

# Karakteristik Distribusi Fraksi Sedimen di Muara Sungai Kapuas Kecil Kalimantan Barat

Tia Nuraya<sup>1\*</sup>, Apriansyah<sup>1</sup>, Yusuf Arief Nurrahman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

\*Email : tia\_nuraya@marine.untan.ac.id

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received : February 27, 2026

Revised : March 16, 2026

Accepted : March 31, 2026

### Keywords:

Estuary  
sediment fraction  
silt  
clay  
sand

## ABSTRACT

*This study aims to assess the health condition of mangrove ecosystems in Dusun Kecil Village, Kayong Utara District, by integrating Sentinel-2A remote sensing data, NDVI analysis, pixel-based classification, and water quality measurements. Image processing included atmospheric and geometric correction, NDVI computation, and Support Vector Machine (SVM) classification to distinguish mangrove, non-mangrove, and water bodies. Field data were used as validation samples to evaluate classification accuracy. The results show that the mangrove ecosystem covers an area of approximately 5,708.53 ha, consisting of eight species and dominated by *Rhizophora apiculata*, reflecting suitable muddy substrates and tidal conditions. NDVI analysis classified mangrove density into dense (3,357.59 ha), moderate (2,164.76 ha), and sparse (186.18 ha), with dense vegetation dominating the area, indicating relatively healthy ecological conditions. Water quality parameters also fall within the optimal range for mangrove growth, with temperature 29.72–32.69°C, DO 3.50–6.68 mg/L, salinity 11.21–29.04 ppt, and pH 7.69–8.29. The SVM classification yielded an Overall Accuracy of 75.73% and a Kappa value of 0.6579, indicating a performance for medium-resolution imagery. Overall, the integration of NDVI, SVM classification, and water quality data provides a comprehensive assessment of the mangrove ecosystem, showing generally stable conditions while highlighting sparse zones that require targeted conservation and continuous monitoring.*

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi fraksi sedimen dasar di Muara Sungai Kapuas Kecil Kalimantan Barat serta menginterpretasikan implikasinya terhadap karakter lingkungan pengendapan. Sampel sedimen permukaan diambil dari dasar perairan pada 8 stasiun penelitian, kemudian dianalisis untuk menentukan persentase fraksi pasir, lanau, dan liat menggunakan metode analisis ukuran butir sedimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sedimen dasar didominasi oleh fraksi lanau dan pasir, sedangkan fraksi liat memiliki kisaran yang sedikit. Nilai lanau tertinggi ditemukan pada Stasiun 9 (89,375%) dan Stasiun 16 Sed 3 (85,58%), sedangkan yang terendah terdapat pada Stasiun 1 (35,22%). Fraksi pasir menunjukkan variasi yang cukup besar dengan kisaran 2,88–60,78%, di mana nilai tertinggi terdapat pada Stasiun 1 (60,78%). Fraksi liat relatif rendah di seluruh stasiun dengan kisaran 2–10%, dengan nilai tertinggi pada Stasiun 2 (10%). Sebagian besar stasiun didominasi oleh sedimen lanau yang mengindikasikan bahwa Muara Sungai Kapuas merupakan lingkungan dengan energi hidrodinamika rendah hingga sedang yang mendukung proses pengendapan partikel halus. Keberadaan pasir yang tinggi pada Stasiun 1 menunjukkan adanya pengaruh energi arus yang lebih kuat secara lokal. Secara umum, Muara Sungai Kapuas Kecil dicirikan sebagai sistem estuari dengan kecenderungan zona deposisi sedimen halus yang berpotensi mengalami akumulasi dan perubahan morfologi dasar perairan.

### Kata Kunci:

Estuari  
Fraksi Sedimen  
Lanau  
Liat  
Pasir

## 1. PENDAHULUAN

Muara sungai adalah transisi antara sungai dan laut yang memiliki dinamika fisik yang kompleks karena berbagai interaksi seperti debit

sungai, pasang surut, arus, dan gelombang. Proses-proses ini mengontrol erosi, transportasi, dan deposisi sedimen, yang dapat membentuk morfologi dasar perairan (Li *et al.*, 2022; Xie *et*

al., 2022). Sensitivitas perairan estuari sangat tinggi terhadap perubahan hidrodinamika dan suplai sedimen dari wilayah aliran sungai. Sungai Kapuas Kecil, yang merupakan bagian dari sistem Sungai Kapuas di Kalimantan Barat, berfungsi sebagai jalur utama masuknya sedimen ke berbagai muara, termasuk muara Jungkat. Oleh karena itu, perubahan karakteristik sedimen dasar dan dinamika sedimentasi dipengaruhi oleh variasi debit sungai dan dampak pasang surut di wilayah tersebut (Roem *et al.*, 2021).

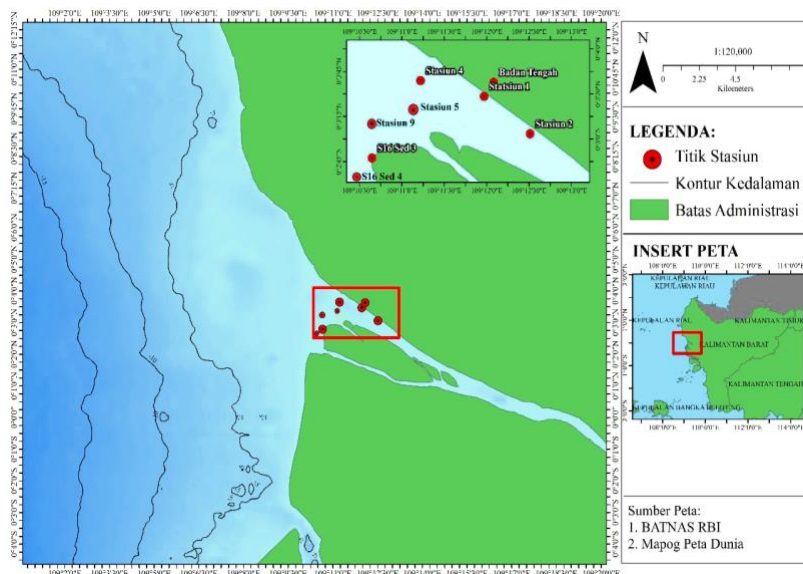
Distribusi sedimen di kawasan muara disebabkan oleh ukuran butir sedimen yang terdiri atas pasir, lanau, dan liat. Perbedaan ukuran butir sedimen tersebut dapat meningkatkan pengendapan di daerah muara. Lingkungan muara dengan energi arus yang relatif kuat cenderung dapat mengendapkan partikel berukuran lebih kasar seperti pasir, sedangkan lingkungan dengan energi arus lebih rendah dapat memicu terjadinya pengendapan partikel halus seperti lanau dan liat (Wang *et al.*, 2020). Salah satunya yaitu proses sedimentasi. Sedimentasi merupakan proses lanjutan dari erosi. Sedimentasi adalah pengendapan (deposisi) dari sedimen (Manik *et al.*, 2017). Oleh karena itu, analisis fraksi sedimen merupakan salah satu pendekatan penting untuk memahami proses transport sedimen, pola deposisi, serta karakter hidrodinamika pada suatu sistem yang terjadi di estuari.

Karakteristik sebaran fraksi sedimen dasar di daerah muara dapat membantu dalam memberikan informasi terkait dinamika perairan yang terjadi di wilayah tersebut. Variasi

komposisi fraksi sedimen seperti pasir, lanau, dan liat, tidak hanya menunjukkan kondisi dinamika perairan, tetapi juga dapat menggambarkan suatu proses *transport* dan akumulasi sedimen dasar yang berlangsung secara terus-menerus. Hal ini menjadi penting untuk mengetahui pola sedimentasi serta potensi perubahan morfologi dasar perairan yang dapat terjadi akibat proses hidrodinamika maupun proses sedimentasi. Selain itu, karakteristik sedimen dasar juga berperan dalam menentukan kondisi habitat organisme benthik serta mempengaruhi aktivitas perikanan dan transportasi perairan di kawasan muara (Isnaini *et al.*, 2026).

Beberapa penelitian mengenai distribusi fraksi sedimen dasar yang telah dilakukan sebelumnya terdapat di muara Mempawah Kalimantan Barat menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis fraksi (butiran) sedimen yang diperoleh yaitu fraksi sedimen pasir, fraksi Lanau dan fraksi Lempung, dimana dari rata-rata persentase fraksi sedimen didominasi oleh fraksi Pasir (Ansari *et al.*, 2020). Penelitian Lestari *et al* (2024) yang dilakukan di muara Sungai Duri menghasilkan bahwa sebaran sedimen dasar di perairan muara Sungai Duri didominasi oleh pasir (*sand*). Selain itu penelitian Catherine *et al* (2021) menyatakan bahwa pemodelan distribusi sedimen di muara Sungai Kapuas menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan deposisi sedimen halus pada area dengan energi arus yang lebih rendah.

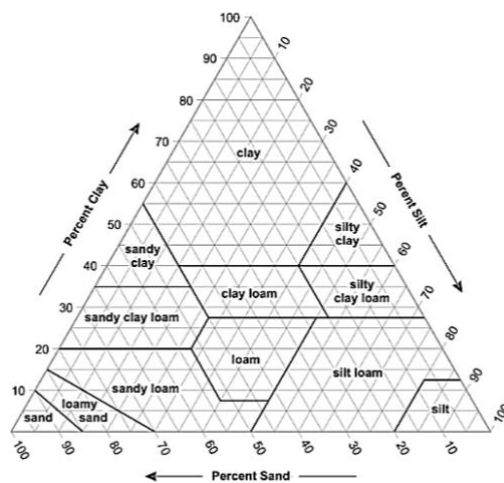
Beberapa penelitian sebelumnya mengenai dinamika fraksi sedimen dasar di wilayah estuari



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Perairan Muara Sungai Kapuas Kecil

Tabel 1. Titik koordinat tiap stasiun

Stasiun	Latitude	Longitude
1	0°03'20.90" N	109°11'59.66" E
2	0°03'06.45" N	109°12'29.59" E
4	0°03'45.57" N	109°11'31.37" E
5	0°03'08.19" N	109°11'17.06" E
9	0°03'49.85" N	109°10'23.54" E
Badan Tengah Sungai	0°03'43.27" N	109°12'08.74" E
S16 Sed 3	0°02'31.33" N	109°10'21.89" E
S16 Sed 4	0°02'55.34" N	109°10'34.71" E



Gambar 2. Segitiga Tekstur, (USDA 2017)

Kalimantan Barat telah dilakukan, penelitian ini berfokus pada komposisi fraksi sedimen di muara Sungai Kapuas Kecil menuju muara Jungkat yang masih minim dan terbatas penelitiannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi fraksi sedimen dasar di Muara Sungai Kapuas Kecil Kalimantan Barat serta menginterpretasikan terkait karakter lingkungan pengendapannya. Adapun hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal terkait fraksi sedimen di kawasan muara sungai Kapuas dan dapat menjadi referensi untuk pengelolaan wilayah pesisir dari proses sedimentasi dan potensi terjadinya pendangkalan perairan.

## 2. METODE

### 2.1 Lokasi dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan September – November 2025. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Titik penelitian terdiri dari 8 titik stasiun penelitian yang diambil menggunakan metode *purposive sampling*.

Metode ini digunakan agar sampel yang diambil dapat mewakili kondisi perairan muara, seperti area aliran utama, bagian tengah, sehingga mewakili kawasan yang terdapat di kawasan sungai Kapuas kecil menuju muara jungkat. Titik koordinatnya dapat dilihat pada Tabel 1.

### 2.2 Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen diambil pada 8 titik stasiun penelitian di Muara Sungai Kapuas Kecil menggunakan alat *Grap sampler*, dan diambil di dasar perairan. Sampel sedimen (basah) yang diambil pada masing-masing stasiun sebanyak 500 gram. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik dan *cool box*, untuk dianalisis lebih lanjut di Laboratorium Kimia dan kualitas tanah Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura.

### 2.3 Analisis Data

#### 2.3.1 Fraksi Sedimen

Analisis fraksi sedimen dianalisis di Laboratorium dengan metode hidrometer. Metode

ini adalah untuk menentukan persentase pasir, lanau, dan liat. Analisis fraksi sedimen dilakukan dengan mengacu pada SNI 3423:2008. Sampel sedimen sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven, kemudian diayak untuk memisahkan partikel kasar. Sampel selanjutnya dianalisis menggunakan alat hidrometer untuk menentukan distribusi ukuran butir sedimen. Persentase fraksi sedimen dapat dihitung menggunakan persamaan Folk dan Ward (1957):

$$\text{Fraksi} = \frac{\text{berat fraksi}}{\text{berat total sampel}} \times 100\%$$

Hasil analisis fraksi kemudian digunakan untuk menentukan klasifikasi tekstur sedimen berdasarkan persentase fraksi pasir, lanau, dan liat.

### 2.3.2 Klasifikasi Tekstur Sedimen

Klasifikasi tekstur sedimen ditentukan berdasarkan persentase fraksi pasir, lanau, dan liat yang diperoleh dari hasil analisis ukuran butir. Nilai persentase masing-masing fraksi diplot pada diagram segitiga tekstur sedimen untuk menentukan kelas tekstur sedimen seperti *sand*, *sandy loam*, *silt loam*, dan *clay loam* berdasarkan klasifikasi USDA (2017) yang dapat dilihat pada Gambar 2.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

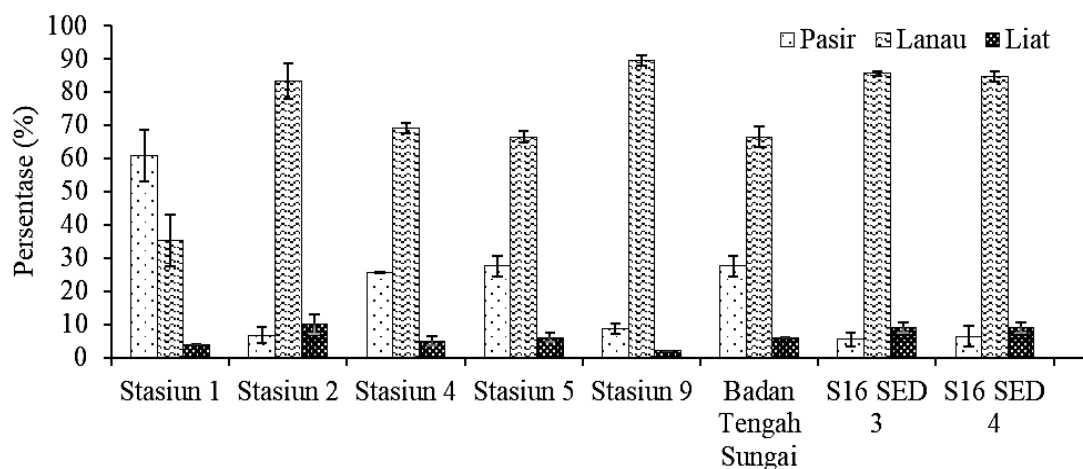
### 3.1 Komposisi Fraksi Sedienn

Hasil komposisi fraksi sedimen di setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 3. Dari hasil tersebut terdapat 3 komposisi sedimen yaitu fraksi lanau, pasir, dan liat. Dari setiap stasiun komposisi fraksi yang paling besar terdapat pada

fraksi lanau yaitu 35 % - 89,5 %, dan komposisi fraksi terendah di setiap stasiun penelitiannya yaitu fraksi liat dengan rentang presentase 2 % - 10 %. Untuk fraksi pasir memiliki rentang 5 % - 60,7 %. Hasil penelitian ini mendekati dengan hasil penelitian yang telah dilakukan di perairan Kalimantan Barat yaitu Ansari *et al* (2020) di daerah Muara Mempawah bahwa komposisi tertinggi terdapat pada fraksi lanau dari rentang 8 – 50 %. Selain itu penelitian warsidah *et al* (2021) juga memperoleh sedimen di perairan muara Sambas tertinggi didominasi oleh fraksi lanau.

Fraksi lanau tertinggi terdapat di stasiun penelitian Stasiun 9 (menuju laut) sebesar 89,4 % dan terendah di Stasiun 1 yang berada di dekat muara sungai. Menurut Pawita *et al* (2022), bahwa sedimen laut didominasi oleh sedimen dengan ukuran butir lanau, dimana lanau memiliki ukuran butir lebih halus. Hal ini disebabkan karena adanya proses transport sedimen dari sungai menuju perairan laut. Partikel lanau yang berukuran lebih halus cenderung mudah tersuspensi dalam kolom air dan terbawa oleh arus menuju wilayah yang lebih jauh dari muara. Ketika kecepatan arus mulai melemah pada area yang lebih terbuka menuju laut, partikel halus tersebut akan mengalami proses pengendapan sehingga menyebabkan akumulasi lanau lebih tinggi (Wang *et al.*, 2022; Pawitra *et al.*, 2022).

Komposisi fraksi pasir tertinggi terdapat di Stasiun 1 dekat muara dan terendah terdapat di Stasiun S16 Sed 3 yang berada jauh dari muara. Hasil ini juga sesuai dengan pernyataan Siregar *et al* (2014) bahwa sedimen di daerah pesisir dan daratan lebih banyak di dominasi oleh sedimen pasir. Hal ini disebabkan karena sedimen yang memiliki ukuran lebih besar lebih cepat



Gambar 3. Komposisi fraksi sedimen dasar di Muara Sungai Kapuas Kecil

Tabel 2. Klasifikasi tekstur sedimen

Stasiun	Pasir (%)	Lanau (%)	Liat (%)	Klasifikasi
Stasiun 1	60,79	35,22	4	<i>Sandy loam</i>
Stasiun 2	6,74	83,26	10	<i>Silt loam</i>
Stasiun 4	25,77	69,23	5	<i>Silt loam</i>
Stasiun 5	27,50	66,50	6	<i>Silt loam</i>
Stasiun 9	8,63	89,38	2	<i>Silt</i>
Badan Tengah Sungai	27,50	66,50	6	<i>Silt loam</i>
S16 Sed 3	5,42	85,58	9	<i>Silt loam</i>
S16 Sed 4	6,35	84,66	9	<i>Silt loam</i>

mengendap ke dasar perairan. Selain itu juga dipengaruhi oleh adanya aliran sungai dan aktivitas perkapalan (Gemilang dan Wisna, 2019).

Selanjutnya, fraksi liat tertinggi ditemukan pada Stasiun 2 yang berada di kawasan muara sungai, sedangkan persentase terendah ditemukan pada Stasiun 9 yang mengarah ke perairan laut. Hal ini disebabkan bahwa Stasiun 2 berada di dekat kawasan mangrove yang mana akar mangrove mampu meredam arus dan gelombang (Simatupang *et al.*, 2023). Kondisi ini memungkinkan partikel sangat halus seperti liat untuk mengendap dan terakumulasi di sekitar kawasan mangrove (Alongi, 2014).

### 3.2 Klasifikasi Tekstur Sedimen

Klasifikasi tekstur sedimen dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar didominasi oleh *silt loam*. *Silt loam* yaitu kelas tekstur tanah yang didominasi partikel lanau/debu (di atas 50 %), dicampur dengan sedikit pasir dan lempung (Jain, 2023). Stasiun penelitian yang memiliki tekstur sedimen *silt loam* yaitu Stasiun 2, Stasiun 4, Stasiun 5, Stasiun di Badan Tengah sungai, Stasiun S16 Sed 3 dan Sed 4. Sedangkan stasiun penelitian yang memiliki tekstur sedimen *sandy loam* terdapat pada Stasiun 1, dan stasiun yang memiliki tekstur sedimen *silt* terdapat pada Stasiun 9. Hal ini disebabkan karena semakin dekat dengan daerah aliran sungai atau daratan tekstur sedimen cenderung besar, sebaliknya semakin menuju ke arah laut ukuran sedimen semakin kecil (Kalay *et al.*, 2018; Radzir *et al.*, 2018). Selain itu juga adanya perbedaan energi hidrodinamika di kawasan muara. Energi hidrodinamika merupakan energi yang dihasilkan oleh

pergerakan massa air seperti arus sungai, gelombang, dan pasang surut yang berperan dalam proses erosi, transportasi, dan pengendapan sedimen (Chen *et al.*, 2017). Daerah yang lebih dekat dengan sungai atau daratan, energi hidrodinamika umumnya lebih tinggi. Hal ini disebabkan masih adanya pengaruh dari aliran sungai dan aktivitas manusia. Kondisi tersebut menyebabkan partikel sedimen berukuran kasar seperti pasir lebih mudah terendapkan, sedangkan partikel berukuran halus seperti lanau dan liat masih terbawa oleh arus (Mananoma *et al.*, 2025; Pawita *et al.*, 2022).

Secara keseluruhan, kondisi ini menunjukkan bahwa kawasan Muara Jungkat berperan sebagai zona *transport* dan deposisi sedimen yang dipengaruhi oleh interaksi antara aliran sungai, pasang surut, serta kondisi lingkungan pesisir. Proses tersebut berkontribusi terhadap akumulasi sedimen halus di beberapa bagian perairan yang berpotensi mempengaruhi perubahan morfologi dasar perairan dan proses pendangkalan di kawasan muara

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian fraksi sedimen di Muara Sungai Kapuas Kecil bahwa di dominasi oleh fraksi lanau di setiap stasiun penelitian, kemudian fraksi pasir dan paling sedikit di dominasi oleh fraksi liat. Variasi komposisi ini menunjukkan bahwa Muara Sungai Kapuas Kecil menunjukkan karakter sebagai zona akumulasi sedimen halus. Temuan ini memberikan implikasi terhadap potensi sedimentasi dan pendangkalan kawasan muara serta dapat menjadi dasar informasi dalam pengelolaan wilayah pesisir dan perencanaan aktivitas perairan.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura atas dukungan pendanaan melalui hibah penelitian DIPA UNTAN Nomor SP DIPA-139.03.2.693380/2025 tertanggal 2 Desember 2024, dengan Nomor Kontrak 1087/UN22.8/PT.01.05/2025.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D.M. 2014. Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual review of marine science*. 6(1): 195-219.
- Ansari, A., Apriansyah, A., Risko, R. 2020. Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Muara Mempawah Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*. 3(2): 48-54.
- Catherine, L.A., Pratikto, W. A., Suntoyo. 2021. Modeling of Sediment Distribution and Changes of Morphology in Estuary Flow Kapuas River, West Kalimantan. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 698(pp 1-10). IOP Publishing.
- Chen, H.Y., Liu, L.P., Jia, Y.G. 2017. Response of Hydrodynamic Characteristics to Seabed Erosion and Deposition in Yellow River Delta Area. In *International Conference on Energy, Power and Environmental Engineering*. (139-142). ICEPEE Publishing.
- Folk, R.L., and Ward, W.C. 1957. A study in the significance of grain-size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1): 3-26.
- Gemilang, W.A., dan Wisna, U.J. 2019. Estimasi Transpor Sedimen di Perairan Kecamatan Brebes, Jawa Tengah Berdasarkan Laju Sedimentasi dan Pendekatan Model Numerik. *Jurnal Geologi Kelautan*. 17(1): 49-62.
- Isnaini, I., Aryawati, R., Sitorus, N. C., Melki, M., Prasetyo, A. T., Rozirwan, R., Nugroho, R. Y. 2026. Keterkaitan Jenis Sedimen dan Kandungan C-organik dengan Komunitas Makrozoobentos Epifauna di Tanjung Carat, Sumatera Selatan. *Indonesian Journal of Oceanography*. 8(1):72-82.
- Jain, R. 2023. Determination of soil textural class by using USDA soil texture triangle. *Int J Innov Res Growth*. 12: 56-61.
- Kalay, D.E., Lopulissa, V.F., & Noya, Y.A. 2018. Analisis kemiringan lereng pantai dan distribusi sedimen pantai perairan Negeri Waai Kecamatan Salahutu Provinsi Maluku. *TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*. 14(1): 10-18.
- Lestari, P.R., Muliadi, M., Risko, R., Kushadiwijayanto, A. A., Nurrahman, Y. A. 2024. Analisis Sedimen Dasar di Muara Sungai Duri Kabupaten Bengkayang Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*. 7(1): 33-43.
- Li, L., Wang, C., Pareja-Roman, L. F., Zhu, J., Chant, R. J., Wang, G. 2022. Effects of typhoon on saltwater intrusion in a high discharge estuary. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 127(8), e2021JC018206.
- Mananoma, T., Wantouw, F., Sompie, E. N. G., Ratu, Y. A., Thambas, A. H., Raco, B., & Auwyanto, K. H. (2025). *Morfologi sungai: Proses, dinamika, dan pengelolaan*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.
- Manik, Y., Nedi, S., Elizal. 2017. Analisis Fraksi Sedimen dan Bahan Organik di Perairan Muara Sungai Dumai Provinsi Riau. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*. 4(2): 1-9.
- Pawitra, M. D., Indrayanti, E., Yusuf, M., & Zainuri, M. 2022. Sebaran sedimen dasar perairan dan pola arus laut di Muara Sungai Loji, Pekalongan. *Indonesian Journal of Oceanography*. 4(3): 22-32.
- Radzir, N. A. M., Ali, C. A., Mohamed, K. R. 2018. Physical characteristics and distribution of bottom sediments from the Kelantan River Delta towards the South China Sea continental shelf, Malaysia. *Bulletin of the geological society of Malaysia*. 66(1):89-97.
- Roem, M., Musa, M., Risjani, Y. 2021. Sediment dynamics and depositional environment on Panjang Island reef flat, Indonesia: insight from grain size parameters. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 14(1): 357-370.
- Simatupang, M., Akbar, A. A., & Lestari, A. D. 2023. Analisis Kemampuan Mangrove Dalam Meredam Gelombang. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 10(1): 1-6.

- Siregar, C. R. E., Handoyo, G., Rifai, A. 2014. Studi pengaruh faktor arus dan gelombang Terhadap sebaran sedimen dasar di perairan Pelabuhan kaliwungu Kendal. *Journal of Oceanography*, 3(3): 338-346.
- USDA, 2017. *Soil survey manual*. In: Soil Survey Division Staff; Soil Conservation Service Volume Handbook 18. U.S. Department of Agriculture (chapter 3).
- Wang, S., Pan, C., Xie, D., Xu, M., Yan, Y., Li, X. 2022. Grain size characteristics of surface sediment and its response to the dynamic sedimentary environment in Qiantang Estuary, China. *International Journal of Sediment Research*. 37(4): 457-468.
- Warsidah, Risko, D.W. Saputra, Muliadi, Z. Zibar, H. Susiati. 2021. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Parameter Ukuran Butir di Muara Sungai Sambas Kalimantan Barat. *Jurnal Geologi Kelautan*. 19(2): 61-71.
- Xie, D., Wang, Z. B., Huang, J., Zeng, J. 2022. River, tide and morphology interaction in a macro-tidal estuary with active morphological evolutions. *Catena*. (212): 106131.