

**PEMETAAN RISIKO TSUNAMI BERDASARKAN SKENARIO KETINGGIAN TSUNAMI
DI KECAMATAN PASIRIAN KABUPATEN LUMAJANG PROVINSI JAWA TIMUR
TSUNAMI RISK MAPPING IS BASED ON TSUNAMI HEIGHT SCENARIO IN PASIRIAN DISTRICT,
LUMAJANG REGENCY, EAST JAVA PROVINCE**

Iqbal Fahmi Abdillah^{1*} dan Firman Farid Muhsoni²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Kelautan dan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura

²Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Kelautan dan Perikanan, Universitas Trunojoyo Madura

*Corresponden author email: iqbalabdillah0011@gmail.com

Submitted: 04 November 2020 / Revised: 30 November 2020 / Accepted: 10 December 2020

<http://doi.org/10.21107/juvenil.v1i4.8946>

ABSTRAK

Tsunami merupakan bencana yang dapat memberikan ancaman kepada masyarakat yang berada di wilayah pesisir. Tsunami mampu membuat kerusakan di daratan karena tsunami memiliki daya hancur yang besar sehingga tsunami perlu diwaspadahi kemunculannya. Bencana tsunami yang memiliki dampak merugikan maka perlu adanya penanggulangan. Mitigasi bencana tsunami adalah upaya untuk meminimalkan dampak tsunami yang akan terjadi karena proses perbaikan atau pemulihan pasca tsunami memerlukan rentang waktu yang begitu panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko tsunami yang ada di Kecamatan Pasirian. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur. Parameter yang digunakan dalam menentukan tingkat risiko tsunami yaitu penggunaan lahan, koefisien kekasaran permukaan, kelerengan dan skenario ketinggian tsunami 1m, 2m, 5m, 15m dan 30m dengan menggunakan bantuan model builder. Hasil yang didapatkan Tingkat risiko tsunami pada skenario 1m dengan risiko rendah 124.54km²; risiko sedang 0.86km² dan risiko tinggi 0.0009km². Skenario 2m dengan risiko rendah 123.06km²; risiko sedang 1.39km² dan risiko tinggi 0.95km². Skenario 5m dengan risiko rendah 119.07km²; risiko sedang 3.46km² dan risiko tinggi 2.87km². Skenario 15m dengan risiko rendah 96.82km²; risiko sedang 12.07km² dan risiko tinggi 16.51km². Skenario 30m dengan risiko rendah 71.52km²; risiko sedang 17.76km² dan risiko tinggi 36.14km².

Kata Kunci: Tsunami, Model Builder, Kecamatan Pasirian, Skenario, Risiko

ABSTRACT

Tsunami are disasters that can pose a threat to people living in coastal areas. Tsunami's are able to cause damage on land because tsunami's have a great destructive power so that tsunami's need to be taken into serious awareness. a tsunami that has a detrimental impact will need the faster resilient response especially. Tsunami disaster mitigation is an effort to minimize the impact of a tsunami that will occur due to post-tsunami recovery process may require much time. This study aims to determine the level of tsunami risk in Pasirian District. This research was conducted in Pasirian District, Lumajang Regency, East Java Province. The parameters used in determining the level of tsunami risk are lang use, surface roughness coefficient, slope and tsunami height scenarios of 1m, 2m, 5m, 15m and 30m by using the help of a model builder. Results obtained The level of tsunami risk in the 1m scenario with a low risk of 124.54km²; moderate risk 0.86km² and high risk 0.0009km². Scenario 2m with low risk 123.06km²; moderate risk 1.39km² and high risk 0.95km². scenario 5m with low risk 119.07km²; moderate risk 3.46km² and high risk 2.87km². Scenario 15m with low risk 96.82km²; moderate risk 12.07km² and high risk 16.51km². scenario 30m with low risk 71.52 km²; medium risk 17.76km² and high risk 36.14km².

Keywords: Tsunami, Model Builder, Pasirian District, Scenario, Risk

PENDAHULUAN

Indonesia menempati posisi kedua untuk negara yang paling sering terkena bencana tsunami dengan jumlah kejadian sebesar 71 atau hampir 9% dari jumlah tsunami di dunia (Naryanto, 2019). Tsunami merupakan bencana yang dapat memberikan ancaman kepada masyarakat yang berada di wilayah pesisir. Tsunami mampu membuat kerusakan di daratan karena tsunami memiliki daya hancur yang besar sehingga tsunami perlu diwaspadahi kemunculannya (Subardjo & Ario, 2015). Efek yang ditimbulkan terjadinya bencana tsunami sangat besar, yaitu dapat menimbulkan trauma bagi masyarakat, menyebabkan terganggunya proses perekonomian dan bisnis masyarakat, hancurnya sarana prasarana di wilayah pesisir, kematian dan hilangnya harta benda (Pratomo & Rudiarto, 2013).

Potensi kerawanan bencana tersebut dikarenakan Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng utama pembentuk kerak bumi, yaitu Lempeng Eurasia yang bergerak menuju ke arah tenggara dan Lempeng Indo—Australia yang bergerak di Samudera India dari arah utara (Aceh) hingga sekitar Laut Timor di timur dan Lempeng Pasifik yang bergerak di bagian timur Indonesia. Bencana tsunami kebanyakan diakibatkan karena terjadinya guncangan atau gempa bumi di dasar laut (Naryanto, 2019). Gempa bumi yang terjadi di Indonesia dapat mencapai 4000 guncangan dalam waktu setahun. Gelombang tinggi dapat terjadi karena disebabkan oleh guncangan gempa seperti tsunami, akan tetapi tidak semua dapat berakibat tsunami. Tsunami dapat terjadi apabila gempa tersebut memenuhi kriteria, yaitu keberadaan gempa yang berasal dari dasar laut; gempa yang berada di kedalaman dangkal yaitu kurang dari 100 km; kekuatan gempa mencapai lebih dari 7 skala richter; pergerakan lempeng yang vertikal (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012). Selain gempa atau guncangan bumi, tsunami juga dapat disebabkan oleh adanya tanah longsor yang terjadi di dasar laut, letusan gunung api yang berada di dasar laut, ekstrusi gas, benda-benda langit yang jatuh ke laut, ledakan nuklir, dan sumber pembangkit lainnya yang terjadi di laut (Naryanto, 2019). Akan tetapi, tsunami yang terjadi di Indonesia kebanyakan diakibatkan adanya gempa bumi dibuktikan pada tahun 1626—2002 telah terjadi tsunami sebanyak 109 kali dengan rincian 98 kali diakibatkan gempa bumi tektonik, 9 kali diakibatkan gunung berapi dan

1 kali diakibatkan longsor (Pratomo & Rudiarto, 2013). Kabupaten Lumajang memiliki garis pantai sepanjang 76 km yang dimulai dari Kecamatan Tempursari sampai Kecamatan Yosowilangun dan karakter pantai yang ada di Kabupaten Lumajang memiliki ombak besar berlapis-lapis yang tingginya mampu mencapai 3 meter. Pesisir selatan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang merupakan bagian Provinsi Jawa Timur yang memiliki risiko terdampak bencana tsunami yang cukup tinggi dikarenakan Kabupaten Lumajang berdekatan dengan pertemuan dua lempeng yaitu Eurasia dan Australia yang berjarak hanya sekitar 250 km dari pesisir pantai. Penyebab dekatnya dengan dua lempeng tersebut sehingga Kabupaten Lumajang masuk dalam kabupaten yang berisiko dengan risiko bencana gempa bumi dan tsunami terberat di Provinsi Jawa Timur (Widodo *et al.*, 2016).

Bencana tsunami yang memiliki dampak merugikan maka perlu adanya penanggulangan dini bencana tsunami di daerah pesisir selatan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang. Mitigasi bencana tsunami adalah upaya untuk meminimalkan dampak tsunami yang akan terjadi karena proses perbaikan atau pemulihan pasca tsunami memerlukan rentang waktu yang begitu panjang. Salah satu cara untuk mendukung tindakan mitigasi bencana tsunami adalah mengetahui daerah yang memiliki risiko terhadap tsunami sebagai upaya mengurangi korban jiwa dan kerusakan yang terjadi (Subardjo & Ario, 2015). Oleh sebab itu, mitigasi bencana sangat perlu dilakukan di pesisir selatan Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang agar dampak yang timbulkan bencana tsunami dapat diminimalisir dan pemetaan tingkat risiko tsunam yang dilakukan sebagai masukan data dalam upaya mitigasi bencana tsunami. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan wilayah yang memiliki tingkat risiko tsunami yang tinggi hingga yang rendah. Sehingga, diharapkan masyarakat mengetahui wilayah yang tidak boleh digunakan untuk pemukiman yang bersifat menetap.

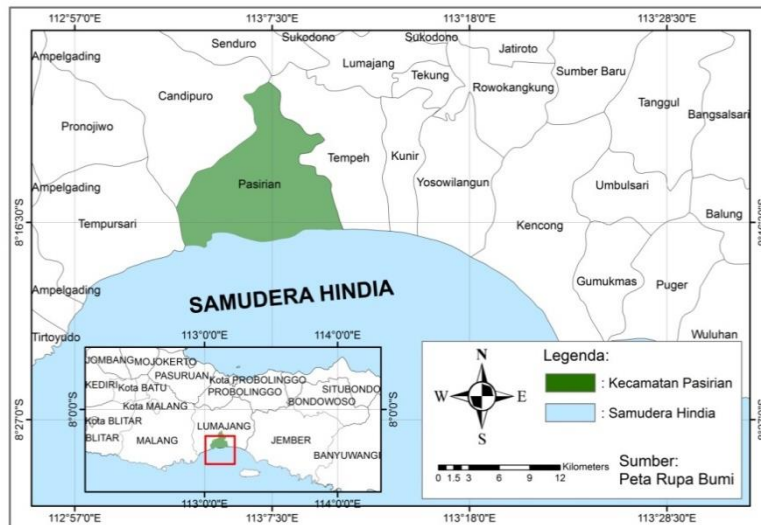
MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kecamatan Pasirian Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur. Luas Kecamatan Pasirian seluas 183,91 km² dengan jumlah penduduknya berjumlah sekitar 89.185 jiwa. Jumlah desa yang ada di Kecamatan Pasirian berjumlah 10 desa yaitu; Desa Gondoruso, Desa Kalibendo,

Desa Bades, Desa Bago, Desa Selok Awar-Awar, Desa Condro, Desa Pasirian, Desa Madurejo, Desa Sememu dan Desa Nguter.

Penelitian ini berlangsung 7 bulan mulai dari Oktober 2019 hingga April 2020.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Alur Penelitian

Penelitian terdapat 3 tahap yaitu yang terdiri dari (1). tahap pengolahan citra digital; (2) tahap penyusunan peta tematik; dan (3) tahap pemodelan. Data yang diolah dibedakan menjadi 2 kategori yaitu data citra satelit dan data peta tematik.

Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini ada beberapa tahap yaitu dimulai dari proses pemotongan citra yang disesuaikan dengan lokasi penelitian yang diamati lalu ekstraksi data spasial dari citra satelit, peta rupa bumi, DEM dan data pendukung lainnya. Citra yang telah terpotong sesuai dengan area penelitian akan dilakukan penumpukan agar bisa dilakukan analisis multispektral. memilih kombinasi band yang terbaik yaitu 754 untuk klasifikasi tutupan lahan pada landsat 8 (Sampurno & Thoriq, 2016).

Interpretasi Tutupan Lahan Citra Landsat 8

Citra landsat 8 diklasifikasikan dengan menggunakan klasifikasi terbimbing. Klasifikasi terbimbing merupakan proses pengelompokan piksel pada suatu citra menjadi beberapa bagian tertentu berdasarkan pada statistik sampel piksel atau biasa disebut ROI (*Region Of Interest*) yang telah ditentukan oleh peneliti untuk acuan pembuatan klasifikasi, yang mana acuan tersebut digunakan komputer untuk mengklasifikasikan citra (Richards, 2006). Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi dengan pendekatan klasifikasi terbimbing

dengan algoritma *maximum likelihood* yang mana sistem kerjanya adalah mengklasifikasikan dengan dasar nilai statistik probabilitas pada setiap sampel kelas objek terhadap kelas objek lain, sehingga dengan menggunakan klasifikasi *maximum likelihood* ini dapat meminimalisir piksel yang tidak terklasifikasi melalui pengaturan nilai batas (Hafizt *et al.*, 2017). Hasil citra yang telah diklasifikasikan dan telah diuji tingkat akurasi akan menghasilkan klasifikasi tutupan lahan. Klasifikasi tutupan lahan nantinya akan digunakan untuk menyusun peta kekasaran permukaan dan peta penggunaan lahan (Damanik, 2008).

Pembuatan Peta Penggunaan Lahan, Koefisien Kekasaran Permukaan dan Kelerengan

Peta penggunaan lahan diperoleh melalui pendekatan dari klasifikasi penutupan lahan yang diolah melalui ArcGIS dengan menambah kolom pada *attribute table* klasifikasi tutupan lahan. Kelas penggunaan lahan disesuaikan dengan resolusi citra landsat 8, skala peta yang dihasilkan dan kebutuhan pemodelan. Jenis penggunaan lahan yang diperlukan dalam pemodelan daerah genangan tsunami adalah Permukiman, Ladang, Pohon (Ladang), Sawah, Tambak, Perkebunan, Hutan dan Pantai. Peta penggunaan lahan yang dihasilkan dengan skala 1:50.000. Peta penggunaan lahan akan diberi bobot yang disesuaikan dengan pengaruh ekonomi yang dimiliki penggunaan lahan tersebut. Pembuatan peta kekasaran permukaan dengan cara peta klasifikasi tutupan lahan

yang telah diinterpretasi akan dikonversi sesuai koefisien kekasaran permukaan. Pembuatan peta kekasaran permukaan dimaksudkan agar rambatan tsunami dari garis pantai menuju ke daratan menjadi lebih mendekati dengan kenyataan yang ada di

lapangan (Humam, 2015). Kelerengan dibuat agar membantu dalam pengolahan data pemodelan ketinggian dan genangan tsunami. Kelerengan diolah menggunakan *tool slope*. Data slope diambil dari Website DEMNAS.

Tabel 1. Pembobotan Kelas Penggunaan Lahan

| No | Penggunaan Lahan | Skor |
|----|------------------|------|
| 1 | Permukiman | 4 |
| 2 | Ladang | 3 |
| 3 | Pohon (Ladang) | 3 |
| 4 | Sawah | 3 |
| 5 | Tambak | 3 |
| 6 | Perkebunan | 3 |
| 7 | Hutan | 2 |
| 8 | Sungai | 1 |
| 9 | Gosong Pantai | 1 |
| 10 | Lahan Kosong | 1 |

Tabel 2. Koefisien Kekasaran Permukaan

| No | Jenis Peggunaan Lahan | Koefisien Kekasaran Permukaan |
|----|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Permukiman | 0.080 |
| 2 | Hutan | 0.070 |
| 3 | Perkebunan Campuran | 0.035 |
| 4 | Ladang | 0.030 |
| 5 | VegetasiKerapatan Rendah (P(L)) | 0.030 |
| 6 | Sawah | 0.020 |
| 7 | Gosong Pantai | 0.015 |
| 8 | Lahan Terbuka (LK) | 0.015 |
| 9 | Tambak | 0.010 |
| 10 | Sungai | 0.007 |

Pemodelan Ketinggian dan Genangan tsunami

Parameter yang dibutuhkan untuk menyusun model genangan dan ketinggian tsunami adalah peta kelerengan, peta koefisien kekasaran, garis pantai dan skenario ketinggian tsunami di garis pantai (Damanik, 2008). Data yang dijadikan parameter untuk menyusun model genangan dan ketinggian tsunami menggunakan piksel 30 meter disebabkan menyesuaikan citra dasar yaitu landsat 8. Garis pantai yang digunakan adalah garis pantai Kecamatan Pasirian yang didapat dari peta RBI yaitu dengan skala 1:25.000. Pemilihan skenario ketinggian tsunami menggunakan 1, 2, 5, 15 dan 30 meter.

Parameter koefisien kekasaran permukaan dan kelerengan berpengaruh terhadap perhitungan pengurangan ketinggian genangan. Parameter yang telah dibuat akan dimodelkan dengan persamaan dengan membuat *model builder* yang tersedia pada ArcGIS 10.4. Model yang telah dibuat akan menghasilkan nilai yang mana berasal dari gambaran pengurangan ketinggian tsunami yang diawali dari garis pantai pada setiap piksel kekasaran permukaan dan lereng

(Damanik, 2008). Rumus yang digunakan untuk memodelkan ketinggian dan genangan tsunami adalah:

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

Peta yang dihasilkan dari pemodelan Hloss akan dimodelkan menggunakan fungsi *cost distance* agar mengetahui luas jangkuan genagan yang masuk menuju ke daratan (Damanik, 2008). *Cost distance* dalam penelitian ini memiliki tujuan yaitu agar mengetahui batas maksimum yang dicapai oleh rambatan genangan tsunami pada skenario yang telah ditentukan (Humam, 2015). Ketinggian genangan yang telah didapat akan dikelaskan dan diberi skor berdasarkan skala kerusakan yang disebabkan oleh ketinggian tsunami dan genangan yang terjadi mengacu pada klasifikasi Imamura dan Iida. Skenario ketinggian tsunami yaitu 1m, 2m, 5m, 15m dan 30m diklasifikasikan tingkat bahayanya apabila setelah diberi skor pada setiap skenario ketinggian tsunami. Klasifikasi tersebut dibagi dalam 5 kelas yaitu bahaya sangat rendah, bahaya rendah, bahaya sedang, bahaya tinggi dan bahaya sangat tinggi.

Tabel 3. Klasifikasi tsunami Skala Immamura-lida dan Tingkat Kerusakannya

| No | Tinggi Tsunami | Skala Kerusakan | Skor |
|----|----------------|----------------------------------------------------|------|
| 1 | <1 m | Tidak ada kerusakan | 1 |
| 2 | 1—2 m | Sangat sedikit kerusakan | 2 |
| 3 | 2—3 m | Kerusakan di kawasan pantai dan kapal | 3 |
| 4 | 3—6 m | Kerusakan dan korban jiwa di suatu daerah tertentu | 4 |
| 5 | >6 m | Kerusakan sepanjang pantai lebih dari 400 km | 5 |

Tabel 4. Klasifikasi Bahaya Tsunami

| No | Ketinggian Tsunami | Kelas Bahaya Tsunami |
|----|--------------------|----------------------|
| 1 | <2m | Bahaya Sangat Rendah |
| 2 | 2—5m | Bahaya Rendah |
| 3 | 5—15m | Bahaya Sedang |
| 4 | 15—30m | Bahaya Tinggi |
| 5 | >30m | Bahaya Sangat Tinggi |

Penentuan Kelas Risiko Tsunami

Pembuatan peta risiko tsunami dalam penelitian ini lebih menekankan pada penggunaan lahan yang ada di Kecamatan Pasirian sebagai peta kerentanan (V) dan peta daerah genangan apabila terjadi tsunami di Kecamatan pasirian (H). Penggunaan lahan yang ada di Kecamatan Pasirian dan genagan tsunami telah diberi skor sesuai dengan tingkat pengaruh yang diberikan terhadap risiko tsunami agar mempermudah saat proses perkalian atau overlay.

Penentuan tingkat risiko tsunami dilakukan dengan melaksanakan metode tumpang susun (*overlay method*) dan pemodelan data. Metode tumpang susun (*overlay method*) dilakukan dengan menggabungkan data grafis parameter-parameter yang mempengaruhi tsunami untuk menghasilkan daerah rawan tsunami. Pemodelan risiko tsunami akan diolah menggunakan ArcGIS dengan bantuan *tools raster calculator*. Pemodelan data dilakukan dengan tujuan sebagai perencanaan prosedur dan analisis. Penentuan tingkat risiko tsunami menggunakan persamaan Model Cruch:

$$R = H \times V$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Penggunaan Lahan dan uji ketelitian dari Citra Landsat 8

Interpretasi penggunaan lahan dilakukan melalui citra landsat 8 tahun perekaman 2019. Citra landsat yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra landsat 8 yang telah terkoreksi secara geometrik sistematis dan citra landsat 8 perlu dikoreksi radiometrik yang bertujuan untuk merubah data dari format DN menuju radian atau reflektan (Sari *et al.*, 2015).

Interpretasi citra landsat 8 mempergunakan kombinasi band yang terbaik yaitu 754 yang digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan,

tutupan lahan yang teridentifikasi secara visual di Kecamatan Pasirian terdapat 10 kelas tutupan lahan. Kelas tutupan yang diketahui adalah permukiman, ladang, pohon (ladang), sawah, tambak, perkebunan campuran, hutan rapat, lahan kosong, pantai dan sungai. Interpretasi penggunaan lahan menggunakan pendekatan klasifikasi terbimbing yaitu klasifikasi maksimum likelihood. Uji akurasi merupakan hal penting dalam menilai kualitas hasil klasifikasi pada citra landsat 8. Hasil ketelitian yang didapatkan adalah sebesar 97.22 % sehingga klasifikasi penggunaan lahan yang dibuat bisa digunakan untuk klasifikasi penggunaan lahan.

Peta Penggunaan Lahan, Koefisien Kekasaran Permukaan dan Kemiringan Lereng

Penggunaan lahan atau tutupan lahan yang dominan di Kecamatan Pasirian adalah pohon (ladang) sebesar 3863 Ha atau sebesar 30.87% dan yang dominan kedua adalah sawah yaitu sebesar 2764 Ha atau 22.09 persen. Hal ini disebabkan karena banyaknya penduduk yang berdomisili di Kecamatan Pasirian mata pencahariannya adalah di bidang pertanian. Survey yang dilakukan oleh (BPS, 2018) bahwa penduduk Kecamatan Pasirian mayoritas petani dengan jumlah 8966 orang dan yang menjadi buruh tani dengan jumlah 7297 orang. Diketahui bahwa luasan yang paling rendah adalah tambak yaitu 81 Ha atau sebesar 0.64%. Sungai yang ada di Kecamatan Pasirian terdapat dua jalur sungai yaitu yang pertama sungai yang melewati Desa Bago, Bades dan gondoruso serta yang kedua berada di wilayah Desa Selok Awar-Awar sehingga kedua sungai ini apabila terjadi tsunami maka tsunami dapat menjangar masuk melalui sungai-sungai tersebut sehingga mampu menimbulkan kerusakan yang lebih parah lagi. Permukiman yang padat hampir ada di setiap Desa di Kecamatan Pasirian

sehingga perlu diwaspadai ketika terjadi datangnya tsunami agar korban jiwa bisa diminimalisir dan sebaiknya permukiman yang dekat dengan pantai tidak dijadikan rumah yang bersifat menetap untuk mengantisipasi ketika datangnya tsunami secara tiba-tiba. Nilai koefisien kekasaran permukaan yang semakin kecil atau rendah pada penggunaan lahan maka semakin kecil atau rendah pula daya atau keefektifan penggunaan lahan tersebut mampu menahan genangan tsunami (Humam, 2015). Penelitian ini diketahui bahwa nilai koefisien kekasaran permukaan yang paling tinggi di miliki oleh jenis penggunaan lahan permukiman yaitu sebesar 0.080 dan nilai koefisien kekasaran yang paling rendah adalah sungai yaitu sebesar 0.007. Dapat diketahui bahwa permukiman memiliki daya menahan terhadap datangnya tsunami yang lebih besar dan sungai lebih mudah meloloskan genangan tsunami untuk

mencapai datratan yang lebih jauh. Hasil analisis dari kemiringan lereng yang diklasifikasikan sesuai dengan data kelerengan dari website BIG bahwa kemiringan lereng di Kecamatan Pasirian berkisar antara 0—56.7594 derajat. Kemiringan lereng yang mendominasi di wilayah penelitian berkisar antara 0—3.116199808 derajat. Desa Gondoruso dan Desa Bades memiliki lereng hingga 56.7594 derajat atau bisa disebut juga bahwa Desa Gondoruso dan Desa Bades memiliki dataran tinggi sehingga di dataran tinggi tersebut dapat dijadikan sebagai titik aman saat terjadi tsunami. Sedangkan desa-desa yang lain seperti Desa Bago, Desa Selok Awar-Awar, Desa Kalibendo, Desa Condro, Desa Pasirian, Desa Madurejo, Desa Sememu dan Desa nguter rata-rata memiliki kelerengan yang berkisar antara 0—3.116199808.

Tabel 5. Luasan Penggunaan Lahan dan Koefisien Kekasaran

| No | Penggunaan Lahan | Luas (Ha) | Koefisien Kekasaran Permukaan | Persentase (%) |
|-------|------------------|-----------|-------------------------------|----------------|
| 1 | Permukiman | 560 | 0.080 | 4.47 |
| 2 | Sawah | 2764 | 0.020 | 22.09 |
| 3 | Ladang | 899 | 0.030 | 7.18 |
| 4 | Pohon (Ladang) | 3863 | 0.030 | 30.87 |
| 5 | Perkebunan | 886 | 0.035 | 7.08 |
| 6 | Tambak | 81 | 0.010 | 0.64 |
| 7 | Hutan | 2413 | 0.070 | 19.28 |
| 8 | Pantai | 230 | 0.015 | 1.83 |
| 9 | Sungai | 307 | 0.007 | 2.45 |
| 10 | Lahan Kosong | 508 | 0.015 | 4.06 |
| Total | | 12511 | | 100 |

Pemodelan Genangan Tsunami Dengan Model Builder

Pemodelan genangan tsunami mengacu pada model yang dikembangkan oleh Mcsaveney dan Rattenbury menggunakan variable skenario elevasi run up tsunami di garis pantai, koefisien kekasaran dan lereng. Penurunan elevasi air di setiap lokasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Fauzi et al., 2014). Pengklasifikasian bahaya tsunami pada penelitian ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Humam, 2015):

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

Data yang digunakan untuk mengolah pemodelan genangan tsunami yaitu koefisien kekasaran permukaan, kelerengan dan skenario ketinggian tsunami yang telah ditentukan. Skenario ketinggian gelombang

tsunami 1m memiliki luas yang terkena dampak dari ketinggian gelombang tsunami seluas 2.40 km² dengan persentase 1.30% dari total luasan yang ada pada Kecamatan Pasirian. Bahaya yang diperoleh dari skenario 1m ketinggian gelombang tsunami adalah klasifikasi bahaya sangat rendah. Skenario gelombang tsunami dengan ketinggian 2m memiliki luas 5.10 km² dan persentasenya 2.77% dari total luasan yang ada pada penelitian. Luasan pada skenario 2m ini telah menutupi daerah pantai, tambak dan sebagian telah memasuki daerah persawahan serta ladang. Skenario ketinggian 2m ini masuk dalam kategori bahaya sangat rendah. Skenario ketinggian tsunami 1m dan 2m wilayah desa tang terdampak adalah desa yang berbatasan langsung dengan laut seperti desa Gondoruso, Bades, Bago dan Selok Awar-Awar. Skenario ketinggian tsunami 1m dan Skenario 2m bahaya yang ditimbulkan sama, sehingga pada kedua skenario tersebut dampak yang ditimbulkan saat terjadi tsunami belum parah.

Tabel 6. Luas Genangan tsunami

| Skenario Ketinggian tsunami (m) | Luas Wilayah Bahaya Tsunami (km ²) | | | | | Total luasan genangan (km ²) | % |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|-------|
| | <2m (Bahaya Sangat rendah) | 2-5m (Bahaya rendah) | 5-15m (Bahaya Sedang) | 15-30m (bahaya Tinggi) | >30m (Bahaya Sangat Tinggi) | | |
| 1m | 2.40 | - | - | - | - | 2.40 | 1.30 |
| 2m | 5.10 | - | - | - | - | 5.10 | 2.77 |
| 5m | 4.56 | 2.16 | 5.85 | - | - | 12.57 | 6.83 |
| 15m | 4.12 | 2.22 | 7.42 | 25.18 | - | 38.94 | 21.1 |
| | | | | | | | 7 |
| 30m | 2.69 | 1.33 | 3.99 | 56.05 | - | 64.06 | 34.83 |
| Total luas wilayah Kecamatan Pasirian (km ²) | | | | | | 183.91 | |

Total luasan keseluruhan genangan yang terjadi pada skenario 5m adalah sebesar 12.57 km² atau sebesar 6.83 % dari total keseluruhan wilayah yang ada pada penelitian. Pada ketinggian ini persawahan dan ladang yang terletak di Desa Bago dan Desa Selok Awar-Awar yang berada disekitar pantai telah tergenang dengan limpasan tsunami. begitu pula tambak yang berada di Desa Bades dan Desa Selok Awar-Awar telah tertutupi dengan genangan tsunami serta pantai yang terletak di 4 desa yang berbatasan langsung dengan laut juga telah tertutup dengan genangan tsunami. Akan tetapi dataran tinggi yang dekat dengan pantai yang berada di Desa Gondoruso masih belum tergenang dengan limpasan tsunami. sehingga wilayah tersebut mampu dijadikan titik aman bagi masyarakat yang berada di sekitar dataran tinggi tersebut. Ketinggian gelombang pada skenario 5m teridentifikasi 3 kelas yaitu bahaya sangat rendah, bahaya rendah dan bahaya sedang.

Luasan total yang terjadi pada skenario 15 m adalah 38.94 km² dan Persentase luasan total genangan tsunami yang terjadi pada skenario 15 m adalah 21.17% dari total luasan wilayah penelitian. Limpasan tsunami yang terjadi pada skenario 15m menggenangi Desa Gondoruso, Desa Bades, Desa Bago dan Desa Selok Awar-Awar. Genagan tsunami juga menggenangi beberapa penggunaan lahan seperti perkebunan, ladang, persawahan, tambak, pantai, lahan kosong dan pada skenario 15m ini genangan telah memasuki permukiman masyarakat yang berada di Desa Gondoruso, Bades, Bago dan Selok Awar-Awar. Diketahui bahwa di Desa Gondoruso dan Bades memiliki dataran tinggi sehingga mampu menahan limpasan tsunami untuk merengsek lebih jauh lagi menuju

daratan dan dataran tinggi tersebut mampu dijadikan sebagai tempat titik aman bagi masyarakat di daerah sekitar. Berbeda dengan di Desa Bago dan Selok Awar-Awar yang mana di kedua desa tidak memiliki dataran tinggi sehingga limpasan tsunami mampu lebih jauh merengsek menuju daratan, sehingga diharapkan bagi desa-desa tersebut masyarakatnya untuk bergerak ke arah utara menjauhi pantai agar bisa terhindar dari limpasan tsunami. Ketinggian gelombang pada skenario 15 teridentifikasi terdapat 4 kelas yaitu kelas bahaya sangat rendah, bahaya rendah, bahaya sedang dan bahaya tinggi.

Luasan total yang terjadi pada skenario 30 m adalah 64.06 km² dan Persentase luasan total genangan tsunami yang terjadi pada skenario 30 m adalah 43.83% dari total luasan pada lokasi penelitian. Limpasan tsunami yang terjadi pada skenario 30 m menggenangi Desa Gondoruso, Desa Bades, Desa Bago dan Desa Selok Awar-Awar dan Desa Condro. Desa yang terparah tergenang tsunami adalah Desa Selok Awar-Awar yang seluruh desanya telah tertutupi dengan genangan tsunami dan juga Desa Bago yang Hampir seluruh wilayah desanya tergenang limpasan tsunami. Diketahui bahwa kedua desa ini kelerengannya relatif datar sehingga kedua desa ini mengalami genangan tsunami yang parah, sehingga diharapkan masyarakatnya untuk memiliki bangunan tinggi dan kuat atau bergerak menuju utara untuk menjauhi pantai. Akan tetapi Desa Gondoruso dan Desa Bago terbantu dengan adanya dataran tinggi yang berada di desa tersebut sehingga tsunami tertahan oleh dataran tinggi tersebut dan tsunami tidak dapat menjaral lebih jauh lagi menuju daratan, sehingga wilayah yang tidak terhempas oleh limpasan tsunami yang

berada di dataran tinggi dapat dijadikan titik aman akan tetapi hanya sementara karena ditakutkannya akan terjadi limpasan tsunami yang lebih besar lagi.

Pemodelan Kerentanan Tsunami

Kerentanan merupakan suatu rangkaian yang memberikan penentuan apakah bahaya yang timbul mampu menyebabkan suatu bencana atau tidak. Rangkaian kondisi yang dimaksud pada umumnya dapat berupa kondisi fisik, sosial dan sikap yang mempengaruhi kemampuan masyarakat dalam melakukan pencegahan, mitigasi, persiapan dan tindak tanggap terhadap bahaya yang terjadi. Parameter yang diperlukan dalam kerentanan tsunami adalah kerentanan ekonomi, sosial,

fisik dan lingkungan. Pada penelitian ini, penyusun memakai kerentanan ekonomi yaitu penggunaan lahan yang ada di Kecamatan Pasirian.

Penggunaan lahan yang telah teridentifikasi diberikan bobot yang disesuaikan dengan pengaruh yang diberikan terhadap ekonomi. Kelas penggunaan lahan yang memiliki tingkat ekonomi yang besar akan diberikan bobot atau skor yang tinggi pula. Begitu sebaliknya apabila tingkat ekonominya kecil maka akan diberikan bobot atau skor yang kecil pula. Pemberian skor mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Damanik, 2008) telah dimodifikasi sesuai yang ada di lokasi penelitian

Tabel 7. Pembobotan Kelas Penggunaan lahan

| No | Penggunaan Lahan | Skor |
|----|------------------|------|
| 1 | Permukiman | 4 |
| 2 | Ladang | 3 |
| 3 | Pohon (Ladang) | 3 |
| 4 | Sawah | 3 |
| 5 | Tambak | 3 |
| 6 | Perkebunan | 3 |
| 7 | Hutan | 2 |
| 8 | Sungai | 1 |
| 9 | Gosong Pantai | 1 |
| 10 | Lahan Kosong | 1 |

Pemodelan Risiko Tsunami

Analisis dalam pembuatan peta risiko tsunami yang terjadi di Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang Provinsi Jawa Timur. Hasil yang akan didapat adalah peta genangan (H/bahaya) yang telah dibuat skenarionya yaitu 1m, 2m, 5m, 15m dan 30m. Peta genangan yang telah didapat akan dikalikan dengan peta penggunaan lahan (V/kerentanan) sehingga hasil akhirnya akan

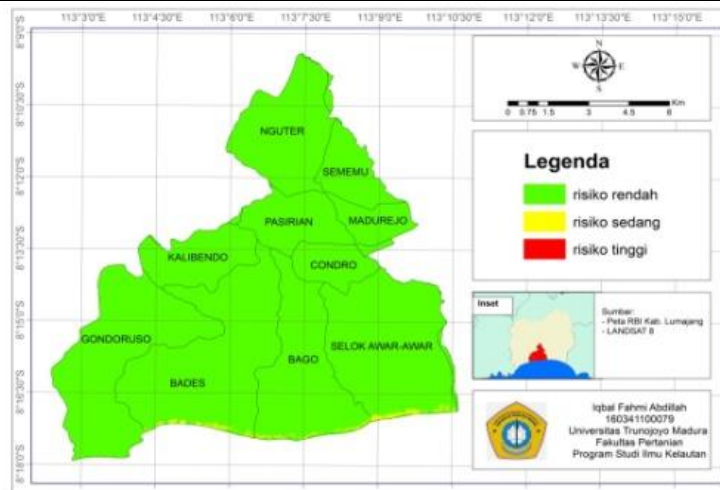
didapatkan peta risiko tsunami yang terdiri dari peta bahaya / peta genangan tsunami dan peta kerentanan / peta penggunaan lahan. Penentuan daerah berisiko tsunami mempertimbangkan genangan tsunami per skenario ketinggian gelombang dan penggunaan lahan yang ada di Kecamatan Pasirian. Analisis risiko pada penelitian ini dibagi tiga kelas yaitu risiko rendah, risiko sedang, risiko tinggi.

Tabel 7. Luasan Risiko Pada Setiap Skenario Ketinggian

| No | Skenario Ketinggian Tsunami (m) | Risiko (km ²) | | |
|----|---------------------------------|---------------------------|--------|--------|
| | | Rendah | Sedang | Tinggi |
| 1 | 1 | 124.54 | 0.86 | 0.0009 |
| 2 | 2 | 123.06 | 1.39 | 0.95 |
| 3 | 5 | 119.07 | 3.46 | 2.87 |
| 4 | 15 | 96.82 | 12.07 | 16.51 |
| 5 | 30 | 71.52 | 17.76 | 36.14 |

Analisis risiko tsunami pada ketinggian tsunami skenario 1m (**Gambar 2**) didapati bahwa terdapat tiga kelas risiko yaitu risiko rendah dengan interval 0—1, risiko sedang 2—3, risiko tinggi>4. Luas masing-masing risiko berbeda-beda yaitu pada risiko rendah seluas 124,54 km², risiko sedang yang memiliki luas sebesar 0.86 km² dan risiko tinggi dengan luas sebesar 0.0009 km². Pada

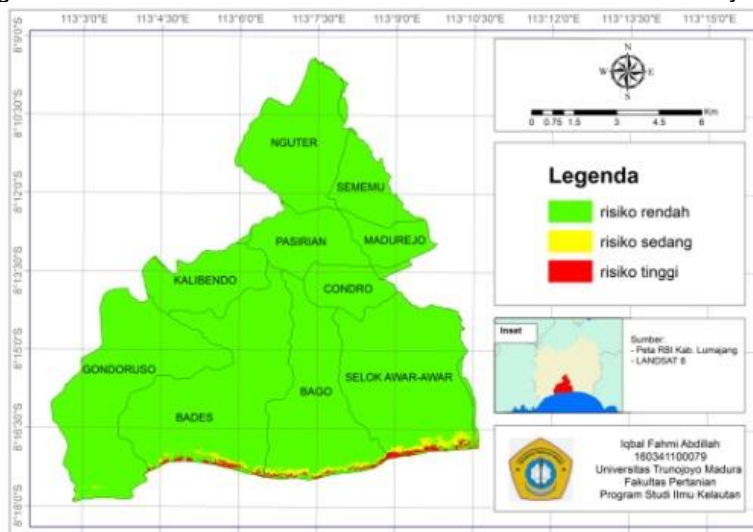
skenario ketinggian tsunami 1m diketahui bahwa wilayah yang terdampak masih pada sekitar pantai di empat desa yaitu Desa Gendoruso, Bades, Bago dan Selok Awar-Awar. Risiko tinggi pada skenario ketinggian 1m belum terlihat memberikan kontribusi yang dapat menimbulkan bahaya dan masih jauh dari permukiman terdekat dari pantai.



Gambar 2. Risiko Tsunami Skenario 1

Analisis risiko tsunami pada skenario ketinggian tsunami 2m (**Gambar 3**) diketahui bahwa terdapat tiga kelas risiko tsunami yaitu risiko rendah dengan interval 0—2, risiko sedang dengan interval 3—5 dan risiko tinggi dengan interval >6. Risiko tsunami pada skenario 2m memiliki luasan yang berbeda-beda yaitu risiko rendah sebesar 123.06 km², risiko sedang dengan luas 1.39 km² dan risiko

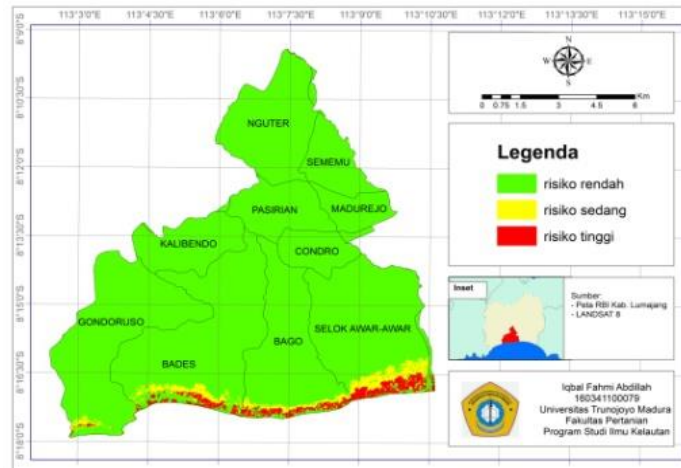
tinggi memiliki luas sebesar 0.95 km². Pada skenario ini sudah mulai terlihat risiko tinggi genangannya mulai memasuki daerah pantai dan pertanian di Desa Bades, Bago dan Selok Awar-Awar. Desa Gondoruso masih dalam tahap risiko rendah dan sedang dikarenakan mayoritas di Desa Gondoruso adalah dataran tinggi sehingga limpasan tsunami tidak banyak dalam memberikan bahaya.



Gambar 3. Risiko Tsunami Skenario 2

Skenario ketinggian tsunami 5m (**Gambar 4**) dibagi dalam tiga kelas yaitu kelas risiko rendah dengan interval 0—5, kelas risiko sedang dengan interval 6—11 dan kelas risiko tinggi dengan interval >12. Luasan yang terbentuk pada tiap-tiap kelas yaitu kelas risiko rendah seluas 119.07 km², kelas risiko sedang seluas 3.46 km² dan kelas risiko tinggi seluas 2.87 km². Skenario ketinggian 5m sudah mampu memberikan risiko tinggi di sepanjang

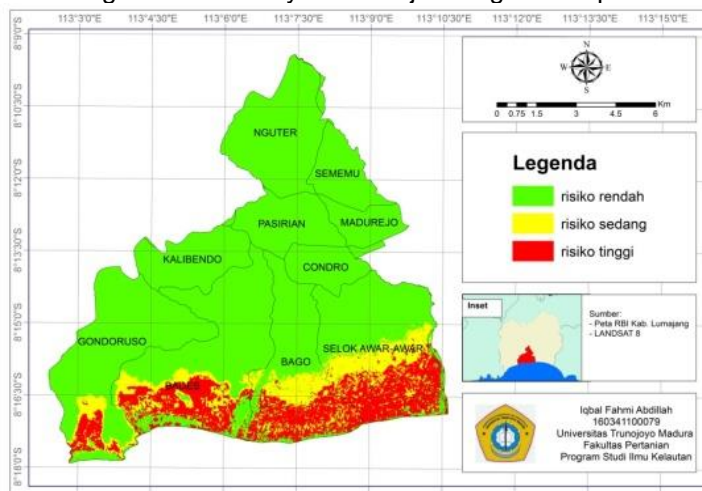
pantai yang terletak di Desa Bago, Bades dan Selok Awar-Awar sehingga pantai ketika terjadi tsunami dengan ketinggian 5m diharapkan masyarakat agar menjauhi bergerak menuju utara atau mencari dataran yang lebih tinggi. Akan tetapi, Desa Gondoruso wilayah pantainya masih memiliki risiko rendah yang mana disebabkan di daerah pantai Gendoruso terdapat dataran tinggi yang mampu menahan tsunami.



Gambar 4. Risiko Tsunami Skenario 5m

Analisis risiko tsunami pada skenario ketinggian tsunami 15m (**Gambar 5**) diketahui bahwa terdapat tiga kelas risiko tsunami yaitu risiko rendah dengan interval 0—6, risiko sedang dengan interval 7—13 dan risiko tinggi dengan interval >14. Risiko tsunami pada skenario 15m memiliki luasan yang berbeda-beda yaitu risiko rendah sebesar 96.82 km², risiko sedang dengan luas 12.07 km² dan risiko tinggi memiliki luas sebesar 16.51 km². Ketinggian tsunami pada skenario 15m terlihat bahwa pada Desa Gondoruso, Bades, Bago dan Selok Awar-Awar terdapat daerah yang mengalami risiko tinggi, risiko sedang dan risiko rendah. Penggunaan lahan yang terkena risiko tinggi adalah permukiman yang mana di penggunaan lahan tersebut banyak terjadi aktivitas sosial dan ekonomi yang terjadi di masyarakat, penggunaan lahan berikutnya yang mengalami risiko tinggi adalah pertanian, perkebunan dan ladang yang ada pada keempat desa yang berbatasan langsung dengan samudera hindia. Penggunaan lahan dekat pantai yang seharusnya masuk pada risiko tinggi akan tetapi karena skor dan tingkat ekonominya

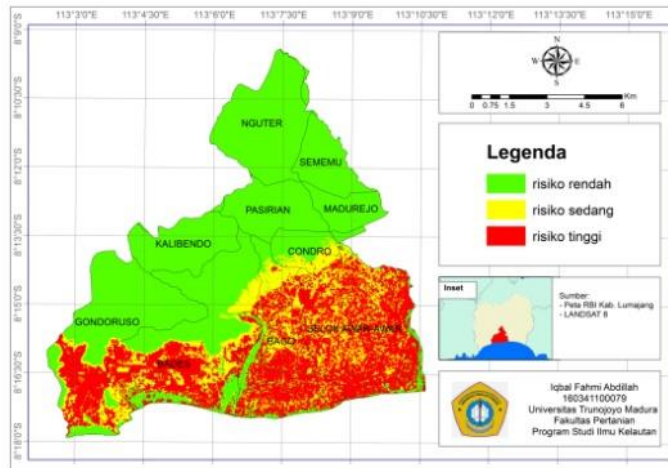
rendah maka di penggunaan lahan tersebut masih tergolong di risiko rendah karena tidak banyak aktifitas manusia yang terjadi seperti di lahan kosong, pantai, dan sungai. Desa yang mengalami risiko tinggi paling luas adalah Desa Bago dan Desa Selok Awar-Awar dan Bades dapat dilihat secara visual bahwa di kedua desa tersebut banyak lahan pertanian, perkebunan dan ladang serta tambak. Akan tetapi berbeda dengan Desa Gondoruso yang mana di desa tersebut berada pada dataran tinggi sehingga mampu menahan masuknya tsunami. tahap risiko sedang juga sama terdapat di penggunaan lahan permukiman, pertanian, perkebunan dan ladang. Wilayah antara Desa Bades dan Desa Bago memiliki wilayah yang risiko rendah, yang mana diketahui bahwa wilayah tersebut adalah sungai dan lahan kosong dan penggunaan lahan tersebut memiliki tingkat ekonomi yang rendah bahkan tidak banyak aktivitas manusia yang bersifat menetap seperti permukiman di wilayah tersebut, akan tetapi keberadaan sungai perlu diwaspadai disebabkan sungai dapat menjadi sarana bagi tsunami untuk lebih jauh lagi mencapai daratan.



Gambar 5. Risiko Tsunami Skenario 15m

Analisis risiko tsunami pada ketinggian tsunami skenario 30m (**Gambar 6**) adalah skenario yang paling parah jika dibandingkan dengan skenario 1m, 2m, 5m dan 15m dikarenakan luasan risiko tinggi yang paling luas. Luasan risiko rendah (interval 0—6) sebesar 71.52 km², risiko sedang (interval 7—13) sebesar 17.76 km² dan risiko tinggi (interval >14) sebesar 36.14 km². Pada skenario ketinggian tsunami 30m Desa yang terkena dampak berisiko sedang dan tinggi bertambah satu yaitu Desa Condro. Desa yang mengalami kerusakan terparah yaitu Desa

Selok Awar-Awar dan Bago karena hampir seluruh desa berisiko sedang hingga tinggi dikarenakan pada kedua tersebut tidak ada penghalang yang mampu menghalangi tsunami masuk menuju daratan yang lebih jauh seperti pegunungan atau bukit yang berada di Desa Gondoruso dan Bades yang mana kedua Desa tersebut terdapat pegunungan atau bukit yang mampu menahan tsunami akan tetapi, kedua desa tersebut sebagian wilayahnya terdapat daerah yang berisiko sedang hingga tinggi.



Gambar 6. Risiko Tsunami Skenario 30m

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan lahan/tutupan lahan yang memberikan dampak risiko tinggi saat terjadi tsunami adalah permukiman dan lahan pertanian karena nilai ekonomisnya yang paling tinggi setelah itu lahan pertanian, pertambakan, pantai hingga lahan kosong yang memiliki nilai ekonomis yang rendah. Skenario ketinggian tsunami yang memberikan dampak bahaya tinggi adalah skenario ketinggian tsunami 15m dan 30m. Luasan genangan yang didapatkan pada skenario 1m sebesar 2.40km², skenario 2m sebesar 5.10km², skenario 5m sebesar 12.57km², skenario 15m sebesar 38.94km² dan skenario 30m sebesar 64.06km². Tingkat risiko tsunami yang ada di Kecamatan Pasirian dibagi dalam 3 kelas yaitu kelas risiko rendah, risiko sedang dan risiko tinggi. Tingkat risiko yang perlu diwaspadahi adalah ketika terjadi tsunami dengan ketinggian tsunami 15m dan 30m karena memiliki luas risiko tinggi lebih luas dan telah mencapai permukiman. Tingkat risiko tsunami pada skenario 1m dengan risiko rendah 124.54km²; risiko sedang 0.86km² dan risiko tinggi 0.0009km². Skenario 2m dengan risiko rendah 123.06km²; risiko sedang 1.39km² dan risiko tinggi 0.95km². Skenario 5m dengan risiko

rendah 119.07km²; risiko sedang 3.46km² dan risiko tinggi 2.87km². Skenario 15m dengan risiko rendah 96.82km²; risiko sedang 12.07km² dan risiko tinggi 16.51km². Skenario 30m dengan risiko rendah 71.52km²; risiko sedang 17.76km² dan risiko tinggi 36.14km².

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2012). *Pedoman Pelayanan Peringatan Dini Tsunami*. 1–135.
- BPS. (2018). *Kecamatan Pasirian dalam Angka*.
- Damanik, M. R. S. (2008). *Pemodelan Tingkat Risiko Tsunami Kota Denpasar Menggunakan Citra ASTER dan Sistem Informasi Geografis*. Universitas Gadjah Mada.
- Fauzi, Y., Suwarsono, S., & Mayasari, Z. M. (2014). The Run up Tsunami Modeling in Bengkulu using the Spatial Interpolation of Kriging Technique. *Forum Geografi*, 28(2), 103–112. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v28i2.427>
- Hafizt, M., Iswari, M. Y., & Prayudha, B. (2017). *Kajian Metode Klasifikasi Citra Landsat-8 untuk Pemetaan*

- Habitat Benthik di Kepulauan Padaido, Papua Assessment of Landsat-8 Classification Method for Benthic Habitat Mapping in Padaido Islands, Papua Abstrak Pendahuluan Metodologi. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 2(1), 1–13. Retrieved from <https://jurnal-oldi.or.id/index.php/oldi/article/view/69/67>
- Humam, K. (2015). *Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami Berdasarkan Skenario Ketinggian Gelombang Tsunami Di Sebagian Wilayah Pesisir Kota Banda Aceh*.
- Naryanto, H. S. (2019). Analisis Bahaya, Kerentanan dan Risiko Bencana Tsunami di Provinsi Papua Barat. *Jurnal Alami*, 3(1), 10–20.
- Pratomo, R. A., & Rudiarto, I. (2013). Permodelan Tsunami dan Implikasinya Terhadap Mitigasi Bencana di Kota Palu. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 9(2), 174. <https://doi.org/10.14710/pwk.v9i2.6534>
- Richards, J. A. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis. In Remote Sensing Digital Image Analysis*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30062-2>
- Sampurno, R., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 10(2), 61–70. <https://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.9>
- Sari, V. D., Taufik, M., & Jaelani, L. M. (2015). Perbandingan Pengaruh Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 Terhadap Indeks Vegetasi Pada Tanaman Padi. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)*, (June), 13–20. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2774.7280>
- Subardjo, P., & Ario, R. (2015). Uji Kerawanan Terhadap Tsunami Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) Di Pesisir Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2), 82–97. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i2.519>
- Widodo, A., Warnana, D. D., Lestari, W., Iswahyudi, A., Geofisika, T., & Madura, U. I. (2016). C i n i a. (Cinia), 239–243.