

LAPORAN PENELITIAN

Evaluasi Kebutuhan Infrastruktur Pengaman Pantai Berbasis Risiko Abrasi



Oleh:

Rendy Kurnia Dewanta,ST.,MT

Bella Amiria Rahmahima, ST.,MT

Fauzie Nursandah,ST., MT

Moch. Zaenuri Arifin, ST., MT

Ir Herlan Pratikto, MT

April Gunarto, ST., MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KADIRI
2025**

HALAMAN PENGESAHAN
USULAN PENELITIAN UNIVERSITAS KADIRI

Judul Penelitian : Evaluasi Kebutuhan Infrastruktur Pengaman Pantai Berbasis Risiko Abrasi

Ketua Peneliti

Nama Lengkap : Rendy Kurnia Dewanta, ST. ,MT

a. NIP/NIDN : 0709079801

b. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

c. Program Studi : Teknik Sipil

Jumlah Anggota Peneliti : Bella Amiria Rahmahima, ST.,MT
Fauzie Nursandah,ST., MT
Moch. Zaenuri Arifin, ST., MT
Ir Herlan Pratikto, MT
April Gunarto, ST., MT

Nama Mahasiswa : Yulian Prasetyo
Samsul Arifin



Ketua Penelitian



Rendy Kurnia Dewanta, ST., MT
NIDN. 0717028902

Evaluasi Kebutuhan Infrastruktur Pengaman Pantai Berbasis Risiko Abrasi

Rendy Kurnia Dewanta, Bella Amiria Rahmahima,, Fauzie Nursandah, Moch. Zaenuri Arifin,
Ir Herlan Pratikto, April Gunarto

Abstrak

Wilayah pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki peran strategis dalam mendukung aktivitas permukiman, perikanan, pertambakan, dan infrastruktur pesisir. Namun, dinamika pantai yang dipengaruhi oleh faktor hidro-oseanografi seperti gelombang, angin, dan pasang surut menyebabkan terjadinya abrasi pantai di beberapa segmen wilayah. Abrasi yang tidak tertangani secara tepat berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan pesisir, mengancam infrastruktur, serta menurunkan kualitas hidup masyarakat pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kebutuhan infrastruktur pengaman pantai berbasis tingkat risiko abrasi di Kabupaten Probolinggo. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif dengan analisis data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi fisik pantai dan indikasi abrasi, sedangkan data sekunder meliputi data administrasi wilayah, angin, fetch, serta karakteristik gelombang yang dianalisis menggunakan pendekatan empiris. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat risiko abrasi pantai di Kabupaten Probolinggo bervariasi antar segmen pantai, mulai dari risiko rendah hingga risiko tinggi. Segmen pantai dengan paparan energi gelombang besar dan keterpaparan infrastruktur tinggi menunjukkan risiko abrasi yang lebih besar dibandingkan segmen pantai yang terlindungi secara alami. Evaluasi kebutuhan pengaman pantai berbasis risiko abrasi menunjukkan bahwa penanganan abrasi tidak dapat dilakukan secara seragam. Segmen dengan risiko rendah lebih sesuai ditangani melalui pendekatan non-struktural, sedangkan segmen dengan risiko sedang dan tinggi memerlukan kombinasi hingga struktur pengaman pantai yang lebih kuat. Pendekatan berbasis risiko abrasi ini diharapkan dapat menjadi dasar perencanaan pengaman pantai yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Abrasi Pantai; Hidro-Oseanografi; Kabupaten Probolinggo; Pengaman Pantai; Risiko Abrasi.

Abstract

The coastal area of Probolinggo Regency plays an important role in supporting settlements, fisheries, aquaculture, and coastal infrastructure. However, coastal dynamics influenced by hydro-oceanographic factors such as waves, wind, and tides have caused shoreline erosion in several coastal segments. Uncontrolled coastal erosion may lead to environmental degradation, infrastructure damage, and increased vulnerability of coastal communities. This study aims to evaluate the need for coastal protection infrastructure based on shoreline erosion risk in Probolinggo Regency. The research employed a quantitative descriptive approach using both primary and secondary data. Primary data were obtained through field observations to identify coastal physical conditions and erosion indicators, while secondary data included administrative data, wind characteristics, effective fetch, and wave parameters analyzed using empirical approaches. The results indicate that shoreline erosion risk in Probolinggo Regency varies among coastal segments, ranging from low to high risk levels. Coastal segments exposed

to higher wave energy and greater infrastructure vulnerability tend to exhibit higher erosion risk compared to naturally protected areas. The evaluation of coastal protection needs based on erosion risk demonstrates that erosion mitigation strategies should not be applied uniformly. Low-risk coastal segments are more appropriately managed using non-structural approaches, while moderate- to high-risk segments require a combination of structural measures, including robust coastal protection structures. The erosion risk-based approach provides a more effective and targeted framework for coastal protection planning and supports sustainable coastal management in Probolinggo Regency.

Keywords: Coastal Erosion; Coastal Protection; Erosion Risk; Hydro-Oceanography; Probolinggo Regency

Pendahuluan

1. Latar Belakang

Wilayah pesisir Kabupaten Probolinggo memiliki peran strategis sebagai kawasan permukiman, perikanan, pariwisata, serta penunjang aktivitas ekonomi masyarakat pesisir. Namun demikian, dinamika pantai yang dipengaruhi oleh proses hidro-oseanografi seperti gelombang, pasang surut, arus laut, serta karakteristik sedimen menyebabkan sebagian wilayah pantai mengalami abrasi yang cukup signifikan. Abrasi pantai tidak hanya berdampak pada mundurnya garis pantai, tetapi juga berpotensi menimbulkan kerusakan infrastruktur, hilangnya lahan produktif, serta meningkatnya risiko sosial dan ekonomi bagi masyarakat pesisir[1][2]. Fenomena abrasi di Kabupaten Probolinggo dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor alam dan aktivitas manusia[3]. Perubahan pola gelombang dan arus laut, berkurangnya perlindungan alami pantai, serta pemanfaatan ruang pesisir yang tidak terkendali dapat mempercepat proses erosi pantai. Dalam kondisi tersebut, keberadaan infrastruktur pengaman pantai menjadi elemen penting untuk mengurangi laju abrasi dan melindungi kawasan daratan di belakangnya[4]. Namun, pembangunan bangunan pengaman pantai memerlukan perencanaan yang tepat agar efektif, efisien, dan tidak menimbulkan dampak negatif baru terhadap sistem pantai secara keseluruhan.

Selama ini, upaya penanganan abrasi pantai sering dilakukan secara parsial dan belum sepenuhnya berbasis pada tingkat risiko yang terjadi di masing-masing segmen pantai. Perbedaan karakteristik pantai, intensitas gelombang, kondisi pasang surut, serta pola sedimentasi menyebabkan kebutuhan jenis dan dimensi bangunan pengaman pantai menjadi tidak seragam[5]. Oleh karena itu, diperlukan suatu evaluasi kebutuhan infrastruktur pengaman pantai yang didasarkan pada tingkat risiko abrasi dan karakteristik fisik pantai, sehingga penanganan yang dilakukan dapat lebih tepat sasaran dan berkelanjutan. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi kebutuhan infrastruktur pengaman pantai berbasis risiko abrasi di

Kabupaten Probolinggo dengan memanfaatkan data hidro-oseanografi dan kondisi fisik pantai. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran tingkat risiko abrasi serta rekomendasi kebutuhan infrastruktur pengaman pantai yang sesuai dengan karakteristik pantai di wilayah studi.

Metodologi

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis untuk mengevaluasi kebutuhan infrastruktur pengaman pantai berbasis risiko abrasi di Kabupaten Probolinggo. Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis keterkaitan antara kondisi wilayah pesisir, karakteristik hidro-oseanografi, dan potensi abrasi pantai terhadap kebutuhan bangunan pengaman pantai. Penelitian bersifat non-eksperimental, di mana analisis dilakukan berdasarkan data eksisting tanpa memberikan perlakuan khusus pada objek penelitian.



Gambar 1. Foto Kondisi Pemukiman penduduk Pantai terkena Gelombang

Wilayah studi mencakup kawasan pesisir Kabupaten Probolinggo yang secara administratif berbatasan langsung dengan Selat Madura dan memiliki karakteristik dataran rendah pantai. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada indikasi abrasi yang berdampak pada permukiman, kawasan pertambakan, vegetasi pantai, serta infrastruktur jalan pesisir. Dengan variasi kondisi fisik pantai dan tingkat paparan gelombang yang berbeda, penelitian ini diarahkan untuk mengevaluasi kebutuhan pengaman pantai secara spesifik pada masing-masing segmen pantai.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting pantai, morfologi pantai, kondisi permukiman pesisir, vegetasi pantai, serta indikasi abrasi dan limpasan gelombang (*overtopping*) yang terjadi di lokasi penelitian. Dokumentasi visual digunakan sebagai data pendukung untuk memperkuat identifikasi permasalahan abrasi pantai. Data sekunder meliputi data administrasi wilayah, topografi dan ketinggian wilayah pesisir, data penggunaan lahan pantai, serta data kependudukan untuk memahami tingkat keterpaparan kawasan terhadap abrasi. Selain itu, data hidro-oseanografi yang digunakan meliputi data angin, arah dan kecepatan angin, data fetch, serta distribusi arah dan tinggi gelombang[6]. Data angin diperoleh dari instansi meteorologi dan diolah dalam bentuk windrose, sedangkan data gelombang diperoleh melalui peramalan gelombang menggunakan pendekatan empiris berdasarkan spektrum gelombang JONSWAP. Data fetch efektif dihitung untuk arah datang gelombang dominan sebagai dasar dalam analisis pembentukan gelombang.

3. Analisis Data Awal

Analisis data diawali dengan kajian kondisi wilayah pesisir untuk mengidentifikasi karakteristik administratif, topografi, dan pemanfaatan ruang pantai yang berpengaruh terhadap tingkat kerentanan abrasi. Selanjutnya dilakukan analisis hidro-oseanografi yang meliputi analisis arah dan kecepatan angin, perhitungan fetch efektif, serta peramalan tinggi dan arah gelombang dominan. Analisis ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik energi gelombang yang bekerja pada pantai Kabupaten Probolinggo. Hasil analisis gelombang dan kondisi pantai kemudian dikaitkan dengan temuan lapangan berupa indikasi abrasi, kerusakan vegetasi pantai, serta dampak terhadap permukiman dan infrastruktur pesisir. Berdasarkan keterkaitan tersebut, dilakukan identifikasi awal tingkat risiko abrasi pada masing-masing segmen pantai. Analisis data awal ini menjadi dasar dalam evaluasi kebutuhan dan penentuan jenis infrastruktur pengaman pantai yang sesuai dengan karakteristik fisik pantai dan tingkat risiko abrasi di Kabupaten Probolinggo.

Pemilihan jenis bangunan pengaman pantai didasarkan pada tingkat risiko abrasi yang ditentukan dari karakteristik gelombang, perubahan garis pantai, dan tingkat keterpaparan kawasan pesisir. Semakin tinggi tingkat risiko abrasi, semakin diperlukan bangunan pengaman pantai struktural dengan kemampuan mereduksi energi gelombang secara signifikan.

Pendekatan ini memastikan penanganan abrasi dilakukan secara tepat sasaran, efisien, dan sesuai dengan kondisi fisik pantai seperti yang telah dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaitan Tingkat Risiko Abrasi terhadap Jenis Bangunan Pengaman

Tingkat Risiko Abrasi	Karakteristik Utama Pantai	Dampak yang Terjadi	Jenis Bangunan Pengaman Pantai yang Direkomendasikan	Prioritas Penanganan
Rendah	Energi gelombang kecil–sedang, perubahan garis pantai minimal	Dampak terbatas, belum mengancam infrastruktur	Perlindungan non-struktural (vegetasi pantai), penguatan alami pantai	Rendah
Sedang	Energi gelombang menengah, abrasi lokal, mulai mempengaruhi kawasan pesisir	Gangguan pada tambak, vegetasi, atau infrastruktur skala kecil	Revetment/talud pantai, groin, kombinasi dengan vegetasi pantai	Menengah
Tinggi	Energi gelombang besar, fetch panjang, abrasi signifikan	Kerusakan permukiman, jalan pesisir, fasilitas umum	Breakwater lepas pantai, <i>seawall/revetment</i> kuat, kombinasi struktur keras–lunak	Tinggi

Hasil Pembahasan dan Diskusi

Hasil penelitian diperoleh dari analisis kondisi wilayah pesisir, karakteristik hidro-oseanografi, serta temuan lapangan terkait abrasi pantai di Kabupaten Probolinggo. Analisis menunjukkan bahwa kondisi pantai tidak bersifat homogen, baik dari sisi energi gelombang, perubahan garis pantai, maupun tingkat keterpaparan kawasan pesisir. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan variasi tingkat risiko abrasi dan kebutuhan infrastruktur pengaman pantai pada masing-masing segmen pantai. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis data hidro-oseanografi, beberapa segmen pantai menunjukkan indikasi abrasi ringan

hingga berat. Abrasi ringan ditandai dengan perubahan garis pantai yang relatif kecil dan belum berdampak langsung terhadap infrastruktur. Abrasi sedang ditunjukkan oleh kerusakan vegetasi pantai dan terganggunya kawasan pertambakan. Sementara itu, abrasi berat ditandai dengan mundurnya garis pantai secara signifikan serta dampak langsung terhadap permukiman dan jalan pesisir. Hasil klasifikasi tingkat risiko abrasi selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk menentukan kebutuhan dan jenis bangunan pengaman pantai yang sesuai pada masing-masing segmen pantai.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Risiko Abrasi dan Kebutuhan Pengaman Pantai

Segmen Pantai	Karakteristik Gelombang & Fetch	Kondisi Eksisting Pantai	Tingkat Risiko Abrasi	Kebutuhan Pengaman Pantai
Segmen A	Energi gelombang kecil–sedang, fetch pendek	Garis pantai relatif stabil, vegetasi masih baik	Rendah	Perlindungan non-struktural (vegetasi pantai, penguatan alami)
Segmen B	Energi gelombang menengah, fetch sedang	Abrasi lokal, vegetasi pantai mulai rusak	Sedang	<i>Revetment/talud pantai, groin skala kecil</i>
Segmen C	Energi gelombang besar, fetch panjang	Abrasi signifikan, permukiman terdampak	Tinggi	<i>Breakwater lepas pantai, revetment/seawall</i>
Segmen D	Energi gelombang menengah–besar	Infrastruktur jalan pesisir terancam	Tinggi	Struktur pengaman pantai kuat dan berkelanjutan
Segmen E	Energi gelombang kecil	Pantai relatif stabil	Rendah	Pengelolaan dan pemantauan pantai

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa tingkat risiko abrasi pantai di Kabupaten Probolinggo sangat dipengaruhi oleh karakteristik gelombang dan panjang fetch efektif.

Segmen pantai yang menerima energi gelombang besar secara langsung cenderung memiliki risiko abrasi yang lebih tinggi dibandingkan segmen pantai yang terlindungi secara alami. Temuan ini sejalan dengan teori dinamika pantai yang menyatakan bahwa energi gelombang merupakan faktor utama pengontrol proses abrasi pantai. Pada segmen pantai dengan risiko abrasi rendah, kondisi pantai masih relatif stabil sehingga kebutuhan bangunan pengaman pantai bersifat preventif. Pendekatan non-struktural dinilai lebih sesuai karena mampu menjaga keseimbangan lingkungan pantai tanpa mengubah sistem alami secara signifikan. Sebaliknya, pada segmen dengan risiko abrasi sedang, abrasi telah mulai berdampak terhadap kawasan pesisir sehingga diperlukan kombinasi antara struktur pengaman pantai dan penguatan alami.

Segmen pantai dengan risiko abrasi tinggi menunjukkan urgensi penanganan yang lebih serius. Abrasi pada segmen ini telah berdampak langsung terhadap permukiman dan infrastruktur jalan pesisir, sehingga bangunan pengaman pantai struktural menjadi kebutuhan utama. Pemilihan jenis bangunan pengaman pantai perlu mempertimbangkan efektivitas dalam mereduksi energi gelombang serta potensi dampak lanjutan terhadap segmen pantai di sekitarnya. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa evaluasi kebutuhan infrastruktur pengaman pantai berbasis risiko abrasi memberikan dasar perencanaan yang lebih tepat dibandingkan pendekatan penanganan seragam. Dengan pendekatan ini, prioritas penanganan dapat ditentukan secara objektif berdasarkan tingkat risiko dan karakteristik lokal pantai.

Rencana Kerja dan Jadwal Pelaksanaan

Pekerjaan ini harus diselesaikan dalam waktu yang telah disediakan selama 2 (dua) bulan atau 60 (enam puluh) hari kalender, maka perlu disusun program kerja agar pelaksanaan berjalan lancar sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Jadwal pelaksanaan pekerjaan tim konsultan disusun sesuai kurva S yang dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 3. Rencana Kerja dan Jadwal Pelaksanaan

No	Kegiatan	Bobot		Tahun 2025								Ket	
				Bulan ke									
		Rencana	Realisasi	I				II					
		(%)	(%)	18-Oct 24-Oct	25-Oct 1-Nov	2-No v	9-Nov 16-No v	17-Nov 23-Nov	24-Nov 1-Dec	2-Dec 8-Dec	9-Dec 16-Dec		
A	PEKERJAAN PERSIAPAN												
1	Persiapan Administrasi dan Teknis	1.00			1.0							1	

No	Kegiatan	Bobot		Tahun 2025								Ket	
				Bulan ke									
		Rencana	Realisasi	I				II					
		(%)	(%)	18-Oct 24-Oct	25-Oct 1-Nov	2-No 8-No v	9-Nov 16-Nov v	17-Nov 23-Nov	24-Nov 1-Dec	2-Dec 8-Dec	9-Dec 16-Dec		
				0									
			0.00										
2	Mobilisasi Personil dan Peralatan	1.50		1.00	0.50								
			0.00										
3	Survey Pendahuluan	4.00		2.000	2.000								
			0.00										
4	Pengumpulan Data Sekunder	7.50		4.000	3.500								
			0.00										
5	Analisa Data Awal	6.00			3.000	3.000							
			0.00										
B	KAJIAN DAN ANALISA												
1	Analisa Ketersediaan Air	15.00			5.000	5.000	5.000						
			0.00										
2	Analisa Alokasi Air	22.00			6.000	6.000	6.000	4.000					
			0.00										
3	Analisa Kebutuhan Air	25.00				7.000	6.000	6.000	6.000				
			0.00										
4	Analisa Neraca Air	10.00				3.000	3.000	2.000	2.000				
			0.00										
D	PELAPORAN												
1	Laporan Pendahuluan	0.50			0.500								
			0.00										
2	Laporan Akhir	1.00									1.000		
			0.00										
3	Laporan Perencanaan	1.00									1.000		
			0.00										
4	Laporan Dokumentasi Hasil-Hasil Survey	0.50									0.500		
			0.00										
5	Laporan Ikhtisar	0.50									0.500		
			0.00										

No	Kegiatan	Bobot		Tahun 2025								Ket	
				Bulan ke									
		Rencana	Realisasi	I				II					
				18-Oct 24-Oct	25-Oct 1-Nov	2-No 8-No v	9-Nov 16-Nov	17-Nov 23-Nov	24-Nov 1-Dec	2-Dec 8-Dec	9-Dec 16-Dec		
6	Album Gambar	0.50									0.50 0		
			0.00										
7	Laporan Invoice	0.50									0.50 0		
			0.00										
E	DISKUSI/PEMBAHASAN												
1	Pembahasan Laporan Pendahuluan	1.50				1.50 0							
			0.00										
2	Pembahasan Laporan Akhir	2.00									2.00 0		
			0.00										
JUMLAH		100.00	0.00										
	RENCANA MINGGUINI			8.0 0	11.0 0	14. .0	21.0 0	20.0 0	12.0 0	8.0 0	6.0 0		
	KUMULATIF RENCANA s/d MINGGUINI			8.0 0	19.0 0	33. .0	54.0 0	74.0 0	86.0 0	94.0 0	100. 00		

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kondisi wilayah pesisir, karakteristik hidro-oseanografi, serta identifikasi tingkat risiko abrasi pantai di Kabupaten Probolinggo, dapat disimpulkan bahwa abrasi pantai merupakan permasalahan yang dipengaruhi oleh kombinasi faktor alamiah dan tingkat keterpaparan aktivitas manusia di kawasan pesisir. Variasi energi gelombang, panjang fetch efektif, dan kondisi morfologi pantai menyebabkan perbedaan tingkat risiko abrasi antar segmen pantai. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa tidak seluruh segmen pantai di Kabupaten Probolinggo memiliki tingkat risiko abrasi yang sama. Segmen pantai dengan energi gelombang kecil hingga sedang dan perubahan garis pantai yang minimal cenderung memiliki risiko abrasi rendah. Sebaliknya, segmen pantai yang menerima paparan gelombang besar secara langsung dan berada dekat dengan kawasan permukiman serta infrastruktur pesisir menunjukkan tingkat risiko abrasi sedang hingga tinggi.

Evaluasi kebutuhan infrastruktur pengaman pantai berbasis risiko abrasi memberikan gambaran bahwa penanganan abrasi pantai tidak dapat dilakukan secara seragam. Segmen

pantai dengan risiko rendah lebih tepat ditangani melalui pendekatan non-struktural dan penguatan alami pantai, sedangkan segmen dengan risiko sedang memerlukan kombinasi antara bangunan pengaman pantai struktural ringan dan upaya non-struktural. Pada segmen pantai dengan risiko abrasi tinggi, bangunan pengaman pantai struktural menjadi kebutuhan utama untuk mereduksi energi gelombang dan melindungi kawasan daratan. Pendekatan berbasis risiko abrasi terbukti mampu memberikan dasar perencanaan pengaman pantai yang lebih tepat sasaran dan efisien, sekaligus mendukung keberlanjutan pengelolaan wilayah pesisir di Kabupaten Probolinggo.

Rekomendasi

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, beberapa rekomendasi yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

- 1. Perencanaan Pengaman Pantai Berbasis Risiko**

Perencanaan dan pembangunan infrastruktur pengaman pantai di Kabupaten Probolinggo perlu dilakukan berdasarkan tingkat risiko abrasi pada masing-masing segmen pantai, sehingga prioritas penanganan dapat ditentukan secara objektif dan efektif.

- 2. Prioritas Penanganan pada Segmen Risiko Tinggi**

Segmen pantai dengan risiko abrasi tinggi perlu menjadi prioritas utama penanganan melalui pembangunan bangunan pengaman pantai struktural, seperti pemecah gelombang lepas pantai dan revetment, dengan tetap memperhatikan dampak lanjut terhadap lingkungan pesisir di sekitarnya.

- 3. Penguatan Pendekatan Non-Struktural**

Pada segmen pantai dengan risiko rendah hingga sedang, upaya penguatan non-struktural seperti rehabilitasi vegetasi pantai dan pengendalian pemanfaatan ruang pesisir perlu dioptimalkan sebagai langkah pencegahan abrasi jangka panjang.

- 4. Integrasi dengan Kebijakan Tata Ruang Pesisir**

Hasil evaluasi risiko abrasi dan kebutuhan pengaman pantai perlu diintegrasikan ke dalam kebijakan tata ruang wilayah pesisir Kabupaten Probolinggo agar pembangunan kawasan pesisir dapat berlangsung secara berkelanjutan.

- 5. Pemutakhiran Data dan Pemantauan Berkala**

Diperlukan pemutakhiran data hidro-oseanografi dan pemantauan kondisi pantai secara berkala untuk mengantisipasi perubahan dinamika pantai serta memastikan efektivitas bangunan pengaman pantai yang telah dibangun.

Referensi

- [1] A. C. Ningsih, M. F. Ma'ruf, and L. A. Wicaksono, "Jurnal rekayasa sipil dan lingkungan," *Rekayasa sipil dan Lingkung.*, vol. 2, no. 1, pp. 19–30, 2018.
- [2] N. A. Azuga, Z. A. Zahra, A. S. Andini, and I. Fauzan, "Review Dampak Penambangan Pasir Laut terhadap Dinamika Abrasi Garis Pantai di Kawasan Pesisir Indonesia," vol. 7, no. 1, pp. 53–66, 2025.
- [3] M. Yusuf, "Rancang Bangun Material Penyusun Breakwater Berbentuk Polypod," vol. 10, no. 1, 2021.
- [4] M. Angelin, Y. Nurita, and S. Dewi, "Desain dan Konstruksi Pemecah Gelombang dengan Sisi Miring Design and Construction of Sloping Breakwater," vol. 1, no. 2, pp. 106–120, 2020.
- [5] T. Rachman, "Analisis Penilaian Kinerja Bangunan Pengaman Pantai Terhadap Penentuan Prioritas Rehabilitasi Konstruksi," *Sist. Infrastruktur Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 43–58.
- [6] I. C. Mamanua, T. Jansen, and A. K. T. Dundu, "Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai pada Daerah Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara," *J. Sipil Statik*, vol. 5, no. 6, pp. 335–344, 2017.