

ANALISIS SEBARAN SEDIMEN DI TELUK BALOHAN KOTA SABANG

SEDIMENT DISTRIBUTION ANALYSIS IN BALOHAN BAY, SABANG

Syahrul Purnawan^{1*}, Tengku Putra Fajran Alamsyah¹, Ichsan Setiawan¹, Rizwan¹,
Maria Ulfah¹, dan Sayyid Afdhal El Rahimi¹

¹Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

*E-mail: syahrulpurnawan@unsyiah.ac.id

ABSTRACT

We investigated the sediment properties and distribution in Balohan Bay, which is located in southern Weh Island, Aceh Province. The aim of this research was to clarify the sediment distribution mechanism in the Balohan Bay using a statistical approach. Samples were collected on January 2016 using coring method. Sediment grain-size distribution from 14 stations was obtained using wet sieve analysis. A large amount of fine sand and very fine sand were found in Balohan Bay, as a result of several tributaries discharged in those areas. The sediment distribution in eastern stations showed an indication as a coarser size and a poorer sorted area, as they were adjacent to the steep cliff.

Keywords: *granulometric analysis, Balohan Bay, phi, sediment, grain size*

ABSTRAK

Kajian ini menelaah sifat dan distribusi sedimen di Teluk Balohan, yang terletak di selatan Pulau Weh, Provinsi Aceh. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan mekanisme distribusi sedimen di Teluk Balohan melalui pendekatan statistik. Pengambilan sampel dilakukan pada Bulan Januari 2016 menggunakan metode *coring*. Data ukuran butir sedimen dari 14 stasiun dihasilkan menggunakan analisis ayakan basah. Fraksi pasir halus dan pasir sangat halus banyak ditemukan di sisi barat Teluk Balohan, dimana sedimen halus terbawa dari sejumlah aliran sungai kecil yang bermuara di daerah tersebut. Sedimen pada sisi timur Teluk Balohan memiliki ciri ukuran butiran rata-rata yang lebih kasar dan sortasi yang lebih buruk, disebabkan lokasi yang berdekatan dengan tebing curam.

Kata kunci: analisis granulometri, Teluk Balohan, phi, sedimen, ukuran butir

I. PENDAHULUAN

Teluk Balohan berada di bagian selatan Pulau Weh, dan secara administrasi masuk ke dalam Kota Sabang, Provinsi Aceh. Teluk ini memiliki peran sentral sebagai salah satu gerbang utama menuju Kota Sabang, dimana di dalamnya terdapat pelabuhan penyeberangan. Geomorfologi Teluk Balohan menunjukkan adanya tebing-tebing terjal di sekelilingnya, yang diduga sebagai ekspresi struktur geologi patahan Sumatera yang memanjang hingga ke Pulau Weh (Sih dan Natawidjaja, 2000).

Sedimen merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi perairan teluk, seperti proses transpor sedimen oleh agen pengangkut, tingkat pen-

cemaran lingkungan, dan proses geologi sehingga membentuk lingkungan tersebut (Adams *et al.*, 1992; Fuller *et al.*, 1999; Maranho *et al.*, 2010; Barnard *et al.*, 2013; Armstrong Altrin *et al.*, 2014). Sebaran sedimen di pantai terjadi berdasarkan proses interaksi antara proses di laut dan darat. Laut memberikan proses pengangkutan dan pengendapan sedimen yang dipengaruhi oleh dinamika hidro oseanografi dan keberadaan ekosistem di sekitarnya, sementara proses darat umumnya dihasilkan dari *run off* sungai dan longsoran bebatuan yang terbawa hingga ke pantai (Friedman, 1967; Purnawan *et al.*, 2012; Saniah *et al.*, 2014; Purnawan *et al.*, 2015; Purnawan, 2015). Ketidakseragaman pola distribusi dari fraksi ukuran sedimen dapat digunakan sebagai indikator perilaku

aliran sedimen yang terendapkan oleh agen pengangkut. Umumnya perairan yang memiliki arus kuat akan ditemukan butiran yang kasar, berbanding dengan perairan dengan arus lemah akan lebih banyak mengendapkan butiran yang halus (Kamaruzzaman *et al.*, 2002; Weltje dan von Eynatten, 2004; Rifardi, 2008a; Abdulkarim *et al.*, 2011).

Distribusi sedimen di teluk menunjukkan proses yang kompleks, di mana arus menjadi salah satu parameter yang berpengaruh (Rifardi 2008b; Nugroho dan Basit, 2014). Sejumlah parameter lainnya seperti gelombang, arus menyusur pantai, masukan dari daratan, hujan dan vegetasi turut mempengaruhi distribusi sedimen di perairan teluk (Verney *et al.*, 2013; Delpey *et al.*, 2014). Adanya perbedaan kondisi habitat bentik juga memberikan respon yang berbeda terhadap mekanisme pengendapan yang terjadi (Purnawan, 2015).

Kajian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai pola distribusi sedimen di Teluk Balohan. Terkait dengan peran Teluk Balohan sebagai jalur transportasi kapal, daerah wisata, dan ekosistem alami, kajian distribusi sedimen dapat digunakan sebagai salah satu alat untuk menggambarkan dinamika yang terjadi pada perairan tersebut. Secara khusus, hasil kajian ini dapat menambah pengetahuan umum mengenai mekanisme pengangkutan sedimen yang bekerja di dalam teluk.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Pengumpulan Sampel

Lokasi pengambilan data dilakukan di sepanjang perairan pantai Teluk Balohan, Kota Sabang. Sampel diambil pada Bulan Januari 2016 pada 14 titik stasiun yang dianggap mewakili daerah Teluk Balohan dan dilakukan pada daerah pantai yang masih digenangi air pada saat kondisi surut. Secara geografis stasiun pengambilan sampel terbagi dalam dua bagian, dimana terdapat masing-masing tujuh titik pada sisi barat (Stasiun 1-

7) dan timur (Stasiun 8-14), seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Metode *coring* menggunakan pipa paralon PVC diameter 3,5 inci diaplikasikan untuk mengambil sampel sedimen dengan ketebalan lapisan sampel 15 cm sesuai dengan standar *American Society for Testing and Materials D4823-95* (ASTM, 2008). Sampel yang telah diperoleh dikeringkan untuk menghilangkan kelembaban dan kadar air yang terkandung di dalamnya. Diambil sebanyak 200 gram sampel yang telah homogen dari tiap stasiun untuk dianalisis menggunakan metode ayak basah pada saringan bertingkat (*sieve analyses*) berukuran 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,125 mm; 0,063 mm; 0,038 mm dan hasil saringan ditampung dalam wadah (Wentworth, 1922). Berat kering sampel sedimen yang tertinggal pada setiap ukuran saringan diperoleh untuk mendapatkan distribusi fraksi sedimen, berdasarkan persamaan:

$$\text{Persen Berat} = \frac{\text{Berat Fraksi Sedimen } i}{\text{Berat Total Sedimen}} \times 100\% \quad \dots (1)$$

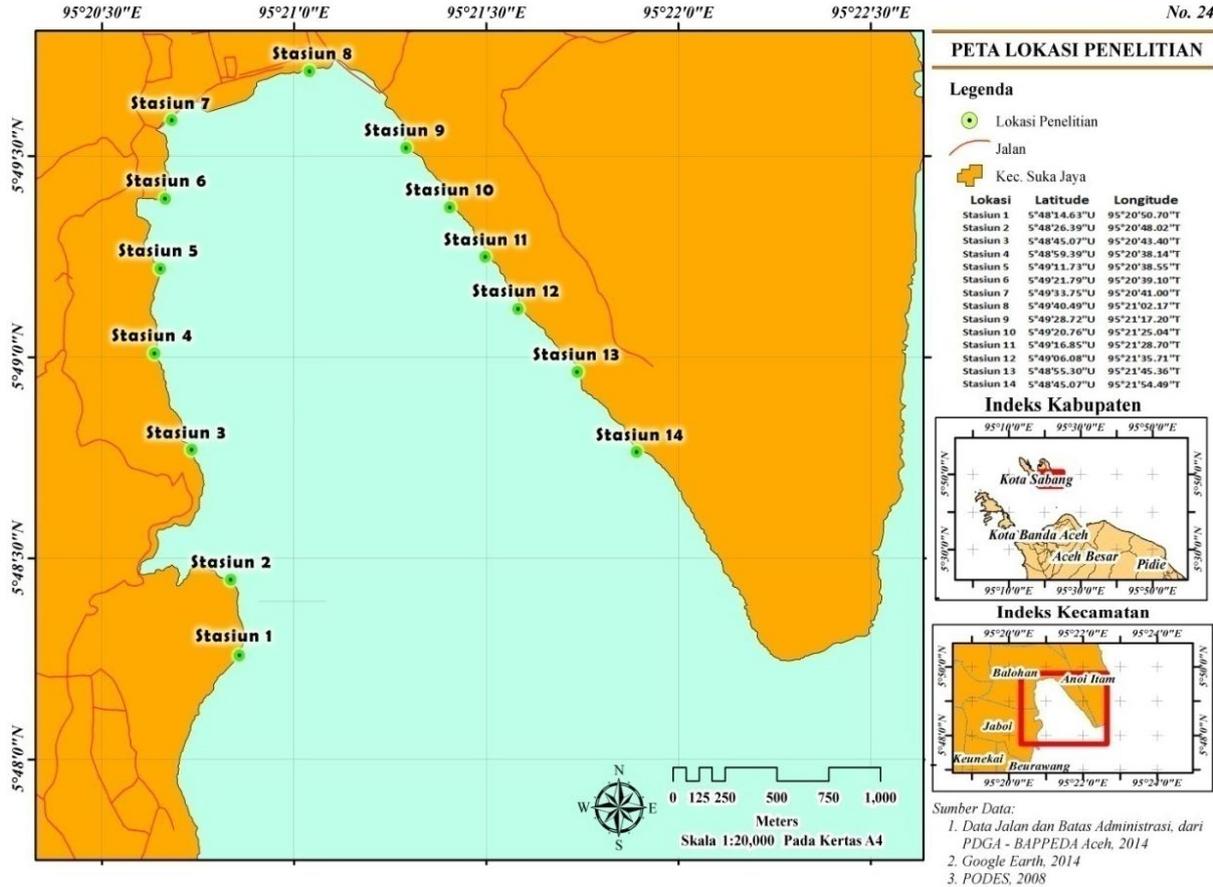
dimana: berat fraksi sedimen i = Berat tiap-tiap ukuran butir (g).

2.2. Analisis Data Sedimen

Perhitungan statistik sedimen yang meliputi parameter *mean size* (Mz), *sorting* (σ), *skewness* (Sk) dan *kurtosis* (K) menggunakan metode grafik. Metode ini menggunakan grafik persentase kumulatif dari ukuran butiran sedimen dalam nilai phi (Φ) berdasarkan skala Krumbein (1934), yang merupakan fungsi logaritmik dari satuan metrik ($\Phi = -3,3219 \log d$).

Kemudian ditentukan nilai persentil ϕ_5 , ϕ_{16} , ϕ_{25} , ϕ_{50} , ϕ_{75} , ϕ_{84} , dan ϕ_{95} , dari setiap plot stasiunnya.

Adapun perhitungan dan klasifikasi untuk parameter *mean grain size* (Mz), *sorting* (σ), *skewness* (Sk) dan *kurtosis* (K) mengikuti perumusan Folk (1974).



Gambar 1. Lokasi penelitian di Teluk Balohan Sabang.

$$M_z = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3} \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6,6} \dots\dots\dots (3)$$

$$Sk = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{84} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_5 + \varphi_{95} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)} \dots\dots\dots (4)$$

$$K = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2,44(\varphi_{75} - \varphi_{25})} \dots\dots\dots (5)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Ukuran Sedimen

Hasil analisis fraksi sedimen pada masing-masing stasiun di Teluk Balohan terdiri atas 7 fraksi sedimen yaitu: kerikil, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus dan lumpur (Tabel 1). Ditemukannya fraksi lumpur pada hampir seluruh stasiun diduga sebagai wujud parsial kondisi perairan dengan energi yang

relatif lemah yang memungkinkan partikel halus untuk mengendap (Dyer, 1986). Teluk Balohan dapat digambarkan sebagai daerah semi tertutup yang lebih terlindung dari pengaruh energi yang berasal dari perairan di luar teluk (Mulligan *et al.*, 2008), yang menjadikan daerah teluk memiliki energi yang lebih rendah dan kurang variatif. Selain energi dari gerak pasang surut yang umumnya masih terjadi, minimnya variasi energi di dalam teluk menghantarkan pada dugaan bahwa masukan sedimen dari lingkungan sekitar menjadi faktor utama yang membentuk karakteristik sebaran butiran sedimen di dalam teluk (Webster *et al.*, 2003; Margvelashvili *et al.*, 2006; Barnard *et al.*, 2013).

Pasiran merupakan endapan sedimen yang paling banyak ditemui di daerah penelitian tersebar di sekeliling Teluk Balohan. Sejumlah stasiun, khususnya pada stasiun 13

dan 14, memiliki persentase kerikil yang lebih besar dari stasiun lainnya. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa sebagian wilayah Teluk Balohan dikelilingi oleh tebing berbatu serta adanya sejumlah titik terumbu karang dimana kondisi ini turut memungkinkan terjadinya proses masukan butiran kasar pada sejumlah stasiun tersebut. Sementara pada sisi barat Teluk Balohan ditemukan sejumlah sungai yang bermuara. Keberadaan sungai ini mampu memberikan masukan butiran sedimen halus yang dibawa oleh *run off* sungai yang bermuara di sekitar pantai. Junaidi dan Wigati (2011) menjelaskan bahwa semakin menuju hilir, fraksi butiran halus menjadi lebih dominan.

3.2. Analisis Parameter Statistik Sedimen

Parameter statistik sedimen (*mean*, *sorting*, *skewness*, dan *kurtosis*) digunakan untuk memahami proses deposisi sedimen di

Teluk Balohan (Tabel 2). Diameter rata-rata (Mz) sedimen Teluk Balohan berkisar antara 0,47-2,90, dimana perbedaan butiran halus atau kasar menunjukkan proses masukan dan mekanisme transpor sedimen yang tidak seragam (Boggs, 2009). Perbedaan kondisi geomorfologi yang diamati pada sisi timur dan barat Teluk Balohan, diduga memberikan perbedaan susunan fraksi yang mendominasi pada tiap sisinya. Keberadaan partikel kasar dengan persentase yang lebih tinggi pada sisi timur mendorong ukuran butiran rata-rata yang dihasilkan menjadi lebih kasar. Keberadaan fraksi butiran halus, khususnya fraksi pasir halus dan pasir sangat halus, yang lebih tinggi pada sisi barat menyebabkan ukuran butiran rata-rata menjadi lebih halus.

Nilai *sorting* atau standar deviasi merupakan gambaran dari sebaran ukuran butiran sedimen (Allen, 1985).

Tabel 1. Porsen berat sedimen berdasarkan ukuran fraksi.

ST	Persentase Berat Sedimen (%)							Tipe
	Kerikil (2mm)	Pasir Sangat Kasar (1mm)	Pasir Kasar (0,5mm)	Pasir Sedang (0,25mm)	Pasir Halus (0,125mm)	Pasir sangat halus (0,063mm)	Lumpur (0,038mm)	
1	1,15	5,28	1,5	15	45,07	25	7	Pasir
2	1,6	1,75	2,75	3,15	64	25	1,75	Pasir
3	0,25	0,65	2,5	6,6	70	18	2	Pasir
4	0,5	0,3	1,1	3,55	51,85	40,25	2,45	Pasir
5	0,95	0,81	2,35	1,09	52	40,3	2,5	Pasir
6	1,55	1,25	3,1	5,25	53,95	34,9	0	Pasir
7	0	0,95	9,8	36	45	7,73	0,52	Pasir
8	24,5	18	4	26,3	24,8	1,7	0,7	Pasir
9	25,4	18,8	4,7	28	21,15	1,95	0	Pasir
10	0	0,5	3,1	15,75	68,15	11,35	1,15	Pasir
11	0	0	0,5	9,4	82,6	6,7	0,8	Pasir
12	12,25	5,9	4,3	3,5	35	37,7	1,35	Pasir
13	48,05	4,05	2,35	2,7	20	22,15	0,7	Kerikil berpasir
14	48	4,25	2	2,5	19,75	22,5	1	Kerikil berpasir

Keterangan: ST (Stasiun); Fraksi ditentukan berdasarkan skala Udden-Wentworth (Udden, 1914; Wentworth, 1922); Tipe pasir ditentukan berdasarkan segitiga Folk (1974).

Friedman and Sanders (1978) menjelaskan bahwa sedimen dengan granulometri tersortir buruk diakibatkan oleh ukuran partikel yang terakumulasi secara acak. Kondisi sortasi yang lebih buruk ditandai dengan nilai *sorting* (σ) yang lebih tinggi. Sortasi sedimen yang lebih baik secara umum ditemukan pada bagian barat Teluk Balohan, dan lebih buruk pada bagian timur. Akumulasi fraksi pasir halus dan pasir sangat halus pada sisi barat memiliki nilai persentase yang tinggi, dan menghasilkan kondisi sedimen yang umumnya terpilah sedang (*moderate*). Kondisi sortasi pada barat masih lebih baik dibandingkan sisi timur yang didominasi oleh sampel sedimen yang terpilah buruk (*poor*), sebagai konsekuensi dari keberadaan fraksi kasar dan halus yang terbagi lebih merata.

Kondisi sampel sedimen yang tersortir buruk dapat mengambil contoh pada Stasiun 8 dan 9. Terletak pada bagian dalam teluk, kedua stasiun ini diduga banyak mendapat masukan sedimen dari daratan. Secara visual sampel sedimennya terlihat bewarna abu-abu (*gray*) yang mengandung silika dan berasal dari daratan melalui proses pelapukan bebatuan, aktifitas pembangunan atau reruntuhan gunung. Aktivitas vulkanik pada masa lampau dapat memberikan input sedimen ke perairan. Seperti ditegaskan oleh sejumlah

peneliti yang menyatakan bahwa Pulau Weh merupakan pulau vulkanik (Dwipa *et al.*, 2006; Masaaki *et al.*, 2013). Hal ini diperkuat dengan ditemukannya batu apung (*pumice*) yang tersebar pada lokasi ini (Stasiun 8 dan 9). Batu apung adalah bebatuan piroklastik, produk umum letusan gunung dan biasanya membentuk zona-zona di bagian atas lava silikat (Bull and McPhie, 2007). Adanya masukan batu apung dalam suatu lokasi memberikan pola kurva sebaran bimodal (Calder *et al.*, 2000), sehingga pada akhirnya menurunkan derajat sortasi dan juga menghasilkan nilai kurtosis yang rendah pada kedua stasiun tersebut.

Pengamatan terhadap derajat kemencengan (*skewness*, Sk) menemukan bahwa sebagian stasiun dikategorikan simetris (stasiun 2, 3, 4, 5, 6, 10 dan 11), beberapa dikategorikan condong kasar (1, 7, 8, dan 9). Kondisi sangat condong kasar (*strongly coarse skewed*) ditemukan pada stasiun 12, sedangkan stasiun 13 dan 14 dikategorikan sebagai sangat condong halus (*strongly fine skewed*).

Kondisi simetris dihasilkan dari kurva sebaran fraksi sedimen yang memiliki modus disekitar nilai *mean*, sehingga butiran kasar dan halus akan tersebar merata di sisi kanan dan kiri kurva.

Tabel 2. Nilai statistik sedimen.

Stasiun	Mean (Mz)	Sorting (σ)	Skewness (Sk)	Kurtosis (K)
1	2,58	1,22	-0,19	1,66
2	2,75	0,84	-0,07	1,70
3	2,67	0,68	0,03	0,78
4	2,90	0,71	-0,01	0,92
5	2,90	0,74	-0,08	0,96
6	2,80	0,85	-0,05	1,33
7	2,01	0,87	-0,19	0,98
8	0,83	1,55	-0,21	0,57
9	0,75	1,54	-0,21	0,60
10	2,37	0,67	-0,03	1,33
11	2,50	0,47	-0,03	1,54
12	1,93	1,80	-0,55	1,12
13	0,47	1,94	0,64	0,55
14	0,50	1,95	0,64	0,55

Pada stasiun yang memiliki kondisi condong kasar dapat digambarkan bahwa daerah tersebut terdapat masukan butiran halus yang dominan dan kemudian diikuti dengan ditemukannya partikel kasar dengan frekuensi yang agak tinggi. Berlawanan dengan kondisi condong kasar, stasiun 13 dan 14 yang memiliki kondisi sangat condong halus, mendapati fraksi butiran kerikil dengan persentase yang jauh lebih tinggi dibandingkan stasiun lain. Keberadaan fraksi kerikil dengan jumlah yang besar mendorong modus kurva sebaran partikel ke arah butiran kasar. Pada kasus ini nilai rata-rata (*mean*) akan berada pada nilai butiran yang lebih halus, sebagai perwujudan dari turut ditemukannya butiran halus dalam persentase yang agak tinggi. Hal ini dapat ditilik dari pernyataan sebelumnya yang menjelaskan keberadaan butiran kasar yang masuk ke dalam wilayah perairan tersebut.

Hasil kalkulasi kurtosis memperlihatkan bentuk keruncingan atau kedataran kurva dari sebaran frekuensi ukuran butiran. Kurtosis pada suatu wilayah pengamatan umumnya akan paralel dengan kondisi sortasi sedimennya (Boggs, 2009). Stasiun yang memiliki nilai kurtosis (*K*) rendah, atau mengarah pada platikurtik, cenderung akan berada dalam kondisi sortasi yang buruk. Kondisi sangat platikurtik ditemukan pada sisi timur Teluk Balohan, khususnya stasiun 8, 9, 13, dan 14, dapat diartikan adanya masukan berbagai ukuran sedimen dalam persentase yang lebih seragam. Keberadaan masukan partikel dari fraksi kerikil menghasilkan kurva sebaran yang mendatar, bahkan cenderung bimodal. Sebaliknya pada sisi barat, ditemukan nilai kurtosis yang lebih tinggi sebagai ekspresi dari sebaran kurva yang lebih meruncing. Bila dibandingkan dengan sisi timur, persentase sebaran fraksi sedimen pada sisi barat sangat dominan pada pasir halus dan pasir sangat halus, seiring dengan persentase fraksi lain yang cukup rendah.

IV. KESIMPULAN

Kondisi sebaran sedimen di Teluk Balohan menunjukkan pola yang cukup kompleks. Perbedaan karakteristik sedimen terlihat berbeda antara sisi timur dan barat. Sisi timur digambarkan sebagai daerah yang lebih tercampur dengan kehadiran butiran kerikil yang lebih tinggi dibandingkan sisi barat, ditandai dengan ukuran butiran rata-rata yang lebih tinggi, sortasi yang lebih buruk, kemencengan yang lebih positif, serta kurtosis yang lebih datar. Sementara pada sisi barat kehadiran pasir halus dan pasir sangat halus lebih dominan. Kondisi sisi barat yang memiliki sejumlah sungai kecil yang bermuara berbanding sisi timur yang dibatasi oleh tebing terjal menjadi salah satu faktor yang mengarahkan pada perbedaan kondisi sedimen pada Teluk Balohan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada *anonymous reviewer* dan editor yang sudah memberikan saran dan komentar yang sangat membangun untuk memperbaiki paper ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Syamsul Rizal yang telah memberi bimbingan selama proses perbaikan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkarim, R., E.A. Akinnigbagbe, D.O. Imo, M.I. Titocan, M.P. Ibitola, B.R. Faleye, O.O. Shonde, O.R. Jimoh, and O.B. Abe. 2011. Sedimentological variation in beach sediments along the barrier lagoon coastal system, Lagos, South West Nigeria. *Nature and Science*, 9(9):19-26.
- Adams, W.J., R.A. Kimerle, and J.W. Barnett. 1992. Sediment quality and aquatic life assessment. *Environ. Sci. Technol.*, 26(10):1864-1875.

- Allen, J.R.L. 1985. Principles of Physical Sedimentology. Chapman and Hall. London. 272p.
- Armstrong-Altrin, J.S., N. Ramasamy, I.L. Yong, J.K. Juan, and P.C. Leslie. 2014. Geochemistry of sands along the San Nicolás and San Carlos beaches, Gulf of California, Mexico: implications for provenance and tectonic setting. *Turkish J. of Earth Science*, 23:533-558.
- ASTM. 2008. D4823–95 Standard Guide for Core Sampling Submerged, Unconsolidated Sediments. ASTM International. West Conshohocken. 14p.
- Barnard, P.L., D.H. Schoellhamer, B.E. Jaffe, and L.J. McKee. 2013. Sediment transport in the San Francisco Bay Coastal System: An overview. *Mar. Geol.*, 345:3-17.
- Boggs, S. Jr. 2009. Petrology of Sedimentary Rocks. 2nd edition. Cambridge University Press. Cambridge. 600p.
- Bull, K.F. and J. McPhie. 2007. Fiamme textures in volcanic successions: Flaming issues of definition and interpretation. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 164:205–216.
- Calder, E.S., R.S.J. Sparks, and M.C. Gardeweg. 2000. Erosion, transport and segregation of pumice and lithic clasts in pyroclastic flows inferred from ignimbrite at Lascar Volcano, Chile. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 104:201-235.
- Delpey, M.T., F. Ardhuin, P. Otheguy, and A. Jouon. 2014. Effects of waves on coastal water dispersion in a small estuarine bay. *J. Geophys. Res.*, 119: 70-86. Doi:10.1002/2013JC009466.
- Dwipa, S., S. Widodo, E. Suhanto, and D. Kusnadi. 2006. Integrated geological, geochemical and geophysical survey in Jaboi geothermal field, Nangro Aceh Darussalam, Indonesia. In: Proceedings of the 7th Asian Geothermal Symposium, Qingdao, China, July 2006. 121-126pp.
- Dyer, K. 1986. Coastal and estuarine sediment dynamics. John Wiley and Sons. Chichester. 342p.
- Folk, R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co. Austin, Texas. 182pp.
- Friedman, G.M. 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sand. *J. of Sedim. Petrol.*, 37(2):327-354.
- Friedman, G.M. and J.E. Sanders. 1978. Principles of Sedimentology. John Wiley and Sons. New York. 792p.
- Fuller, C.C., A. van Geen, M. Baskaran, and R. Anima. 1999. Sediment chronology in San Francisco bay, California, Dified by ^{210}Pb , ^{234}Th , ^{137}Cs , and $^{239,240}\text{Pu}$. *Mar. Chem.*, 64:7-27.
- Junaidi, dan R. Wigati. 2011. Analisis parameter statistik butiran sedimen dasar pada sungai alamiah (studi kasus Sungai Krasak Yogyakarta). *Wahana Teknik Sipil*, 16(2):46-57.
- Kamaruzzaman, B.Y., N.A.M. Shazili, and M.H. Lokman. 2002. Particle size distribution in the bottom sediments of the Kemaman River estuarine system, Terengganu, Malaysia. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.*, 25(2):149-155.
- Krumbein, W.C. 1934. Size frequency distributions of sediments. *J. of Sedim. Petrol.*, 4:65–77.
- Margvelashvili, N., M. Herzfeld, and I.T. Webster. 2006. *Modelling of fine-sediment transport in the Fitzroy Estuary and Keppel Bay*. Technical Report 39, Cooperative Research Centre for Coastal Zone, Estuary and Waterway Management. Brisbane. 38pp.
- Masaaki, U., D. Muslim, and S. Motohiko. 2013. Gamma ray dose rates in the Weh Island, Indonesia. *Memoirs of Osaka Kyoiku University*, Ser.III, 61(2):17-22.

- Maranho, L.A., I.M. Abreu, R.E. Santelli, R.C. Cordeiro, A. Soares-Gomes, L.B. Moreira, R.D. Morais, and D.M.S. Abessa. 2010. Acute and chronic toxicity of sediment samples from Guanabara Bay (RJ) during the rainy period. *Braz. J. Oceanogr.*, 58: 77-85.
- Mulligan, R.P., A.J. Bowen, A.E. Hay, A.J. van der Westhuysen, and J.A. Battjes. 2008. Whitecapping and wave field evolution in a coastal bay. *J. Geophys. Res.*, 113:C03008. doi:10. 1029/2007JC004382.
- Nugroho, S.H. dan A. Basit. 2014. Sebaran sedimen berdasarkan analisis ukuran butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1):232-237.
- Purnawan, S., I. Setiawan, dan Marwantim. 2012. Studi sebaran sedimen berdasarkan ukuran butir di perairan Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. *Depik*, 1(1):31-36.
- Purnawan, S., H.A. Haridhi, I. Setiawan, dan Marwantim. 2015. Parameter statistik ukuran butiran pada sedimen berpasir di muara Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1):15-21.
- Purnawan, S. 2015. Kajian awal granulometri pada kawasan lamun dan terumbu karang: studi kasus di gugusan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Depik*, 4(2): 107-114.
- Rifardi. 2008a. Ukuran Butir Sedimen Perairan Pantai Dumai Selat Rupa Bagian Timur Sumatra. *Ilmu Lingkungan*, 2(2):12-21.
- Rifardi. 2008b. Deposisi Sedimen di Perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur-Karimun-Riau. *Ilmu Kelautan*, 13(3): 147-152.
- Saniah, S. Purnawan., dan S. Karina. 2014. Karakteristik dan kandungan mineral pasir pantai Lhok Mee, Beureunut dan Leungah, Kabupaten Aceh Besar. *Depik*, 3(3): 263-270.
- Sieh, K. and D. Natawidjaja. 2000. Neotectonics of Sumatran Fault, Indonesia. *J. Geophys. Res.*, 105(B12):28295-28326.
- Udden, J.A. 1914. Mechanical composition of clastic sediment. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 25:655-744.
- Verney, R., C. Jany, B. Thouvenin, I. Pairaud, M.I. Vousdoukas, C. Pinazo, F. Ardhuin, and P. Cann. 2013. Sediment transport in the Bay of Marseille: Role of extrem events. *In: Proceedings of Coastal Dynamics 2013 - 7th International Conference on Coastal dynamics*, 24-28 Juni 2013, Arcachon, Perancis. 1811-1822pp.
- Webster, I., P. Ford, B. Robson, N. Margvelashvili, and J. Parslow. 2003. Conceptual models of the hydrodynamics, fine sediment dynamics, biogeochemistry and primary production in the Fitzroy estuary. Technical Report 8, Cooperative Research Centre for Coastal Zone, Estuary and Waterway Management. Brisbane. 43pp.
- Weltje, G.J. and H. von Eynatten. 2004. Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook. *Sedim. Geol.*, 171:1-11.
- Wentworth, C.K. 1922. A Scale of grade and class term for clastic sediment. *Geology*, 30:337-392.
- Diterime* : 18 April 2016
Direview : 25 April 2016
Disetujui : 23 Desember 2016