



Pembuatan Peta Zonasi Risiko Tsunami Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Wilayah Pesisir Pangandaran

Muhammad Nurul Fahmi¹, Ketut Wikantika¹, Agung, Budiharto¹

¹Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis,
Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

Abstrak. Pada tahun 2007 telah terjadi tsunami berskala kecil yang menerjang wilayah pesisir Kabupaten Pangandaran. Meskipun begitu setidaknya tsunami tersebut mengakibatkan 500 korban jiwa. Banyaknya korban jiwa disebabkan kekurangsiapan masyarakat terhadap bencana tsunami. Kekurangsiapan ini dipengaruhi oleh belum meratanya tindakan mitigasi bencana tsunami. Salah satu upaya mitigasi yang diperlukan berupa peta zonasi risiko tsunami. Peta risiko tsunami pada penelitian ini disusun dengan mengacu pada Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana dengan beberapa modifikasi. Berdasarkan peraturan tersebut ditentukan beberapa parameter seperti tingkat ancaman, kerentanan, kapasitas, dan risiko bencana tsunami. Untuk memperoleh peta kerentanan pada penelitian ini dilakukan penghitungan kepadatan penduduk menggunakan metode *land use density*. Metode ini menggunakan data citra Quickbird sebagai sumber data utama. Selain itu pada penelitian ini juga digunakan data Digital Elevation Model (DEM). Kemudian ditambahkan data jarak dari garis pantai sebagai modifikasi untuk mengetahui zonasi ancaman tsunami. Peta risiko tsunami yang dihasilkan menunjukkan bahwa wilayah pesisir Pangandaran menjadi wilayah yang berisiko terkena tsunami. Untuk menentukan zona kapasitas digunakan data kapasitas bencana tsunami di wilayah penelitian. Dari peta zonasi risiko tsunami diperoleh bahwa Desa Pananjung merupakan desa yang memiliki tingkat risiko paling tinggi yang 81,20% wilayahnya memiliki tingkat risiko tinggi. Sedangkan, Desa Cintakarya merupakan desa yang memiliki tingkat risiko paling rendah dengan 96,85% wilayahnya memiliki tingkat risiko rendah.

Kata kunci: tsunami, risiko, bahaya, kerentanan, kapasitas, *land use density*.

1 Pendahuluan

Kabupaten Pangandaran merupakan salah satu dari 18 kabupaten yang ada di Jawa Barat. Kabupaten ini terletak di bagian selatan Pulau Jawa. Di timur, kabupaten ini berbatasan dengan Kabupaten Cilacap, Kabupaten Tasikmalaya di barat, Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar di utara, dan Samudra Hindia di bagian selatan. Secara geografis dan geologis kabupaten ini dikategorikan sebagai

daerah rawan bencana (BNPB, 2012). Hal ini dikarenakan Kabupaten Pangandaran berada di wilayah yang dilewati oleh *ring of fire*.

Seperti yang telah banyak diketahui, sudah sangat banyak bencana gempa bumi dan tsunami yang telah terjadi di wilayah ini. Pada tahun 2004, terjadi gempa bumi besar yang diikuti oleh terjangan tsunami di Provinsi Nangroe Aceh Darusalam. Bencana gempa bumi dan tsunami tersebut mengakibatkan 128.645 korban jiwa, 37.036 orang hilang, dan 5.000 orang kehilangan tempat tinggal, serta kerugian materi sekitar 4,75 triliun rupiah. Pada Maret 2005, terjadi tsunami di Kepulauan Nias yang merenggut 200 orang. Tsunami kembali terjadi di Indonesia pada tahun 2006. Tsunami yang tidak terlalu besar menerjang wilayah pesisir selatan Kabupaten Pangandaran. Meskipun kecil, tsunami tersebut mengakibatkan 500 korban jiwa (Jabar, 2006).

Banyaknya korban jiwa dan besarnya kerugian yang diderita disebabkan oleh kurangnya kesiapsiagaan dan antisipasi masyarakat terhadap ancaman bencana gempa bumi dan tsunami. Hal ini dikarenakan kurangnya informasi tentang bencana yang diketahui oleh masyarakat sebagai upaya mitigasi bencana tsunami.

Salah satu upaya yang dilakukan sebagai upaya mitigasi diperlukan informasi tentang bencana gempa bumi dan tsunami sebagai salah satu upaya antisipasi bencana. Salah satu informasi yang bisa disediakan adalah peta risiko bencana tsunami. Peta risiko bencana tsunami adalah peta yang menggambarkan potensi kerugian yang ditimbulkan oleh bencana tsunami pada suatu kawasan dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat (BNPB, 2012).

Peta risiko tsunami di wilayah pesisir Pangandaran menjadi suatu aspek mitigasi yang sangat penting. Hal ini berdasarkan data historis terjadinya tsunami di Pangandaran. Selain pada tanggal 17 Juli 2006, di Pangandaran juga pernah terjadi bencana tsunami pada tahun 1921 (Newcomb, 1987). Dari data historis tersebut dapat dikatakan bahwa tsunami sangat mungkin terjadi kembali di wilayah pesisir Pangandaran.

Dewasa ini sudah banyak metode dan teknologi yang dapat digunakan untuk membangun model risiko tsunami diantaranya adalah sistem informasi geografis. Sudah banyak ilmuwan yang menggunakan metode dan teknologi tersebut seperti pembuatan model risiko tsunami di Alexandria, Mesir (Sandra, 2012), pembuatan sistem peringatan dini tsunami (Feng Wang, 2008). Pada akhirnya informasi berupa peta risiko tsunami diharapkan mampu memberikan pengetahuan kepada masyarakat Kabupaten Pangandaran mengenai status risiko daerahnya terhadap terjangan tsunami.

2 Tujuan Penelitian

Dewasa ini sudah banyak teknologi yang dapat membantu proses pembuatan dan penyajian peta. Salah satu teknologinya adalah Sistem Informasi Geografis. Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi yang berdasar pada data spasial dan merepresentasikan obyek di bumi. Dalam SIG sendiri, teknologi informasi merupakan perangkat yang membantu dalam hal penyimpanan data, pemrosesan data, penganalisisan data, pengelolaan data, dan penyajian informasi. SIG merupakan sistem terkomputerisasi yang menolong pengguna dalam memantau dan menjaga data tentang lingkungan dalam bidang geografis.

Dalam penggunaannya SIG memiliki beberapa kelebihan dalam penyimpanan, pengolahan, dan penyajian data spasial. Di dalam SIG data tersimpan dalam format digital, jumlah data yang besar dapat tersimpan dan diambil kembali secara cepat dan efisien. Keunggulan SIG lainnya adalah kemampuan memanipulasi data dan analisis data spasial dengan mengaitkan data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda. Dalam suatu analisis tunggal. Dalam segi penyajian, SIG mampu menyajikan data spasial dalam bentuk yang lebih atraktif.

Melihat dari banyaknya keunggulan yang disediakan oleh Sistem Informasi Geografis maka perlu dilakukan penelitian bagaimana membuat peta risiko tsunami menggunakan sistem informasi geografis di wilayah pesisir Pangandaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat peta risiko bencana tsunami menggunakan sistem informasi geografis di wilayah pesisir Kabupaten Pangandaran.

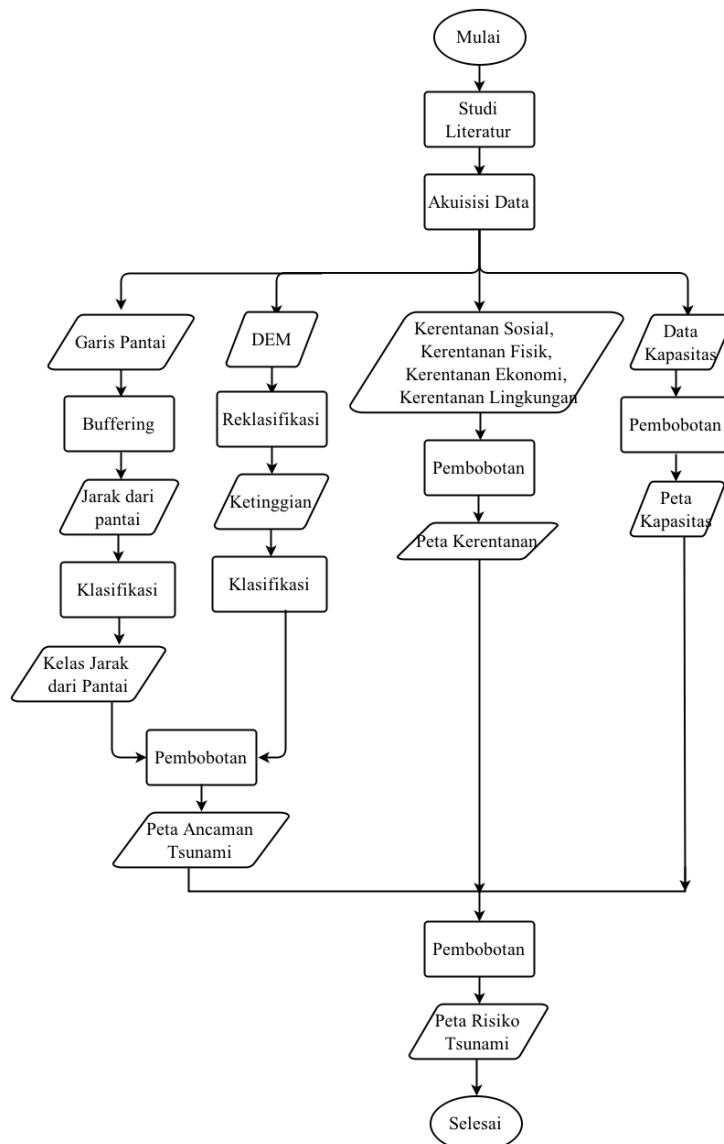
3 Wilayah Studi dan Data

Wilayah studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah wilayah pesisir Kabupaten Pangandaran. Secara lebih spesifik wilayah yang diteliti dikhususkan pada wilayah pesisir seluas 2 km x 30 km. Kabupaten Pangandaran merupakan salah satu dari 18 kabupaten yang ada di Jawa Barat. Secara administratif kabupaten ini terletak di bagian selatan Pulau Jawa. Di timur, kabupaten ini berbatasan dengan Kabupaten Cilacap, Kabupaten Tasikmalaya di barat, Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar di utara, dan Samudera Hindia di bagian selatan.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Citra Quickbird yang diakusisi pada tahun 2009. Selain itu digunakan juga data-data lain seperti Peta RBI skala 1:25.000 tahun 2010, data jumlah penduduk tahun 2010, data kapasitas irigasi bencana, dan data *Digital Elevation Model*.

4 Metodologi dan Pengolahan Data

Secara skematis metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Metodologi yang digunakan dalam penelitian adalah metode studi literatur dan eksperimen. Pada Gambar 1 dapat dilihat metode penelitian yang dilakukan. Penelitian ini berfokus pada pembuatan peta risiko tsunami yang diperoleh dari tiga buah peta lainnya yaitu peta ancaman, peta kerentanan, dan peta kapasitas.



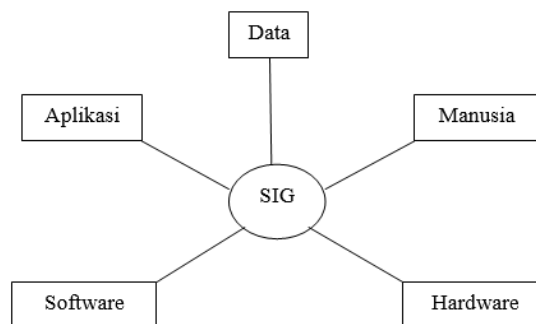
Gambar 1 Skema metodologi penelitian

5 Sistem Informasi Geografis

Menurut Aronoff (1989) SIG adalah suatu sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data, (penyimpanan dan pemasukan kembali), manipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (output). Hasil akhir (output) dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi (Prahasta, 2001).

Berdasarkan definisi tersebut SIG memiliki kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di Bumi, menggabungkannya, menganalisa, dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang diolah pada SIG adalah data spasial yaitu sebuah data yang bereferensi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya. Oleh karena itu aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti lokasi, kondisi, tren, pola, dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya (Prahasta, 2001).

Untuk mengoperasikan SIG dibutuhkan beberapa komponen seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Komponen-komponen SIG

Manusia adalah orang yang menjalankan sistem meliputi mengoperasikan, mengembangkan bahkan memperoleh manfaat dari sistem. Manusia memegang peranan yang sangat menentukan, karena tanpa manusia sistem tersebut tidak dapat diaplikasikan dengan baik. Jadi manusia menjadi komponen utama yang mengendalikan suatu sistem sehingga menghasilkan suatu analisa yang dibutuhkan (Prahasta, 2001).

Komponen berikutnya adalah aplikasi. Aplikasi merupakan kumpulan dari prosedur-prosedur yang digunakan untuk mengolah data informasi. Kemudian

komponen ketiga adalah data. Data yang digunakan dalam SIG dapat berupa data spasial yang merupakan representasi fenomena permukaan bumi berupa peta, foto udara, dan citra satelit. Komponen ini merupakan komponen yang penting dalam SIG. Komponen keempat adalah perangkat lunak. Perangkat lunak SIG adalah program komputer yang dibuat khusus dan memiliki kemampuan pengelolaan, penyimpanan, pemrosesan, analisis, dan penayangan data spasial. Komponen terakhir adalah perangkat keras. Perangkat keras berupa seperangkat komputer yang dapat mendukung pengoperasian perangkat lunak yang dipergunakan (Prahasta, 2001).

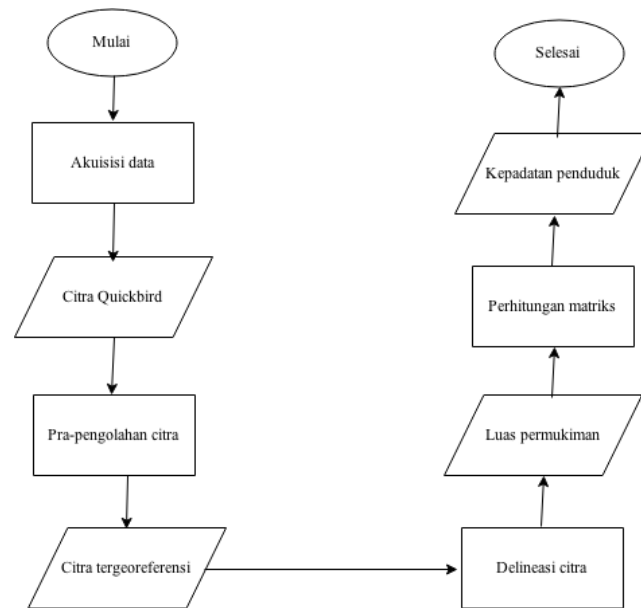
Dalam pengoperasian SIG menggunakan perangkat lunak diperlukan layer-layer yang berisikan data-data geografis. Data yang ada pada layer bisa berupa gambar poligon, garis, simbol, dan titik. Pemisahan data dalam beberapa layer bertujuan untuk mempermudah pengolahan data dan mampu menampilkan informasi secara atraktif.

Layer-layer pada perangkat lunak merupakan entitas-entitas yang diperlukan untuk membangun suatu peta. Entitas adalah suatu objek atau konsep yang keberadaannya bisa dikenali secara unik. Dalam arti lain objek tersebut bisa dibedakan dengan objek lainnya.

Dalam perangkat lunak setiap entitas memiliki atribut. Atribut merupakan karakteristik yang menggambarkan sifat-sifat dari suatu entitas. Dalam penelitian ini digunakan beberapa layer yang memiliki entitas dan atribut sebagai berikut:

1. Batas Desa: (ID_Desa, Nama_Desa)
2. Data Penduduk: (ID_Desa, Jumlah_Penduduk, Jumlah_Laki, Jumlah_Perempuan, Orang_Cacat, Orang_Miskin).
3. Tinggi Gelombang: (ID_Desa, Tinggi_Gelombang_Tsunami).
4. Ketinggian: (ID_Desa, Ketinggian).
5. Land Cover: (ID_Desa, Permukiman, Sawah, Tambak, Ladang, Kebun, Hutan_Alami, Hutan_Bakau, Hutan_Lindung, Fasilitas_Umum).
6. Ekonomi: (ID_Desa, PDRB).

6 Metode Land Use Density



Gambar 3 Metodologi *land use density*

Metode *land use density* merupakan satu metode yang memungkinkan untuk menghitung kepadatan penduduk satu wilayah dengan menggunakan jenis tutupan lahan. Pada penelitian ini kepadatan penduduk ditentukan menggunakan pendekatan analisis distribusi dari pola permukiman di wilayah penelitian. Secara detail metode *land use density* bisa dilihat pada Gambar 3.

Metode ini memungkinkan dilakukannya penghitungan kepadatan penduduk dengan menganalisis rumah per rumah dan penghitungan kepadatan penduduk dari unsur penggunaan lahan (Min, 2002). Hubungan antara jumlah penduduk dengan kepadatan penduduk dimodelkan dalam bentuk matematis sebagai berikut:

$$P = \sum_{i=1}^n (A_i D_i) \quad (1)$$

dimana:

A_i : luas dari masing-masing tipe penggunaan lahannya, dalam hal ini permukiman.

D_i : kepadatan penduduk untuk masing-masing tipe permukiman.

P : total jumlah penduduk untuk daerah penelitian (Min, 2002).

Dalam perhitungannya, digunakan prinsip kuadrat terkecil terhadap metode *land use density* untuk menentukan kepadatan penduduk.

7 Pembuatan Peta Ancaman Tsunami

Peta ancaman adalah peta yang menggambarkan potensi timbulnya korban jiwa pada akibat terjadinya tsunami. Selain itu, peta ini juga mampu menentukan wilayah tempat terjadinya tsunami dengan frekuensi dan intensitas tertentu, tergantung pada kerentanan dan kapasitas daerah tersebut yang dapat menyebabkan bencana.

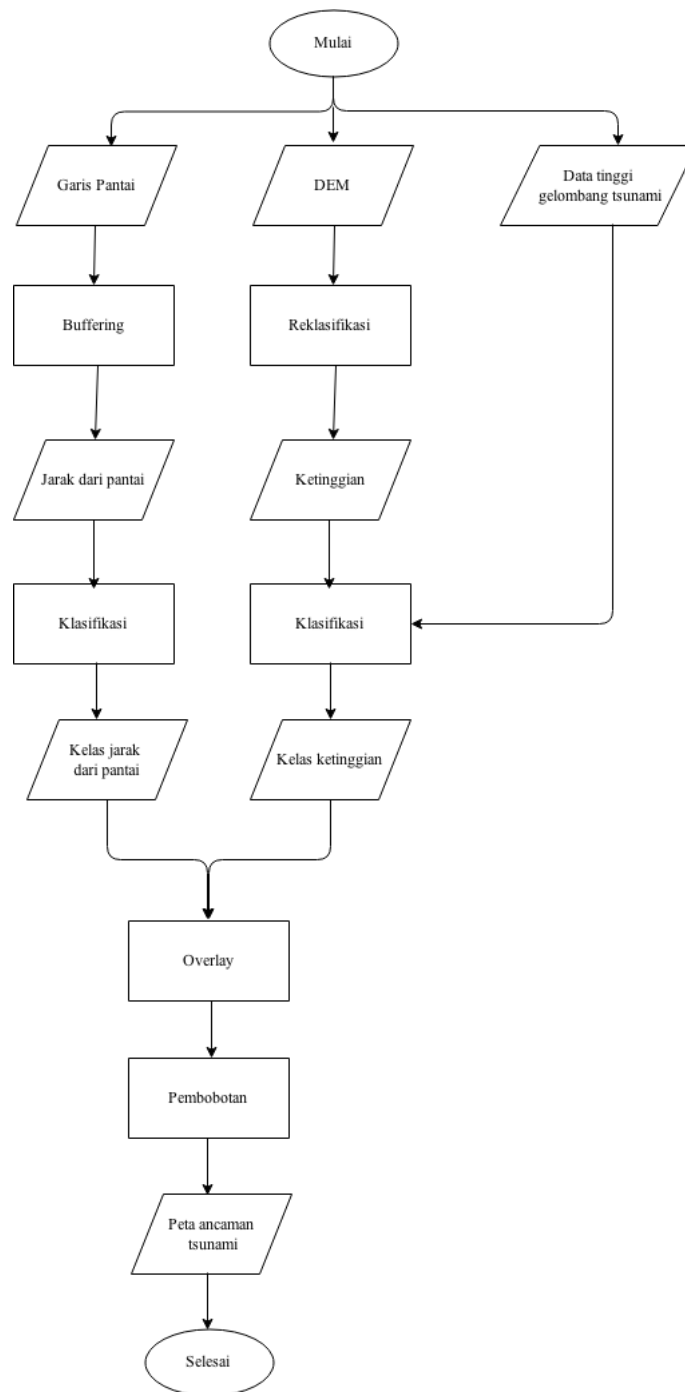
Dalam pembuatan peta ancaman tsunami dilakukan modifikasi metode yang ada pada Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana dengan mengganti parameter jarak rendaman dengan ketinggian yang berdasarkan data histori tinggi gelombang tsunami. Padahal untuk membuat peta ancaman tsunami diperlukan jarak rendaman sebagai salah satu parameter penyusun. Hal ini dilakukan karena kurangnya data yang diperlukan untuk menghitung jarak rendaman. Metodologi pembuatan peta ancaman tsunami secara detil dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk membuat peta ancaman tsunami diperlukan informasi ketinggian. Informasi tersebut diperoleh dari data DEM. Data tersebut direklasifikasi untuk mendapatkan kelas ketinggian di wilayah penelitian. Reklasifikasi ini bertujuan untuk menentukan zona bahaya tsunami guna membuat peta ancaman bencana tsunami.

Klasifikasi pada penelitian ini diperoleh dari data historis tinggi gelombang tsunami Pangandaran pada tahun 2006. Tinggi maksimum gelombang tsunami Pangandaran pada tahun 2006 yang tercatat adalah 7 meter (Andreas, 2008). Tinggi maksimum gelombang tersebut dijadikan sebagai acuan penyusunan klasifikasi ketinggian. Klasifikasi data ketinggian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi kelas ancaman tsunami (Modifikasi Athian, 2011)

Ketinggian (meter)	Kelas Ancaman	Peringkat	Skor
≥ 20	Sangat Berbahaya	5	1
$15 < H < 20$	Berbahaya	4	0,8
$10 < H < 15$	Cukup Bahaya	3	0,6
$7 < H < 10$	Kurang Bahaya	2	0,4
< 7	Tidak Bahaya	1	0,2



Gambar 4 Metodologi pembuatan peta ancaman tsunami

Selain informasi ketinggian, pada penelitian ini juga dilakukan modifikasi berupa tambahan parameter jarak dari pantai. Informasi ini diperoleh dari data garis pantai yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial. Informasi jarak dari pantai tersebut dibagi ke dalam beberapa kelas sebagaimana yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi jarak dari pantai (Modifikasi Athian, 2011)

Jarak (meter)	Kelas Ancaman	Peringkat	Skor
< 500	Sangat Dekat	5	1
500 < H < 1000	Dekat	4	0,8
1000 < H < 1500	Cukup Dekat	3	0,6
1500 < H < 3000	Cukup Jauh	2	0,4
≥ 3000	Jauh	1	0,2

Setelah kedua informasi tersebut diperoleh, selanjutnya dilakukan proses perhitungan untuk memperoleh skor ancaman tsunami. Formula yang digunakan dalam perhitungan sebagai berikut.

$$(0,6 \times h) + (0,4 \times d) \quad (1)$$

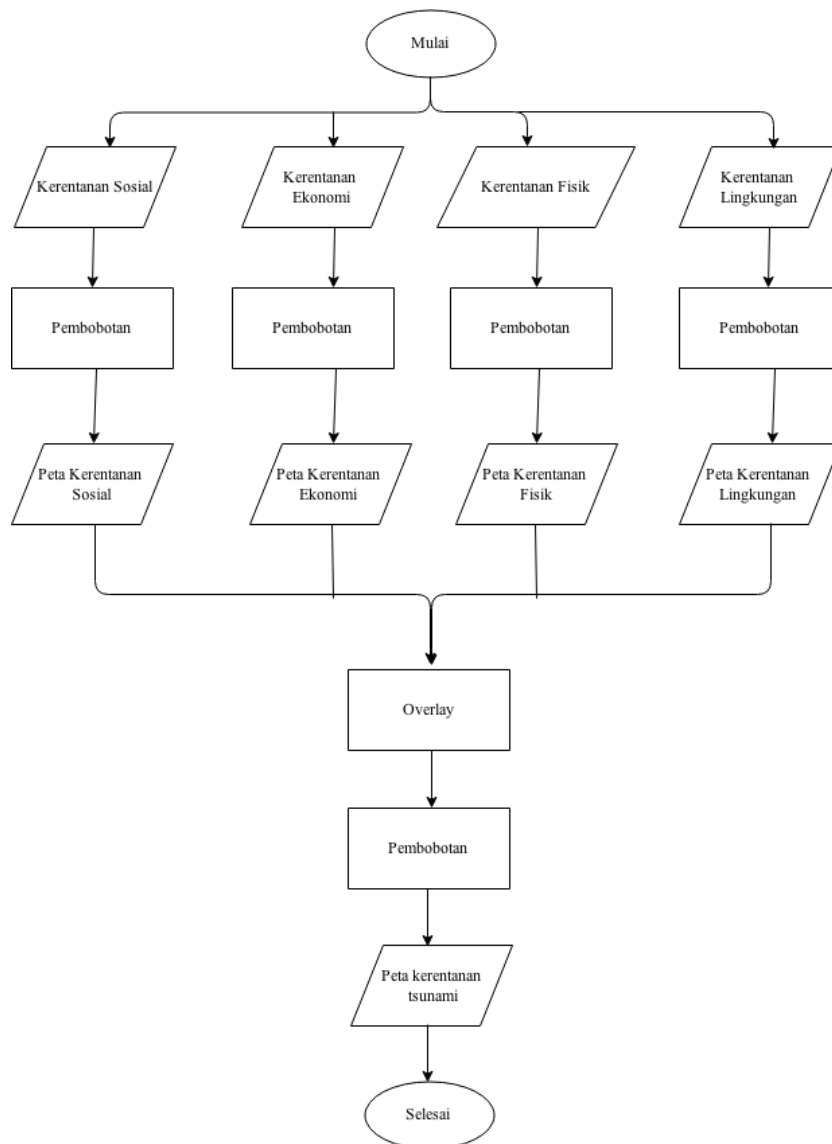
dimana

h = skor ketinggian.

d = skor jarak dari pantai (Modifikasi BNPB, 2012)

8 Pembuatan Peta Kerentanan Tsunami

Peta kerentanan adalah suatu peta yang menggambarkan suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi bencana tsunami. Peta kerentanan disusun berdasarkan beberapa jenis parameter kerentanan seperti kerentanan sosial, ekonomi, fisik, dan lingkungan. Secara detil metodologi pembuatan peta kerentanan tsunami dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Metodologi pembuatan peta kerentanan tsunami

Kerentanan sosial disusun berdasarkan beberapa indikator seperti kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio kemiskinan, rasio orang cacat, dan rasio kelompok umur. Indeks kerentanan sosial tersebut diperoleh dari bobot masing-masing indikator penyusun tersebut seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3 Pembobotan indeks kerentanan sosial (BNPB, 2012)

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Kepadatan penduduk	60	< 500 jiwa/km ²	500-1000 jiwa/km ²	>1000 jiwa/km ²	Kelas/ Nilai Max Kelas
Rasio Kepadatan Penduduk (10%)	40	<20%	20-40%	>40%	
Rasio orang cacat (10%)					
Rasio kelompok umur (10%)					
Rasio kemiskinan (10%)					
$Kerentanan\ sosial = \left(0,6 * \frac{\log(\frac{kepadatan\ penduduk}{0,01})}{\log(\frac{100}{0,01})} \right)$ + (0,1 * rasio jenis kelamin) + (0,1 * rasio kemiskinan) + (0,1 * rasio orang cacat) + (0,1 * rasio kelompok umur)					

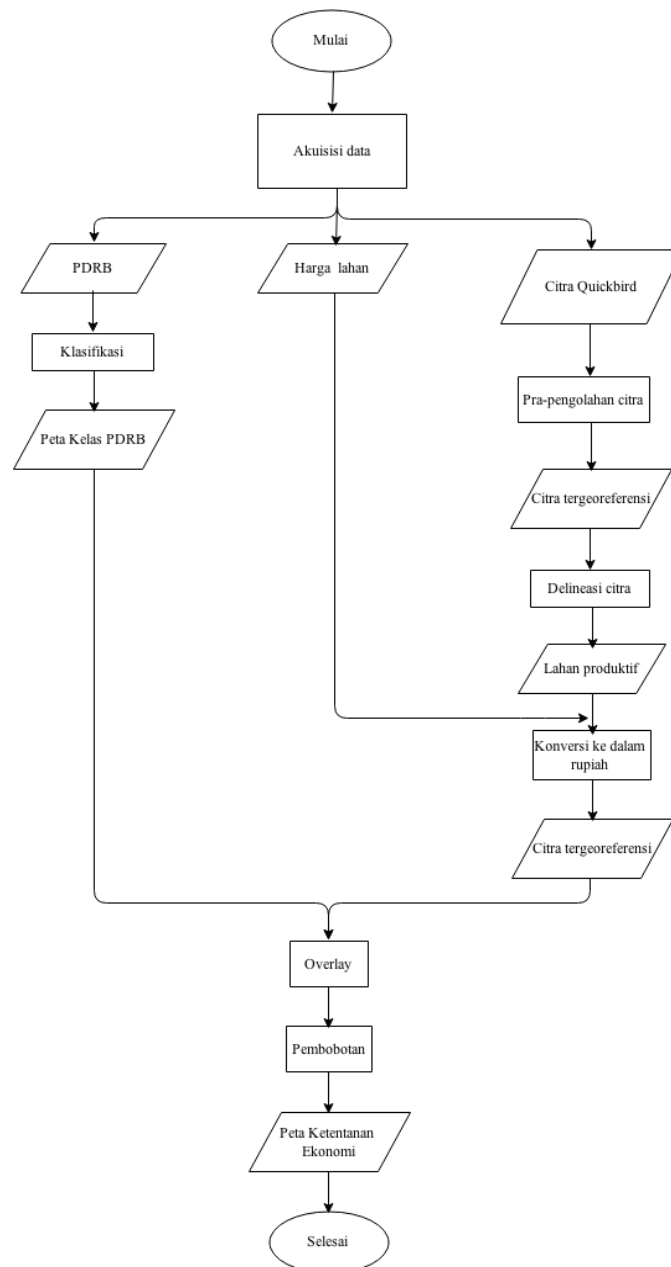
Parameter lainnya yang diperlukan dalam penentuan kerentanan sosial diperoleh dari data statistik yang disediakan oleh Badan Pusat statistik Jawa Barat (BPS Jabar).

Parameter selanjutnya yang diperlukan untuk membangun peta kerentanan tsunami adalah parameter kerentanan ekonomi. Indikator yang digunakan untuk menentukan peta kerentanan ekonomi adalah luas lahan produktif (sawah, perkebunan, lahan pertanian, dan tambak) dalam rupiah dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Secara detail metodologi pembuatan peta kerentanan ekonomi dapat dilihat pada Gambar 6.

Luas lahan produktif diperoleh dari peta guna lahan dan buku kabupaten atau kecamatan dalam angka dan dikonversi ke dalam rupiah. Peta penggunaan lahan diperoleh melalui hasil delineasi citra Quickbird. Sedangkan PDRB diperoleh dari laporan sektor atau kabupaten dalam angka. Sama seperti kerentanan sosial, untuk menentukan kerentanan ekonomi diperlukan juga pembobotan indeks seperti yang tertera pada Tabel 4.

Parameter ketiga yang diperlukan dalam penyusunan peta kerentanan adalah parameter kerentanan fisik. Secara detail metodologi pembuatan peta kerentanan

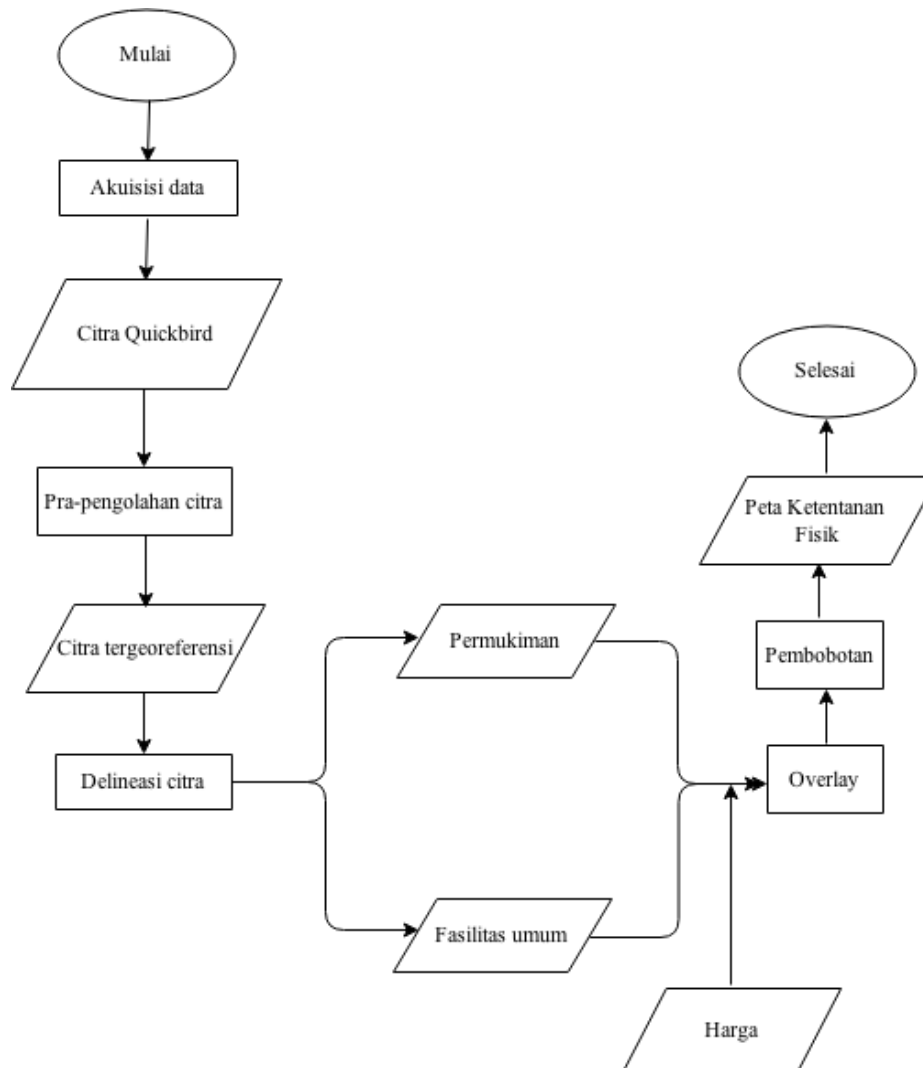
fisik dapat dilihat pada Gambar 7. Parameter ini terdiri dari dua parameter yaitu luas permukiman dan fasilitas umum yang dimiliki oleh masing-masing wilayah. Kedua parameter ini diperoleh melalui proses delineasi citra Quickbird.



Gambar 6 Metodologi pembuatan peta kerentanan ekonomi

Tabel 4 Pembobotan indeks kerentanan ekonomi (BNPB, 2012)

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Lahan produktif	60	< 50 juta	50-200 juta	>200 juta	Kelas/Nilai Max Kelas
PDRB	40	<100 juta	100-300 juta	>300 juta	
<i>Kerentanan ekonomi</i> $= (0,6 * skor \text{ lahan produktif}) + (0,4 * skor \text{ PDRB})$					

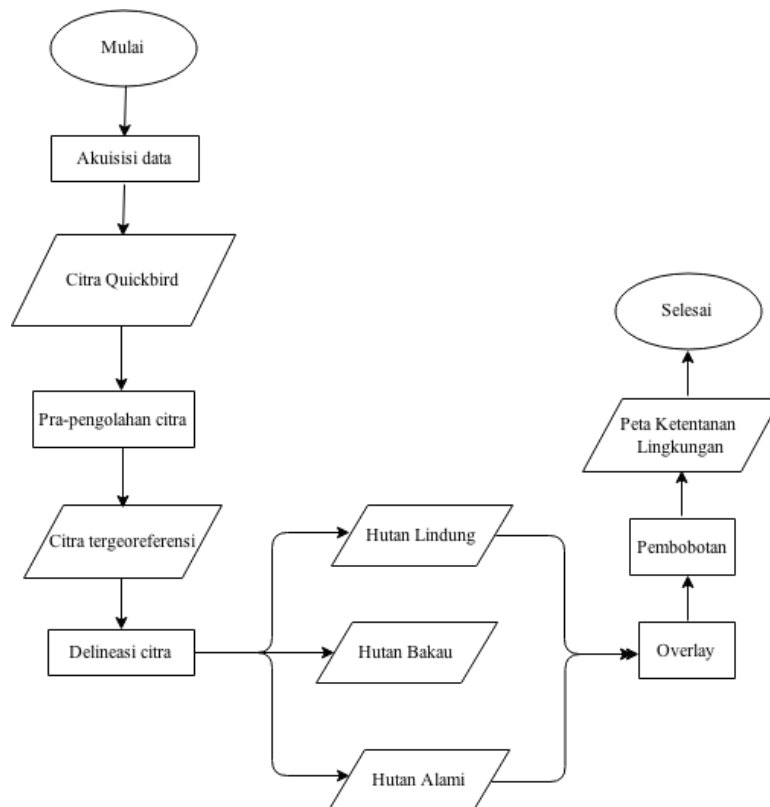
**Gambar 7** Metodologi pembuatan peta kerentanan fisik

Kemudian dilakukan proses pembobotan dan perhitungan setelah kedua parameter tersebut diperoleh. Perhitungan dan pembobotan dilakukan dengan menggunakan formula yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5 Pembobotan indeks kerentanan fisik (BNPB, 2012)

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Rumah	60	< 400 juta	400-800 juta	>800 juta	Kelas/Nilai Max Kelas
Fasilitas umum	40	<500 juta	100 juta-1M	> 1 M	
Kerentanan fisik = (0,6 * skor rumah) + (0,4 * Fasilitas umum)					

Parameter terakhir yang diperlukan pada penyusunan peta kerentanan tsunami adalah parameter kerentanan lingkungan. Secara detil metodologi pembuatan peta kerentanan lingkungan dapat dilihat pada Gambar 8. Parameter ini terdiri dari beberapa komponen seperti hutan alami, hutan lindung, dan hutan bakau. Ketiga komponen ini diperoleh melalui hasil delineasi citra Quickbird.



Gambar 8 Metodologi pembuatan peta kerentanan lingkungan

Kemudian dilakukan proses pembobotan dan perhitungan setelah ketiga komponen tersebut diperoleh. Perhitungan dan pembobotan dilakukan dengan menggunakan formula yang tertera pada Tabel 6.

Tabel 6 Pembobotan indeks kerentanan lingkungan (BNPB, 2012)

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Hutan Alami	30	< 25 ha	25 – 75 ha	>75 ha	Kelas/Nilai Max Kelas
Hutan Lindung	30	<20 ha	20 -50 ha	>50 ha	
Hutan Bakau	40	<10 ha	10 – 30 ha	>30 ha	
<i>Kerentanan Lingkungan</i> $= (0,3 * skor hutan lindung) + (0,3 * skor hutan alami) + (0,4 * skor hutan bakau)$					

Setelah semua parameter kerentanan terpenuhi, langkah terakhir untuk menghasilkan peta kerentanan tsunami adalah melakukan pembobotan dan perhitungan keempat parameter tersebut. Pembobotan dan perhitungan menggunakan formula (2).

$$V=(0,4*VS)+(0,25*VE)+(0,25*VF)+(0,1*VL) \quad (2)$$

dimana:

V = kerentanan tsunami.

VS = skor kerentanan sosial.

VE = skor kerentanan ekonomi.

VF = skor kerentanan fisik.

VL = skor kerentanan lingkungan.

9 Pembuatan Peta Kapasitas Tsunami

Peta kapasitas adalah peta yang mampu menggambarkan seberapa tinggi sumber daya, pengetahuan, keterampilan, dan kekuatan yang dimiliki seseorang atau masyarakat yang memungkinkan suatu wilayah untuk mempertahankan dan mempersiapkan diri, mencegah, dan menanggulangi dampak buruk, atau dengan cepat memulihkan diri dari bencana. Peta kapasitas ini diperoleh melalui indeks kapasitas (BNPB, 2012).

Indeks kapasitas merupakan suatu standar yang digunakan untuk menggambarkan kemampuan daerah dan masyarakat untuk melakukan tindakan pengurangan tingkat ancaman dan tingkat kerugian akibat bencana. Indeks ini dihitung berdasarkan indikator dalam *Hyogo Framework for Actions* (BNPB, 2012).

10 Pembuatan Peta Risiko Tsunami

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, Peta Risiko disusun berdasarkan berdasarkan rumus $R \approx H * V / C$. Dalam penggunaanya, rumus tersebut harus dimodifikasi sebagai berikut:

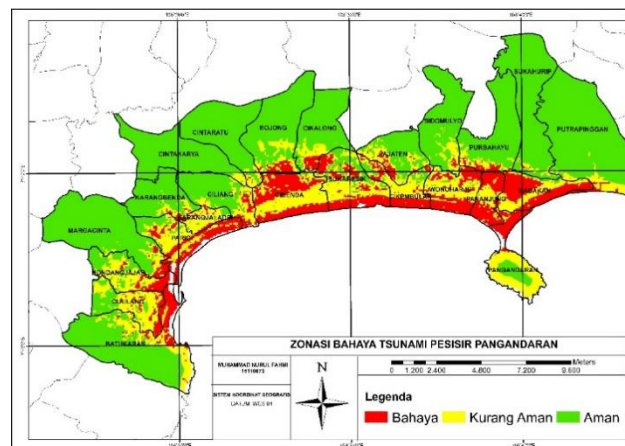
Perkalian dengan kapasitas terbalik $(1-C)$ dilakukan daripada pembagian dengan C . Ini dilakukan untuk menghindari nilai yang tinggi dalam kasus yang ekstrem dan nilai C rendah atau kesalahan dalam hal nilai-nilai yang kosong.

Hasil dari indeks perkalian harus dikoreksi dengan menunjukkan pangkat $1/n$. Sehingga, persamaan yang digunakan menjadi,

$$Risk = \sqrt[3]{Hazard \times vulnerability \times (1 - Capacity)} \quad (3)$$

11 Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini diperoleh peta bahaya tsunami seperti yang bisa dilihat pada Gambar 9. Pada gambar tersebut daerah yang berada pada zona aman adalah Desa Cintakarya dengan luas wilayah aman sebesar 99,06 %. Sedangkan daerah yang berada pada zona bahaya adalah Desa Pananjung dengan luas wilayah bahaya sebesar 68,13 %.



Gambar 9 Peta ancaman tsunami

Pada peta ini dapat dilihat bahwa tingkat ancaman cenderung meningkat dengan berkurangnya ketinggian suatu daerah. Sehingga tingkat ancaman semakin meningkat dengan semakin dekatnya suatu daerah dengan garis pantai. Hal ini disebabkan ketinggian suatu daerah akan semakin berkurang jika mendekati garis

pantai. Namun, terdapat anomali pada bagian tengah wilayah penelitian. Daerah-daerah tersebut memiliki tingkat ancaman yang tinggi meskipun memiliki jarak yang agak jauh dari garis pantai. Hal ini disebabkan adanya sungai yang berada di daerah tersebut. Pada saat tsunami sungai akan menjadi ancaman karena laju gelombang tsunami akan semakin cepat ketika menerjang daratan.

Peta selanjutnya yang dihasilkan adalah peta kerentanan tsunami. Dari peta kerentanan yang dihasilkan terlihat bahwa 9 desa memiliki status kerentanan yang sangat tinggi. Kesembilan desa ini menjadi wilayah yang paling rentan terhadap tsunami diakibatkan oleh beberapa parameter seperti banyaknya infrastruktur, kepadatan penduduk yang tinggi, sedikitnya tanaman bakau, dan besarnya penghasilan tiap daerah.

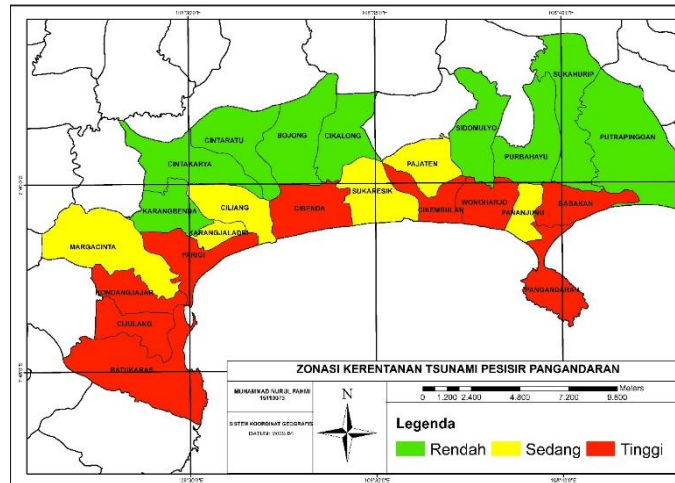
Desa Pangandaran memiliki tingkat kerentanan yang tinggi disebabkan oleh banyaknya infrastruktur di wilayah ini. Semua aspek infrastruktur yang ada di Desa Pangandaran memiliki harga Rp35.448.548.948. Angka tersebut masuk ke dalam kategori tinggi sesuai dengan yang tertera pada Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012. Selain itu dari segi PDRB, Desa Pangandaran juga termasuk desa yang memiliki pendapatan sangat tinggi yaitu sekitar Rp9.597.961.105. Nilai-nilai tersebut akan menyebabkan Desa Pangandaran mengalami kerugian yang sangat besar jika tsunami menerjang desa tersebut.

Sedangkan daerah yang memiliki tingkat kerentanan sedang berjumlah 5 desa. Jika melihat pada peta kerentanan tsunami, kelima desa tersebut berada tepat menghadap perairan. Dalam kata lain kelima desa tersebut memiliki jarak yang sangat dekat dari garis pantai. Artinya wilayah ini akan menjadi wilayah yang pertama kali diterjang tsunami. Namun, pada Peraturan Kepala BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana tidak ditetapkan parameter jarak dari pantai sebagai salah satu indikator kerentanan tsunami. Maka dari itu, kelima desa tersebut bisa dikategorikan sebagai wilayah yang hanya memiliki tingkat risiko sedang.

Salah satu desa yang memiliki tingkat kerentanan sedang adalah Desa Sukaresik. Meskipun desa ini memiliki PDRB sebesar Rp32.672.344.499 tidak berarti desa ini termasuk ke dalam kategori desa dengan tingkat kerentanan tinggi. Desa Sukaresik memiliki luas hutan bakau sebesar 24, 6 hektar. Keberadaan hutan bakau ini sangat berpengaruh terhadap tingkat kerentanan suatu daerah terhadap tsunami.

Selanjutnya, daerah yang memiliki tingkat kerentanan rendah berjumlah 9 desa. Jika dilihat pada peta, kesepuluh desa tersebut berada paling jauh jauh dari garis pantai. Namun, karena jarak dari garis pantai tidak dimasukkan sebagai parameter kerentanan maka tingkat kerentanan kesepuluh desa tersebut tidak ditentukan oleh

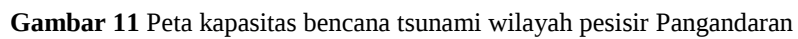
parameter tersebut. Tingkat kerentanan yang rendah disebabkan oleh kepadatan penduduk yang kecil, jumlah infrastruktur yang kecil, jumlah lahan produktif, dan pendapatan masing-masing daerah.



Gambar 10 Peta Kerentanan Tsunami

Salah satu contoh desa yang memiliki tingkat kerentanan rendah adalah Desa Sukahurip. Desa ini hanya memiliki PDRB sebesar Rp144.007.804. Sehingga Desa Sukahurip hanya akan mengalami kerugian yang relatif kecil dari aspek ekonomi apabila terkena tsunami. Selain itu, desa ini juga memiliki hutan lindung seluas 416, 1 hektar yang akan berfungsi sebagai penahan rendaman air tsunami.

Peta kapasitas merupakan peta yang menggambarkan kesiapan suatu daerah dalam menghadapi bencana. Tingkat kapasitas bencana suatu daerah ditentukan oleh beberapa parameter seperti aturan dan kelembagaan penanggulangan bencana, peringatan dini dan kajian risiko bencana, pendidikan kebencanaan, pengurangan faktor risiko dasar, dan pembangunan kesiapsiagaan pada seluruh lini. Peta kapasitas bencana di wilayah pesisir pangandaran bisa dilihat pada Gambar 11. Setelah ketiga peta dihasilkan maka bisa dibentuk suatu peta risiko tsunami seperti yang ditunjukkan Gambar 12.



Pada peta risiko tsunami tersebut dapat dilihat bahwa semakin dekat suatu wilayah dengan garis pantai maka daerah tersebut akan memiliki tingkat risiko yang semakin tinggi. Namun pada Desa Pangandaran bagian selatan memiliki tingkat risiko yang sedang meskipun memiliki jarak yang sangat dekat dengan pantai. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya infrastruktur apapun di wilayah itu. Selain itu di daerah tersebut juga tidak adanya penduduk yang bisa terpapar jika terjadi tsunami. Kemudian daerah tersebut juga memiliki ketinggian di atas batas aman dan jenis pantai pada daerah ini merupakan pantai batu karang.

12 Analisis

Pada penelitian ini digunakan citra Quickbird. Pada citra yang diperoleh terdapat kekurangan berupa perbedaan tahun citra yang satu dengan yang lainnya. Ini menyebabkan tampilan yang kontras antara dua buah citra meskipun kedua citra tersebut saling berdekatan. Perbedaan kontras ini akan mengakibatkan terganggunya proses delineasi yang memerlukan ketepatan dalam menentukan objek yang ada pada citra.

Selain itu, data citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra yang diakuisisi pada tahun 2009. Sedangkan penelitian dilakukan pada tahun 2014. Sehingga terdapat beberapa objek yang seharusnya ada namun tidak ada pada citra begitu pun sebaliknya. Akibatnya hasil delineasi citra tidak sesuai dengan kondisi di lapangan yang sebenarnya. Hal ini akan memengaruhi hasil penelitian.

Data lain yang digunakan adalah data jumlah penduduk yang pada tahun 2010 dari Badan Pusat Statistik (BPS). Tahun data penduduk ini tidak sama dengan data citra yang digunakan. Hal ini akan mengakibatkan kesalahan pada saat menghitung kepadatan penduduk di wilayah penelitian.

Selain itu digunakan juga digunakan data DEM. Data DEM yang digunakan pada penelitian ini adalah data DEM yang memiliki resolusi 12,5 meter. Artinya informasi ketinggian yang digunakan untuk membangun peta ancaman tsunami memiliki galat sebesar 12,5 meter. Hal ini akan berpengaruh pada hasil dari peta ancaman tsunami.

Pada penelitian ini penghitungan kepadatan penduduk menggunakan metode land use density. Metode ini belum bisa memberikan nilai yang sebenarnya. Model matematis (1) belum mampu menggambarkan secara keseluruhan bagaimana hubungan antara jumlah penduduk dengan kepadatan penduduk. Hal ini terlihat dari hasil hitungan kepadatan penduduk yang bernilai negatif. Kepadatan penduduk berdasarkan permukiman mewah bernilai -0.006 orang/m² atau -55 orang/ha. Padahal nilai terkecil yang mungkin untuk kepadatan penduduk adalah 0 orang/m². Timbulnya nilai negatif tersebut dikarenakan keterbatasan model matematis yang digunakan dalam menjelaskan hubungan kepadatan penduduk, tipe permukiman, dan jumlah penduduk. Dalam kata lain model matematis tersebut tidak cocok untuk diterapkan pada penelitian ini.

Pembobotan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode rangking. Metode ini memberikan bobot berdasarkan peringkat masing-masing kriteria. Semakin tinggi peringkat maka bobot yang diberikan akan semakin kecil. Metode ini bersifat subjektif dan sangat dipengaruhi oleh persepsi pengambil keputusan.

Pembobotan metode ranking hanya mampu digunakan jika jumlah kriteria yang digunakan sedikit. Semakin banyak kriteria yang digunakan semakin tidak cocok untuk digunakan. Beberapa keterbatasan tersebut akan memengaruhi hasil pembobotan.

Pada metode pembobotan yang diterapkan oleh BNPB dilakukan pembulatan nilai bobot pada masing-masing kriteria. Misal, BNPB menerapkan nilai bobot 0,6 dan 0,4. Nilai tersebut merupakan hasil pembulatan dari nilai bobot sebenarnya yaitu 0,667 dan 0,333. Padahal pembulatan nilai bobot akan sangat berpengaruh pada hasil akhir. Contohnya pada penentuan peta ancaman tsunami. Nilai bobot yang digunakan adalah 0,6 dan 0,4. Padahal nilai bobot asli tanpa pembulatan adalah 0,667 dan 0,333. Pembulatan ini berpengaruh pada persentase luas wilayah bahaya. Jika menggunakan bobot yang dikenakan pembulatan diperoleh luas daerah yang memiliki tingkat ancaman aman, kurang aman, dan bahaya secara berturut-turut sebesar 65,95 %, 18,67 %, dan 15,38 %. Jika menggunakan nilai bobot asli diperoleh 71,08 %, 14,63 %, dan 14,29 %.

Selain itu pada penelitian ini juga dicoba menggunakan pembulatan pembobotan sebesar 0,7 dan 0,3. Dari nilai bobot tersebut diperoleh secara berturut-turut luas wilayah aman, kurang aman, dan bahaya sebesar 65,95 %, 18,67 %, dan 15,38 %.

Berubahnya besar luas wilayah akibat pembulatan bobot mengakibatkan berubahnya luas wilayah risiko tsunami. Jika menggunakan bobot 0,667 dan 0,333 diperoleh luas daerah yang berisiko, cukup berisiko, dan tidak berisiko secara berturut-turut sebesar 20,16 %, 21,23 %, dan 58,61 %. Jika menggunakan nilai bobot asli diperoleh luas wilayah yang berisiko, cukup berisiko, dan tidak berisiko secara berturut-turut sebesar 21,73 %, 30,12 %, dan 48,15 %. Perbedaan luas wilayah ini akan sangat berbahaya karena peta risiko tsunami merupakan peta yang berhubungan dengan keselamatan nyawa manusia.

Pada penelitian ini penentuan peta ancaman tidak seluruhnya menggunakan metode yang diterapkan oleh BNPB. Pada penentuan peta ancaman tsunami digunakan parameter ketinggian daerah yang mengacu pada data histori gelombang tsunami sebagai pengganti parameter jarak rendaman. Penggunaan parameter ketinggian gelombang tsunami ini tidak tepat karena data ketinggian gelombang menunjukkan besarnya kerugian pasca terjadi tsunami bukan sebagai prediksi sebelum terjadinya tsunami.

Parameter yang tepat untuk membuat peta ancaman tsunami adalah parameter jarak rendaman maksimum. Parameter ini diperoleh dari data ketinggian gelombang. Namun data tersebut dikoreksi terlebih dahulu dengan faktor skala dan data DEM beresolusi tinggi semisal InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*). Pada penelitian ini DEM yang digunakan hanya memiliki

resolusi sebesar 12,5 meter yang berasal dari peta RBI. Jika data DEM tersebut digunakan untuk mengoreksi data tinggi gelombang tsunami akan dihasilkan peta ancaman tsunami dengan ketelitian yang rendah.

13 Kesimpulan dan Saran

13.1 Kesimpulan

Peta risiko tsunami di wilayah pesisir Pangandaran dapat dibuat menggunakan Sistem Informasi Geografis. Daerah yang memiliki risiko paling tinggi adalah Desa Pananjung (81,20%). Sedangkan daerah yang paling tidak berisiko adalah Desa Cintakarya (96,85%).

13.2 Saran

1. Menggunakan metode dan model matematis yang lebih tepat dalam penghitungan kepadatan penduduk.
2. Menggunakan data DEM beresolusi tinggi seperti InSAR untuk membuat peta ancaman tsunami
3. Memperhitungkan keberadaan sungai sebagai salah satu parameter risiko tsunami.
4. Memperhitungkan tinggi dan arah terjadinya tsunami.
5. Membuat beberapa skenario tinggi gelombang tsunami.
6. Memperhitungkan aspek hidrografi dalam pembentukan model zonasi risiko tsunami.
7. Membentuk model 3D zonasi risiko tsunami.
8. Menggunakan metode validasi yang lebih tepat.

14 Daftar Pustaka

- [1] Adityawan, M., Min, ROH., Hitoshi, Tanaka., Farid, Mohammad. (2014). *the effect of River Mouth Morphological Features on Tsunami Intrusion*. IIIRR, 75-83.
- [2] Andreas, Heri., Abidin, HZ., Kato, Terruyuki., Ito, Takeo., H, Haryono., Kusuma, MA., Gumilar, Irwan., Sidiq, TP., Nurmaulia, SL., Gamal, M. (2008). *Lesson from July 17, 2006 South Of Java Earthquake: A Note for Ina-Tews*. ICTW, 1-7.
- [3] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2012). Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Jakarta: BNPB.
- [4] Badan Pusat Statistik. (2010). Jawa Barat Dalam Angka 2010. Jakarta: BPS

- [5] Badan Pusat Statistik. (2014). Jakarta.
- [6] Booth, Boob., Mitchell, Andy. *Getting Started With Arcgis*. United States of America: ESRI.
- [7] Digital Globe. (2009). *Digital Globe Constellation: Quickbird Imaging Satellite*. United States.
- [8] Eckert, Sandra., Jelinek, Robert., Zeug, Gunter., Krausmann, Elisabeth. (2012). *Remote Sensing-Based Assessment of Tsunami Vulnerability And Risk In Alexandria, Egypt*. Appl Geogr Vol. 32 Nr. 2, 714-723.
- [9] Ghilani, Wolf. (2006). *Adjustment Computation Spatial Data Analysis*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Indarto., Faisol, Arif. (2013). Tutorial Ringkas ArcGIS-10. Yogyakarta. Penerbit ANDI.
- [11] Levin, Noam. (1999). *Fundamentals of Remote Sensing*. Italy.
- [12] Min, LA., Ming, LC., Jian, LZ. (2002). *Modelling Middle Urban Population Density with Remote Sensing Imagery*. ISPRS Journal, 34, 1-4.
- [13] Prahasta, E. (2001). Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Bandung: Informatika.
- [14] Pramudya, Fabian Surya. (2014). Pemetaan Habitat Dasar Perairan Dangkal Pulau Nusa Lembongan Dan Nusa Ceningan Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. Bandung.
- [15] Tinambunan, Deonald. (2007). Analisis Distribusi Kepadatan Penduduk Menggunakan Citra Quickbird Dengan Metode *Land Use Density*. Bandung.
- [16] Wang, JF., Li, LF. (2008). *Improving Tsunami Warning Systems with Remote Sensing and Geographical Information System Input*. DOI, 1-16.