

EVALUASI SEBARAN SPASIAL SABUK HIJAU SEBAGAI MITIGASI STRUKTURAL BENCANA TSUNAMI DI KAWASAN PESISIR KABUPATEN CILACAP DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL 2A

Nabila Salsa Kirani^{1*}, Juhadi², Erni Suharini³ Vina Nurul Husna⁴

¹Geografi, Universitas Negeri Semarang

nabilasalsakirani@students.unnes.ac.id, juhadigeo@mail.unnes.ac.id, erni.suharini@mail.unnes.ac.id,
vina_nh@mail.unnes.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Berdasarkan letak geografisnya, Kabupaten Cilacap berada di dekat zona *megathrust* dengan ancaman yang tinggi dari bencana gempa bumi dan bencana sekundernya yakni tsunami karena berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran spasial sabuk hijau serta mengevaluasi sebaran spasial sabuk hijau eksisting untuk mitigasi struktural tsunami di kawasan pesisir Kabupaten Cilacap. Dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif meliputi metode NDVI dan *weighted overlay analysis*. Penelitian ini menghasilkan temuan kelas risiko tsunami berdasarkan parameter penggunaan lahan, kelerengan, elevasi, jarak dari sungai dan jarak dari pantai. Di Segara Anakan ditemukan kelas efektivitas hutan pesisir sebagai wilayah penyangga tsunami yang dapat mereduksi tsunami tergolong lebih efektif dengan nilai 78%. Berdasarkan hasil penelitian wilayah dengan kelas risiko sangat tinggi seluas 604,6 Ha direkomendasikan sebagai sabuk hijau dengan berbgaidengan upaya pengadaan tanaman pesisir seperti mangrove dan *native plant* yang sesuai dengan karakteristik wilayahnya.

Kata Kunci: Sabuk hijau; Mitigasi Struktural; Tsunami; Weighted Overlay Analyst.

Abstract: Based on its geographical location, Cilacap Regency is situated near the *megathrust* zone with a high risk of earthquakes and their secondary disaster, tsunamis, due to its direct proximity to the Indian Ocean. This study aims to identify the spatial distribution of the green belt and evaluate the existing green belt's spatial distribution for structural tsunami mitigation in the coastal area of Cilacap Regency. By using a descriptive qualitative method including NDVI and *weighted overlay analysis*. This research produced tsunami risk class findings based on land use parameters, slope, elevation, distance from rivers, and distance from the coast. In Segara Anakan, the effectiveness class of coastal forests as a tsunami buffer zone, which can reduce tsunamis, was found to be more effective with a value of 78%. Based on the research results, an area of 604.6 ha with a very high-risk class is recommended as a green belt with various efforts to procure coastal plants, such as mangroves and native plants, that are suitable for the area's characteristics.

Keywords: Greenbelt; Structural Mitigation; Tsunami; Weighted Overlay Analyst.

Article History:

Received: 30-04-2025

Revised : 19-07-2025

Accepted: 23-07-2025

Online : 01-09-2025



This is an open access article under the
CC-BY-SA license

A. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki potensi bencana alam yang tinggi (Abdillah et al., 2023; Hamuna et al., 2019), dari segi geologis, pergerakan Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik pernah memicu banyak peristiwa gempa bumi berskala besar di Indonesia (Sabani et al., 2021; Sabtaji, 2020). Khususnya di Kabupaten Cilacap yang berada pada zona megathrust yang berpotensi menghasilkan gempa bermagnitude besar, kebanyakan gempa bumi yang terjadi di Pesisir Selatan Pulau Jawa memiliki pusat yang terletak pada dasar Samudera Hindia dan beberapa di antaranya mendatangkan gelombang laut besar (tsunami) di Pulau Jawa (Hasan & Setyaningsih, 2024). Samudra Hindia dikenal sebagai sumber tsunami atau gelombang tinggi karena pergerakan lempeng atau anomali atmosfer lainnya (Juhadi et al., 2021).

Pada tahun 2006 ketika Gempa Pangandaran terjadi, tercatat tinggi *run up* di Pulau Nusakambangan mencapai 20 meter dengan kedalaman genangan 8 meter (Laksono et al., 2021). Sementara itu *run up* tsunami di pantai wisata di Kabupaten Cilacap yakni Pantai Widara Payung 2-5 meter dan Pantai Ayah 1 meter (Triyono et al., 2019). Ancaman bencana tsunami di Kabupaten Cilacap juga diperparah dengan morfologi wilayah datar berbentuk teluk dan keberadaan muara sungai-sungai besar DAS Serayu dan DAS Ci Bereum. Gelombang tsunami akan lebih besar jika topografi pesisir cenderung datar, atau saat gelombang menjalar ke sungai yang bermuara di lautan, di mana sapuan tsunami akan jauh lebih merusak karena semakin masuk ke daratan (Gede Tunas et al., 2023).

Mitigasi efektif risiko tsunami dapat ditempuh dengan menghindari atau meminimalisir keterpaparan terhadap masyarakat dan properti yang mampu diimplementasikan menggunakan perencanaan penggunaan lahan (Hairumini et al., 2017). Konsep pengembangan sabuk hijau (*green belt*) di wilayah pesisir juga didukung oleh penelitian (Wolanski, 2002), (Quartel et al., 2007), (Osti et al., 2009), (Santoso et al., 2019), dan (Benazir et al., 2024) yang melaporkan bahwa pemanfaatan vegetasi pesisir dapat diaplikasikan sebagai strategi mitigasi terhadap tsunami. Cara kerja hutan pesisir mereduksi adanya gelombang dengan meredam tinggi, kecepatan dan arus gelombang sebelum sampai ke daratan (Wolanski, 2002). Vegetasi pesisir akan menjadi hambatan hidrolik dan pantulan vegetasi dapat mereduksi energi tsunami, kedalaman genangan, area genangan, arus dan gaya hidrolik di wilayah belakang hutan pesisir (Osti et al., 2009).

Penghalang/penyangga vegetasi (*greenbelt*) berupa *native plant* maupun ekosistem mangrove di wilayah pesisir cukup tangguh dan stabil untuk mencegah atau mengurangi efek buruk dari bencana alam seperti angin topan, gelombang badai, dan tsunami (Nur Afi Ati et al., 2023). Sabuk hijau (*green belt*) merupakan reduktor tsunami (Santoso et al., 2019), sebab sabuk hijau meliputi mangrove dan beberapa vegetasi pantai dianggap sebagai salah satu penghalang fisik yang dapat mengurangi energi tsunami sebelum mencapai pantai (Hamuna et al., 2019).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 tahun 2020 tentang mitigasi bencana di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, disebutkan bahwa salah satu mitigasi struktural tsunami yang dapat ditempuh salah satunya melalui pengadaan vegetasi pesisir. Dengan kata lain mitigasi tsunami menggunakan pendekatan fisik pada wilayah pesisir dapat dioptimalkan melalui penanaman vegetasi yang sesuai sebagai sabuk hijau (*green belt*). Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis sabuk hijau eksisting serta mengevaluasi sebaran spasial sabuk hijau untuk mitigasi struktural tsunami di pesisir Kabupaten Cilacap.

B. METODE PELAKSANAAN

a. Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2024 yang berlokasi di pesisir Kabupaten Cilacap. Secara geografis, pesisir Kabupaten Cilacap berhadapan langsung dengan Samudra Hindia disebelah selatan. Berdasarkan garis astronomisnya wilayah penelitian berada di $108^{\circ} 47' 0.06''$ BT - $109^{\circ} 23' 41.28''$ BT dan $7^{\circ} 34' 24.25''$ LS - $7^{\circ} 47' 6.54''$ LS. Wilayah pada penelitian ini adalah seluruh kawasan rawan bencana tsunami Kabupaten Cilacap, terdapat 8 Kecamatan yang memiliki kawasan rawan bencana tsunami di Kabupaten Cilacap meliputi Kecamatan Adipala, Kecamatan Binangun, Kecamatan Cilacap Selatan, Kecamatan Cilacap Tengah, Kecamatan Cilacap Utara, Kecamatan Kampunglaut, Kecamatan Kesugihan, dan Kecamatan Nusawungu.

b. Jenis Penelitian

Penelitian ini berjenis penelitian deskriptif kualitatif dengan penggunaan data-data primer dari survei lapangan yang bersifat eksploratif dan data sekunder baik data dari penelitian terdahulu maupun data dari instansi yang berkaitan dengan penelitian ini.

c. Metode Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis Data

Untuk dapat mengidentifikasi sabuk hijau eksisting dilakukan interpretasi citra satelit dengan menggunakan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), metode ini digunakan untuk mengetahui sebaran indeks kerapatan suatu vegetasi/tajuk (Husna & Fawzi, 2022). Dengan menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif serta observasi lapangan yang bersifat eksploratif dengan acuan hasil pengolahan NDVI kelas 5 untuk mengetahui jenis vegetasi eksisting di kawasan pesisir Kabupaten Cilacap. Terdapat 49 titik survei lapangan pada penelitian ini dengan didasarkan pada KRB dan sistem grid dikarenakan vegetasi di wilayah penelitian bersifat homogen.

Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Tabel 1. Klasifikasi NDVI (Sumber: Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.23/Menhut-II/2012, 2012)

Kelas NDVI	Interval	Keterangan
1	-1 s/d -0,03	Lahan tidak bervegetasi
2	-0,03 s/d 0,15	Kehijauan sangat rendah
3	0,15 s/d 0,25	Kehijauan rendah
4	0,26 s/d 0,35	Kehijauan sedang

Dilakukan pula perhitungan model reduksi tsunami Harada dan Imamura, kelas efektivitas hutan pesisir sebagai wilayah penyangga tsunami dapat diketahui sebagai berikut:

$$RT = \left(\frac{R}{R_{max}} \times (0,25) + \frac{K}{K_{max}} \times (0,30) + \frac{D}{D_{max}} \times (0,25) + \frac{S}{S_{max}} \times (0,20) \right) \quad (2)$$

Keterangan

RT	: reduksi tsunami	R max : lebar hutan maksimal
R	: lebar hutan	K max : kerapatan maksimal
K	: kerapatan	D max : diameter maksimal
D	: diameter	S max : topografi maksimal
S	: topografi	

Tabel 2. Kelas Efektivitas Hutan Pesisir Sebagai Buffer Tsunami (Model Harada & Imamura) (Harada & Imamura, 2005; Susanto et al., 2019)

No	Kelas	Reduksi (%)
1	Sangat efektif	>85
2	Lebih efektif	51 – 85
3	Efektif	21 – 50
4	Kurang efektif	13 – 20
5	Sangat kurang efektif	<13

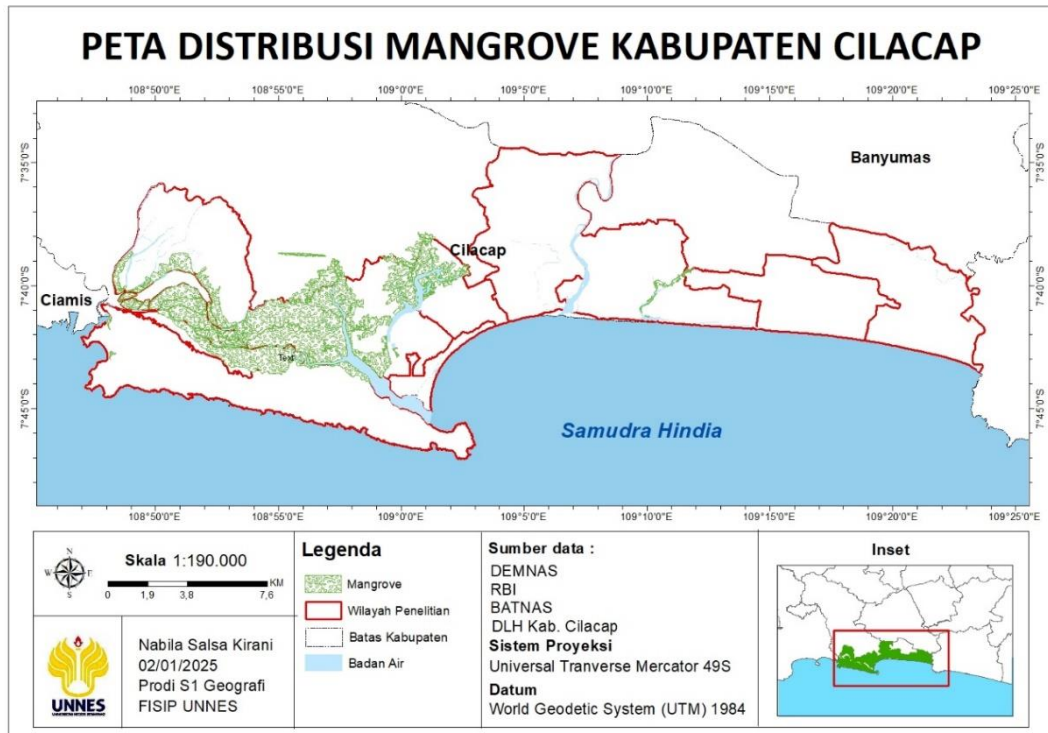
Dalam mengevaluasi sebaran sabuk hijau dilakukan melalui metode *Weighted Overlay Analysis*, metode ini digunakan untuk melakukan skoring dan pembobotan yang bertujuan untuk mengetahui wilayah berdasarkan kelas kerentanan tsunami. Metode *Weighted Overlay Analysis* pada tahap evaluasi sebaran spasial sabuk hijau untuk mitigasi struktural tsunami di kawasan pesisir Kabupaten Cilacap didasarkan atas beberapa parameter meliputi penggunaan lahan, morfologi, elevasi, kemiringan lahan, jarak dari sungai, dan jarak dari pantai (Isdianto et al., 2021). Data-data parameter penggunaan lahan diambil dari pola ruang RTRW Kabupaten Cilacap yang diperoleh dari Kantor Wilayah ATR/BPN Provinsi Jawa Tengah, kemudian data elevasi dan kemiringan didapatkan dari pengolahan DEMNAS. Sementara jarak dari sungai dan jarak dari pantai akan diambil dari proses *buffering* data yang disediakan Badan Informasi Geospasial melalui Rupa Bumi Indonesia. Penelitian ini juga menggunakan data penunjang dari BPBD Kabupaten Cilacap berupa rencana kontingensi.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

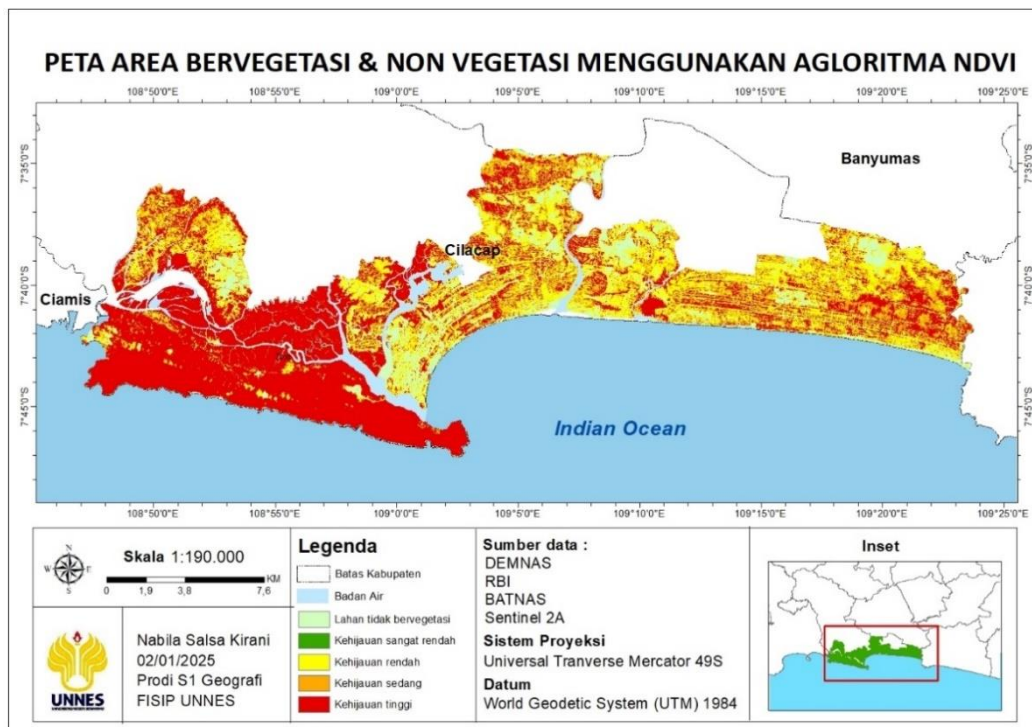
1. Distribusi Spasial Sabuk Hijau Eksisting di Kawasan Pesisir Kabupaten Cilacap

Pemanfaatan vegetasi pesisir dapat diaplikasikan sebagai strategi mitigasi terhadap tsunami (Benazir et al., 2024; Ohira et al., 2012; Samarakoon et al., 2013). Wilayah pesisir di Indonesia tergolong padat pemukiman dan pembangunan, oleh karena itu diperlukan adanya upaya pencegahan perkembangannya di wilayah pesisir dan perumusan hutan penyangga (Santoso et al., 2019).

Keberadaan sabuk hijau di pesisir Kabupaten Cilacap masih minim karena wilayah pesisir di kabupaten ini dikuasai oleh militer, namun terdapat beberapa wilayah yang memiliki vegetasi masif di sekitar pantai. Berdasarkan data yang dimiliki oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cilacap, eksistensi mangrove di Kabupaten Cilacap dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Peta Persebaran Mangrove Kabupaten Cilacap 2022 (Sumber: DLH Kab. Cilacap)



Gambar 2. Peta Area Bervegetasi dan Non Vegetasi Menggunakan Agloritma NDVI

Beberapa pantai yang memiliki sabuk hijau adalah Pantai Teluk Penyus dan Pantai Kemiren, selain di kedua pantai tersebut belum terdapat vegetasi pantai yang masif yang membentuk sabuk hijau pada gambar 4 dan 5.



Gambar 3. Foto Udara Sabuk Hijau Pantai Kemiren menggunakan drone (Sumber: Dok. pribadi Maret 2025)



Gambar 4. Sabuk Hijau Pantai Kemiren Dari Citra Satelit (Sumber: Google earth)



Gambar 5. Foto Udara Sabuk Hijau Pantai Teluk Penyus menggunakan drone (Sumber: Dok. pribadi Maret 2025)



Gambar 6. Foto Udara Sabuk Hijau Pantai Teluk Penyus (Sumber: Dok. pribadi Maret 2025)

2. Vegetasi Efektif Mitigasi Struktural Tsunami Menggunakan Sabuk Hijau

Eksistensi mangrove yang terletak di Segara Anakan Kabupaten Cilacap, menurut penelitian (Ananta et al., 2020; Kresnasari & Gitarama, 2021) terdapat 12 spesies mangrove yakni *Avicennia alba* Blume, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, *Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Robinson, *Rhizophora mucronata* Lamk, *Rhizophora apiculata* BL, *Bruguiera gymnorrhiza* Sonneratiaceae, *Sonneratia alba* J. Smith, *Sonneratia caseolaris* (L.) Engler, *Nypa fruticans* (Thunb.) Wurmb, *Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco, *Acanthus ilicifolius* L, *Derris trifoliata* Lour.

Di wilayah penelitian, selain mangrove ditemukan pula *native plant* seperti cemara laut, kelapa, glodogan tiang, dan ketapang. Tidak semua jenis vegetasi yang disebutkan tersebar secara menyeluruh di wilayah pesisir di Kabupaten Cilacap. Sebagai contoh di Pantai Widara Payung, Kecamatan Binangun didominasi oleh tanaman kelapa, sementara di sekitar sungai yang berada di dekat Gunung Srandil, Kecamatan Adipala didominasi oleh mangrove nippah (*Nypa fruticans*). Mangrove berjenis api-api atau *Avicennia lanata* ditemukan di Pantai Bunton. Kabupaten Cilacap memiliki hutan mangrove bernama wisata hutan payau yang terletak di Kecamatan Cilacap Utara yang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cilacap. Sementara tanaman pesisir yang mendominasi Pantai Teluk Penyus dan Pantai Kemiren di Kecamatan Cilacap

Selatan, dan Pantai Cemara Sewu Kecamatan Nusawungu adalah tanaman cemara laut (*Casuarina equisetifolia* L.), glodokan tiang (*Monoon longifolium*), dan ketapang (*Terminalia catappa*).

3. Evaluasi Sebaran Spasial Sabuk Hijau Untuk Mitigasi Tsunami

a. Reduksi Tsunami Menggunakan Mangrove Segara Anakan

Berdasarkan data sekunder yang didapatkan dari penelitian terdahulu lalu dihitung menggunakan model reduksi tsunami Harada dan Imamura ditemukan bahwa segara anakan memiliki kelas reduksi tsunami 78% dengan klasifikasi lebih efektif. Menurut kriteria Harada dan Imamura (2003), hampir sebagian besar wilayah sabuk hijau memiliki kerapatan, diameter, dan lebar hutan pesisir yang baik.

Tabel 3. Data Perhitungan Reduksi Tsunami Segara Anakan
(Cahyo et al., 2024; Ismail et al., 2018; Kresnasari & Gitarama, 2021)

Parameter	Nilai
Lebar hutan	6,126.28
Kerapatan	107 pohon/ha
Diameter	6
Topografi	0
Lebar hutan max	17,090.01
Kerapatan max	198 pohon/ha
Diameter max	10
Topografi max	12,5

b. Evaluasi Sebaran Spasial Sabuk Hijau Dengan Metode *Weighted Overlay Analysis*

Kabupaten Cilacap merupakan wilayah yang berpotensi terdampak gempa yang dapat memicu tsunami di selatan Provinsi Jawa Tengah adalah zona subduksi lempeng Australia dan Eurasia. Berdasarkan modelling skenario terburuk gempa megathrust oleh BMKG, Kabupaten Cilacap berpotensi terdampak tsunami akibat gempabumi megathrust dengan waktu tiba gelombang tsunami berkisar antara 50 - 60 menit dengan ketinggian maksimum 16 - 18 meter dan landaan maksimal sejauh 12 km (BPBD Kab. Cilacap, 2023).

Hutan pesisir yang masih baik akan menjadi penghalang gelombang tsunami yang datang, sehingga energi tsunami mampu diredam dan dapat direfleksikan kembali ke laut. Dengan adanya sabuk hijau sebagai wilayah penyangga, kerusakan akibat gelombang tsunami di pesisir Kabupaten Cilacap dapat diminimalisir sebab wilayah penyangga tidak diperuntukan sebagai wilayah terbangun. Untuk mengevaluasi sebaran spasial sabuk hijau yang efektif di pesisir Kabupaten Cilacap maka penelitian ini melakukan *overlay* terhadap 5 parameter kerentanan tsunami yang terdiri atas penggunaan lahan, kelerengan, elevasi, jarak dari pantai dan jarak dari sungai. Pada penelitian ini klasifikasi wilayah kerentanan tsunami berdasarkan 5 parameter memiliki luas sesuai dengan tabel 4.

Tabel 4. Skor Kerentanan Tsunami Beberapa Parameter (Azkari H. A. et al., 2020; Handoyo et al., 2023; Isdianto et al., 2021)

Parameter	Klasifikasi	Kelas	Skor
Land use & land cover	Area pendidikan, area permukiman, industri, perkantoran dan niaga, sarana dan akomodasi wisata, pelabuhan laut, pertambangan	Sangat tinggi	5

Parameter	Klasifikasi	Kelas	Skor
	Perkebunan, tambak	Tinggi	4
	Ladang, tegalan, hutan produksi	Sedang	3
	Semak, belukar, lahan kosong	Rendah	2
	Hutan, kawasan lindung, tahura	Sangat rendah	1
Elevasi	0 – 10 m	Sangat tinggi	5
	10 – 25 m	Tinggi	4
	25 – 50 m	Sedang	3
	50 – 100 m	Rendah	2
	>100 m	Sangat rendah	1
Kemiringan lereng	0% - 5%	Sangat tinggi	5
	5% – 15%	Tinggi	4
	15% - 25%	Sedang	3
	25% - 40%	Rendah	2
	>40%	Sangat rendah	1
Jarak dari sungai	0 – 100 m	Sangat tinggi	5
	100 – 200 m	Tinggi	4
	200 – 300 m	Sedang	3
	300 – 500 m	Rendah	2
	>500 m	Sangat rendah	1
Jarak dari pantai	0 – 200 m	Sangat tinggi	5
	200 – 500 m	Tinggi	4
	500 – 1000 m	Sedang	3
	1000 – 1500 m	Rendah	2
	>1500 m	Sangat rendah	1

Berdasarkan parameter penggunaan lahan yang bersumber dari RTRW Kabupaten Cilacap ditemukan wilayah kelas kerentanan sangat tinggi dengan peruntukan area pendidikan, area permukiman, industri, perkantoran dan niaga, sarana dan akomodasi wisata, pelabuhan laut, dan pertambangan adalah seluas 27764,8 Ha. Sementara itu kelas kerentanan sangat rendah dengan peruntukan hutan, kawasan lindung dan taman hutan raya 2621,6 Ha. Perbedaan luasan yang besar ini juga menunjukkan ketiadaannya wilayah penyangga yang memadai di wilayah tersebut. Klasifikasi kelerengan di wilayah penelitian disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Luas Klasifikasi Penggunaan Lahan (Sumber: RTRW Kab. Cilacap)

No.	Klasifikasi	Skor	Luas (Ha)
1.	Sangat rendah	1	2621,6
2.	Rendah	2	116,3
3.	Sedang	3	31367,2
4.	Tinggi	4	11673,7
5.	Sangat tinggi	5	27764,8
	Total		73543,6

Melalui parameter kelerengan dengan kelas kemiringan lereng 0-5% dapat diklasifikasikan wilayah dengan kelas kerentanan sangat tinggi adalah seluas 50618 Ha dengan keadaan wilayah yang landai. Sementara itu kelas kemiringan lereng >40% dengan keadaan kelas kerentanan sangat rendah adalah 244,5 Ha. Klasifikasi kelerengan di wilayah penelitian disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Luas Klasifikasi Kelerengan (Sumber: DEMNAS)

No.	Klasifikasi	Skor	Luas (Ha)
1.	Sangat rendah	1	244,5
2.	Rendah	2	1794,3
3.	Sedang	3	5041,2
4.	Tinggi	4	4097,8
5.	Sangat tinggi	5	50618
Total			61795,8

Dengan parameter elevasi, diketahui wilayah kelas kerentanan tsunami sangat tinggi dengan elevasi 0-10 meter adalah seluas 43151,9 Ha. Sementara itu wilayah kelas kerentanan tsunami sangat rendah dengan elevasi >100 meter memiliki luas senilai 234,4 Ha. Klasifikasi elevasi di wilayah penelitian disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Luas Klasifikasi Elevasi (Sumber: DEMNAS)

No.	Klasifikasi	Skor	Luas (Ha)
1.	Sangat rendah	1	234,4
2.	Rendah	2	1702,5
3.	Sedang	3	4804,6
4.	Tinggi	4	4142,4
5.	Sangat tinggi	5	43151,9
Total			54035,8

Pada parameter jarak dari pantai, dilakukan *buffering* berdasarkan jarak yang telah dikategorikan di tabel 4. Wilayah dengan klasifikasi kerentanan sangat tinggi dengan jarak dari pantai sejauh 0-200 meter adalah seluas 3741,6 Ha. Wilayah dengan kelas kerentanan sangat rendah yakni wilayah pada jarak dari pantai sejauh >1500 meter adalah seluas 1.889 Ha. Klasifikasi jarak dari pantai di wilayah penelitian disajikan pada tabel 8.

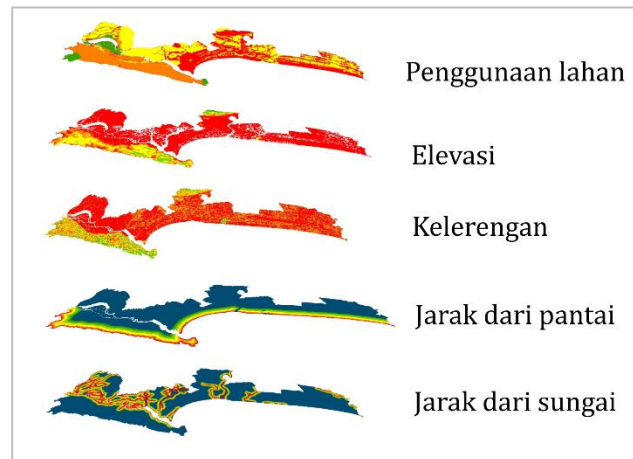
Tabel 8. Klasifikasi Luas Buffer Jarak dari Pantai
(Sumber: Peta Rupa Bumi Indonesia)

No.	Klasifikasi	Skor	Luas (Ha)
1.	Sangat rendah	1	1.889
2.	Rendah	2	2701,1
3.	Sedang	3	4108,6
4.	Tinggi	4	3831,4
5.	Sangat tinggi	5	3741,6
Total			16271,7

Dengan parameter jarak dari sungai didapatkan kelas kerentanan wilayah sangat tinggi seluas 4765,9 Ha, yang meliputi wilayah 0-100 meter dari sungai yakni dari DAS Serayu dan DAS Ci Bereum. Sementar itu wilayah dengan kelas kerentanan sangat rendah memiliki luas 2088,8 Ha yang terdiri dari seluruh wilayah yang masuk zona *buffer* >500 meter dari sungai.

Tabel 9. Klasifikasi Luas Jarak Dari Sungai (Sumber: Peta Rupa Bumi Indonesia)

No.	Klasifikasi	Skor	Luas (Ha)
1.	Sangat rendah	1	2088,8
2.	Rendah	2	5336,9
3.	Sedang	3	3422,2
4.	Tinggi	4	4057
5.	Sangat tinggi	5	4765,9
Total			19670,8

**Gambar 7.** Overlay Peta 5 Paarmeter Kerentanan Tsunami**Gambar 8.** Peta Komposit Kerentanan Tsunami Kabupaten Cilacap**Tabel 10.** Klasifikasi Skor Kerentanan Tsunami

No.	Klasifikasi	Skor	Luas (Ha)
1.	Sangat rendah	1	1142,06
2.	Rendah	2	34986,5
3.	Sedang	3	16176,6
4.	Tinggi	4	8165,12
5.	Sangat tinggi	5	604,626
Total			61074,91

Menurut hasil pengolahan wilayah pesisir di Kabupaten Cilacap dengan kerentanan sangat tinggi adalah seluas 604,6 Ha semebntara itu wilayah dengan kerentanan sangat rendah memiliki luasan senilai 1142,06. Untuk dapat meminimalkan kerusakan yang diakibatkan dari gelombang tsunami, maka wilayah dengan kerentanan tsunami sangat tinggi dapat dikembangkan sebagai wilayah penyangga mengutamakan aspek mitigasi tsunami sebagai konsep dasar.

Dalam penerapannya, mitigasi dampak dari inudasi tsunami merupakan salah satu fungsi yang diharapkan dari adanya vegetasi pesisir (Ohira et al., 2012). Luasnya genangan/inudasi merupakan faktor penting dalam memperkirakan tingkat kematian dan tingkat kerusakan bangunan, selain itu luas hutan pesisir ternyata berbanding terbalik dengan tingkat kematian dan kerusakan, yang menunjukkan bahwa hutan mampu memitigasi dampak tsunami, dengan cara menghambat pembangunan dan pada akhirnya mampu memperkecil kerusakan (Nateghi et al., 2016).

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, reduksi tsunami mangrove di Segara Anakan dengan menggunakan model Harada & Imamura (2005) data diameter pohon, kerapatan hutan, lebar hutan dan topografi didapatkan kelas reduksi tsunami senilai 78%. Evaluasi sebaran spasial sabuk hijau untuk mitigasi struktural tsunami di Kabupaten Cilacap dapat dilakukan dengan penanaman mangrove yang terbukti efektif memecah gelombang maupun penanaman *native plant*. *Native plant* dapat ditentukan atas dasar vegetasi pesisir asli yang sebelumnya telah dibudidayakan oleh masyarakat di wilayah pesisir khususnya pada wilayah dengan kelas kerentanan tsunami sangat tinggi. Dengan menggunakan metode *weighted overlay analysis* ditemukan bahwa wilayah dengan kelas kerentanan tsunami sangat tinggi melalui 5 parameter di Kabupaten Cilacap adalah seluas 604,6 Ha. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut terkait sabuk hijau untuk mitigasi struktural guna meminimalisir risiko kerusakan yang diakibatkan dari bencana tsunami di wilayah pesisir Kabupaten Cilacap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Tengah, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Cilacap, Kantor Wilayah Agraria Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) Provinsi Jawa Tengah, dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Cilacap atas izin yang diberikan kepada peneliti untuk memperoleh data dan informasi sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdillah, F. A., Juhadi, J., & Darmawanti, I. (2023). EMITVEL (Earthquake Mitigation Visual Novel): Media For Learning Earthquake Mitigation in Elementary Schools. *International Journal of Social Learning (IJSLS)*, 3(2), 202–221. <https://doi.org/10.47134/ijsl.v3i2.175>
- Ananta, R. R., Soenardjo, N., & Pramesti, R. (2020). Karakteristik Mangrove Di Muara Sungai Timur Kawasan Laguna Segara Anakan, Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 9(4), 416–422. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i4.28816>
- Azkari H. A., M., Kharis, F. A., & Putri R., O. (2020). Tsunami Mitigation Landscape Planning Based on Mangrove Ecosystems in Palu City. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 12(2), 41–53.
- Benazir, Triatmadja, R., Syamsidik, Nizam, & Warniyati. (2024). Vegetation-based approached for tsunami risk reduction: Insights and challenges. *Progress in Disaster*

- Science*, 23(June), 100352. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2024.100352>
- BPBD Kab. Cilacap. (2023). *Rencana Kontingensi Bencana Gempabumi dan Tsunami Kabupaten Cilacap*.
- Cahyo, T. N., Hartoko, A., Muskananfolo, M. R., Haeruddin, & Hilmi, E. (2024). Mangrove density and delta formation in Segara Anakan Lagoon as an impact of the riverine sedimentation rate. *Biodiversitas*, 25(3), 1276–1285. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250344>
- Hairumini, Setyowati, D. L., & Sanjoto, T. B. (2017). Kearifan lokal rumah tradisional Aceh sebagai warisan budaya untuk mitigasi bencana gempa dan tsunami. *Journal of Educational Social Studies*, 6(1), 37–44. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jess>
- Hamuna, B., Kalor, J. D., & Tablaseray, V. E. (2019). The impact of tsunami on mangrove spatial change in eastern coastal of Biak Island, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 20(3), 1–6. <https://doi.org/10.12911/22998993/95094>
- Handoyo, G., Sutoyo, S., & Syafiudin, M. (2023). Analisis Risiko dan Strategi Mitigasi Bencana Tsunami Di Pesisir Selatan Jawa Studi Kasus : Kabupaten Cilacap. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 8(02), 77–84. <https://doi.org/10.29244/jsil.8.02.77-84>
- Harada, K., & Imamura, F. (2005). Effects of Coastal Forest on Tsunami Hazard Mitigation — A Preliminary Investigation. *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, 23(May), 279–292. https://doi.org/10.1007/1-4020-3331-1_17
- Hasan, I., & Setyaningsih, W. (2024). *Mitigasi Pra Bencana Tsunami Akibat Gempa Megathrust di Pesisir Kabupaten Cilacap Pre-Disaster Tsunami Mitigation due to Megathrust Earthquake in the Coast of Cilacap Regency*.
- Husna, V. N., & Fawzi, N. I. (2022). Aplikasi Algoritma Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Bare Soil Index (BSI) dalam Penilaian Kerapatan Vegetasi dan Produktivitas di Pulau Burung Vina. *Geo Image (Spatial-Ecological-Regional)*, 11(2).
- Isdianto, A., Kurniasari, D., Subagiyo, A., Haykal, M. F., & Supriyadi, S. (2021). Pemetaan Kerentanan Tsunami untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir. *Jurnal Permukiman*, 16(2), 90. <https://doi.org/10.31815/jp.2021.16.90-100>
- Ismail, Sulistiono, Hariyadi, S., & Madduppa, H. (2018). Condition and mangrove density in Segara Anakan, Cilacap Regency, Central Java Province, Indonesia. *AACL Bioflux*, 11(4), 1055–1068.
- Juhadi, Hamid, N., Trihatmoko, E., Herlina, M., & Aroyandini, E. N. (2021). Developing a model for disaster education to improve students' disaster mitigation literacy. *Journal of Disaster Research*, 16(8), 1243–1256. <https://doi.org/10.20965/jdr.2021.p1243>
- Kresnasari, D., & Gitarama, A. M. (2021). Struktur Dan Komposisi Vegetasi Mangrove Di Kawasan Laguna Segara Anakan Cilacap. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 9(3), 202–216. <https://doi.org/10.23960/jbt.v9i3.23026>
- Laksono, A. T., Aditama, M. R., Ramadhan, G., Iswahyudi, S., Widagdo, A., Sunan, H. L., & Kovacs, J. (2021). Analisis dan Estimasi Zona Bahaya Tsunami di Pantai Widarapayung Cilacap Berdasarkan Simulasi Numerik Multi-Skenario. *Geomatika*, 27(2), 83–94. <http://jurnal.big.go.id/index.php/GM>
- Nateghi, R., Bricker, J. D., Guikema, S. D., & Bessho, A. (2016). Statistical analysis of the effectiveness of seawalls and coastal forests in mitigating tsunami impacts in iwate and miyagi prefectures. *PLoS ONE*, 11(8), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158375>
- Nur Afi Ati, R., Kusumaningtyas, M. A., Sudirman, N., Salim, H. L., Suryono, D. D., Rustam, A., Trenggono, M., Hidayat, R. R., & Prasetiawan, N. R. (2023). Ecological status of threatened mangroves *Ceriops decandra* and *Merope angulata* in mangrove ecosystem Segara Anakan Lagoon, Central Java, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 70. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237003001>
- Ohira, W., Honda, K., & Harada, K. (2012). Reduction of tsunami inundation by coastal forests in Yogyakarta, Indonesia: A numerical study. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12(1), 85–95. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-85-2012>

- Osti, R., Tanaka, S., & Tokioka, T. (2009). The importance of mangrove forest in tsunami disaster mitigation. *Disasters*, 33(2), 203–213. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2008.01070.x>
- Quartel, S., Kroon, A., Augustinus, P. G. E. F., Van Santen, P., & Tri, N. H. (2007). Wave attenuation in coastal mangroves in the Red River Delta, Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29(4), 576–584. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2006.05.008>
- Sabani, W., Juhadi, & Trihatmoko, E. (2021). Participatory Mapping of Tsunami Evacuation Routes (Case Study of Karangbenda Village Cilacap Regency). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 884(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/884/1/012033>
- Sabtaji, A. (2020). Statistics of Tectonic Earthquake Events Each Province in Indonesia Territory for 11 Years of Observation (2009-2019). *Buletin Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika*, 1(7), 31–46.
- Samarakoon, M. B., Tanaka, N., & Imura, K. (2013). Improvement of effectiveness of existing Casuarina equisetifolia forests in mitigating tsunami damage. *Journal of Environmental Management*, 114, 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.050>
- Santoso, D., Yamin, M., & Makhrus, M. (2019). Penyuluhan Tentang Mitigasi Bencana Tsunami Berbasis Hutan Mangrove Di Desa Ketapang Raya Kecamatan Keruak Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 2(1). <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v1i2.242>
- Susanto, D., Faida, L. R. W., & Sunarto, S. (2019). Pemodelan Efektivitas Hutan Pantai di Cagar Alam Pananjung Pangandaran Sebagai Buffer Tsunami. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 13(1), 4. <https://doi.org/10.22146/jik.46139>
- Triyono, R., Prasetya, T., Anugrah, S. D., Sudrajat, A., Setiyono, U., Gunawan, I., Priyobudi, Yatimantoro, T., Hidayanti, Anggraini, S., Rahayu, R. H., Yogaswara, D. S., Hawati, P., Apriyani, M., Julius, A. M., Harvan, M., Simangunsong, G., & Kriswinarso, T. (2019). Katalog Tsunami Indonesia Per-Wilayah Tahun 416-2018. In *Pusat Gempabumi dan Tsunami Kedeputan Bidang Geofisika*.
- Wolanski, E. (2002). *Chapter 6: Synthesis. Thematic paper: Synthesis of the protective functions of coastal forests and trees against natural hazards*. 161–170. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016072587>