

Studi Karakteristik Sedimen Dasar Perairan Tanjung Pasir Banten menggunakan Metode Gradistat

Reno Arief Rachman^{1,2*}, Haryo Dwito Armono¹, Mardi Wibowo², Dinar Catur Istiyanto²

¹Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111 Indonesia

²Pusat Riset Teknologi Hidrodinamika, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60112 Indonesia
Email : reno001@brin.go.id

Abstrak

Program NCICD (*National Capital Integrated Coastal Development*) merupakan program strategis nasional untuk menangani permasalahan di Teluk Jakarta. Salah satu rencananya adalah dengan membangun waduk lepas pantai (WLP) di Perairan Tanjung Pasir, Banten. WLP selain berfungsi sebagai tanggul laut juga sebagai penyedia air baku. Dalam perencanaan WLP salah satu pertimbangan utama adalah permasalahan sedimentasi. Proses sedimentasi di perairan sangat terkait dengan karakteristik sedimen. Tujuannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran karakteristik sedimen dasar seperti kadar air, berat jenis, gradasi, tekstur sedimen, ukuran d₅₀ butir sedimen dan analisis statistik sedimen dasar sehingga dapat mendukung rencana pembangunan WLP NCICD. Metode yang dipakai adalah pengambilan sampel sedimen di lapangan, pengujian sampel sedimen di laboratorium, analisis sedimen secara statistik dan analisis deskriptif karakteristik sedimen dasar menggunakan metode Gradistat. Berdasarkan hasil kajian diketahui nilai kadar air 39,657 % - 413,83 %, berat jenis 1,633 g/cm³ – 2,557 g/cm³, ukuran butir 0,085 mm – 2,0 mm, ukuran rerata butir 261,1 µm - 2657,5 µm, sortasi sedimen *very poorly sorted* (terpilah sangat buruk) dan *poorly sorted* (terpilah buruk), analisis statistik sedimen tipe *very platykurtic*, jenis lithologi didominasi oleh pasir, sedikit berukuran lanau dan pasir halus hingga pasir sedang. Sedimen dasar di perairan ini mempunyai daya dukung tanah yang baik untuk dibangun WLP.

Kata Kunci : sedimen dasar, tanggul laut, gradistat, NCICD, tekstur sedimen

Abstract

Study of Bed Load Characteristics in Tanjung Pasir Banten Based on Gradistat Method

The NCICD (*National Capital Integrated Coastal Development*) is a national strategic program to deal with problems in Jakarta Bay. One of the plans is to build a sea dike (WLP) in Tanjung Pasir, Banten. In addition to functioning as a sea wall, WLP is also a raw water provider. In WLP planning, one of the primary considerations is the problem of sedimentation. The sedimentation process in the waters is closely related to the characteristics of the sediment. This study aimed to determine the distribution pattern of bottom sediment characteristics such as water content, specific gravity, gradation, sediment texture, d₅₀ sediment grain size, and statistical analysis of bottom sediments to support the NCICD WLP development plan. The method used is taking sediment samples in the field, testing sediment samples in the laboratory, statistical analysis of sediments, and descriptive analysis of bottom sediment characteristics using the Gradistat method. Based on the results of the study, it is known that the water content is 39.657% - 413.83%, the specific gravity is 1.633 g/cm³ – 2.557 g/cm³, the grain size is 0.085 mm – 2.0 mm, the average grain size is 261.1 µm - 2657.5 µm, Sediment sorting is *very poorly sorted* and *poorly sorted*, statistical analysis is classified as *very platykurtic* type, lithology type dominated by sand, slightly silt, and fine sand to medium sand. The bottom sediments in these waters have good soil-carrying capacity for WLP construction.

Keywords: bed load, sea dike, gradistat, NCICD, sediment texture

PENDAHULUAN

Program *National Capital Integrated Coastal Development* (NCICD) atau Pengembangan Terpadu Pesisir Ibukota Negara (PTPIN), merupakan bagian dari Program Pengembangan Terpadu Pesisir Pantai Utara Jawa yang termasuk dalam Program Strategis Nasional. Secara konseptual, program NCICD dilaksanakan dalam rangka memberikan solusi atas tiga permasalahan utama yang saat ini dihadapi Megapolitan Jakarta, yaitu: (1) permasalahan rob serta banjir dari sungai yang bermuara ke Jakarta, (2) kebutuhan lahan untuk pengembangan kawasan, serta (3) 70% jalan nasional sudah berada pada kondisi jenuh, dengan V/C rasio di atas 0,85 (Bappenas, 2020). Konsep yang diusulkan untuk menanggulangi permasalahan diatas adalah tanggul laut berupa Waduk Lepas Pantai (WLP) yang memiliki fungsi ganda berupa tanggul laut dan persediaan air baku (Bappenas, 2020). Dalam perencanaan pembangunan WLP salah satu aspek fisik yang harus dikaji adalah proses sedimentasi. Seluruh bangunan laut akan mengganggu keseimbangan transportasi sedimen sejajar pantai (*longshore current*) sehingga bangunan laut tersebut dapat mengurangi, menghentikan dan menambah pasokan sedimen (Diposaptono, 2011; Melisa *et al.*, 2020).

Salah satu kondisi bawah laut yang penting untuk diketahui dalam perencanaan pembangunan bangunan pantai adalah sedimen dasar laut (Permana *et al.*, 2012; Siry, 2011; Pasaribu *et al.*, 2021). Transpor sedimen sepanjang pantai menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan, erosi pantai dan lain sebagainya, sehingga prediksi transpor sedimen sepanjang pantai sangat penting untuk dikaji (Triatmodjo, 1999; Umar *et al.*, 2020). Transpor sedimen di daerah sekitar pantai terdiri dari transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan transpor sejajar pantai (*longshore transport*) (Triatmodjo, 1999). Penyebab utama pola arus dan gerakan sedimen di daerah sekitar pantai tertutup adalah fluktuasi muka air laut yang diakibatkan oleh pasang surut. Arus pasang surut juga efektif bila bekerja di daerah muara, mulut teluk atau selat yang terlindungi dari gelombang. Pasang surut mempengaruhi elevasi tinggi gelombang yang membawa material sedimen dari dan menuju kearah pantai. Selain itu pasang surut juga berpengaruh pada kecepatan dan arah arus. Material sedimen dapat ditransportasikan oleh arus pasang surut secara signifikan (Wahyudi &

Jupantara, 2004; Ali *et al.*, 2017). Sedangkan untuk pantai terbuka selain arus akibat pasang surut, energi gelombang juga sangat berpengaruh terhadap proses sedimentasi di suatu kawasan pantai (Purba *et al.*, 2022). Menurut Rifardi (2012) faktor yang mempengaruhi sedimentasi yang paling dominan adalah arus dan gelombang (Dwinanto *et al.*, 2017; Ansari *et al.*, 2020).

Faktor lain yang mempengaruhi distribusi sedimen adalah pasang surut dan debit muara sungai (Dwianti *et al.*, 2017; Andayani *et al.*, 2020). Distribusi fraksi sedimen sangat penting untuk diketahui sebagai pedoman dalam analisis proses pendangkalan tersebut. Sebaran, kohesifitas, densitas dan ukuran butir merupakan faktor dominan yang dapat mempengaruhi transpor sedimen (Rachman *et al.*, 2019). Karakteristik sedimen seperti ukuran butir, jenis sedimen, klasifikasi ke dalam parameter sedimen dan distribusi sedimen adalah beberapa faktor dinamis laut yang mempengaruhi pengendapan sedimen di daerah tersebut dan menjelaskan kondisi lingkungan sedimentasinya (Rifardi, 2008; Liu *et al.*, 2023). Distribusi dan ketidakhomogenan gradasi sedimen dapat dijadikan indikator perilaku pada aliran sedimen di suatu wilayah (Junaidi & Wigati, 2011; Nugroho & Basit, 2014; Reno *et al.*, 2021; Anggraini *et al.*, 2020).

Pada dasarnya sedimentasi di perairan laut selain akibat adanya pengendapan yang berasal dari material sedimen tersuspensi, juga karena adanya pergerakan sedimen dasar yang ada di area tersebut. Untuk sedimen kohesif, kecepatan endapnya dipengaruhi oleh banyak faktor seperti konsentrasi sedimen suspensi, salinitas dan diameter dari partikel sedimen dasarnya (Rachman & Wibowo, 2022). Salah satu alternatif dalam mengkaji dan menentukan lingkungan sedimentasi serta arah transpor sedimen maka penentuan parameter statistik seperti besar butir rata-rata (*mean grain size*), standar deviasi kepencongan (*skeweness*) dan kurtosis sering digunakan (Affandi *et al.*, 2012; Muhardi *et al.*, 2021). Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran karakteristik sedimen dasar laut seperti kadar air, berat jenis, tekstur sedimen, ukuran d₅₀ butir sedimen dan analisis statistik sedimen dasar pada musim barat, karna pada musim ini (musim hujan) pengaruh sedimen dari darat sangat besar. Karakteristik ini sangat penting untuk kajian sedimentasi selanjutnya terutama untuk data masukan perhitungan kecepatan sedimentasi baik secara analitik maupun dengan pemodelan numerik

dan sangat penting juga untuk kajian mengenai desain WLP secara numerik.

Lokasi penelitian berada di sekitar perairan Tanjung Pasir hingga muara Sungai Cisdane Kabupaten Tangerang, di lokasi ini rencana akan dibangun sebuah WLP. Hingga saat ini kajian mengenai sedimentasi dan karakteristik sedimen di lokasi penelitian belum banyak dilakukan riset, oleh karena itu sebagai kajian permulaan dilakukanlah kajian mengenai karakteristik sedimen dasar.

Untuk kajian mengenai karakteristik sedimen dasar akan digunakan sebuah metode statistik bernama Gradistat, sebuah program yang diusulkan oleh Blott (2010) dan dikembangkan oleh *Kenneth Pye Associates Ltd. Software Gradistat* dijalankan dalam program *Microsoft Excel*. Metode perhitungan yang digunakan yaitu, *Method of Moments* (Matematis) dan *Folk & Ward* (Grafis). Gradistat adalah sebuah metode alternatif untuk menganalisis karakteristik sedimen, metode lainnya yang sering digunakan adalah menggunakan software pemodelan secara numerik komputasi, sehingga keunggulan metode Gradistat ini jauh lebih mudah dalam hal penggunaannya dan lebih murah dibandingkan metode lainnya, dikarenakan softwrenya tidak berlisensi atau tidak berbayar.

MATERI DAN METODE

Tahapan pelaksanaan penelitian secara umum adalah (1) Pengambilan sampel sedimen dasar di lapangan. (2) Analisis kadar air tanah dalam sedimen dasar, dengan menggunakan metode SNI 1965:2019 Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium (BSN, 2019). (3) Analisis berat jenis tanah dalam sedimen dasar, dengan menggunakan metode SNI 1964:2008 Cara uji berat jenis tanah (BSN, 2008). (4) Analisis gradasi tanah dalam sedimen dasar, dengan menggunakan metode SNI 3423:2008 Cara uji analisis ukuran butir tanah (BSN, 2008). (5) Analisis karakteristik sedimen dengan menggunakan metode Gradistat.

Pengambilan sampel sedimen menggunakan *sediment grabber*, plastik sampel dan spidol permanen. Pengujian mekanika tanah menggunakan timbangan, cawan keramik, piknometer, gelas ukur, tabung ukur, desikator (alat pendingin), oven, thermometer, hidrometer, tungku listrik, cawan porselen, alat pengaduk suspensi, *stopwatch* dan *sieve shaker*. Untuk bahan pengujian mekanika tanah yang digunakan adalah cairan aquades dan cairan reagen.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Dasar Laut

Tabel 1. Titik Koordinat Pengambilan Sampel Sedimen Dasar Laut

No	Kode	Kedalaman (m)	Tanggal	Jam	X	Y
1	SD - 1	1	31/11/21	12:52	680782.91 m E	9337112.48 m S
2	SD - 2	14	31/11/21	12:25	680709.34 m E	9338694.54 m S
3	SD - 3	17	31/11/21	11:16	680524.27 m E	9339386.14 m S
4	SD - 4	13	11/01/2021	09:41	680560 m E	9340712 m S
5	SD - 5	3	11/01/2021	12:03	676067.90 m E	9333911.29 m S
6	SD - 6	4	11/01/2021	11:26	676023.09 m E	9334870.86 m S
7	SD - 7	5	11/01/2021	10:59	676029.75 m E	9336439.16 m S
8	SD - 8	11	11/01/2021	10:23	676032.44 m E	9338016.87 m S
9	SD - 9	1	11/01/2021	14:02	686961.22 m E	9334654.58 m S
10	SD - 10	5	11/01/2021	13:36	687800.76 m E	9335722.28 m S
11	SD - 11	10	31/11/21	14:44	688952.29 m E	9337023.79 m S
12	SD - 12	16	31/11/21	14:09	690205.78 m E	9338270.56 m S
13	SD - 13	1	11/02/2021	11:58	690218.75 m E	9331058.79 m S
14	SD - 14	5	11/02/2021	11:43	691028.46 m E	9331574.91 m S
15	SD - 15	11	11/02/2021	11:20	692351.48 m E	9333211.57 m S
16	SD - 16	15	11/02/2021	10:33	693547.23 m E	9334498.60 m S
17	SD - 18	7	11/02/2021	09:47	692610.77 m E	9329303.47 m S
18	SD - 19	10	11/02/2021	09:18	693214.07 m E	9329836.14 m S
19	SD - 20	10	11/02/2021	08:52	694427.81 m E	9330905.32 m S
20	SD-M1	4	11/05/2021	13:58	679799.32 m E	9336815.71 m S
21	SD-M2	3	11/05/2021	13:40	680341.67 m E	9336092.41 m S
22	SD-M3	2	11/05/2021	13:10	680465.06 m E	9335702.44 m S
23	SD-M4	5	11/05/2021	12:25	680721.11 m E	9334912.97 m S
24	SD-M5	5	11/05/2021	11:37	680608.89 m E	9334705.07 m S

Pengambilan sampel sedimen dilaksanakan dengan metode *purposive sampling* dan tersebar di perairan Tanjung Pasir yang merupakan lokasi rencana pembangunan WLP. Sampel diambil sebanyak 24 sampel, pada bulan Oktober - November 2021 (lihat Gambar 1 dan Tabel 1), untuk pengujian laboratoriumnya dilaksanakan pada bulan November – Desember 2021.

Analisis karakteristik sebaran sedimen dasar laut di perairan Tanjung Pasir menggunakan metode Gradistat versi 8 dimana analisis ini menitikberatkan pada pembahasan distribusi ukuran butir secara statistik untuk jenis tanah yang tidak terkonsolidasi dengan metode pengayakan dan granulometer laser (Blott, 2010). Sehingga nantinya pembahasan mengenai analisis karakteristik sedimen dasar dalam penelitian ini akan lebih bersifat deskriptif yang bertujuan untuk membuat deskripsi atau gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antara fenomena yang diselidiki (Nasir, 1983; Rachman & Wibowo, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan di Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah Pusat Riset Teknologi Hidrodinamika (PRTH) BRIN, maka diketahui karakteristik sedimen dasar laut di perairan Tanjung Pasir adalah sebagai berikut : Kadar air tanah adalah perbandingan antara massa (berat) air atau basah yang terkandung didalam tanah dan masa (berat) kering tanah yang dinyatakan dalam persen (BPPT, 2021). Untuk jumlah air yang dapat ditahan oleh tanah dinyatakan atas dasar berat atau volume. Selain sifat tanah, faktor iklim sangat mempengaruhi jumlah air yang dapat diabsorsikan tanah. Faktor iklim antara lain, temperatur, kelembaban dan kecepatan angin. (Hardjowigeno, 1995; Salam, 2020). Kemampuan tanah menahan air dipengaruhi antara lain oleh tekstur tanah. Tanah-tanah bertekstur kasar mempunyai daya menahan air lebih kecil dari pada tanah bertekstur halus. Oleh karena itu tanah pasir umumnya lebih mudah kering dari pada tanah-tanah bertekstur lempung atau liat (Hardjowigeno, 2003; Salam, 2020).

Tabel 2. Kadar Air Sedimen Dasar

Kode Sampel	SD-1	SD-2	SD-3	SD-4	SD-5	SD-6	SD-7	SD-8	SD-9	SD-10	SD-11	SD-12
Kadar Air (%)	96,046	111,265	62,517	67,472	58,252	123,072	49,956	214,855	43,827	89,616	135,363	181,423

Kode Sampel	SD-13	SD-14	SD-15	SD-16	SD-18	SD-19	SD-20	SD-M1	SD-M2	SD-M3	SD-M4	SD-M5
Kadar Air (%)	49,704	193,150	227,676	227,282	413,883	181,710	214,67	144,35	39,657	147,63	259,730	122,58

Tabel 3. Berat Jenis Sedimen Dasar

Kode Sampel	SD-1	SD-2	SD-3	SD-4	SD-5	SD-6	SD-7	SD-8	SD-9	SD-10	SD-11	SD-12
Berat jenis (g/cm ³)	2,215	2,547	2,529	2,434	2,414	2,215	2,384	2,080	2,532	2,382	1,633	2,330

Kode Sampel	SD-13	SD-14	SD-15	SD-16	SD-18	SD-19	SD-20	SD-M1	SD-M2	SD-M3	SD-M4	SD-M5
Berat jenis (g/cm ³)	2,557	2,174	2,130	2,101	2,210	2,330	2,295	2,529	2,676	2,464	2,385	2,473

Kadar air tanah yang terdapat di daerah penelitian berkisar antara 39,657 % - 413,83 % (lihat Tabel 2). Kadar air tertinggi berada di titik SD-18 = 413,83 % berlokasi di perairan Tanjung Pasir dan terendah berada di titik SD-M2 = 39,657 % berlokasi di muara Sungai Cisadane.

Berat Jenis Tanah

Berat jenis (*specific gravity*) tanah sedimen adalah rasio besar butir partikel sedimen terhadap berat volume air (Ponce, 1989; Rashid *et al.*, 2017). Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65 g/m³, kecuali untuk sedimen dengan komposisi material berat seperti magnetit diperkirakan berat jenisnya sekitar 5,18 g/cm³ (Hambali *et al.*, 2016). Berat jenis sedimen dasar yang terdapat di daerah penelitian berkisar antara 1,633 g/m³ – 2,557 g/cm³ (lihat Tabel 3). Sedimen ini tergolong ringan dikarenakan adanya kemungkinan mengandung mineral silikat (SiO₂) juga banyak mengandung mineral organik (gambut atau humus) yang berat jenisnya rendah (Hardiyatmo, 2002; Volkov *et al.*, 2021). Pola sebaran berat jenis sedimen teratur akan tetapi sedimen dengan berat jenis terkecil berada di selatan Pulau Ujung Jawa (SD-11), dengan nilai

1,633 g/cm³, hal ini disebabkan pada saat pengambilan sampel pengaruh sedimen dari perairan yang kaya akan humus/gambut cukup dominan.

Gradasi dan Tekstur Sedimen

Analisis ukuran butir adalah suatu proses menentukan distribusi ukuran-ukuran butir tanah untuk tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan no.10 (tidak ada butir yang lebih besar dari 2 mm), pemeriksaannya dilakukan dengan analisa sedimen dengan hidrometer, sedangkan ukuran butir-butir yang tertahan di saringan no.200 (0,0075 mm) dilakukan menggunakan saringan (BPPT, 2021).

Berdasarkan nilai d₅₀ dari ukuran butirnya (lihat Tabel 4), sebagian besar sedimen dasar laut di daerah penelitian tergolong ke dalam pasir sangat halus (*very fine sand*) dan sedikit yang tergolong pasir halus (*fine sand*) yaitu SD-2, SD-3, SD-4, SD-18 dan SD M-3, yang tergolong pasir sedang (*medium sand*) yaitu SD-19, SD M-2, yang tergolong pasir kasar (*coarse sand*) yaitu hanya SD-M4 dan SD M-4 dan yang tergolong lanau (*silt*) yaitu SD-1 dan SD-12. Nilai d₅₀ terkecil yaitu SD-1 yang terletak di perairan depan muara Sungai

Cisadane. Nilai d50 terbesar yaitu yang terletak di bagian dalam Sungai Cisadane.

Untuk mengetahui tingkat gradasi butir sedimen (variasi ukuran butir sedimen) dapat dilihat berdasarkan nilai d90/d10 dimana semakin besar nilai d90/d10 maka semakin baik tingkat gradasi sedimen tersebut atau semakin bervariasi ukuran butir dalam sedimen tersebut. Sedimen dasar laut di daerah penelitian semua tergolong bergradasi baik kecuali SD M-3 dan SD M-4 dikarenakan memiliki nilai d90/d10 lebih dari 6 (Hardiyatmo, 2002) (lihat Tabel 4).

Berdasarkan hasil analisis ukuran butir sedimen (gradasi) diketahui bahwa lithologi sebagian besar sedimen dasar laut di daerah penelitian berupa pasir dengan campuran kerang yang cukup banyak dan hanya sedikit yang tercampur dengan lanau (lihat Gambar 3) (lihat Tabel 4). Sedimen di daerah penelitian didominasi oleh fraksi pasir yang berkisar antara 11,8 % - 92,2 %, lalu fraksi krikil yang berkisar antara 7,5 % - 63,1 % dan fraksi lumpur antara 0,3 % - 25,2 % (lihat Tabel 4). Hal ini diperkuat dengan dua hasil penelitian lainnya di lokasi sekitar daerah penelitian yang menyatakan bahwa sedimen dasar di perairan Tanjung Pasir didominasi oleh sedimen pasir (Triapriyasen, 2016) dan peneliti lainnya yang menyatakan bahwa sedimen dasar di perairan Tanjung Pasir terdapat sedimen pasir (Helfinalis, 2005). Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh arus yang lebih kuat pada lokasi-lokasi dengan sedimen dasar yang lebih kasar butirannya. Daerah dengan kuat arus perairan yang kuat dicirikan dengan butiran sedimen yang kasar karena partikel halus akan terbawa dan menyebar ke area lain. Sehingga sedimen yang berukuran kasar akan diendapkan pada lokasi yang tidak jauh dari sumbernya (Rifardi, 2008).

Berdasarkan hasil penelitian (Wibowo *et al.*, 2022) disebelah barat lokasi penelitian, didapat konsentrasi sedimen di sekitar muara Sungai

Cisadane lebih tinggi dan dapat menyebar jauh ke arah laut ketika kondisi surut dibandingkan ketika kondisi pasang, relatif sama dengan hasil penelitian ini.

Secara lebih detail fraksi pasirnya secara umum didominasi oleh fraksi pasir sangat halus. Komposisi dan prosentase kerikil, pasir, lanau dan lumpur dari setiap sampel sedimen disajikan pada Tabel 4, Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.

Analisis Statistik Butiran Sedimen

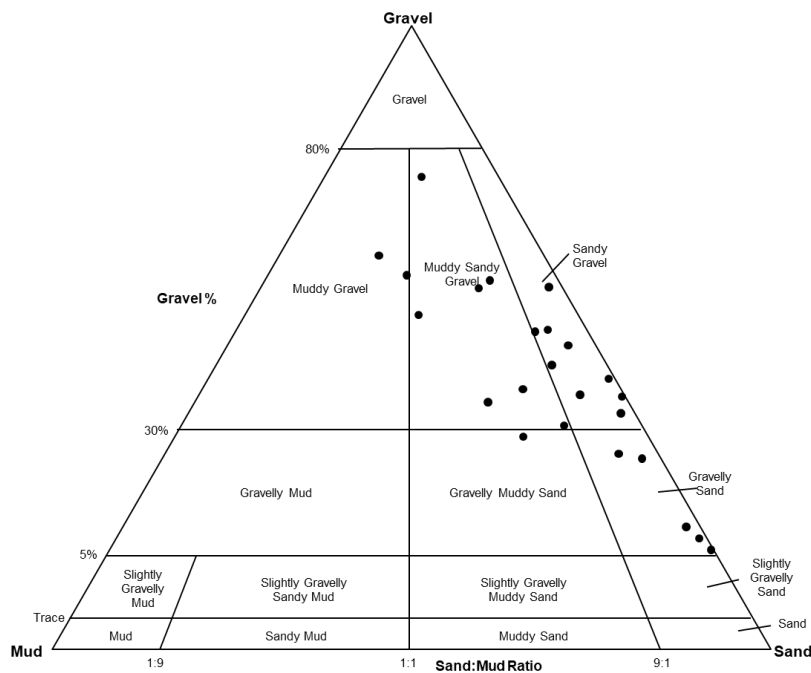
Analisis statistik digunakan untuk memaparkan distribusi frekuensi ukuran butir. Analisis statistik ukuran partikel secara umum dinyatakan dalam empat parameter, yaitu *mean*, *sorting*, *skewness* dan *kurtosis*. Nilai rata-rata (*mean*) dapat dikatakan sebagai rerata aritmatika dari berbagai ukuran butir pada sampel sedimen. Nilai *sorting* (standar deviasi) atau lebar dari distribusi menunjukkan besarnya sebaran ukuran partikel dari nilai rata-rata sampel sedimen. Nilai *skewness* mengukur tingkat asimetris dari distribusi data. Nilai kurtosis menunjukkan tingkat kepuncakan atau kedataran kurva distribusi berbanding terhadap distribusi normal (Dyer, 1986; Oyedotun, 2022). Persamaan dan metode analisis statistik butir sedimen dan klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Folk dan Ward (Blott, 2010). Hasil pengukuran nilai statistik dari ukuran butiran sedimen dapat dilihat pada Tabel 5.

Ukuran Rerata Butir Sedimen (*Mean*)

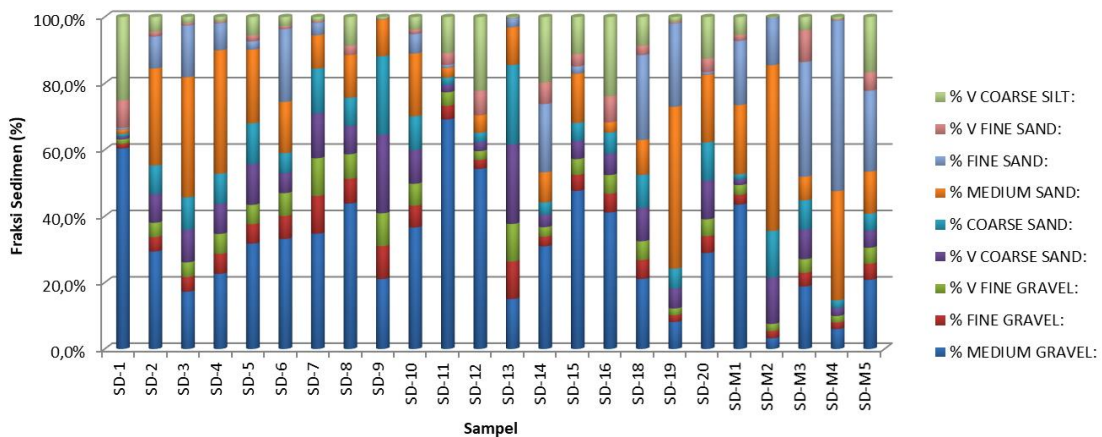
Ukuran butiran rata-rata adalah sebuah indeks pengukuran ukuran butiran berdasarkan persentase berat fraksi pada setiap sampel. Hasil yang diperoleh kemudian dapat dikatakan sebagai ukuran butiran yang mewakili sampel. Ukuran butiran dapat mengindikasikan besarnya energi yang berasal dari aliran air atau angin yang bekerja di daerah tersebut (Folk & Ward, 1957; Friedman, 1967).

Tabel 4. D50 Sedimen Dasar

Kode Sampel	SD-1	SD-2	SD-3	SD-4	SD-5	SD-6	SD-7	SD-8	SD-9	SD-10	SD-11	SD-12
D50 (mm)	0,085	0,300	0,400	0,380	0,250	0,260	0,210	0,150	0,280	0,210	0,100	0,090
Kode Sampel	SD-13	SD-14	SD-15	SD-16	SD-18	SD-19	SD-20	SD-M1	SD-M2	SD-M3	SD-M4	SD-M5
D50 (mm)	0,290	0,110	0,140	0,100	0,300	0,900	0,200	0,160	0,600	0,400	2,000	0,230



Gambar 2. Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen Berdasarkan Segitiga Sheppard (1954)



Gambar 3. Grafik Distribusi Fraksi Sedimen Dasar

Secara keseluruhan, untuk ukuran butir rerata sedimen di daerah penelitian berkisar antara 261,1 μm - 2657,5 μm . Sedimen tersebut tergolong dalam klasifikasi pasir sedang (*medium sand*), pasir kasar (*coarse sand*), pasir sangat kasar (*very coarse sand*), krikil sangat halus (*very fine gravel*) lihat Tabel 5. Nybakken (1992) menyatakan bahwa perairan yang memiliki sedimen dasar berukuran pasir menunjukkan bahwa arus pada daerah tersebut cukup kuat sehingga mampu membentuk endapan sedimen pasir. (Rifardi, 2012) juga menyatakan bahwa jika suatu sedimen didominasi oleh butir sedimen kasar, maka hal ini

mengindikasikan kekuatan aliran yang mengangkut sedimen tersebut cukup besar, sebaliknya jika didominasi oleh sedimen berukuran halus/kecil menindikasikan lemahnya kekuatan atau energi aliran yang mengangkut sedimen tersebut.

Pemilahan Butir Sedimen (*Sorting*)

Pemilahan atau sortasi mengindikasikan tingkat keseragaman butiran sedimen (Rachman, 2021). Semakin kecil nilai sortasi maka menggambarkan bahwa sedimen semakin tersortasi dengan baik sehingga ukuran butir

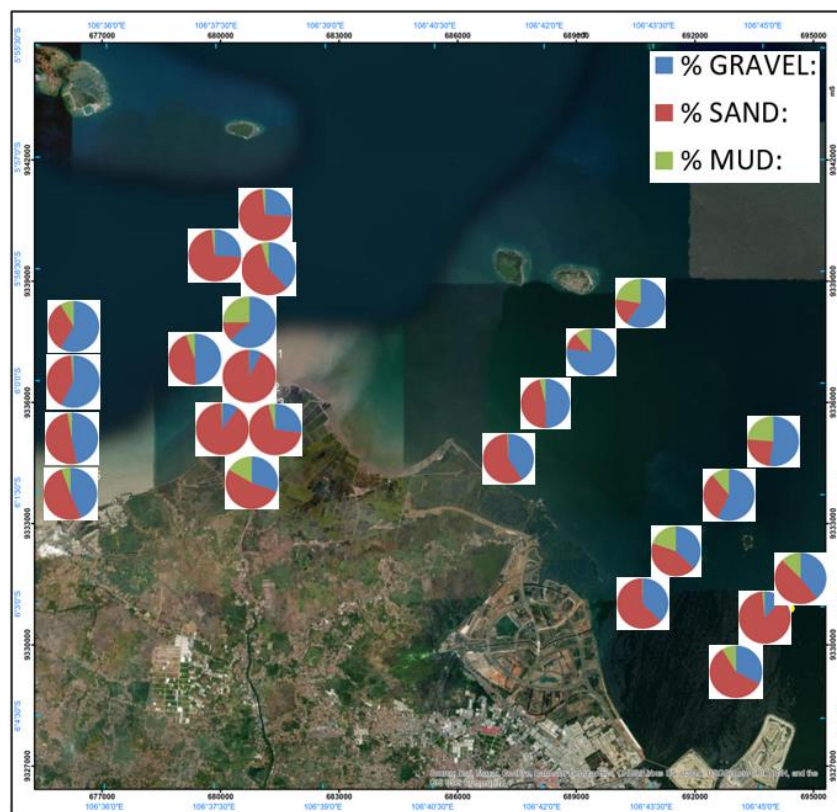
sedimennya semakin seragam, sebaliknya jika nilai sortasinya semakin besar maka menggambarkan bahwa sedimen tersortasi dengan buruk sehingga ukuran butir sedimennya semakin tidak seragam. Penyortiran memperlihatkan untuk melihat batas ukuran partikel, jenis sedimen, karakteristik aliran sedimen, dan lamanya waktu sedimen dari sumber populasi sedimen. (Rifardi, 2012). Secara umum ada dua kelompok utama yaitu *well sorted sediment* (terpilah baik) dan *poorly sorted sediment* (terpilah buruk) (Blott, 2010). Butiran sedimen dikatakan terpilah baik adalah suatu lingkungan pengendapan sedimen disusun oleh besar butir yang relatif sama, mengindikasikan tingkat kestabilan arus pada perairan tersebut cukup stabil. Butiran dikatakan terpilah buruk maka kekuatan arus pada perairan tersebut tidak stabil, mengindikasikan suatu lingkungan pengendapan sedimen disusun oleh besar butir yang relatif tidak sama, artinya pada kondisi waktu tertentu terjadi arus dengan kekuatan yang besar dan berubah dalam kondisi lain kekuatan arusnya melemah kembali.

Maka berdasarkan analisis pemilahan butir sedimen ini di daerah penelitian, seluruhnya

tergolong dalam *very poorly sorted* (terpilah sangat buruk) dan *poorly sorted* (terpilah buruk) lihat Tabel 6. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan arus pada perairan tersebut tidak stabil, dimana pada kondisi waktu tertentu terjadi arus dengan kekuatan yang besar dan berubah dalam kondisi lain kekuatan arusnya melemah kembali. Hal ini dapat terjadi dikarenakan oleh pengaruh debit sungai yang masuk ke perairan laut di sekitar daerah penelitian.

Dominasi Ukuran Butir Sedimen (*Skewness*)

Dominasi ukuran butir sedimen menurut Rifardi (2008), *skewness* menggambarkan arah dominan ukuran butir dari populasi tersebut, mungkin simetri, condong ke arah sedimen berbutir kasar atau condong ke arah berbutir halus. Nilai *skewness* positif menunjukkan suatu populasi sedimen condong berbutir halus, sebaliknya *skewness* negatif menunjukkan populasi sedimen condong berbutir kasar. Nilai *skewness* dipengaruhi oleh karakteristik gelombang dan arus sehingga nilai ini sering digunakan untuk menggambarkan kekuatan gelombang dan arus yang berperan dalam proses pengendapan.



Gambar 4. Peta Distribusi Fraksi Sedimen Dasar di Setiap Lokasi Pengambilan Sampel

Tabel 5. Hasil Analisis Tekstur Sedimen Dasar

	SD-1	SD-2	SD-3	SD-4	SD-5	SD-6	SD-7	SD-8	SD-9	SD-10	SD-11	SD-12
TEXTURAL GROUP:	Muddy Gravel	Sandy Gravel	Gravelly Sand	Sandy Gravel	Sandy Gravel	Sandy Gravel	Sandy Gravel	Muddy Sandy Gravel	Sandy Gravel	Sandy Gravel	Muddy Sandy Gravel	Muddy Gravel
	SD-13	SD-14	SD-15	SD-16	SD-18	SD-19	SD-20	SD-M1	SD-M2	SD-M3	SD-M4	SD-M5
TEXTURAL GROUP:	Sandy Gravel	Muddy Sandy Gravel	Muddy Sandy Gravel	Muddy Gravel	Muddy Sandy Gravel	Gravelly Sand	Muddy Sandy Gravel	Muddy Sandy Gravel	Gravelly Sand	Gravelly Sand	Gravelly Sand	Muddy Sandy Gravel

Tabel 6. Hasil Analisis Statistik Butiran Sedimen

Kode Sampel		SD-1	SD-2	SD-3	SD-4	SD-5	SD-6	SD-7	SD-8	SD-9	SD-10	SD-11	SD-12
FOLK AND WARD METHOD	MEAN :	Very Coarse Sand	Very Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Very Fine Gravel	Coarse Sand	Very Fine Gravel	Coarse Sand	Very Fine Gravel	Coarse Sand
	SORTING:	Very Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted
(Description)	SKEWNESS:	Very Fine Skewed	Symmetrical	Coarse Skewed	Coarse Skewed	Fine Skewed	Fine Skewed	Very Fine Skewed	Very Fine Skewed	Coarse Skewed	Very Fine Skewed	Very Fine Skewed	Very Fine Skewed
	KURTOSIS:	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic
Kode Sampel		SD-13	SD-14	SD-15	SD-16	SD-18	SD-19	SD-20	SD-M1	SD-M2	SD-M3	SD-M4	SD-M5
FOLK AND WARD METHOD	MEAN :	Very Coarse Sand	Medium Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Medium Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Coarse Sand	Medium Sand	Coarse Sand
	SORTING:	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted
(Description)	SKEWNESS:	Coarse Skewed	Coarse Skewed	Very Fine Skewed	Very Fine Skewed	Coarse Skewed	Coarse Skewed	Very Fine Skewed	Very Fine Skewed	Coarse Skewed	Coarse Skewed	Coarse Skewed	Coarse Skewed
	KURTOSIS:	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Leptokurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Leptokurtic	Very Platykurtic	Leptokurtic	Very Platykurtic

Berdasarkan hasil analisis statistik, sedimen dasar di daerah penelitian tergolong menjadi dua yaitu yang bernilai positif dan negatif dikarenakan dari 24 sampel masing-masing (positif dan negatif) berjumlah 12 sampel. Untuk yang bernilai negatif tergolong *very coarse skewed – coarse skewed* dan untuk yang bernilai positif tergolong *very fine skewed – fine skewed* (lihat Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan perairan pada daerah penelitian terdiri dari dua buah dominasi yaitu dominasi populasi sedimen yang condong berbutir halus dengan arus relatif lemah dan dominasi populasi sedimen yang condong berbutir kasar dengan arus relatif kencang.

Sebaran Ukuran Butir Sedimen (*Kurtosis*)

Sebaran ukuran butir sedimen menurut Rifardi (2008), *kurtosis* mengukur puncak dari kurva dan berhubungan dengan penyebaran distribusi normal. Bila kurva distribusi normal tidak terlalu runcing atau tidak terlalu datar disebut *mesokurtic*, sedangkan kurva distribusi normal yang runcing disebut *leptokurtic*, yang menandakan adanya ukuran sedimen tertentu yang mendominasi pada distribusi sedimen di daerah tersebut. Lalu bila kurva distribusi normal yang datar disebut *platikurtic*, artinya distribusi ukuran sedimen pada daerah tersebut sama. Berdasarkan hasil analisis statistik, hampir seluruh sedimen dasar di daerah penelitian tergolong tipe *very platykurtic* kecuali SD-M2 bertipe *leptokurtic* dan SD-11 bertipe *extremely leptokurtic* (lihat Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ukuran butir sedimen tertentu yang mendominasi sedimen di daerah penelitian, yaitu ukuran butir sedimen pasir sangat halus.

KESIMPULAN

Sebagian besar sedimen dasar di daerah penelitian berupa pasir sangat halus (*very fine sand*). Fraksi didominasi oleh pasir yang berkisar antara 11,8 % - 92,2 %. Ukuran butirnya tergolong pasir sangat halus (*very fine sand*). Gradasi sedimen dasar sebagian tergolong baik (terdapat variasi ukuran butir). Ukuran rerata butir sedimen antara 261,1 μm - 2657,5 μm . Sortasi seluruhnya tergolong dalam *very poorly sorted* (terpilah sangat buruk) dan *poorly sorted* (terpilah buruk), kondisi lingkungan terdiri dari dominasi populasi sedimen yang condong berbutir halus dengan arus relatif lemah dan dominasi populasi sedimen yang condong berbutir kasar dengan arus relatif kencang. Seluruh sedimen dasar di daerah

penelitian tergolong tipe *very platykurtic*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ukuran butir sedimen tertentu yang mendominasi sedimen di daerah penelitian, yaitu ukuran butir sedimen pasir sangat halus. Sehingga sedimen dasar di perairan ini mempunyai daya dukung tanah yang baik, maka sangat direkomendasikan untuk dibangun WLP.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada jajaran manajemen dan staf Pusat Riset Teknologi Hidrodinamika-BRIN, terutama pada anggota Laboratorium Survei Topo-Hidro PRTH-BRIN, anggota Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah PRTH-BRIN dan anggota Laboratorium Pemodelan Numerik Dinamika Pantai PRTH-BRIN, serta kepada seluruh pelaksana kegiatan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Bidang Kemaritiman-Inovasi Teknologi Kepelabuhan dan Dinamika Pantai Tahun Anggaran 2021. Juga terimakasih tentunya kepada program *Degree by Research* (DBR)-BRIN dan Fakultas Teknologi Kelautan, program studi Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, A.K., & Surbakti, H. 2012. Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Pesisir Banyuasin, Sumatera Selatan. *Maspri Journal* Vol.4 No.1 Tahun 2012 PS Ilmu Kelautan, FMIPA UNSRI:33-39.
- Ali, M.N., Hariadi., & Satriadi, A. 2017. Analisa Pengaruh Arus Terhadap Sebaran Sedimen Dasar di Pantau Ujungnegero Batang, Jawa Tengah, *Jurnal Oseanografi*. 6(1):288–294.
- Andayani, D., Suryoputro, A.A.D., Atmodjo, W., Satriadi, A., & Subardjo, P. 2020. Studi Transpor Sedimen di Perairan Muara Sungai Bodri, Kabupaten Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3):243-252
- Anggraini, R.R., Yanuhar, U., & Risjani, Y. 2020. Characteristic of Sediment at Lekok Coastal Waters, Pasuruan Regency, East Java. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1): 235-246. doi: 10.29244/jitkt.v12i1.28705.
- Ansari, A., Apriansyah., & Risko, 2020. Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Muara Mempawah Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2):48-54.
- BAPPENAS. 2020. Peraturan dan Rencana Strategis Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. No.11 Tahun 2020.

- Blott, S.J. 2010. Gradstat v.8 – A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd., Crowthorne.
- BPPT. 2021. Standar Petunjuk Pengujian Mekanika Tanah. Edisi-4, Revisi-0, ND:SPP.BTIPDP.LUG.01.02. Balai Teknologi Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai.
- BSN. 2019. SNI 1965:2008 Standar Nasional Indonesia-Metode Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan di Laboratorium. Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. 2008. SNI 1964:2008 Standar Nasional Indonesia-Cara Uji Berat Jenis Tanah. Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. 2008. SNI 3432:2008. Standar Nasional Indonesia-Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. Badan Standarisasi Nasional.
- Diposaptono, S. 2011. Sebuah Kumpulan Pemikiran-Mitigasi Bencana dan Adaptasi Perubahan Iklim, Direktorat Pesisir dan Lautan-Kementrian Kelautan dan Perikanan, Jakarta:176 hal.
- Dwinanto, A.W., Purba, N.P., Harahap, S.A., & Syamsudin, M.L., 2017. Pola Arus Dan Transpor Sedimen Pada Kasus Pembentukan Tanah Timbul Pulau Puteri Kabupaten Karawang, *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(2):152-160.
- Dwianti, R.F, Widada, S., & Hariadi. 2017. Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Pelabuhan Cirebon, *Jurnal Oseanografi*, 6(1):228-235.
- Dyer, K.R. 1996. Coastal and Estuarine Sediment Dynamics. John Wiley and Sons Ltd. New York:342p.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos River Bar, A Study in The Significance of Grain-Size Parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27:3-26.
- Friedman, G.M. 1967. Dynamics Processes and Statistical Parameters Compared for Size Frequency Distribution of Beach and Riversands. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37:327-354.
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. 2016. Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng – Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal Fropil*, 4(2):165-174.
- Hardiyatmo, HC. 2002. Mekanika Tanah 1. Cetakan 1, Edisi 3, Gadjah Mada University Press:398p.
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta
- Helfinalis. 2005. Distribusi Suspensi dan Sedimen di Teluk Jakarta dan Perairan Kepulauan Seribu. *Jurnal Perikanan*, 7(2):128-134
- Junaidi & Wigati. R. 2011. Analisis Parameter Statistik Butiran Sedimen Dasar Pada Sungai Alamiah (Studi Kasus Sungai Krasak Yogyakarta). *Wahana Teknik Sipil*, 16(2):46-57.
- Liu, C., Fu, S., Li, Z., Zhang, Z., Zeng, J., 2023. Effects of sediment characteristics on the sediment transport capacity of overland flow, *International Soil and Water Conservation Research*, 11(1): 75-85. doi: 10.1016/j.iswcr.2022.06.003
- Melisa, W., Hariyadi., Widada, S., Indrayanti, E., Sugianto, D.N., Ismunarti, D.H., & Yusuf, M., 2020. Studi Pengaruh Longshore Current Terhadap Abrasi di Pantai Moro, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(4):324-333
- Muhardi., Nurrahman, Y.A., Risko., Muliadi., Rahayu, K., & Susiati, H. 2021. Statistical Parameters Analysis of Sediment Grain Size From Raya River Bengkayang Regency, West Borneo, *Bulletin of the Marine Geology*, 36(2):100-107
- Nasir, M. 1983. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia, Jakarta:622p.
- Nugroho, S.H. & Basit, A. 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1):229-240.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut; Suatu Pendekatan Ekologis. PT. gramedia. 459p.
- Oyedotun, 2022. Compositional and multivariate statistical analyses for grain-size characterisation of intertidal sedimentary facies in an estuarine environment. *Geology, Ecology, and Landscapes* 6(3):224–230 doi: 10.1080/24749508.2020.1814186
- Pasaribu, R., Irwan, A., & Pattirane, C., 2021. Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai untuk Pencegahan Abrasi di Pantai Utara Karawang, *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(3): 223-236. doi: 10.15578/jkn.v16i3.9831
- Permana, H., Hariadi, & Rochadi, B. 2012. Kajian Kondisi Arus dan Sedimen Dasar Pada Saat Musim Timur di Perairan Semarang-Demak, *Journal of Oceanography*, 1(1):121-128.

- Ponce, V.M. 1989. *Engineering Hydrology Principles and Practice*, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Rachman, R.A. & Wibowo, M. 2019. Kajian Karakteristik Sedimen Dasar Laut Untuk Mendukung Rencana Pembangunan Pelabuhan Patimban. *Jurnal Geologi Kelautan*, 17(2):99-111
- Rachman, R.A., Wibowo, M., Wiguna, E.A., Nugroho, S., Madyani, M. & Santoso, B. 2021. Kajian Karakteristik Sedimen Dasar di perairan Sungailiat untuk Mendukung Pengembangan Pelabuhan Perikanan Nusantara Sungailiat, Kab. Bangka. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(2):112-122.
- Rachman, R.A & Wibowo, M. 2022. Kajian Sedimen Tersuspensi di Muara Sungai Jelitik untuk Mendukung Pengembangan Kawasan Ekonomi Khusus Sungailiat, Kabupaten Bangka. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(3):255-262.
- Rashid, A.S.A., Kalatehjari, R., Hashim, N.A., Yunus, N.M. & Noor, N.M. 2017. Determination of Soil Specific Gravity by Using Partially Vacuum and Shaking Methods. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 98(1-2):25–28. doi: 10.1007/s40030-017-0201-7
- Rifardi. 2008. *Tekstur Sedimen, Sampling dan analisis*, UNRI Press Pekanbaru:101p.
- Rifardi. 2012. *Ekologi Sedimen Laut Modern*. UNRI Press, Pekanbaru.
- Salam, 2020. *Ilmu Tanah Edisi ke-2*, Global Madani Press.
- Sheppard, E.P. 1954. Nomenclature based on sand silt clay ratios. *Journal of Sediment and Petrology*, 24(4):151-158
- Siry, H.S. 2011. *Studi Sebaran Sedimen Dasar dan Pendangkalan di Pelabuhan Minyak (Oil Wharves) PT. Caltex Pasific Indonesia, Dumai, Riau Pasca Pengerukan 1990*. *Widyariset*, 14(3):643-650.
- Triapriyasen, A. Muslim, & Suseno, H. 2016. Analisis Jenis Ukuran Butir Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Oseanografi*, 5(3): 309-316.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*, Penerbit Beta Offset, Edisi Pertama, Yogyakarta:397p.
- Umar, H., Baeda, A.Y., Husain, F., & Taufiqurrahman., 2020. Study of Longshore Sediment Transport on Erosion and Sedimentation Beaches in South Sulawesi, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 875: p.012075, doi: 10.1088/1757-899X/875/1/012075.
- Volkov, D.S., Rogova, O.B., & Proskrnin, M.A., 2021. Organic Matter and Mineral Composition of Silicate Soils: FTIR Comparison Study by Photoacoustic, Diffuse Reflectance, and Attenuated Total Reflection Modalities. *Agronomy* 11: p.1879. doi: 10.3390/agronomy11091879.
- Wahyudi & Jupantara, D. 2004. Studi Simulasi Sedimentasi Akibat Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Teknologi Kelautan*, 8(2):74-85.
- Wibowo, M., Khoirunnisa, H., Wardhani, K.S. & Wijayanti, R. 2022. Pemodelan Pola Sedimentasi di Muara Cisadane untuk Mendukung Pengembangan Terpadu Pesisir Ibukota Negara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(2):179-190.