

Studi Karakteristik Sedimen Menggunakan Metode Statistik Gradistat Untuk Mendukung Pengembangan Pelabuhan Patimban

Reno Arief Rachman*, Raka Firmansyah, Shafan Abdul Aziiz, Dinar Catur Istiyanto, Hamzah Haru Radityo Suharyanto, Nurkhalis Rahili, Aloysius Bagyo Widagdo, Mardi Wibowo, Hanah Khoirunnisa

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

Abstrak

Pengembangan Pelabuhan Patimban di Subang diharapkan sebagai penyokong pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan bongkar muat dari para pelaku usaha khususnya di Jawa Barat. Dalam melakukan perencanaan dan pengembangan pelabuhan, salah satu hal utama yang perlu dipertimbangkan adalah masalah sedimentasi. Proses sedimentasi di perairan sangat terkait dengan karakteristik sedimen. Tujuan 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 pengembangan pelabuhan. 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 59,06-210,046 %, berat jenis 1,951–2,494 g/cm³, nilai d50 0,07–0,16 mm, ukuran rerata butir 64,0-86,5 µm, sortasi sedimen *moderately sorted* (terpilah cukup), analisis statistik sedimen tipe *platykurtic*, jenis lithologi didominasi oleh lanau dan pasir. Diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu pengelolaan sedimentasi, merancang pondasi bangunan pantai dan struktur lainnya secara tepat dan efisien.

Kata kunci : sedimen dasar, proses pantai, lingkungan pantai, tekstur sedimen

Abstract

Study of Sediment Characteristics Using Gradistat Statistical Methods to Support the Development of Patimban Port

The development of the Patimban Port in Subang is expected to support the Tanjung Priok Port in Jakarta, which is no longer able to meet the loading and unloading needs of business actors, especially in West Java. When planning and developing a port, one of the main things that needs to be considered is the sedimentation problem. The sedimentation process in water is closely related to the characteristics of the sediment. This research aims to determine the distribution pattern of basic sediment characteristics such as water content, specific gravity, gradation, sediment texture, d50 size of sediment grains, and statistical analysis of basic sediment so that it can support port development plans. The methods used are taking sediment samples in the field, testing sediment samples in the laboratory, statistical sediment analysis, and descriptive analysis of basic sediment characteristics using the Gradistat method. Based on the results of the study, it is known that the water content value is 59.06%–210.046%, the specific gravity is 1.951 g/m³–2.494 g/cm³, the d50 value is 0.07 mm–0.16 mm, the average grain size is 64.0 µm–86.5 µm, moderately sorted sediment sorting, statistical analysis of platykurtic type sediment, and lithological type dominated by silt and sand. It is hoped that the results of this research can help manage sedimentation and design coastal building foundations and other structures appropriately and efficiently.

Keywords: bed load, coastal processes, coastal environment, sediment texture

PENDAHULUAN

Dalam perencanaan pengembangan pelabuhan 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).

Proses sedimentasi di pelabuhan sangat terkait erat dengan proses pengerukan pada tahap operasional pelabuhan karena pengerukan akan sangat mempengaruhi daya saing dari suatu pelabuhan karena dapat meningkatkan efisiensi antara 3-10%, biaya pelabuhan turun 1-24% dan pendapatan operator pelabuhan meningkat 3-19% (Rosyidi, 2015). Sebagai contoh biaya pengerukan untuk mengatasi pendangkalan di Pelabuhan Pulau Baai-Bengkulu yang mencapai Rp. 28-30 miliar/tahun (Supiyati *et al.*, 2011). Kecepatan pengendapan di Pelabuhan Pulau Baai sama dengan laju pembangunan breakwater yang panjangnya 390 m dari pantai padahal dalam desain jarak 400 m baru akan tercapai setelah 10 tahun tetapi pada kenyataannya baru 3 tahun endapan pasir sudah mencapai ujung breakwater (Hamdani, 2013).

Salah satu kondisi bawah laut yang penting untuk diketahui dalam perencanaan pembangunan bangunan pantai adalah sedimen dasar laut (Pasaribu *et al.*, 2021; Permana *et al.*, 2012; Siry, 1990). 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 (Ali *et al.*, 2017; Wahyudi & Jupantara, 2004). 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 (Ansari *et al.*, 2020; Dwinanto *et al.*, 2017).

Faktor lain yang mempengaruhi distribusi sedimen adalah pasang surut dan debit muara sungai (Andayani *et al.*, 2020; Dwianti *et al.*, 2017). 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 & Wibowo, 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 (Liu *et al.*, 2023; Rifardi, 2008). Distribusi dan ketidakhomogenan gradasi sedimen dapat dijadikan indikator perilaku pada aliran sedimen di suatu wilayah (Anggraini *et al.*, 2020; Junaidi & Wigati, 2011; Nugroho & Basit, 2014; Rachman *et al.*, 2021).

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 (Rachman & Armono, 2023). 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 & Surbakti, 2012; Muhandi *et al.*, 2022). 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 pengembangan pelabuhan Patimban secara numerik (Rachman *et al.*, 2024).

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, 2008a). (4) Analisis gradasi tanah dalam sedimen dasar, dengan menggunakan metode SNI 3423:2008 Cara uji analisis ukuran butir tanah (BSN, 2008b). (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.

Pengambilan sampel sedimen dilaksanakan dengan metode *purposive sampling* dan tersebar di perairan Patimban. Sampel diambil sebanyak 12 sampel, pada bulan September 2019 dengan luas 3,8 ha, selanjutnya pengujian laboratorium dilaksanakan pada bulan Oktober 2019. Lokasi pengambilan sampel dan titik koordinat penelitian tersaji pada Gambar 1 dan Tabel 1.

Kajian mengenai karakteristik sedimen dasar akan digunakan sebuah metode statistik bernama Gradistat, sebuah program yang diusulkan oleh (Blott, 2010; Blott & Pye, 2001) dan dikembangkan oleh *Kenneth Pye Associates Ltd. Software* Gradistat dijalankan dalam program *Microsoft Excel*. Gradistat yang digunakan adalah 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; Blott & Pye, 2001). 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 (Nazir, 1983; Rachman & Wibowo, 2019). Analisis statistik ukuran partikel secara umum dinyatakan dalam empat parameter, yaitu *mean*, *sorting*, *skewness* dan *kurtosis*. 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 metode momen (MM) dan metode grafis (MG), keunggulan metode Gradistat ini jauh lebih mudah dalam hal penggunaannya dikarenakan mengkompilasi kedua metode tersebut dan Gradistat tidak berbayar, sehingga membuatnya menjadi nilai tambah. Metode ini sangat erat kaitannya dengan tujuan penelitian yaitu mengetahui 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 pengembangan pelabuhan

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di sekitar perairan Patimban, Subang, Jawa Barat (Gambar 1), di lokasi ini telah dibangun sebuah pelabuhan. 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.

Kadar Air Tanah

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).

$$\begin{aligned} \text{Kadar air } w &= \frac{\text{massa air}}{\text{massa tanah kering}} \times 100\% \\ &= \frac{M_1 - M_3}{M_3 - M_1} \times 100\% \end{aligned}$$

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 diabsorpsi tanah (Rachman *et al.*, 2023a). 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 lanau umumnya lebih mudah basah dari pada tanah-tanah bertekstur pasir (Hardjowigeno, 2003; Salam, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

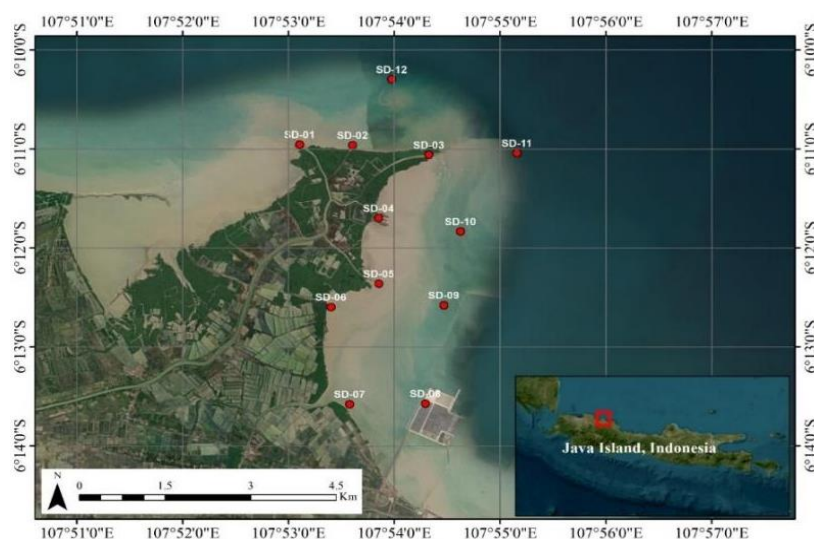
Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada tahun 2019 di Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah, Balai Teknologi Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, maka diketahui karakteristik sedimen dasar laut di perairan Patimban.

Kadar air tanah yang terdapat di daerah penelitian berkisar antara 59,06 % - 210,046 % (Gambar 2). Kadar air tertinggi berada di titik SD-12 = 210,046 % berlokasi di perairan Ujung Pamanukan dan terendah berada di titik SD-05 = 59,06 % berlokasi di perairan muara anak Sungai Cipunagara.

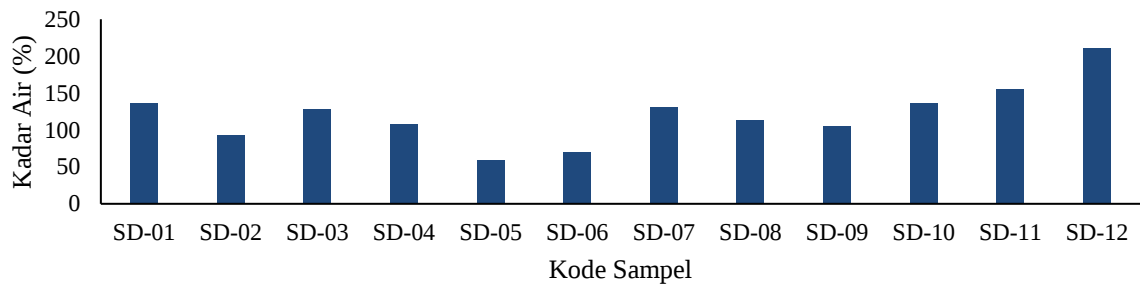
Berat jenis (*specific gravity*) tanah sedimen adalah rasio besar butir partikel sedimen terhadap berat volume air (Ponce, 1989; Rashid *et al.*, 2017). Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65 g/m³, kecuali untuk sedimen dengan komposisi material berat seperti magnetit diperkirakan berat jenisnya sekitar 5,18 g/cm³ (Hambali & Apriyanti, 2016). Berat jenis sedimen dasar yang terdapat di daerah penelitian berkisar antara 1,951 g/m³ – 2,494 g/cm³ (Gambar 3).

Tabel 1. Titik Koordinat Pengambilan Sampel Sedimen Dasar Laut

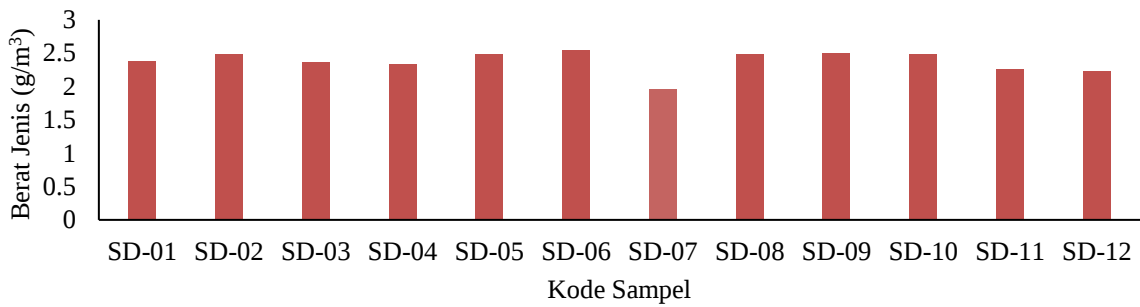
Kode	Kedalaman (m)	Tanggal	Jam	X	Y
SD - 01	1	18/09/2019	10:35	819315 m E	9315746 m S
SD - 02	1	18/09/2019	11:47	820238 m E	9315727 m S
SD - 03	1	18/09/2019	13:09	821570 m E	9315541 m S
SD - 04	1	18/09/2019	09:36	820686 m E	9314366 m S
SD - 05	1	18/09/2019	09:21	820682 m E	9313144 m S
SD - 06	1	18/09/2019	08:58	819846 m E	9312713 m S
SD - 07	1	18/09/2019	08:23	820162 m E	9310901 m S
SD - 08	3	18/09/2019	07:55	821484 m E	9310904 m S
SD - 09	4	17/09/2019	11:30	821816 m E	9312737 m S
SD - 10	4	19/09/2019	10:20	822113 m E	9314110 m S
SD - 11	7	20/09/2019	09:10	823108 m E	9315567 m S
SD - 12	4	18/09/2019	11:25	820927 m E	9316952 m S



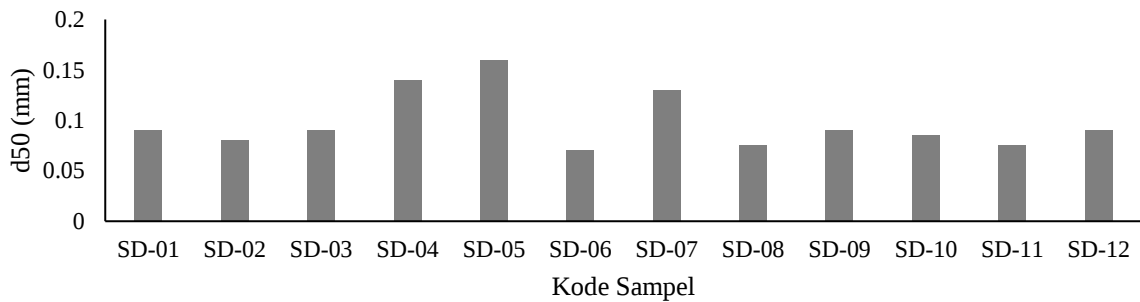
Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Dasar



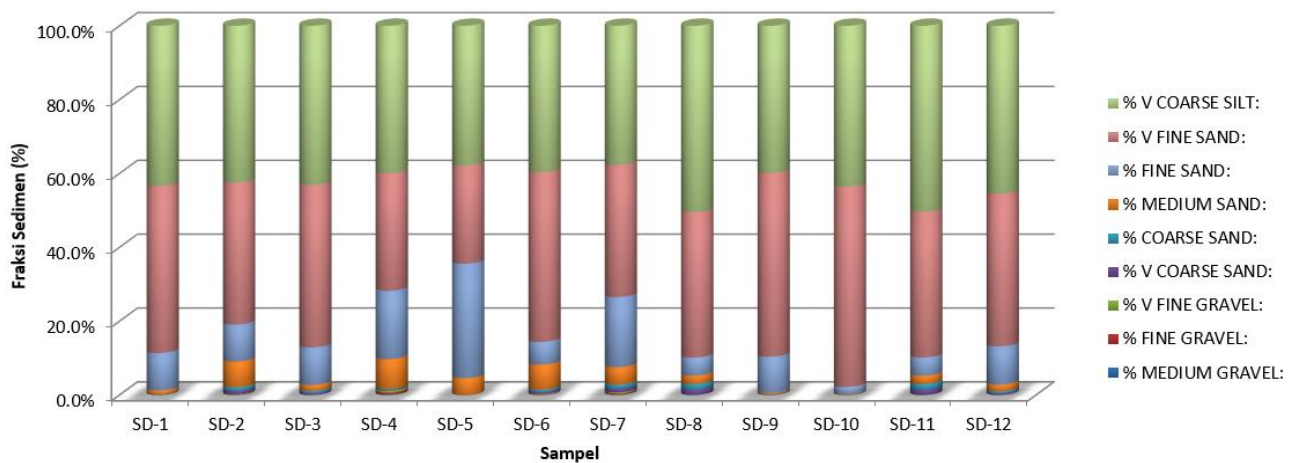
Gambar 2. Kadar Air Sedimen Dasar



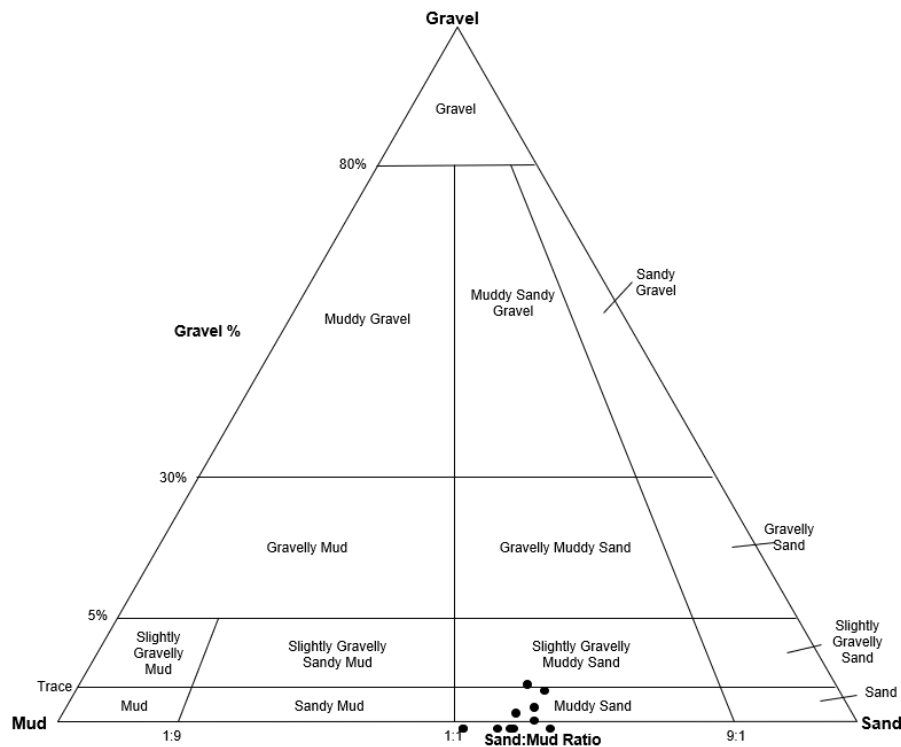
Gambar 3. Berat Jenis Sedimen Dasar



Gambar 4. D50 Sedimen Dasar



Gambar 5. Grafik Distribusi Fraksi Sedimen Dasar



Gambar 6. Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen Berdasarkan Segitiga Sheppard (1954)

Sedimen ini tergolong ringan dikarenakan adanya kemungkinan mengandung mineral silikat (SiO_2) 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 muara Sungai Tanjung Cibodo (SD-07), dengan nilai $1,951 \text{ g/cm}^3$, 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 d_{50} dari ukuran butirnya (lihat Gambar 4), sebagian besar sedimen dasar laut di daerah penelitian tergolong ke dalam lanau (silt) yaitu SD-01, SD-02, SD-03, SD-06, SD-08,

SD, 09, SD-10, SD-1 dan SD-12 dan sedikit yang tergolong pasir sangat halus (*very fine sand*) yaitu SD-04, SD-05 dan SD-07. Nilai d_{50} terkecil yaitu SD-06 yang terletak di selatan perairan Tanjung Jaya. Nilai d_{50} terbesar yaitu yang terletak di perairan muara Sungai Cipunagara.

Untuk mengetahui tingkat gradasi butir sedimen (variasi ukuran butir sedimen) dapat dilihat berdasarkan nilai d_{90}/d_{10} dimana semakin besar nilai d_{90}/d_{10} 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 dikarenakan memiliki nilai d_{90}/d_{10} antara 2-6 (Hardiyatmo, 2002) (Gambar 8).

Berdasarkan hasil analisis ukuran butir sedimen (gradasi) diketahui bahwa lithologi sebagian besar sedimen dasar laut di daerah penelitian berupa lanau (silt) dengan sedikit pasir sangat halus (Gambar 4 dan Gambar 5). Sedimen di daerah penelitian didominasi oleh fraksi *sand* yang berkisar antara 49,6 % - 62,2 %, lalu fraksi *mud* yang berkisar antara 37,6 % - 50,4 % dan fraksi *gravel* antara 0 % - 1,2 % (Gambar 9). Hal ini sesuai dengan tiga hasil penelitian lainnya di lokasi sekitar daerah penelitian yang menyatakan bahwa sedimen dasar di perairan Patimban

didominasi oleh sedimen lanau dan lempung (Firismanda *et al.*, 2017), lalu (Maris *et al.*, 2017) menyatakan ukuran butir di perairan Patimban antara 0,0039 - 0,0625 mm (lempung dan lanau) dan peneliti lainnya yang menyatakan bahwa sedimen dasar di perairan Patimban memiliki ukuran d50 antara 0,09–0,35 mm (Wibowo, 2018). Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh arus yang kecil pada lokasi-lokasi dengan sedimen dasar yang lebih halus butirannya.

Daerah dengan kuat arus perairan yang kecil dicirikan dengan butiran sedimen yang halus karena partikel halus akan terbawa dan menyebar ke area lain. Sehingga sedimen yang berukuran halus akan diendapkan pada lokasi yang jauh dari sumbernya (Rifardi, 2008; Rachman *et al.*, 2023b; Rachman *et al.*, 2023d). Hasil penelitian ini relatif sama dengan hasil penelitian-penelitian diatas. 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 2, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.

Hasil Analisis Statistik Deskriptif 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 rerata (*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 menunjukan tingkat kepuncakan atau kedataran kurva distribusi berbanding terhadap distribusi normal (Dyer, 1996; Oyedotun, 2022). Persamaan dan metode analisis statistik sedimen dan klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Folk dan Ward (Blott, 2010; Blott & Pye, 2001; Folk & Ward, 1957). Hasil pengukuran nilai statistik dari ukuran butiran sedimen dapat dilihat pada Gambar 8.

Ukuran Rerata Butir Sedimen (*Mean*)

Ukuran butiran rerata 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).

Secara keseluruhan, untuk ukuran butir rerata sedimen di daerah penelitian berkisar antara 64,0 μm - 86,5 μm . Sedimen tersebut tergolong dalam klasifikasi pasir sangat halus (*very fine sand*) (lihat Gambar 8). (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 mengangkur 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 *et al.*, 2021). Semakin kecil nilai sortasi maka ukuran butir sedimennya semakin seragam, sebaliknya semakin besar nilai sortasi maka ukuran butir sedimennya semakin tidak seragam. Penyortiran dapat menunjukan batas ukuran partikel, jenis sedimen, karakteristik aliran sedimen, dan lamanya waktu pengendapan 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; Blott & Pye, 2001).

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.

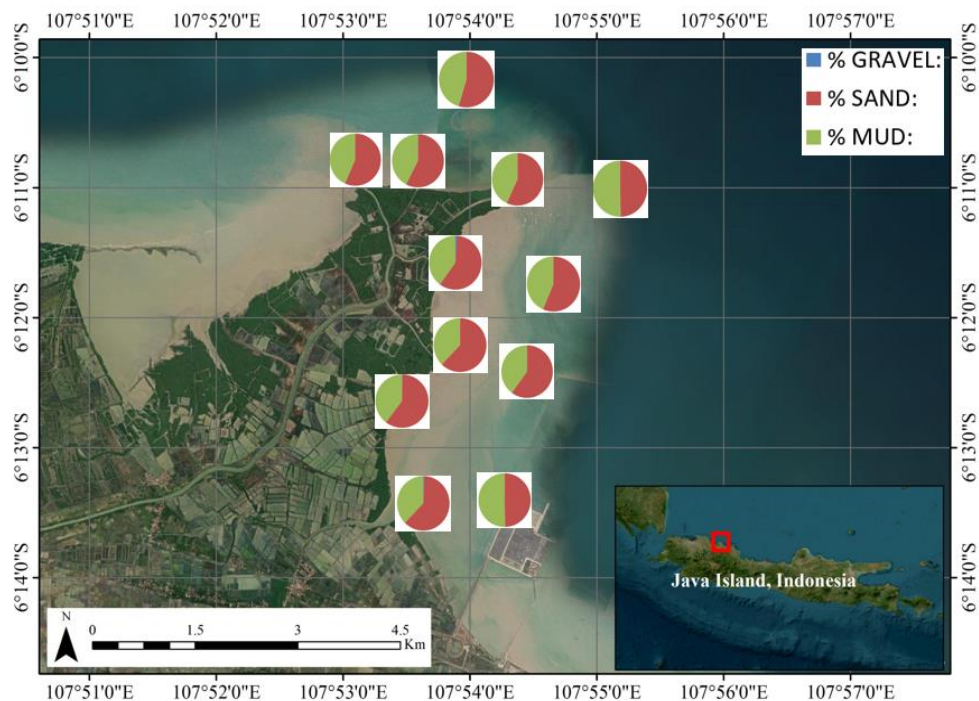
Berdasarkan analisis pemilahan butir sedimen ini di daerah penelitian, tergolong dalam *moderately sorted* (terpilah cukup) lihat Gambar 9. Hal ini menunjukan bahwa kekuatan arus pada perairan tersebut stabil, dimana pada kondisi waktu

tertentu terjadi arus dengan kekuatan yang stabil dan tidak berubah. Hal ini dapat terjadi

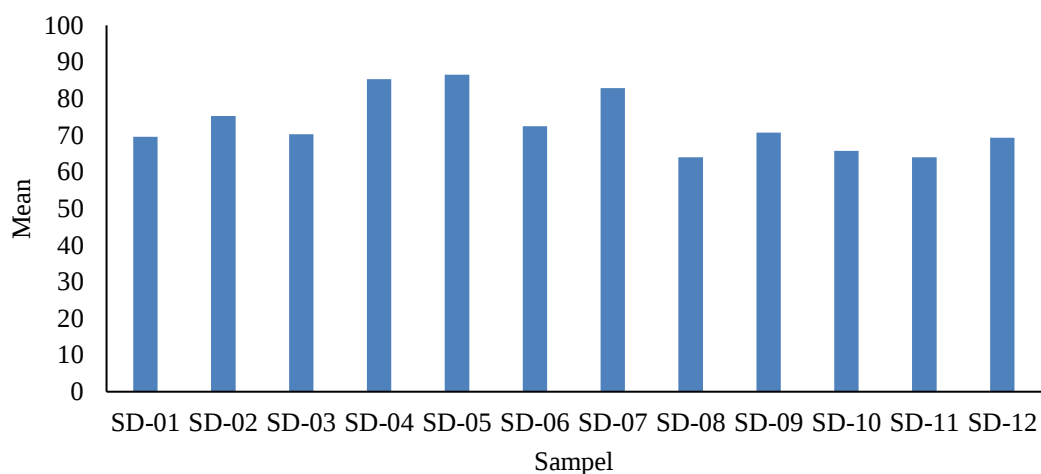
dikarenakan oleh pengaruh debit sungai yang masuk ke perairan laut di sekitar daerah penelitian.

Tabel 2. Hasil Analisis Tekstur Sedimen Dasar

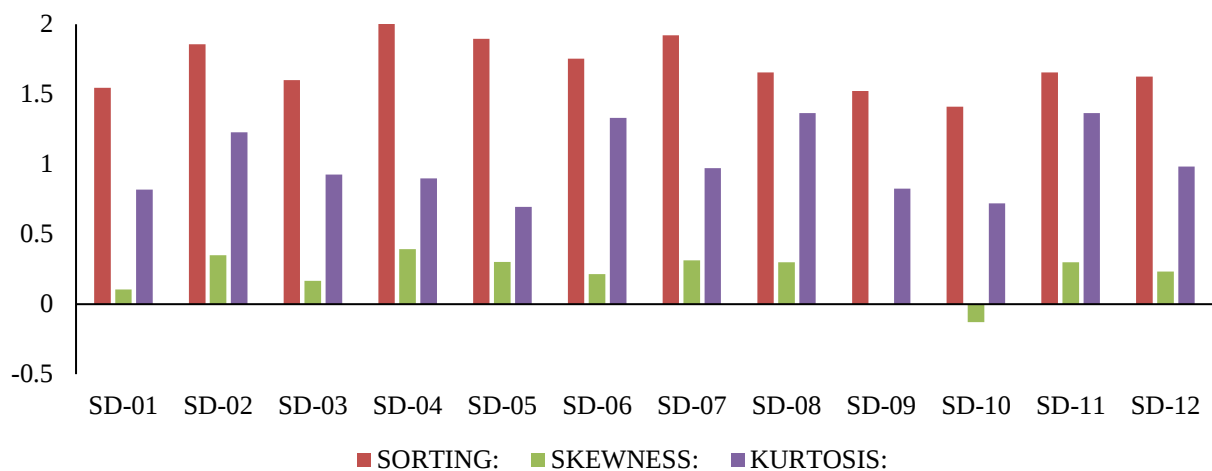
SD-01	SD-02	SD-03	SD-04	SD-05	SD-06	SD-07	SD-08	SD-09	SD-10	SD-11	SD-12
Muddy Sand	Slightly Gravelly Muddy Sand	Muddy Sand	Slightly Gravelly Muddy Sand	Muddy Sand	Slightly Gravelly Muddy Sand	Slightly Gravelly Muddy Sand	Sandy Mud	Slightly Gravelly Muddy Sand	Muddy Sand	Sandy Mud	Muddy Sand



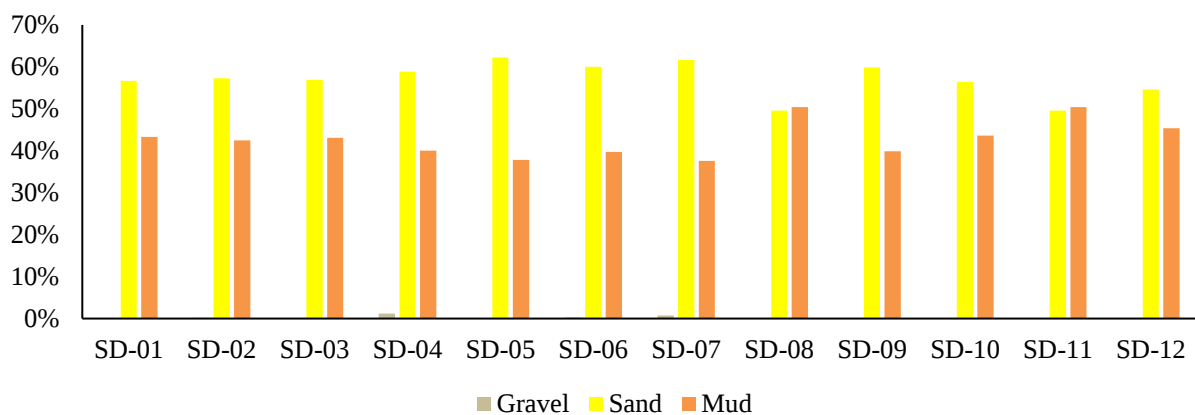
Gambar 7. Peta Distribusi Fraksi Sedimen Dasar di Setiap Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 8. Grafik Hasil Analisis Statistik Butiran Sedimen (*Mean*)



Gambar 9. Grafik Hasil Analisis Statistik Butiran Sedimen (*Sorting*, *Skewness* dan *Kurtosis*)



Gambar 10. Grafik Presentase Sedimen

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. Berdasarkan hasil analisis statistik, sedimen dasar di daerah penelitian tergolong menjadi satu yaitu bernilai negatif dikarenakan dari 12 sampel terdapat 10 sampel negatif dan hanya 2 sampel yg positif. Untuk yang bernilai negatif tergolong *very*

coarse skewed – *coarse skewed* dan untuk yang bernilai positif tergolong *fine skewed* – *symmetrical* (lihat Gambar 9). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan perairan pada daerah penelitian terdiri dari satu buah dominasi yaitu 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 *platykurtic* (5 sampel), *leptokurtic* (4 sampel) dan *mesokurtic* (3 sampel) (Gambar 9). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ukuran butir sedimen tertentu yang mendominasi sedimen di daerah penelitian, yaitu ukuran butir sedimen pasir sangat halus.

Implikasi hasil diatas terhadap pengembangan pelabuhan adalah jika tergolong *platykurtic* mungkin memiliki keuntungan dalam hal stabilitas batimetri pelabuhan. Hal ini karena butir sedimen cenderung memiliki ukuran yang lebih beragam, yang dapat mengurangi frekuensi pengerukan yang diperlukan untuk menjaga kedalaman pelabuhan.

KESIMPULAN

Gradistat ini dapat merepresentasikan karakteristik sedimen secara fisik. Sebagian besar sedimen dasar di daerah penelitian ukuran butirnya tergolong lanau (*silt*) – pasir sangat halus (*very fine sand*). Fraksi didominasi oleh pasir yang berkisar antara 49,6 % - 62,2 %. Gradasi sedimen dasar sebagian tergolong baik (terdapat variasi ukuran butir). Ukuran rerata butir sedimen antara 64,0 μm - 86,5 μm . Sortasi tergolong dalam *moderately sorted* (terpilah cukup), kondisi lingkungan didominasi oleh populasi sedimen yang condong berbutir halus dengan arus relatif lemah. Sedimen dasar di daerah penelitian tergolong tipe *platykurtic*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ukuran butir sedimen tertentu yang mendominasi sedimen di daerah penelitian, yaitu ukuran butir sedimen pasir sangat halus.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada jajaran manajemen dan staf Pusat Riset Teknologi Hidrodinamika PRTH-BRIN, tim survei topo-hidro BTIPDP-BPPT tahun 2019, tim Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah BTIPDP-BPPT tahun 2019, serta kepada seluruh pelaksana kegiatan Layanan Teknologi Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai untuk Mendukung Bidang Maritim dan Transportasi : Suvei Pengembangan dan Perencanaan Pelabuhan Patimban Tahun Anggaran 2019.

DAFTAR PUSTAKA

Affandi, A. K., & Surbakti, H. 2012. Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Pesisir Banyuasin,

Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 4(1): 33–39.

Ali, M.N., Hariadi, & Satriadi, A. 2017. Analisa Pengaruh Arus Terhadap Sebaran Sedimen Dasar di Pantai Ujungnegero Batang, Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*, 6(1): 288–294.

Andayani, D., Suryoputro, A.A.D., Atmodjo, W., Satriadi, A., & Subardjo, P. 2020. Studi Tranpor Sedimen di Perairan Muara Sungai Bodri, Kabupaten Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3): 1–10.

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 Distribution Sediment of Bedload at the Estuary Waters Mempawah, West Borneo. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2): p.48.

Blott, S.J. 2010. Gradistat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. In *Earth Surface Processes and Landforms*.

Blott, S. J., & Pye, K. 2001. Gradistat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for The Analysis of Unconsolidated Sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11): 1237–1248. doi: 10.1002/esp.261

BPPT. 2021. Standar Petunjuk Pengujian Mekanika Tanah. Edisi-4, Revisi-0, ND:SPP.BTIPDP.LUG.01.02.

BSN. 2008a. SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah.

BSN. 2008b. SNI 3423:2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah.

BSN. 2019. SNI 6989.3:2019 Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solids) Secara Gravimetri. In BSN (Ed.), Badan Standarisasi Nasional. Badan Standarisasi Nasional. http://lib.atk.ac.id/index.php?p=show_detail&id=7467&keywords=

Diposaptono, S. 2011. Mengantisipasi Bencana Gempa Bumi, Tsunami, Banjir, Abrasi, Pemanasan Global dan Semburan Lumpur Sidoarjo : Sebuah Kumpulan Pemikiran. Penerbit Buku Ilmiah Populer.

Dwianti, R.F., Widada, S., & Hariadi. 2017. Distribusi Sedimen Dasar Di Perairan Pelabuhan Cirebon. *Jurnal Eseanografi*, 6(1): 228–235.

- Dwinanto, A.W., Purba, N.P., Harahap, S.A., Mega, D., & Syamsudin, L. 2017. Pola Arus Dan Transpor Sedimen Pada Kasus Pembentukan Tanah Timbul Pulau Puteri Kabupaten Karawang. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 8(2): 152–160.
- Dyer, K.R. 1996. Coastal and Estuarine Sediment Dynamics. John Wiley and Sons Ltd.
- Firismanda, H.F.F., Widada, S., & Muslim. 2017. Analisis Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Patimban Subang Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 6(4): 534–542.
- Folk, R.L., & Ward, W.C.W. 1957. Brazos River Bar: A Study in The Significance of Grain Size Parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1):3–26.
- Friedman, G. 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.
- Hamdani. 2013. Kajian Teknologi Sand by Passing Penanggulangan Sedimentasi dan Erosi Pantai Bengkulu (Pelabuhan Pulau Baai). *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 19(1): 77–87.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah I. Gadjah Mada University Press.
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo.
- 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.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2016. Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor : KP 190, Tentang Pengesahan Dokumen Pra Studi Kelayakan (Pra FS) Pembangunan Pelabuhan Baru di Pantai Utara Jawa Barat dan Studi Kelayakan (FS) Pembangunan Pelabuhan Patimban di Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat.
- 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
- Maris, M.R., Handoyo, G., & Atmodjo, W. 2017. Studi Sedimentasi Pada Perencanaan Pengembangan Pelabuhan Patimban, Subang. *Jurnal Oseanografi*, 6(3): 449–454.
- Melisa, W., Hariyadi, Widada, S., Indrayanti, E., Sugianto, D.N., Usmunarti, D.H., & Yusuf, M. 2020. Studi Pengaruh Longshore Current Terhadap Abrasi di Pantai Moro, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(04): 1–10.
- Muhardi, M., Nurrahman, Y.A., Risiko, R., Muliadi, M., Rahayu, K., & Susiati, H. 2022. Statistical Parameters Analysis Of Sediment Grain Size From Raya River Bengkayang Regency, West Borneo. *Bulletin Of The Marine Geology*, 36(2): p.380938. doi: 10.32693/bomg.36.2.2021.726
- Nazir, M. 1983. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia.
- 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.
- Oyedotun, T.D.T. 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.
- Permana, H., Hariadi, & Rochaddi, 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.
- Purba, J. R., Setiyono, H., Atmodjo, W., Muslim, & Widada, S. 2022. Pengaruh Kondisi Oseanografi Terhadap Pola Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Mangunharjo, Kota Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 01: 77–87.
- 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. 2022. Kajian Sedimen Tersuspensi di Muara Sungai Jelitik untuk Mendukung Pengembangan Kawasan Ekonomi Khusus Sungailiat, Kabupaten Bangka. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(3): 255–262.
- Rachman, R.A., Wibowo, M., Wiguna, E.A., Nugroho, S., Madyani, & 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., Widagdo, A.B., Rahili, N., Yuniardi, R.C., Suharyanto, HHR., Hamid, A., Subarkah, A., Suranto., & Khoirunnisa, H. 2024. Sediment Characteristics to Support The Revitalization of TPPI Tuban Port, East Java, Indonesia. *Bulletin of the Marine Geology*, 39(1):28-41. doi: 10.32693/bomg.39.1.2024.874
- Rachman, R.A., Armono, H.D., Wibowo, M., Istiyanto, D.C., & Widagdo, A.B. 2023a. Study of Sediment Distribution in Tanjung Pasir Banten Based on Bed Load Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1224: p012022 doi: 10.1088/1755-1315/1224/1/012022
- Rachman, R.A., Armono, H.D., Wibowo, M., & Istiyanto, D.C. 2023b. Studi Karakteristik Sedimen Dasar Perairan Tanjung Pasir Banten menggunakan Metode Gradistat. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(2): 200–212.
- Rachman, R.A., & Armono, H.D. 2023. Studi Pola Sebaran Sedimen Perairan Tanjung Pasir Banten berdasarkan Data Total Suspended Solid. *Journal of Marine Research*, 12(2): 221-229. doi: 10.14710/jmr.v12i2.35374
- Rachman, R.A., Armono, HD., Istiyanto, DC., Wardani, KS., Khoirunnisa, H., & Wijayanti, R. 2023d. Study of Current Patterns in Tanjung Pasir Banten for Supporting the NCICD SeaWall Development Plan. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 8(1): 1-9. doi: 10.25299/jgeet.2023.8.1.10801
- 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.
- Rifardi. 2012. *Ekologi Sedimen Laut Modern*. UNRI Press.
- Rosyidi, H. 2015). *Analisis Dampak Pengerukan Alur Pelayaran Pada Daya Saing Pelabuhan, Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*.
- Salam, A.K. 2020. *Ilmu Tanah* (2nd ed., Vol. 2). Global Madani Press. www.globalmadani.sch.id
- Siry, H.Y. 1990. Studi Sebaran Sedimen Dasar Dan Pendangkalan Di Pelabuhan Minyak (Oil Wharves) Pt Caltex Pacific Indonesia Dumai, Riau Pascapengerukan 1990 Study And Distribution In Oil Ports Shallowing Sediments (Oil Wharves) Pt Caltex Pacific Indonesia Dumai, Riau 1990 Post-Dredging. *Widyariset*, 14(3): 643–650.
- Supiyati, Suwarsono, & Setiawan, I. 2011. Angkutan Sedimen Penyebab Pendangkalan Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu Dengan Model Diskritisasi Dinamika Oseanografi. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*, V–11(2): 172–180.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai* (8th Edition 2016). Beta Offset.
- Umar, H., Baeda, A.Y., Husain, F., & Taufiqurrahman. 2020. Study of Longshore Sediment Transport on Erosion and Sedimentation Beaches in South Sulawesi. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875(1): p012075 doi: 10.1088/1757-899X/875/1/01 2075
- Volkov, D.S., Rogova, O.B., & Proskurnin, 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(9): p.1879.. https://doi.org/10.3390/agronomy11091879
- Wahyudi, & Jupantara, D.I. 2004. Studi Simulasi Sedimentasi Akibat Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Teknologi Kelautan*, 8(2): 74–85.
- Wibowo, M. 2018. Study Of Sedimentation In The Water Of Patimban Port Development Plan Using Computation Modeling. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(1): 1–14. doi: 10.15578/jkn.v1i1.6270