

KAJIAN KARAKTERISTIK SEDIMEN DASAR LAUT UNTUK MENDUKUNG RENCANA PEMBANGUNAN PELABUHAN PATIMBAN

STUDY OF SEA BOTTOM SEDIMENT CHARACTERISTIC TO SUPPORT PATIMBAN PORT DEVELOPMENT PLAN

Reno Arief Rachman, Mardi Wibowo

Balai Teknologi Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai
Jl. Grafika No. 2, SEKIP, Yogyakarta (55284), Telp. 0274-586239, Fax. 0274-542789
E-mail: reno.arief@bppt.go.id; mardi.wibowo@bppt.go.id

Diterima : 29-07-2019, Disetujui : 10-10-2019

ABSTRAK

Pembangunan pelabuhan internasional Patimban di Subang sudah sangat mendesak. Pelabuhan ini 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 perencanaan pelabuhan salah satu permasalahan utama dari aspek fisik kimia yang harus diketahui adalah permasalahan proses sedimentasi dan erosi. Proses sedimentasi dan erosi sangat terkait dengan karakteristik sedimen dasar. Selama ini kajian sedimentasi di sekitar lokasi rencana pembangunan Pelabuhan Patimban ini belum banyak dilakukan, oleh karena itu sebagai kajian awal dilakukanlah kajian karakteristik sedimen dasar laut di perairan tersebut. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran karakteristik sedimen dasar laut seperti berat jenis, tekstur sedimen, ukuran d50 butir sedimen dan analisis statistik sedimen dasar khususnya di musim timur. Metode yang dipakai dalam kajian ini adalah pengambilan sampel sedimen di lapangan, analisis laboratorium, analisis statistik butir sedimen dan analisis deskriptif untuk menggambarkan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antara fenomena yang diselidiki. Berdasarkan hasil kajian ini diketahui bahwa berat jenis sedimen berkisar antara 2,130-2,227 gr/cm³ (sedimen ringan), sedimennya tergolong pasir sedang (medium sand) dengan campuran kerikil yang cukup banyak dan hanya sedikit yang tercampur dengan lumpur (gravelly sand), gradasinya tergolong baik. Berdasarkan hasil analisis statistik diketahui bahwa ukuran rerata butir sedimen di perairan Pelabuhan Patimban berkisar antara 147,1 - 1730 μ m (medium sand) dan pasir sangat kasar (very coarse sand), sedimen terpilah buruk, skewnes-nya kasar dan bernilai negatif, tipe kurtosis leptokurtic – very leptokurtic.

Kata Kunci : sedimen dasar, pelabuhan Patimban, tekstur sedimen, analisis statistik sedimen, d50

ABSTRACT

The development of the international port of Patimban in Subang is very urgent. The port is expected to support the Tanjung Priok port in Jakarta which is unable to meet the loading and unloading needs of business operators, especially in West Java. In port development planning one of the main problems of physical chemical aspects is sedimentation and erosion process. The process of sedimentation and erosion is strongly related to the characteristic of the basic sediments. Until now, study of sedimentation around the Patimban Port development plan has not been done, therefore as a preliminary study conducted a study of the characteristics of bottom sea sediments in Patimban's waters. The purpose of this study was to find out the distribution patterns of bed sediment characteristics such as specific gravity, sediment texture, d50 sediment grain size and basic sediment statistical analysis especially at east season. The methods used in this study are field sediment sampling, laboratory analysis, sediment statistics analysis and descriptive analysis to systematically, factually and accurately describe the facts, properties and relationships between the phenomena under investigation. Based on the results of this study it is known that the density in the range of 2,130-2,227 gr/cm³ (light sediment), the sediment is classified as medium sand and gravelly sand, the gradation is good. Based on the results of statistical analysis it is known that the average size of sediment grains in Patimban Port waters ranged between 147,1 - 1730 μ m (medium sand and very coarse sand), poorly sorted sediments, the value of skewnes is rough and negative, the type of kurtosis is leptokurtic - very leptokurtic.

Keywords : bed sediment, Patimban port, sediment texture, sediment statistical analysis, d50

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan transportasi laut di pantai utara Jawa sangat besar dan saat ini sebagian besar dilayani melalui Pelabuhan Tanjung Priuk di Jakarta. Sesuai hasil Pra Studi Kelayakan Pengembangan Pelabuhan Baru di Pantai Utara Jawa Barat, Pelabuhan Patimban secara teknis (dari biaya pengerukan dan reklamasi), kriteria alur dan keselamatan pelayaran merupakan lokasi paling layak untuk menggantikan Pelabuhan Cilamaya sebagai alternatif untuk membagi beban kerja Pelabuhan Tanjung Priuk (Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan-Direktorat Jenderal Perhubungan Laut-Kementerian Perhubungan, 2016; Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2016). Pengembangan Pelabuhan Patimban meliputi Desa Patimban, Desa Kalentambo, Desa Gempol, Desa Pusakaratu, dan Desa Kotasari di Kecamatan Pusakanagara, Kabupaten Subang (lihat Gambar 1). Pembangunan pelabuhan internasional Patimban di Kec. Pusakanagara-Subang sudah sangat mendesak. Sebab, para pelaku dunia usaha, baik ekportir dan importir yang berada di Jawa Barat, saat ini sudah mengeluh dengan tingginya ongkos bongkar muat pelabuhan Tanjung Priuk.

Dalam perencanaan pelabuhan salah satu permasalahan utama (*main issues*) dari aspek fisik kimia yang harus diketahui adalah permasalahan proses sedimentasi dan erosi (Fandell, 2012). Semua bangunan pantai yang menjorok ke laut termasuk dermaga pelabuhan akan mengganggu keseimbangan transportasi sedimen sejajar pantai (*longshore current*) sehingga bangunan tersebut dapat mengurangi atau menghentikan pasokan sedimen (Diposaptono, 2011). Salah satu kondisi bawah laut yang penting untuk diketahui dalam perencanaan pembangunan dan pengembangan pelabuhan adalah sedimen dasar laut (Permana *et al.*, 2012; Siry, 2011). 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 *et al.*, 2015). Sebagai contoh biaya pengerukan untuk

mengatasi pendangkalan di Pelabuhan Pulau Baai-Bengkulu yang mencapai Rp. 28-30 milyar/tahun (Supiyati *et al.*, 2016).

Transpor sedimen sepanjang pantai menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya, sehingga prediksi transpor sedimen sepanjang pantai sangat penting untuk dilakukan (Triatmodjo, 1999). Transpor sedimen di daerah dekat 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 pantai tertutup adalah fluktuasi muka air laut karena pasang surut. Arus pasang surut juga efektif bila bekerja di daerah muara, mulut teluk atau selat yang terlindung 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. Arus yang ditimbulkan oleh pasang surut cukup kuat untuk membawa material sedimen dalam jumlah yang cukup besar (Wahyudi, *et al.*, 2004). Sedangkan untuk pantai yang terbuka selain arus akibat pasang surut, energi gelombang juga sangat berpengaruh terhadap proses sedimentasi di suatu kawasan pantai. Menurut Rifardi (2012) faktor yang mempengaruhi sedimentasi yang paling dominan adalah arus dan gelombang. Faktor lain yang mempengaruhi distribusi sedimen adalah pasang surut dan muara sungai (Dwianti *et al.*, 2017). Distribusi fraksi sedimen penting untuk diketahui guna menganalisa proses pendangkalan tersebut. Menurut Khatib (2013) sifat sedimen yang sangat mempengaruhi laju transpor sedimen di sepanjang



Gambar 1. Daerah kajian

pantai adalah distribusi dan gradasi butir, keohesifitas bentuk, ukuran dan densitas. Karakteristik sedimen seperti ukuran sedimen, jenis fraksi, penggolongan dalam parameter sedimen dan sebaran sedimen dapat menggambarkan kondisi lingkungan pengendapan dari beberapa faktor oseanografi yang mempengaruhi pengendapan sedimen di sekitarnya (Rifardi, 2008). Distribusi dan ketidakseragaman ukuran butiran sedimen dapat dijadikan indikator perilaku pada aliran sedimen di suatu wilayah perairan (Junaidi & Wigati, 2011; Nugroho & Basit, 2014).

Selama ini kajian tentang sedimentasi di sekitar lokasi rencana pembangunan Pelabuhan Patimban ini belum banyak dilakukan, oleh karena itu sebagai kajian awal dilakukanlah kajian tentang karakteristik sedimen dasar di perairan sekitar rencana pembangunan Pelabuhan Patimban. Pada dasarnya sedimentasi di perairan laut selain akibat adanya pengendapan dari sedimen yang tersuspensi juga karena pergerakan sedimen dasar yang ada di perairan tersebut. 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 (*skewness*) dan kurtosis sering

digunakan (Affandi *et al.*, 2012). Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran karakteristik sedimen dasar laut seperti berat jenis, tekstur sedimen, ukuran d₅₀ butir sedimen dan analisis stastika sedimen dasar pada musim timur, karena pada musim ini (musim kemarau) pengaruh sedimen dari darat sangat kecil. Karakteristik ini sangat penting untuk kajian sedimentasi selanjutnya terutama untuk data masukan perhitungan kecepatan sedimentasi baik secara analitik maupun dengan pemodelan numerik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini bersifat deskriptif, yaitu bertujuan untuk membuat deskripsi atau gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antara fenomena yang diselidiki (Nasir, 1983).

Pengambilan contoh sedimen dilakukan dengan metode *purposive sampling* dan tersebar di perairan sekitar rencana pembangunan Pelabuhan Patimban. Sampel yang diambil sebanyak 11 buah dan diambil pada bulan Agustus 2017 (lihat Gambar 2).

Peralatan dan bahan yang digunakan adalah *sediment grabber*, kantong plastik sampel, spidol permanen & alat tulis, piknometer, saringan, timbangan, oven, desikator (alat pendingin), termometer, bak perendam, tungku listrik, botol, hidrometer, gelas silinder, cawan porselen, alat pengaduk suspensi, *stopwatch*, *sieve shaker*, air suling (aquades), bahan dispersi.

Tahapan pelaksanaan kajian secara berurutan adalah sebagai berikut :

- Survei lapangan untuk pengambilan sedimen dasar dengan *sediment grabber*.
- Penyiapan sampel sedimen dasar untuk dianalisis di laboratorium.
- Uji laboratorium kadar air dalam sedimen dasar laut, metode uji yang digunakan adalah SNI 03-1965-1990 – Metode Pengujian Air Tanah (BSN, 1992)
- Uji laboratorium berat jenis sedimen dasar laut, metode uji yang digunakan adalah RSNI 03-1964-1990 – Metode Pengujian Berat Jenis Tanah (BSN, 1992)
- Uji laboratorium ukuran butir sedimen dasar laut, metode uji yang digunakan ASTM D 422-63.(ASTM, 1998)
- Analisis karakteristik sebaran sedimen dasar laut di Patimban.



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel sedimen dasar laut

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis di laboratorium mekanika tanah BTIPDP-BPPT maka diketahui karakteristik sedimen dasar laut di perairan Pelabuhan Patimban sebagai berikut :

Berat Jenis

Berat jenis (*specific gravity*) sedimen adalah rasio berat butir partikel sedimen terhadap berat volume air (Ponce, 1989). Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65, kecuali untuk material yang berat seperti magnetit (berat jenis 5,18)(Hambali *et al.*, 2016). Berat jenis sedimen dasar yang terdapat di perairan Pelabuhan

Tabel 1. Berat jenis sedimen dasar di tiap lokasi

Kode Sampel	SD-01	SD-02	SD-03	SD-04	SD-05	SD-06	SD-07	SD-08	SD-09	SD-10	SD-11
Berat Jenis (g/cm ³)	2.172	2.183	2.191	2.201	2.165	2.163	2.155	2.130	2.142	2.227	2.172

Patimban berkisar antara 2,130-2,227 gr/cm³ (lihat Tabel 1). Sedimen ini tergolong ringan karena kemungkinan selain mengandung mineral silikat (SiO₂) juga banyak mengandung mineral organik (gambut atau humus) yang berat jenisnya rendah (Hardiyatmo, 2002). Pola sebaran berat jenis sedimen tidak teratur akan tetapi sedimen dengan berat jenis kecil sebagian besar berada di muara sungai (SD-06, SD-07, SD-08 dan SD-09), hal ini disebabkan pada saat pengambilan sampel pengaruh sedimen dari sungai yang kaya humus/gambut cukup dominan.

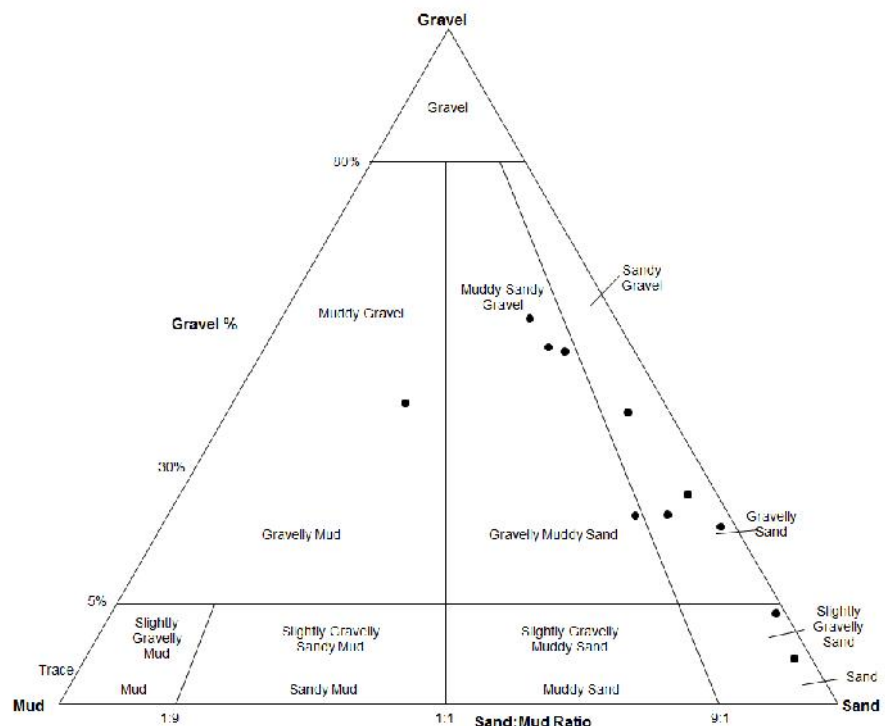
Tekstur Sedimen

Berdasarkan hasil analisis ukuran butir sedimen dan klasifikasi Segitiga Shepard diketahui bahwa sebagian besar sedimen dasar laut di perairan Pelabuhan Patimban berupa pasir dengan campuran kerikil yang cukup banyak dan hanya sedikit yang tercampur dengan lumpur (lihat Gambar 3). Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh arus yang

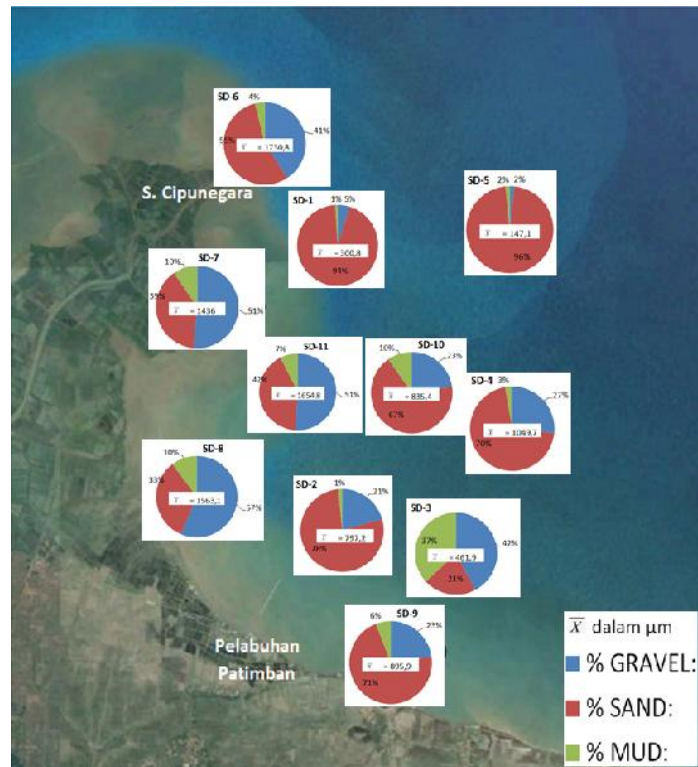
lebih kuat pada lokasi-lokasi dengan sedimen dasar yang lebih kasar. Daerah dengan kuat arus perairan yang kuat dicirikan dengan butiran sedimen yang kasar karena pertikel halus akan terbawa dan menyebar ke tempat lain. Hal ini berarti sedimen yang berukuran kasar akan diendapkan pada lokasi yang tidak jauh dari sumbernya (Rifardi, 2008). Hasil analisis butir sedimen menunjukkan bahwa sedimen di perairan Pelabuhan Patimban didominasi oleh fraksi pasir yang berkisar antara 20,8% - 96,6%, kemudian fraksi kerikil antara 1,7% - 50,8% dan fraksi lumpur antara 1 - 36,9% (lihat Gambar 4 dan Tabel 2). Hal tersebut diperkuat dengan hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa sedimen dasar di perairan Patimban didominasi oleh lempung lanau-pasir lempungan (JICA, 2017).

Secara lebih rinci fraksi pasirnya secara umum didominasi oleh fraksi pasir sedang. Komposisi dan prosentase kerikil, pasir, lanau dan lumpur dari setiap sampel sedimen disajikan pada Tabel 2, Gambar 4 dan Gambar 5 di bawah ini.

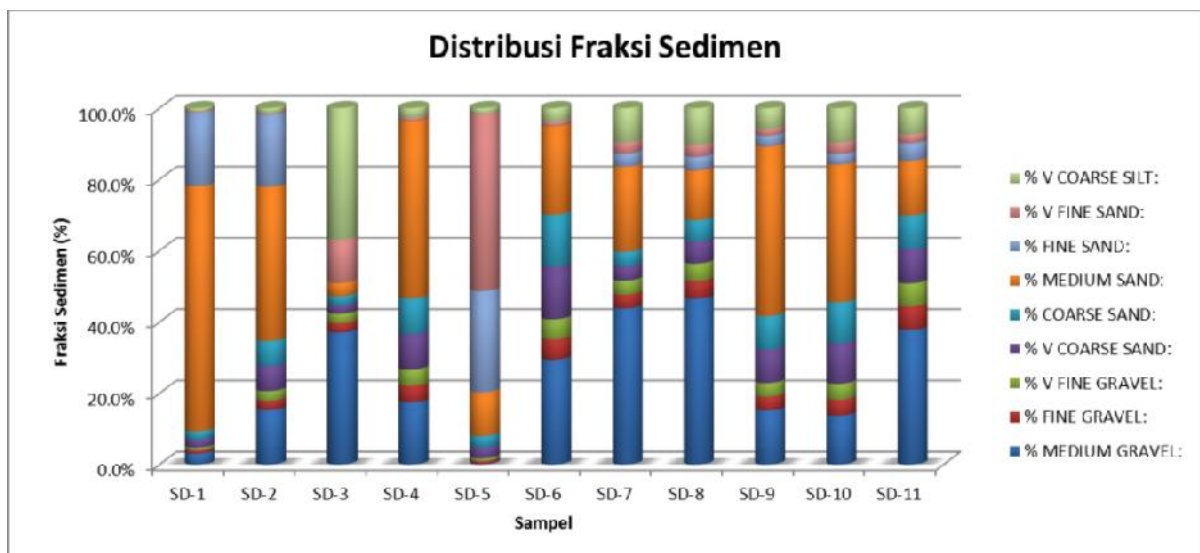
Berdasarkan nilai d₅₀ dari ukuran butirnya, sebagian besar sedimen dasar laut di perairan sekitar Pelabuhan Patimban tergolong ke dalam



Gambar 3. Klasifikasi ukuran butir sedimen berdasarkan Segitiga Sheppard



Gambar 4. Peta distribusi fraksi sedimen dasar di setiap lokasi



Gambar 5. Grafik distribusi fraksi sedimen dasar di perairan Pelabuhan Patimban

pasir medium (*medium sand*) dan sedikit yang tergolong dalam pasir kasar yaitu SD-6, SD-7 dan SD-8 yang berada dekat dengan muara sungai (lihat Tabel 2). Nilai d₅₀ terkecil berada pada sampel SD-05 yang terletak di tengah lautan lepas di depan *jetty* Pelabuhan Patimban. Nilai d₅₀ terbesar berada pada sampel SD-08 yang terletak di dekat muara sungai. Untuk mengetahui tingkat gradasi butir sedimen (variasi ukuran butir sedimen) dapat dilihat berdasarkan nilai d₉₀/d₁₀ dimana semakin besar nilai d₉₀/d₁₀ berarti semakin baik tingkat gradasi sedimen tersebut atau semakin bervariasi ukuran butir dalam sedimen tersebut. Sedimen dasar laut di perairan Pelabuhan Patimban semua tergolong bergradasi baik kecuali SD-05 karena nilai d₉₀/d₁₀ lebih dari 6 (Hardiyatmo, 2002) (lihat Tabel 2).

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 butiran 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. Sementara nilai *kurtosis* menunjukkan tingkat kepuncakan atau kedataran kurva distribusi berbanding terhadap distribusi normal (Dyer, 1986). Metode analisis statistik butir sedimen dan klasifikasi yang digunakan adalah Metode Folk dan Ward (Blott, 2010). Persamaan dan klasifikasi dari hasil analisis statistik butir sedimen ini di sampaikan dalam lampiran 1. Hasil pengukuran nilai statistik dari ukuran butiran sedimen dapat dilihat pada Tabel 3.

Ukuran Rerata Butir Sedimen (Mean)

Ukuran butiran rata-rata adalah sebuah indeks pengukuran ukuran butiran berdasarkan persentase berat fraksi pada tiap 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, ukuran butir rerata sedimen di perairan Pelabuhan Patimban berkisar antara 147,1 - 1730 μm . Sedimen tersebut sebagai tergolong pasir sedang (*fine sand*) dan pasir sangat

kasar (*very coarse sand*) (lihat Tabel 3). 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 menggambarkan lemahnya kekuatan atau energi yang mengangkut sedimen tersebut.

Pemilahan Butir Sedimen (Sorting)

Pemilahan atau sortasi menggambarkan tingkat keseragaman butiran sedimen. Semakin kecil nilai sortasi menunjukkan bahwa sedimen semakin tersortasi dengan baik sehingga ukuran butir sedimennya semakin seragam, sebaliknya jika nilai sortasinya semakin besar. Penyortiran dapat menunjukkan batas ukuran butir, tipe pengendapan, karakteristik arus pengendapan, serta lamanya waktu pengendapan dari suatu populasi sedimen (Rifardi, 2012). Secara umum ada 2 kelompok utama yaitu *well sorted sediment* (terpilah baik) adalah suatu lingkungan pengendapan sedimen disusun oleh besar butir relatif sama, mengidentifikasi tingkat kestabilan arus pada perairan tersebut cukup stabil. Sebaliknya jika *poorly sorted sediment* (terpilah buruk), maka kekuatan arus pada perairan tersebut tidak stabil, artinya pada kondisi waktu tertentu terjadi arus dengan kekuatan yang besar dan berubah dalam kondisi lain melemah kembali.

Berdasarkan hasil analisis ini, sedimen dasar di perairan sekitar Pelabuhan Patimban sebagian besar tergolong dalam *poorly sorted sediment* dan *very poorly sorted sediment* (sedimen terpilah buruk dan sangat buruk), hanya pada lokasi SD-1 saja yang tergolong *moderately sorted* (terpilah sedang). Hal tersebut menunjukkan bahwa kekuatan arus pada perairan tersebut tidak stabil, artinya pada kondisi waktu tertentu terjadi arus dengan kekuatan yang besar dan berubah dalam kondisi lain melemah kembali. Hal ini kemungkinan dikarenakan oleh pengaruh debit sungai yang masuk ke perairan laut di sekitar Pelabuhan Patimban.

Dominasi Ukuran Butir Sedimen (Skewness)

Menurut Rifardi. (2008), *skewness* menggambarkan arah dominan ukuran butir dari populasi tersebut, mungkin simetri, condong ke

Tabel 2. Hasil analisis tekstur sedimen dasar

Textural group:	SD-01	SD-02	SD-03	SD-04	SD-05	SD-06	SD-07	SD-08	SD-09	SD-10	SD-11
	Slightly Gravelly Sand	Gravelly Sand	Muddy Gravel	Gravelly Sand	Slightly Gravelly Sand	Sandy Gravel	Muddy Sandy Gravel	Muddy Sandy Gravel	Gravelly Sand	Gravelly Muddy Sand	Muddy Sandy Gravel
D ₁₀ (µm):	186.2	184.2	41.81	268.5	80.67	282.1	63.85	61.54	218.5	63.46	152.6
D ₅₀ (µm):	311.0	357.0	292.7	419.8	122.7	1292.3	2646.7	4892.9	395.4	413.9	2181.1
D ₉₀ (µm):	424.5	11270.6	72449.3	11715.4	400.5	16686.1	48649.0	80913.0	11011.3	10436.0	25680.8
(D ₉₀ / D ₁₀) (µm):	2.280	61.19	1733.0	43.64	4.965	59.15	762.0	1314.7	50.39	164.4	168.3
(D ₉₀ - D ₁₀) (µm):	238.3	11086.5	72407.5	11446.9	319.9	16404.0	48585.2	80851.5	10792.8	10372.5	25528.2
(D ₇₅ / D ₂₅) (µm):	1.475	4.998	223.4	8.075	2.291	24.75	37.78	23.84	5.776	6.064	30.56
(D ₇₅ - D ₂₅) (µm):	121.7	1037.3	11633.0	2246.0	119.8	9729.8	11201.1	7835.7	1409.5	1449.1	11186.0
% Gravel:	4.8%	20.6%	42.3%	26.7%	1.7%	40.8%	51.6%	56.4%	22.8%	22.7%	50.8%
% Sand:	94.3%	78.0%	20.8%	70.6%	96.6%	55.4%	38.8%	33.3%	71.3%	67.6%	41.8%
% Mud:	1.0%	1.4%	36.9%	2.7%	1.7%	3.9%	9.6%	10.3%	5.8%	9.7%	7.4%
% V coarse gravel:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% Coarse gravel:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% Medium gravel:	3.1%	15.3%	37.1%	17.4%	0.2%	29.4%	43.7%	46.5%	15.1%	13.7%	37.7%
% Fine gravel:	0.8%	2.7%	2.6%	4.6%	0.8%	5.7%	3.9%	4.9%	3.8%	4.5%	6.6%
% V fine gravel:	0.8%	2.7%	2.6%	4.6%	0.8%	5.7%	3.9%	4.9%	3.8%	4.5%	6.6%
% V coarse sand:	2.3%	7.0%	2.5%	10.0%	3.1%	14.7%	4.0%	6.1%	9.4%	11.4%	9.5%
% Coarse sand:	2.3%	7.0%	2.5%	10.0%	3.1%	14.7%	4.0%	6.1%	9.4%	11.4%	9.5%
% Medium sand:	68.8%	43.2%	3.7%	49.8%	12.3%	24.8%	23.9%	13.9%	47.6%	38.6%	15.4%
% Fine sand:	20.6%	20.2%	0.0%	0.0%	28.4%	0.0%	3.7%	3.9%	3.1%	2.9%	4.9%
% V fine sand:	0.3%	0.5%	12.2%	0.9%	49.7%	1.3%	3.2%	3.4%	1.9%	3.2%	2.4%
% V coarse silt:	1.0%	1.4%	36.9%	2.7%	1.7%	3.9%	9.6%	10.3%	5.8%	9.7%	7.4%
% Coarse silt:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% Medium silt:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% Fine silt:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% V fine silt:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
% Clay:	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Tabel 3. Hasil analisis statistik butiran sedimen

Lokasi (No. Sampel)	SD-01	SD-02	SD-03	SD-04	SD-05	SD-06	SD-07	SD-08	SD-09	SD-10	SD-11
FOLK AND WARD METHOD (µm)	300.8	797.2	461.9	1049.7	147.1	1730.8	1436.0	1563.1	895.9	835.4	1654.8
MEAN (M _G)	1.690	4.132	6.407	3.817	2.016	4.203	3.625	3.530	4.806	5.055	4.038
SKEWNESS (Sk _G)	0.158	0.639	0.113	0.727	0.530	-0.198	-0.942	-1.418	0.493	0.451	-0.659
KURTOSIS (K _G)	2.557	0.943	0.294	0.598	1.251	0.447	0.398	0.449	1.169	1.265	0.431
FOLK AND WARD METHOD (°)	0.757	2.047	1.114	-0.070	2.765	-0.791	-0.522	-0.644	0.159	0.259	-0.727
MEAN (M _G)	0.757	2.047	2.680	1.932	1.011	2.071	1.858	1.819	2.265	2.338	2.014
SKEWNESS (Sk _G)	-0.158	-0.639	-0.113	-0.727	-0.530	0.198	0.942	1.418	-0.493	-0.451	0.659
KURTOSIS (K _G)	2.557	0.943	0.294	0.598	1.251	0.447	0.398	0.449	1.169	1.265	0.431
FOLK AND WARD METHOD (Description)	MEAN Medium Sand	MEAN Coarse Sand	MEAN Medium Sand	MEAN Coarse Sand	MEAN Fine Sand	MEAN Coarse Sand	MEAN Coarse Sand	MEAN Coarse Sand	MEAN Coarse Sand	MEAN Coarse Sand	MEAN Coarse Sand
SORTING	Moderately Sorted	Very Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Very Poorly Sorted	Very Poorly Sorted
SKIEWNESS	Coarse Skewed	Very Coarse Skewed	Coarse Skewed	Very Coarse Skewed	Very Coarse Skewed	Very Fine Skewed	Very Fine Skewed	Very Fine Skewed	Coarse Skewed	Very Coarse Skewed	Very Fine Skewed
KURTOSIS	Very Leptokurtic	Mesokurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Leptokurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Platykurtic	Very Leptokurtic	Very Leptokurtic	Very Platykurtic

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 perairan sekitar Pelabuhan Patimban tergolong *coarse skewed – very coarse skewed* dan bernilai negatif (lihat Tabel 3). Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan perairan tersebut di dominasi oleh populasi sedimen yang condong berbutir kasar dan arus relatif kuat.

Sebaran Ukuran Butir Sedimen (Kurtosis)

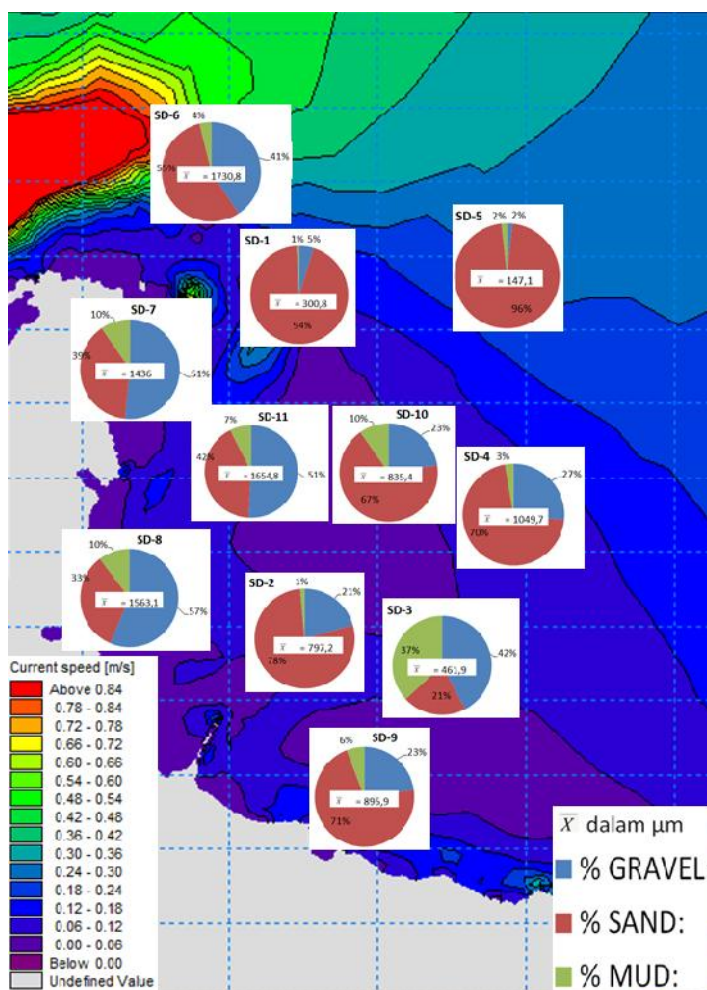
Menurut Rifardi (2008), *kurtosis* mengukur puncak dari kurva dan berhubungan dengan penyebaran distribusi normal. Bila kurva distribusi normal tidak terlalu runcing atau tidak terlalu datar disebut *mesokurtic*. Kurva yang runcing disebut *leptokurtic*, menandakan adanya ukuran sedimen tertentu yang mendominasi pada distribusi sedimen di daerah tersebut. Sedangkan untuk kurva yang datar disebut *platikurtic*, artinya distribusi ukuran sedimen pada daerah tersebut sama. Berdasarkan hasil analisis statistik, sedimen dasar di perairan sekitar Pelabuhan Patimban tergolong pada tipe *kurtosis leptokurtic – very leptokurtic*, hanya pada lokasi SD-02 yang tergolong *mesokurtic*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ukuran butir sedimen tertentu yang mendominasi sedimen di sekitar perairan Pelabuhan Patimban, yaitu butir sedimen pasir sangat halus.

Hubungan Karakteristik Sedimen Dasar Laut dan Kondisi Hidro-oseanografi

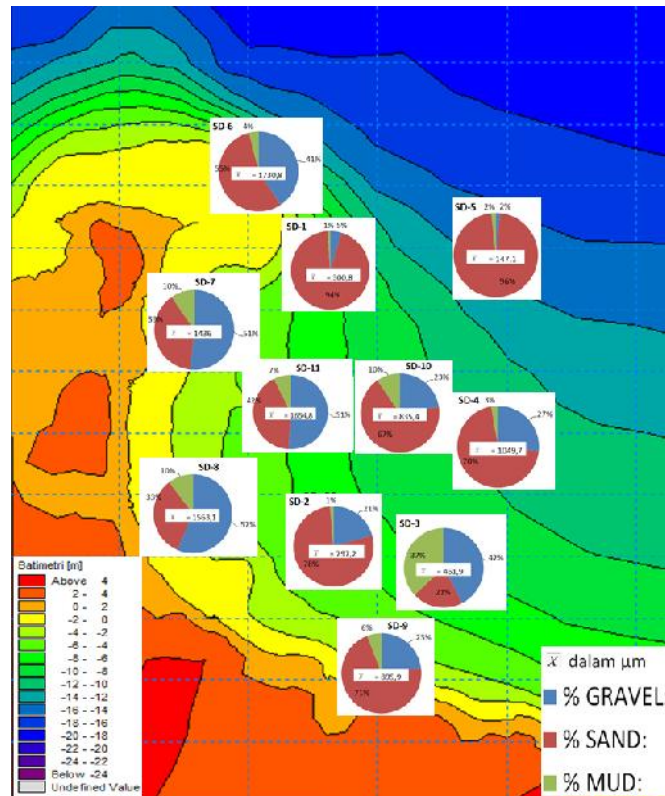
Batimetri di daerah kajian batimetri berkisar antara 0 sampai dengan 20 meter. Berdasarkan hasil analisis butir sedimen tidak terdapat hubungan yang signifikan antara batimetri dengan tekstur sedimen dasar (Gambar 5). Meskipun menurut Rifardi (2008), kedalaman perairan sangat menentukan tingkat pengendapan sedimen pada suatu wilayah, semakin dalam perairan maka akan mengalami pengendapan yang semakin lama pula. Jika kedalaman perairan tidak terlalu dalam maka pengendapan akan

lebih cepat, meskipun pada kawasan tersebut arusnya tergolong lemah.

Kecepatan arus di daerah kajian cukup besar yaitu rata-rata sekitar 0,25 m/detik, bahkan di bagian barat laut kecepatan arus dapat mencapai lebih 0,84 m/detik. Terdapat hubungan yang cukup erat antar kecepatan arus dengan sebaran ukuran sedimen dimana sedimen yang berbutir halus akan diendapkan pada daerah yang mempunyai kecepatan arus lemah. Akan tetapi di perairan Patimban ini kondisi arusnya tidak stabil sehingga pada suatu lokasi terdapat *mud, sand* dan *gravel*. Pada lokasi SD-03, SD-04, SD-06 dan SD-06 kecepatan arusnya berkisar antara 0,12 – 0,36 m/detik. Menurut Aini (2011), kisaran arus > 0,098 m/detik merupakan kondisi arus yang cukup deras. Arus yang deras akan mengendapkan butiran sedimen yang kasar dan arus yang lemah akan mengendapkan sedimen berbutir halus. Sesuai dengan kondisi tersebut, kondisi kecepatan arus yang kuat pada lokasi penelitian mempengaruhi kondisi sedimen dasarnya yang lebih kasar.



Gambar 5. Sebaran sedimen berdasarkan batimetri



Gambar 6. Sebaran sedimen berdasarkan kecepatan arus

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis laboratorium terhadap sedimen dasar di perairan Pelabuhan Patimban diketahui bahwa sedimen dasarnya relatif seragam dengan berat jenis berkisar antara 2,130-2,227 gr/cm (sedimen ringan). Sebagian besar sedimen dasar di perairan Pelabuhan Patimban berupa pasir sedang dengan campuran kerikil yang cukup banyak dan hanya sedikit yang tercampur dengan lumpur (*gravelly sand*). Sedimen dasar di perairan Pelabuhan Patimban didominasi oleh fraksi pasir yang berkisar antara 20,8% - 96,6%, kemudian fraksi kerikil antara 1,7% - 50,8% dan fraksi lumpur antara 1 - 36,9%. Berdasarkan nilai d50 dari ukuran butirnya, seluruh sedimen dasar di perairan sekitar Pelabuhan Patimban tergolong ke dalam pasir sedang (*medium sand*). Gradasi sedimen dasar sebagian besar tergolong baik (terdapat variasi ukuran butir).

Berdasarkan hasil analisis statistik buti sedimen diketahui bahwa ukuran rerata butir sedimen di perairan Pelabuhan Patimban berkisar antara 147,1 - 1730 μm . Sedimen tersebut sebagai tergolong pasir sedang (*medium sand*) dan pasir sangat kasar (*very coarse sand*). Berdasarkan

sortasinya, sedimen dasar ini sebagian besar tergolong dalam *poorly sorted sediment* dan *very poorly sorted sediment* (sedimen terpilah buruk dan sangat buruk), hanya pada lokasi SD-1 saja yang tergolong *moderately sorted* (terpilah sedang). Berdasarkan *skewness*-nya, sedimen dasar di perairan sekitar Pelabuhan Patimban tergolong *coarse skewed - very coarse skewed* dan bernilai negatif. Berdasarkan nilai *kurtosis*-nya, sedimen dasar di perairan sekitar Pelabuhan Patimban tergolong pada tipe *kurtosis leptokurtic - very leptokurtic*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada jajaran manajemen Balai Teknologi Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai-BPPT dan kepada seluruh pelaksana kegiatan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Rekayasa Industri Maritim-Inovasi Teknologi Pelabuhan TA 2017.

DAFTAR PUSTAKA

Aini, K., (2011). Sebaran Total Suspended Solid (TSS) Di Perairan Sepanjang Jembatan Suramadu Kabupaten Bangkalan. *Kelautan* Vol 4 No. 2: 26-32.

- Affandi, AK., & Surbakti, H. (2012). Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Pesisir Banyuasin, Sumatera Selatan. *Maspari Journal* Vol. 4 No. 1 Tahun 2012 PS Ilmu Kelautan, FMIPA UNSRI: 33-39.
- ASTM. (1998). *ASTM Designation D 422-63 Standard Test Methode for Particle-Size Analysis of Soils*: 8 hal.
- 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.
- BSN. (1992). SNI 03-1965-1990 – Metode Pengujian Air Tanah
- BSN. (1992). *RSNI 03-1964-1990 – Metode Pengujian Berat Jenis Tanah*
- Diposaptono, S. (2011). *Sebuah Kumpulan Pemikiran-Mitigasi Bencana dan Adaptasi Perubahan Iklim*, Direktorat Pesisir dan Lautan-Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jakarta: 176 hal.
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan-Direktorat Jenderal Perhubungan Laut-Kementerian Perhubungan. (2016). *Pre-Feasibility Study Pengembangan Pelabuhan Baru di Pantai Utara Jawa Barat*.
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan-Direktorat Jenderal Perhubungan Laut-Kementerian Perhubungan. (2016). *Studi Kelayakan (FS) Pembangunan Pelabuhan Patimban di Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat*.
- Dwianti RF., Widada, S., & Hariadi. (2017). Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Pelabuhan Cirebon, *Jurnal Oseanografi* Vol 6 No 1, Tahun 2017 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-UNDIP: 228 – 235.
- Dyer, K.R. (1986). *Coastal And Estuarine Sediment Dynamics*. John Wiley dan Sons Ltd. New York: 342p
- Fandeli C. (2012). *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Pembangunan Pelabuhan*, Cetakan kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta: 211p.
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. (2016). Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng – Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal Fropil* Vol. 4 No. 2, Juli-Des 2016. Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung : 165-174.
- Hardiyatmo, HC. (2002). *Mekanika Tanah 1*, Cetakan 1-Edisi 3, Gadjah Mada University Press: 398 p.
- Folk R.L. & W.C. Ward. (1957). Brazos River Bar, A Study in The Significance of Grain-Size Parameters. *J of Sedimentary Petrology* No. 27:3-26.
- Friedman, G.M. (1967). Dynamic Processes and Statistical Parameters Compared for Size Frequency Distributions of Beach and Riversands. *J. of Sedimentary Petrology* No. 37:327-354.
- JICA. (2017). *The Preparation Survey on Patimban Port Development Project*, Japan International Cooperation Agency (JICA)-Directorate General of Sea Transportation, The Ministry of Transportation (DGST), Ides Inc-Oriental Consultants Global Co., Ltd (OCG)-The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), February 2017:478p.
- Junaidi & R. Wigati. (2011). Analisis Parameter Statistik Butiran Sedimen Dasar pada Sungai Alamiah (Studi Kasus Sungai Krasak Yogyakarta). *Wahana Teknik Sipil*, Vol16 No 2:46–57.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2016). *Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. KP 190 Tahun 2016 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*, 2016:36p.
- Khotib, A., Adriati, Y., & Wahyudi, AE. (2013). Analisis Sedimentasi Dan Alternatif Penanganannya Di Pelabuhan Selat Baru Bengkalis, Makalah dalam *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*, 24-26 Oktober 2013, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Nasir, M. (1983). *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia, Jakarta: 622p.
- Nugroho, S.H. & A. Basit. (2014). Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis* Vol 6 No1:229-240.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi Laut; Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia. 459 p.

- Permana, H., Hariadi, & Rochadi B. (2012). Kajian Kondisi Arus dan Sedimen Dasar Pada Saat Musim Timur di Perairan Semarang-Demak, *Journal of Oceanography* Vol 1 No 1. Tahun 2012 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan-UNDIP: 121-128. .
- Ponce, V.M. (1989). *Engineering Hydrology, Principles and Practice*, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Rifardi. (2008). *Tekstur Sedimen, Sampling dan Analisis*, UNRI Press Pekanbaru:101p.
- Rifardi. (2012). *Ekologi Sedimen Laut Modern*. UNRI Press, Pekanbaru.
- Rosyidi H, Achmadi T, & Pratidinatri NP. (2015). *Analisis Dampak Pengerukan Alur Pelayaran Pada Daya Saing Pelabuhan-Studi Kasus Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*, Jurusan Teknik Perkapalan, ITS, Surabaya.
- Siry, HS. (2011). Studi Sebaran Sedimen Dasar Dan Pendangkalan Di Pelabuhan Minyak (Oil Wharves) Pt Caltex Pacific Indonesia Dumai, Riau Pasca Pengerukan 1990, *Widyariset* Vol 14 No3, Desember 2011: 643-650.
- Supiyati, Suwarsono, Setiawan I. (2011). Angkutan Sedimen Penyebab Pendangkalan Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dengan Model Diskritisasi Dinamika Oseanografi, *Jurnal Dinamika Teknik Sipil* Vol 11 No 2, Mei 2011:172-180.
- Triatmodjo B. (1999). *Teknik Pantai*. Penerbit BETA OFFSET, Edisi Pertama, Yogyakarta: 397p..
- Wahyudi & Jupantara D. (2004). Studi Simulasi Sedimentasi Akibat Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, *Jurnal Teknologi Kelautan* Vol 8 No 2, Juli 2004, ITS, Surabaya, 2004: 74-85.

Lampiran 1. Persamaan dan klasifikasi analisis statistik butir sedimen Folk and Ward (Blott, 2010)
Appendix 1. Equation and classification of sediment grain statistic analysis Folk and Ward (Blott, 2010)

(d) Logarithmic (Original) Folk and Ward (1957) Graphical Measures

Mean	Standard Deviation	Skewness	Kurtosis		
$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$	$\sigma_l = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$	$Sk_l = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$	$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$		
Sorting (σ_l)	Skewness (Sk_l)	Kurtosis (K_G)			
Very well sorted	< 0.35	Very fine skewed	+0.3 to +1.0	Very platykurtic	< 0.67
Well sorted	0.35 – 0.50	Fine skewed	+0.1 to +0.3	Platykurtic	0.67 – 0.90
Moderately well sorted	0.50 – 0.70	Symmetrical	+0.1 to 0.1	Mesokurtic	0.90 – 1.11
Moderately sorted	0.70 – 1.00	Coarse skewed	0.1 to 0.3	Leptokurtic	1.11 – 1.50
Poorly sorted	1.00 – 2.00	Very coarse skewed	0.3 to 1.0	Very leptokurtic	1.50 – 3.00
Very poorly sorted	2.00 – 4.00			Extremely	> 3.00
Extremely poorly sorted	> 4.00			leptokurtic	

(e) Geometric Folk and Ward (1957) Graphical Measures

Mean	Standard Deviation				
$M_G = \exp \frac{\ln P_{16} + \ln P_{50} + \ln P_{84}}{3}$	$\sigma_G = \exp \left(\frac{\ln P_{16} - \ln P_{84}}{4} + \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{6.6} \right)$				
Skewness	Kurtosis				
$Sk_G = \frac{\ln P_{16} + \ln P_{84} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{84} - \ln P_{16})} + \frac{\ln P_5 + \ln P_{95} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{95} - \ln P_5)}$	$K_G = \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{2.44(\ln P_{25} - \ln P_{75})}$				
Sorting (σ_G)	Skewness (Sk_G)	Kurtosis (K_G)			
Very well sorted	< 1.27	Very fine skewed	0.3 to 1.0	Very platykurtic	< 0.67
Well sorted	1.27 – 1.41	Fine skewed	0.1 to 0.3	Platykurtic	0.67 – 0.90
Moderately well sorted	1.41 – 1.62	Symmetrical	0.1 to 0.1	Mesokurtic	0.90 – 1.11
Moderately sorted	1.62 – 2.00	Coarse skewed	+0.1 to +0.3	Leptokurtic	1.11 – 1.50
Poorly sorted	2.00 – 4.00	Very coarse skewed	+0.3 to +1.0	Very leptokurtic	1.50 – 3.00
Very poorly sorted	4.00 – 16.00			Extremely	> 3.00
Extremely poorly sorted	> 16.00			leptokurtic	

