



Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai untuk Mitigasi Abrasi dan Perlindungan Kawasan Wisata Pulau Derawan Kabupaten Berau

Muhammad Nizar^{1*}, Ali Mokhtar²

¹ Dinas PUPR Kabupaten Berau, Indonesia

² Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang, Indonesia

*Corresponding Author's e-mail: Nizar.mn149@gmail.com

Article History:

Received: August 7, 2026

Revised: September 8, 2026

Accepted: September 28, 2026

Keywords:

coastal erosion, Derawan Island, shoreline change, coastal protection structure, offshore breakwater

Abstract: Derawan Island is one of the leading tourism destinations in Berau Regency that is vulnerable to coastal erosion, particularly along the eastern to northeastern parts of the island. Continuous coastal erosion poses a significant threat to tourism areas, local settlements, and coastal infrastructure located along the shoreline. This study aims to analyze the coastal erosion conditions and determine the most appropriate coastal protection structure as a mitigation measure to reduce erosion and protect the tourism area of Derawan Island. The research employed shoreline change analysis using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS), hydro-oceanographic condition analysis, coastal erosion vulnerability and risk assessment, and evaluation of alternative coastal protection structures based on technical and environmental criteria. The results indicate that the eastern to northeastern coast of Derawan Island has experienced coastal erosion covering approximately 1.4 ha, with a shoreline change rate of -1.71 m/year. Hydro-oceanographic analysis shows that waves and ocean currents play a significant role in sediment transport processes, thereby influencing shoreline dynamics. Based on the evaluation of alternative coastal protection structures, an offshore breakwater was identified as the most suitable option due to its superior ability to reduce wave energy, control coastal erosion, and accommodate environmental considerations while maintaining tourism activities. The proposed coastal protection concept consists of a series of offshore breakwaters connected by a causeway, strategically located in areas experiencing the most severe erosion. The findings of this study are expected to provide a scientific basis for coastal protection planning and contribute to the sustainable management of the coastal tourism area of Derawan Island.

Copyright © 2026, The Author(s).

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



How to cite: Nizar, M., & Mokhtar, A. (2026). Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai untuk Mitigasi Abrasi dan Perlindungan Kawasan Wisata Pulau Derawan Kabupaten Berau. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 5(9), 4759–4771. <https://doi.org/10.55681/sentri.v5i9.7079>

PENDAHULUAN

Pulau Derawan merupakan salah satu destinasi wisata bahari unggulan di Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur, yang dikenal memiliki keanekaragaman hayati laut, ekosistem terumbu karang, padang lamun, serta pantai berpasir yang menjadi daya tarik utama wisatawan. Keberadaan kawasan wisata tersebut memberikan kontribusi penting terhadap perekonomian masyarakat melalui sektor pariwisata, perikanan, dan berbagai jasa pendukung lainnya. Sebagai pulau kecil yang berada di wilayah pesisir, Pulau Derawan memiliki karakteristik lingkungan yang dinamis karena dipengaruhi oleh interaksi gelombang, arus, pasang surut, dan proses transport sedimen yang secara alami

mengendalikan perubahan morfologi pantai. Perubahan keseimbangan proses-proses tersebut dapat mengakibatkan terjadinya abrasi maupun akresi yang memengaruhi stabilitas garis pantai serta keberlanjutan fungsi kawasan pesisir [1].

Perubahan garis pantai merupakan fenomena yang umum terjadi di wilayah pesisir dan dipengaruhi oleh faktor alami maupun aktivitas manusia. Faktor alami meliputi gelombang, arus laut, pasang surut, kenaikan muka air laut, serta dinamika sedimen, sedangkan faktor antropogenik meliputi pembangunan infrastruktur pesisir, perubahan tata guna lahan, dan aktivitas reklamasi. Kombinasi faktor-faktor tersebut menyebabkan terjadinya abrasi pada berbagai kawasan pesisir di Indonesia sehingga diperlukan pemantauan perubahan garis pantai secara berkala sebagai dasar dalam perencanaan pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan. Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi laju perubahan garis pantai secara kuantitatif dan memberikan informasi yang akurat mengenai kecenderungan abrasi maupun akresi [2], [3].

Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa bagian pantai Pulau Derawan mengalami perubahan garis pantai yang ditandai dengan terjadinya abrasi pada sisi timur hingga timur laut pulau. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kawasan Pulau Derawan mengalami dinamika perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh proses oseanografi dan perubahan penggunaan lahan sehingga berpotensi mengurangi luas daratan pada beberapa lokasi pesisir [1]. Kondisi tersebut mengancam kawasan wisata, permukiman masyarakat, fasilitas umum, serta infrastruktur yang berada di sepanjang garis pantai. Apabila tidak ditangani secara tepat, abrasi yang berlangsung secara terus-menerus dapat menurunkan kualitas lingkungan pesisir sekaligus mengurangi daya tarik wisata bahari yang menjadi sumber pendapatan utama masyarakat setempat [4].

Upaya pengendalian abrasi memerlukan pendekatan yang komprehensif dengan mempertimbangkan kondisi hidrooseanografi, karakteristik sedimen, tingkat kerentanan pantai, serta aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Berbagai jenis bangunan pengaman pantai seperti seawall, revetment, groin, dan offshore breakwater memiliki karakteristik, efektivitas, serta dampak lingkungan yang berbeda sehingga pemilihannya harus disesuaikan dengan kondisi fisik pantai dan tujuan perlindungan kawasan [5]. Pada kawasan wisata bahari seperti Pulau Derawan, bangunan pengaman pantai tidak hanya dituntut mampu mereduksi energi gelombang dan mengendalikan abrasi, tetapi juga harus menjaga estetika kawasan, meminimalkan gangguan terhadap ekosistem pesisir, serta mendukung keberlanjutan aktivitas pariwisata [5].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini melakukan kajian perencanaan bangunan pengaman pantai melalui analisis perubahan garis pantai menggunakan metode DSAS, analisis kondisi hidrooseanografi, analisis kerentanan abrasi, serta evaluasi beberapa alternatif bangunan pengaman pantai berdasarkan aspek teknis, lingkungan, dan fungsional. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan alternatif bangunan pengaman pantai yang paling sesuai diterapkan di Pulau Derawan sebagai upaya mitigasi abrasi sekaligus mendukung keberlanjutan kawasan wisata pesisir.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kondisi abrasi pantai di Pulau Derawan serta mengevaluasi alternatif bangunan pengaman pantai yang paling sesuai sebagai upaya mitigasi abrasi dan perlindungan kawasan wisata pesisir. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah dalam perencanaan infrastruktur perlindungan pantai yang berkelanjutan, sekaligus mendukung pengelolaan kawasan wisata Pulau Derawan secara lebih efektif dan adaptif terhadap dinamika lingkungan pesisir.

LANDASAN TEORI

2.1 Abrasi Pantai

Abrasi pantai merupakan proses pengikisan garis pantai akibat interaksi gelombang, arus, pasang surut, dan transport sedimen yang berlangsung secara terus-menerus. Proses ini menyebabkan kemunduran garis pantai, berkurangnya luas daratan, serta berpotensi mengancam permukiman, infrastruktur, dan kawasan wisata pesisir. Tingkat abrasi dipengaruhi oleh kondisi hidrooseanografi, karakteristik pantai, dan aktivitas manusia di wilayah pesisir [1].

2.2 Analisis Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai merupakan indikator utama untuk mengetahui dinamika kawasan pesisir. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), yang mampu menghitung laju perubahan garis pantai secara kuantitatif melalui parameter *Net Shoreline Movement* (NSM), *End Point Rate* (EPR), dan *Shoreline Change Envelope* (SCE). Hasil analisis DSAS dapat digunakan sebagai dasar dalam identifikasi wilayah yang mengalami abrasi maupun akresi serta mendukung perencanaan pengelolaan wilayah pesisir [2], [3].

2.3 Bangunan Pengaman Pantai

Bangunan pengaman pantai merupakan struktur yang dibangun untuk mengurangi dampak abrasi dan melindungi kawasan pesisir dari energi gelombang. Beberapa jenis bangunan yang umum digunakan meliputi *seawall*, *revetment*, *groin*, *jetty*, *breakwater*, dan *beach nourishment*. Pemilihan jenis bangunan harus mempertimbangkan kondisi hidrooseanografi, karakteristik pantai, dampak lingkungan, serta aspek sosial dan ekonomi agar perlindungan pantai dapat berlangsung secara efektif dan berkelanjutan [4], [5].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat abrasi yang terjadi di Pulau Derawan serta menentukan alternatif bangunan pengaman pantai yang paling sesuai berdasarkan kondisi fisik dan karakteristik kawasan pesisir. Pendekatan yang digunakan mengintegrasikan analisis perubahan garis pantai, analisis hidrooseanografi, analisis kerentanan abrasi, serta evaluasi alternatif bangunan pengaman pantai. Tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data lapangan dan data sekunder, dilanjutkan dengan analisis kondisi eksisting kawasan pesisir, dan diakhiri dengan penentuan alternatif penanganan yang paling sesuai untuk diterapkan pada lokasi penelitian.

Metode yang digunakan mengacu pada tahapan yang diterapkan dalam penyusunan Detail Engineering Design (DED) Pengaman Pantai Pulau Derawan, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan bangunan pengaman pantai yang efektif dan berkelanjutan.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pulau Derawan yang berada di Kecamatan Pulau Derawan, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Pulau Derawan merupakan salah satu kawasan wisata bahari unggulan yang memiliki fungsi strategis bagi sektor pariwisata dan perekonomian masyarakat pesisir. Lokasi penelitian difokuskan pada bagian timur hingga timur laut pulau yang berdasarkan hasil identifikasi awal menunjukkan indikasi abrasi dan perubahan garis pantai yang cukup signifikan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Pulau Derawan

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis kondisi abrasi pantai dan menentukan alternatif bangunan pengaman pantai yang sesuai di Pulau Derawan, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan yang meliputi survei topografi, batimetri, pengukuran pasang surut, arus, gelombang, pengambilan sampel sedimen, serta penyelidikan tanah menggunakan metode *Cone Penetration Test* (CPT) dan *Standard Penetration Test* (SPT). Data sekunder diperoleh dari instansi terkait, data meteorologi, citra satelit multitemporal, dan dokumen perencanaan.

Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) dengan parameter *Net Shoreline Movement* (NSM), *End Point Rate* (EPR), dan *Shoreline Change Envelope* (SCE) untuk mengidentifikasi tingkat abrasi dan akresi. Selanjutnya dilakukan analisis hidrooseanografi berdasarkan karakteristik angin, pasang surut, arus, gelombang, dan sedimen guna menilai kerentanan abrasi pada kawasan penelitian. Tahap akhir dilakukan dengan mengevaluasi beberapa alternatif bangunan pengaman pantai, yaitu *revetment*, *seawall*, *offshore breakwater*, *groin*, *jetty*, tanggul laut, dan *beach nourishment* menggunakan pendekatan multi-kriteria yang mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, konstruksi, biaya, dan kesesuaian terhadap kawasan wisata. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan alternatif bangunan pengaman pantai yang paling efektif dan berkelanjutan bagi Pulau Derawan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya abrasi dan menentukan alternatif penanganan yang paling sesuai berdasarkan kondisi fisik kawasan pesisir. Hasil analisis selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perencanaan bangunan pengaman pantai untuk mendukung perlindungan kawasan wisata Pulau Derawan.

4.1 Kondisi Eksisting Pulau Derawan

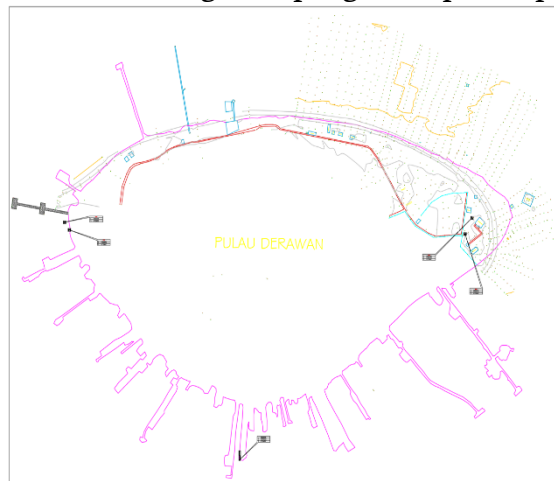
Pulau Derawan merupakan pulau kecil yang berada di wilayah pesisir Kabupaten Berau dan dikenal sebagai salah satu destinasi wisata bahari unggulan di Kalimantan Timur. Aktivitas wisata, permukiman masyarakat, serta fasilitas penunjang pariwisata berkembang di sepanjang kawasan pesisir sehingga kondisi garis pantai memiliki peranan penting terhadap keberlanjutan kawasan tersebut.

Berdasarkan hasil survei topografi, Pulau Derawan memiliki elevasi tertinggi sebesar 4,718 m dan elevasi terendah sebesar -0,296 m dengan elevasi rata-rata sekitar 1,156 m. Kondisi topografi menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah pesisir memiliki elevasi yang relatif rendah sehingga rentan terhadap pengaruh dinamika laut dan perubahan garis pantai.

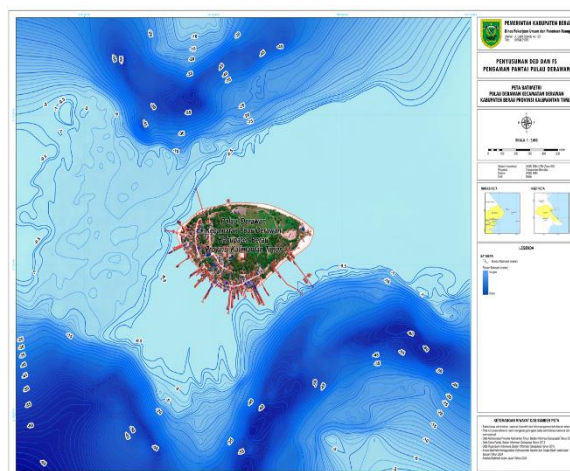
Hasil survei batimetri menunjukkan bahwa karakteristik dasar perairan di sekitar Pulau Derawan memiliki variasi yang cukup beragam. Pada bagian selatan, tenggara, dan barat laut pulau ditemukan kemiringan dasar yang relatif curam, sedangkan bagian timur hingga timur laut memiliki kemiringan dasar yang lebih landai dengan kedalaman dangkal yang memanjang ke arah laut. Kondisi tersebut menyebabkan energi gelombang dapat menjalar lebih dekat ke garis pantai sehingga meningkatkan potensi abrasi pada sektor tersebut.

Selain kondisi topografi dan batimetri, hasil observasi lapangan menunjukkan adanya perbedaan karakter pemanfaatan ruang pada masing-masing sisi pulau. Bagian selatan pulau didominasi oleh aktivitas masyarakat dan fasilitas penunjang wisata, sedangkan bagian utara relatif lebih alami dan memiliki tingkat pemanfaatan yang lebih rendah. Kondisi ini menjadi salah satu pertimbangan penting dalam menentukan strategi perlindungan pantai agar tidak mengganggu aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat setempat.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis perubahan garis pantai, bagian timur hingga timur laut Pulau Derawan merupakan kawasan yang mengalami tekanan abrasi paling signifikan. Oleh karena itu, wilayah tersebut menjadi fokus utama dalam kajian perencanaan bangunan pengaman pantai pada penelitian ini.



Gambar 2. Peta Topografi dan Penggunaan Lahan Pulau Derawan



Gambar 3. Peta Batimetri Perairan Pulau Derawan

4.2 Karakteristik Hidrooseanografi

Karakteristik hidrooseanografi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi dinamika kawasan pesisir Pulau Derawan. Interaksi antara angin, pasang surut, arus, dan gelombang berperan dalam proses transport sedimen yang selanjutnya mempengaruhi perubahan garis pantai. Oleh karena itu, analisis hidrooseanografi diperlukan untuk memahami mekanisme yang menyebabkan terjadinya abrasi pada beberapa bagian pantai Pulau Derawan.

Hasil analisis data angin selama periode 2015–2024 menunjukkan bahwa arah angin dominan berasal dari sektor timur laut menuju barat daya dengan kecepatan berkisar antara 2,1–3,6 m/detik. Pola angin tersebut berpengaruh terhadap pembentukan gelombang yang bergerak menuju kawasan pesisir Pulau Derawan dan menjadi salah satu faktor penggerak utama transport sedimen sepanjang pantai.

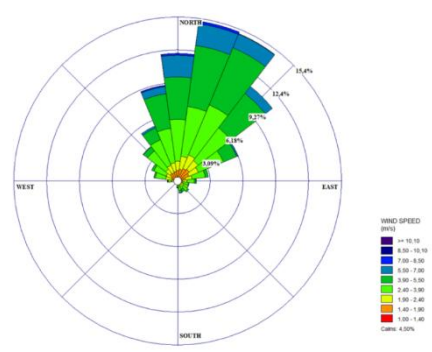
Kondisi pasang surut di Pulau Derawan termasuk tipe campuran condong harian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal) dengan tunggang pasang surut sekitar 2,7 meter. Karakteristik pasang surut ini menyebabkan area pantai mengalami perubahan genangan yang cukup signifikan dalam satu siklus pasang surut sehingga mempengaruhi proses erosi dan sedimentasi pada wilayah pesisir. Hasil verifikasi data pasang surut menunjukkan tingkat kesesuaian yang baik antara hasil pengukuran lapangan dan data model sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis lebih lanjut.

Analisis arus menunjukkan bahwa pada Musim Barat (Januari), arah arus dominan bergerak menuju tenggara dengan kecepatan berkisar 0,08–0,10 m/detik. Sementara itu pada Musim Timur (Juli), arus dominan bergerak menuju barat laut dengan kecepatan berkisar 0,06–0,08 m/detik. Perbedaan pola arus musiman tersebut berpengaruh terhadap distribusi dan perpindahan sedimen di sekitar Pulau Derawan sehingga membentuk pola abrasi dan akresi yang berbeda pada masing-masing sisi pulau.

Selain arus, gelombang juga menjadi faktor penting dalam proses perubahan garis pantai. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada Musim Barat gelombang dominan bergerak menuju barat daya dengan tinggi gelombang sekitar 0,7 meter. Sementara pada Musim Timur gelombang dominan bergerak ke arah utara dengan tinggi gelombang mencapai sekitar 1,3 meter. Kondisi ini menunjukkan bahwa energi gelombang yang bekerja pada pantai relatif lebih besar pada Musim Timur sehingga berpotensi meningkatkan proses abrasi, terutama pada bagian timur hingga timur laut Pulau Derawan yang secara langsung menerima pengaruh gelombang datang.

Pada tahap pemodelan lanjutan, dilakukan simulasi kondisi setelah penerapan alternatif bangunan pengaman pantai untuk melihat pengaruhnya terhadap tinggi gelombang di sekitar garis pantai. Hasil simulasi menunjukkan bahwa keberadaan breakwater mampu mereduksi tinggi gelombang yang mencapai garis pantai secara signifikan. Tinggi gelombang yang semula mencapai sekitar 1,3 meter pada Musim Timur dapat berkurang menjadi sekitar 0,1–0,3 meter setelah melewati bangunan breakwater. Penurunan energi gelombang tersebut menunjukkan bahwa bangunan yang direncanakan berpotensi memberikan perlindungan terhadap kawasan pantai yang mengalami abrasi.

Berdasarkan hasil analisis hidrooseanografi dapat disimpulkan bahwa gelombang, arus, dan proses transport sedimen memiliki peranan penting dalam membentuk dinamika garis pantai Pulau Derawan. Karakteristik tersebut menjadi dasar dalam analisis perubahan garis pantai dan penentuan jenis bangunan pengaman pantai yang sesuai untuk diterapkan pada lokasi penelitian.



Gambar 4. Windrose Pulau Derawan Tahun 2015-2024

4.3 Analisis Perubahan Garis Pantai

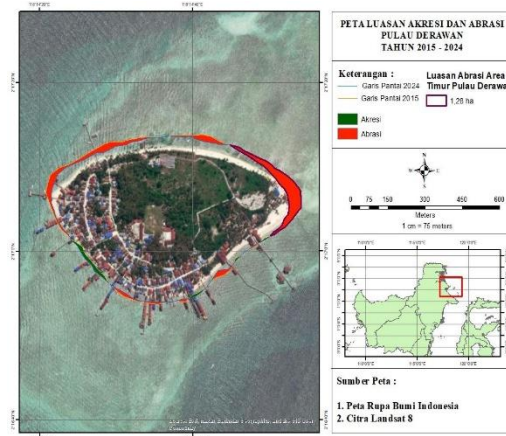
Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) berdasarkan data garis pantai periode 2015–2024 untuk mengidentifikasi tingkat abrasi dan akresi di Pulau Derawan. Analisis dilakukan menggunakan parameter *Net Shoreline Movement* (NSM), *End Point Rate* (EPR), dan *Shoreline Change Envelope* (SCE) guna menentukan arah, laju, dan besarnya perubahan garis pantai selama periode pengamatan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa abrasi dominan terjadi pada bagian utara, timur, dan timur laut Pulau Derawan, sedangkan akresi cenderung terjadi di bagian selatan akibat pengaruh gelombang, arus, dan transport sedimen. Laju abrasi mencapai sekitar -1,71 m/tahun, sedangkan laju akresi sebesar +1,69 m/tahun. Selain itu, kawasan timur hingga timur laut mengalami kehilangan daratan sekitar 1,4 ha, sehingga menjadi wilayah dengan tingkat kerentanan tertinggi terhadap abrasi. Kondisi tersebut berpotensi mengancam kawasan wisata, permukiman, dan infrastruktur pesisir apabila tidak dilakukan upaya penanganan.

Secara keseluruhan, hasil analisis DSAS menunjukkan bahwa sektor timur hingga timur laut Pulau Derawan merupakan lokasi prioritas untuk perlindungan pantai. Informasi mengenai laju perubahan garis pantai, luas area terdampak, dan tingkat kerentanan abrasi menjadi dasar dalam penentuan strategi mitigasi serta pemilihan bangunan pengaman pantai yang paling sesuai.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Analisis Perubahan Garis Pantai Pulau Derawan

Parameter	Nilai
Periode Analisis	2015–2024
Luas Abrasi	$\pm 1,4$ Ha
Laju Abrasi	-1,71 m/tahun
Laju Akresi	+1,69 m/tahun
Lokasi Abrasi Dominan	Timur hingga Timur Laut Pulau Derawan
Lokasi Akresi Dominan	Selatan Pulau Derawan

**Gambar 5. Peta Luasan Akresi dan Abrasi Pulau Derawan Tahun 2015 – 2024**

4.4 Evaluasi Alternatif Bangunan Pengaman Pantai

Evaluasi alternatif bangunan pengaman pantai dilakukan setelah analisis perubahan garis pantai dan kondisi hidrooseanografi untuk menentukan jenis bangunan yang paling sesuai dalam mengendalikan abrasi di Pulau Derawan. Alternatif yang dievaluasi meliputi *revetment*, *seawall*, *breakwater*, *groin*, *jetty*, tanggul laut, dan *beach nourishment*.

Evaluasi menggunakan pendekatan multi-kriteria dengan mempertimbangkan efektivitas pengendalian abrasi, kemampuan mereduksi energi gelombang dan mengendalikan transport sedimen, kesesuaian terhadap kondisi pantai dan kawasan wisata, dampak lingkungan, kemudahan konstruksi, kebutuhan pemeliharaan, serta efisiensi biaya. Penilaian dilakukan menggunakan skala 1–5 pada setiap kriteria, kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa *breakwater* memperoleh nilai tertinggi (4,40), diikuti *groin* (3,30), *revetment*, tanggul laut, dan *beach nourishment* (masing-masing 3,20), *seawall* (3,00), serta *jetty* (2,80). Berdasarkan hasil tersebut, *breakwater* dipilih sebagai alternatif bangunan pengaman pantai yang paling sesuai karena memiliki efektivitas tertinggi dalam mengendalikan abrasi sekaligus mendukung keberlanjutan kawasan wisata Pulau Derawan.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Alternatif Bangunan Pengaman Pantai

Alternatif Bangunan	Nilai Rata-Rata
Breakwater	4,40
Groin	3,30

Revetment	3,20
Pengisian Pasir	3,20
Tanggul Laut	3,20
Tembok Laut	3,00
Jeti	2,80

Tingginya nilai breakwater menunjukkan bahwa bangunan tersebut dinilai paling mampu memenuhi kebutuhan perlindungan pantai pada lokasi penelitian. Selain berfungsi mereduksi energi gelombang sebelum mencapai garis pantai, breakwater juga mampu menciptakan zona perairan yang lebih tenang sehingga membantu mengurangi laju abrasi dan mendukung proses pengendapan sedimen di belakang struktur. Karakteristik tersebut sesuai dengan kondisi Pulau Derawan yang mengalami abrasi pada sektor timur hingga timur laut akibat pengaruh gelombang dan arus laut.

Dari sisi kawasan wisata, penggunaan breakwater juga dinilai lebih sesuai dibandingkan beberapa alternatif lainnya karena tidak memerlukan bangunan masif yang langsung menempel pada garis pantai. Dengan demikian, fungsi perlindungan pantai dapat dicapai tanpa mengurangi nilai estetika kawasan wisata secara signifikan. Selain itu, keberadaan breakwater memungkinkan proses sedimentasi alami tetap berlangsung sehingga dapat membantu menjaga keseimbangan morfologi pantai dalam jangka panjang.

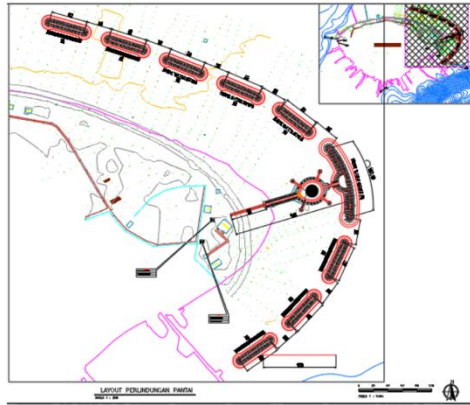
Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, bangunan pemecah gelombang (breakwater) dipilih sebagai alternatif utama dalam perencanaan pengaman pantai Pulau Derawan. Hasil pemilihan ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan konsep perencanaan bangunan pengaman pantai.

4.5 Pemilihan Breakwater sebagai Alternatif Pengaman Pantai

Hasil evaluasi alternatif bangunan pengaman pantai menunjukkan bahwa bangunan pemecah gelombang (breakwater) memperoleh nilai tertinggi dibandingkan alternatif lainnya. Oleh karena itu, breakwater dipilih sebagai solusi utama dalam upaya mitigasi abrasi dan perlindungan kawasan pesisir Pulau Derawan. Pemilihan tersebut didasarkan pada kesesuaian fungsi bangunan terhadap karakteristik permasalahan yang terjadi pada lokasi penelitian, yaitu abrasi yang dipengaruhi oleh energi gelombang dan dinamika transport sedimen di sepanjang pantai.

Secara umum, breakwater merupakan bangunan yang ditempatkan di lepas pantai dan berfungsi untuk mereduksi energi gelombang sebelum mencapai garis pantai. Berbeda dengan revetment atau tembok laut yang bekerja dengan menahan energi gelombang pada garis pantai, breakwater mengurangi energi gelombang sejak masih berada di perairan sehingga proses erosi pada pantai dapat diminimalkan. Pendekatan ini dinilai lebih sesuai untuk kondisi Pulau Derawan yang memiliki kawasan wisata pesisir dan memerlukan perlindungan pantai tanpa mengubah karakter alami pantai secara signifikan.

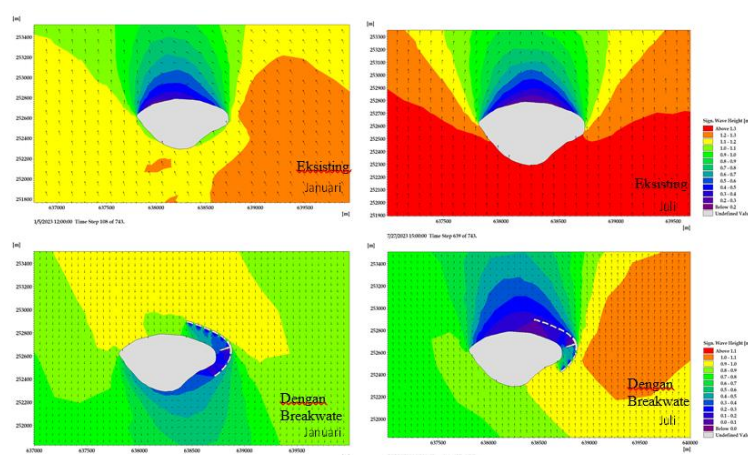
Berdasarkan hasil perencanaan, konsep bangunan yang dipilih berupa series breakwater yang ditempatkan pada sektor timur hingga timur laut Pulau Derawan, yaitu area yang mengalami abrasi paling signifikan berdasarkan hasil analisis perubahan garis pantai. Selain itu, direncanakan pula pembangunan causeway sebagai bagian dari sistem perlindungan pantai untuk membantu mengendalikan pergerakan sedimen di sekitar lokasi penelitian.



Gambar 6. Layout Rencana Series Breakwater dan Causeway Pulau Derawan

Pemilihan tipe series breakwater dilakukan karena mampu memberikan perlindungan pada segmen pantai yang panjang tanpa menutup sirkulasi perairan secara penuh. Susunan bangunan yang terpisah-pisah memungkinkan pertukaran massa air tetap berlangsung sehingga risiko penurunan kualitas perairan dapat diminimalkan. Selain itu, konfigurasi tersebut dinilai lebih sesuai terhadap karakteristik pantai Pulau Derawan yang memiliki fungsi wisata dan aktivitas masyarakat pesisir.

Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa keberadaan breakwater mampu memberikan perlindungan terhadap kawasan pantai dengan menurunkan tinggi gelombang yang mencapai garis pantai. Pada kondisi eksisting, tinggi gelombang pada Musim Timur dapat mencapai sekitar 1,3 meter. Setelah adanya breakwater, tinggi gelombang yang mencapai pantai berkurang menjadi sekitar 0,1–0,3 meter. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bangunan yang direncanakan mampu mereduksi energi gelombang secara signifikan sehingga berpotensi mengurangi laju abrasi pada kawasan yang dilindungi.



Gambar 7. Perbandingan Simulasi Gelombang Sebelum dan Sesudah Breakwater

Selain berfungsi sebagai peredam gelombang, keberadaan breakwater juga diharapkan dapat membantu menciptakan zona perairan yang lebih tenang di belakang struktur sehingga mendukung proses pengendapan sedimen secara alami. Kondisi tersebut penting dalam upaya pemulihan garis pantai pada kawasan yang mengalami abrasi. Dengan berkurangnya energi gelombang yang bekerja pada pantai, risiko kerusakan kawasan wisata, permukiman masyarakat, dan infrastruktur pesisir dapat diminimalkan.

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi yang dilakukan, bangunan series breakwater dipandang sebagai alternatif yang paling sesuai untuk diterapkan pada Pulau Derawan. Selain efektif dalam mereduksi energi gelombang, alternatif ini juga mampu mengakomodasi kebutuhan perlindungan pantai dengan tetap mempertimbangkan aspek lingkungan, estetika kawasan wisata, serta keberlanjutan pengelolaan wilayah pesisir dalam jangka panjang.

4.6 Implikasi Keinsinyuran

Penanganan abrasi pantai pada Pulau Derawan menunjukkan bahwa permasalahan pesisir tidak dapat diselesaikan hanya melalui pendekatan struktural semata, tetapi memerlukan kajian yang terintegrasi antara aspek hidrologi, hidrooseanografi, geoteknik, lingkungan, dan tata ruang kawasan. Proses perencanaan bangunan pengaman pantai harus diawali dengan pemahaman terhadap penyebab utama kerusakan pantai sehingga solusi yang dipilih dapat menjawab permasalahan secara tepat dan berkelanjutan.

Hasil kajian menunjukkan bahwa abrasi yang terjadi pada bagian timur hingga timur laut Pulau Derawan dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor, antara lain gelombang, arus, transport sedimen, dan karakteristik morfologi pantai. Oleh karena itu, pemilihan bangunan pengaman pantai tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan satu parameter teknis, tetapi harus mempertimbangkan kondisi fisik kawasan secara menyeluruh. Pendekatan ini menjadi penting untuk memastikan bahwa bangunan yang direncanakan mampu memberikan perlindungan yang efektif tanpa menimbulkan dampak negatif pada area pantai lainnya.

Dari sudut pandang keinsinyuran, penggunaan metode evaluasi multi-kriteria dalam pemilihan alternatif bangunan pengaman pantai memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih objektif dan terukur. Proses tersebut memungkinkan berbagai aspek seperti efektivitas teknis, dampak lingkungan, kemudahan pelaksanaan konstruksi, kebutuhan pemeliharaan, serta keterpaduan dengan aktivitas masyarakat dan kawasan wisata dapat dipertimbangkan secara bersamaan. Pendekatan tersebut menghasilkan pemilihan alternatif bangunan yang tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan kawasan yang dilindungi.

Perencanaan series breakwater pada Pulau Derawan juga menunjukkan pentingnya pemanfaatan teknologi pemodelan numerik dalam mendukung proses perencanaan infrastruktur pesisir. Hasil simulasi digunakan untuk mengevaluasi pengaruh bangunan terhadap kondisi gelombang dan dinamika perairan sehingga keputusan yang diambil tidak hanya didasarkan pada asumsi teoritis, tetapi juga pada hasil analisis yang dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

Selain aspek teknis, studi ini menunjukkan bahwa pembangunan infrastruktur perlindungan pantai pada kawasan wisata harus mempertimbangkan keseimbangan antara fungsi perlindungan dan keberlanjutan kawasan. Bangunan yang direncanakan tidak hanya ditujukan untuk mengurangi risiko abrasi, tetapi juga untuk menjaga

keberlangsungan aktivitas wisata, melindungi aset masyarakat, serta mendukung pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan. Dengan demikian, proses perencanaan bangunan pengaman pantai tidak hanya menjadi pekerjaan rekayasa konstruksi, tetapi juga bagian dari upaya pengelolaan kawasan pesisir yang terpadu.

Dalam penyusunan DED Pengaman Pantai Pulau Derawan, aspek manajerial keinsinyuran memiliki peran penting dalam mengarahkan proses perencanaan agar tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga sesuai dengan karakter kawasan wisata. Walaupun pemodelan hidrooseanografi dan perhitungan struktur secara rinci dilaksanakan oleh tim tenaga ahli konsultan, proses perencanaan tetap memerlukan penetapan kriteria desain, evaluasi alternatif, serta justifikasi kelayakan teknis agar solusi yang dipilih sesuai dengan kebutuhan lapangan. Pemilihan series breakwater dan causeway didasarkan pada kemampuan bangunan dalam mereduksi energi gelombang, mengendalikan abrasi, serta mempertahankan nilai estetika kawasan pesisir Pulau Derawan.

Proses penentuan tata letak bangunan pengaman pantai dilakukan melalui beberapa tahapan evaluasi untuk mengoptimalkan fungsi teknis dan nilai kawasan. Pada tahap awal, konfigurasi breakwater dikembangkan sebagai bangunan perlindungan pantai yang ditempatkan pada area terdampak abrasi. Selanjutnya, konsep tata letak disempurnakan agar lebih selaras dengan karakter Pulau Derawan sebagai destinasi wisata bahari. Penataan series breakwater yang dipadukan dengan causeway tidak hanya diarahkan untuk mereduksi energi gelombang, tetapi juga berpotensi membentuk ruang publik baru dan memperkuat identitas kawasan wisata Pulau Derawan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, Pulau Derawan mengalami perubahan garis pantai yang ditandai oleh proses abrasi dan akresi pada beberapa sektor pantai. Abrasi dominan terjadi pada bagian timur hingga timur laut dengan luas terdampak sekitar 1,4 ha dan laju perubahan garis pantai mencapai -1,71 m/tahun. Hasil analisis hidrooseanografi menunjukkan bahwa gelombang, arus, dan transport sedimen merupakan faktor utama yang memengaruhi dinamika garis pantai, di mana pada Musim Timur tinggi gelombang mencapai sekitar 1,3 m sehingga meningkatkan potensi abrasi pada kawasan pesisir yang rentan.

Berdasarkan evaluasi multi-kriteria, bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) dipilih sebagai alternatif pengaman pantai yang paling sesuai karena memiliki efektivitas tertinggi dalam mengendalikan abrasi dengan tetap mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, konstruksi, biaya, serta keberlanjutan kawasan wisata. Konsep perlindungan pantai berupa *series breakwater* yang dikombinasikan dengan *causeway* mampu mereduksi tinggi gelombang yang mencapai pantai dari sekitar 1,3 m menjadi 0,1–0,3 m. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan keinsinyuran yang mengintegrasikan analisis perubahan garis pantai, kondisi hidrooseanografi, dan evaluasi alternatif bangunan pengaman pantai dapat menghasilkan solusi perlindungan pesisir yang efektif dan berkelanjutan bagi Pulau Derawan.

DAFTAR REFERENSI

[1] Konsultan Perencana, *Laporan Akhir Penyusunan Detail Engineering Design (DED) dan Feasibility Study (FS) Pengaman Pantai Pulau Derawan*. Tanjung Redeb: Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Berau, 2024.

- [2] B. Triatmodjo, *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 2011.
- [3] B. Triatmodjo, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 2012.
- [4] E. A. Himmelstoss, E. R. Thieler, J. L. Zichichi, and A. Ergul, *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2021–1091, 2021.
- [5] D. Purbani, M. Ramdhan, H. L. Salim, A. Daulat, D. Dwiyantri, G. Winarso, and S. Syahputri, “Study of Coastline Changes and Land Use Change in Marine Protected Area: Case Study Derawan Island, East Kalimantan Province,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 561, no. 1, p. 012056, 2020.
- [6] M. R. Muskananfolo, Supriharyono, and S. Febrianto, “Spatio-Temporal Analysis of Shoreline Change Along the Coast of Sayung, Demak, Indonesia Using Digital Shoreline Analysis System,” *Regional Studies in Marine Science*, vol. 34, p. 101060, 2020.
- [7] H. L. Gaol, M. Helmi, and A. Satriadi, “Analisis Perubahan Garis Pantai Wilayah Pesisir Menggunakan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) di Pantai Tirang, Tugurejo, Kota Semarang,” *Indonesian Journal of Oceanography*, vol. 7, no. 1, pp. 21–31, 2025.
- [8] H. Surbakti *et al.*, “Coastline Change in the Banyuasin Estuary Over the Last Three Decades,” *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 23, no. 4, 2025.
- [9] M. Zikra, H. Ikhwan, and A. K. Wardhani, “Assessment of Mangrove as a Natural Beach Protection in Surabaya Coast, Indonesia,” *Procedia Engineering*, vol. 116, pp. 896–904, 2015.
- [10] U.S. Army Corps of Engineers, *Coastal Engineering Manual*. Washington, DC: U.S. Army Corps of Engineers, 2002.
- [11] R. J. Nicholls and A. Cazenave, “Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones,” *Science*, vol. 328, no. 5985, pp. 1517–1520, 2010.
- [12] J. A. G. Cooper and O. H. Pilkey, “Sea-Level Rise and Shoreline Retreat: Time to Abandon the Bruun Rule,” *Global and Planetary Change*, vol. 43, no. 3–4, pp. 157–171, 2004.
- [13] C. A. J. Fletcher, J. M. Smith, and M. L. Beck, “Coastal Processes and Shoreline Change Assessment Using Remote Sensing and GIS Techniques,” *Ocean & Coastal Management*, vol. 158, pp. 1–10, 2018.
- [14] A. Hapke, E. Himmelstoss, M. Kratzmann, J. List, and E. Thieler, “National Assessment of Shoreline Change: A GIS-Based Approach to Analyze Coastal Change,” *U.S. Geological Survey Open-File Report*, 2011.
- [15] P. A. Larson and L. M. Kraus, “Numerical Modeling of Coastal Sediment Transport and Shoreline Response,” *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, vol. 135, no. 2, pp. 56–67, 2009.