PEMODELAN INUNDASI TSUNAMI MENGGUNAKAN HITUNGAN MATEMATIS BERRYMAN DAN FUZZY MEMBERSHIP DI KAWASAN TELUK PELABUHAN RATU

MUHAMMAD IHSAN NURYADI[1], HARY NUGROHO[2]

1. Institut Teknologi Nasional
2. Institut Teknologi Nasional
Email: ihsannuryadi212@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah memodelkan inundasi tsunami di garis pantai kawasan Teluk Pelabuhan Ratu, Sukabumi lalu dibuat peta kelas bahaya tsunaminya dan dianalisis hasil pemodelan tsunami bila tinggi tsunami di garis pantainya 10, 20, dan 30 meter serta dianalisis hasil pemodelannya terhadap data penggunaan lahan hasil klasifikasi citra terbimbing. Metode yang digunakan adalah hitungan matematis Beryman dan Fuzzy Membership melalui Model Builder di ArcGIS. Dari hasil penelitian, disimpulkan bahwa daerah sekitar desa Loji dan Ciwaru adalah yang dampaknya terkena paling besar, karena di sekitar dua lokasi tersebut mayoritas penggunaan lahannya adalah sawah dan kebun, serta terdapat sungai dan kemiringan lerengnya termasuk datar. Kemudian seluruh desa dikategorikan sebagai kelas bahaya tsunami tinggi baik di 10, 20, maupun 30 meter. Lalu penggunaan lahan hasil klasifikasi citra yang paling banyak terkena dampak adalah vegetasi dan lahan terbangun. Kawasan penelitian memang didominasi oleh vegetasi, akan tetapi untuk lahan terbangun dapat menunjukkan bahwa bangunan-bangunan yang terdampak tersebut, termasuk perumahan atau pemukiman masyarakat juga akan terdampak tsunami.

***Kata kunci**: inundasi tsunami, teluk pelabuhan ratu, hitungan matematis berryman, fuzzy membership, klasifikasi citra.*

1. PENDAHULUAN

Tsunami adalah sebuah gelombang laut raksasa yang terjadi akibat adanya gangguan di dasar laut, seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, longsor, atau aktivitas vulkanik lainnya. Tsunami dapat menyebabkan kerusakan yang sangat besar pada wilayah pesisir, termasuk gedung-gedung, infrastruktur, dan bahkan nyawa manusia (Tinti & Armigliato, 2013). Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng, yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Akibatnya, Indonesia memiliki tingkat kerawanan gempa baik berkekuatan rendah maupun tinggi. Tubrukan atau pergeseran lempeng yang keras disertai gempa pada daerah lautan berpotensi menimbulkan tsunami.

Kawasan Teluk Pelabuhan Ratu merupakan salah satu kawasan yang rawan bencana. Bencana yang berpotensi terjadi antara lain banjir, longsor, gerakan tanah, gempa bumi, dan tsunami, dikarenakan kawasan Pelabuhan Ratu terletak di jalur Patahan (Sesar) Cimandiri yang membuatnya rawan terhadap gempa bumi (Paramesti, 2011). Kawasan ini pernah terdampak tsunami yaitu pada tahun 2006 di tanggal 17 Juli. Tsunami ini terjadi akibat gempa bumi dengan kekuatan 7,7 Skala Ritcher yang berpusat di Samudera Hindia dekat Pulau Pangandaran. Sesaat

setelah terjadi gempa, gelombang tsunami setinggi 2-4 meter melanda beberapa wilayah pantai sekitar Jawa Barat dan Jawa Tengah, termasuk Pelabuhan Ratu (Kompas.com, 2021). Selain itu, gempa bumi di wilayah selatan Banten pada tanggal 14 Januari 2022 dengan magnitudo 6,6 menimbulkan rumor mengenai gempa susulan yang akan mengakibatkan tsunami di Pelabuhan Ratu. Informasi ini telah dibantah oleh BMKG dalam siaran pers dengan CNN Indonesia pada tanggal 17 Januari 2022 (CNN Indonesia, 2022). Meskipun informasi tentang kemungkinan tsunami di Pelabuhan Ratu tahun 2022 hanyalah rumor, tidak menutup kemungkinan bahwa apabila terjadi gempa bumi lagi, maupun dari penyebab yang lain, dapat benar-benar menimbulkan tsunami seperti tsunami Selat Sunda pada tahun 2018 kemarin. Untuk itu, upaya dalam mengkaji risiko bencana ini diperlukan.

Pembuatan peta bahaya tsunami merupakan langkah pertama dalam proses pengkajian potensi bencana tsunami (Paramita et al, 2021). Pada tahun 2018, BNPB menerbitkan modul dengan judul "Modul Teknis Penyusunan Kajian Risiko Bencana Tsunami", yang mana dijelaskan dalam menganalisis bahaya tsunami dapat dilakukan dari sebaran spasial luasan wilayah terdampak inundasi tsunami. Sebaran spasial ini dapat dibuat dari hasil perhitungan matematis yang dikembangkan oleh Berryman (2006) dalam bukunya Kelvin Berryman "Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand" pada tahun 2006.

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

where H_{loss} is the loss in wave height per metre of inundation distance, H_0 is the wave height at the coast, **n** is the surface roughness coefficient, and **S** is the slope.

Gambar 1. Hitungan Matematis Berryman (Sumber: Kelvin Berryman, 2006)

Model matematis tersebut diimplementasikan di ArcGIS dengan fitur Model Builder. Tinggi maksimal tsunami ditentukan manual, dan koefisien kekasaran permukaan diambil dari tabel koefisien kekasaran permukaan di modul teknis BNPB. Yang kemudian hasil pemodelan dilakukan klasifikasi nilai inundasi untuk kelas bahaya berdasarkan Perka BNPB 2/2012 dengan logika fuzzy. Klasifikasi tersebut dilakukan dengan Tools Fuzzy Membership di ArcGIS berdasarkan kelas indeks bahaya dari indeks bahaya tsunami di Perka BNPB 2/2012.

Setelah mendapat model inundasi tsunami yang telah diklasifikasi indeks bahayanya, akan di-overlay dengan batas administrasi desa agar bisa dianalisis dampak beserta tingkat bahaya di tiap desa yang terdampak. Lebih lanjutnya, dari data tersebut, juga akan dilakukan overlay dengan data citra yang telah diklasifikasi terbimbing untuk mengidentifikasi penggunaan lahan di kawasan penelitian agar dapat dianalisis seberapa dampak inundasi tsunami yang diterima dari penggunaan lahan tersebut.

2. METODOLOGI

2.1 Data Yang Digunakan

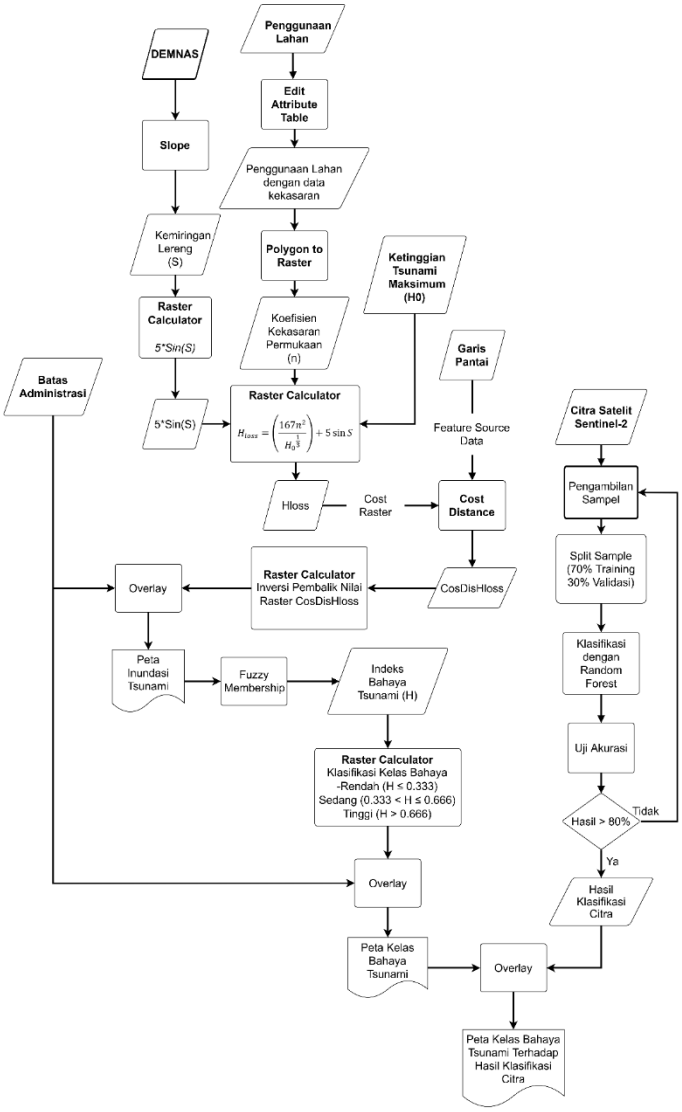
Tabel 1. Data

No.	Data	Bentuk Data	Sumber
1.	Batas Administrasi	Vektor(polygon shp)	Ina-Geoportal
2.	Penggunaan Lahan	Vektor(polygon shp)	Ina-Geoportal

3.	Garis Pantai	Vektor(line shp)	Ina-Geoportal
4.	DEM	Raster(tif)	Ina-Geoportal
5.	Citra Sentinel-2	Raster(tif)	Google Earth Engine

Batas administrasi yang digunakan adalah administrasi desa. Penggunaan lahan digabungkan dari data danau, sungai, rawa, pasir, semak belukar, hutan, kebun, ladang, alang, sawah, bangunan, dan pemukiman yang tersedia di Ina-Geoportal. Garis pantai di-clip dari garis pantai wilayah Sukabumi sesuai dengan wilayah kawasan penelitian. DEMNAS merupakan data yang digabungkan dari 4 grid data DEMNAS yang mencakup garis pantai kawasan Teluk Pelabuhan Ratu. Citra Sentinel-2 yang digunakan adalah Sentinel-2 MSI: MultiSpektral Instrument Level-2A dari 2021-01-01 sampai 2022-12-31 yang diolah dengan GEE (Google Earth Engine) terlebih dahulu dengan klasifikasi terbimbing, lalu hasil klasifikasi tersebut dimasukkan ke ArcGIS untuk diolah dengan hasil model inundasi tsunami.

2.2 Pengolahan Data

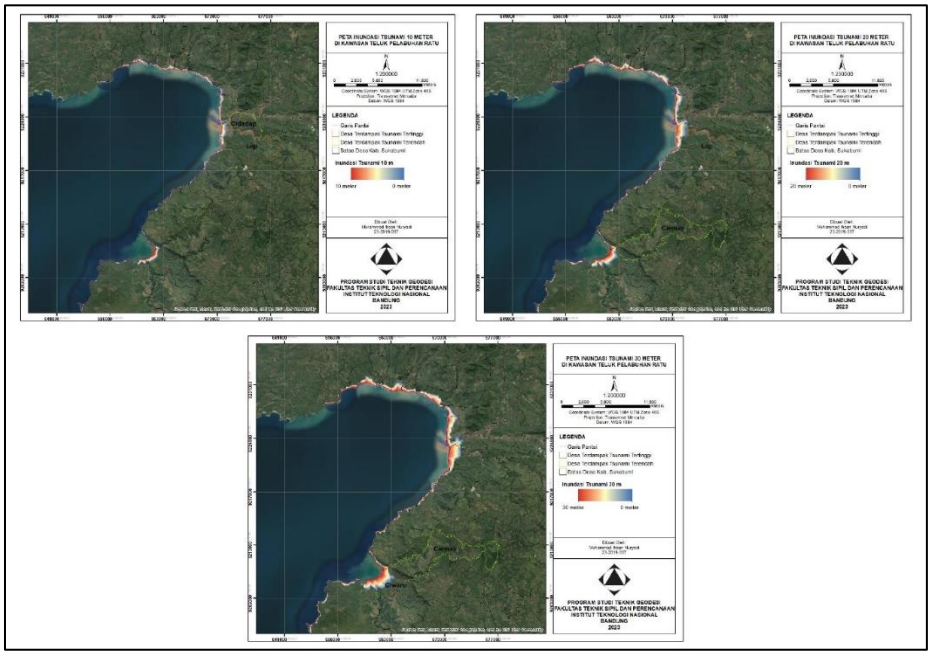


Gambar 2. Flowchart Pengolahan Data

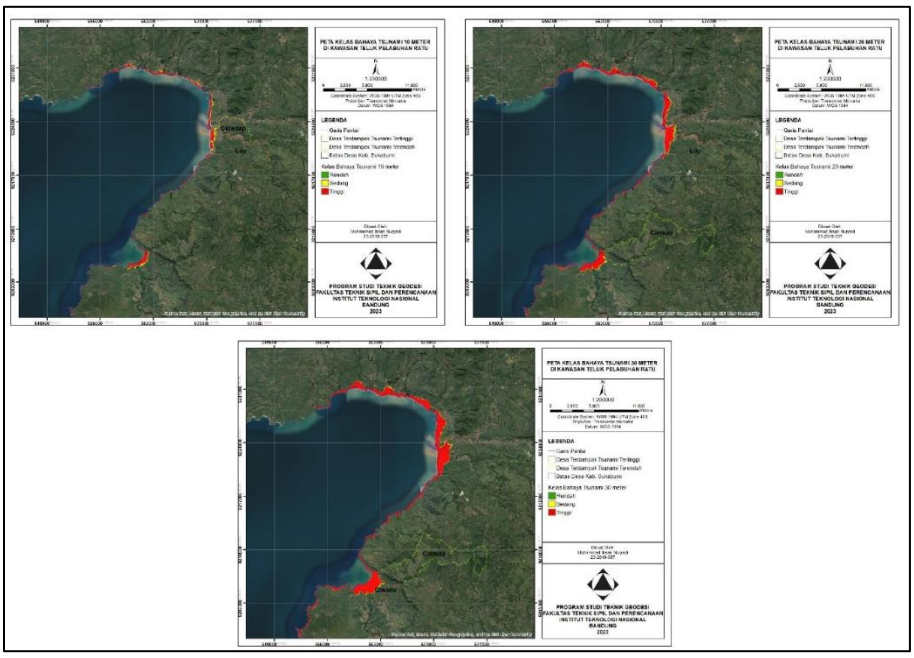
Penelitian ini dalam pengolahan datanya bisa dibagi menjadi 3 tahap utama, yaitu pembuatan model inundasi tsunami dari perhitungan Hloss, pembuatan kelas bahaya tsunami, dan klasifikasi citra. Perhitungan Hloss dan pembuatan kelas bahaya tsunami dilakukan di ArcGIS melalui fitur Model Builder, sedangkan citranya diklasifikasi menggunakan Google Earth Engine. Pengolahan data di ArcGIS utamanya memanfaatkan fitur Model Builder, karena penelitian ini menggunakan 3 tinggi tsunami yang berbeda. Maka untuk mempersingkat waktu pengolahan, workflow akan disimpan sebagai model agar penulis tinggal mengubah data ketinggian tsunami di garis pantainya.

Kemudian untuk pengolahan citra, yang dilakukan adalah klasifikasi terbimbing dengan memanfaatkan algoritma Random Forest. Citra difilter dengan batas yang dibuat dari DEMNAS yang digunakan di penelitian ini. Band yang digunakan untuk klasifikasi ada 6 band, yaitu B2, B3, B4, B8, SR (Simple Ratio), dan NDVI (Normalized DIfference Vegetation Index). Band-band ini secara berurut adalah Red, Green, Blue, NIR(Near Infrared), Simple Ratio yang digunakan dari NIR/Red, dan NDVI dari NIR-Red / NIR+Red. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan algoritma Random Forest dengan cara pengambilan sampel terlebih dahulu. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan pembuatan kelas penggunaan lahan, yaitu badan air, vegetasi, lahan terbangun, dan lahan terbuka. Sampel kemudian di-split untuk uji akurasi dengan 70% sampel sebagai training dan 30% sisanya sebagai validasi. Setelah dilakukan sampel dan dibagi data sampelnya, dilakukan uji akurasi terlebih dahulu lalu dilakukan klasifikasi dan data hasil klasifikasi diekspor untuk diunduh dan digunakan untuk analisis.

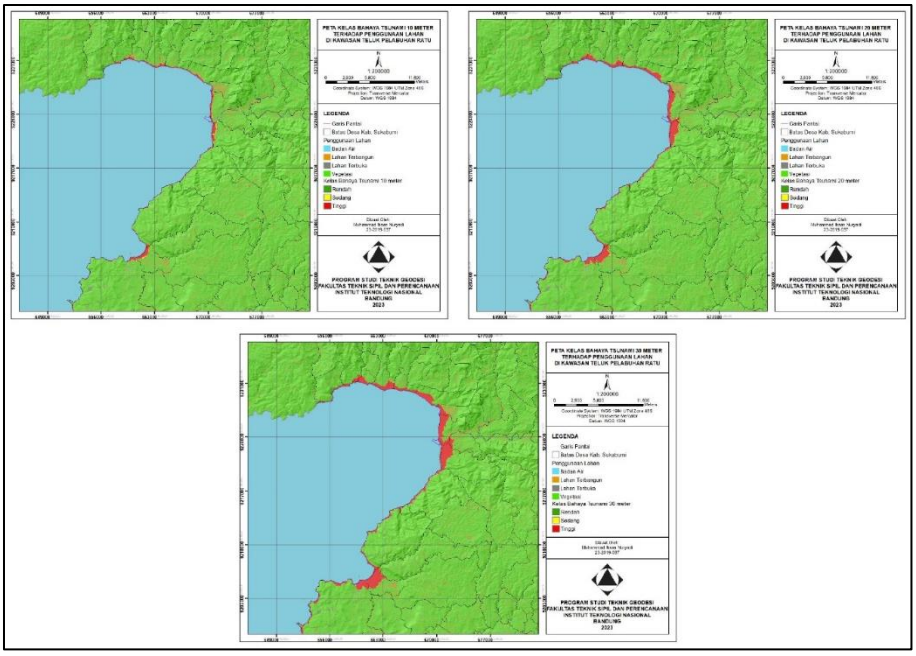
3. ISI



Gambar 3. Peta Inundasi Tsunami 10, 20, dan 30 Meter



Gambar 4. Peta Kelas Bahaya Tsunami 10, 20, dan 30 Meter



Gambar 5. Peta Kelas Bahaya Tsunami 10, 20, dan 30 Meter Terhadap Penggunaan Lahan

Dari peta-peta tersebut dapat diketahui bahwa lokasi yang dampak tsunaminya terbesar ada di dua lokasi yaitu daerah desa Ciwaru, dan untuk di bagian bawah adalah daerah desa Loji. Ketika diidentifikasi, penggunaan lahan di dua lokasi tersebut terdapat mayoritas tutupan lahan sawah dan, juga terdapat sungai. Yang mana sawah, kebun, dan sungai atau badan air berturut-turut memiliki kekasaran koefisien sebesar 0,030, 0,035, dan 0,007. Selain itu, 2 lokasi ini bila dilihat dari data kelerengan tanah didominasi oleh daerah yang termasuk datar atau yang kemiringannya di kategori 0-8%. Lalu untuk desa terdampak terendahnya, di 10 meter adalah Cidadap, dan di

20 dan 30 meter adalah Ciemas. Ciemas berada di sebelah Ciwaru, yang mana di inundasi tsunami 10 dan 20 tidak terkena dampak tsunami, tapi di tsunami 30 meter terkena. Dimana Cidadap di tsunami 30 meter terdampak lebih banyak lagi dari sebelumnya, sehingga posisi desa terdampak inundasi tsunami terendahnya berubah.

4. KESIMPULAN

Daerah sekitar desa Loji dan Ciwaru adalah yang dampak tsunaminya terkena paling besar, karena di sekitar dua lokasi tersebut mayoritas penggunaan lahannya adalah sawah dan kebun, serta terdapat sungai dan kemiringan lerengnya termasuk datar.Total luas dari area tiap desa yang terdampak tsunami di 10, 20, dan 30 meter adalah berturut-turut 816,28 hektar, 1681,60 hektar, dan 2454,82 hektar. Desa Loji yang terdampak paling besar di tsunami 10 dan 20 meter dengan luas berturut-turut 135,85 hektar dan 281,97 hektar. Sedangkan untuk tsunami 30 meter, desa yang terdampak paling besar adalah Ciwaru dengan luas terdampaknya 383,17 hektar. Desa Cidadap terdampak paling rendah untuk tsunami 10 meter dengan total luasnya 1,26 hektar. Di inundasi 20 dan 30 meter, desa terdampak tsunami terendah adalah Ciemas, dengan total luasnya berturut-turut adalah 0,06 hektar dan 3,41 hektar.

Seluruh desa dikategorikan sebagai kelas bahaya tsunami tinggi baik di 10, 20, maupun 30 meter dengan pengecualian di desa Cibareno. Penggunaan lahan hasil klasifikasi citra yang paling banyak terkena dampak adalah vegetasi dan lahan terbangun. Vegetasi di kawasan penelitian memang mendominasi, akan tetapi untuk lahan terbangun dapat menunjukkan bahwa bangunan-bangunan yang terdampak tersebut, termasuk perumahan atau pemukiman masyarakat juga akan terdampak tsunami.

5. DAFTAR RUJUKAN

Berryman, K. 2006. Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand. New Zealand: Institute of Geological and Nuclear Science.

Paramita, P., Wiguna, S., Shabrina, F. Z., & Sartimbul, A. (2021). Pemetaan Bahaya Tsunami Wilayah Kabupaten Serang Bagian Barat Menggunakan Sistem Informasi Geografis. Buletin Oseanografi Marina, 10(3), 233-241.

Nugroho, P.C., Pinuji, S.E., Yulianti, G., Wiguna, S., Syauqi, Shabrina, F. Z., Septian, R.T., Hafiz, A., Nugraha, A., Ichwana, A.N., Adi, A.W., Randongkir, R.E., Handayaningsih, T.U., & Iriyansyah, A.A. 2018. Modul Teknis Penyusunan Kajian Risiko Bencana Tsunami. Direktorat Pengurangan Risiko Bencana Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Paramesti, C. A. (2011). Kesiapsiagaan masyarakat kawasan Teluk Pelabuhan Ratu terhadap bencana gempa bumi dan tsunami. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, 22(2), 113-128.

Tinti, S., & Armigliato, A. (2013). Tsunami Science: From Detection to Mitigation. Springer Science & Business Media.

"BMKG: Pesan Suara Peringatan Tsunami di Pelabuhan Ratu Bohong" CNN Indonesia, 17 Januari 2022. https://www.cnnindonesia.com/nasional/20220117194143-20-747764/bmkg-pesan-suara-peringatan-tsunami-di-pelabuhan-ratu-bohong

"Hari Ini dalam Sejarah: Gempa dan Tsunami Pangandaran, 668 Tewas" Kompas.com 17 Juli 2021. https://www.kompas.com/tren/read/2021/07/17/085500365/hari-ini-dalam-sejarah--gempa-dan-tsunami-pangandaran-668-tewas?page=all