

Analisis Spasial Prediksi Bahaya Tsunami di Kecamatan Salahutu Pulau Ambon

Theochrasia Latue¹, Philia Christi Latue²

¹ Oil And Gas Well Drilling, Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

² Faculty of Biology, Department of Biology, Herzen University, Saint Petersburg, Russian Federation

KATA KUNCI

Analisis Spasial; Bahaya Tsunami; Salahutu

KORESPONDENSI

Phone: +7 999 537 03 21

E-mail: philialatue04@gmail.com

A B S T R A K

Kecamatan Salahutu merupakan salah satu wilayah yang berpotensi dilanda tsunami. Jalur subduksi Laut Banda dan keberadaan gunung api aktif di Laut Banda menjadikan Kecamatan Salahutu sebagai salah satu daerah memiliki potensi bahaya tsunami yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat bahaya tsunami dan lahan terbangun yang diprediksi terdampak tsunami di Kecamatan Salahutu, Pulau Ambon. Penelitian ini menggunakan variabel topografi, jarak dari garis pantai dan indeks kekasaran permukaan daratan yang dianalisis yang didasarkan pada Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No.4 tahun 2012 digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu. Hasil pemodelan tsunami dengan skenario tinggi gelombang 5 meter menghasilkan luasan genangan seluas 371.11 ha, luas daerah terdampak tsunami pada ketinggian 10 meter seluas 839.34 ha, ketinggian tsunami 20 meter seluas 1.608,08 ha, dan daerah terdampak tsunami dengan ketinggian gelombang 100 meter seluas 6.849,22 ha. Hasil analisis lahan terbangun terdampak tsunami pada skenario tinggi gelombang 5 meter seluas 159.88 ha, pada tsunami dengan ketinggian 10 meter lahan terbangun yang terdampak seluas 374.75 ha, pada tsunami dengan ketinggian 20 meter diprediksi lahan terbangun yang terdampak seluas 618.97 ha dan pada tsunami dengan ketinggian 100 meter diprediksi lahan terbangun yang terdampak seluas 1.200.75 ha. Secara spasial wilayah yang memiliki resiko tinggi terhadap tsunami adalah wilayah pesisir yang berhadapan dengan Laut Banda sehingga wilayah ini perlu mendapat perhatian khusus dari pemerintah Kabupaten Maluku Tengah dalam hal mitigasi bencana. Hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan atau acuan dalam penyusunan kajian mitigasi bencana dalam upaya pengurangan resiko bencana tsunami di Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah.

PENDAHULUAN

Tsunami adalah salah satu bencana alam paling mengerikan yang dapat terjadi di wilayah pesisir (Röbke & Vött, 2017). Fenomena ini ditimbulkan oleh peristiwa alam seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, atau longsor bawah laut yang menyebabkan pergerakan besar di dasar laut dan memicu gelombang laut yang sangat dahsyat (Kamigaichi, 2022). Pulau Ambon, yang terletak di Kepulauan Maluku, Indonesia, adalah salah satu wilayah yang berada di zona Cincin Api Pasifik dan berpotensi rentan terhadap bahaya tsunami (Pranantyo & Cummins, 2020; Sugandhi et al., 2023). Dalam konteks ini, analisis spasial prediksi bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu menjadi sangat penting untuk meningkatkan pemahaman dan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi potensi ancaman bencana ini (Latue & Rakuasa, 2022).

Berdasarkan sejarah dan catatan kejadian gempa bumi dan tsunami di Provinsi Maluku dimana Berdasarkan *Catalogue of Tsunamis on The Western Shore of the Pacific Ocean* telah terjadi 85 kali peristiwa tsunami Provinsi Maluku dimana kejadian tsunami itu merupakan 40% dari 210 peristiwa tsunami yang pernah melanda Indonesia (Solov'ev, 1974; BMKG, 2019). Selain dari tsunami lokal kejadian tsunami di kepulauan Maluku juga disebabkan oleh ancaman tsunami

jarak jauh di mana sumber gempa yang dapat menyebabkan tsunami berasal dari pergerakan lempeng di Filipina, Jepang dan dari Samudera Pasifik (Rakuasa et al., 2022).

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2022), menjelaskan bahwa, Pulau Ambon merupakan daerah yang memiliki indeks resiko bencana tertinggi di Provinsi Maluku, hal ini sebelumnya dijelaskan dalam sejarah gempa bumi dan tsunami di Ambon yang ditulis oleh Rumphius (1627-1702) yang disebutkan sebagai tragedi tanggal 17 Februari 1674 sekitar 346 tahun yang lalu, gempabumi yang mengguncang Ambon dan sekitarnya yang mengakibatkan kerusakan rumah warga dan menelan korban jiwa yang diperkirakan mencapai 2.500 orang yang meninggal dunia (Rumphius, 1675).

Sebagai bagian dari Cincin Api Pasifik, Indonesia berada di wilayah yang rawan gempa bumi dan tsunami (Murjaya et al., 2021). Kecamatan Salahutu memiliki indeks resiko tertinggi terhadap bencana tsunami hal dibuktikan kondisi geografis, geologi dan kondisi demografi yang mempengaruhi wilayah ini sangat berisiko terhadap tsunami sebagai bencana yang sulit diprediksi kedatangannya, hal ini diperkuat oleh hasil Ekspedisi Jala Citra bulan September ditahun 2022 yang dilakukan oleh pusat hidro-oseanografi angkatan laut yang menemukan pegunungan berapi setinggi 3.400 meter di bawah Laut Banda, hal ini tentu membuat daerah Kecamatan salahutu yang berhadapan langsung dengan Laut Banda paling berpotensi terdampak bencana tsunami (CNN Indonesia, 2022)

Wilayah pesisir seperti Pulau Ambon berada dalam risiko yang lebih tinggi karena kontak langsung dengan Samudera Pasifik (Rakuasa & Salakory, 2022). Kecamatan Salahutu di Pulau Ambon terletak di tepi laut dan memiliki sejumlah pemukiman yang padat di sekitarnya dan oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang bahaya tsunami menjadi kunci untuk mengurangi dampaknya pada kehidupan manusia dan infrastruktur. Analisis spasial prediksi bahaya tsunami bertujuan untuk memahami dan mengidentifikasi wilayah-wilayah yang berpotensi terkena dampak tsunami dengan menggabungkan berbagai data spasial (Lestari et al., 2021).

Permodelan tsunami adalah salah satu aspek paling penting dalam analisis prediksi bahaya tsunami (Fathianpour et al., 2023). Dengan memodelkan kemungkinan skenario gempa bumi atau letusan gunung berapi, para peneliti dapat memprediksi bagaimana gelombang tsunami akan merambat di Samudera Pasifik dan mencapai pesisir Pulau Ambon. Hasil permodelan ini akan membantu dalam menyusun peta bahaya tsunami yang akan memetakan area-area yang berisiko tinggi, membantu dalam perencanaan evakuasi, dan mengidentifikasi infrastruktur penting yang perlu diperkuat.

Hasil dari analisis spasial prediksi bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu akan menjadi landasan penting bagi pemerintah daerah, lembaga penanggulangan bencana, dan masyarakat untuk mengembangkan rencana kesiapsiagaan dan mitigasi bencana. Penyuluhan dan sosialisasi kepada masyarakat mengenai langkah-langkah evakuasi dan kesiapsiagaan dalam menghadapi ancaman tsunami sangatlah penting (Rakuasa & Mehdila, 2023). Pengembangan sistem peringatan dini tsunami juga menjadi salah satu langkah kritis dalam menghadapi bahaya ini. Sistem peringatan yang efektif akan memberikan informasi cepat dan akurat kepada masyarakat dan memungkinkan waktu yang cukup untuk menghindari dampak bencana. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat bahaya tsunami dan lahan terbangun yang diprediksi terdampak tsunami di Kecamatan Salahutu, Pulau Ambon.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Spasial

Analisis spasial adalah proses penggunaan data geografis yang terdiri dari lokasi, bentuk, dan hubungan spasial antar-objek atau fenomena di bumi untuk memahami pola dan distribusi geografis (Adil & Kom, 2017). Metode ini melibatkan integrasi teknologi informasi geografis (GIS), perangkat lunak pemetaan, dan data spasial untuk memahami dan mengeksplorasi fenomena geografis dalam konteks spasial. Tujuan utama analisis spasial adalah mengungkapkan hubungan geografis antara objek dan fenomena yang diamati di permukaan bumi (Longley & Cheshire, 2017). Dengan cara ini, analisis spasial membantu para peneliti, pemangku kepentingan, dan pengambil keputusan untuk membuat keputusan yang lebih baik dalam berbagai bidang, seperti penelitian lingkungan, perencanaan wilayah, manajemen sumber daya alam, pemetaan risiko bencana, pengembangan infrastruktur dan lainnya (Adil & Kom, 2017)

Analisis Spasial Bahaya Tsunami adalah proses penggunaan data spasial dan teknik pemetaan untuk mengidentifikasi, memetakan, dan menganalisis potensi bahaya tsunami di suatu wilayah (Rakuasa & Lasaiiba, 2023). Pendekatan ini mengintegrasikan data topografi laut, data seismik, data permodelan tsunami, serta faktor-faktor lain yang relevan untuk

memahami risiko dan tingkat kerentanan wilayah terhadap ancaman tsunami. Kesimpulannya, analisis spasial bahaya tsunami merupakan proses yang penting dalam pemahaman dan pengelolaan risiko tsunami di wilayah pesisir. Melalui integrasi data spasial dan permodelan, analisis ini memberikan informasi penting bagi pemerintah daerah, lembaga penanggulangan bencana, dan masyarakat untuk meningkatkan kesiapsiagaan menghadapi potensi ancaman tsunami dan melindungi keselamatan penduduk serta aset-aset penting wilayah pesisir.

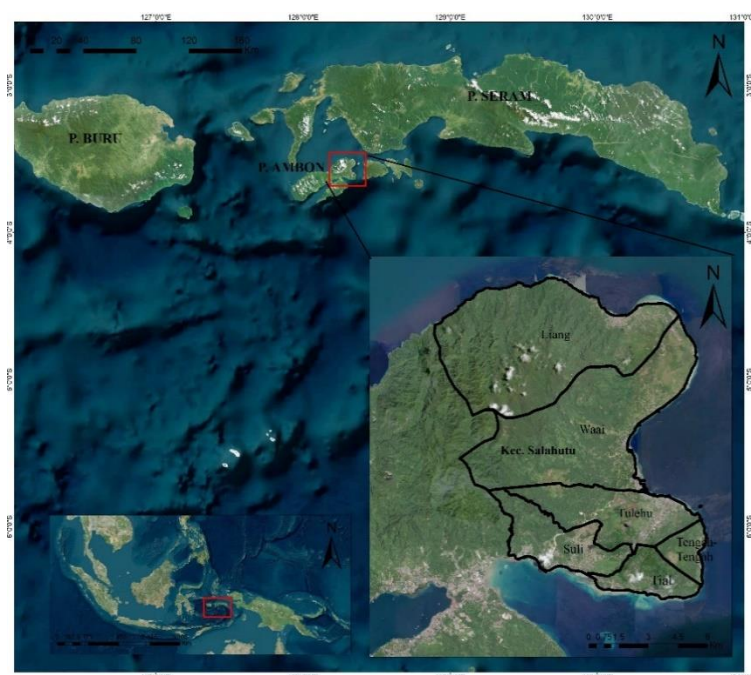
Bahaya Tsunami

Bahaya tsunami adalah ancaman yang timbul akibat terjadinya peristiwa alam, seperti gempa bumi tektonik di dasar laut, letusan gunung berapi di bawah laut, atau longsor bawah laut yang menyebabkan pergerakan vertikal besar di dasar laut (Grezio et al., 2017). Akibat pergerakan ini, terbentuklah gelombang tsunami yang dapat merambat dengan kecepatan tinggi melintasi lautan dan mencapai pesisir dengan daya rusak yang sangat besar. Bahaya tsunami tidak hanya berdampak lokal, tetapi juga dapat menyebabkan bencana secara regional atau bahkan internasional jika sumber peristiwa alam yang menyebabkannya cukup besar (Behrens et al., 2021). Tsunami telah menyebabkan ribuan kematian dan kerugian material yang besar di masa lalu, dan oleh karena itu, pemahaman dan kesiapsiagaan terhadap bahaya ini sangatlah penting untuk melindungi nyawa dan harta benda manusia.

Upaya mitigasi dan peringatan dini sangat diperlukan untuk mengurangi dampak bahaya tsunami (Wanger et al., 2020). Peringatan dini dapat memberikan waktu yang cukup untuk masyarakat untuk menghindari bahaya dengan mencari tempat yang lebih aman dan melaksanakan evakuasi. Selain itu, pendidikan dan sosialisasi mengenai tanda-tanda awal tsunami dan langkah-langkah yang harus diambil saat terjadi ancaman tsunami juga harus menjadi prioritas, terutama bagi komunitas yang berada di wilayah-wilayah pesisir yang berpotensi terkena dampak bencana ini (Rakuasa & Mehdila, 2023). Dalam konteks geografis, wilayah pesisir yang berdekatan dengan zona subduksi, perbatasan lempeng tektonik, atau gunung berapi yang aktif, rentan terhadap bahaya tsunami (Fathianpour et al., 2023). Oleh karena itu, analisis spasial prediksi bahaya tsunami menjadi alat penting dalam mengidentifikasi wilayah-wilayah rawan dan merencanakan tindakan pencegahan dan kesiapsiagaan yang efektif.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Secara geografis Kecamatan Salahutu berada di Pulau Ambon. Secara administrasi Kecamatan Salahutu terdiri dari enam desa diantaranya Liang, Suli, Tengah-Tengah, Tial, Tulehu dan Waai (Gambar 1). Penelitian ini menggunakan tipe penelitian deskriptif kuantitatif dengan menggunakan teknik pemodelan tsunami yang telah digunakan oleh BNPB dengan metode Tsunami Inundation Modeling atau pemodelan spasial dengan pendekatan Sistem Informasi Geografis untuk memprediksi daerah rawan tsunami di Kota Ambon dengan perhitungan matematis.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan batas administrasi desa, garis pantai dan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), data citra satelit resolusi tinggi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Worldview -2 tahun 2013 dan 2023 diperoleh dari *Maxar Technologies*, data simulasi ketinggian gelombang tsunami diperoleh dari bukti sejarah tsunami yang pernah terjadi di Pulau Ambon diantara 5 meter, 10 meter, 20 meter dan 100 meter.

Pemodelan bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu, mengacu pada standar BNPB yaitu *Tsunami Inundation Modeling* dan dikembangkan berdasarkan simulasi ketinggian gelombang tsunami yang pernah terjadi di Pulau Ambon. Metode *Tsunami Inundation Modeling dalam penelitian ini didasarkan pada* perhitungan matematis yang dikembangkan Berryman, (2006) berdasarkan perhitungan kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak ketinggian genangan berdasarkan nilai jarak terhadap lereng dan kekasaran permukaan. Pemodelan wilayah rawan tsunami ini menggunakan data kemiringan lereng, tutupan lahan, potensi gelombang maksimum tsunami, dan garis pantai. Data kemiringan lereng dibuat dengan satuan derajat. Indeks kekasaran permukaan di-input berdasarkan klasifikasi tutupan lahan dengan mengubah jenis data tutupan lahan dari vektor menjadi raster dengan resolusi spasial yang sama dengan hasil interpolasi citra yaitu 1 meter. Data kemiringan lereng, indeks kekasaran permukaan, dan potensi gelombang maksimum tsunami. Kota Ambon digunakan dalam perhitungan matematis yang dikembangkan Berryman, (2006) berdasarkan perhitungan kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak ketinggian genangan. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$H_{\text{loss}} = \left(\frac{167 n^2}{H_0^{1/3}} \right) + 5 \sin S$$

H_{loss} = kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak ketinggian genangan

n = indeks kekasaran permukaan

H_0 = ketinggian gelombang tsunami di garis pantai

S = besarnya lereng permukaan (derajat)

Persamaan diatas menunjukkan perhitungan matematis yang dikembangkan Berryman, (2006) berdasarkan perhitungan kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak ketinggian genangan (H_{loss}). Dalam persamaan ini, dibutuhkan nilai nilai sin kemiringan lereng ($\sin S$) sehingga nilai derajat dari lereng perlu dikonversi ke dalam radian. Konversi dilakukan dengan data kemiringan lereng dengan satuan derajat dikalikan dengan 0.01745 (hasil dari $\pi/180$). N menunjukkan nilai indeks kekasaran permukaan yang didapatkan dari tutupan lahan. koefisien kekasaran berdasarkan jenis tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 1. Koefisien Kekasaran berdasarkan Jenis Tutupan Lahan

Jenis Tutupan Lahan	Indeks Kekasaran Permukaan
Badan Air	0,007
Semak	0,040
Hutan	0,070
Perkebunan	0,035
Lahan Terbuka/Pasir/Jalan	0,015
Persawahan	0,025
Permukiman/Permukiman	0,045

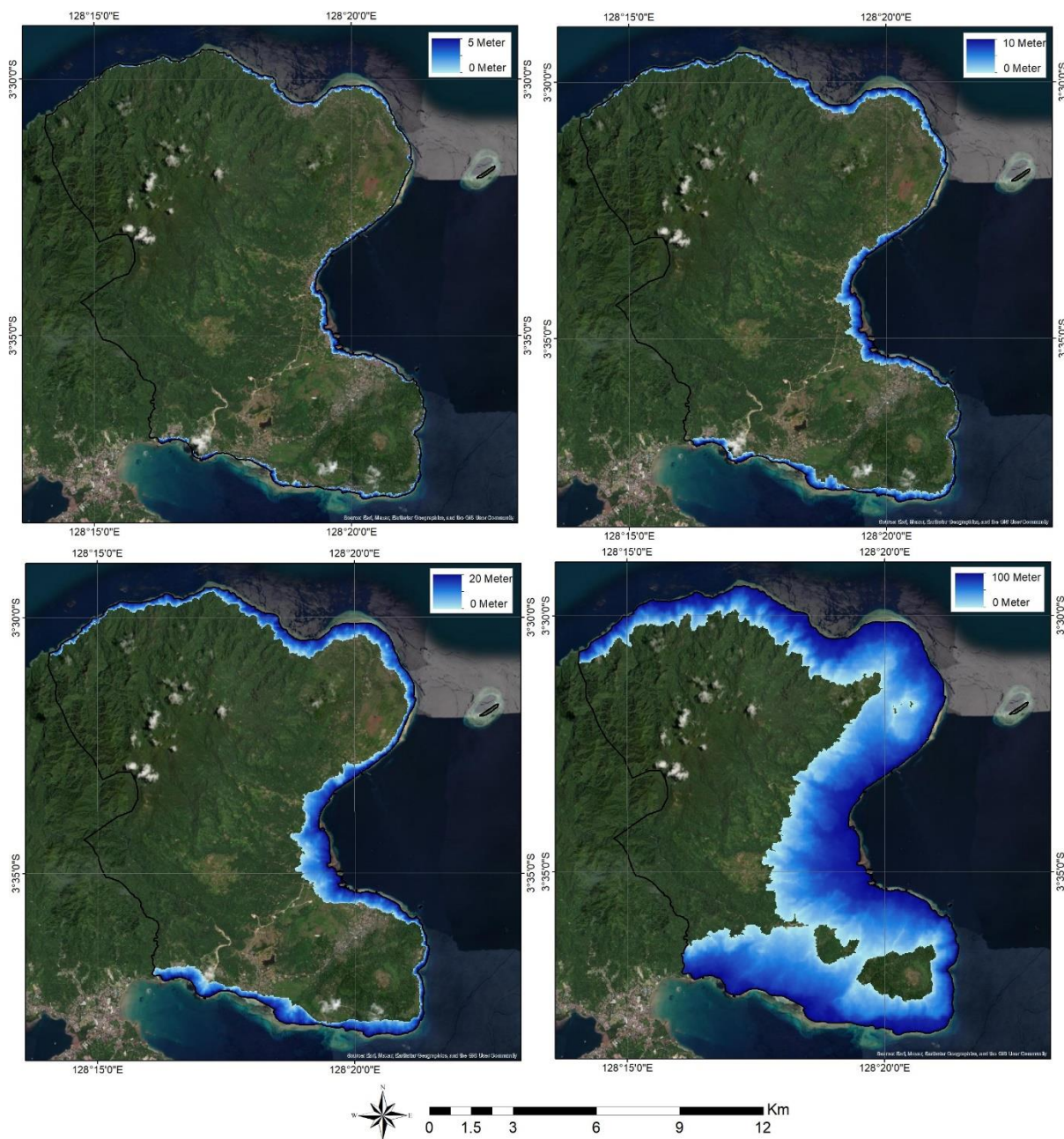
Sumber: Perka BNPB No. 2 Tahun 2011

H_0 menggambarkan potensi gelombang maksimum tsunami yang ditinjau berdasarkan Perka BNPB No. 2 Tahun 2011. Nilai H_{loss} diperlukan untuk perhitungan *Cost Distance* untuk wilayah keterpaparan dan zona aman evakuasi dengan dibatasi titik runup maksimum. Data garis pantai di-input sebagai batas awal pengukuran *Cost Distance*. Nilai *Cost Distance* tersebut berupa nilai cakupan gelombang tsunami mencapai titik run-up berdasarkan hasil H_{loss} . Wilayah keterpaparan didapatkan dari nilai potensi gelombang maksimum tsunami di Kecamatan Salahutu dikurangi dengan hasil *Cost Distance*. Nilai wilayah keterpaparan akan semakin berkurang ketika semakin menjauhi pantai. Hasil prediksi bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu berdasarkan ketinggian gelombang tsunami 5-meter, 10-meter, 20-meter dan 100 meter dioverlay dengan data lahan terbangun untuk mengetahui seberapa luas lahan terbangun yang diprediksi terdampak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

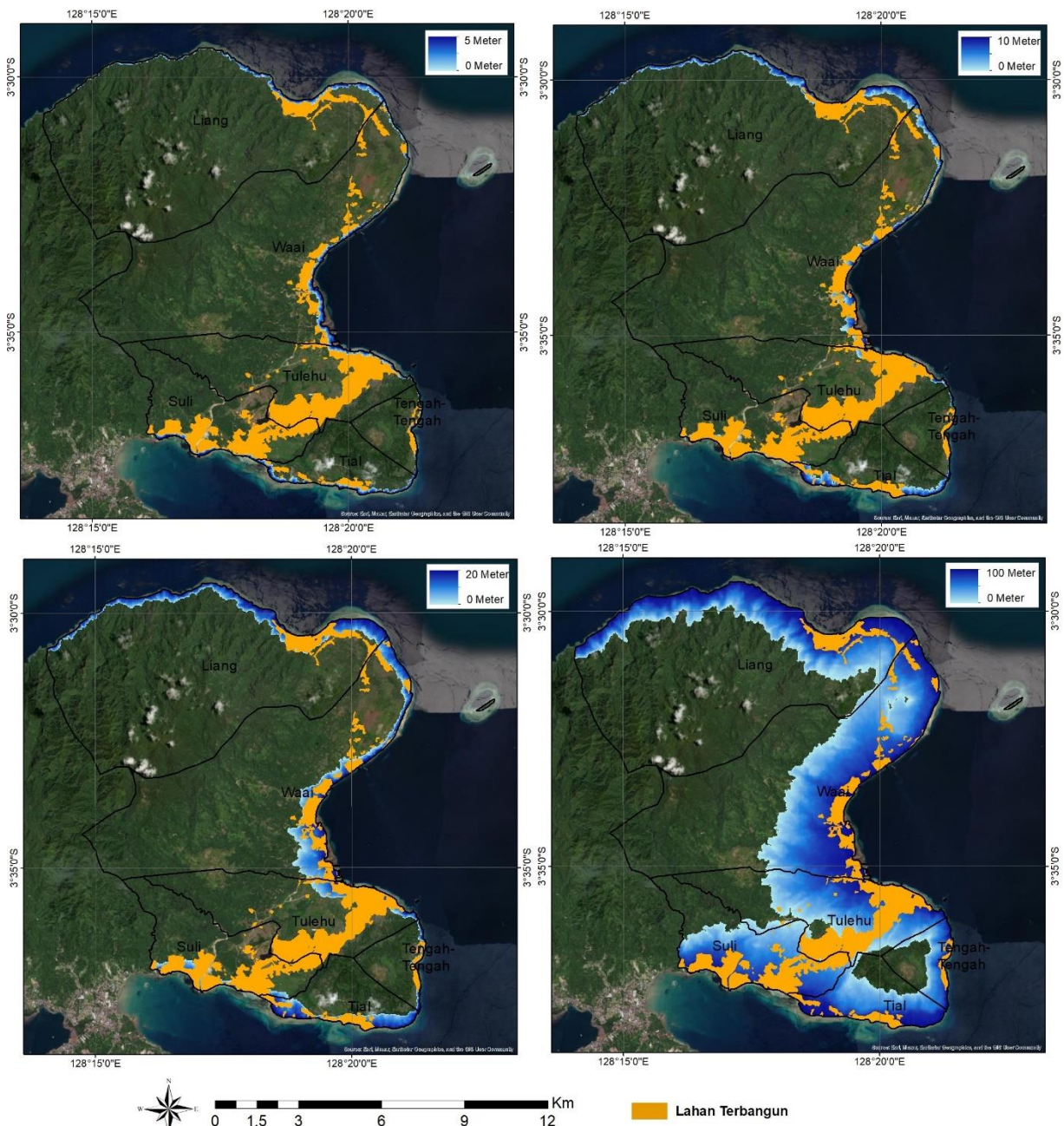
Hasil pemodelan tsunami yang dilakukan di Kecamatan Salahutu, Pulau Ambon, dilakukan menggunakan empat skenario ketinggian gelombang tsunami diantaranya yaitu 5 meter, 10 meter, 20 meter dan 100 meter. Hasil pemodelan tsunami dengan skenario tinggi gelombang 5 meter menghasilkan luasan genangan seluas 371.11 ha, luas daerah terdampak tsunami pada ketinggian 10 meter seluas 839.34 ha, ketinggian tsunami 20 meter seluas 1.608, 08 ha, dan daerah terdampak tsunami dengan ketinggian gelombang 100 meter seluas 6.849,22 ha.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa wilayah genangan tsunami relatif lebih luas berada wilayah pesisir bagian utara dan barat Pulau Ambon yakni desa Liang, Waai dan Suli. Berdasarkan hasil analisis indeks kekasarannya yang diperoleh dari tutupan lahannya, bagian utara ini banyak mempunyai tutupan perairan, daerah terbuka dan permukiman di pesisir pantai yang memiliki indeks kekasaran permukaan yang relatif rendah serta mempunyai *elevasi* atau ketinggian lahan yang landai. Sedangkan pada bagian utara dan timur Kecamatan Salahutu yakni desa Suli, Tengah-Tengah dan Tial memiliki luasan wilayah genangan tsunami yang terkecil, hal ini dikarenakan tutupan lahan diketiga desa ini yang terdiri dari daerah pertanian dan bukan daerah pertanian serta lahan permukiman yang mempunyai indeks kekasaran permukaan yang cukup tinggi serta variasi kemiringan lereng dan ketinggian lahan yang cukup tinggi.



Gambar 2. Peta Prediksi bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu

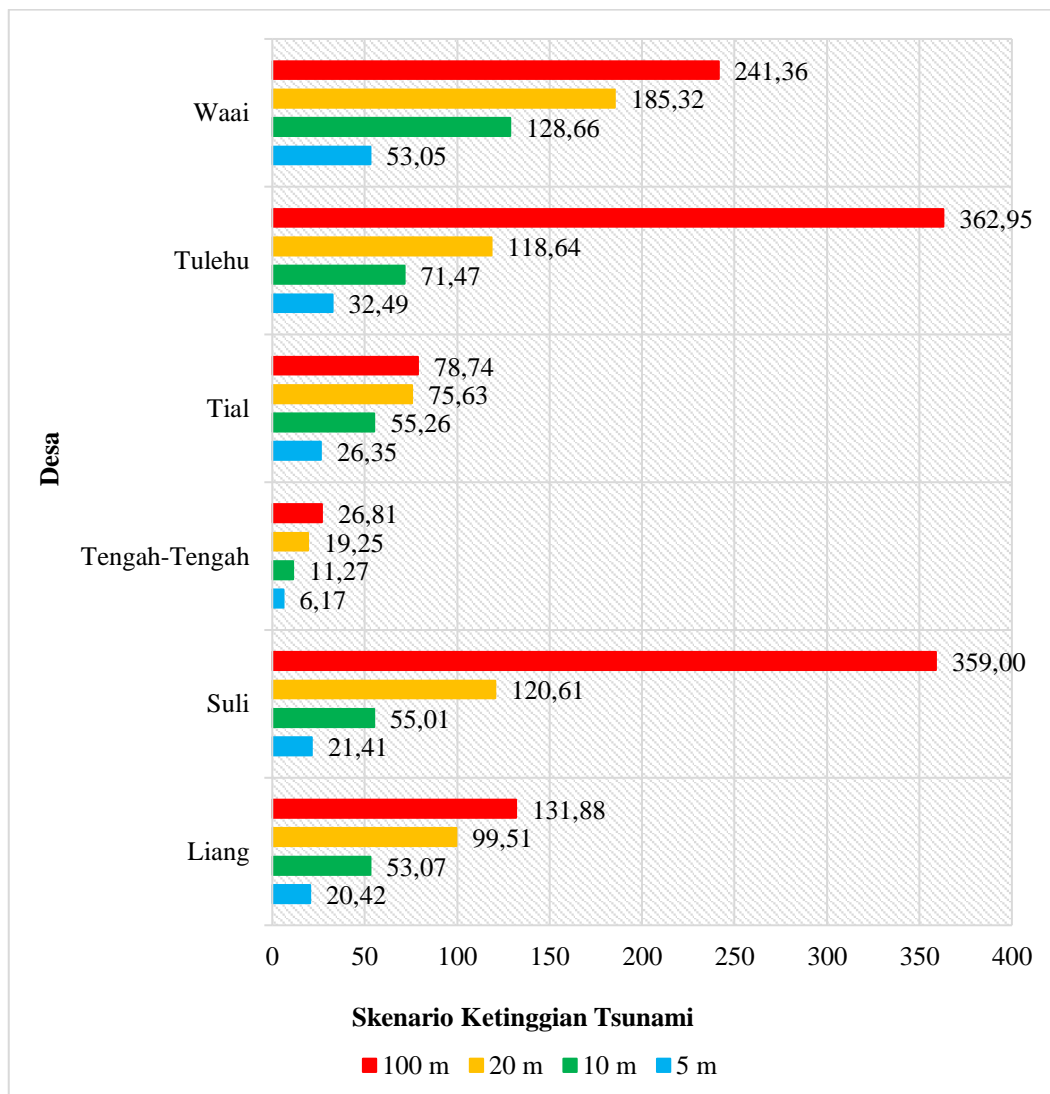
Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa luasan (ha) bahaya tsunami berdasarkan skenario tinggi gelombang di Kecamatan Salahutu pada skenario ketinggian gelombang 5 meter didominasi oleh Desa Liang dengan luas 116,71 ha, Desa Waai dengan luas 101,81 ha, Desa Tial dengan luas 59,17 ha, Desa Suli seluas 26,07 ha dan Desa Tengah-Tengah dengan luas 13,84 ha. Luasan bahaya tsunami dengan skenario ketinggian gelombang 10 meter di Kecamatan Salahutu, didominasi oleh Desa Liang seluas 253,60 ha, Desa Waai seluas 251,49 ha, Desa Tial seluas 143,70 ha, Desa Tulehu seluas 87,50 ha dan Desa Tengah-Tengah seluas 23,15 ha. Luasan bahaya tsunami dengan skenario ketinggian gelombang 20 meter di Kecamatan Salahutu, didominasi oleh Desa Waai seluas 542,54 ha, Desa Liang seluas 452,27 ha, Desa Tial seluas 223,03 ha, Desa Suli seluas 165,69 ha, Desa Tulehu seluas 180,93 ha dan Desa Tengah-Tengah seluas 43,61 ha. Hasil pemodelan bahaya tsunami dengan skenario ketinggian gelombang 100 meter didominasi oleh Desa Waai seluas 2.194,12 ha, Desa Liang seluas 1.484,17 ha, Desa Tulehu seluas 1.243,03 ha, Desa Suli seluas 1.062,54 ha, Desa Tial seluas 605,70 ha, dan Desa Tengah-Tengah seluas 259,66 ha.



Gambar 3. Peta Prediksi Lahan Terbangun terdampak Tsunami di Kecamatan Salahutu

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil pemodelan bahaya tsunami yang ada kemudian dioverlay dengan data lahan terbangun untuk mengetahui lahan yang terbangun yang terdampak bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu. Hasil analisis lahan terbangun terdampak tsunami pada skenario tinggi gelombang 5 meter seluas 159,88 ha, pada tsunami

dengan ketinggian 10 meter lahan terbangun yang terdampak seluas 374.75 ha, pada tsunami dengan ketinggian 20 meter diprediksi lahan terbangun yang terdampak seluas 618.97 ha dan pada tsunami dengan ketinggian 100 meter diprediksi lahan terbangun yang terdampak seluas 1.200.75 ha. Selengkapnya luasan lahan terbangun yang terdampak bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Luas Lahan Terbangun Yang Terdampak Tsunami di Kecamatan Salahutu Per-Desa

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa desa dengan lahan terbangun yang terdampak tsunami pada skenario gelombang dengan ketinggian 5 meter yang paling luas yaitu Desa Wai dengan luas 53.05 ha, pada ketinggian tsunami 10 meter desa dengan lahan terbangun paling luas yang terdampak yaitu Desa Waai seluas 128.66 ha, pada ketinggian 20 meter yaitu Desa Waai seluas 185.32 ha dan desa yang paling luas terdampak tsunami pada ketinggian 100 meter yaitu Desa Suli seluas 359.00 ha. Variabel yang paling mempengaruhi desa-desa di Kecamatan Salahutu diprediksi terdampak tsunami diantaranya jarak dari garis pantai, topografi dan indeks kekasaran permukaan daratan yang diperoleh dari tutupan lahan.

Menurut Ramadhan et al., (2021), Jarak dari pantai memainkan peran krusial dalam menentukan potensi bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu, Pulau Ambon, atau wilayah pesisir lainnya. Semakin dekat suatu wilayah dengan pantai, semakin tinggi risiko terkena dampak tsunami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola permukiman di Pulau Ambo yaitu mengikuti garis pantai atau sebagian besar berada di daerah pesisir, hal ini tentunya meningkatkan risiko bencana tsunami kedepannya di Kecamatan Salahutu. Fuad et al., (2022) menambahkan bahwa topografi merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi potensi bahaya tsunami. Topografi adalah bentuk dan struktur permukaan bumi di suatu wilayah, termasuk di dalamnya bentuk daratan, kedalaman laut, lembah, dan pegunungan. Semakin landai dan datar topografi suatu daerah maka risiko bencana tsunami kedepannya akan semakin tinggi. Selain variabel jarak

dari pantai ada juga variabel indeks kekasaran permukaan daratan. Menurut Lestari et al., (2020), Indeks kekasaran permukaan mengacu pada tekstur atau karakteristik permukaan daratan di wilayah tertentu. Daerah dengan indeks kekasaran yang tinggi biasanya memiliki banyak hambatan alami seperti vegetasi, bangunan, atau struktur daratan yang tidak rata. Sebaliknya, daerah dengan indeks kekasaran rendah cenderung memiliki permukaan yang lebih halus, kurang hambatan alami, dan mungkin lebih mudah diterjang oleh gelombang tsunami.

Analisis spasial prediksi bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu, Pulau Ambon, memiliki manfaat yang sangat penting dalam upaya mitigasi dan kesiapsiagaan bencana. beberapa manfaat dari analisis tersebut diantaranya yaitu; identifikasi wilayah rawan tsunami, penyusunan rencana evakuasi darurat, penyusunan rencana zonasi bahaya tsunami, penyusunan rencana zonasi bahaya tsunami, evaluasi infrastruktur dan bangunan, perencanaan pusat evakuasi, pengembangan sistem peringatan dini, penyuluhan dan pendidikan masyarakat. Menurut Lestari et al., (2020), analisis spasial dapat membantu mengidentifikasi wilayah-wilayah di Kecamatan Salahutu yang rawan terhadap potensi bahaya tsunami. Dengan memahami potensi bahaya di wilayah ini, langkah-langkah mitigasi dan penanganan bencana dapat difokuskan pada area yang paling berisiko. Melalui analisis spasial, dapat dibuat peta-peta evakuasi darurat yang menunjukkan rute-rute aman menuju area yang lebih tinggi atau lebih aman dari potensi gelombang tsunami. Ini akan membantu masyarakat dan pihak berwenang dalam menyusun rencana evakuasi yang efektif dan mengurangi risiko korban jiwa. Lestari et al., (2021), juga menambahkan bahwa dengan analisis spasial, dapat ditentukan zona-zona yang berbeda berdasarkan tingkat bahaya tsunami di Kecamatan Salahutu. Dalam rencana zonasi, daerah pesisir atau dataran rendah yang lebih berisiko dapat ditetapkan sebagai zona merah atau zona evakuasi darurat, sedangkan daerah yang lebih tinggi atau lebih aman dapat ditetapkan sebagai zona hijau atau zona perlindungan (Susiloningtyas et al., 2020).

Analisis spasial memungkinkan evaluasi terhadap infrastruktur dan bangunan di Kecamatan Salahutu untuk menilai sejauh mana mereka tahan terhadap dampak tsunami. Dengan demikian, dapat dilakukan upaya perbaikan atau penggantian struktur yang tidak memadai agar dapat menghadapi potensi bahaya tsunami dengan lebih baik. Analisis spasial juga membantu dalam menentukan lokasi yang tepat untuk mendirikan pusat evakuasi, yaitu tempat-tempat yang aman dan cukup luas untuk menampung warga ketika terjadi ancaman tsunami. Pusat evakuasi yang strategis akan memudahkan dan mempercepat proses evakuasi saat bencana terjadi (Latue & Rakuasa, 2022). Menurut Akbar et al., (2020), analisis spasial dapat membantu dalam pengembangan sistem peringatan dini tsunami yang efektif. Dengan memahami karakteristik pantai dan kedalaman laut di sekitar Kecamatan Salahutu, sistem peringatan dini dapat diimplementasikan untuk memberi peringatan kepada masyarakat setempat jika terjadi gempa bumi atau potensi tsunami. Hasil analisis spasial dapat digunakan untuk memberikan penyuluhan dan pendidikan kepada masyarakat mengenai bahaya tsunami dan langkah-langkah yang harus diambil dalam menghadapinya. Masyarakat yang lebih sadar akan bahaya dan tahu cara mengantisipasinya akan lebih siap dalam menghadapi bencana (Tonini et al., 2021). Semua manfaat di atas menegaskan pentingnya analisis spasial prediksi bahaya tsunami sebagai alat penting untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan mengurangi risiko dampak bencana di Kecamatan Salahutu, Pulau Ambon.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, diketahui bahwa semakin tinggi gelombang tsunami akan mengakibatkan genangan yang lebih luas di sepanjang garis pantai Kecamatan Salahutu, Pulau Ambon. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh pengaruh kondisi geografis wilayah yang terdiri dari kemiringan lereng yang datar dan adanya tutupan lahan. Hasil pemodelan tsunami dengan skenario tinggi gelombang 5 meter menghasilkan luasan genangan seluas 371.11 ha, luas daerah terdampak tsunami pada ketinggian 10 meter seluas 839.34 ha, ketinggian tsunami 20 meter seluas 1.608, 08 ha, dan daerah terdampak tsunami dengan ketinggian gelombang 100 meter seluas 6.849,22 ha. Hasil analisis lahan terbangun terdampak tsunami pada skenario tinggi gelombang 5 meter seluas 159.88 ha, pada tsunami dengan ketinggian 10 meter lahan terbangun yang terdampak seluas 374.75 ha, pada tsunami dengan ketinggian 20 meter diprediksi lahan terbangun yang terdampak seluas 618.97 ha dan pada tsunami dengan ketinggian 100 meter diprediksi lahan terbangun yang terdampak seluas 1.200.75 ha. Secara spasial wilayah yang memiliki risiko tinggi terhadap tsunami adalah wilayah pesisir yang berhadapan dengan Laut Banda sehingga wilayah ini perlu mendapat perhatian khusus dari pemerintah Kabupaten Maluku Tengah dalam hal mitigasi bencana. Hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan atau acuan dalam penyusunan kajian mitigasi bencana dalam upaya pengurangan risiko bencana tsunami di Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

Adil, A., & Kom, S. (2017). *Sistem Informasi Geografis*. Penerbit Andi.

- Akbar, F. S., Vira, B. A., Doni, L. R., Putra, H. E., & Efriyanti, A. (2020). Aplikasi Metode Weighted Overlay untuk Pemetaan Zona Keterpaparan Permukiman Akibat Tsunami (Studi Kasus: Kota Bengkulu dan Kabupaten Bengkulu Tengah). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(1), 43–51. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.17>
- Behrens, J., Løvholt, F., Jalayer, F., Lorito, S., Salgado-Gálvez, M. A., Sørensen, M., Abadie, S., Aguirre-Ayerbe, I., Aniel-Quiroga, I., Babeyko, A., Baiguera, M., Basili, R., Belliazzi, S., Grezio, A., Johnson, K., Murphy, S., Paris, R., Rafliana, I., De Risi, R., ... Vyhmeister, E. (2021). Probabilistic Tsunami Hazard and Risk Analysis: A Review of Research Gaps. *Frontiers in Earth Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.628772>
- Berryman. (2006). *Riview of tsunami hazard and risk in new zealand. Lower hut.* institute of geological and nuclear sciences.
- BMKG. (2019). *Katalog Tsunami Indonesia Tahun 416-2018 per wilayah.* Badan Meteorologi dan Geofisika.
- BNPB. (2022). *Indeks Risiko Bencana Indonesia (RBI) Tahun 2022.* Pusat Data, Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- CNN Indonesia. (2022). *Enam Gunung Api Ditemukan di Laut Banda.* CNN Indonesia.Com. <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220722093151-20-824707/enam-gunung-api-ditemukan-di-laut-banda>
- Fathianpour, A., Evans, B., Jelodar, M. B., & Wilkinson, S. (2023). Tsunami evacuation modelling via micro-simulation model. *Progress in Disaster Science*, 17, 100277. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2023.100277>
- Fuad, M. A. Z., Effendi, V. R., & Dewi, C. S. U. (2022). APPLICATION OF SAR REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) IN COASTLINE CHANGE STUDIES—A CASE STUDY OF COASTLINE CHANGE DUE TO THE 2018 TSUNAMI IN TANJUNG LESUNG, BANTEN. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 5(1), 87–98.
- Georg Everhard Rumphius. (1675). *History of the Terrible Earthquake that Took Place Recently, and Some Time Before, but Principally on February 17, 1674 in and around the Island of Amboina.*
- Grezio, A., Babeyko, A., Baptista, M. A., Behrens, J., Costa, A., Davies, G., Geist, E. L., Glimsdal, S., González, F. I., Griffin, J., Harbitz, C. B., LeVeque, R. J., Lorito, S., Løvholt, F., Omira, R., Mueller, C., Paris, R., Parsons, T., Polet, J., ... Thio, H. K. (2017). Probabilistic Tsunami Hazard Analysis: Multiple Sources and Global Applications. *Reviews of Geophysics*, 55(4), 1158–1198. <https://doi.org/10.1002/2017RG000579>
- Heinrich Rakuasa, M. S. (2022). Pemodelan Spasial Bahaya Tsunami dan Keterpaparannya Terhadap Permukiman di Kota Ambon. *Jurnal Sains Informasi Geografi (J SIG)*, 5(1), 31–37. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31314/j%20sig.v5i1.1433>
- Kamigaichi, O. (2022). *Tsunami Forecasting and Warning BT - Complexity in Tsunamis, Volcanoes, and their Hazards* (R. I. Tilling (ed.); pp. 335–371). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1705-2_568
- Lestari, D. A., Fitriyani, N. S., Ahmad, T. E., Rais, A., & Azhari, D. R. (2021). Spatial Analysis on Tsunami Predictions in Pandeglang Regency. *Forum Geografi*, 35(1). <https://doi.org/10.23917/forgeo.v35i1.12367>
- Lestari, D. A., Susiloningtyas, D., & Supriatna, S. (2020). Spatial Dynamics Model of Land Availability and Population Growth Prediction in Bengkulu City. *Indonesian Journal of Geography*, 52(3), 427. <https://doi.org/10.22146/ijg.44591>
- Longley, P. A., & Cheshire, J. A. (2017). Geographical information systems. In *The Routledge Handbook of Mapping and Cartography* (pp. 251–258). Routledge.
- Murjaya, J., Karnawati, D., Supriyanto, Yuliatmoko, R. S., Hardy, T., Rohadi, S., & Rahman, A. (2021). Mechanical responses and earthquake activities on tectonic setting of Banda block (case study: Ambon earthquake occurred on September 26, 2019). *AIP Conference Proceedings*, 2331, 030001. <https://doi.org/10.1063/5.0041775>
- Philia Christi Latue, H. R. (2022). Dinamika Spasial Wilayah Rawan Tsunami di Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon, Provinsi Maluku. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing (JGRS)*, 3(2), 77–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jgrs.2022.v3i2.98>
- Pranantyo, I. R., & Cummins, P. R. (2020). The 1674 Ambon Tsunami: Extreme Run-Up Caused by an Earthquake-Triggered Landslide. *Pure and Applied Geophysics*, 177(3), 1639–1657. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02390-2>
- Rakuasa, H., & Lasaiiba, M. (2023). Pemetaan Kondisi Fisik Wilayah Sebagai Upaya Dalam Mitigasi Bencana Tsunami di Kecamatan Moa Lakor, Kabupaten Maluku Barat Daya, Provinsi Maluku. *Geoforum*, 2(12), 13–21.
- Rakuasa, H., & Mehdila, M. C. (2023). Penerapan Pendidikan Mitigasi Bencana Gempa Bumi untuk Siswa dan Guru di SD Negeri 1 Poka, Kota Ambon, Provinsi Maluku. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 3(3), 441–446. <https://doi.org/10.52436/1.jpmi.1138>
- Rakuasa, H., Supriatna, S., Karsidi, A., Rifai, A., Tambunan, M. ., & Poniman K, A. (2022). Spatial Dynamics Model of Earthquake Prone Area in Ambon City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1039(1), 012057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1039/1/012057>
- Ramadhan, M. F., Handayani, H. H., & Nurwatik. (2021). Analysis of Tsunami Disaster Risk Level Using Grid-Based Method (Case Study: Coastal South Beach Blitar). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 731(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/731/1/012033>
- Röbke, B. R., & Vött, A. (2017). The tsunami phenomenon. *Progress in Oceanography*, 159, 296–322. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.09.003>
- Solov'ev, S. L. (1974). *Catalogue of Tsunamis on the Western Shore of the Pacific Ocean.* Institute of Oceanic Sciences.
- Sugandhi, N., Supriatna, Kusratmoko, E., & Rakuasa, H. (2023). Spatial modelling of tsunami hazards and their

- exposure to settlements in Ambon City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1173(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1173/1/012013>
- Susiloningtyas, D., Lestari, D. A., & Supriatna, S. (2020). Pemodelan Spasial Peak Ground Acceleration dan Prediksi Luas Genangan Tsunami di Kota Bengkulu. *Majalah Geografi Indonesia*, 34(2), 166. <https://doi.org/10.22146/mgi.44168>
- Tonini, R., Di Manna, P., Lorito, S., Selva, J., Volpe, M., Romano, F., Basili, R., Brizuela, B., Castro, M. J., de la Asunción, M., Di Bucci, D., Dolce, M., Garcia, A., Gibbons, S. J., Glimsdal, S., González-Vida, J. M., Løvholt, F., Macías, J., Piatanesi, A., ... Vittori, E. (2021). Testing Tsunami Inundation Maps for Evacuation Planning in Italy. *Frontiers in Earth Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.628061>
- Wanger, T. C., Ainun, N., Brook, B. W., Friess, D. A., Oh, R. R. Y., Rusdin, A., Smithers, S., & Tjoa, A. (2020). Ecosystem-Based Tsunami Mitigation for Tropical Biodiversity Hotspots. *Trends in Ecology & Evolution*, 35(2), 96–100. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.10.008>