

## PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN KECENDERUNGAN PENAMBANGAN GALIAN C DI KAWASAN PESISIR DESA WANGEL KABUPATEN KEPULAUAN ARU MALUKU: PENDEKATAN FISIKA LINGKUNGAN

Johana J. L. Gainau<sup>1\*</sup>, James Abrahamsz<sup>2</sup>, Simon Tubalawony<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Kelautan dan PKK, Universitas Pattimura, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Pattimura, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Indonesia

e-mail: [yantigainau@gmail.com](mailto:yantigainau@gmail.com)

### Abstrak

Pembangunan wilayah yang pesat di Desa Wangel, Kabupaten Kepulauan Aru, menyebabkan peningkatan aktivitas penambangan galian C, terutama pasir laut, yang berdampak langsung pada perubahan garis pantai. Fenomena ini merupakan hasil dari interaksi antara proses alami seperti abrasi dan akresi dengan aktivitas manusia yang menghasilkan penurunan garis pantai. Melalui pendekatan fisika, artikel ini mengkaji proses-proses fisik yang terlibat, seperti energi gelombang laut yang menyebabkan erosi serta dampak mekanis penambangan terhadap lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS) dan Net Shoreline Movement (NSM) untuk mengukur perubahan garis pantai antara tahun 2012 dan 2023. Hasil analisis menunjukkan bahwa abrasi lebih dominan daripada akresi, yang dipercepat oleh penambangan galian C. Studi ini diharapkan memberikan wawasan bagi pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Perubahan Garis Pantai, Galian C, Erosi, Akresi, Energi Gelombang, Penambangan.

## COASTAL LINE CHANGES AND TRENDS IN THE EXTRACTION OF CONSTRUCTION MATERIALS IN THE COASTAL AREA OF WANGEL VILLAGE, KEPULAUAN ARU REGENCY, MALUKU: AN ENVIRONMENTAL PHYSICS APPROACH

### Abstract

Rapid regional development in Wangel Village, Kepulauan Aru Regency, has led to an increase in mining activities, particularly sea sand extraction, which directly impacts coastal line changes. This phenomenon results from the interaction between natural processes such as abrasion and accretion and human activities that lead to coastal line retreat. This article examines the physical processes involved, such as wave energy causing erosion and the mechanical impacts of mining on the environment, through an environmental physics approach. The study employs the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) and Net Shoreline Movement (NSM) methods to measure coastal line changes between 2012 and 2023. The analysis reveals that abrasion is more dominant than accretion, accelerated by the extraction of construction materials. This study aims to provide insights into the sustainable management of natural resources.

**Keywords:** Coastal Line Changes, Construction Materials, Erosion, Accretion, Wave Energy, Mining.

## PENDAHULUAN

Perubahan garis pantai adalah fenomena dinamis yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik alami maupun antropogenik. Salah satu faktor alami yang paling berpengaruh adalah gelombang laut, yang membawa energi kinetik yang besar dan dapat mengikis pantai, menyebabkan terjadinya abrasi dan akresi. Proses-proses fisik ini sangat bergantung pada interaksi antara energi gelombang, kedalaman perairan, serta bentuk dan struktur pesisir. Seperti yang diungkapkan oleh [1], energi gelombang laut dapat menyebabkan perubahan morfologi pantai, baik melalui pengikisan (abrasi) maupun pemendapan (akresi) material.

Selain faktor alami, aktivitas manusia seperti penambangan galian C (pasir dan batu) turut memperburuk proses perubahan garis pantai. Penambangan galian C adalah kegiatan yang memanfaatkan sumber daya alam pesisir untuk kebutuhan industri dan konstruksi. Di wilayah pesisir Desa Wangel, Kabupaten Kepulauan Aru, penambangan pasir laut semakin meningkat seiring dengan pesatnya pembangunan infrastruktur dalam dua dasawarsa terakhir. Penambangan ini sering menggunakan alat berat yang merusak struktur fisik pantai dan menghilangkan vegetasi penahan gelombang, yang pada gilirannya memperburuk erosi pantai. Penambangan yang tidak terkontrol dapat mempercepat pergeseran garis pantai dan berpotensi menurunkan kualitas lingkungan pesisir secara keseluruhan [2,3].

Gelombang laut, yang dihasilkan oleh interaksi antara angin dan permukaan air laut, membawa energi yang mempengaruhi pergerakan sedimentasi di pesisir. Seperti yang dijelaskan oleh [4], energi gelombang yang tinggi dapat menyebabkan pergeseran material dari darat ke laut, yang dikenal sebagai proses erosi. Di sisi lain, proses akresi terjadi ketika material yang tererosi terbawa oleh arus laut dan kembali mengendap di pantai, meskipun dengan laju yang lebih rendah dibandingkan dengan erosi. Proses-proses ini saling terkait, dan interaksi antara energi gelombang dengan aktivitas manusia seperti penambangan dapat mempercepat perubahan garis pantai.

Secara keseluruhan, pemahaman terhadap dinamika fisika yang memengaruhi perubahan garis pantai menjadi sangat penting untuk merumuskan kebijakan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya alam pesisir. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai dan kecenderungan penambangan galian C di pesisir Desa Wangel, dengan memperhatikan faktor fisika yang terlibat dalam proses erosi dan akresi. Melalui pendekatan fisika lingkungan, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai dampak dari aktivitas manusia terhadap lingkungan pesisir serta upaya mitigasi yang perlu dilakukan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Wangel, Kecamatan Pulau – Pulau Aru, Kabupaten Kepulauan Aru Tahun 2024 (Gambar 1). Wilayah tersebut merupakan lokasi penambangan bahan galian C dan juga merupakan lokasi terdampak abrasi yang cukup parah, baik akibat pengaruh gelombang maupun aktivitas pemanfaatan yang intens.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

Pentingnya pemahaman fisika di sini terletak pada pengukuran perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh energi gelombang laut. Gelombang laut mengandung energi kinetik yang dapat mengikis pantai dan mengubah bentuk morfologi pantai seiring waktu. Melalui teknik ini, dapat dianalisis bagaimana gaya fisika, baik dari sumber alami maupun hasil kegiatan penambangan, mempengaruhi struktur fisik garis pantai.

Citra yang digunakan dalam penelitian ini mencakup tiga titik waktu, yaitu tahun 2012,

2018, dan 2023, yang digunakan untuk melakukan digitasi garis pantai. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode DSAS untuk mengidentifikasi perubahan garis pantai yang terjadi dalam jangka waktu tersebut. Hal ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang dinamika perubahan yang dipengaruhi oleh faktor alami dan antropogenik.

Metode Net Shoreline Movement (NSM) digunakan untuk mengukur perubahan posisi garis pantai pada titik-titik transek yang telah dipilih. Dalam hal ini, baseline digunakan sebagai referensi dari garis pantai tahun 2012. Perhitungan pergerakan garis pantai dilakukan dengan menghitung jarak antara garis pantai yang terdeteksi pada tahun 2012 dengan garis pantai pada tahun 2023. End Point Rate (EPR) digunakan untuk mengukur laju perubahan per tahun pada garis pantai dengan cara membagi jarak perubahan garis pantai dengan selang waktu yang relevan.

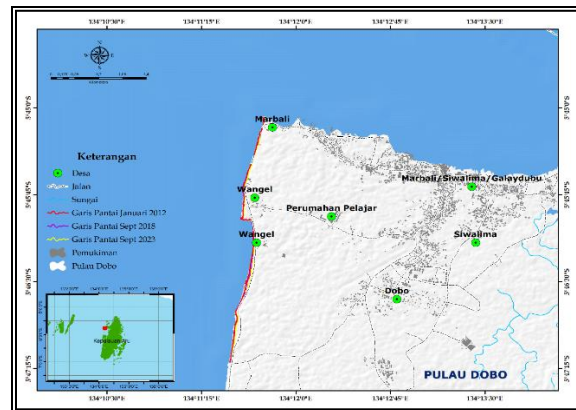
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*1. Perubahan Garis Pantai Desa Wangel*

Perhitungan perubahan garis pantai, *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) adalah program tambahan yang dikembangkan oleh ESRI bersama USGS dan bersifat terbuka atau open source. DSAS dapat bekerja dengan program ArcGIS [5]. Proses pembuatan garis menggunakan teknik digitasi menggunakan bantuan aplikasi *google earth* melalui intepretasi langsung dengan memisahkan vegetasi batas darat dan laut. Jumlah garis pantai yang didigitasi mengikuti ketersediaan citra yang tersedia pada aplikasi *google earth* yaitu sebanyak 3(tiga) garis pantai berdasarkan tahun yaitu 2012, 2018 dan 2023 (Tabel 1).

**Tabel 1.** Panjang garis pantai Desa Wangel Tahun 2012, 2018, dan 2023

Tahun	Panjang Garis Pantai (Km)
2012	4,559
2018	4,402
2023	4,506



**Gambar 2.** Peta sebaran garis pantai Desa Wangel Tahun 2012, 2018, dan 2023

Perubahan ini terjadi akibat kombinasi antara proses alami seperti abrasi dan akresi serta aktivitas manusia berupa penambangan galian C yang tidak terkendali. Penambahan yang disebabkan oleh akresi, meskipun tercatat, tidak sebanding dengan proses abrasi yang dominan. Berdasarkan hasil perhitungan Net Shoreline Movement (NSM) dan End Point Rate (EPR), dapat disimpulkan bahwa proses abrasi memiliki laju yang lebih cepat daripada akresi. Proses erosi ini diperburuk oleh penambangan yang menggali dan mengangkut pasir laut menggunakan alat berat, yang mengakibatkan hilangnya lapisan pelindung alami yang ada di pesisir.

Proses akresi dan abrasi ini dijelaskan oleh teori energi gelombang, di mana gelombang laut membawa energi kinetik yang berperan dalam erosi pesisir. Energi yang dibawa oleh gelombang laut dapat merusak substrat pantai yang lemah dan mempercepat pergerakan garis pantai ke arah daratan.

Penambangan galian C dapat mengurangi pasokan sedimen ke pantai, yang merupakan faktor penting dalam menjaga keseimbangan garis pantai. Ketika sedimen dihilangkan dari sistem pantai, erosi dapat terjadi dan garis pantai dapat mundur. Selain itu, penambangan galian C juga dapat merusak habitat penting seperti terumbu karang, padang lamun, dan hutan mangrove. Kerusakan habitat ini dapat mengurangi keanekaragaman hayati dan mengganggu fungsi ekosistem pesisir.

Penambangan pasir laut dapat berdampak pada kerusakan lingkungan, perubahan arus laut,

dan penurunan kualitas air. Penurunan kualitas air dapat disebabkan oleh peningkatan kekeruhan dan pelepasan polutan dari aktivitas penambangan. Oleh karena itu, penting untuk mengatur dan mengawasi kegiatan penambangan galian C agar tidak menyebabkan kerusakan lingkungan yang signifikan.

Dalam konteks Desa Wangel, penting untuk memahami bagaimana kegiatan penambangan galian C mempengaruhi perubahan garis pantai dan keberlanjutan lingkungan pesisir. Analisis risiko banjir penting untuk dilakukan sebagai upaya mendukung pembangunan berkelanjutan [6]. Hal ini dapat dilakukan dengan memantau perubahan garis pantai dari waktu ke waktu, mengukur tingkat erosi, dan mengidentifikasi sumber-sumber sedimen.

Selain itu, perlu juga dilakukan evaluasi terhadap dampak sosial dan ekonomi dari kegiatan penambangan galian C terhadap masyarakat setempat. Penggunaan pasir pantai sebagai bahan stabilisasi tanah dapat meningkatkan daya dukung tanah [7]. Dengan demikian, dapat dikembangkan strategi pengelolaan penambangan galian C yang berkelanjutan dan memberikan manfaat bagi masyarakat tanpa mengorbankan lingkungan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambangan pasir laut dapat menyebabkan erosi pantai, intrusi air laut, dan kerusakan habitat [8]. Penelitian lain menyoroti pentingnya pengelolaan wilayah pesisir yang terpadu untuk meminimalkan dampak negatif penambangan dan aktivitas manusia lainnya [9]. Seagrass ecosystems in coastal areas, known for their function in absorbing carbon, can be damaged from coastal mining [10]. The ability of seagrass to absorb carbon in Indonesian waters is quite large [10].

Dengan membandingkan hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, dapat diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan garis pantai dan dampak penambangan galian C, serta mengembangkan strategi pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan. Sonar dapat digunakan untuk mengidentifikasi objek bawah laut [11].

## 2. *Energi Gelombang dan Dampaknya terhadap Erosi Pantai*

Gelombang laut, sebagai faktor alami yang paling berpengaruh terhadap perubahan garis pantai, mengandung energi kinetik yang dapat menggerus pantai. Berdasarkan pengamatan tinggi gelombang di sekitar wilayah Kabupaten Kepulauan Aru, rata-rata tinggi gelombang pada bulan Juli 2022 mencapai 0,75 meter, dengan nilai tertinggi 1,55 meter pada bulan Februari 2022. Gelombang yang lebih tinggi memiliki energi yang lebih besar, yang berkontribusi pada peningkatan laju erosi pantai.

Pada tinggi gelombang 1,55 meter, energi yang terkandung dapat merusak dan menggerus pasir serta material lainnya di pesisir, mempercepat proses erosi. Penambangan pasir yang terjadi di sepanjang pantai hanya menambah intensitas pergerakan material ini, mengarah pada pengikisan yang lebih cepat. Hal ini mengkonfirmasi temuan [1] yang menunjukkan bahwa gelombang yang lebih tinggi secara signifikan meningkatkan laju erosi pantai, terutama di kawasan yang rentan seperti pesisir Desa Wangel.

## 3. *Tinjauan Fisika Perubahan Garis Pantai*

Tinjauan fisika terhadap perubahan garis pantai dan kecenderungan penambangan galian C melibatkan pemahaman tentang proses-proses fisik yang mengatur dinamika pantai dan interaksi antara aktivitas manusia dan lingkungan. Dalam analisis ini, konsep-konsep seperti konservasi massa, momentum, dan energi sangat penting. Perubahan garis pantai juga dipengaruhi oleh faktor geologis seperti tektonik dan vulkanisme.

Erosi pantai dapat dianalisis menggunakan prinsip konservasi massa, di mana laju erosi sebanding dengan ketidakseimbangan antara pasokan dan kehilangan sedimen. Gelombang dan arus laut berperan penting dalam mengangkut sedimen di sepanjang pantai.

Energi gelombang dapat dihitung menggunakan teori gelombang dan digunakan untuk memprediksi laju erosi. Selain itu, penambangan galian C dapat mempengaruhi keseimbangan energi di wilayah pesisir dengan mengurangi pasokan sedimen dan mengubah pola arus.

Dalam konteks Desa Wangel, penting untuk mempertimbangkan topografi pantai, jenis sedimen, dan kondisi hidrodinamika lokal. Teknologi Sistem Informasi Geografis dapat digunakan untuk menganalisis kerawanan wilayah longsor [12]. Pemodelan matematika dapat digunakan untuk mensimulasikan perubahan garis pantai akibat penambangan galian C dan faktor-faktor lainnya.

Selain itu, perlu juga dilakukan analisis stabilitas pantai untuk menentukan tingkat kerentanan pantai terhadap erosi. Dengan memahami proses-proses fisik yang mendasari perubahan garis pantai, dapat dirumuskan strategi pengelolaan pesisir yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Tata air lereng sangat berpengaruh terhadap tingkat kestabilan lereng [13]. Jenis tanah yang kurang padat seperti tanah lempung atau tanah liat memiliki kecenderungan potensi untuk longsor terutama pada musim penghujan [13]. Curah hujan dengan intensitas yang tinggi biasanya mempunyai hubungan dengan tingginya konsentrasi kejadian longsor dalam ruang dan waktu [12,13]. Faktor-faktor seperti kemiringan lereng, curah hujan, tekstur tanah, pelapukan batuan, dan kerapatan vegetasi juga mempengaruhi tingkat bahaya longsor [12,13].

Dampak fisika dari perubahan garis pantai di Desa Wangel lebih dari sekadar pergeseran batas daratan. Aktivitas penambangan yang merusak vegetasi pesisir dan mempercepat erosi memiliki dampak jangka panjang terhadap ekosistem pesisir. Keterkaitan antara energi gelombang dan penghilangan material pesisir menyebabkan hilangnya habitat bagi spesies yang bergantung pada ekosistem pesisir. Selain itu, kerusakan pesisir ini dapat mempengaruhi kualitas air, yang pada gilirannya memengaruhi kehidupan biota laut dan kesejahteraan masyarakat pesisir yang bergantung pada sumber daya alam ini.

#### 4. Diskusi Hasil Penelitian Fisika

Hasil penelitian mengenai perubahan garis pantai dan kecenderungan penambangan galian C di kawasan pesisir Desa Wangel, Kabupaten Kepulauan Aru, Maluku, dapat didiskusikan lebih lanjut dari perspektif fisika

untuk memahami mekanisme yang mendasari perubahan tersebut. Penambangan galian C berdampak pada perubahan garis pantai karena dapat merusak ekosistem laut [14].

Penelitian perubahan garis pantai dapat dianalisis menggunakan prinsip-prinsip fisika seperti mekanika fluida, sedimentasi, dan erosi. Mekanika fluida menjelaskan bagaimana gelombang, arus, dan pasang surut berinteraksi dengan garis pantai dan sedimen. Gelombang yang pecah di pantai dapat menyebabkan erosi dengan mengikis sedimen dan membawa mereka ke laut. Arus laut dapat memindahkan sedimen di sepanjang pantai, menyebabkan akumulasi di beberapa area dan erosi di area lain. Pasang surut dapat mempengaruhi ketinggian air dan memperluas area yang terkena gelombang dan arus.

Sedimentasi adalah proses pengendapan sedimen di suatu area. Faktor-faktor yang mempengaruhi sedimentasi meliputi kecepatan arus, ukuran partikel sedimen, dan topografi dasar laut [15]. Erosi adalah proses pengikisan material dari suatu area oleh air, angin, atau es. Faktor-faktor yang mempengaruhi erosi meliputi kekuatan gelombang, kecepatan arus, jenis sedimen, dan vegetasi pantai [16].

Penambangan galian C dapat mempengaruhi proses sedimentasi dan erosi dengan mengubah topografi dasar laut dan menghilangkan vegetasi pantai. Selain itu, dari sudut pandang oseanografi, perairan yang produktif sering kali menunjukkan pencampuran antara air laut dan air tawar, yang meningkatkan kesuburan perairan [17]. Hal ini penting karena aktivitas antropogenik, seperti penambangan, dapat mengganggu keseimbangan ekologi ini dan menurunkan kualitas air [18]. Lebih lanjut, isu lingkungan hidup menjadi perhatian global, terutama terkait dengan limbah industri dan deforestasi.

#### 5. Implikasi Fisika Terhadap Pengelolaan Pesisir

Memahami fisika di balik perubahan garis pantai dan dampak penambangan galian C sangat penting untuk pengelolaan wilayah pesisir yang efektif dan berkelanjutan. Dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip mekanika

fluida, sedimentasi, dan erosi, dapat dikembangkan model dan prediksi yang lebih akurat mengenai perubahan garis pantai di masa depan. Model ini dapat digunakan untuk menginformasikan pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang, pembangunan infrastruktur, dan pengelolaan sumber daya pesisir.

Selain itu, pemahaman tentang fisika pesisir dapat membantu dalam mengembangkan teknik mitigasi erosi yang lebih efektif, seperti pembangunan tanggul, pemecah gelombang, dan penanaman vegetasi pantai. Pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan juga memerlukan pendekatan yang holistik dan terpadu, dengan mempertimbangkan aspek ekologi, sosial, dan ekonomi. Ini termasuk regulasi penambangan galian C yang ketat, pemantauan kualitas air dan sedimen secara berkala, serta partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan wilayah pesisir [19]. Dengan demikian, pendekatan interdisipliner yang menggabungkan prinsip-prinsip fisika, biologi, kimia, dan ilmu sosial sangat penting untuk mencapai pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan dan melindungi sumber daya alam yang berharga bagi generasi mendatang.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Perubahan garis pantai Desa Wangel antara tahun 2012 dan 2023 didominasi oleh proses erosi yang dipicu oleh energi gelombang laut dan aktivitas penambangan galian C. Hasil analisis menunjukkan bahwa abrasi lebih kuat daripada akresi, dengan laju erosi mencapai 2,820 meter per tahun dan akresi hanya 2,443 meter per tahun. Energi gelombang laut yang besar memperburuk proses abrasi, sementara aktivitas penambangan semakin mempercepat perubahan garis pantai.

Untuk mengelola perubahan ini secara berkelanjutan, disarankan agar pengelolaan penambangan galian C dilakukan dengan memperhatikan keseimbangan ekologis, serta memperkuat pengawasan terhadap aktivitas manusia yang dapat mempercepat kerusakan pesisir. Pendidikan dan pelatihan untuk masyarakat pesisir mengenai teknik

penambangan yang ramah lingkungan juga sangat penting untuk mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem pesisir.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Burningham H, French J. Understanding coastal change using shoreline trend analysis supported by cluster-based segmentation. *Geomorphology* 2017;282:131–49. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.12.029>.
- [2] Nasution RR, Irawan AB, Yogafanny E. Rancangan Teknik Reklamasi Penambangan Pasir dan Batu Di Dusun Banaran, Desa Keningar, Kec. Dukun, Kab. Magelang, Jawa Tengah. *J Ilm Lingkung Kebumian* 2020;2:10. <https://doi.org/10.31315/jilk.v2i2.3355>.
- [3] Rukmana WH, Syatar A. Pengelolaan Tambang Pasir Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup Di Kabupaten Bulukumba Dalam Perspektif Siyasa Syar'iyah. *Siyasatuna J Ilm Mhs Siyasa Syar'iyah* 2023;4:86–97.
- [4] Simarmata N, Nadzir ZA, Sari DN. Analisis Perubahan Garis Pantai menggunakan Metode Sentinel-1 Dual-Polarized Water Index (SDWI) berbasis Data Multitemporal pada Google Earth Engine. *Geomatika* 2023;29:107–20.
- [5] Istiqomah F, Sasmito B, Amarrohman FJ. Pemantauan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *J Geod Undip* 2016;5:78–89.
- [6] Ulfiana D, Sari UC. Analisa Risiko Banjir untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan di Kawasan Pesisir Pantai Kota Semarang. *Ruang* 2020;6:102–11. <https://doi.org/10.14710/ruang.6.2.102-111>.
- [7] Fathonah W, Kusuma RI, Mina E, Ningsih AT. Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. *Fondasi J Tek Sipil* 2022;11:140. <https://doi.org/10.36055/fondasi.v11i2.78>

- 16.
- [8] Hasriyanti H, Rammang GA, Ali M, Susiyanti S. Disparitas Pembangunan Wilayah Pesisir (Studi Kasus Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan). *Geogr J Pendidik Dan Penelit Geogr* 2023;4:63–74.
- [9] Djoharam V, Widiatmaka W, Marimin M, Panuju DR, Tarigan SD. Model Pengelolaan Banjir: Systematic Review dan Arahan untuk Masa Depan. *J Ilmu Lingkungan* 2022;20:524–45. <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.524-545>.
- [10] Rustam A, Suryono DD, Daulat A, Sudirman N. The role of seagrass ecosystem in small islands as a blue carbon in climate change mitigation in Indonesia (case study: Lembeh Island, Bitung Regency). *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 2021;777. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/777/1/012029>.
- [11] Rihmi MK, et al. Accuracy Analysis of Distance Measurement Using Sonar Ultrasonic Sensor Hc-Sr04 on Several Types of Materials. *J Enviromental Eng Sustain Technol* 2024;11:10–3. <https://doi.org/10.21776/ub.jeest.2024.011.01.2>.
- [12] Cadith J. KONFLIK DALAM PEMANFAATAN SUMBER DAYA DI PESISIR TELUK BANTEN. *J Adm Publik* 2019;10.
- [13] Tjahjono H, Trihatmoko E, Hanafi F, Findayani A. Penentuan Tingkat Bahaya Longsor Dengan Bantuan Teknologi Sig (Sistem Informasi Geografis) Di Kecamatan Gebog Kabupaten Kudus. *Bookchapter Alam Univ Negeri Semarang* 2022:167–92. <https://doi.org/10.15294/ka.v1i1.89>.
- [14] Gevisioner G, Bangun R, Karyanti K. Strategi Pembangunan Berbasis Masyarakat di Kecamatan Perbatasan Negara di Provinsi Riau. *J Bina Praja* 2013;05:53–62. <https://doi.org/10.21787/jbp.05.2013.53-62>.
- [15] Huda AC, Maulana MI, Pratikto WA, Suntoyo, Wirawani MK, Michael Parulian S. Study Sedimentation Rate of PLTU Pulang Pisau Due to Jetty Modification in Efforts to Improve Production Capacity. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 2022;972. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/972/1/012039>.
- [16] Hatim F, Abubakar K. Penentuan Sektor Ekonomi Unggulan Sebagai Prioritas Pembangunan Ekonomi Maritim. *J Ekon Akunt Dan Manaj Multiparadigma* 2019;1:77–86. <https://doi.org/10.51182/jeamm.v1i1.1621>.
- [17] Patty SI, Nurdiansah D, Akbar N. Sebaran suhu, salinitas, kekeruhan dan kecerahan di perairan Laut Tumbak-Bentenan, Minahasa Tenggara. *J Ilmu Kelaut Kepul* 2020;3:77–87. <https://doi.org/10.33387/jikk.v3i1.1862>.
- [18] Sukristiyono S, Purwanto RH, Suryatmojo H, Sumardi S. Analisis Kuantitas dan Kualitas Air dalam Pengembangan Pemanfaatan Sumber Daya Air Sungai di Kawasan Hutan Lindung Sungai Wain. *J Wil Dan Lingkung* 2021;9:239–55. <https://doi.org/10.14710/jwl.9.3.239-255>.
- [19] Hidayah Z, Nuzula NI, Wiyanto DB. Analisa Keberlanjutan Pengelolaan Sumber Daya Perikanan di Perairan Selat Madura Jawa Timur. *J Perikan Univ Gadjah Mada* 2020;22:101. <https://doi.org/10.22146/jfs.53099>.