

# PEMETAAN SPASIAL TINGKAT RISIKO BENCANA TSUNAMI DI WILAYAH KABUPATEN SERANG MENGUNAKAN CITRA SPOT-6

Izzudin Al Qossam<sup>\*</sup>, Arief Laila Nugraha, LM Sabri

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : [izdnalqsm@gmail.com](mailto:izdnalqsm@gmail.com)

## ABSTRAK

Upaya untuk mengurangi kerugian akibat bencana tsunami salah satunya yaitu dengan memetakan tingkat risiko bencana tsunami. Risiko bencana berguna untuk melihat potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah, pada kasus ini dikhususkan untuk bencana tsunami. Peta risiko bencana tsunami dapat dibuat dengan Metode Crunch, yaitu dengan mengalikan tingkat kerentanan dan tingkat ancaman suatu wilayah. Pemetaan daerah kerentanan pada penelitian ini dilakukan dengan metode pembobotan dan tumpang susun (*overlay*) dengan menggunakan lima parameter, yaitu jarak dari pantai, jarak dari sungai, ketinggian permukaan, kelengkapan dan tutupan lahan. Peta ancaman dibuat menggunakan metode Hloss dengan ketinggian tsunami setinggi 10 meter. Hasil dari penelitian risiko bencana tsunami ini bahwa terdapat 11 Desa yang terkena risiko bencana tsunami pada wilayah pesisir Kabupaten Serang di antaranya yaitu Desa Anyar (35,3%), Desa Bandulu (6,4%), Desa Bulakan (6,7%), Desa Cikoneng (3,6%), Desa Cinangka (2,4%), Desa Kemasan (0,8%), Desa Karangsuraga (7,8%), Desa Pasauran (5,5%), Desa Sindanglaya (5,7%), Desa Tambangayam (2,6%), dan Desa Umbul Tanjung (2,7%). Persentase wilayah terdampak dengan wilayah total desa sebesar 4,74% dengan total luas wilayah terdampak sebesar 385,217 Ha. Adapun desa yang sangat tinggi tingkat risiko terhadap bencana tsunami yaitu Desa Anyar dengan luas tingkat risiko sangat tinggi sebesar 41,026 Ha. Total penduduk yang terancam pada risiko bencana tsunami sebanyak 7.836 jiwa dengan luas total pemukiman pada tingkat risiko sangat tinggi sebesar 36,938 Ha. Adapun desa yang memiliki tingkat penduduk terbanyak akibat risiko bencana tsunami adalah Desa Anyar sebanyak 2.590 jiwa.

**Kata Kunci:** Bencana Tsunami, Metode Hloss, Kab. Serang, Model Crunch, Peta Risiko

## ABSTRACT

*One of the efforts to reduce losses due to the tsunami disaster is to map the level of tsunami risk. Disaster risk is useful to see the potential losses incurred due to disasters in an area, in this case specifically for the tsunami disaster. Tsunami disaster risk maps can be made using the Crunch Method, namely by multiplying the level of vulnerability and the level of threat of an area. Mapping the area of vulnerability in this study was carried out by the method of weighting and overlapping (*overlay*) with five parameters, namely distance from the coast, distance from the river, surface height, slope and land cover. While making a threat map using the Hloss method with a tsunami height as high as 10 meters. The results of this tsunami disaster risk study show that there are 11 villages affected by the tsunami disaster in the Serang Regency, including Anyar Village (35.3%), Bandulu Village (6.4%), Bulakan Village (6.7%) , Cikoneng Village (3.6%), Cinangka Village (2.4%), Packaging Village (0.8%), Karangsuraga Village (7.8%), Pasauran Village (5.5%), Sindanglaya Village (5 , 7%), Tambangayam Village (2.6%), and Umbul Tanjung Village (2.7%). Percentage of area affected by the total area of villages is 4.74% with a total area of affected area of 385,217 Ha. The village with a very high level of risk from the tsunami disaster is Anyar Village with a very high level of risk of 41,026 Ha. The total population threatened by the tsunami disaster is 7,836 people with a total area of settlements at a very high risk level of 36,938 Ha. The village that has the highest population level due to the risk of tsunami disaster is Anyar Village with 2,590 people.*

**Key Words:** Crunch Model, Hloss Method, Risk Map, Serang District, Tsunami Disaster

<sup>\*</sup>)Penulis Utama, Penanggung Jawab

**I. Pendahuluan**

**I.1 Latar Belakang**

Tsunami adalah serangkaian gelombang ombak laut raksasa yang timbul karena adanya pergeseran di dasar laut akibat gempa bumi (BNPB No.8 Tahun 2011). Bencana tsunami terjadi pada tanggal 22 Desember 2019 di Selat Sunda menurut data BNPB (2019) tsunami mengakibatkan 21 orang meninggal, 3.306 orang luka-luka dan 1.227 orang mengungsi di Kabupaten Serang.

Pemetaan risiko dibutuhkan pada kondisi wilayah Kabupaten Serang saat ini. Pemetaan ini dapat menghasilkan presentasi visual yang lebih baik dan pemahaman mengenai risiko dan kerentanan sehingga para pengambil keputusan dapat mencari sumber-sumber daya yang bisa digunakan untuk melindungi wilayah rawan bencana terutama pada wilayah pemukiman. Pemukiman merupakan presentatif pada kepadatan penduduk, upaya mengurangi korban jiwa akibat bencana tsunami salah satunya adalah adanya pemfokusan pemetaan risiko terhadap pemukiman. Peta risiko bencana tsunami pada penelitian ini dibuat dengan Metode Crunch, secara garis besar metode ini menggunakan perkalian antara peta kerentanan dan peta ancaman. Pemetaan daerah kerentanan dilakukan dengan metode pembobotan dan tumpang susun (overlay) mengacu pada penelitian Faiqoh dkk (2013) dimana hasil penelitiannya yaitu wilayah yang memiliki dampak kerentanan paling besar terhadap bencana tsunami adalah wilayah yang dekat dengan pantai, rendahnya ketinggian permukaan serta keterenggan, dan daerah padat penduduk. Pembuatan peta ancaman mengacu penelitian Alimsuardi (2019) dengan menggunakan metode Hloss Berryman (2006), hasil penelitiannya bahwa metode Berryman telah sesuai dengan kondisi tsunami yang telah terjadi.

Harapannya, pada tahap pencegahan dari hasil peta risiko ini pemerintah atau yang berwenang dapat menggunakan peta risiko untuk menghindari zona risiko tinggi saat mengembangkan sebuah wilayah untuk pemukiman, kegiatan ekonomi atau industri. Para ahli teknik bisa mendapatkan peringatan/informasi mengenai tempat-tempat di mana infrastruktur yang ada/akan dibangun bisa terkena dampak bencana. Kantor pemadam kebakaran dapat merencanakan penyelamatan sebelum peristiwa berbahaya terjadi. Pemerintah atau lembaga berwenang yang bergerak di bidang penanggulangan bencana dapat melakukan latihan dengan panduan peta kerentanan tersebut. Peta ini juga dapat digunakan untuk menguji keefektifan rute evakuasi agar lebih banyak orang yang bisa diselamatkan. Petugas-petugas penanggulangan bencana juga bisa mendapatkan informasi yang selalu berkembang mengenai situasi bencana dan lokasi-lokasi yang sensitif.

**I.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang permasalahan penelitian yang telah dirumuskan maka penelitian ini

diharapkan mampu menjawab pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat kerentanan, tingkat ancaman, dan tingkat risiko bencana tsunami di wilayah Kabupaten Serang?
2. Berapa banyak luasan pemukiman dan jumlah jiwa yang harus waspada terhadap risiko bencana tsunami di Kabupaten Serang?

**I.3 Tujuan Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat kerentanan, tingkat ancaman, dan tingkat risiko bencana tsunami pada Kabupaten Serang
2. Mengetahui jumlah luas pemukiman dan penduduk yang harus waspada terhadap risiko bencana tsunami di Kabupaten Serang.

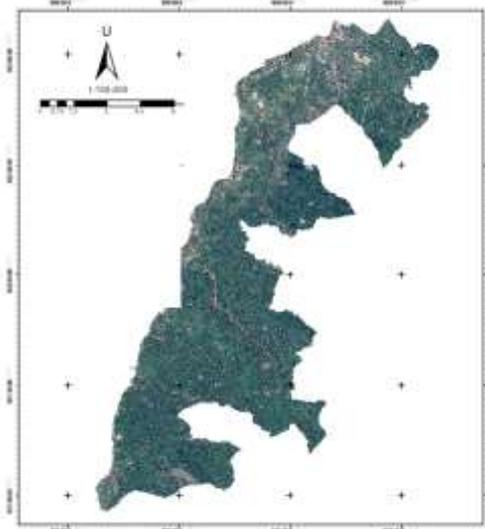
**I.4 Batasan Masalah**

Untuk mencegah pembahasan yang terlalu melebar maka penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

1. Wilayah penelitian ini dilakukan di Kabupaten Serang dengan unit terkecil daerah kapasitas, kerentanan dan risiko adalah wilayah administrasi kecamatan.
2. Data spasial yang digunakan adalah peta citra resolusi tinggi (SPOT) Kabupaten Serang dari LAPAN, Peta Rupabumi Indonesia Tahun 2019 dan DEM Nasional dari BIG Tahun 2011
3. Metode yang digunakan untuk pengolahan data kerentanan mengacu pada telaah dokumen dengan penilaian kerentanan dan kapasitas berdasarkan pembobotan. Komponen dan variabel kerentanan yang digunakan disesuaikan dengan kondisi serta ketersediaan data yang ada.
4. Parameter yang digunakan pada analisis tingkat kerentanan bencan tsunami yaitu tutupan lahan, jarak dari pantai, jarak dari sungai, kemiringan dan ketinggian.
5. Pembuatan peta ancaman tsunami mengacu pada Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana nomor 02 tahun 2012 tentang pedoman umum pengkajian risiko bencana dengan skala 1:25.000 pada tingkat kabupaten
6. Digitasi tutupan lahan menggunakan skala 1:5.000 mengacu pada Perka BIG nomor 15 tahun 2014 pada penggunaan orde 1.
7. Ketinggian model gelombang tsunami sebesar 10 meter berdasarkan asumsi dua kali gelombang tsunami pada bulan Desember 2019 dan merupakan ketinggian maksimum model tsunami yang mengacu pada tabel referensi dari lampiran Perka BNPB nomor 2 tahun 2012 dikutip dalam pembuatan modul teknis penyusunan peta bahaya oleh tim PRB 2014.
8. Kepadatan penduduk Kabupaten Serang mengacu pada dokumen yang dibuat oleh BPS Kabupaten Serang

**I.5 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian berada di wilayah pesisir Kabupaten Serang. Gambaran lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Gambaran Umum**

Secara geografis wilayah Kabupaten Serang dalam Rencana Program Investasi Infrastruktur Jangka Menengah (2017) terletak di antara 5°50' - 6°21' Lintang Selatan dan 105°7' - 106°22' Bujur Timur. Wilayah pesisir Kabupaten Serang terdiri dari dua kecamatan, yaitu Kecamatan Anyar dan Kecamatan Cinangka. Batas administratif Kabupaten Serang berturut-turut dari sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa, disebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Tangerang, disebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Lebak dan disebelah Barat berbatasan dengan Kota Serang dan Selat Sunda.

**II.2 Bencana**

Pengertian bencana menurut UU RI Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat, disebabkan oleh faktor alam dan non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologi.

**II.3 Tsunami**

Tsunami berasal dari bahasa Jepang yang berarti gelombang ombak lautan “tsu” berarti lautan, “nami” berarti gelombang ombak. Tsunami adalah serangkaian gelombang ombak laut raksasa yang timbul karena adanya pergeseran di dasar laut akibat gempa bumi (BNPB No.8 Tahun 2011).

**II.4 Pemodelan Tingkat Risiko Bencana Tsunami**

Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilang rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta dan gangguan kegiatan masyarakat (UU RI No.24 Tahun 2007).

Salah satu model yang dapat digunakan untuk memprediksi tingkat risiko bencana tsunami yaitu dengan Model Crunch. Menurut Wasisto (2013), Model Crunch mengasumsikan bahwa bencana (*disaster*) sendiri merupakan hasil dari proses bertemunya bahaya (*hazard*) yang kemudian berkembang menjadi faktor pemicu bencana dengan kerentanan (*vulnerability*) yang di dalamnya terdapat sebuah kondisi yang tidak nyaman (*unsafe condition*) di mana terdapat eskalasi kerentanan dan kerawanan yang dialami penduduk baik sebelum terjadinya bencana maupun sesudahnya. Persamaan pemodelan tingkat risiko bencana tsunami dengan Metode Crunch dapat dilihat pada persamaan (1).

$$R = H \cdot V \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:  
 R = Risk (Indeks risiko tsunami)  
 H = Hazard (Kelas ancaman tsunami)  
 V = Vulnerability (Kelas kerentanan tsunami)

**II.5 Penentuan Tingkat Ancaman Tsunami**

Ancaman (*Hazard*) merupakan suatu situasi atau kejadian atau peristiwa yang mempunyai potensi dapat menimbulkan kerusakan, kehilangan jiwa manusia, atau kerusakan lingkungan. Peta bahaya menentukan wilayah dimana peristiwa alam tertentu terjadi dengan frekuensi dan intensitas tertentu, tergantung pada kerentanan dan kapasitas daerah tersebut, yang dapat menyebabkan terjadinya bencana (BNPB, 2012).

Bahaya tsunami didefinisikan sebagai tinggi gelombang tsunami yang mencapai garis pantai dan rambatan gelombang tsunami ke daratan sehingga menghasilkan luas genangan. Pemodelan luas genangan dilakukan dengan menggunakan model penurunan tinggi muka gelombang tsunami ketika mencapai daratan, persamaan yang digunakan untuk memodelkan penurunan tinggi gelombang tsunami dengan metode Hloss oleh Berryman (2006). Metode Hloss merupakan pemodelan genangan berdasarkan ketinggian gelombang dari garis pantai, kemiringan lereng, dan koefisien kekasaran permukaan dengan persamaan (2).

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

$H_{loss}$  = Nilai penurunan air saat masuk ke daratan  
 n = Koefisien kekasaran  
 $H_0$  = Tinggi tsunami pada garis pantai (m)  
 S = Slope / kemiringan lereng (°)

Jenis tutupan lahan diterjemahkan menjadi sebuah koefisien kekerasan permukaan yang

menggambarkan kenampakan tutupan lahan. Setiap nilai koefisien kekerasan permukaan memiliki nilai yang beragam, tergantung dari jenis tutupan lahannya. Berikut merupakan tabel nilai koefisien kekerasan permukaan. Nilai koefisien kekerasan permukaan dapat dilihat pada Tabel I. Koefisien kekasaran ini mengacu pada pedoman pembuatan peta ancaman tsunami yang dibuat oleh Tim Bimtek PRB (2014) dengan tutupan lahan yang ada.

**Tabel 1** Nilai Koefisien Kekasaran

Tutupan Lahan	Koefisien Kekasaran
Danau/Situ	0,007
Gedung/Bangunan	0,055
Hutan Rimba	0,070
Perkebunan/Kebun	0,035
Tegalan/Ladang	0,015
Sawah	0,025
Semak Belukar	0,040
Sungai	0,007
Tanah Kosong/Gundul	0,015
Permukiman dan Tempat Kegiatan	0,045

**II.6 Penentuan Tingkat Kerentanan Tsunami**

Kerentanan adalah keadaan atau kondisi yang dapat mengurangi kemampuan masyarakat untuk mempersiapkan diri untuk menghadapi bahaya atau ancaman bencana. Peta kerentanan sendiri dapat dibagi ke dalam kerentanan sosial, ekonomi, fisik dan lingkungan. Kerentanan dapat didefinisikan sebagai *Exposure* kali *Sensitivity*. Aset – aset yang terekspos termasuk kehidupan manusia (kerentanan sosial), wilayah ekonomi, struktur fisik dan wilayah ekologi atau lingkungan. (BNPB,2012).

Pada penentuan tingkat kerentanan bencana tsunami, terdapat lima parameter mengacu pada penelitian Faiqoh dkk (2013), yaitu parameter jarak dari pantai, jarak dari sungai, kemiringan (*slope*), ketinggian dan penggunaan lahan. Parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 sampai Tabel 6 dengan bobot, nilai dan kelas kerentanan sesuai penelitian.

**Tabel 2** Matriks Parameter Jarak dari Garis Pantai

No.	Bobot	Jarak Dari Garis Pantai (m)	Kerentanan	Kelas Kerentanan
1.	20	0-500	Sangat Tinggi	5
2.		500-1000	Tinggi	4
3.		1000-1500	Sedang	3
4.		1500-3000	Rendah	2
5.		>3000	Sangat Rendah	1

**Tabel 3** Matriks Parameter Jarak dari Sungai

No.	Bobot	Jarak Dari Garis	Kerentanan	Kelas Kerentanan
-----	-------	------------------	------------	------------------

No.	Bobot	Sungai (m)	Kerentanan	Kelas Kerentanan
1.	20	0-100	Sangat Tinggi	5
2.		100-200	Tinggi	4
3.		200-300	Sedang	3
4.		300-500	Rendah	2
5.		>500	Sangat Rendah	1

**Tabel 4** Matriks Parameter Kemiringan (*Slope*)

No.	Bobot	<i>Slope</i>	Kelas	Kelas Kerentanan
1.	20	0-2%	Sangat Tinggi	5
2.		2-5%	Tinggi	4
3.		5-15%	Sedang	3
4.		15-40%	Rendah	2
5.		>40%	Sangat Rendah	1

**Tabel 5** Matriks Parameter Ketinggian

No.	Bobot	Ketinggian	Kerentanan	Kelas Kerentanan
1.	25	<10	Sangat Tinggi	5
2.		10-25	Tinggi	4
3.		25-50	Sedang	3
4.		50-100	Rendah	2
5.		100-150	Sangat Rendah	1

**Tabel 6** Matriks Parameter Penggunaan Lahan

No.	Bobot	Penggunaan Lahan	Kerentanan	Kelas Kerentanan
1.	15	Pemukiman	Sangat Tinggi	5
2.		Perkebunan/Ladang	Tinggi	4
3.		Sawah	Sedang	3
4.		Semak Belukar	Rendah	2
5.		Hutan	Sangat Rendah	1

Matriks tersebut ditentukan oleh Skor dan bobot, *skoring* dimaksudkan untuk menilai faktor pembatas pada setiap parameter. Penetapan bobot untuk masing-masing parameter dalam penelitian ini berkisar antara 15-25 % dan skor pada kisaran 1-5 menunjukkan tingkat kerentanan tsunami (sangat tinggi, tinggi, menengah, rendah, dan sangat rendah) kelas nilai-nilai ini didasari oleh rumus perhitungan (Muzaki,2008) seperti pada persamaan (3).

$$N = \sum Bi \times Si \dots\dots\dots(3)$$

N = Total nilai dari bobot

Bi = Bobot setiap kriteria

Si = Nilai setiap kriteria

Secara matematis perhitungan teknik analisis tumpang susun adalah: [(elevasi\*0,25) + (kemiringan lereng\*0,20) + (penggunaan lahan\*0,15) + (jarak dari garis pantai\*0,20) + (jarak dari sempadan sungai\*0,20)].

Kalkulasi dari analisis teknik tumpang susun adalah perkalian dari bobot dan skor pada lima parameter dalam setiap sel. Perkalian dari bobot dan skor menghasilkan total nilai bobot (N) untuk setiap parameter. Nilai N digunakan untuk menentukan interval kelas tingkat kerentanan. Perhitungan tiap kelas interval didapatkan dari perkalian nilai maksimum dari tiap bobot dan skor (Nmaksimum) dikurang perkalian dari nilai minimum (Nminimum) yang dibagi menjadi lima berdasarkan jumlah parameter yang digunakan (Muzaki, 2008) dapat dilihat pada persamaan (4).

$$L = \frac{\sum(Bi \times Si)_{max} - \sum(Bi \times Si)_{min}}{n} \dots\dots\dots (4)$$

- L = Lebar dari interval kelas
- n = Jumlah parameter kelas
- Bi = Nilai bobot setiap parameter
- Si = Nilai skor setiap parameter

**II.7 Peta Rupabumi Indonesia**

Peta Rupabumi Indonesia (RBI) adalah peta topografi yang menampilkan sebagian unsur-unsur alam dan buatan manusia di wilayah NKRI. UU No 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial disebutkan dalam Bab 1 Ketentuan Umum pasal 1 bahwa Peta Rupabumi Indonesia adalah dasar yang memberikan informasi secara khusus untuk daerah darat. Namun secara umum Peta Rupabumi Indonesia (RBI) adalah peta yang menggambarkan kenampakan alamiah (*Natura Ifreatures*) dan kenampakan buatan manusia (*Man Made Freatures*).

**II.8 DEM Nasional**

DEM Nasional dibuat dari beberapa sumber data meliputi data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11,25m), dengan menambahkan data *Masspoint* hasil *stereo-plotting*. DEMNAS memiliki resolusi spasial 0,27-arcsecond atau setara dengan 8,1 piksel dengan menggunakan EGM2008 sebagai datum vertikal acuannya (BIG, 2018).

**II.9 Citra SPOT-6**

Satelit SPOT-6 dibangun oleh AIRBUS Defence & Space dan berhasil diluncurkan pada 9 September 2012. SPOT-6 merupakan satelit penginderaan jauh optis yang mampu menyediakan citra dengan resolusi hingga 1.5 meter untuk pankromatik dan 6 meter untuk multispektral. Data ini dapat diaplikasikan di bidang pertahanan, pertanian, pemantauan tutupan lahan dan hutan, pantai, teknik, minyak, gas, dan industri pertambangan (LAPAN, 2018)

**II.10 Sistem Informasi Geografis**

Menurut Murai (1999) dalam Prahasta (2001), Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sistem

informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas Kota, dan pelayanan umum lainnya (Murai dalam Prahasta, 2001).

**II.11 Cost Distance**

*Cost Distance* merupakan salah satu *tool* yang ada pada ArcGIS yang berfungsi untuk menghitung jarak biaya akumulatif terendah untuk setiap sel dari atau ke sumber dengan biaya terendah pada permukaan biaya (Esri, 2019). *Cost distance* adalah cara utama untuk melakukan analisis jarak di ArcGIS *Spatial Analyst*. Fungsinya mengukur garis lurus jarak dari setiap sel ke sumber terdekat. Tidak hanya dapat menentukan lokasi, namun juga dapat menghitung jarak dan arah ke sumber terdekat. Fungsi *cost distance* memodifikasi jarak *Euclidean* dengan menyamakan jarak dengan biaya untuk melakukan perjalanan melalui sel yang diberikan. Fungsi alokasi biaya mengidentifikasi sumber sel paling mahal berdasarkan akumulasi biaya perjalanan. Fungsi arah biaya menyediakan peta jalan mengidentifikasi rute untuk mengambil dari setiap sel ke sumber terdekat (Esri, 2019).

**II.12 Overlay**

*Overlay* adalah analisis spasial esensial yang menggabungkan dua layer / tematik yang menjadi masukannya. Secara umum teknis mengenai analisis ini terbagi ke dalam format datanya raster atau vektor (Prahasta, 2001).

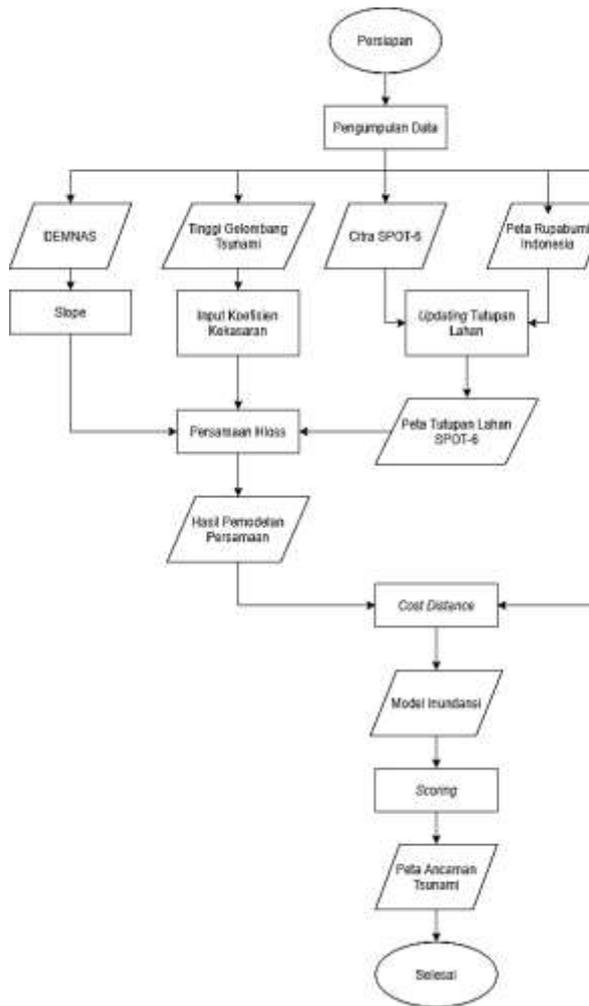
**II.13 Kepadatan Penduduk**

Kepadatan penduduk adalah suatu keadaan yang dikatakan semakin padat bila jumlah manusia pada suatu batas ruang tertentu semakin banyak dibandingkan dengan luas ruangnya (Sarwono, 1992). Kepadatan penduduk adalah perbandingan antara jumlah penduduk dengan luas wilayah yang dihuni (Mantra, 2007).

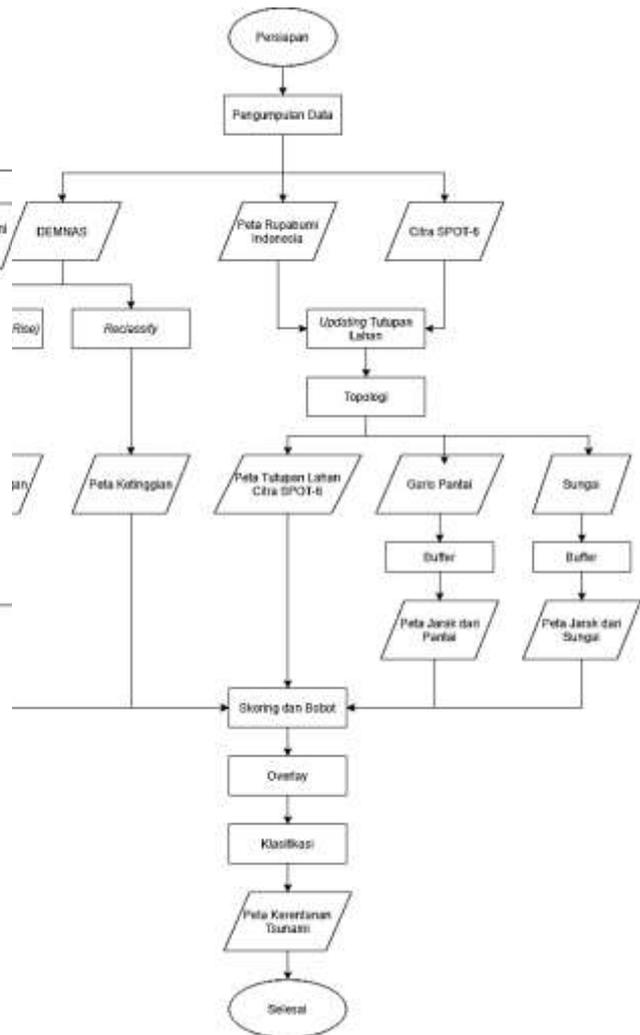
**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Diagram Alir**

Tahapan penelitian seperti pada Gambar 2 sampai Gambar 4.

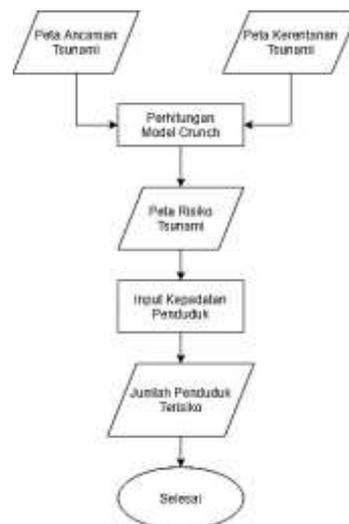


Gambar 2 Diagram Alir Peta Kerentanan



Gambar 3 Diagram Alir Peta Ancaman

Tahap awal pada penelitian ini adalah pembuatan peta ancaman bencana tsunami dengan data awal Citra SPOT-6, DEMNAS, dan RBI. Hasil pada peta ancaman ini akan dikalikan dengan peta kerentanan. Proses pembuatan peta kerentanan dapat dilihat pada Gambar 3. Tahapan selanjutnya pembuatan peta risiko dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Peta Risiko

### III.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

III.2.1 Peralatan Pengolahan Data

1. Perangkat Keras (*Hardware*)  
Laptop Lenovo Spesifikasi Intel® Core™ I5-6200U CPU @ 2,3GHz (4 CPUs), ~2,40GHz. RAM 8GB, OS Windows 10 64-Bit.
2. Perangkat Lunak (*Software*)
  - a) Operation System Windows 10.
  - b) Microsoft Office 2016.
  - c) ArcGIS 10.4.
  - d) Global Mapper

III.2.2 Data Penelitian

1. Data DEM didapatkan dari data DEMNAS dengan sumber pengambilan data TERRASAR-X dengan resolusi 5 m, resolusi spasial 0.27-arcsecond tahun 2011
2. Peta Rupabumi Indonesia (RBI) Kabupaten Serang skala 1:25.000 sumber Badan Informasi Geospasial tahun 2020
3. Data citra satelit SPOT-6 PMS ORT, SPOT 6 *Fused (Pansharped)* Imagery (1.5 meter, 4-band, Level Ortho) Kabupaten Serang akuisisi pada tanggal 29 Maret 2019 yang diperoleh dari LAPAN
4. Data penduduk Kabupaten Serang tahun 2019 yang diterbitkan oleh BPS Kabupaten Serang

III.3 Pra Pengolahan

III.3.1 Pemotongan Citra

Pemotongan citra berguna untuk memfokuskan penelitian ini.

III.3.2 Verifikasi Tutupan Lahan

Penyesuaian tutupan lahan dari data RBI mengacu pada Citra SPOT-6

III.3.3 Topologi

Pengecekan ada atau tidaknya gap dan overlay pada tutupan lahan

III.4 Pengolahan Data

III.4.1 Pembuatan Peta Ancaman Bencana Tsunami

Pemodelan peta ancaman dengan faktor utama yaitu kekasaran permukaan tanah dan elevasi. Pemodelan menggunakan metode Hloss Berryman (2006), koefisien kekasaran mengacu pada prosedur penyusunan peta bahaya oleh Tim Bimtek PRB (2014) dan menyesuaikan dengan keadaan Kabupaten Serang. Tinggi gelombang tsunami yaitu 10 meter. Hasil akhir peta ancaman menggunakan *skoring*.

III.4.2 Pembuatan Peta Kerentanan Bencana Tsunami

Pembuatan peta kerentanan berfokus pada kerentanan fisik lingkungan dan kerentanan infrasturuktu menggunakan lima parameter yaitu, jarak dari pantai, jarak dari sungai, tingkat kelerengan, tingkat ketinggian permukaan dan tutupan lahan. Kelima parameter tersebut masing-masing diberikan bobot dan *skoring*, kemudian di-*overlay* yang akan menghasilkan *skoring* total tingkat kerentanan.

III.4.3 Pembuatan Peta Risiko Bencana Tsunami

Peta risiko bencana tsunami menggunakan Model Crunch dengan mengalikan hasil tingkat ancaman bencana tsunami dengan hasil tingkat kerentanan bencana tsunami.

III.4.4 Pembuatan Risiko Jumlah Penduduk Terdampak

Data jumlah penduduk perdesa didapat dari data yang dibuat oleh BPS Kabupaten Serang tahun 2019 dikonversikan terhadap luas pemukiman yang ada di setiap desa, kemudian didapatkan kepadatan penduduk terhadap pemukiman. Hasil dari peta risiko bencana tsunami di-*overlay* menggunakan metode *intersect* dan akan mendapatkan jumlah penduduk yang terisiko tsunami berdasarkan pemukiman, perhitungan ini dapat dilihat dengan persamaan (5).

$$JPR = \frac{JTP}{LP} \times LPT \dots\dots\dots(5)$$

- JPR = Jumlah Penduduk Terisiko (Jiwa)
- JTP = Jumlah Total Penduduk (Jiwa)
- LP = Luas Pemukiman (Km<sup>2</sup>)

III.5 Tingkat Ancaman, Tingkat Kerentanan, dan Tingkat Risiko Bencana Tsunami

Berikut adalah hasil dan analisis tingkat ancaman, kerentanan dan risiko bencana tsunami Kabupaten Serang.

III.5.1 Hasil dan Analisis Tingkat Ancaman Bencana Tsunami

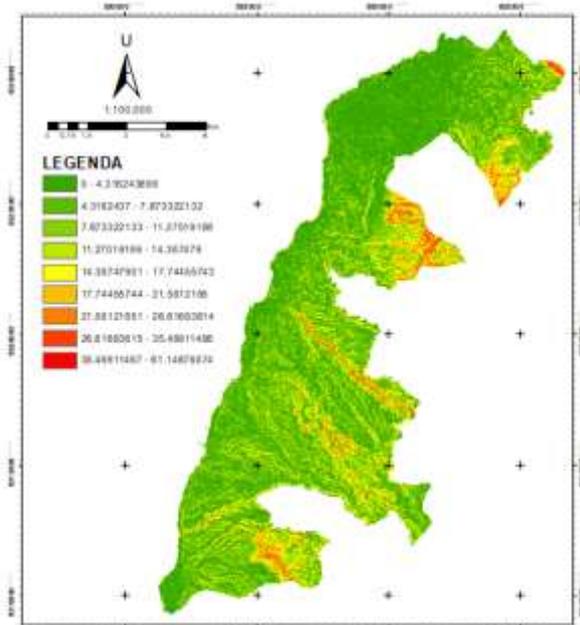
Ancaman atau bahaya tsunami didefinisikan sebagai tinggi gelombang tsunami yang mencapai garis pantai dan rambatan gelombang tsunami ke daratan. Bahaya tsunami dimodelkan dengan metode Hloss Berryman (2006). Berdasarkan persamaan metode Hloss terdapat faktor yang diperlukan dalam pemodelan bahaya tsunami, antara lain koefisien kekasaran, tinggi gelombang tsunami pada garis pantai, dan kemiringan lereng.

Klasifikasi pada penelitian ini menggunakan klasifikasi pada Peta Rupabumi Indonesia Kabupaten Serang BIG dengan skala 1:25.000 dan dikonversikan dengan koefisien kekasaran permukaan yang telah dimodifikasi mengacu pada Berryman (2006), modifikasi ini berdasarkan tutupan lahan yang ada pada wilayah Kabupaten Serang. Koefisien kekasaran dapat diperoleh nilai kekasaran pada Tabel 1.

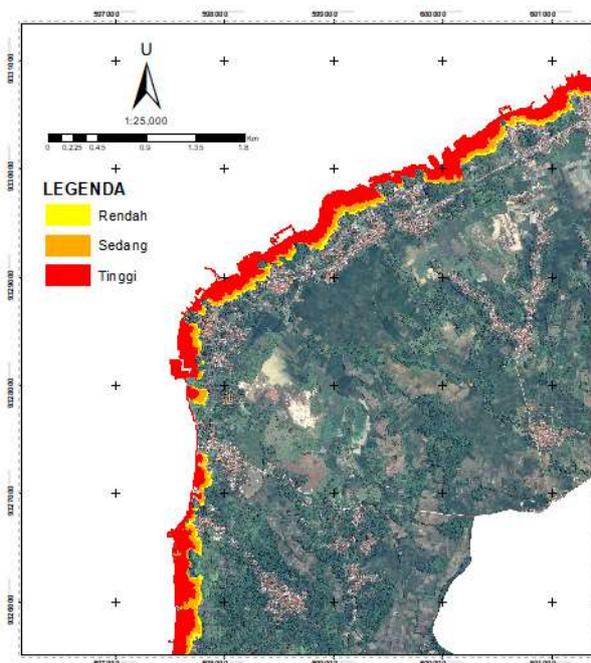
Tinggi gelombang tsunami sangat penting pada penentuan ancaman bencana tsunami ini karena semakin tinggi tsunami yang akan dimodelkan maka akan semakin luas dampak yang akan terkena. Pada penelitian ini penentuan tinggi tsunami berdasarkan tinggi tsunami maksimum yang ada pada tabel referensi dari lampiran Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 dikutip dalam pembuatan modul teknis penyusunan peta bahaya yang disusun oleh tim PRB 2014.

Nilai kemiringan lereng (S) di Kabupaten Serang diperoleh dari data DEMNAS. Kemiringan lereng memengaruhi nilai bahaya rendaman

gelombang tsunami. Rendaman yang masuk ke daratan akan semakin berkurang jika kemiringan lereng besar. Peta kemiringan lereng dan peta ancaman Kabupaten Serang dapat di lihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Didapatkan bahwa tinggi kelerengan di wilayah pesisir pantai sangat rendah, semakin mendekati dengan garis pantai maka tinggi persentase kelerengan rendah.



Gambar 5 Peta Slope Degree



Gambar 6 Peta Ancaman Bencana Tsunami  
Kabupaten Serang

Hasil luasan ancaman bencana tsunami dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Ancaman Bencana Tsunami

No.	DESA	Rendah (Ha)	Sedang (Ha)	Tinggi (Ha)
1	Anyar	5,564	11,272	43,301
2	Bandulu	3,549	6,190	10,530
3	Bulakan	2,448	7,056	38,061
4	Cikoneng	5,420	11,651	41,128
5	Cinangka	1,857	3,748	13,377
6	Kamasan	1,066	1,431	2,689
7	Karangsuraga	5,392	12,552	39,904
8	Pasauran	1,740	4,986	20,268
9	Sindanglaya	4,305	7,813	18,721
10	Tambangayam	2,221	5,055	16,816
11	Umbultanjung	4,911	8,604	19,367

Analisis hasil pada Gambar 6, permodelan tsunami dapat dilihat bahwa penurunan ketinggian gelombang tsunami tersebut, semakin menjauhi garis pantai maka tinggi gelombang tsunami akan semakin berkurang dan akan hilang. Hal itu dapat dilihat dari diagram warna di mana warna merah menunjukkan tinggi tsunami di daerah tersebut memiliki tinggi tsunami 10 meter, untuk warna jingga menunjukkan tinggi gelombang tsunami pada wilayah tersebut memiliki ketinggian 5 meter, dan warna kuning menunjukkan tinggi gelombang tsunami pada wilayah tersebut setinggi 0 meter.

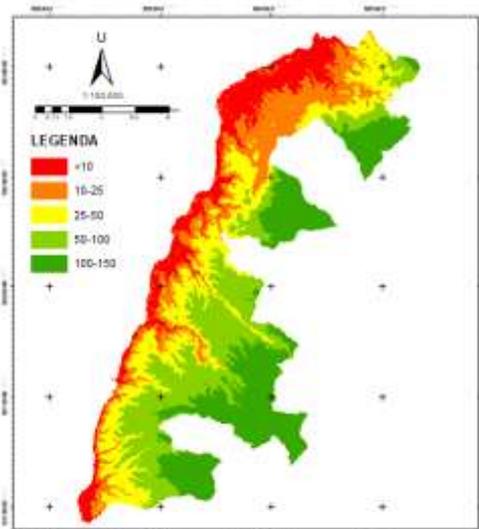
Analisis hasil dari tabel ancaman bencana tsunami diketahui bahwa terdapat 11 desa yang terdampak ancaman bencana tsunami yaitu pada dua kecamatan, kecamatan anyar dan kecamatan cinangka karena kedua kecamatan tersebut terletak tidak jauh dari garis pantai dan merupakan wilayah pada pesisir pantai. Desa yang sangat terancam yaitu Desa Anyar dengan luasan tingkat sangat terancam sebesar 433,012 Ha.

### III.5.2 Hasil dan Analisis Tingkat Kerentanan Bencana Tsunami

Kerentanan adalah keadaan atau kondisi yang dapat mengurangi kemampuan masyarakat untuk mempersiapkan diri untuk menghadapi bahaya atau ancaman bencana (BNPB, 2012). Pada penelitian ini parameter kerentanan tsunami di Kabupaten Serang adalah ketinggian (elevasi) permukaan tanah, kemiringan tanah, jarak dari garis pantai, jarak dari sungai, dan penggunaan lahan.

#### 1. Ketinggian (Elevasi) Permukaan Tanah

Ketinggian permukaan tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kerentanan suatu daerah terhadap bencana tsunami. Data ketinggian permukaan tanah pada penelitian ini didapatkan dari hasil DEMNAS dengan cara *Reclassify* pada *Spatial Analyst* pada aplikasi ArcGIS. Peta ketinggian dapat dilihat pada Gambar 7.

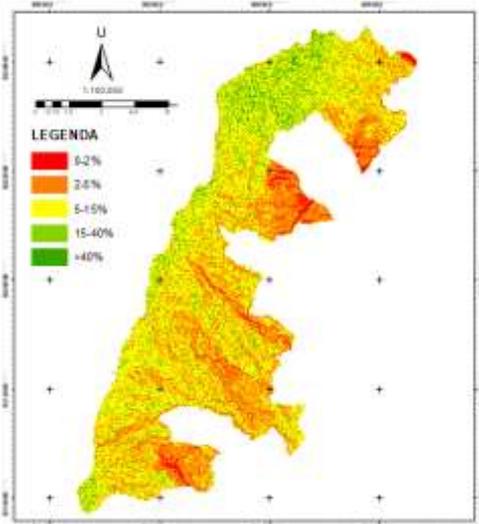


**Gambar 7** Peta Kerentanan Ketinggian

Gambar 7 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah pesisir Kabupaten Serang berada pada ketinggian 10-25 meter pada kecamatan Anyar dan Cinangka. Desa yang terancam kerentanan paling tinggi dengan parameter ketinggian permukaan yang rendah adalah Desa Anyar. Empat desa yang tidak terancam sangat rentan yaitu Desa Banjarsari, Desa Banjarwaru, Desa Barojaya, dan Desa Kubangbaros karena Desa tersebut memiliki ketinggian yang cukup tinggi.

2. Kemiringan Lereng (*Slope*)

Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kerentanan selain ketinggian yaitu kemiringan lereng. Kemiringan lereng adalah ukuran dari kemiringan relatif terhadap bidang horizontal yang umumnya dinyatakan dalam persen atau derajat. Penelitian ini menggunakan unit lereng yang dipakai dalam persen untuk mencari tingkat kerentanan agar memudahkan klasifikasi pada tingkat kemiringan. Peta keterangan dapat dilihat pada Gambar 8.

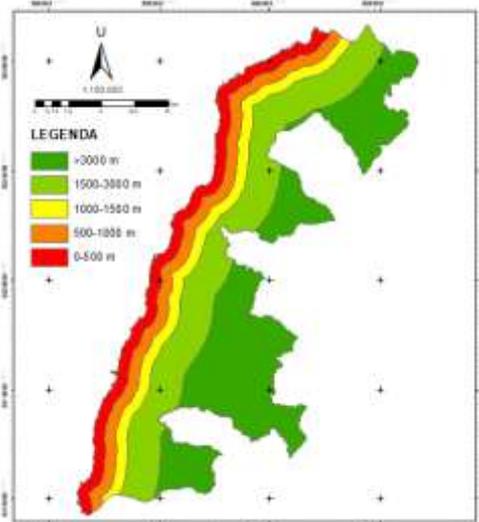


**Gambar 8** Peta Kerentanan Kemiringan Lereng

Diketahui dari data yang didapat bahwa wilayah pesisir Kabupaten Serang memiliki tingkat kemiringan terbanyak pada interval 5-15% yaitu pada kerentanan menengah sebesar 6381,563 Ha. Desa yang memiliki kerentanan kemiringan sangat tinggi dengan wilayah terluas yaitu Desa Cikoneng dengan luas 294,716 Ha.

3. Jarak dari Garis Pantai

Pantai adalah wilayah yang pertama kali berinteraksi dengan tsunami yang datang dari arah laut dan belakangan ini pembangunan fisik dan pemilihan lahan mulai menekan ke arah pantai. Maka dapat dikatakan semakin dekat dengan garis pantai maka wilayah tersebut akan semakin rentan terhadap tsunami, sedangkan semakin jauh dengan garis pantai maka akan semakin rendah terhadap tsunami. Peta kerentanan jarak dari garis pantai dapat dilihat pada Gambar 9.

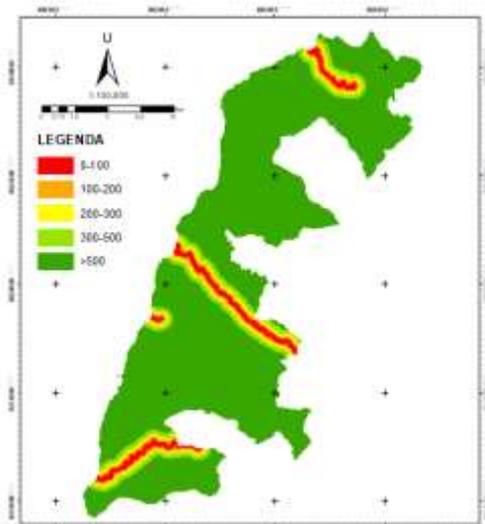


**Gambar 9** Peta Kerentanan Jarak dari Pantai

Hasil yang didapat dari data perolehan luas desa untuk tingkat kerentanan berdasarkan jarak dari pantai bahwa terdapat 12 desa yang memiliki tingkat kerentanan sangat tinggi, yaitu Desa Anyar, Desa Bandulu, Desa Bulakan, Desa Cikoneng, Desa Cinangka, Desa Kamasan, Desa Karangsuraga, Desa Mekarsari, Desa Pasauran, Desa Sindanglaya, Desa Tambangayam, dan Desa Umbultanjung. Desa yang memiliki tingkat kerentanan berdasarkan jarak dari pantai sangat tinggi dengan luas paling besar yaitu Desa Kurangsuraga dengan total luas sebesar 220,477 Ha.

4. Jarak dari Sungai

Pada peta jarak dari sungai, klasifikasi terbagi menjadi lima kelas kerentanan. Kelas yang sangat rentan terhadap tsunami yaitu terdapat pada wilayah yang jaraknya 0 hingga 100 meter dari sungai. Hal ini dikarenakan gelombang tsunami jika bertemu dengan sungai dapat dengan mudah masuk tanpa ada yang menghalangi. Hasil peta jarak dari sungai dapat dilihat pada Gambar 10.

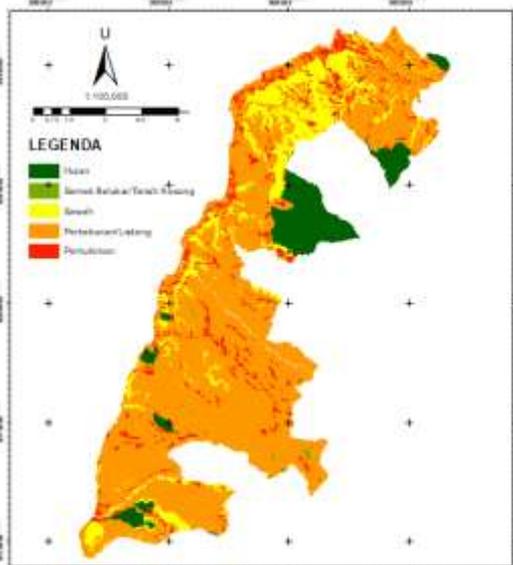


Gambar 10 Peta Kerentanan Jarak dari Sungai

Hasil yang didapatkan dari perolehan data kerentanan berdasarkan jarak dari sungai terdapat 12 desa yang terkena dampak sungai dan sisanya jauh dari kerentanan yang disebabkan oleh sungai.

5. Tutupan Lahan

Penutup lahan di pesisir pantai menjadi salah satu aspek yang menentukan tingkat kerentanan tsunami. Peta penutup lahan dibagi menjadi lima klasifikasi kelas kerentanan. Kelas yang paling tinggi adalah permukiman atau tempat tinggal karena merupakan tempat yang sering dihuni oleh penduduk pesisir Kabupaten Serang. Untuk hasil peta penutup lahan dapat dilihat pada Gambar 11.



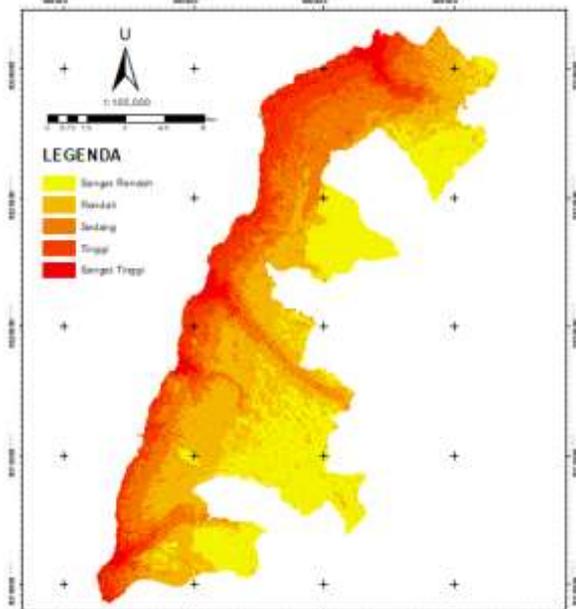
Gambar 11 Peta Kerentanan Tutupan Lahan

Didapatkan hasil pada proses analisis kerentanan pada tutupan lahan didapatkan bahwa semua desa memiliki tingkat kerentanan yang sangat tinggi. Pada wilayah pesisir Kabupaten Serang diketahui bahwa nilai total luasan terbanyak berada di rentan tinggi yang menandakan Kabupaten Serang

memiliki perkebunan/ladang yang sangat luas dengan luas 8.727,701 Ha.

6. Tingkat Kerentana Bencana Tsunami

Peta kerentanan tsunami penelitian ini diperoleh melalui analisis spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan tool *overlay* pada *goeprocessing wizard*. Skor masing-masing kelas pada setiap kriteria/parameter dikalikan dengan bobot kriteria dan akan menghasilkan skor terbobot masing-masing parameter kerentanan. Semua skor terbobot dijumlahkan sehingga diperoleh nilai kerentanan bahaya tsunami. Hasil analisis spasial kerentanan bahaya tsunami dapat dilihat pada Gambar 12.

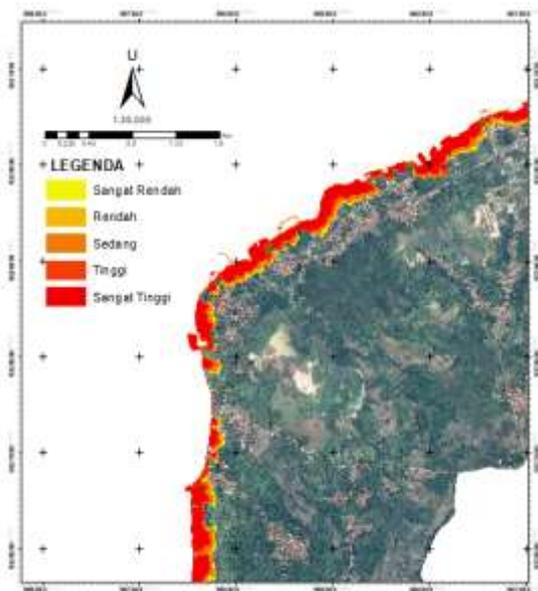


Gambar 12 Peta Kerentanan Bencana Tsunami

Pada tingkat kerentanan bencana tsunami yang telah di-*overlay* dengan kelima parameter yang sudah ditentukan menghasilkan data dengan hasil yang berada di Tabel . Diketahui bahwa terdapat 14 desa yang terklasifikasi sangat tinggi tingkat kerentanannya dan desa yang paling luas tingkat kerentanan dengan klasifikasi sangat tinggi yaitu Desa Anyar dengan luas kerentanan 89,952 Ha sangat tinggi.

III.5.3 Hasil dan Analisis Tingkat Risiko Bencana Tsunami

Pembuatan peta tingkat risiko tsunami Kabupaten Serang penelitian ini menggunakan model Crunch. Model Crunch mengasumsikan bahwa bencana sendiri merupakan hasil dari proses bertemunya bahaya yang kemudian berkembang menjadi faktor pemicu bencana dengan kerentanan yang di dalamnya terdapat sebuah kondisi yang tidak nyaman di mana terdapat eskalasi kerentanan dan kerawanan yang dialami penduduk baik sebelum terjadinya bencana maupun sesudahnya. Hasil skoring dari peta ancaman dan peta kerentanan dikalikan dengan metode *overlay*. Hasil analisis tingkat risiko bencana tsunami dapat dilihat pada Gambar 13 dengan lima kelas klasifikasi.



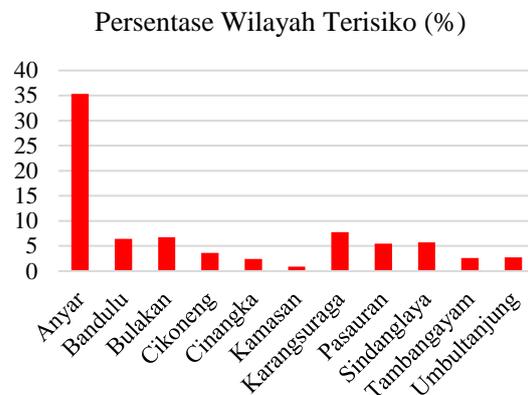
Gambar 13 Peta Tingkat Risiko Bencana Tsunami

Hasil yang didapatkan bahwa terdapat 11 Desa yang terkena risiko bencana tsunami yaitu Desa Anyar, Desa Bandulu, Desa Bulakan, Desa Cikoneng, Desa Cinangka, Desa Kamasan, Desa Karangsuraga, Desa Pasauran, Desa Sindanglaya, Desa Tambangayam, dan Desa Umbul Tanjung. Total luas wilayah yang terdampak risiko bencana tsunami sebesar 385,217 Ha, sedangkan total luas desa yang wilayahnya terdampak sebesar 8.130,809 Ha dengan total 11 desa. Maka persentase yang didapatkan dari wilayah terdampak dengan total luas wilayah desa keseluruhan sebesar 4,74%. Adapun desa yang sangat tinggi tingkat risiko terhadap bencana tsunaminya yaitu Desa Anyar dengan luas tingkat risiko sangat tinggi sebesar 41,026 Ha. Tabel luas wilayah terisiko dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Luas Wilayah Terisiko

No	Desa	Luas Total Terdampak (Ha)	Luas Desa (Ha)	Persentase (%)
1	Anyar	60,479	171,258	35,315
2	Bandulu	20,609	319,753	6,445
3	Bulakan	47,960	714,360	6,714
4	Cikoneng	58,168	1591,148	3,656
5	Cinangka	19,261	794,039	2,426
6	Kamasan	5,393	622,662	0,866
7	Karangsura ga	59,131	762,138	7,759
8	Pasauran	26,387	481,709	5,478
9	Sindanglaya	30,817	541,087	5,695
10	Tambangayam	24,461	934,131	2,619
11	Umbul Tanjung	32,551	1198,524	2,716
	Jumlah	385,217	8.130,809	4,738

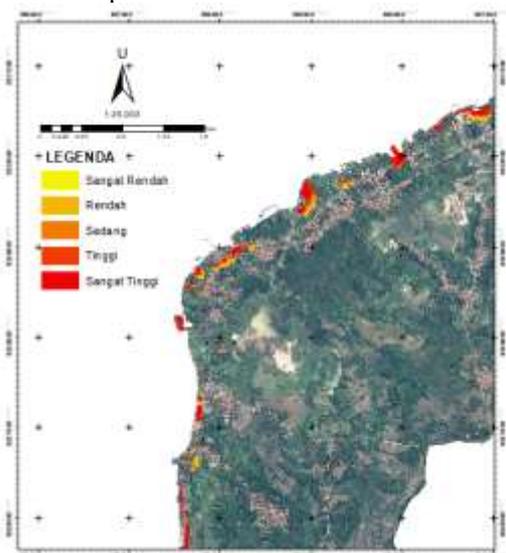
Persentase wilayah Kabupaten Serang yang terisiko bencana tsunami dapat dilihat pada Gambar 14. Berdasarkan persentase tersebut, didapatkan bahwa persentase desa tertinggi model risiko tsunami yaitu Desa Anyar sebesar 35,315% dan desa terendah yaitu Desa Kamasan sebesar 0,866%.



Gambar 14 Diagram Persentase Wilayah Terisiko

### III.6 Hasil dan Analisis Jumlah Luas Pemukiman dan Penduduk Terisiko

Pembuatan risiko tsunami pada permukiman di Kabupaten Serang dengan menggunakan *tools Intersect* pada menu *Geoprocessing Wizard* dalam aplikasi ArcGIS. Permukiman merupakan salah satu kerentanan kependudukan dan sosial dan difokuskan pada akhir penelitian ini agar terlihat seberapa banyak luas bangunan yang memiliki tingkat risiko permukiman terhadap bencana tsunami. Hasil untuk tingkat risiko permukiman terhadap bencana tsunami dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Peta Pemukiman Terisiko Bencana Tsunami

Kepadatan penduduk diperoleh dari luas hasil permukiman yang terisiko terhadap tsunami dikalikan dengan kepadatan per kilomaternya. Maka dari data-

data yang diperoleh dari tingkat risiko permukiman dapat dilihat hasil kepadatan penduduk pada Tabel 9.

**Tabel 9** Jumlah Jiwa Terancam

No.	DESA	Penduduk	Luas (Ha)	Jiwa Terancam
1	Anyar	9.036	20,006	2.590
2	Bandulu	4.764	4,194	788
3	Bulakan	3.974	2,309	236
4	Cikoneng	6.134	12,288	1.212
5	Cinangka	5.035	0,397	34
6	Kamasan	6.883	0,544	77
7	Karangsuraga	5.805	7,565	880
8	Pasauran	2.860	6,207	699
9	Sindanglaya	4.973	5,076	520
10	Tambangayam	3.905	4,552	409
11	Umbultanjung	4.762	3,923	391

Hasil yang didapatkan bahwa terdapat 7.836 jiwa penduduk yang terisiko terhadap bencana tsunami dengan rincian pada tabel di Kabupaten Serang dengan 11 Desa yang terisiko. Penduduk terbanyak yang terisiko bencana tsunami yaitu pada Desa Anyar dengan jumlah penduduk terdampak sebanyak 2.590 jiwa.

**IV. Penutup**

**IV.1 Kesimpulan**

Hasil penelitian memiliki kesimpulan menjawab rumusan masalah. Berikut adalah kesimpulan dalam penelitian ini:

1. Hasil dari peta tingkat ancaman bencana tsunami diketahui semakin jauh gelombang tsunami dari garis pantai maka dampak tsunami akan semakin berkurang. Dari model yang sudah diteliti dengan ketinggian tsunami 10 meter terdapat 11 desa yang potensial terancam. Adapun desa yang sangat terancam terhadap bencana tsunami yaitu Desa Anyar.

Hasil dari peta kerentanan terdapat 14 desa yang terklasifikasi sangat tinggi tingkat kerentanannya, untuk desa yang paling luas tingkat kerentanan dengan klasifikasi sangat tinggi terhadap bencana tsunami dengan parameter yang telah dilakukan yaitu pada Desa Anyar.

Hasil dari penelitian risiko bencana tsunami ini bahwa terdapat 11 Desa potensial terhadap risiko bencana tsunami pada wilayah pesisir Kabupaten Serang di antaranya yaitu Desa Anyar (35,3%), Desa Bandulu (6,4%), Desa Bulakan (6,7%), Desa Cikoneng (3,6%), Desa Cinangka (2,4%), Desa Kamasan (0,8%), Desa Karangsuraga (7,8%), Desa Pasauran (5,5%), Desa Sindanglaya (5,7%), Desa Tambangayam (2,6%), dan Desa Umbul Tanjung (2,7%). Persentase wilayah terdampak dengan wilayah total desa sebesar 4,74% yaitu dengan total luas wilayah terdampak risiko sebesar 385,217 Ha.

Adapun desa yang sangat tinggi tingkat risiko terhadap bencana tsunami yaitu Desa Anyar dengan luas tingkat risiko sangat tinggi sebesar 41,026 Ha.

2. Hasil yang didapatkan pada kepadatan tingkat risiko bencana tsunami di Kabupaten Serang bahwa terdapat 7.836 jiwa penduduk dengan total 11 desa yang terisiko dengan luas total permukiman pada tingkat risiko sangat tinggi sebesar 36,938 Ha. Adapun penduduk terbanyak yang terisiko bencana tsunami yaitu pada Desa Anyar dengan jumlah penduduk 2.590 jiwa terisiko dengan luas pada tingkat paling tinggi sebesar 11,026 Ha .

**IV.2 Saran**

Penelitian ini ditemukan beberapa saran sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya. Berikut adalah saran yang dapat disampaikan:

1. Melakukan ketersediaan data pada instansi yang menyediakan data sebelum melakukan penelitian, hal ini dapat mempercepat proses penelitian.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan citra yang memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi untuk memudahkan identifikasi dalam proses digitasi.
3. Data DEM menggunakan data yang lebih teliti dan menggunakan tahun data yang sesuai kondisi citra agar hasil penelitian lebih maksimal.
4. Pembuatan peta kerentanan pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan parameter yang berbeda atau ditambahkan dengan parameter yang lain agar hasil lebih teliti dan akurat.
5. Pada pembuatan peta ancaman dianjurkan menggunakan metode lain yang lebih spesifik parameternya dengan acuan bencana tsunami yang telah terjadi agar lebih sesuai dan teliti tingkat ancamannya.

**Daftar Pustaka**

Alimsuardi, M., Suprayogi, A., Amarrohman, F.J. 2019. Analisis Kerusakan Tutupan Lahan Akibat Bencana Tsunami Selat Sunda Di Kawasan Pesisir Pantai Kecamatan Carita dan Kecamatan Labuan Kabupaten Pandeglang. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro: Teknik Geodesi.

Badan Pusat Statistik. 2019. Kecamatan Anyar dan Kecamatan Cinangka dalam Angka. BPS Provinsi Banten

BNPB. 2012. Indeks Rawan Bencana Indonesia, Jakarta

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

- Badan Informasi Geospasial. (2017). Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang. Bogor: Badan Informasi Geospasial.
- Esri. 2019. *Cost Distance*. Retrieved Oktober 29, 2019, from ArcMap: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/cost-distance.htm#>
- Iqoh, F., Lumban G, L., & Mei Ling, M. 2013. *Vulnerability Level Map of Tsunami Disaster in Pangandaran Beach, West Java*. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences* Vol.10 No.2:<https://www.researchgate.net/publication/273451403>
- LAPAN. 2018. Jenis Data Citra Satelit. [https://inderaja-catalog.lapan.go.id/application\\_data/default/pages/about\\_Spot-6.html](https://inderaja-catalog.lapan.go.id/application_data/default/pages/about_Spot-6.html)
- Mantra, I. B. 2007. Demografi Umum. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Offset.
- Muzaki, A.A., 2008, *Spatial analysis of reef ecosystem based of the marine conservation using cell based modelling method in Seribu Island, DKI Jakarta (in Indonesian)*, Thesis, Bogor Agricultural University.
- Prahasta, Eddy. 2001. Konsep – Konsep Dasar Sistem Informasi Geografi, Informatika. Bandung
- Ridwan, Y., Seniorwan, Sufwandika, M., 2014. Modul Teknis Prosedur Penyusunan Peta Bahaya. Tim Bimtek PRB
- Sarwono, S. W. 1992. Psikologi Lingkungan. Jakarta: PT. Grasindo.
- Siswadi, Anwar. 2018. Tsunami Selat Sunda di Pantai Carita Banten Hingga 5,26 Meter. Diambil dari media harian online Tempo: <https://tekno.tempo.co/read/1160657/tsunami-selat-sunda-di-pantai-carita-banten-hingga-526-meter>
- Undang-Undang Republik Indonesia No.24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana
- Wasisto 2013, Raharjo J, Wasisto (2013). Analisis Penanggulangan Bencana Berbasis Perspektif Cultural Theory. Dialog Penanggulangan Bencana vol. 4 no.1, 1 - 12