

## SPATIAL STUDY OF TSUNAMI RISK IN SERANG, BANTEN

### KAJIAN SPASIAL RISIKO BENCANA TSUNAMI KABUPATEN SERANG, BANTEN

Qoriatu Zahro<sup>1</sup>

#### **Abstract**

*Serang District has a potential of tsunami hazard. Up to 2022, 3 meters tsunami hazard may occur in Serang District coastline. Hazards will be a risk if escalated by vulnerability. These factors need to be investigated for their spatial characters so that stakeholders have a tsunami disaster mitigation locus. Tsunami hazard spatial assessment was conducted using DEM data and run up data at the coastline. Tsunami map is developed by using  $H_{loss}$  method combined with cut elevation method. The study of social vulnerability is done by involving 4 parameters such as dependency ratio, sex ratio, disabled ratio and poverty ratio. Tsunami risk zone occurred along the north and west coast of Serang District. Along the west coast, up to 100 meters inland are the tsunami high risk zone. Behind the high risk zone there are medium and low risk zone with the distance of up to 50 meters inland from high risk zone.*

**Keywords:** tsunami, vulnerability, risk, spasial

#### **Abstrak**

*Kabupaten Serang memiliki bahaya tsunami. Hingga tahun 2022, bahaya tsunami setinggi 3 meter di garis pantai mungkin terjadi di Kabupaten Serang. Bahaya baru akan menjadi risiko jika terekskalasi oleh kerentanan. Faktor ini perlu diselidiki karakter spasialnya agar pengampu kepentingan memiliki lokus mitigasi bencana tsunami. Kajian spasial bahaya tsunami dilakukan dengan oleh data DEM dan ketinggian air tsunami pada garis pantai. Pembuatan peta dilakukan dengan menggunakan metode  $H_{loss}$  dikombinasikan dengan metode cut elevation. Kajian kerentanan sosial dilakukan dengan melibatkan 4 parameter: 1) usia ketergantungan 2) rasio kelamin 3) rasio penduduk cacat 4) rasio penduduk miskin. Wilayah risiko tsunami tersebar di sepanjang pesisir utara dan barat Kabupaten Serang. Di wilayah barat, sepanjang pantainya merupakan wilayah risiko tinggi tsunami hingga sejauh 100 meter ke dalam dari garis pantai. Di belakang zona risiko tinggi terdapat wilayah risiko sedang dan rendah dengan jarak hingga sejauh 50 meter ke dalam dari zona risiko tinggi.*

**Kata kunci:** tsunami, kerentanan, risiko, spasial

<sup>1</sup> Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jl. M. H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340, email: qoriatu.zahro@bppt.go.id

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bencana tsunami pernah menghancurkan seluruh pesisir Kabupaten Serang, Provinsi Banten akibat letusan Gunung Krakatau tahun 1883. Bencana tersebut bahkan menyapu hampir seluruh pesisir Asia Timur dan Selatan dengan ratusan ribu korban jiwa.

Secara umum, terdapat 3 penyebab utama terjadinya gelombang tsunami di Indonesia (BNPB 2012), yaitu: 1) aktifitas gempa tektonik 2) aktifitas vulkanik 3) longsor bawah laut. Sedangkan untuk di Kabupaten Serang meskipun gempa vulkanik pernah menyebabkan tsunami besar namun frekuensinya masih dibawah tsunami karena gempa tektonik.

Meskipun penyebab dari gelombang tsunami telah diketahui namun berapa tinggi gelombang dan luas area inundasi tsunami masih belum diketahui. Hal ini erat kaitannya dengan kondisi garis pantai, profil kawasan pesisir dan faktor fisik lain yang berkaitan dengan laju gelombang tsunami ke daratan.

Pada kajian risiko tsunami, parameter kependudukan juga penting untuk diketahui profilnya. Parameter kependudukan pada kajian risiko merupakan bagian dari aspek kerentanan yang berkaitan dengan kemungkinan korban luka ataupun korban jiwa.

Aspek dan parameter risiko tersebut dapat dikaji melalui pendekatan keruangan. Pada kajian keruangan, setiap fenomena yang ada di atas permukaan bumi, baik wujud obyek maupun sifat dari suatu obyek, dapat diidentifikasi dan dikuantifikasi. Pada kajian keruangan, risiko bencana juga dapat diketahui dimana lokasi bencana, apa sifat bencananya dan bagaimana risikonya. Kajian keruangan ini sangat membantu dalam analisis risiko bencana tsunami Kabupaten Serang.

Kajian dalam paper ini merupakan bagian dari kajian Masterplan bencana Kabupaten Serang tahun 2018 - 2022. Sediaan data merupakan bagian dari kajian tersebut, demikian juga dengan batasan tahun kajian menyesuaikan dengan periode masterplan.

### 1.2. Tujuan

Tujuan dari kajian ini adalah:

- Memberikan gambaran sifat spasial bahaya bencana tsunami Kabupaten Serang.
- Mengkaji spasial kerentanan kependudukan di Kabupaten Serang.
- Memberikan analisis spasial risiko bencana tsunami Kabupaten Serang.

## 2. METODA PENELITIAN

### 2.1. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada kajian spasial risiko tsunami ini meliputi:

- Digital Elevation Model (DEM) resolusi tinggi, dalam hal ini digunakan DEM Terasar yang didapatkan dari Badan Informasi Geospasial.
- Tinggi gelombang tsunami hingga tahun 2022, dalam hal ini digunakan hasil kajian BNPB yang merupakan lampiran dari Perka BNPB No. 2 tahun 2012.
- Peta penggunaan lahan yang bersumber dari Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Serang Periode 2011-2031.

### 2.2. Pembuatan Peta Bahaya

Peta bahaya tsunami dibuat dengan mengembangkan konsep kehilangan ketinggian air yang dikembangkan oleh Berryman (2006). Dalam konsep ini, dilakukan perhitungan matematis berdasarkan kalkulasi kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inundasi (ketinggian genangan) dihitung dengan mempertimbangkan harga jarak terhadap lereng dan kekasaran permukaan.

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

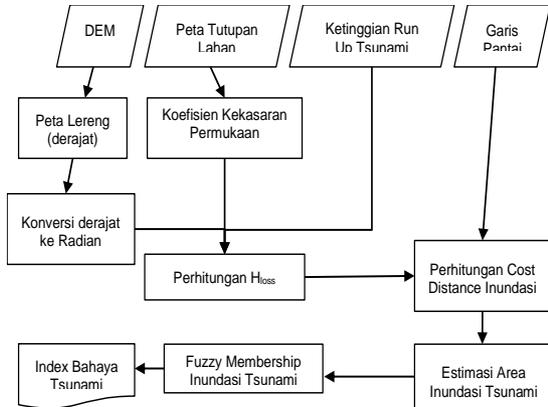
Dimana :

$H_{loss}$  = Kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak inundasi

$n$  = Koefisien kekasaran permukaan

Parameter ketinggian gelombang tsunami di garis pantai mengacu pada hasil kajian BNPB yang merupakan lampiran dari Perka No. 2 BNPB Tahun 2012 yaitu Panduan Nasional Pengkajian Risiko Bencana Tsunami. Parameter kemiringan

lereng dihasilkan dari data raster DEM dan koefisien kekasaran permukaan dihasilkan dari data tutupan lahan (*land cover*) pada Tabel 1. Indeks bahaya tsunami dihitung berdasarkan pengkelasan inundasi sesuai Perka No. 2 Tahun 2012 menggunakan metode Fuzzy Logic.



Gambar 1. Alur pembuatan peta bahaya

### 2.3. Pembuatan Peta Kerentanan

Kerentanan adalah suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana. Kerentanan objek yang terancam bencana dihitung berdasarkan kerentanan sosial, ekonomi, fisik dan lingkungan. Pada kegiatan kali ini dibatasi untuk menggunakan hanya kerentanan sosial saja.

Kerentanan sosial terdiri dari parameter kepadatan penduduk dan kelompok rentan. Kelompok rentan terdiri dari rasio jenis kelamin, rasio kelompok umur rentan, rasio penduduk miskin dan rasio penduduk cacat (BNPB, 2016). Secara spasial, masing-masing nilai parameter didistribusikan menurut satuan wilayah administrasi terkecil yaitu desa.

Masing-masing parameter memiliki bobot yang berbeda terhadap aspek kerentanan. Adapun bobot masing-masing parameter berdasarkan pada ketentuan BNPB adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Bobot parameter kerentanan

Parameter	Bobot	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Kepadatan Penduduk (jiwa/ha)	60	< 5	5 – 10	> 10
<b>Kelompok Rentan</b>				
Rasio Jenis Kelamin (10%)	40	>40	20 – 40	<20
Rasio Kelompok Umur Rentan (10%)		<20	20 – 40	>40
Rasio Penduduk Miskin (10%)				
Rasio Penduduk Cacat (10%)				

Sumber: Risiko Bencana Indonesia, BNPB (2016)

### 2.4. Pembuatan Peta Risiko

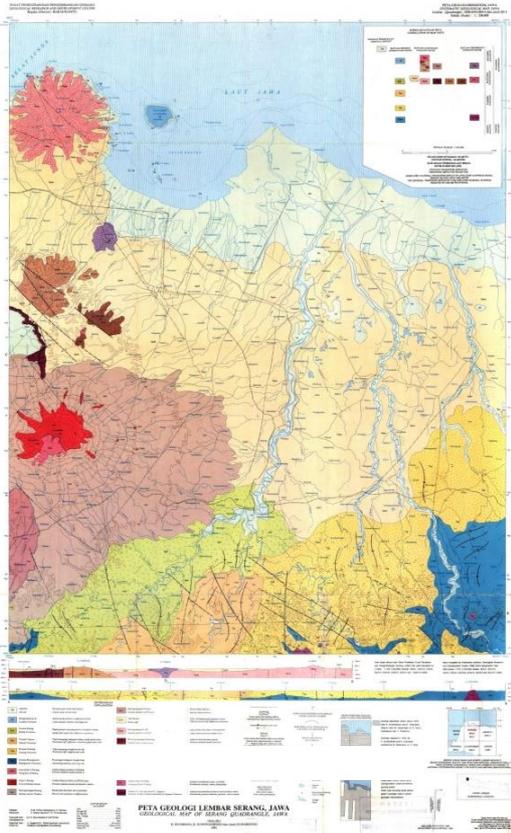
Penentuan indeks risiko bencana dilakukan dengan menggabungkan nilai indeks bahaya dan kerentanan. Aspek kapasitas dalam kajian ini diabaikan dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran risiko tanpa adanya intervensi kapasitas. Hal ini membantu pembuat kebijakan untuk mengetahui kondisi dasar dan merumuskan kebijakan yang akan diambil.

Penghitungan risiko bencana tsunami dilakukan dengan menggunakan kalkulasi spasial. Hasil dari kalkulasi ini dipresentasikan dalam bentuk peta risiko.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Gambaran Umum Geologi Wilayah dan Potensi Tsunami

Luas wilayah Kabupaten Serang adalah 1.467,35 km<sup>2</sup> dengan dominasi topografi datar hingga bergelombang. Secara geologi Kabupaten Serang dilalui beberapa sesar yang secara awam ditandai dengan kelurusan lembah dan sungai, kelurusan gawir dan sesar, ketidak-menerusan batuan vulkanik serta pola paralel dan rektanguler sungai.



Gambar 2. Peta geologi lembar Serang (Rusmana *et al*, 1991).

Dari peta yang diproduksi oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tersebut nampak bahwa terdapat patahan dan lipatan di beberapa wilayah di Kabupaten Serang. Salah satunya adalah di Kecamatan Gunungsari dan Mancak dimana terdapat sesar dan lipatan arah tenggara-barat laut. Selain itu di kawasan Gunung Salak, Gunung Batur dan Gunung Gede juga disinyalir terdapat sesar arah tenggara-barat laut.

Serang pernah mengalami tsunami besar pada saat letusan Gunung Krakatau tahun 1988. Ancaman tersebut masih ada hingga saat ini, dimana saat ini Gunung Anak Krakatau masih terus aktif. Daerah pesisir barat dan utara Kabupaten Serang merupakan kawasan rawan bencana tsunami, baik oleh aktifitas Gunung Anak Krakatau maupun oleh aktifitas lempeng di sisi selatan Pulau Jawa. Kecamatan Anyar, Kecamatan Cinangka, Kecamatan Pulo Ampel, Kecamatan Bojonegara, Kecamatan Kramat Watu, Kecamatan Pontang dan Kecamatan

Tirtayasa merupakan kecamatan di pesisir utara dan barat Kabupaten Serang.

Berdasarkan Referensi Potensi Kejadian dan Genangan Tsunami Indonesia, (BNPB, 2011) Kabupaten Serang memiliki potensi terjadi tsunami setinggi 3 meter dalam waktu kedatangan 60 menit setidaknya 1 kali dalam 100 tahun dan probabilitasnya meningkat 40%-60% hingga selesainya periode Rencana Induk Kabupaten Serang 2017-2022. Potensi genangan ini digunakan sebagai referensi ketinggian tsunami pada garis pantai pada kajian ini.

### 3.2. Peta Bahaya Tsunami Kabupaten Serang

Peta bahaya tsunami dibuat dengan menggunakan informasi topografi yang di ekstrak dari citra Terasar. Citra Terasar memiliki resolusi hingga 3 meter dan dapat di detilkan hingga 1 meter. Nilai ini cukup baik untuk membuat topografi pada model tsunami dengan ketinggian *run up* 3 meter. Citra lain seperti Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) dapat digunakan juga untuk ekstraksi ketinggian permukaan bumi, namun resolusi SRTM tidak cukup detil untuk menunjang analisis *run up* tsunami 3 meter. Data ketinggian yang terdapat dalam citra Terasar digunakan untuk membuat kelas lereng sesuai dengan klasifikasi Van Zuidam (1985) yaitu sebagai berikut: 0-2 %, 2%-15%, 15%-25%, 25%-40% dan >40%.

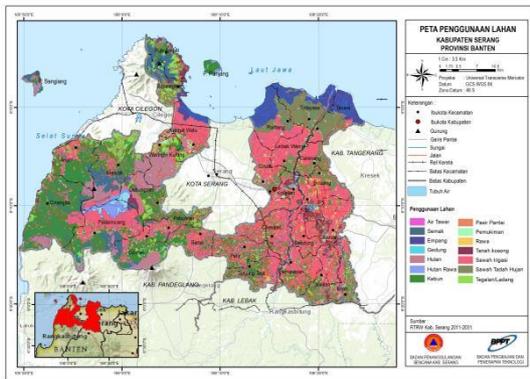
Peta tutupan lahan digunakan untuk menghitung nilai kekasaran permukaan. Nilai kekasaran ini berkaitan dengan energi tsunami yang teredam oleh permukaan tanah akibat dari adanya kontak antara permukaan tanah dengan air tsunami. Semakin banyak tegakan tanaman atau bangunan pada suatu penggunaan lahan, maka semakin besar pula nilai kekasarannya. Nilai kekasaran yang digunakan dalam kajian ini sesuai dengan nilai kajian yang digunakan dalam Buku Risiko Bencana Indonesia (2016) yaitu:

Tabel 2. Nilai kekasaran permukaan

Penggunaan Lahan	Koefisien Kekasaran
Badan Air	0.007
Belukar/ semak	0.040
Hutan	0.070
Kebun	0.035
Lahan kosong	0.015
Lahan pertanian	0.025
Lahan terbangun	0.045
Mangrove	0.025
Tambak/ empang	0.010

Sumber: BNPB, 2016

Peta penggunaan lahan yang digunakan dalam kajian ini adalah peta penggunaan lahan yang terdapat dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Serang 2011-2031.



Gambar 3. Peta penggunaan lahan Kabupaten Serang (BPBD Kabupaten Serang, 2017)

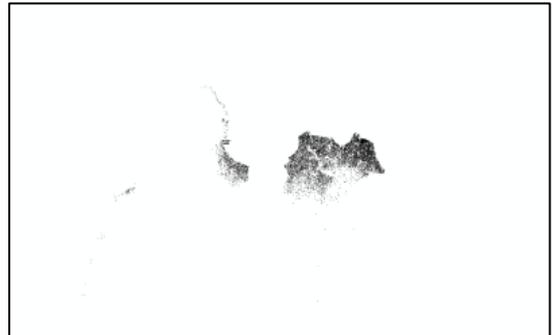
Untuk mendapatkan kelas bahaya tsunami perlu dilakukan pemodelan genangan. Dalam model genangan dilakukan simulasi genangan dengan skenario ketinggian gelombang tertentu sehingga didapatkan estimasi genangan suatu wilayah. Pendekatan yang digunakan dalam estimasi ketinggian genangan adalah pendekatan H loss. Dimana H loss adalah kehilangan ketinggian tsunami per 1 meter jarak inundasi.

$$H\ loss = \left( \frac{167n^2}{H_0^3} \right) + 5\ Sin\ s$$

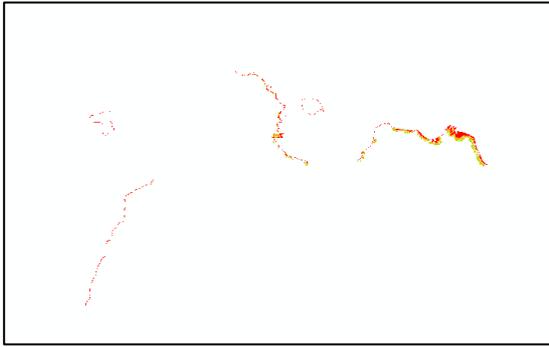
Operasi matematik pada model genangan ini dilakukan pada platform ArcGIS 10.1 dengan basis pixel. H loss merupakan fungsi dari koefisien kekasaran (n), ketinggian air pada garis pantai (H<sub>0</sub>) serta kelerengan (s). Penelitian ini juga menggunakan metode potong ketinggian (*cut elevation*), dimana pada metode ini wilayah-wilayah yang memiliki ketinggian di atas tinggi gelombang tsunami di garis pantai maka wilayah tersebut dikeluarkan dari kalkulasi H loss. Karena wilayah yang memiliki ketinggian di atas tinggi gelombang tsunami akan tergenangi. Hal ini juga mengefisienkan kerja software.

H loss hanya menunjukkan berapa air yang hilang dan bukan arah air. Untuk mengetahui arah air dilakukan operasi *cost distance*. *Cost distance analysis* menentukan jarak terdekat dari satu pixel ke pixel lain menuju ke lokasi sumber gelombang, dalam hal ini adalah garis pantai.

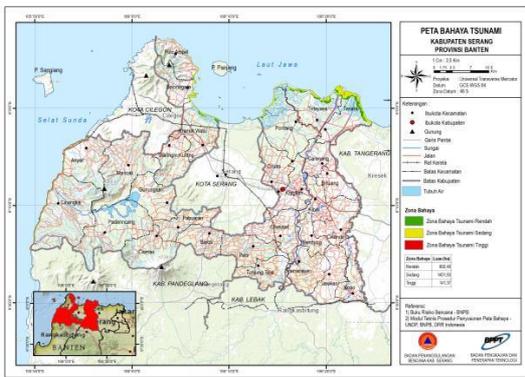
Hasil dari operasi H loss (kehilangan ketinggian gelombang tsunami) dan *cost distance* (arah rambatan gelombang tsunami) menghasilkan peta bahaya tsunami (gambar 4 dan 5). Untuk klasifikasi bahaya, digunakan 3 kelas yaitu; inudasi < 1 meter, 1-3 meter dan > 3 meter, sesuai dengan petunjuk penyusunan peta bahaya tsunami oleh BNPB.



Gambar 4. Hasil penghitungan H loss tsunami Kabupaten Serang



Gambar 5. Hasil penghitung *cost distance* tsunami Kabupaten Serang



Gambar 6. Peta bahaya tsunami Kabupaten Serang

Dari peta bahaya tsunami Kabupaten Serang nampak bahwa pesisir barat Kabupaten Serang merupakan wilayah yang berpotensi terjadi tsunami pada kelas tinggi mencapai 3 meter (gambar 6). Wilayah di belakangnya merupakan wilayah dengan kelas sedang dan rendah secara berturut-turut.

Sedangkan di sisi utara, tidak ada wilayah yang berpotensi mengalami ketinggian tsunami hingga 3 meter. Hal ini karena wilayah utara merupakan wilayah yang terlindung secara morfologis dan jauh dari sumber datangnya gelombang tsunami. Peta bahaya tsunami per kecamatan dapat dilihat pada Gambar 10,11,12,13,14,15,dan Gambar 16.

Tabel 3. Luas wilayah berdasarkan zona bahaya

Zona Bahaya	Luas (hektar/ha)
Rendah	802,4
Sedang	1451,63
Tinggi	141,37

### 3.3. Aspek Kerentanan Kependudukan Kabupaten Serang

Terdapat 4 jenis kerentanan, yaitu kerentanan fisik, kerentanan sosial, kerentanan ekonomi dan kerentanan lingkungan. Dalam kajian ini, kerentanan yang digunakan adalah kerentanan sosial saja. Mengingat dalam kejadian bencana, faktor kehidupan sosial adalah faktor yang paling mudah terganggu.

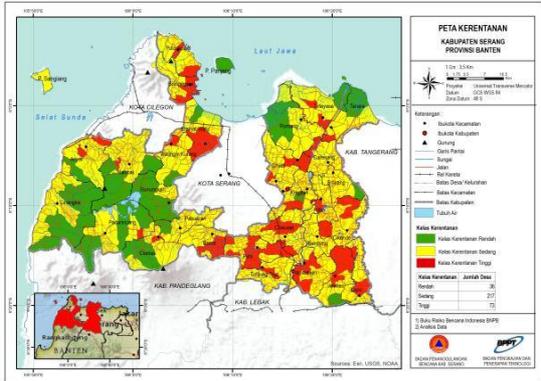
Parameter kerentanan sosial adalah: kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio usia ketergantungan, rasio penduduk miskin dan rasio penduduk cacat. Secara spasial, masing-masing nilai didistribusikan dalam batas administrasi per desa. Hal ini memudahkan pengambil kebijakan dalam menentukan lokus upaya mitigasi dan adaptasi bencana.

Berikut adalah bobot masing-masing parameter kerentanan sosial.

Tabel 4. Bobot setiap parameter untuk setiap kelas

Parameter	Bobot	Kelas		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Kepadatan Penduduk	60	< 5 jiwa/ha	5-10 jiwa/ha	>10 jiwa/ha
Rasio jenis kelamin	40	>40	20-40	<20
Rasio usia penduduk		<20	20-40	>40
Rasio penduduk miskin				
Rasio penduduk cacat				

Sumber: BNPB, 2016



Gambar 7. Peta kerentanan sosial Kabupaten Serang

Dari peta tersebut (Gambar 7) nampak bahwa terdapat 36 desa memiliki kerentanan rendah, 217 desa memiliki kerentanan sedang dan 73 desa memiliki kerentanan tinggi.

Kerentanan menunjukkan bagaimana kemungkinan suatu bahaya akan menjadi risiko memunculkan korban baik jiwa maupun aset. Semakin tinggi kerentanan, semakin tinggi kemungkinan jatuhnya korban jiwa ataupun aset atas suatu bencana, demikian juga sebaliknya.

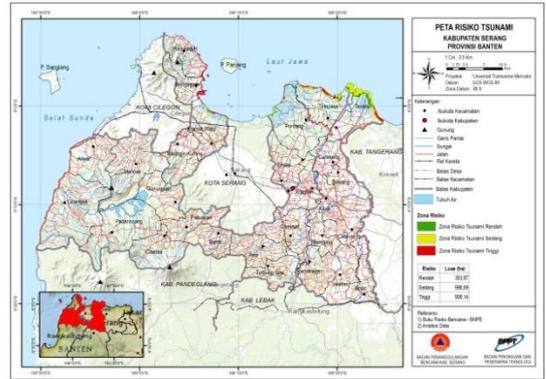
Pada Kabupaten Serang persebaran kerentanan sedang dan tinggi banyak di terdapat pada wilayah timur baik utara maupun selatan, sedangkan di sisi barat lebih banyak desa yang kerentanannya rendah. hal ini terjadi karena persebaran penduduk di Kabupaten Serang cenderung ke arah barat dimana terdapat banyak kegiatan industri dan jasa.

### 3.4. Analisis Spasial Risiko Bencana Tsunami Kabupaten Serang

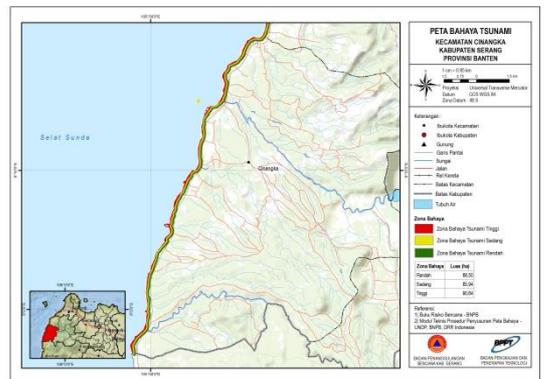
Risiko merupakan fungsi dari bahaya dan kerentanan. Pada beberapa penelitian fungsi ini dituliskan dalam bentuk operasi penjumlahan, pada beberapa penelitian lain dituliskan dalam bentuk operasi perkalian. Pada intinya, baik penjumlahan maupun perkalian, aspek risiko, bahaya dan kerentanan memiliki hubungan linear.

Peta bahaya dan kerentanan yang telah dibuat sebelumnya merupakan peta dalam bentuk data vektor. Peta ini perlu dikonversi kedalam bentuk raster melalui menu *conversion* dalam platform ArcGIS.

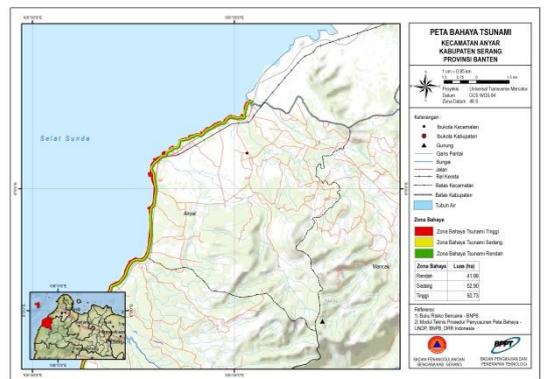
Konversi ini dilakukan karena operasi penghitungan pada platform ArcGIS lebih stabil jika dilakukan dalam bentuk data raster dibanding vektor.



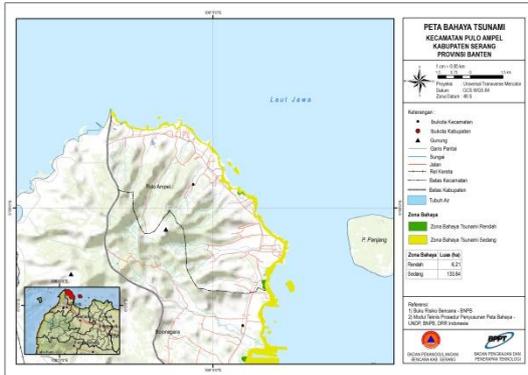
Gambar 8. Peta risiko tsunami Kabupaten Serang



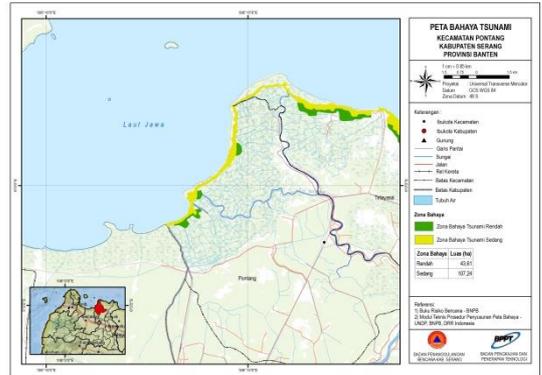
Gambar 9. Peta bahaya tsunami Kecamatan Cinangka



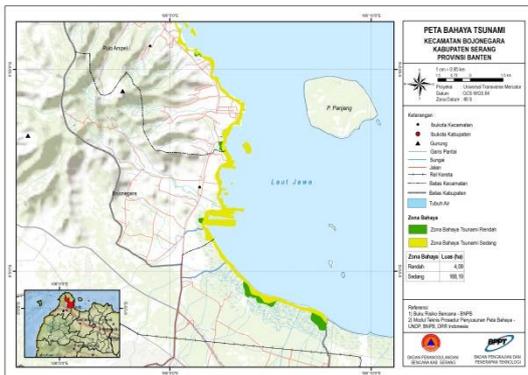
Gambar 10. Peta bahaya tsunami Kecamatan Anyar



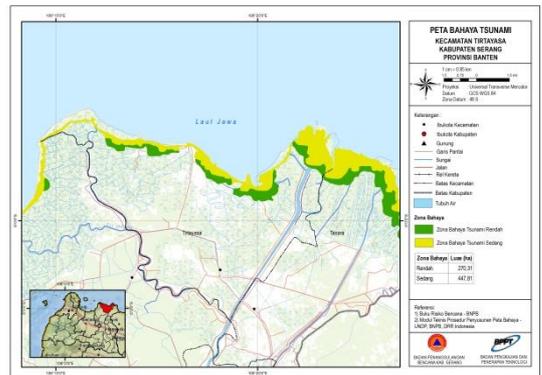
Gambar 11. Peta bahaya tsunami Kecamatan Pulo Ampel



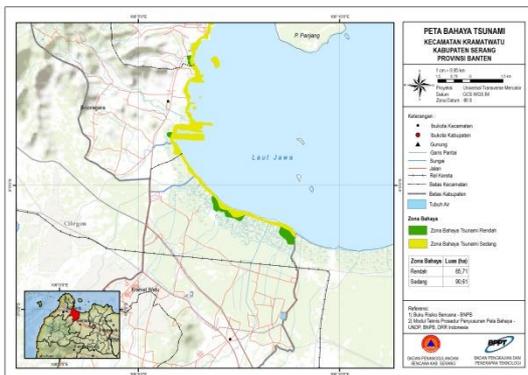
Gambar 14. Peta bahaya tsunami Kecamatan Pontang



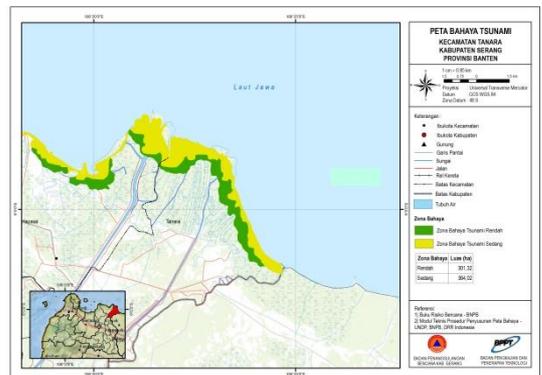
Gambar 12. Peta bahaya tsunami Kecamatan Bojonegara



Gambar 15. Peta bahaya tsunami Kecamatan Tirtayasa



Gambar 13. Peta bahaya tsunami Kecamatan Kramatwatu



Gambar 16. Peta bahaya tsunami Kecamatan Tanara

Secara spasial, wilayah yang memiliki risiko tinggi terhadap tsunami tersebar di pesisir barat dan utara Kabupaten Serang (gambar 8). Meskipun di wilayah utara cenderung rendah bahaya tsunaminya,

namun karena faktor kerentanannya tinggi, maka risiko tsunami secara linier terekskalasi.

Di wilayah barat, sepanjang pantainya merupakan wilayah risiko tinggi tsunami hingga sejauh 100 meter ke dalam dari garis pantai. Dibelakang zona risiko tinggi terdapat wilayah risiko sedang dan rendah dengan jarak mencapai 50 meter ke dalam dari zona risiko tinggi.

Pada kenyataan di lapangan, friksi antara wilayah risiko tinggi, sedang dan rendah tentu tidak sejelas pada peta. Terdapat ruang yang memiliki karakter risiko tinggi dan sedang sekaligus. Ruang dengan karakter ini sebetulnya secara ilmiah dapat dikelompokkan menjadi kelas risiko sendiri. Namun pada tataran praktis, kelas-antara ini menyulitkan pembuat kebijakan dalam menentukan arahan mitigasi.

#### **4. KESIMPULAN**

Dari paparan sub bab sebelumnya, dapat disimpulkan hal sebagai berikut:

- a. Bahaya tsunami di Kabupaten Serang terdiri atas 3 kelas, yaitu tinggi, sedang dan rendah. Pesisir barat merupakan wilayah dengan bahaya tsunami tinggi sedangkan wilayah utara merupakan wilayah yang didominasi bahaya sedang dan rendah.
- b. Kerentanan sosial Kabupaten Serang cenderung tinggi di sisi timur Kabupaten Serang, sedangkan sisi barat cenderung sedang.
- c. Wilayah risiko tinggi, sedang dan rendah tersebar sepanjang pesisir barat dan utara Kabupaten Serang. Area perpindahan selalu ada diantara 2 wilayah kelas risiko, namun pada tataran praktis wilayah-antara ini tidak perlu digambarkan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Berryman, K. 2006. *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*. Institute of Geological and Nuclear Science. Lower Hutt. New Zealand.
- BNPB. 2011. *Panduan Nasional Pengkajian Risiko Bencana Tsunami Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta.

- BNPB. 2012. *Masterplan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta.
- BNPB. 2016. *Risiko Bencana Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta.
- BPBD Kabupaten Serang. 2017. *Laporan Kegiatan Masterplan dan Action Plan Bencana Kabupaten Serang*. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Serang. Serang.
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 tahun 2012 tentang *Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*.
- Rusmana E., K. Suwitodirdjo, Suharsono. 1991. *Peta Geologi Lembar Serang Jawa Barat*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi. Bandung.