

# Analisis Risiko Bencana Tsunami Di Pesisir Selatan Jawa Studi Kasus : Kabupaten Garut

**Kasman\* dan Erwin Triokmen**

Program Magister Teknik Kajian Pembangunan Perkotaan dan Wilayah, Fakultas Teknik,  
Universitas Krisnadwipayana  
Jl. Raya Jatiwaringin, RT. 03 / RW. 04, Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur 13077 Indonesia  
Email: uzai2206@gmail.com

## Abstract

### **Tsunami Risk Analysis on The Southern Coast of Java Case Study: Garut Regency**

*The Coastal Zone of Garut Regency is located on the southern coast of West Java which is directly opposite the confluence of the Indo-Australian plate and the Megathrust of the Sunda Strait and southern Java. This area has a high chance of an earthquake and tsunami disaster. This study aims to determine the level of risk of tsunami disasters in coastal villages of Garut Regency. This study uses several analytical methods, namely the calculation of the factor value with the Davidson standardized model and the map superimpose method with the scoring technique which is processed by Geographic Information System (GIS) software. Weighting is carried out using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method to compare one factor with another in determining the priority of tsunami disaster. Based on the analysis of the risk level of the tsunami disaster, it was found that the level of risk of tsunami disasters was high in coastal villages, namely  $\pm 6,734.66$  hectares (about 17.02% of the total area of coastal villages), the level of risk for tsunami disasters was  $\pm 4,137,32$  Ha (about 10.45% of the total area of the coastal villages), and the level of tsunami risk is low, covering an area of  $\pm 28,704.99$  (about 72.53% of the total area of the coastal villages). The results of this research are expected to be used in designing spatial planning in coastal areas that are safe from tsunamis.*

**Keywords :** Tsunami, Threats, Vulnerability, Resilience, Risk

## Abstrak

Wilayah Pesisir Kabupaten Garut terletak di pantai selatan Jawa Barat yang berhadapan langsung dengan pertemuan lempeng Indo-Australia dan Megathrust Selat Sunda dan Jawa bagian selatan, sehingga memiliki peluang terjadinya bencana gempa bumi dan tsunami yang tinggi. Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat risiko bencana tsunami di desa pesisir Kabupaten Garut dengan menggunakan beberapa metode analisis yaitu perhitungan nilai faktor dengan model standarisasi Davidson serta metode superimpose peta dengan teknik skoring yang prosesnya diolah dengan software Sistem Informasi Geografis (SIG). Selain itu untuk memperoleh nilai perbandingan antara beberapa faktor yang ditinjau dari segi pentingnya faktor tersebut terhadap faktor lainnya dalam menentukan penilaian prioritas terhadap risiko bencana tsunami maka dilakukan pembobotan dengan menggunakan metode proses hierarki analitik (Analytical Hierarchy Process/AHP). Berdasarkan hasil analisis tingkat risiko bencana tsunami, ditemukan bahwa tingkat risiko bencana tsunami tinggi di desa-desa pesisir yaitu seluas  $\pm 6.734,66$  Ha (sekitar 17,02% dari total luas desa-desa pesisir), tingkat risiko bencana tsunami sedang seluas  $\pm 4.137,32$  Ha (sekitar 10,45% dari total luas desa-desa pesisir), dan tingkat risiko bencana tsunami rendah, seluas  $\pm 28.704,99$  (sekitar 72,53% dari total luas desa-desa pesisir). Hasil riset ini diharapkan dapat digunakan dalam menyusun penataan ruang di wilayah pesisir yang aman dari tsunami.

**Kata Kunci :** Tsunami, Ancaman, Kerentanan, Ketahanan, Risiko

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang dikelilingi oleh pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia, yakni Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik (Mardiatna *et al.*, 2017). Kondisi ini menyebabkan sejumlah wilayah yang berhadapan langsung dengan zona tersebut sangat rawan terhadap bencana gempa bumi dan tsunami (Horspool *et al.*, 2014). Salah satu wilayah yang memiliki probabilitas terjadinya gempa bumi dan tsunami tinggi adalah wilayah pesisir Kabupaten Garut, dimana kabupaten ini berada di bagian selatan Pulau Jawa dan berhadapan langsung dengan pertemuan lempeng Indo-Australia dan Megathrust Selat Sunda dan Jawa bagian selatan.

Kejadian gempa bumi di Wilayah Kabupaten Garut tercatat telah terjadi beberapa kali yaitu pada tanggal 6 September 1979, 2 September 2009, 25 Januari 2014, dan 6 April 2016. Data terakhir kejadian gempa di wilayah ini terjadi pada tanggal 2 November 2017 dengan pusat gempa berada di laut pada 97 kilometer arah barat daya Kabupaten Garut kedalaman 10 km (BNPB, 2012).

Wilayah pesisir Kabupaten Garut sejauh ini memang belum pernah mengalami bencana tsunami, namun potensi terjadinya cukup besar mengingat wilayah lainnya yang berhadapan dengan megathrust Indo-Australia telah beberapa kali mengalami bencana tsunami. Tercatat dari tahun 1992 hingga 2006 telah terjadi beberapa kali tsunami yang dipicu oleh Megathrust ini, diantaranya adalah tsunami Flores, Nusa Tenggara Timur tahun 1992, tsunami Banyuwangi, Jawa Timur, tahun 1994 (M 7,2), dan tsunami Pangandaran (M 7,7), Jawa Barat, 2006 (Muhari *et al.*, 2012; Bachtiar *et al.*, 2020).

Potensi tsunami di wilayah pesisir ini juga didukung oleh hasil pemodelan gempa megathrust pada *seismic gaps*, dimana dengan skenario terburuk ditemukan potensi terjadinya tsunami di selatan Pulau Jawa bisa mencapai ketinggian maksimal 20 m dan 12 m dengan rata-rata ketinggian 4,5 m di

sepanjang pantai selatan Jawa (Widiyantoro *et al.*, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko bencana tsunami di wilayah pesisir Kabupaten Garut yang meliputi 20 (duapuluh) desa pesisir yang tersebar di 7 (tujuh) Kecamatan. Desa pesisir Kabupaten Garut dipilih karena wilayah ini berhadapan langsung dengan pertemuan lempeng Indo-Australia, dan kejadian gempa bumi dengan pusat gempa di laut yang mengindikasikan bahwa ancaman tsunami selalu ada di wilayah ini. Selain itu di sepanjang desa pesisir Kabupaten Garut telah berkembang permukiman penduduk yang berpotensi meningkatkan risiko tsunami di wilayah ini. Informasi yang diperoleh di unit administrasi mikro (desa) dapat digunakan oleh pembuat kebijakan dan pengelola pesisir dalam meningkatkan ketahanan dan kesiapan masyarakat (Karuppusamy *et al.*, 2021).

Penelitian ini menggunakan beberapa metode analisis yaitu perhitungan nilai faktor dengan model standarisasi Davidson serta metode superimpose peta dengan teknik skoring yang prosesnya diolah dengan software Sistem Informasi Geografis (SIG). Adapun perbandingan nilai penting antara suatu faktor dengan faktor lainnya dalam menentukan penilaian prioritas terhadap risiko bencana tsunami dilakukan pembobotan dengan menggunakan metode proses hierarki analitik (Analytical Hierarchy Process/AHP).

Output dari penelitian ini adalah peta sebaran tingkat risiko bencana tsunami di desa-desa pesisir Kabupaten Garut, yang diharapkan dapat dijadikan acuan dalam upaya mitigasi bencana tsunami secara lebih efektif dan efisien.

## MATERI DAN METODE

Faktor-faktor risiko bencana tsunami yang digunakan dalam studi ini, terdiri dari faktor bahaya, kerentanan dan ketahanan. Faktor bahaya tsunami dalam penelitian ini menggunakan 6 (enam) indikator yaitu : tingkat landaan tsunami, jarak dari garis pantai dan jarak dari sungai (Faiqoh, 2013), tingkat kepekaan lereng pantai dan tingkat

kepekaan kekasaran pantai (Oktariadi, 2009), intensitas gempa (Pribadi *et al.*, 2013). Sub faktor kerentanan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : *pertama*, Kerentanan fisik, dengan indikatornya adalah penggunaan lahan (Faiqoh, 2013), *kedua*, kerentanan sosial kependudukan, menggambarkan kondisi tingkat kerapuhan sosial dalam menghadapi bahaya (Taubenbock *et al.*, 2013), dan *ketiga*, kerentanan sosial ekonomi, menggambarkan kondisi tingkat kerapuhan ekonomi dalam menghadapi bahaya. Faktor ketahanan dalam pelaksanaan manajemen bencana merupakan parameter penting untuk menentukan keberhasilan pengurangan risiko bencana (Setiawan & Fauziah 2020). Sub faktor dan indikator ketahanan yang digunakan dalam studi ini adalah : *pertama*, sub faktor sumberdaya buatan, indikatornya adalah rasio jumlah fasilitas kesehatan dan rasio jumlah tenaga kesehatan terhadap jumlah penduduk (Davidson, 1997). *Kedua*, sub faktor kemampuan mobilitas, dengan indikatornya yaitu rasio panjang jalan dan rasio sarana angkutan terhadap jumlah penduduk. *Ketiga*, sub faktor ketahanan sistem peringatan dan kesiapsiagaan, dengan indikatornya yaitu keberadaan sistem peringatan dini tsunami serta keberadaan jalur dan ruang evakuasi (BNPB, 2012). Penilaian berbasis indikator digunakan untuk merepresentasikan korelasi antar variable yang mungkin tidak terlihat (Kim *et al.*, 2014). Menurut Peraturan Kepala BNPB Nomor 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, faktor risiko dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Risiko} = \text{Bahaya} \times \frac{\text{Kerentanan}}{\text{Kemampuan}}$$

Menurut Davidson (1997), secara matematis hubungan antara faktor risiko, faktor bahaya, faktor kerentanan dan faktor ketahanan adalah :

$$\text{HDRI} = W_H H + W_V V + W_C C$$

Keterangan : HDRI = nilai risiko bencana;  $W_H H$  = nilai faktor bahaya;  $W_V V$  = nilai faktor kerentanan;  $W_C C$  = nilai faktor ketahanan

Data primer diperoleh dengan metode *quisioner* dan pengamatan lapangan. Metode *quisioner* digunakan untuk mendukung analisis dalam penentuan bobot dari tiap faktor, sub faktor dan indikator risiko bencana tsunami, dengan cara menyiapkan *quisioner* yang akan diisi oleh ahli dibidang kebencanaan. Hasil *quisioner* ini akan diolah dengan software AHP. Sementara pengamatan lapangan dilakukan melalui dokumentasi kondisi fisik kawasan, kawasan yang pernah terkena bencana, fasilitas-fasilitas yang ada, dan vegetasi pelindung. Adapun data sekunder diperoleh dari lembaga-lembaga penyedia data seperti PVMBG (2019), BPS (2016), dan dinas terkait (2018-2019).

Standarisasi nilai indikator dalam penelitian ini menggunakan 2 model standarisasi data sebagaimana dirumuskan oleh Davidson (1997), yaitu : Untuk setiap indikator bahaya dan kerentanan, semakin tinggi nilai indikator maka semakin tinggi pula risiko bendananya, maka digunakan rumus :

$$X^{1ij} = \frac{X_{ij} - (\bar{X}_i - 2S_i)}{S_i}$$

Untuk setiap indikator faktor ketahanan, semakin tinggi nilai indikator maka semakin rendah risiko bendananya, maka digunakan rumus :

$$X^{1ij} = \frac{-X_{ij} + (\bar{X}_i + 2S_i)}{S_i}$$

Keterangan :  $X^{1ij}$  = Nilai yang sudah dibakukan untuk indikator i di kecamatan j;  $X_{ij}$  = Nilai yang belum dibakukan untuk indikator i di kecamatan j;  $\bar{X}_i$ : Nilai rata-rata untuk indikator i;  $S_i$  = Standar deviasi

Pembobotan Faktor, Sub Faktor dan Indikator: Dalam penelitian ini bobot ditentukan berdasarkan penilaian subyektif para ahli (*expert*) dalam bidang risiko bencana tsunami, perhitungan bobot ini dilakukan dengan proses hierarki analitik (*Analytical Hierarchy Process/AHP*).

Perhitungan Nilai Faktor-Faktor Bencana : Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai setiap faktor risiko adalah :

$$\begin{aligned} B &= W_{B1}X'_{B1} + \dots + W_{Bn}X'_{Bn} \\ R &= W_{R1}X'_{R1} + \dots + W_{Rn}X'_{Rn} \\ K &= W_{K1}X'_{K1} + \dots + W_{Kn}X'_{Kn} \end{aligned}$$

Keterangan : B = Nilai Faktor Bahaya; R = Nilai Faktor Kerentanan; K = Nilai Faktor Ketahanan;  $W_i$  = Bobot Setiap Indikator;  $X'_i$  = Nilai Setiap Indikator yang telah dibakukan

Teknik *superimpose* dan *skoring* ini digunakan dengan bantuan *software* Sistem Informasi Geografis, ArcGIS, yang berguna dalam melakukan pemetaan dan analisis berbagai hal di atas permukaan bumi. Teknik *skoring* dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan harkat (peringkat) dari pembentuk indikator, tingkat indikator, tingkat sub faktor dan tingkat faktor. Harkat ini ditentukan berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap risiko bencana tsunami. Setelah itu dilakukan perhitungan skor dengan mengkalikan harkat dengan bobot.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor bahaya memberikan kontribusi terhadap risiko bencana tsunami dengan bobot yang diberikan oleh para ahli sebesar 0,569 dan merupakan bobot terbesar dibandingkan faktor kerentanan (0,243) dan ketahanan (0,188). Adapun indikator bahaya tsunami dianalisis untuk mengidentifikasi sumber yang berkontribusi paling besar terhadap bahaya tsunami (Horspool *et al.*, 2014). Berdasarkan hasil analisis AHP, bobot yang diberikan para ahli untuk indikator ini sebesar 0,122. Sementara hasil analisis GIS diperoleh tingkat bahaya tinggi, luas  $\pm 18.815,60$  Ha, tingkat bahaya sedang, luas  $\pm 12.033,19$  Ha dan tingkat bahaya rendah, luas  $\pm 6.940,39$  Ha. Sedangkan untuk lokasi aman dari bahaya, luas  $\pm 1.787,81$  Ha. Ketiga tingkat bahaya ini tersebar di seluruh desa pesisir. Berdasarkan hasil analisis AHP, bobot yang diberikan para ahli untuk indikator ini sebesar 0,078. Sementara hasil analisis GIS, diperoleh bahwa tingkat bahaya tinggi, luas  $\pm 11.145,46$  Ha, tingkat bahaya sedang, luas  $\pm 18.703,39$  Ha dan tingkat bahaya rendah, luas  $\pm 9.728,12$  Ha. Berdasarkan hasil analisis AHP, bobot yang diberikan para ahli untuk indikator ini sebesar 0,036. Sementara hasil analisis GIS, diperoleh bahwa tingkat bahaya tinggi, luas  $\pm 6.509,46$  Ha, tingkat bahaya sedang  $\pm 8.042,52$  Ha tersebar di Desa Indralayang, Samuderajaya, Karyamukti, Sagara, dan

Sancang, dan untuk kawasan bahaya rendah, luas  $\pm 25.025,00$  Ha. Berdasarkan hasil analisis AHP, bobot yang diberikan para ahli untuk indikator ini sebesar 0,147. Sementara hasil analisis GIS, kawasan dengan intensitas gempa tinggi, luas  $\pm 4.963,69$  Ha tersebar hampir di seluruh desa pesisir. Sisanya adalah kawasan berintensitas gempa sedang, luas  $\pm 34.613,28$  Ha. Tingkat bahaya berdasarkan indikator jarak dari garis pantai yaitu dengan klasifikasi tinggi yaitu dengan jarak  $<1.000$  m, klasifikasi sedang berjarak  $1.000 - 1.500$  m, dan rendah berjarak  $>1.500$  m. Hasil analisis GIS : kategori bahaya tinggi, luas  $\pm 3.503,35$  Ha, kategori bahaya sedang, luas  $\pm 6.558,99$  Ha dan kategori bahaya rendah, luas  $\pm 29.514,63$  Ha, tersebar di seluruh desa pesisir. Tingkat bahaya berdasarkan indikator ini, klasifikasi tinggi berjarak  $<200$  m, klasifikasi sedang berjarak  $200 - 300$  m, dan klasifikasi rendah berjarak  $>300$  m. Hasil analisis GIS diperoleh : kategori bahaya tinggi, luas  $\pm 532,03$  Ha dan kategori bahaya sedang, luas  $\pm 7.657,45$  Ha tersebar hampir di seluruh desa pesisir. Kategori bahaya rendah, luas  $\pm 31.387,50$  Ha tersebar di seluruh desa pesisir.

Hasil analisis diketahui bahwa indikator yang berkontribusi paling besar terhadap bahaya tinggi tsunami adalah tingkat landaan tsunami, sehingga perlu struktur bangunan (Septiangga *et al.*, 2019) dan tanaman pelindung pantai (Gholami, 2016 ; Lu *et al.*, 2013) untuk meredam gelombang tsunami. Adapun hasil analisis GIS dengan teknik *overlay* basis data menunjukkan bahwa kategori bahaya tinggi tersebar hampir di seluruh desa pesisir dengan luas  $\pm 5.871,94$  Ha. Kategori bahaya sedang tersebar di seluruh desa pesisir, luas  $\pm 15.298,28$  Ha. Kawasan kategori bahaya rendah, luas  $\pm 18.406,76$  Ha tersebar hampir di seluruh desa pesisir. Desa-desa yang mempunyai tingkat bahaya tsunami paling luas yaitu Desa Sancang seluas  $\pm 1.016,95$  Ha, Desa Mandalakasih seluas  $\pm 434,60$  Ha dan Desa Pamalayan seluas  $\pm 412,76$  Ha.

## Analisis Faktor Kerentanan

Penilaian kerentanan sangat penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang akan

mempengaruhi dalam menghadapi bencana dan memainkan peran penting dalam manajemen risiko bencana dan perencanaan pesisir untuk pembangunan berkelanjutan (Zhu *et al.*, 2019 ; Suppasri, *et.al*, 2018). Berdasarkan hasil analisis GIS, luas kawasan dengan tingkat kerentanan fisik tinggi sebesar  $\pm 7.518,38$  Ha tersebar di seluruh desa pesisir. Kawasan dengan tingkat kerentanan sedang, luas  $\pm 8.073,45$  Ha tersebar di seluruh desa pesisir. Kawasan dengan tingkat kerentanan rendah, luas  $\pm 23.985,06$  Ha. Kepadatan Penduduk. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini terhadap nilai risiko bencana sebesar 0,027. Sementara analisis standarisasi Davidson menunjukkan bahwa kerentanan tinggi hanya ditemukan di Desa Mancagahar, Mandalakasih, Pameungpeuk, Sinarbakti, Paas dan Jatimulya. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator penduduk Usia Lanjut dan Balita terhadap nilai risiko bencana sebesar 0,032. Sementara analisis standarisasi Davidson menunjukkan bahwa sebagian besar desa pesisir memiliki klasifikasi kerentanan rendah. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator Penduduk Wanita sebesar 0,017. Sementara analisis standarisasi Davidson menunjukkan bahwa tingkat kerentanan tinggi ditemukan di Desa Sinarjaya, Karyamukti, Mekarsari, Sancang, Cigadog, Cikelet, Karangwangi dan Mandalakasih. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator kepadatan penyandang cacat sebesar 0,027. Analisis standarisasi Davidson menunjukkan bahwa tingkat kerentanan tinggi ditemukan di Desa Cimahi dan Samuderajaya.

Hasil perhitungan nilai baku sub faktor sosial kependudukan menunjukkan bahwa desa yang memiliki tingkat kerentanan tinggi adalah Desa Sinarjaya dan Cimahi. Adapun desa lainnya memiliki tingkat kerentanan rendah dan sedang. Indikator Penduduk Wanita memiliki bobot paling rendah, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Parida, 2015 yakni penduduk wanita merupakan kelompok sosial yang memiliki ketangguhan beragam akibat tsunami. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk sub faktor kerentanan ekonomi nilai risiko bencana sebesar 0,084. Analisis

kerentanan ekonomi ini menggunakan menggunakan standarisasi Davidson. Untuk analisis indikator diperoleh : (1) Pekerja Pada Sektor Rentan. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini sebesar 0,045. Analisis standarisasi Davidson menunjukkan bahwa sebagian besar desa pesisir memiliki tingkat kerentanan rendah. (2) Keluarga Miskin. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini sebesar 0,038. Analisis Standarisasi Davidson menunjukkan tingkat kerentanan tinggi ditemukan di Desa Sinarjaya, Karyamukti, Karyasari, Mekarsari, Sagara, dan Mandalakasih. Desa lainnya berkategori rendah dan sedang.

Berdasarkan perhitungan nilai baku sub faktor kerentanan ekonomi, diketahui bahwa desa-desa dengan tingkat kerentanan ekonomi kategori tinggi meliputi Desa Mandalakasih, Pamengpeuk, Sinarbakti dan Paas, sedangkan desa lainnya mempunyai tingkat kerentanan rendah dan sedang. Hasil overlay menunjukkan bahwa tingkat kerentanan tinggi ditemukan di Desa Sinarjaya, Mandalakasih, Paas, Pameungpeuk dan Sinarbakti. Tingkat kerentanan sedang ditemukan di Desa Sancang, Cimahi, Cigadog, Karangwangi, Jatimulya, Mancagahar. Tingkat kerentanan rendah ditemukan di Desa Indralayang, Purbayani, Samuderajaya, Karyasari, Sagara, Cijambe, Pamalayan, Cinajaya, dan Jagabaya. Hal ini menunjukkan bahwa perlu upaya meningkatkan kemampuan evakuasi dengan memperhatikan aspek kelompok sosial dan dimensi spasiotemporal aktifitas sehari-hari dari berbagai kelompok sebagaimana diuraikan dalam (Taubenbock *et al.*, 2013).

### **Analisis Faktor Ketahanan**

Sub faktor ini memberikan kontribusi terhadap nilai dari risiko bencana dengan bobot yang diberikan oleh para ahli yaitu sebesar 0,062. Analisis ketahanan sumberdaya buatan ini menggunakan standarisasi Davidson. (1) Rasio Tenaga Kesehatan. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini sebesar 0,040. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa ketahanan indikator ini tergolong rendah. (2) Rasio Fasilitas Kesehatan. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini sebesar 0,022.

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa ketahanan indikator ini tergolong rendah.

Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk sub faktor ini terhadap nilai risiko bencana sebesar 0,062. Perhitungan nilai baku sub faktor ini menunjukkan tingkat ketahanan tinggi di Desa Karyasari, Cijayana, Karangwangi, dan Pamengpeuk. Sub faktor ketahanan ini memberikan kontribusi terhadap nilai dari risiko bencana dengan bobot yang diberikan oleh para ahli sebesar 0,048. Perhitungan nilai sub faktor ketahanan ini menggunakan standarisasi Davidson. (1) Rasio Panjang Jalan. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini sebesar 0,014. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa desa pesisir dengan nilai baku rendah (ketahanan tinggi) adalah Desa Cimahi, Samuderajaya, Sancang dan Cigadog. (2) Rasio Sarana Angkutan. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini sebesar 0,034. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa desa pesisir dengan nilai baku rendah (ketahanan tinggi) adalah Desa Sagara, sedangkan desa lainnya mempunyai tingkat ketahanan rendah dan sedang.

Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil bahwa desa-desa yang memiliki tingkat ketahanan mobilitas penduduk tinggi (nilai baku rendah) yaitu Desa Sinarjaya, Cimahi, Samuderajaya, Sagara, Sancang, Cigadog, sedangkan desa lainnya mempunyai tingkat ketahanan mobilitas penduduk rendah dan sedang.

Sub faktor ketahanan ini memberikan kontribusi terhadap nilai dari risiko bencana dengan bobot yang diberikan oleh para ahli yaitu sebesar 0,078. (1) Sistem Peringatan Dini Tsunami. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini sebesar 0,029. Keberadaan sistem peringatan dini tsunami ditemukan di Desa Karyamukti, Cigadog, Cikelet, dan Cijayana, dalam hal ini mempunyai tingkat ketahanan lebih tinggi dibandingkan desa pesisir lainnya. (2) Jalur dan Ruang Evakuasi Bencana. Bobot yang diberikan oleh para ahli untuk indikator ini sebesar 0,049. Berdasarkan hasil survey, jalur dan ruang evakuasi bencana tsunami di desa-desa pesisir sudah cukup tersedia. Sistem peringatan dan jalur evakuasi bencana tsunami. Desa yang mempunyai

sistem peringatan dini dan jalur evakuasi (tingkat ketahanan tinggi) yaitu Desa Karyamukti, Cigadog dan Cikelet. Desa lainnya memiliki tingkat ketahanan rendah dan sedang.

Dari hasil analisis sub faktor, diketahui bahwa kapasitas daerah dalam penanggulangan bencana tsunami masih kurang dan membutuhkan insentif, dimana dari ketiga sub faktor tersebut, kapasitas dengan nilai tertinggi adalah kapasitas sistem peringatan dan kesiapsiagaan yakni 7,8%. Untuk itu diperlukan kebijakan dari Pemerintah Daerah agar memprioritaskan pendanaan dalam membangun sistem peringatan dini dan kesiapsiagaan (Oktorie *et al.*, 2019). Sementara berdasarkan sebaran spasialnya, diketahui bahwa desa-desa yang mempunyai tingkat ketahanan tinggi yaitu Desa Karyamukti, Desa Karyasari, Desa Cigadog, Desa Cikelet, Desa Cijayana, sedangkan desa lainnya mempunyai tingkat ketahanan rendah dan sedang (Tabel 1).

### Analisis Tingkat Risiko Bencana Tsunami

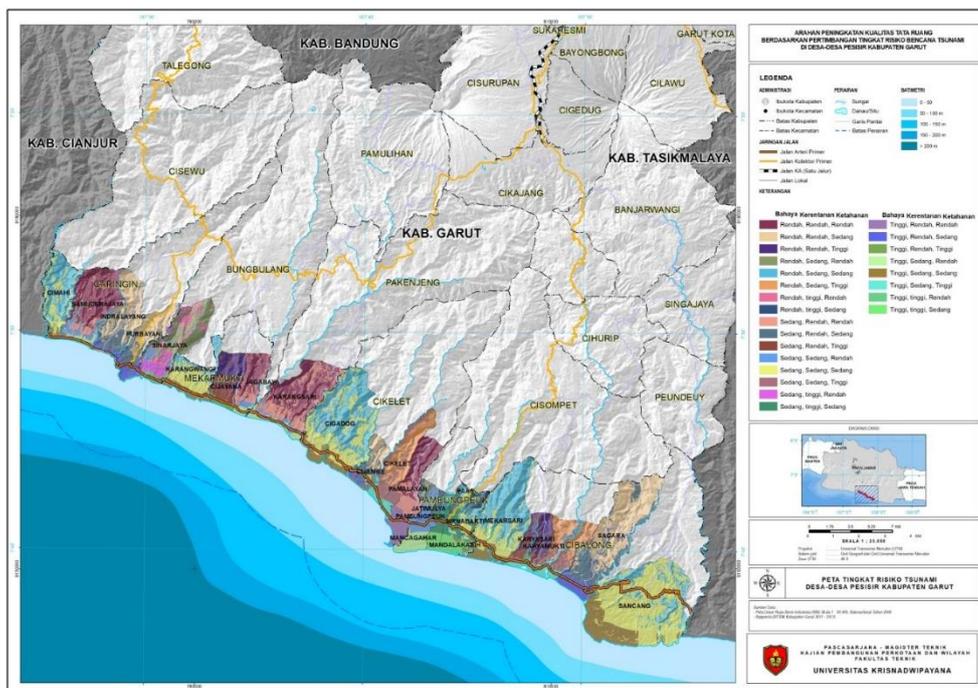
Analisis tingkat risiko menggunakan 2 (dua) pendekatan yaitu pendekatan dengan analisis fisik dan pendekatan informasi basis data faktor bahaya, kerentanan dan ketahanan yaitu gabungan antara analisis fisik dengan analisis berdasarkan data administrasi. Untuk pendekatan pertama, dengan analisis fisik, peta risiko bencana diperoleh dari hasil overlay peta tingkat bahaya tsunami dengan kerentanan fisik (keduanya menggunakan data fisik). Secara umum wilayah pesisir Kabupaten Garut memiliki risiko terhadap bencana tsunami, mulai dari tingkat risiko rendah hingga risiko tinggi. Hal ini sesuai dengan hasil pemetaan risiko bencana tsunami di Kabupaten Lumajang sebagaimana diuraikan dalam Widodo *et al.*, 2017. Dari analisis fisik ini, luasan tingkat risiko bencana tsunami di desa-desa pesisir dapat diidentifikasi, sebagaimana diuraikan pada Tabel 2. Untuk pendekatan kedua, yaitu gabungan antara analisis fisik dengan analisis berdasarkan data administrasi (overlay faktor bahaya, kerentanan dan ketahanan), outputnya berupa informasi karakteristik tingkat risiko bencana tsunami seperti terlihat pada Gambar 1.

**Tabel 1.** Tingkat Ketahanan Terhadap Bahaya Tsunami di Desa-Desa Pesisir Kabupaten Garut

Desa Pesisir	Ketahanan Sumberdaya Buatan				Mobilitas Penduduk				Ketahanan Sistem Peringatan dan Kesiapsiagaan			
	Klasifikasi	Harkat	Bobot	Skor (Harkat x Bobot)	Klasifikasi	Harkat	Bobot	Skor (Harkat x Bobot)	Klasifikasi	Harkat	Bobot	Skor (Harkat x Bobot)
Sinarjaya	Tinggi	1	0,062	0,062	Rendah	5	0,048	0,240	Rendah	1	0,078	0,078
Cimahi	Tinggi	1	0,062	0,062	Rendah	5	0,048	0,240	Sedang	3	0,078	0,234
Indralayang	Tinggi	1	0,062	0,062	Sedang	3	0,048	0,144	Sedang	3	0,078	0,234
Purbayani	Tinggi	1	0,062	0,062	Sedang	3	0,048	0,144	Sedang	3	0,078	0,234
Samuderajaya	Tinggi	1	0,062	0,062	Rendah	5	0,048	0,240	Rendah	1	0,078	0,078
Karyamukti	Sedang	3	0,062	0,186	Sedang	3	0,048	0,144	Tinggi	5	0,078	0,390
Karyasari	Rendah	5	0,062	0,310	Sedang	3	0,048	0,144	Sedang	3	0,078	0,234
Mekarsari	Tinggi	1	0,062	0,062	Sedang	3	0,048	0,144	Sedang	3	0,078	0,234
Sagara	Tinggi	1	0,062	0,062	Rendah	5	0,048	0,240	Sedang	3	0,078	0,234
Sancang	Tinggi	1	0,062	0,062	Rendah	5	0,048	0,240	Sedang	3	0,078	0,234
Cigadog	Sedang	3	0,062	0,186	Rendah	5	0,048	0,240	Tinggi	5	0,078	0,390
Cijambe	Sedang	3	0,062	0,186	Tinggi	1	0,048	0,048	Sedang	3	0,078	0,234
Cikelet	Sedang	3	0,062	0,186	Sedang	3	0,048	0,144	Tinggi	5	0,078	0,390
Pamalayan	Tinggi	1	0,062	0,062	Tinggi	1	0,048	0,048	Sedang	3	0,078	0,234
Cijayana	Rendah	5	0,062	0,310	Sedang	3	0,048	0,144	Sedang	3	0,078	0,234
Jagabaya	Tinggi	1	0,062	0,062	Tinggi	1	0,048	0,048	Rendah	1	0,078	0,078
Karangwangi	Rendah	5	0,062	0,310	Sedang	3	0,048	0,144	Rendah	1	0,078	0,078
Karangsari	Tinggi	1	0,062	0,062	Sedang	3	0,048	0,144	Rendah	1	0,078	0,078
Mancagahar	Tinggi	1	0,062	0,062	Tinggi	1	0,048	0,048	Sedang	3	0,078	0,234
Mandalakasih	Sedang	3	0,062	0,186	Tinggi	1	0,048	0,048	Sedang	3	0,078	0,234
Pameungpeuk	Rendah	5	0,062	0,310	Tinggi	1	0,048	0,048	Sedang	3	0,078	0,234
Sinarbakti	Sedang	3	0,062	0,186	Tinggi	1	0,048	0,048	Sedang	3	0,078	0,234
Paas	Sedang	3	0,062	0,186	Tinggi	1	0,048	0,048	Sedang	3	0,078	0,234
Jatimulya	Tinggi	1	0,062	0,062	Tinggi	1	0,048	0,048	Sedang	3	0,078	0,234

**Tabel 2.** Luas Kawasan Tingkat Risiko Bencana Tsunami Berdasarkan Pendekatan Analisis Fisik (Ha)

No	Kecamatan	Desa Pesisir	Tingkat Risiko dengan Pendekatan Analisis Fisik			Total
			Rendah	Sedang	Tinggi	
1	Bungbulang	Sinarjaya	1.582,65	88,26	354,79	2.025,70
2	Caringin	Cimahi	1.150,37	242,31	85,19	1.477,87
		Indralayang	1.204,34	240,98	239,01	1.684,33
3	Cibalong	Purbayani	851,85	70,23	391,68	1.313,76
		Samuderajaya	1.722,00	166,38	312,99	2.201,36
		Karyamukti	1.154,44	117,06	165,74	1.437,25
		Karyasari	868,47	82,09	173,35	1.123,91
		Mekarsari	2.173,95	304,21	430,40	2.908,56
4	Cikelet	Sagara	3.132,18	227,45	147,50	3.507,13
		Sancang	4.157,62	994,64	31,93	5.184,19
		Cigadog	3.339,46	148,97	342,55	3.830,98
		Cijambe	615,08	43,51	145,17	803,75
		Cikelet	1.212,44	239,45	196,00	1.647,89
5	Mekarmukti	Pamalayan	811,59	133,38	648,38	1.593,34
		Cijayana	622,01	175,83	241,00	1.038,83
		Jagabaya	655,85	147,01	163,57	966,43
6	Pakenjeng	Karangwangi	294,25	184,26	696,49	1.174,99
		Karangsari	2.057,41	155,91	357,86	2.571,17
7	Pamengpeuk	Jatimulya	229,75	98,57	171,27	499,59
		Mancagahar		2,02	506,73	508,75
		Mandalakasih	18,78	64,47	456,98	540,23
		Paas	376,80	57,89	37,66	472,35
		Pameungpeuk	130,06	119,33	319,23	568,62
		Sir nabakti	343,64	33,10	119,22	495,97
Total (Ha)			28.704,99	4.137,32	6.734,66	39.576,97
Prosentase (%)			72,53%	10,45%	17,02%	100,00%



**Gambar 1.** Peta tingkat risiko bencana tsunami di desa pesisir Kabupaten Garut berdasarkan pendekatan informasi basis data (hasil olahan : 2019)

## KESIMPULAN

Tingkat risiko bencana tsunami berdasarkan pendekatan analisis fisik, menunjukkan tingkat risiko tinggi di desa pesisir Kabupaten Garut yaitu seluas  $\pm 6.734,66$  Ha (sekitar 17,02% dari total luas desa pesisir), tersebar di seluruh desa pesisir, tingkat risiko sedang, seluas  $\pm 4.137,32$  Ha (sekitar 10,45% dari total luas desa pesisir), tersebar di seluruh desa pesisir, dan tingkat risiko rendah, seluas  $\pm 28.704,99$  (sekitar 72,53% dari total luas desa pesisir), tersebar di seluruh desa pesisir kecuali Desa Mancagahar. Sedangkan tingkat risiko berdasarkan analisis fisik dan pendekatan informasi basis data faktor bahaya, kerentanan dan ketahanan, menunjukkan bahwa tingkat risiko bencana tinggi ditemukan hampir di seluruh desa, kecuali di Desa Indralayang, Purbayani, Sagara, dan Jatimulya. Adapun tingkat risiko paling tinggi ditemukan di Desa Sinarjaya dan Mandalakasih. Tingkat risiko bencana ini, menunjukkan bahwa wilayah pesisir Kabupaten Garut tidak aman dari bencana tsunami, untuk itu diharapkan Pemerintah Kabupaten Garut dapat menjadikan hasil penelitian ini sebagai salah satu acuan dalam merencanakan pembangunan di wilayah pesisir Kabupaten Garut.

## DAFTAR PUSTAKA

Bachtiar, W., Mutaqin, Amri, I. & Aditya, B. 2020. Spatial Pattern of Tsunami Events and Disaster Management Development in Indonesia Following the 2004 Indian Ocean Tsunami: A Review. *Journal of Environment and Geological Hazards*, 11(2):73 – 86. doi : 10.34126/jlbg.v11i2.302.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2012. Masterplan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami. BNPB, Jakarta.

Badan Pusat Statistik (BPS). 2016. *Statistik Sumberdaya Laut dan Pesisir*. Jakarta.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Garut. 2018. Kabupaten Garut Dalam Angka. BPS Kabupaten Garut

Davidson, R. A., 1997. An Urban Earthquake Disaster Risk Index. The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Department of Civil Engineering Stanford University, Stanford.

Faiqoh, I., 2013. Vulnerability Level Map of Tsunami Disaster in Pangandaran Beach,

West Java. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences* 10(2):90-103. doi: 10.30536/j.ijreses.2013.v10.a1848.

Gholami, D.M. 2016. An Overview on Role of Mangroves in Mitigating Coastal Disasters (With Special Focus on Tsunamis, Floods and Cyclones). *International Conference on Architecture, Urbanism, Civil Engineering, Art, Environment*. Tehran, Iran, Institute of Art and Architecture (SID), March 7.

Horspool, N., Pranantyo, I., Griffin, J., Latief, H., Natawidjaja, D.H., Kongko, W., Cipta, A., Bustaman, B., Anugrah, S.D., & Thio, H.K. 2014. A probabilistic tsunami hazard assessment for Indonesia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14:3105–3122. doi :10.5194/nhess-14-3105-2014.

Karuppusamy, B., George, S.L., Anusuya, K., Venkatesh, R., Thilagaraj, P., Gnanappazham, L., Kumaraswamy, K., Balasundareswaran, A.H. & Nina, P.B. 2021. Revealing the socio-economic vulnerability and multi-hazard risks at micro-administrative units in the coastal plains of Tamil Nadu, India. *Geomatics, Natural Hazards And Risk*, 12(1):605-630. doi: 10.1080/19475705.2021.1886183.

Kim, S., Arrowsmith, C.A. & Handmer, J., 2009. Assessment of socioeconomic vulnerability of Coastal Areas from an indicator based approach. *Journal of Coastal Research*, 21(5):942-952.

Lu, X., Mao, Y., Chen, Y., Liu, J., Zhou, Y. 2013. New Structural System for Earthquake Resilient Design. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 07(3):p.1350013. doi: 10.1142/S1793431113500139.

Mardiatno, D., Malawani, M.N., Annisa, D.N. & Wacano, D. 2017. Review on Tsunami Risk Reduction in Indonesia Based on Coastal and Settlement Typology. *Indonesian Journal of Geography*. 49(2):186-197. doi : 10.22146/ijg.28406.

Muhari, A., Muck, M., Diposaptono, S. & Spahn, H. 2012. Tsunami Mitigation Planning In Pacitan, Indonesia. *Journal of Tsunami Society*,. 31(4):244-267.

Oktariadi, O., 2009. Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi). *Jurnal Geologi Indonesia*, 4(2):103-116

- Oktorie, O., Rusdi, Heldi, Barlian, E., Putra, A., & Ramadhan, R. 2019. Disaster Mitigation Based On Environmental Of Coastal Area Communities In Pariaman City Indonesia. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, 3(2):202-207.
- Parida, P.K. 2015. The Social Construction of Gendered Vulnerability to Tsunami Disaster: the case of coastal Sri Lanka. *Journal of Social and Economic Development*, 17(2), 200-222. doi : 10.1007/s40847-015-0019-y
- Pribadi, S., Afnimar, A., Puspito, N.T., Ibrahim, G. 2013. Characteristics of Earthquake-Generated Tsunamis in Indonesia Based on Source Parameter Analysis. *Journal of Mathematical and Fundamental Science* 45(2):189-207. doi : 10.5614/j.math.fund.sci.2013.45.2.8.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). 2019. Wilayah Potensi Gerakan Tanah di Provinsi Jawa Barat. Badan Geologi, Bandung.
- Septiangga, B., Yudistira, Y., & Bintang, S. 2019. Tsunami Inundation Modeling And Its Impact On Coastal Area Of Manado City And Surrounding. *Conference: HATHI 6th International Seminar. Kupang, Indonesia.*
- Setiawan, C. and Fauziah, S., 2020. Analysis Region Capacity Levels in the Face Tsunami in Lebak Regency of Banten. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, 4(1):55-58.
- Suppasri, A., Muhari, A., Syamsidik, Yunus, R., Pakoksung, K., Imamura, F., Koshimura, S., & Paulik, R. 2018. Vulnerability Characteristics of Tsunamis in Indonesia: Analysis of the Global Centre for Disaster Statistics Database. *Journal of Disaster Research* 13 (6):1039-1048. doi : 10.20965/jdr.2018.p1039.
- Taubenbock, H., Goseberg, N., Lamm, G., Setiadi, N., Schlurmann, T., Nagel, K., Siegert, F., Birkmann, J., Traub, K.P., Dech, S., Keuck, V., Lehmann, F., Strunz, G. & Klupfe, H. 2013. Risk reduction at the "Last-Mile": an attempt to turn science into action by the example of Padang, Indonesia. *Jurnal Natural Hazards*. 65:915-945. doi : 10.1007/s11069-012-0377-0.
- Widiyantoro, S., Gunawan, E., Muhari, A., Rawlinson, N., Mori, J., Hanifa, N.R., Susilo, S., Supendi, P., Shiddiqi, H.A., Nugraha, A.D., & Putra, H.E. 2020. Implications for megathrust earthquakes and tsunamis from seismic gaps south of Java Indonesia. *Scientific reports*, 10(1):1-11.
- Widodo, A., Warnana, D.D., Rochman, J.P., Syaifuddin, F., Perbawa, E.S., Iswahyudi, A., & Lestari, W. 2017. Tsunami Risk Mapping of Lumajang District Using Geographic Information System (GIS). *Regional Conference in Civil Engineering (RCCE). The Third International Conference on Civil Engineering Research (ICCEER)*, August 1st-2nd.
- Zhu, Z.T., Cai, F., Chen, S.L., Gu, D., Feng, A.P., Cao, C., Qi, H.S., & Lei, G. 2019. Coastal Vulnerability to Erosion Using a Multi-Criteria Index: A Case Study of the Xiamen Coast. *Jurnal Sustainability*, 11(1):p93. doi: 10.3390/su11010093.