

Estimasi Laju Pengendapan Sedimen di Perairan Muara Sungai Silugonggo Kabupaten Pati

Natanael Agung Riyo Pambudi*, Gentur Handoyo dan Baskoro Rochaddi

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: *rioimmanuel85@gmail.com

Abstrak

Muara Sungai Silugonggo merupakan sungai yang berada di Kabupaten Pati yang bermuara di Laut Jawa. Muara Sungai Silugonggo menjadi daerah penting karena menjadi alur pelayaran bagi nelayan di TPI Bajomulyo yang berada di sekitar muara sungai. Masalah yang sering terjadi adalah sedimentasi di muara sungai yang menyebabkan pendangkalan dan mengganggu kegiatan nelayan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi arus dan laju sedimentasi di perairan muara Sungai Silugonggo. Penelitian menggunakan metode deskriptif dan lokasi pengambilan sampel ditentukan dengan metode *purposive sampling*, dengan jumlah 7 stasiun. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 16 - 28 Mei 2022. Data primer berupa sampel sedimen, material suspensi, debit sungai, debit suspensi dan kecepatan arus, sedangkan data sekunder berupa data pasang surut dari BMKG Maritim Semarang. Hasil penelitian diperoleh nilai rerata laju pengendapan sedimen di perairan muara Sungai Silugonggo berkisar 0,965 kg/m²/hari sampai 1,121 kg/m²/hari. Laju pengendapan sedimen terkecil ditemukan daerah muara yang lebih menjorok ke laut dengan nilai 0,951 kg/m²/hari, sedangkan laju pengendapan sedimen terbesar ditemukan di mulut sungai dengan nilai 1,128 kg/m²/hari. Jenis sedimen di lokasi penelitian didominasi oleh sedimen *silt*. Proses angkutan partikel sedimen terjadi secara suspensi yang pada akhirnya mengendap di dasar perairan ketika kecepatan aliran sungai melemah. Faktor yang mempengaruhi proses laju pengendapan sedimen di perairan muara sungai Silugonggo adalah, debit sungai, debit suspensi, pasang surut dan arus pasang surut.

Kata kunci: Muara Sungai Silugonggo, Pendangkalan, Laju Pengendapan Sedimen

Abstract

Estimating the Rate of Sedimentation in the Waters of the Silugonggo River Estuary, Pati Regency

The estuary of the Silugonggo River is a river in Pati Regency that empties into the Java Sea. The mouth of the Silugonggo River is an important area because it is a shipping channel for fishermen at TPI Bajomulyo, which is around the river mouth. The problem that often occurs is sedimentation at the mouth of the river, which causes siltation and disrupts fishing activities. This study aims to determine current conditions and sedimentation rates in the waters of the Silugonggo River estuary. The research used the descriptive method, and the sampling location was determined by the purposive sampling method, with a total of 7 stations. Field data collection was carried out on May 16–28th, 2022. Primary data consisted of sediment samples, suspension material, river discharge, suspended discharge, and current velocity, while secondary data consisted of tidal data from the Semarang Maritime BMKG. The results showed that the average rate of sediment deposition in the waters of the Silugonggo River estuary ranged from 0.965 kg/m²/day to 1.121 kg/m²/day. The smallest sediment deposition rate was found in the estuary, which was more indented into the sea, with a value of 0.951 kg/m²/day, while the highest sediment deposition rate was found in the mouth of the river with a value of 1.128 kg/m²/day. The type of sediment in the study site is dominated by silt sediments. The process of transporting sediment particles occurs in suspension, which eventually settles to the bottom of the water when the river flow velocity weakens. Factors that influence the rate of sediment deposition in the estuary of the Silugonggo River are river discharge, suspension discharge, tides, and tidal currents.

Keywords: Silugonggo River Estuary, Shallowing, Sediment Deposition Rate

PENDAHULUAN

Muara sungai merupakan wilayah pertemuan antara air tawar dan air laut, sehingga memiliki dinamika yang kompleks. Muara sungai berfungsi sebagai pintu masuk air dari sungai menuju ke laut (Triatmodjo, 2012). Fungsi tersebut membuat muara sungai memiliki konsentrasi bahan organik dan anorganik yang relatif tinggi. Permasalahan yang sering terjadi yaitu inputan sedimen yang berlebih sehingga menyebabkan pengendapan

sedimen di muara sungai. Faktor oseanografi dominan yang berpengaruh terhadap dinamika di muara sungai yaitu Gelombang. Gelombang yang terjadi baik tegak lurus atau sejajar pantai dapat menyebabkan transport sedimen. Semakin besar gelombang di sekitar muara sungai dan debit sungai kecil, maka semakin banyak sedimen yang mengendap di muara sungai (Triatmodjo, 2012; Prasetyo *et al.*, 2015; Wibowo *et al.*, 2016). Pengendapan material sedimen pada daerah muara sungai terjadi karena tenaga pengangkut sedimen sudah tidak sanggup untuk membawanya. Endapan sedimen ini berpengaruh terhadap debit air yang keluar, sehingga dapat memicu adanya banjir di sepanjang aliran sungai. Pengendapan sedimen selain karena proses alami, dapat juga dipengaruhi oleh tingginya aktivitas manusia. Menurut Sitepu *et al.* (2017), semakin meningkatnya lalu lintas kapal maka akan semakin berpotensi menyebabkan pengendapan sedimen di dasar perairan.

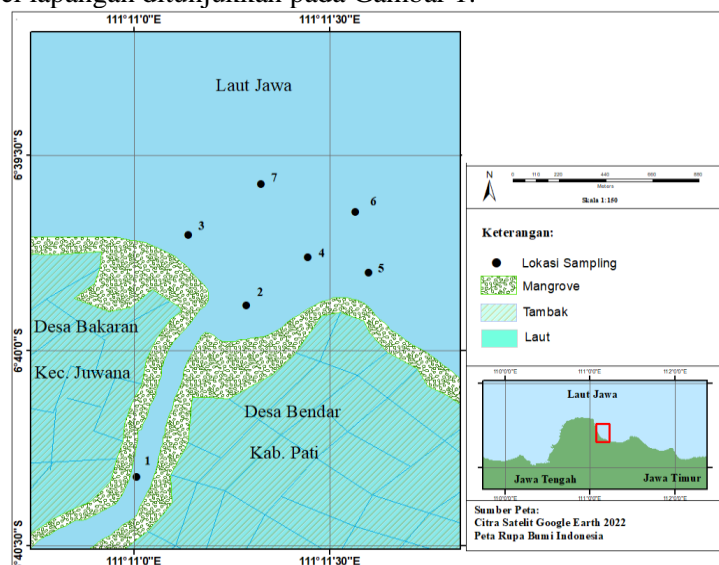
Muara Sungai Silugonggo merupakan sungai yang berada di Kabupaten Pati dan bermuara di Laut Jawa. Muara sungai ini memiliki peranan penting dalam perekonomian warga sekitar karena adanya Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Bajomulyo. Jenis sedimen yang mendominasi di muara Sungai Silugonggo yaitu lanau dengan kecepatan arus rata-rata berkisar 0,03 – 0,10 m/s (Arvianto *et al.*, 2016; Indriananingrum *et al.*, 2016). Kondisi muara sungai berdasarkan penelitian sebelumnya mengindikasikan bahwa muara Sungai Silugonggo berpotensi mengalami sedimentasi. Laju sedimentasi dipengaruhi oleh morfologi sungai, debit sungai dan ukuran butir sedimen (Triatmodjo, 2012; Hambali dan Apriyanti, 2016). Pengukuran laju sedimen dapat dilakukan menggunakan *sediment trap* untuk mengetahui akumulasi sedimen di suatu perairan.

Kondisi dan dinamika muara Sungai Silugonggo yang berpotensi merugikan perekonomian di sekitar TPI Bajomulyo dan aktivitas warga. Pengendapan sedimen dalam waktu yang lama akan berakibat pada pendangkalan di daerah muara, sehingga dapat mengganggu kegiatan kapal nelayan di TPI Bajomulyo karena muara Sungai Silugonggo menjadi akses utama keluar masuknya kapal nelayan. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi arus dan laju sedimentasi yang terjadi di Muara Sungai Silugonggo, Kabupaten Pati.

MATERI DAN METODE

Materi

Penelitian ini dilakukan 2 tahap yaitu survey lapangan dan laboratorium. Survey lapangan dilakukan pada tanggal 26-28 Mei 2022 di Muara Sungai Silugonggo, Kabupaten Pati. Data yang diambil yaitu data sedimen, material padatan tersuspensi, arus permukaan dan debit sungai. Tahapan selanjutnya yaitu pengolahan data hasil di laboratorium. Laboratorium yang digunakan yaitu laboratorium sedimen, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Data pendukung lain yaitu pasang surut yang didapatkan dari pengamatan Badan Meteorologi dan Klimatologi Maritim Kota Semarang. Lokasi penelitian dan pengambilan sampel lapangan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel di Muara Sungai Silugonggo, Kabupaten Pati

Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif, dimana penelitian ini berusaha untuk mendeskripsikan suatu gejala atau fenomena yang terjadi di suatu wilayah (Ramdhan, 2021). Hasil analisis dari penelitian ini menggambarkan bagaimana kondisi arus, debit sungai dan material padatan tersuspensi yang akan mempengaruhi laju pengendapan sedimen di perairan muara Sungai Silugonggo, Kabupaten Pati. Penentuan lokasi pengambilan sampel sedimen dan kecepatan arus perairan menggunakan metode purposive sampling, dimana lokasi pengambilan sampel diambil berdasarkan pertimbangan untuk menentukan identitas daerah penelitian (Lenaini, 2021), yaitu titik lokasi yang dianggap mewakili keadaan wilayah penelitian.

Metode Pengumpulan Sampel Sedimen

Pengambilan data sedimen untuk mengetahui laju pengendapan sedimen menggunakan *sediment trap*. Bentuk *sediment trap* yang digunakan adalah silinder pipa paralon yang memiliki diameter 10 cm dengan tinggi 50 cm (Buchanan dan Intyre, 1984). Pengambilan sampel dilakukan selama 12 hari dengan interval pengambilan sedimen trap adalah 3 hari.

Sampel sedimen yang telah didapatkan kemudian diendapkan, dan dipisahkan dengan air. Sampel sedimen kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven. Sampel yang telah kering kemudian ditimbang dan dilakukan perhitungan laju sedimentasi dengan menggunakan persamaan *American Public Health Association* (APHA) (1976).

$$\begin{aligned} \text{Laju pengendapan sedimen} &= A-B/\text{luas}/\text{minggu} \text{ (gr/luas paralon/minggu)} \\ &= \left(\frac{10000}{\pi r^2}\right) \cdot (A-B) \text{ (gr/m}^2\text{/hari)} \\ &= \left(\frac{10}{\pi r^2}\right) \cdot (A-B) \text{ (kg/m}^2\text{/hari)} \end{aligned}$$

Identifikasi ukuran butir sedimen menggunakan metoder *sieving* basah dan pipeting (Nuraini dan Wiyanto, 2021). Sampel sedimen yang telah kering direndam dalam aquades yang kemudian di saring dengan bantuan ayakan yang dialiri dengan air. Sampel sedimen yang lolos saringan paling kecil kemudian dilakukan metode pipeting. Hasil *sieving* basah dan pipeting dilakukan perhitungan berat kumulatif dan penamaan jenis sedimen dilakukan dengan bantuan segitiga *shepard*. Hasil ukuran butir sedimen selanjutnya diplot bersama dengan kecepatan arus di setiap stasiun ke dalam diagram *Hjulstrom*. Ploting ni bertujuan untuk mengetahui interaksi antara ukuran butir sedimen dengan mekanisme angkutan sedimen (Randa *et al.*, 2021).

Metode Pengumpulan Sampel Material Padatan Tersuspensi

Pengambilan sampel MPT menggunakan *bottle sampler* (botol Nansen) dengan teknik pengambilan secara langsung di kolom air dengan kedalaman 0,2 d, 0,6 d, dan 0,8 d. Pengambilan sampel dilakukan selama 12 hari dengan interval pengambilan adalah 3 hari.

Sampel MPT disaring menggunakan kertas saring dengan bantuan *vacump pump*. Menurut Badan Standardisasi Nasional SNI 06-6989.3-2004, perhitungan massa MPT menggunakan persamaan berikut:

$$\text{MPT} = \frac{(a-b)}{c} \text{ gram/liter}$$

Dimana:

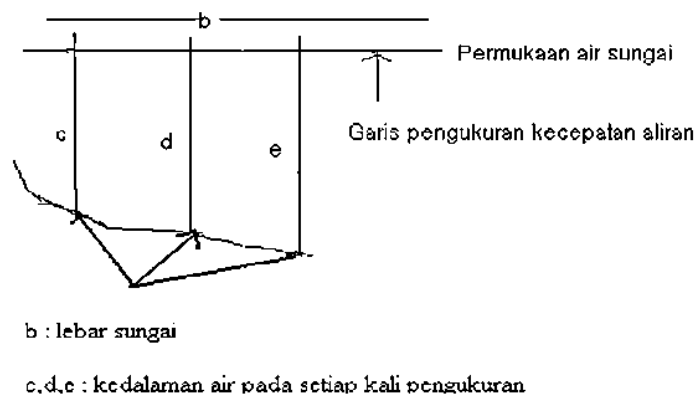
a = beras kertas saring dan residu setelah pemasan (g)

b = berat kertas saring setelah pemasan (g)

c = volume sampel air (L)

Metode Pengukuran Debit Sungai

Debit sungai sesaat bisa diukur menggunakan data luas penampang sungai dan kecepatan aliran sungai. Data penampang sungai dapat diketahui dengan mengukur kedalaman sungai menggunakan tongkat ukur berskala sedangkan lebar sungai bisa diukur dengan *roll meter* (Gambar 2).



Gambar 2. Garis Pengukuran Kedalaman (Sorsodarsono dan Takeda, 2006)

Persamaan untuk menghitung debit sungai adalah:

$$Q_d = F_d \times V_d$$

$$F_d = 2 \times b \times \frac{(c+2d+e)}{4} ((c + 2d + e))$$

Dimana:

- Q_d = debit sungai
- F_d = luas penampang melintang
- V_d = kecepatan aliran rata-rata pada garis pengaliran
- b = lebar sungai
- c, d, e = kedalaman air

Metode Pengukuran Debit Suspensi

Debit suspensi menggambarkan jumlah partikel sedimen yang terbawa oleh debit sungai. Debit suspensi didapat dengan persamaan berikut:

$$Q_s = Q \times C_s$$

Dimana:

- Q_s = debit suspensi sesaat (g/detik)
- Q = debit sungai
- C_s = konsentrasi MPT (g/liter)

Metode Pengukuran Arus

Data arus diambil dengan metode *Lagrange* menggunakan bola duga. Hasil pengukuran menggunakan bola duga didapatkan nilai jarak, arah dan waktu. Data Jarak dan waktu kemudian diolah untuk mendapatkan data kecepatan. Pengukuran kecepatan arus dilakukan pada kondisi pasang dan kondisi surut. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan kecepatan arus yaitu sebagai berikut:

$$V = \frac{S}{t}$$

Dimana:

- V = Kecepatan arus (m/s)
- S = Jarak perpindahan bola duga (m)
- t = Waktu tempuh perpindahan bola duga (s)

Metode Analisis Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut menggunakan metode Admiralty untuk mendapatkan data komponen harmonik pasang surut, kemudian dianalisis untuk menentukan tipe pasang surut. Tipe pasang surut ditentukan

oleh nilai dari bilangan *Formzahl* dan kategori tipe pasang surut terdapat di Tabel 1, dengan persamaan (Sasongko, 2014):

$$F = \frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)}$$

Dimana:

F = Bilangan formzhal

K_1 = Komponen pasang surut tunggal yang disebabkan gaya tarik bulan dan matahari

O_1 = Komponen pasang surut tunggal yang disebabkan gaya tarik bulan

M_2 = Komponen pasang surut ganda yang disebabkan gaya tarik bulan

S_2 = Komponen pasang surut ganda yang disebabkan gaya tarik bulan dan matahari

Tabel 1. Klasifikasi tipe pasang surut (Ongkosongko, 1989):

Nilai Formzhal (F)	Tipe Pasang Surut
$F \leq 0,25$	Pasang Surut harian ganda
$0,25 < F < 1,5$	Pasang surut campuran condong ke harian ganda
$1,5 < F < 3$	Pasang surut campuran condong ke harian tunggal
$F > 3$	Pasang surut harian tunggal beraturan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

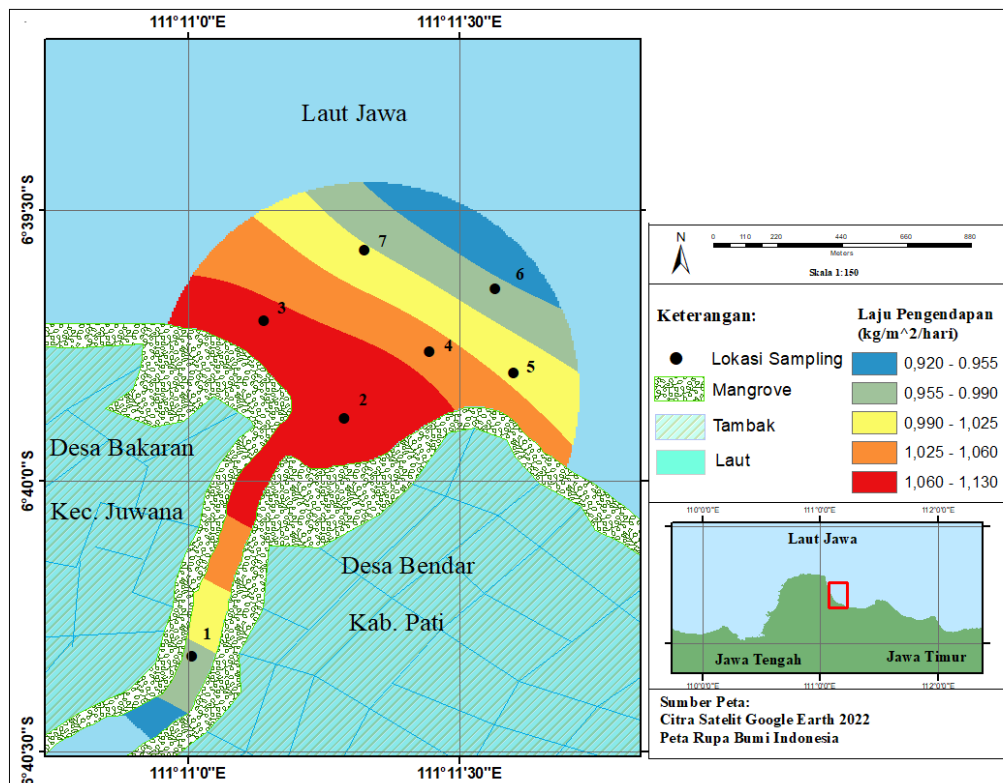
Laju Pengendapan Sedimen

Pengamatan laju sedimentasi dilakukan pada 7 stasiun dengan interval pengambilan data 3 hari. Hasil pengolahan laju sedimen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Laju Pengendapan Sedimen di Perairan Muara Sungai Silugonggo 16 Mei – 28 Mei 2022

Stasiun	16/05/2022- 19/05/2022	19/05/2022- 22/05/2022	22/05/2022- 25/05/2022	25/05/2022- 28/0/2022	Rerata
1	0,990	1,060	0,894	0,906	0,963
2	1,351	1,258	0,950	0,952	1,128
3	1,228	1,206	0,945	0,960	1,085
4	1,231	1,133	0,974	0,984	1,081
5	1,125	1,018	0,988	0,999	1,033
6	0,895	0,915	0,992	1,004	0,951
7	0,931	0,918	1,014	1,024	0,972
Rerata	1,121	1,073	0,965	0,976	

Nilai rerata laju pengendapan sedimen terkecil diketahui pada pengambilan ketiga dengan nilai 0,965 kg/m²/hari sedangkan nilai laju sedimentasi terbesar diketahui pada pengambilan pertama, yaitu sebesar 1,121 kg/m²/hari. Dari ketujuh stasiun pengambilan sampel, stasiun 6 memiliki nilai laju pengendapan sedimen terkecil, yaitu 0,951 kg/m²/hari sedangkan rata-rata laju pengendapan terbesar di stasiun 2 dengan nilai 1,128kg/m²/hari. Berdasarkan hasil laju sedimentasi dari 7 stasiun, maka dapat dilakukan klasifikasi data secara spasial. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa pada stasiun 2 dan 3 memiliki laju sedimentasi tertinggi dibandingkan dengan stasiun yang lain (Gambar 3). Laju sedimentasi terendah terdapat di stasiun 1 dan 6.



Gambar 3. Peta Tingkat Laju Pengendapan Sedimen.

Ukuran Butir Sedimen

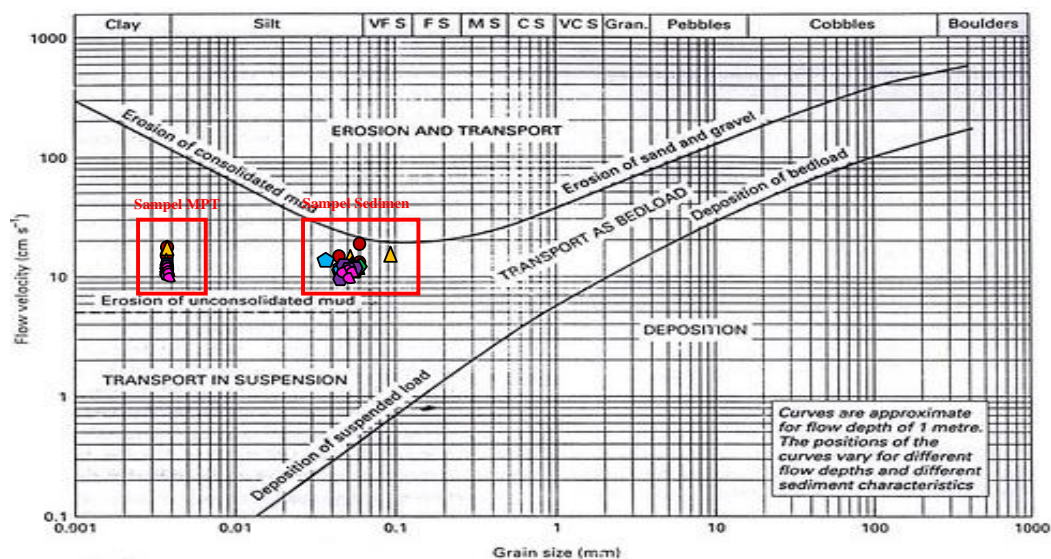
Data ukuran butir sedimen didapatkan dari nilai persen kumulatif dengan analisa granulometri yang kemudian diplot dengan segitiga *shepard*. Hasil analisa ukuran butir sedimen bisa dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Ukuran Butir Sedimen di Perairan Muara Sungai Silugonggo

Tanggal	Stasiun	Fraksi Sedimen			Jenis Sedimen
		Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
19/05/2022	1	11,163	81,002	7,835	Silt
	2	25,566	67,431	7,001	Sandy Silt
	3	0,370	87,175	12,45	Silt
	4	9,728	73,629	16,642	Clayey Silt
	5	5,431	79,486	15,081	Silt
	6	4,776	78,795	16,428	Silt
	7	4,574	85,351	10,073	Silt
22/05/2022	1	2,164	77,629	20,826	Silt
	2	8,845	81,878	9,27	Silt
	3	6,160	84,448	9,39	Silt
	4	3,195	68,689	28,114	Clayey Silt
	5	5,943	85,093	8,962	Silt
	6	7,397	83,778	8,824	Silt
	7	3,753	84,936	8,824	Silt
25/05/2022	1	0,850	83,749	15,398	Silt

Tanggal	Stasiun	Fraksi Sedimen			Jenis Sedimen
		Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
	2	1,368	81,463	17,168	Silt
	3	4,100	82,528	13,367	Silt
	4	8,810	90,791	0,394	Silt
	5	6,946	85,214	7,839	Silt
	6	5,755	83,077	11,167	Silt
	7	5,123	85,126	9,750	Silt
	28/05/2022	1	7,774	84,083	8,141
2		16,529	75,611	7,858	Silt
3		4,104	82,528	13,367	Silt
4		8,810	90,794	0,394	Silt
5		2,812	87,200	9,987	Silt
6		2,801	81,697	15,501	Silt
7		2,889	83,531	13,579	Silt

Ukuran butir sedimen diplot beserta kecepatan arus di setiap stasiun ke dalam diagram Hjulstrom. Ini bertujuan untuk mengetahui interaksi antara ukuran butir sedimen dengan mekanisme angkutan sedimen (Randa *et al.*, 2021). Diagram *Hjulstrom* disajikan pada Gambar 4:



- Keterangan
- Stasiun 1
 - ▲ Stasiun 2
 - ◆ Stasiun 3
 - ◆ Stasiun 4
 - Stasiun 5
 - ◆ Stasiun 6
 - ◆ Stasiun 7

Gambar 4. Diagram *Hjulstrom*

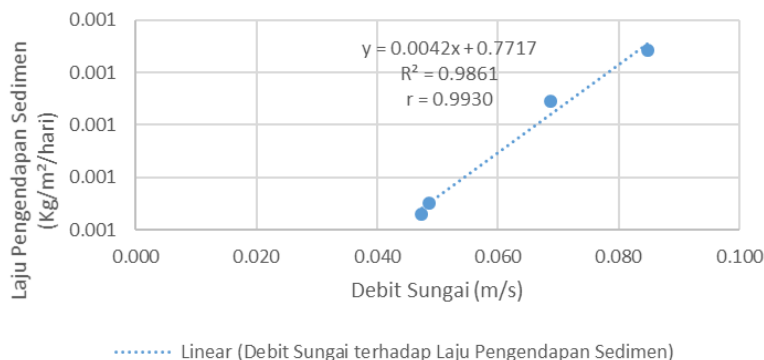
Debit Sungai

Data debit Sungai Silugonggo diambil di stasiun 1 yang merupakan stasiun yang berada jauh dari muara sungai dan diharapkan mendapatkan debit yang sebenarnya. Hasil pengambilan data yang dilakukan selama survei lapangan disajikan pada tabel 4:

Tabel 4. Data Debit Sungai Silugonggo Kabupaten Pati

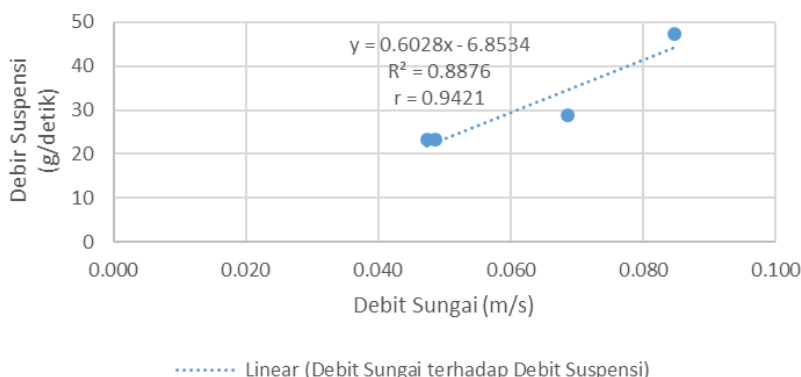
Debit Sungai (m ³ /detik)			
Stasiun	Tanggal	Kondisi Pasang	Kondisi Surut
1	19/05/2022	78,600	91,034
	22/05/2022	61,566	75,681
	25/05/2022	46,526	48,229
	28/05/2022	48,048	49,062

Debit sungai terbesar saat kondisi pasang didapatkan pada tanggal 19 Mei 2022 dengan nilai 78,600 m³/detik, sedangkan debit sungai terkecil didapatkan pada pengambilan tanggal 25 Mei 2022 46,526 m³/detik. Debit sungai terbesar saat kondisi surut didapatkan pada tanggal 19 Mei 2022 dengan nilai 91,034 m³/detik, sedangkan debit sungai terkecil didapatkan pada pengambilan tanggal 25 Mei 2022 dengan nilai 48,229 m³/detik.



Gambar 5. Grafik Hubungan Debit Sungai terhadap Laju Pengendapan Sedimen

Grafik di atas menunjukkan nilai determinan (R²) mencapai 0,9861 dengan nilai korelasi (r) mencapai 0,9930.



Gambar 6. Grafik Hubungan Debit Sungai terhadap Debit Suspensi

Grafik di atas menunjukkan nilai determinan (R²) mencapai 0,8876 dengan nilai korelasi (r) mencapai 0,9421.

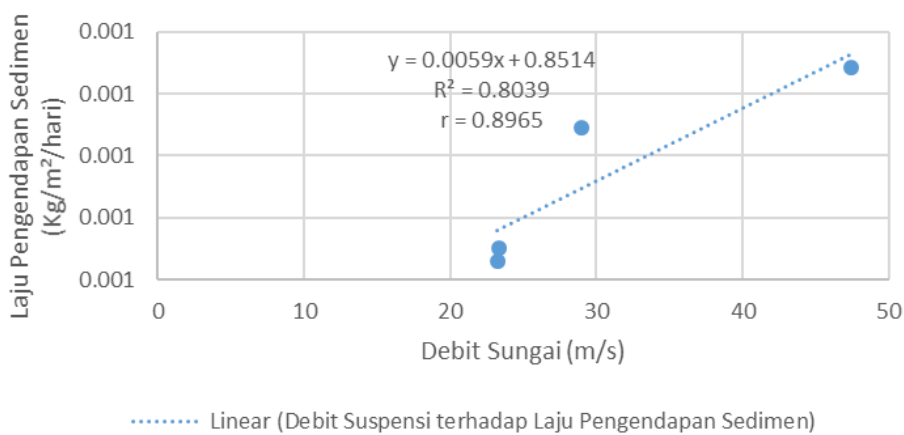
Debit Suspensi

Hasil pengamatan debit suspensi di stasiun 1 terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Debit Suspensi Sungai Silugonggo Kabupaten Pati

Debit Suspensi (g/detik)			
Stasiun	Tanggal	Kondisi Pasang	Kondisi Surut
1	19/05/2022	55,530	39,300
	22/05/2022	36,327	21,548
	25/05/2022	25,079	21,402
	28/05/2022	25,512	21,141

Debit suspensi terbesar saat kondisi surut didapatkan pada tanggal 19 Mei 2022 dengan nilai 55,530 g/detik sedangkan debit suspensi terkecil didapatkan pada pengambilan tanggal 25 Mei 2022 dengan nilai 25,079 g/detik. Debit suspensi terbesar saat kondisi pasang didapatkan pada tanggal 19 Mei 2022 dengan nilai 39,300 g/detik sedangkan debit suspensi terkecil didapatkan pada pengambilan tanggal 25 Mei 2022 dengan nilai 21,141 g/detik.



Gambar 7. Grafik Hubungan Debit Suspensi terhadap Laju Pengendapan Sedimen

Grafik di atas menunjukkan nilai determinan (R^2) mencapai 0,8039 dengan nilai korelasi (r) mencapai 0,8965.

Kecepatan Arus

Hasil pengamatan kecepatan dan arah arus di setiap stasiun pengambilan sampel terdapat pada Tabel 6 dan 7.

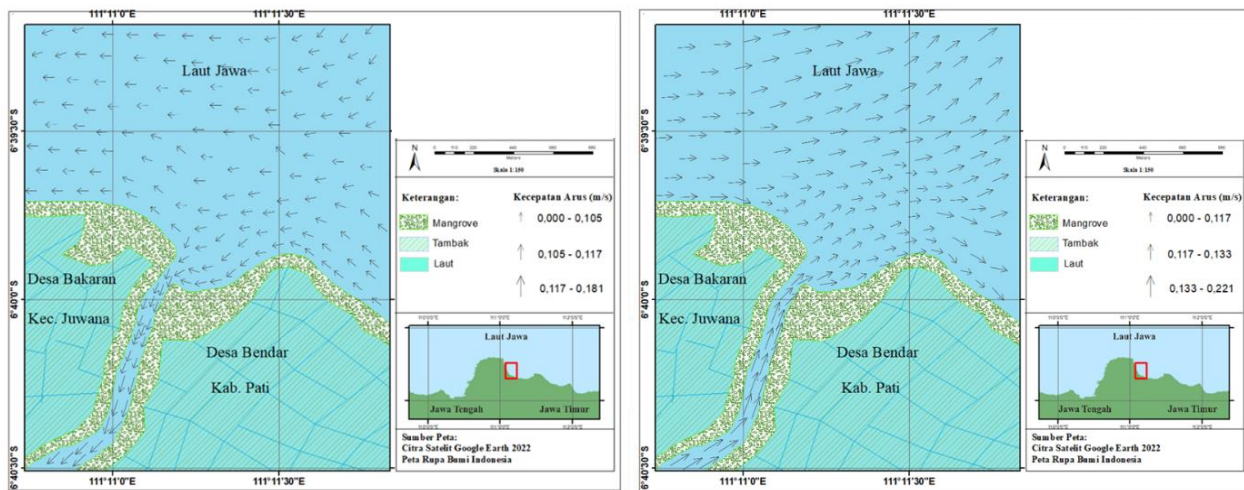
Tabel 5. Kecepatan Arus saat Kondisi Pasang

Stasiun	Kecepatan Arus (m/detik)			
	19/05/2022	22/05/2022	25/05/2022	28/05/2022
1	0,181	0,152	0,121	0,122
2	0,161	0,131	0,114	0,110
3	0,130	0,115	0,110	0,109
4	0,129	0,117	0,109	0,104
5	0,123	0,114	0,099	0,104
6	0,115	0,105	0,098	0,093
7	0,109	0,099	0,098	0,094

Tabel 6. Kecepatan Arus saat Kondisi Surut

Stasiun	Kecepatan Arus (m/detik)			
	19/05/2022	22/05/2022	25/05/2022	28/05/2022
1	0,221	0,179	0,137	0,139
2	0,191	0,151	0,129	0,123
3	0,149	0,131	0,123	0,122
4	0,148	0,133	0,122	0,116
5	0,140	0,129	0,110	0,116
6	0,129	0,117	0,108	0,103
7	0,122	0,110	0,109	0,104

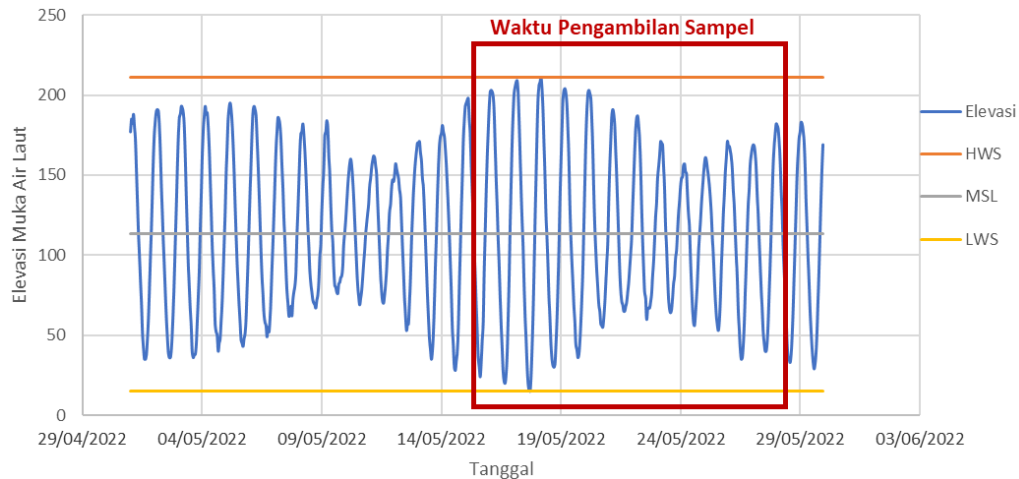
Berdasarkan hasil pengolahan kecepatan arus yang dilakukan, kecepatan arus saat kondisi pasang berkisar 0,093-0,181 meter/detik dan kecepatan arus saat kondisi surut adalah 0,103-0,221 meter/detik. Berdasarkan kecepatan dan arah arus lapangan dapat di konversi menjadi data spasial arus yang disajikan pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Peta Pola Arus Saat a) Kondisi Pasang dan b) Kondisi Surut

Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut menggunakan metode Admiralty dan didapatkan nilai *Formzhal* (F) sebesar 8,463 sehingga tipe pasang surut yang ada di daerah perairan muara Sungai Silugonggo adalah pasang surut tipe harian tunggal. Pada tipe pasang surut harian tunggal terjadi periode pasang dan surut sekali dalam sehari. Nilai *High Water Spring* (HWS) yaitu 210 cm, *Mean Sea Level* (MSL) yaitu 115 cm, dan *Low Water Spring* (LWS) yaitu 20 cm. Grafik pasang surut perairan muara Sungai Silugonggo Kabupaten Pati dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Grafik Pasang Surut Bulan Mei 2022

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan kecepatan arus yang dilakukan, kecepatan arus saat kondisi pasang berkisar 0,103-0,221 meter/detik dan kecepatan arus saat kondisi surut adalah 0,115-0,284 meter/detik. Arus yang ada tersebut bisa dikatakan arus lemah karena kecepatannya $< 0,4$ m/detik (Harahap, 1999; Aprisanti *et al.*, 2013; Sukuryadi, 2015; Daruwedho *et al.*, 2016; Warsidah *et al.*, 2021). Kecepatan arus ini akan sangat menentukan distribusi ukuran sedimen. Arus dengan kecepatan yang lemah hanya mampu membawa partikel sedimen yang berukuran kecil (Dwianti *et al.*, 2017). Arus di daerah penelitian tergolong lemah sehingga distribusi ukuran butir sedimen didominasi oleh jenis sedimen *silt*.

Ukuran butir sedimen yang diketahui bisa digunakan untuk menjelaskan asal usul sedimen, proses transport sedimen dan pengendapannya. Selain itu, ukuran butir sedimen juga menjadi dasar guna menentukan nama sampel sedimen yang diambil. Proses transport sedimen dan pengendapannya juga berhubungan erat dengan ukuran butir sedimen (Lihawa, 2017). Berdasarkan hasil analisis ukuran butir sedimen di setiap stasiun, diperoleh sedimen didominasi oleh partikel ukuran halus yaitu *silt*. Partikel sedimen yang berukuran halus dicirikan dengan kecepatan arus yang lemah (Gemilang *et al.*, 2017). Pernyataan tersebut sesuai dengan kondisi di lokasi penelitian, yaitu kecepatan arus termasuk kategori lemah berkisar 0,093-0,181 meter/detik dan kecepatan arus saat kondisi surut adalah 0,103-0,221 meter/detik dengan butiran sedimen didominasi oleh sedimen jenis *silt*. Endapan sedimen jenis lanau bisa bersumber dari erosi daerah aliran sungai serta bahan organik dan detritus (Purnawan *et al.*, 2012; Gemilang *et al.*, 2017) karena adanya kawasan mangrove di sepanjang aliran sungai dan muara sungai Silugonggo (Indriananingrum *et al.*, 2016).

Ukuran butir sedimen diplot beserta kecepatan arus di setiap stasiun ke dalam diagram *Hjulstrom*. Tujuannya adalah untuk mengetahui interaksi antara ukuran butir sedimen dengan mekanisme angkutan sedimen (Randa *et al.*, 2021). Berdasarkan diagram *Hjulstrom*, sedimen di lokasi penelitian dominan tipe *erosion of unconsolidated mud*. Sedimen *erosion of unconsolidated mud* merupakan sedimen yang akan tererosi oleh arus jika dalam kondisi tidak terdapat gumpalan. Sedimen lanau yang terkonsolidasi membutuhkan kecepatan arus yang lebih besar untuk bergerak, ini karena mereka bersifat kohesif sehingga partikel-partikel sedimen akan terikat satu sama lain, akan tetapi untuk lanau yang tidak terkonsolidasi akan lebih mudah untuk digerakkan oleh arus yang lemah (Irwan *et al.*, 2020). Sampel sedimen masih dalam keadaan tertransport dikarenakan adanya fluktuasi kecepatan arus pada daerah penelitian selama pengambilan sampel. Fluktuasi tersebut karena pada saat waktu pengambilan sampel terjadi hujan, yaitu pada tanggal 17 Mei 2022. Hujan membuat kecepatan aliran sungai meningkat sehingga butiran sedimen yang telah mengendap di dasar perairan akan terangkat kembali. Pada sampel material padatan tersuspensi yang diplot dengan kecepatan arus termasuk dalam tipe *erosion of unconsolidated mud*. Material padatan tersuspensi diasumsikan sebagai jenis sedimen *clay*. Material suspensi yang berjenis *clay* akan lebih mudah terangkat di kolom air

daripada sampel sedimen yang didapatkan pada *sediment trap* dengan jenis sedimen *silt*. Hal ini karena ukuran *clay* lebih kecil daripada sedimen *silt*. Semakin kecil ukuran butir sedimen, maka akan semakin lama terangkut di kolom perairan serta lokasi pengendapannya akan semakin jauh dari sumber sedimennya (Rifardi, 2012). Sedimen di lokasi penelitian akan mengalami transport sedimen dengan kecepatan arus yang sesuai (Sartimbul *et al.*, 2021). Fraksi halus bisa diinterpretasikan bahwa transport sedimen yang terjadi adalah secara suspensi (Hu *et al.*, 2017). Transport sedimen secara suspensi membawa partikel sedimen halus yang terangkut di kolom perairan bersamaan dengan aliran sungai, dan akhirnya akan mengalami pengendapan karena berkurangnya kecepatan arus di bagian muara (Nugroho dan Basit, 2014).

Menurut Triatmodjo (1999), debit sungai menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi sedimentasi di muara sungai. Debit sungai yang membawa partikel sedimen akan menciptakan debit suspensi. Meningkatnya debit sungai akan diikuti dengan meningkatnya debit suspensi (Wiryamanta *et al.*, 2021) yang dibuktikan dengan koefisien determinasi pada Gambar 7. Data debit suspensi didapatkan pada saat kondisi pasang dan surut. Debit suspensi pada kondisi pasang berkisar 25,079 – 55,530 g/detik dengan rerata 35,612 g/detik. Pada saat kondisi surut debit suspensi berkisar 21,141- 39,300 g/detik dengan rerata 25,848 g/detik. Besarnya debit suspensi akan berpengaruh terhadap laju sedimentasi. Hal ini karena partikel sedimen yang terbawa akan mengendap ketika kecepatan aliran sungai melemah ketika bertemu dengan arus yang ada di laut (Nugroho dan Basit, 2014; Agustian *et al.*, 2020). Semakin tinggi debit suspensi maka akan semakin besar potensi sedimentasi yang akan terjadi yang dibuktikan dengan koefisien determinasi pada Gambar 8.

Nilai laju pengendapan sedimen di setiap stasiun didapatkan setelah sampel sedimen diolah dan dilakukan perhitungan. Pengambilan sampel sedimen dilakukan empat kali pengulangan. Berdasarkan keempat pengambilan sampel, nilai rerata laju pengendapan sedimen terkecil diketahui pada pengambilan ketiga dengan nilai 0,965 kg/m²/hari sedangkan nilai laju pengendapan sedimen terbesar diketahui pada pengambilan pertama, yaitu sebesar 1,121 kg/m²/hari. Hal ini berhubungan dengan debit sungai maupun kondisi pasang surut (Triatmodjo, 1999). Semakin besar debit sungai maka semakin banyak pula partikel sedimen yang terbawa oleh aliran sungai. Ini karena dengan kecepatan aliran sungai yang tinggi, maka semakin besar pula erosi yang terjadi di badan sungai. Erosi yang tinggi berpotensi semakin meningkatnya partikel sedimen yang akan terendapkan (Sembiring *et al.*, 2014; Srijati *et al.*, 2017; Ahmad *et al.*, 2019). Aliran sungai akan bertemu dengan arus laut di bagian muara, sehingga aliran sungai akan melemah. Melemahnya aliran sungai maka partikel sedimen akan mengendap di dasar perairan.

Laju pengendapan sedimen di setiap stasiun berbeda-beda. Rata-rata laju pengendapan sedimen terbesar didapatkan pada stasiun 2 dengan nilai berkisar 1,128 kg/m²/hari, sedangkan laju pengendapan sedimen terkecil didapatkan di stasiun 6 dengan nilai berkisar 0,951 kg/m²/hari. Perbedaan tersebut berkaitan dengan lokasi stasiun, stasiun 2 berada tepat di mulut sungai sedangkan stasiun 6 berada lebih jauh ke arah laut. Muara sungai menjadi tempat bertemunya arus laut, pasang surut serta debit aliran sungai. Ketika aliran sungai bertemu dengan arus laut maupun pasang surut yang arahnya bertolak belakang, maka kecepatan aliran sungai akan berkurang atau bahkan sama sekali tidak ada gerakan. Sedimen tersuspensi memiliki ukuran yang kecil dan berpotensi mengendap di dasar perairan pada saat tertentu ketika kecepatan arus melemah (Nugroho dan Basit, 2014; Prasetyo *et al.*, 2015; Shabari *et al.*, 2019; Agustian *et al.*, 2020). Ketika kondisi pasang, material sedimen dari sungai akan kembali masuk ke aliran sungai akibat adanya arus pasang bergerak ke daratan (Mulyanto, 2007). Aliran sungai yang bertemu dengan arus pasang, maka kecepatan aliran sungai dengan muara yang dominan oleh pasang surut akan melemah. Melemahnya aliran sungai maka tidak ada daya untuk mengangkut sedimen dan akhirnya mengendap di daerah muara sungai (Prasetyo *et al.*, 2015; Sulistiyani *et al.*, 2019).

Tipe pasang surut yang ada di perairan muara Sungai Silugonggo adalah pasang surut harian tunggal. Kondisi pasang dan surut terjadi sekali dalam sehari. Selama 12 hari pengambilan data dengan interval 3 hari, elevasi pasang yang tinggi terjadi pada pengambilan pertama dan kedua. Pasang surut menjadi faktor penting yang akan mempengaruhi sebaran partikel sedimen karena dalam pasang surut akan terjadi juga arus pasang dan arus surut (Arvianto *et al.*, 2016; Wibowo *et al.*, 2016). Pada pengambilan pertama dan kedua, sedimentasi

lebih banyak terjadi di stasiun yang berada di dekat muara (stasiun 2,3 dan 4) sedangkan pada pengambilan ketiga, sedimentasi lebih banyak terjadi di stasiun yang lebih menjorok ke laut (stasiun 6 dan stasiun 7). Ketika terjadi pasang yang tinggi maka pengaruh arus pasang akan semakin jauh menuju ke arah sungai (Triatmodjo, 1999). Pergerakan tersebut juga akan membawa partikel sedimen semakin jauh ke sungai. Akibatnya konsentrasi partikel sedimen di bagian sungai akan meningkat dibandingkan saat kondisi surut (Arvianto *et al.*, 2016; Juliano *et al.*, 2021). Ketika bertemu dengan aliran sungai maka kecepatan arus pasang akan melemah, sehingga ketika tidak terjadi pergerakan partikel sedimen akan jatuh di dasar sungai dan mengalami pengendapan.

KESIMPULAN

Nilai rerata laju pengendapan sedimen di perairan muara Sungai Silugonggo Kabupaten Pati berkisar 0,965 kg/m²/hari sampai 1,121 kg/m²/hari. Laju pengendapan sedimen terkecil ditemukan daerah muara yang lebih menjorok ke laut dengan nilai 0,951 kg/m²/hari, sedangkan laju pengendapan sedimen terbesar ditemukan di mulut sungai dengan nilai 1,128 kg/m²/hari. Proses angkutan partikel sedimen terjadi secara suspensi yang pada akhirnya mengendap di dasar perairan ketika kecepatan aliran sungai melemah. Faktor yang mempengaruhi proses laju pengendapan sedimen di perairan muara sungai Silugonggo adalah pasang surut, debit sungai, debit suspensi dan arus pasang surut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, A., Rifardi dan Elizal. 2020. Analisis Laju Sedimentasi pada Perairan Muara Sungai Bokor, Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. *Berkala Perikanan Terubuk*, 48(3):1-10.
- Ahmad, Z. A., Nathan, M. dan Lias, S. A. 2019 Korelasi Antara Debit Aliran dan Sedimen Melayang (Suspended Load) di Sungai Data' Kabupaten Pinrang. *Jurnal Ecosolum*, 2(1):21-26.
- Aprisanti, R., Mulyadi, A. dan Siregar, S. H. 2013. Struktur Komunitas Diatom Epilitik Perairan Sungai Senapelan dan Sungai Sail, Kota Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 7(2):241-252.
- Arvianto, S. E., Satriadi, A. dan Handoyo, G. 2016. Pengaruh Arus Terhadap Sebaran Sedimen Tersuspensi di Muara Sungai Silugonggo Kabupaten Pati. *Jurnal Oseanografi*, 5(1):116-125.
- American Public Health Association (APHA). 1976. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 14th Edition*. Washington DC: American Public Health Association.
- Badan Standardisasi Nasional. *Air dan Air Limbah-Bagian 3: Cara Uji Padatan tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri*. SNI 06-6989.3-2004.
- Buchanan, K. dan Intyre, H. M. 1984. *An Introduction to Coastal*. Harper and Row Publisher, New York.
- Daruwedho, H., Sasmito, B. dan Ahmad, F. J. 2016. Analisis Pola Arus Laut Permukaan Perairan Indonesia dengan Menggunakan Satelit Altimetri JASON 2 Tahun 2010-2014. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2):145-158.
- Dwianti, R. F., Widada, S. dan Hariadi. 2017. Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Pelabuhan Cirebon. *Jurnal Oseanografi*, 6(1):228-235.
- Gemilang, W. A., Kusumah, G., Wisna, U. J. dan Arman, A. 2017. Laju Sedimentasi di Perairan Brebes, Jawa Tengah Menggunakan Metode Isotop²¹⁰Pb. *Jurnal Geologi Kelautan*, 15(1):11-22.
- Harahap, S. 1999. Tingkat Pencemaran Perairan Pelabuhan Tanjung Balai Karimun Kepulauan Riau Ditinjau dari Komunitas Makrozoobenthos. Lembaga Penelitian Universitas Riau, Pekanbaru..
- Hu, G., Ding, R., Li, Y., Shan, J., Yu, X. dan Feng, W. 2017. Role of Flood Discharge in Shaping Stream Geometry: Analysis of a Small Modern Stream in the Uinta Basin, USA. *Journal of Palaeogeography*, 6(1):84-95.
- Indriananingrum, Ismunarti, D. H. dan Saputro, S. 2016. Sebaran Sedimen Dasar Di Muara Sungai Silugonggo Kecamatan Batangan, Kabupaten Pati. *Jurnal Oseanografi*, 5(1):20-27.
- Irwan, A., Gunawan, D. S., Wahyunus, M. dan Mulyanto, H. 2020. Simulasi Pemodelan Numerik Hidrodinamika dan Aliran Sedimen pada Bendung PLTA Musi – Bengkulu. *JAPPS*, 2(2):1-11.
- Jansen, T. 2018. Tinjauan Pengaruh Pasang Surut Terhadap Pola Arus Di Teluk Amurang, Sulawesi Utara. *Jurnal Tekno*, 16(70):67-70.

- Juliano, R., Hartono, D. dan Anggoro, A. 2021. Analisis Laju Sedimentasi di Kawasan Perairan Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Pondok Besi Kota Bengkulu. *Maspari Journal*. 13(2):105-116.
- Lenaini, I. 2021. Teknik Pengambilan Sampel Purposive dan Snowball Sampling. *HISTORIS: Jurnal Kajian, Penelitian & Pengembangan Pendidikan Sejarah*. 6(1):33-39.
- Lihawa, F. 2017. *Daerah Aliran Sungai Alo Erosi, Sedimentasi dan Longsor*. Deepublish, Yogyakarta.
- Mulyanto, H. R. 2007. *Sungai: Fungsi & Sifat-sifatnya*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Nugroho, S. H., dan Basit, A. 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1):229-240.
- Nuraini, I. dan Wiyanto, D. B. 2021. Karakteristik Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Kalianget Kabupaten Sumenep. *Juvenil*, 2(3):243-254.
- Ongkosongo, O. S. R. 1989. *Pasang Surut*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Pradipta, Y., Saputra, S. dan Satriadi, A. 2013. Laju Sedimentasi di Muara Sungai Slamaran Pekalongan. *Jurnal Oseanografi*, 2(4):378-386.
- Prasetyo, D., Dermawan, V. dan Primantyo A. H. 2015. Kajian Penanganan Sedimentasi Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang. *Journal of Water Resources Engineering*, 6 (1): 76 - 87.
- Purnawan, S., Setiawan, I. dan Marwantim. 2021. Studi Sebaran Sedimen Dasar Berdasarkan Ukuran Butir di Perairan Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. *Depik*, 1(1):31-36.
- Ramdhan, M. 2021. *Metode Penelitian*. CMN, Surabaya.
- Randa, A. M., E. A. Patandianan dan I. Marisan. 2021. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Sepanjang Sungai Nuni Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat. *JURNAL MARITIM*, 3(1):8-17.
- Rifardi. 2012. *Ekologi Sedimen Laut Modern*. UR Press, Pekanbaru.
- Sartimbul, A., Ningtias, S. W., Dewi, C. S. U., Rahman, M. A., Yona, D., Sari, S. H. J. dan Hidayati, N. 2021. Monitoring of Sedimentation on Geosynthetic Bags Installation Area. *Indonesian Journal of Marine Science*, 26(3):173-181.
- Sasongko, D. P. 2014. Menentukan tipe pasang surut dan muka air rencana perairan laut Kabupaten Bengkulu Tengah menggunakan metode admiralty. *Maspari Journal: Marine Science Research*. 6 (1), 1-12
- Sembiring, A. E., Mananoma, T., Halim, F. dan Wuisan, E. M. 2014. Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Panasen. *Jurnal Sipil Teknik*, 2(3):148-154.
- Shabari, A. R., Satriadi, A. dan Atmodjo, W. 2019. Padatan Tersuspensi yang Dipengaruhi oleh Proses Pasang Surut di Perairan Kaliboyo, Kabupaten Pekalongan. *Journal of Marine Research*, 8(4):393-401.
- Sitepu, R. S., Saputro, S. dan Satriadi, A. 2017. Studi Sebaran Sedimen Dasar di Teluk Krueng Raya dan Sekitarnya. *Jurnal Oseanografi*, 6(4):625-632.
- Sorsodarsono, S. dan Takeda, K. 2006. *Hidrologi Untuk Pengairan Edisi. 10*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sulistiyani, P., Imanudin, M. S. dan Said, M. 2019. Sedimentation Rate and Characteristics of Musi River Mud, Palembang City, South Sumatra. *Journal of Wetlands Environmental Management*, 7(1):95-105.
- Srijati, S., Rochaddi, B. dan Widada, S. 2017. Analisis Laju Sedimentasi di Perairan Muara Sungai Waridin Kabupaten Kendal. *Jurnal Oseanografi*, 6(1):246-252.
- Sukuryadi. 2015. Analisis Arus dan Gelombang Perairan Batu Belande Gili Asahan Desa Batu Putih Kecamatan Sekotong Lombok Barat. *Paedagoria*, 12(2):1-10.
- Triatmodjo, B. 2013. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Warsidah, Risiko, Saputra, D. W., Muliadi, Zibar, Z. dan Susiati, H. 2021. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Parameter Ukuran Butir di Muara Sungai Sambas Kalimantan Barat. *JURNAL GEOLOGI KELAUTAN*, 19(2):61-71.
- Wibowo, Y. S. A., Hariadi dan Marwoto, J. 2016. Pengaruh Arus Laut dan Pasang Surut Terhadap Distribusi Sedimen Tersuspensi di Perairan Muara Sungai Sembilangan Kaliprau Pemalang. *Jurnal Oseanografi*, 5(4):490-497.
- Wiryamanta, D. R., Sumiadi dan Dermawan, V. 2021. Kajian Distribusi Konsentrasi Sedimen Suspensi Menggunakan TSS Meter pada Sungai Brantas di Desa Pendem Kota Batu. *JTRESDA*, 1(2):379-392.