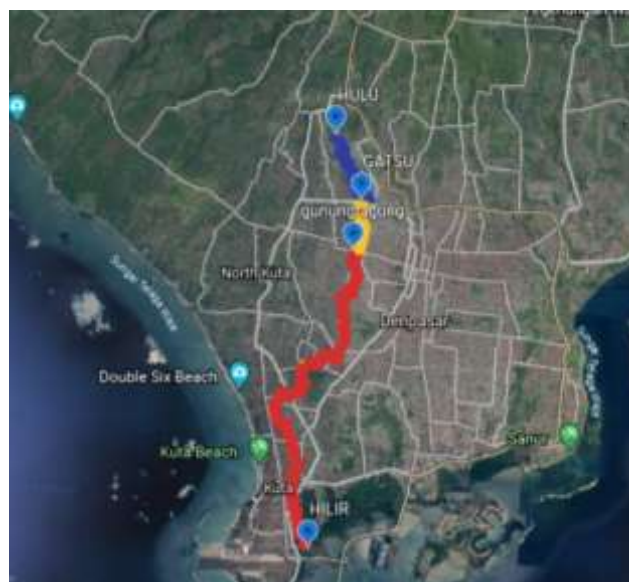
Tabel 3 Kerugian di Area Terdampak Kecil (Kerusakan setidaknya 25% bangunan)

Tipe Bangunan	Banyak/ Jumlah	Harga (Rp)	Total (Rp)
Rumah Kecil (tipe 36 atau lebih kecil)	51	60.000.000	3.060.000.000,00
Rumah sedang (tipe 45 – tipe 60)	140	181.200.000	25.368.000.000,00
Rumah Besar (lebih besar	39	375.000.000	14.625.000.000,00

dari tipe 60)			
Hotel	1	11.250.000.000	11.250.000.000,00
Penginapan	1	7.500.000.000	7.500.000.000,00
Pura	1	1.500.000.000	1.500.000.000,00
Tempat Ibadah lainnya	1	300.000.000	300.000.000,00
Lapangan/tanah kosong	8	213.000.000	1.704.000.000,00
Fasilitas umum	12	350.000.000	4.200.000.000,00
Pabrik/gudang	3	31.250.000	93.750.000,00
Tempat wisata	3	6.075.000.000	18.225.000.000,00
Sawah	1	37.500.000	37.500.000,00
Hutan	33	3.750.000	123.750.000,00
Total			87.987.000.000,00

Tabel tersebut menunjukkan bahwa rumah sedang, kemudian rumah kecil, dan rumah besar mendominasi. Terlihat bahwa sepanjang aliran tukad mati di daerah bencana kecil juga dipenuhi pemukiman. Selain permukiman, wilayah terdampak kecil juga didominasi oleh fasilitas umum dan hutan. Total kerugian untuk Area kecil yang Terkena Dampak (Kerusakan sekitar 25% bangunan) adalah Rp 87.987.000.000,00.

Berikut adalah peta dampak kerusakan akibat tsunami saat merangsak masuk ke aliran Tukad Mati di Kabupaten Badung dan Kota Denpasar.



Garis merah merupakan wilayah yang terdampak besar jika tsunami memasuki Tukad Mati. Garis Kuning adalah area dengan dampak sedang. Sedangkan Garis Biru adalah area terdampak kecil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah (1) Gelombang tsunami yang melanda kawasan Teluk Benoa berpotensi merangsak masuk ke muara dan aliran sungai Tukad Mati, berdasarkan kesejajaran muara Tukad Mati dengan pintu masuk aliran air laut ke Teluk Benoa, dan juga ketinggian permukaan tanah pada aliran Tukad Mati. (2) Dampak tsunami yang masuk ke muara dan aliran Tukad (Sungai) Mati berpotensi menyebabkan kerusakan besar pada bangunan tempat tinggal, bangunan sektor pariwisata, perdagangan dan industri, fasilitas umum (misalnya jembatan), fasilitas sosial (misal tempat ibadah) di wilayah perbatasan sungai Tukad Mati hingga 30 meter di kiri dan kanan aliran Tukad Mati. Dengan kerugian di wilayah terdampak besar diperkirakan mencapai Rp 6.276.138.000.000,00. Di daerah yang terkena dampak sedang sebesar Rp 125.435.500.000,00. Dan di daerah terdampak kecil sebesar Rp 87.987.000.000,00. Sehingga total kerugian mencapai Rp 6.489.560.500.000,00.

Saran

Penelitian ini masih memerlukan penelitian lebih lanjut mengenai (1) material abiotik dari laut di sepanjang aliran Tukad Mati, (2) material fosil biotik dari laut di sepanjang aliran Tukad Mati, (3) tingkat salinitas di Tukad (sungai) Mati. border, (4) Analisis tinggi lahan beserta aliran Tukad Mati, (5) Analisis posisi muara Tukad Mati dan pintu masuk atau mulut Teluk Benoa menghadap ke Samudera Hindia.

Daftar Pustaka

- Bayu Baskara, I Ketut Sukarasa, Ardianto Septiadhi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali Indonesia 80361, "Pemetaan Bahaya Gempa Bumi Dan Potensi Tsunami Di Bali Berdasarkan Nilai Seismisitas", <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/31551-1369-61464-1-10-20170704.pdf>
- Bayu Surya Pramana, Mei 2015, "PEMETAAN KERAWANAN TSUNAMI DI KECAMATAN PELABUHANRATU KABUPATEN SUKABUMI" <file:///D:/SEKUL%20LIFE/DIVA/MADYA%20PADMA/penelitian/LPB-TSUNAMI/1383-4453-1-PB.pdf>
- Elena Tolкова, Hitoshi Tanaka, Min Roh, Maret 2015, "Tsunami Observations in Rivers from a Perspective of Tsunami Interaction with Tide and Riverine Flow", https://www.researchgate.net/publication/273285636_Tsunami_Observations_in_Rivers_from_a_Perspective_of_Tsunami_Interaction_with_Tide_and_Riverine_Flow
- ESDM, 2020, https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Pengenalan_Tsunami.pdf&ved=2ahUKEwjwvBT3n8zqAhVEQH0KHR0LBV8QFjAAegQIARAB&usq=AOvVaw3rXGt4T5HeNbUC6-CFOH9L
- Indiana Malia, IDN Times, 21 Oktober 2018, "Dampak Gempa dan Tsunami di Palu, 2.256 Orang Meninggal Dunia", <https://www.idntimes.com/news/indonesia/indianamalia/update-dampak-gempa-dan-tsunami-di-palu-2256-orang-meninggal-dunia>
- Fidel Bustami, 2020, "Gempa dan Tsunami", Banda Aceh, https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://coremap.or.id/i/Gempa_dan_Tsunami_1.pdf&ved=2ahUKEwiF3PWC3sbqAhUBfH0KHTw2CPwQFjACegQIARAB&usq=AOvVaw2i_JOU7sNGUXZ-nZFtzhg
- Iswara N Raditya, 14 November 2019, Sejarah Gempa Bali 1976 yang Mirip dengan Gempa 5,1 M 2019, <https://tirto.id/sejarah-gempa-bali-1976-yang-mirip-dengan-gempa-51-m-2019-elFL>

- Krizia Putri Kinanthi, 12 Juni 2019, "Tukad Mati cegah banjir di Kuta, Seminyak, dan Legian", <https://m.bisnis.com/amp/read/20190612/45/932943/tukad-mati-cegah-banjir-di-kuta-seminyak-dan-legian>
- Muhammad Ali, 17 Juli 2019, "Melihat Sejarah Gempa dan Tsunami Dahsyat di Bali yang Tewaskan Ribuan Orang", <https://www.liputan6.com/news/read/4014425/melihat-sejarah-gempa-dan-tsunami-dahsyat-di-bali-yang-tewaskan-ribuan-orang>
- Putu Aryastana, Juni 2015, "Identifikasi Pemanfaatan Daerah Sempadan Sungai Tukad Ayung", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, <http://repository.warmadewa.ac.id/id/eprint/25/1/167-323-1-SM.pdf>
- sWildan K, 24 Mei 2018, "Penataan dan Pengaturan Sempadan Sungai di Kawasan Perkotaan", <https://www.kompasiana.com/wildan16309/5b05f6cf16835f385979ada2/penataan-dan-pengaturan-sempadan-sungai-di-kawasan-perkotaan>
- Yulianto Suteja, 2017, Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana, "Muara Tukad Mati Darurat Pencemaran Logam Berat Kromium". https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_1_dir/b076b699b1b5ad6b418062fc049aa21a.pdf