



OSEANOLOGI DAN LIMNOLOGI DI INDONESIA

Print ISSN: 0125-9830 Online ISSN: 2477-328X

Nomor Akreditasi: 712/AU3/P2MI – LIPI/10/2015

<http://jurnal-oldi.or.id>



Distribusi Sedimen Permukaan Dasar Laut Perairan Sumba, Nusa Tenggara Timur

Subsurface sediment distribution in the Sumba Waters, East Nusa Tenggara

Purna Sulastya Putra¹ dan Septriono Hari Nugroho²

¹Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

²Pusat Penelitian Laut Dalam LIPI

Email: purnaputra@gmail.com

Submitted 13 January 2017. Reviewed 23 October 2017. Accepted 3 November 2017

Abstrak

Survei geologi kelautan dalam rangka Ekspedisi Widya Nusantara 2016 dilakukan di Perairan Sumba dari tanggal 4 hingga 26 Agustus 2016. Kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Penelitian ini bermaksud untuk mengungkap karakteristik dan distribusi sedimen permukaan dasar laut di Selat Sumba dan Samudera Hindia di selatan Pulau Sumba. Sebanyak 13 buah sampel dari dasar laut dengan lokasi dan kedalaman yang berbeda di ambil dengan metode *grabbing* dengan menggunakan *box corer*. Analisis besar butir dengan alat Mastersizer 2000 dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan distribusi jenis sedimennya. Tipe sedimen permukaan dasar laut Perairan Sumba secara umum adalah berukuran lanau sedang hingga lanau pasiran dan secara umum distribusi sedimennya berhubungan dengan kedalaman. Besar butir sedimen di Selat Sumba memiliki ukuran yang relatif lebih kasar dibandingkan dengan lokasi di sebelah barat dan selatan Pulau Sumba yang langsung berhubungan dengan Samudera Hindia. Penyebaran karakteristik pemilahan besar butir sedimen permukaan dasar laut di Perairan Sumba menunjukkan bahwa semakin jauh dari daratan maka pemilahan semakin buruk. Pengendapan yang terjadi di dasar laut Perairan Sumba adalah dalam kondisi yang tenang dan perlahan dengan mekanisme sedimentasi termasuk dalam proses *uniform suspension*.

Kata kunci: besar butir, distribusi, sedimen, Perairan Sumba

Abstract

Marine geological survey of the Ekspedisi Widya Nusantara 2016 was conducted in the Sumba Waters on 4 to 26 August 2016 using Baruna Jaya VIII research vessel. The aim of this survey was to reveal the type and characteristics of the subsurface sediments of the Sumba Waters. A total of 13 samples were taken from the different depth in the subsurface bottom of the sea using grabbing method with box corer. Grain size analysis were conducted using Mastersizer 2000 to understand the characteristics and the sediment type distribution. In general, the type of the subsurface sediment in the Sumba Waters is ranging from medium to very coarse sandy silt. Distribution of the subsurface sediments is correlated to depths. Grain size of the sediments in the Sumba Strait is coarser than in the western and southern of Sumba Island that directly connected to the Indian Ocean.

Distribution of the subsurface sediment showing that the sediment, which are distributed further away from the coast is poorly sorted. The deposition of the subsurface-sea sediment is interpreted to represent a calm, and slow sedimentation mechanism under uniform suspension process.

Key words: grain size, distribution, sediments, Sumba Waters

Pendahuluan

Distribusi besar butir sedimen sangat dipengaruhi oleh jenis dan keberadaan material sumber sedimen dan proses yang terjadi dimana material sedimen tersebut terbawa (Folk dan Sanders, 1978). Analisis besar butir selain dilakukan untuk identifikasi tipe sedimen permukaan dasar laut dan distribusinya, juga dapat digunakan untuk mengetahui dinamika dan kondisi energi lingkungan pengendapannya (Stewart, 1958; Passega, 1964; Carranza-Edwards et al. 2005; Opreanu et al. 2007). Salah satu kegiatan dalam Ekspedisi Widya Nusantara 2016 adalah survei geologi kelautan, yang bertujuan untuk mengungkap karakteristik dan distribusi sedimen permukaan dasar laut di Perairan Sumba (Gambar 1). Daerah ini dipilih karena masih merupakan daerah frontier dalam studi geologi kelautan, dengan kondisi geologi kelautannya masih belum banyak diketahui, termasuk juga karakteristik sedimen permukaan dasar lautnya belum banyak dipelajari. Kondisi geologi Pulau Sumba terkenal sangat kompleks, karena dipengaruhi oleh tumbukan lempeng tektonik Indo-Australia dengan lempeng Eurasia (Hamilton, 1979; Hall 1999; Astjario dan Silalahi 2013). Kompleksitas kondisi geologi di Pulau Sumba dan sekitarnya, diperkirakan akan tercermin dalam sebaran dan jenis sedimen permukaan dasar laut di sekitar Pulau Sumba. Hal ini dikarenakan sebagian sumber sedimen permukaan dasar laut di Perairan Sumba adalah berasal dari hasil erosi batuan - batuan yang terdapat di sekitar Perairan Sumba, dimana pembentukan dan keberadaan batuan - batuan tersebut adalah hasil dari proses geologi yang kompleks yang telah berlangsung selama ribuan hingga jutaan tahun yang lalu. Hasil erosi batuan - batuan tersebut terbawa ke laut oleh sungai - sungai utama, sebagai *sediment feeder*, yang ada di Pulau Sumba dan pulau - pulau lainnya.

Distribusi sedimen permukaan dasar laut juga sangat mungkin dipengaruhi oleh faktor

oseanografi. Kawasan perairan Pulau Sumba diyakini unik dari sudut pandang oseanografi karena adanya interaksi antara Arus Lintas Indonesia (Arlindo) dengan fitur geografi/geologi yang kompleks (Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, 2016). Fitur oseanografi yang diyakini sangat berpengaruh di kawasan ini adalah arus laut yang disebut *South Java Current* (SJC) dan juga proses fisika berupa *mixing*, yaitu pencampuran massa air yang bisa terjadi karena arus pasang surut, batimetri, dan *internal wave* (Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, 2016). Sedimen di zona pasang surut (*tidal range*) juga sangat dinamis distribusinya. Nugroho dan Putra (2017) melakukan studi distribusi sedimen di zona pasang surut di Pantai Waikelo, Sumba, dan menemukan adanya perbedaan distribusi ukuran butir sedimen pada daerah surut maksimum dengan daerah pasang maksimum. Pada daerah surut maksimum ukuran butir sedimen relatif lebih kasar dibandingkan daerah pasang maksimum dan transisi.

Hasil dari penelitian sedimen permukaan dasar laut di Perairan Sumba ini yang berupa karakteristik dan distribusi besar butir sedimen permukaan dasar laut akan sangat berguna untuk dasar studi geologi yang lain. Salah satu contohnya adalah untuk mengetahui bagaimana hubungan lingkungan sedimen permukaan dasar laut dengan distribusi foraminifera bentonik di Perairan Sumba. Studi ini juga akan sangat bermanfaat untuk mengungkap potensi geologi Perairan Sumba yang belum banyak diketahui.

Metodologi

Survey dilakukan pada bulan Agustus 2016. Pengambilan sampel di Perairan Sumba dilakukan di 14 stasiun (Gambar 1) dengan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII (Gambar 2A). Sampel sedimen permukaan diambil dengan metode *grabbing* menggunakan *box corer* (Gambar 2B) di 13 stasiun pada kedalaman yang berbeda-beda (Tabel 1).

Analisis besar butir dilakukan di Laboratorium Mikropaleontologi, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI dengan menggunakan Malvern Mastersizer 2000, sebuah instrumen *laser diffraction* yang dapat mengukur material berukuran mulai dari 0,02 μm hingga 2000 μm . Parameter besar butir yang meliputi *mean grain size*, *sorting*, *skewness*, dan *kurtosis* dihitung dengan *software* Gradistat (Blott dan Pye 2001) dengan metode logaritmik Folk dan Ward (1957). Klasifikasi besar butir berdasarkan klasifikasi Gradistat (Blott dan Pye 2001) dapat di lihat dalam Tabel 2. Klasifikasi inilah yang digunakan untuk menentukan jenis atau tipe sedimen.

Berikut adalah deskripsi parameter besar butir sedimen. Mean atau nilai rata-rata ukuran butir mencerminkan ciri energi pengendapan oleh air atau angin dalam membawa sedimen (Richard 1992). Perhitungan nilai rata-rata menggunakan persamaan statistik berikut (Folk dan Ward 1957).

$$Mz = \frac{f_{16} + f_{50} + f_{84}}{3}$$

Sortasi (pemilahan) dapat menunjukkan keseragaman ukuran butir dari suatu populasi sedimen (Folk 1968). Sortasi dapat pula diartikan sebagai penyebaran ukuran butir terhadap ukuran butir rata-rata (Friedman dan Sanders 1978). Sortasi di hitung berdasarkan persamaan statistik berikut (Folk dan Ward 1957):

$$SI = \frac{f_{84} - f_{16}}{4} + \frac{f_{95} - f_5}{6.6}$$

Skewness (kemencengan) adalah penyimpangan distribusi ukuran butir terhadap distribusi normal. Apabila dalam suatu distribusi

ukuran butir terdapat partikel kasar yang lebih banyak, maka kepengcengannya bernilai negatif dan begitu pula sebaliknya (Folk 1968). Skewness di hitung berdasarkan persamaan statistik berikut (Folk dan Ward 1957):

$$SkI = \frac{f_{16} + f_{84} - 2f_{50}}{2(f_{84} - f_{16})} + \frac{f_5 + f_{95} - 2f_{50}}{2(f_{95} - f_5)}$$

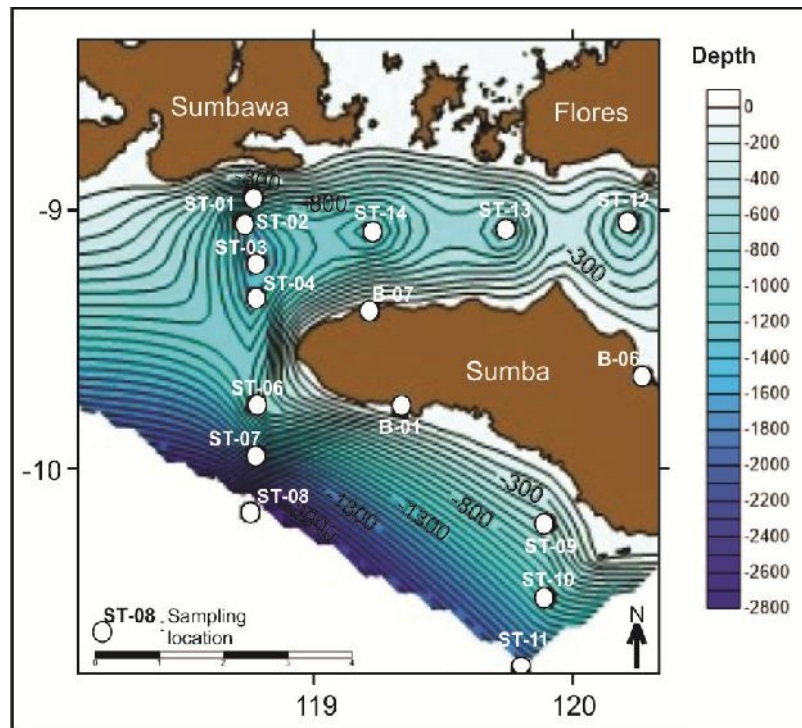
Kurtosis (peruncingan) menunjukkan kepuncakan atau kedataran distribusi terhadap distribusi normal. Skewness di hitung berdasarkan persamaan statistik berikut (Folk dan Ward 1957):

$$KG = \frac{f_{95} - f_5}{2.44(f_{75} - f_{25})}$$

dimana f_{16} adalah nilai persentil ke 16 dari distribusi besar butir, dan seterusnya untuk f_{50} dan nilai persentil yang lain.

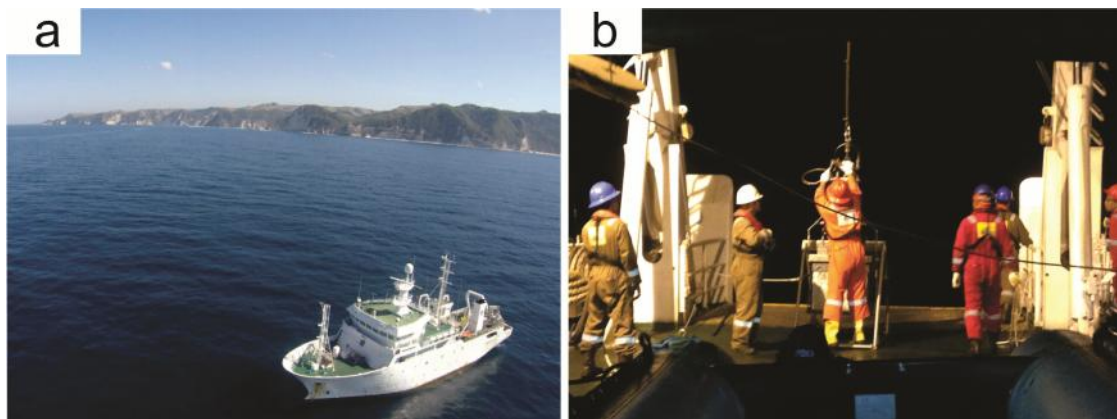
Klasifikasi nilai sortasi, skewness dan kurtosis berdasarkan perhitungan logaritmik Folk dan Ward dapat di lihat dalam Tabel 3.

Untuk mengetahui apakah sedimen permukaan dasar laut Sumba ini terendapkan dalam kondisi arus tenang ataukah arus kuat, dan dalam laju yang lambat ataukah cepat pengendapannya, maka dilakukan analisis Stewart (Stewart 1958). Analisis tersebut pada dasarnya merumuskan hubungan antara median besar butir dengan sortasi. Sedangkan untuk mengetahui mekanisme transportasi sedimennya, apakah tertransport secara suspensi ataukah traksi (*rolling*) dilakukan analisis C-M diagram (Passega 1964). Analisis ini adalah berupa plot bivariat antara median dengan persentil pertama dari distribusi besar butir.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen pada Ekspedisi Widya Nusantara 2016. Kontur kedalaman di buat berdasarkan hasil intrapolasi data kedalaman pada setiap stasiun.

Figure 1. Sediment sampling location map of the Ekspedisi Widya Nusantara 2016. Depth contour generated based on the interpolation of the depth data at each station.



Gambar 2. Wahana Kapal Riset Baruna Jaya VIII yang digunakan untuk survey Ekspedisi Widya Nusantara 2016. b) Pengambilan sampel box core dari atas Kapal Baruna Jaya VIII.

Figure 2. a) Baruna Jaya Research Vessel that was used for Ekspedisi Widya Nusantara survey. b) Sediment sampling using box corer on board of Baruna Jaya VIII.

Tabel 1. Hasil perolehan sampel *box core* Ekspedisi Widya Nusantara 2016
 Table 1. Result of box core acquisition from Ekspedisi Widya Nusantara 2016.

No.	Station	Sample	Volume	Depth (m)
1.	ST-01	Recovered	Very few	767
2.	ST-02	Recovered	3/4	1560
3.	ST-03	Recovered	Full	1579
4.	ST-04	Recovered	3/4	1394
5.	ST-06	Not recovered	-	594
6	ST-07	Recovered	1/4	886
7	ST-08	Recovered	1/2	1611
8	ST-09	Recovered	1/4	2966
9	ST-10	Recovered	Full	502
10	ST-11	Recovered	Few	1005
11	ST-12	Recovered	1/2	2045
12	ST-13	Recovered	Full	821
13	ST-14	Recovered	3/4	989
14	ST-01	Recovered	3/4	1280

Tabel 2. Jenis besar butir berdasarkan klasifikasi Gradistat (Blott dan Pye 2001).
 Table 2. Grain size type based on Gradistat classification (Blott and Pye 2001).

Grain size			Descriptive terminology		
phi	mm/ μ m		Udden (1914) and Wentworth (1922)	Gradistat program	
-11	2048	mm	Cobbles	Very large	Boulders
-10	1024			Large	
-9	512			Medium	
-8	256			Small	
-7	128			Very small	
-6	64		Pebbles	Very coarse	Gravel
-5	32			Coarse	
-4	16			Medium	
-3	8			Fine	
-2	4		Granules	Very fine	
-1	2	μ m	Very coarse	Very coarse	Sand
0	1		Coarse	Coarse	
1	500		Medium	Medium	
2	250		Fine	Fine	
3	125		Very fine	Very fine	
4	63		Silt	Very coarse	Silt
5	31			Coarse	
6	16			Medium	
7	8			Fine	
8	4			Very fine	
9	2			Clay	Clay

Tabel 3. Klasifikasi nilai besar butir berdasarkan metode logaritmik Folk dan Ward 1957.
 Table 3. Classification of grain size value based on logarithmic method of Folk and Ward 1957.

Sorting (σI)		Skewness (SkI)		Kurtosis (KG)	
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 leptokurtic	>3.00
Extremely poorly sorted	>4.00				

Hasil

Tipe Sedimen Permukaan Dasar Laut

Tipe sedimen permukaan dasar laut Perairan Sumba secara umum berupa lanau (*silt*) yaitu lanau sedang (*medium silt*) hingga lanau kasar yang pasiran (*very fine sandy coarse silt*) (Tabel 4). Distribusi sedimen berkorelasi dengan kedalaman, semakin dalam batimetri sedimennya relatif semakin halus. Sedimen lanau sedang terdapat di kedalaman lebih dari 1300 m, kecuali pada STA-9 yang memiliki kedalaman cukup dangkal yaitu 502 m, dengan tipe sedimennya berupa lanau sedang. Sementara itu, sedimen yang lebih kasar yaitu lanau

kasar (*coarse silt*) terdistribusi pada kedalaman kurang dari 1300 m.

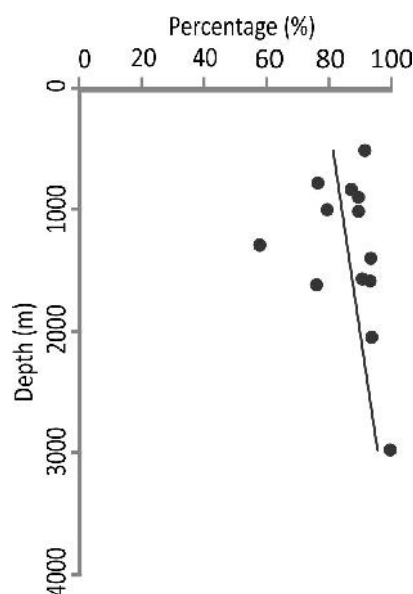
Jika dilihat dari komposisi ukuran besar butir, maka sedimen permukaan Perairan Sumba didominasi oleh sedimen berukuran lanau dan lempung yang keduanya dikelompokkan sebagai lumpur (*mud*). Persentase *mud* di lokasi penelitian berkisar dari 58.29 hingga 99.89 % (Tabel 5). Jika dihubungkan dengan kedalaman (batimetri), maka terlihat bahwa persentase lumpur akan semakin tinggi seiring dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 3), dan sebaliknya persentase pasir akan menurun

Tabel 4. Tipe sedimen pada setiap stasiun.
 Table 4. Sediment type of each sampling station.

Sta	Depth (m)	Sediment Type
ST-01	767	<i>Very Fine Sandy Coarse Silt</i>
ST-02	1560	<i>Medium silt</i>
ST-03	1579	<i>Medium silt</i>
ST-04	1394	<i>Medium silt</i>
ST-06	886	<i>Very Fine Sandy Coarse Silt</i>
ST-07	1611	<i>Very Fine Sandy Coarse Silt</i>
ST-08	2966	<i>Medium silt</i>
ST-09	502	<i>Medium silt</i>
ST-10	1005	<i>Very Fine Sandy Coarse Silt</i>
ST-11	2045	<i>Medium silt</i>
ST-12	821	<i>Very Fine Sandy Coarse Silt</i>
ST-13	989	<i>Very Fine Sandy Coarse Silt</i>
ST-14	1280	<i>Very Fine Sandy Coarse Silt</i>

Tabel 5. Persentase pasir (*sand*), dan lumpur (*mud*) serta nilai parameter besar butir setiap stasiun
 Table 5. Percentage of sand, and mud and the grain size parameter value for each station.

Stasion	Depth (m)	Percentage		Grain Size Parameter (ϕ)					
		Sand (%)	Mud (%)	Mean	Skewness	Kurtosis	Median		Sorting
ST-01	767	23.47	76.53	5.702	-0.002	0.979	5.578	2.295	<i>v. poorly sorted</i>
ST-02	1560	9.13	90.87	6.294	-0.022	0.930	6.330	1.705	<i>poorly sorted</i>
ST-03	1579	6.77	93.23	6.489	0.006	0.963	6.467	1.706	<i>poorly sorted</i>
ST-04	1394	6.55	93.45	6.557	-0.011	0.931	6.568	1.736	<i>poorly sorted</i>
ST-06	886	10.44	89.56	5.910	0.067	1.043	5.853	1.575	<i>poorly sorted</i>
ST-07	1611	23.96	76.04	5.626	0.001	0.922	5.577	2.123	<i>v. poorly sorted</i>
ST-08	2966	0.14	99.86	6.913	0.017	0.908	6.893	1.578	<i>poorly sorted</i>
ST-09	502	8.32	91.68	6.598	-0.090	1.159	6.646	1.668	<i>poorly sorted</i>
ST-10	1005	10.51	89.49	6.366	0.056	0.810	6.300	1.957	<i>poorly sorted</i>
ST-11	2045	6.18	93.82	6.603	-0.022	0.913	6.636	1.740	<i>poorly sorted</i>
ST-12	821	12.73	87.27	6.002	-0.007	1.006	6.000	1.735	<i>poorly sorted</i>
ST-13	989	20.43	79.57	5.583	0.079	0.904	5.508	1.828	<i>poorly sorted</i>
ST-14	1280	41.71	58.29	4.675	0.096	0.868	4.546	2.225	<i>v. poorly sorted</i>



Gambar 3. Hubungan persentase lumpur (*mud*) terhadap kedalaman yang menunjukkan semakin besar persentase lumpur seiring dengan bertambahnya kedalaman

Figure 3. Sediment-depth relationship indicates an increase in mud percentage from top to bottom.

Pembahasan

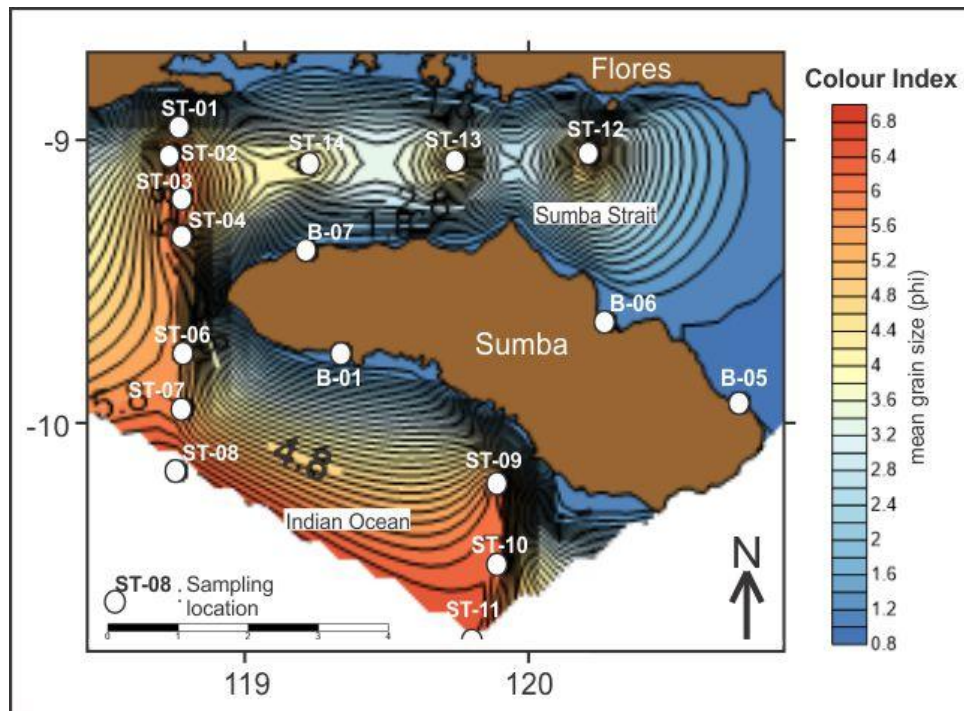
Berkurangnya persentase lumpur terhadap pasir seiring bertambahnya kedalaman salah satunya berkaitan dengan energi gelombang yang berpengaruh terhadap pengendapan. Bascom (1951) mengidentifikasi bahwa ada hubungan positif antara distribusi besar butir dengan energi gelombang. Nilai *mean grain size* (ϕ) pada setiap stasiun adalah berkisar dari 4.675 hingga 6.913 ϕ atau berkisar dari lanau sangat kasar hingga sedang (Tabel 5). Peta distribusi ukuran sedimen yang dibuat dengan cara ekstrapolasi (Gambar 4) memperlihatkan bahwa sedimen di Selat Sumba (ST-01, ST-12, ST-13, ST-14) memiliki ukuran butir yang relatif lebih kasar. Nilai *mean grain size* di daerah tersebut lebih kecil dari 4 ϕ (lanau sangat kasar hingga pasir). Di sebelah barat dan selatan Pulau Sumba yang langsung berhubungan dengan Samudera Hindia, berukuran lanau dengan nilai *mean grain size* lebih besar dari 5 ϕ . Secara umum dapat pula disimpulkan bahwa semakin menjauh dari daratan maka besar butir sedimen permukaan dasar laut akan semakin menghalus (Gambar 5).

Hasil ekstrapolasi *mean grain size* (ϕ) menunjukkan bahwa di daerah sekitar tepian pulau memiliki besar butir berukuran pasir kasar hingga sedang. Dari hasil ekstrapolasi juga terlihat bahwa sedimen permukaan dasar laut yang berukuran lanau dan lempung mendominasi di daerah Samudera Hindia. Nugroho dan Basit (2014) memperoleh hasil yang berbeda dalam studinya mengenai distribusi besar butir endapan Teluk Weda, Maluku yang menemukan ukuran butir endapan dasar laut akan semakin kasar semakin ke arah laut lepas. Hal ini mungkin berkaitan dengan dinamika arus yang lebih kompleks di dalam sebuah Teluk.

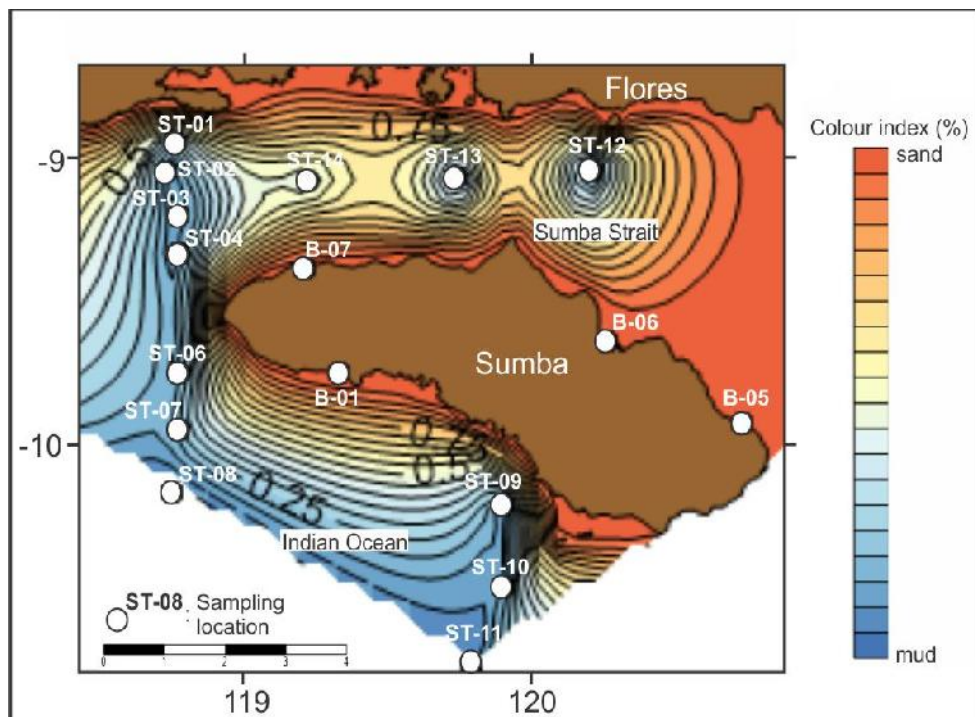
Karakteristik pemilahan (sortasi) besar butir sedimen permukaan dasar laut di Perairan Sumba hampir berkaitan dengan karakteristik distribusi besar butirnya. Gambar 6 menunjukkan bahwa ekstrapolasi hasil perhitungan nilai sortasi pada setiap stasiun menunjukkan bahwa pemilahan yang relatif lebih baik, yaitu dengan nilai 0.9 hingga 1.6 ϕ (*poorly sorted*), distribusinya terkonsentrasi di daerah tepian daratan misalnya di sekitar ST-01,

ST-06 dan ST-09, serta di Selat Sumba terutama di sekitar ST-12 dan ST-13 (Tabel 5). Pada daerah yang lebih jauh dari daratan dan berhubungan langsung dengan Samudera Hindia, pemilahan cenderung lebih buruk, yaitu dengan nilai 1.7 hingga 2.15 ϕ (*very poorly sorted*), dengan pengecualian pada ST-14 yang terletak di Selat Sumba, namun pemilahannya juga relatif lebih buruk. Pemilahan lebih buruk berarti banyak terdapat sedimen dengan ukuran butir yang lebih beragam dibandingkan dengan yang terpilah lebih baik. Perbedaan nilai sortasi atau pemilahan ini disebabkan karena pengaruh arus (kecepatan dan arah) serta jarak dari sumber sedimennya. Nilai kurtosis juga berubah sesuai dengan perubahan kedalaman, semakin dalam batimetri nilai kurtosis menunjukkan pola semakin mengecil. Dari Tabel 3 dapat kita lihat bahwa pada ST-09 stasiun yang paling dangkal (kedalaman 502 m) memiliki nilai kurtosis 1.159, sedangkan pada ST-03 dengan kedalaman 1579 m nilai kurtosisnya adalah 0.963, dan pada ST-08, yaitu stasiun yang paling dalam, nilai kurtosisnya 0.908. Pola penurunan kurtosis ini menunjukkan bahwa semakin dalam batimetri maka bentuk kurva distribusi besar butirnya semakin terpancung (*platykurtic*), (Folk & Ward, 1957). Kurtosis semakin terpancung menunjukkan bahwa sortasi sedimennya adalah semakin buruk (Cadigan, 1961). Variasi dari nilai kurtosis merepresentasikan pengaruh variasi karakteristik aliran dari media yang menransport sedimen (Ray et al. 2006).

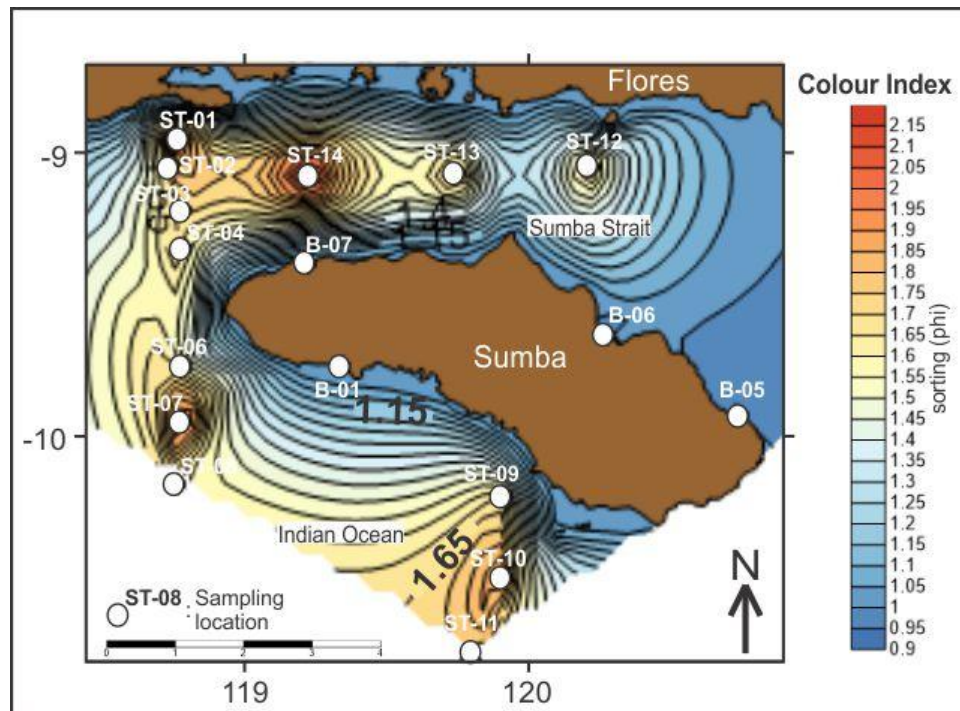
Perubahan nilai *skewness* tidak tergantung dengan perubahan kedalaman. Nilai *skewness* dari semua stasiun dapat diklasifikasikan ke dalam *skewness* yang mendekati simetris karena nilainya berkisar antara $-0.1 < Sk < 0.1$ (Tabel 5) (Folk & Ward, 1957). Meskipun demikian, terdapat beberapa stasiun yang menunjukkan kandungan partikel berukuran lebih kasar (*positively skewed*) yang lebih banyak dibandingkan pada sedimen dengan kurva distribusi besar butir yang normal, yaitu pada ST-01, ST-02, ST-04, ST-08, ST-11 dan ST-12 dengan nilai *skewness* negatif (Tabel 5). McClaren dan Bowles (1984) berpendapat bahwa kenaikan energi dalam proses transport sedimen dicirikan oleh adanya *skewness* dari *highly negative skewness* menjadi mendekati simetris.



Gambar 4. Peta sebaran *mean grain size* sedimen di Perairan Sumba. Nilai *mean grain size* dalam ϕ (phi). Semakin besar nilai ϕ maka akan semakin halus ukuran besar butir.
 Figure 4. Map of mean grain size distribution in the Sumba Waters. Mean grain size value in ϕ (phi). The higher ϕ value the smaller grain size.



Gambar 5. Peta sebaran pasir (*sand*) dan lumpur (*mud*, berukuran lanau hingga lempung) di Perairan Sumba.
 Figure 5. Map of sand and mud (silt to clay sized sediment) distribution in the Sumba Waters.



Gambar 6. Peta sebaran sortasi sedimen permukaan dasar laut di Perairan Sumba
Figure 6. Map of sorting distribution of subsurface sediment in the Sumba Waters.

Sebaran *mean grain size*, jenis sedimen dan sortasi di perairan Sumba sangat dipengaruhi oleh pola arus yang terjadi di daerah penelitian. Pola arus permukaan di wilayah Perairan Sumba secara umum diukur menggunakan SADCP (Gambar 7) (Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, 2016). Di sekitar Pulau Sumba, arah arus relatif bervariasi. Di bagian barat Pulau Sumba (lokasi B) arus bergerak dengan arah sejajar garis pantai, sedangkan di bagian utara Pulau Sumba sebagian massa air bergerak ke arah barat laut. Di selatan Pulau Sumba, massa air bergerak relatif ke arah timur laut. Homogenitas dan konsistensi arus ke arah tertentu di sekitar pantai dapat menghasilkan sortasi (pemilahan) butiran yang lebih baik dibandingkan dengan daerah yang arah arusnya bervariasi (Pye, 1994). Sebagai contoh di lokasi C pada Gambar 7, semakin ke arah selatan pola arusnya memiliki arah yang berbeda - beda. Pemilahan endapan menjadi semakin buruk, semakin ke arah laut yang lebih dalam (yang berhubungan langsung dengan Samudera Hindia).

Secara umum, karakteristik sedimen permukaan dasar laut di Selat Sumba dan Samudera Hindia berbeda. Di Selat Sumba karakteristik

sedimen permukaan dasar lautnya banyak dipengaruhi oleh suplai sedimen dari darat, yaitu dari pulau - pulau di sekitarnya (Pulau Sumbawa, Pulau Flores dan Pulau Sumba). Selat Sumba juga terlindungi dari kontak langsung dengan Samudera Hindia. Karakteristik di selatan Pulau Sumba yang terhubung langsung dengan Samudera Hindia menghasilkan karakteristik sedimen yang berbeda dengan sedimen yang terdapat di Selat Sumba. Khususnya untuk wilayah neritik atau zona sublitoral di Selat Sumba, distribusi sedimen yang banyak di suplai dari sungai - sungai utama di pulau - pulau sekitarnya, akan sangat dipengaruhi juga oleh keberadaan *longshore current*.

Analisis plot bivariate untuk hubungan antara *median grain size* dan sorting (Stewart 1958) menggambarkan terjadinya pengendapan yang tenang dan perlahan (*slow deposition from quiet waters*) (Gambar 8). Hal ini sesuai dengan kondisi pengendapan yang terjadi di laut dalam, yaitu pengendapan yang didominasi oleh material berbutir halus yang terjadi dengan perlahan dalam kondisi yang relatif tenang. Suryantini et al. (2011) juga mengidentifikasi pengendapan sedimen

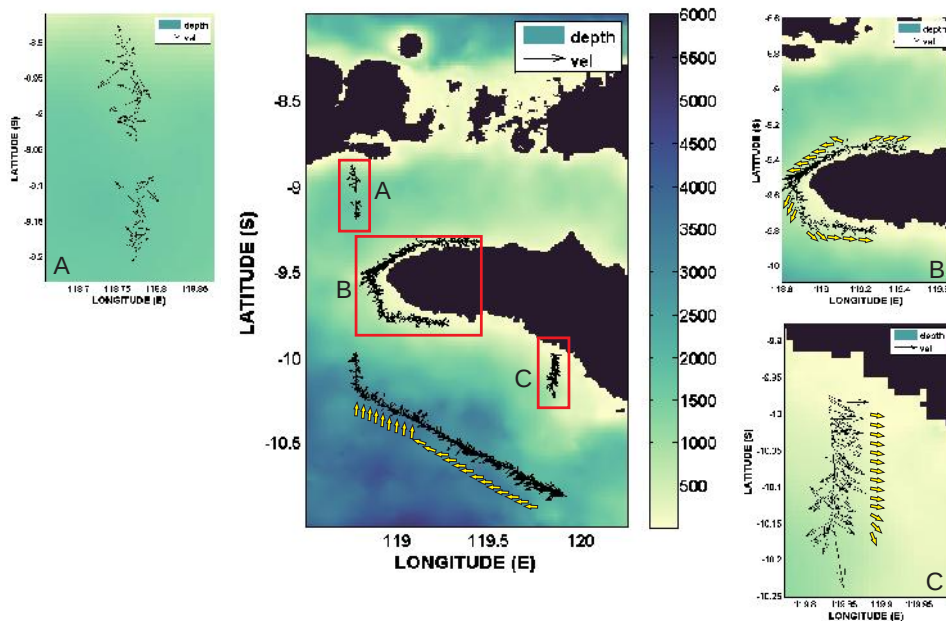
permukaan dasar laut Karimun Jawa terjadi dalam kondisi yang tenang dan perlahan.

Hasil plot *median grain size* dan persentil pertama dalam C-M diagram (Passega 1964) memperlihatkan mekanisme sedimentasi yang terjadi dalam proses *uniform suspension* (Gambar 9) yang merupakan mekanisme sedimentasi yang normal untuk sedimen yang berukuran relatif halus (lanau). Sedimen permukaan dasar laut terendapkan oleh mekanisme sedimentasi *suspension*. Purnawan et al. (2015) juga berkesimpulan bahwa suspensi merupakan mekanisme sedimentasi yang paling dominan untuk endapan dasar laut di Muara Kuala Gigieng, Aceh. Hasil C-M diagram untuk endapan dasar laut ini berbeda dengan yang dilakukan pada sedimen muara sungai. Ganesh et al. (2013) menemukan bahwa mekanisme sedimentasi dominan yang terjadi di muara sungai adalah proses *rolling*.

Plot *bivariate* biasa digunakan untuk membedakan tatanan lingkungan pengendapan berdasarkan data parameter besar butir (Jitheshkumar et al. 2013). Analisis plot *bivariate* parameter besar butir menunjukkan bahwa semakin halus ukuran besar butir maka sortasi akan semakin

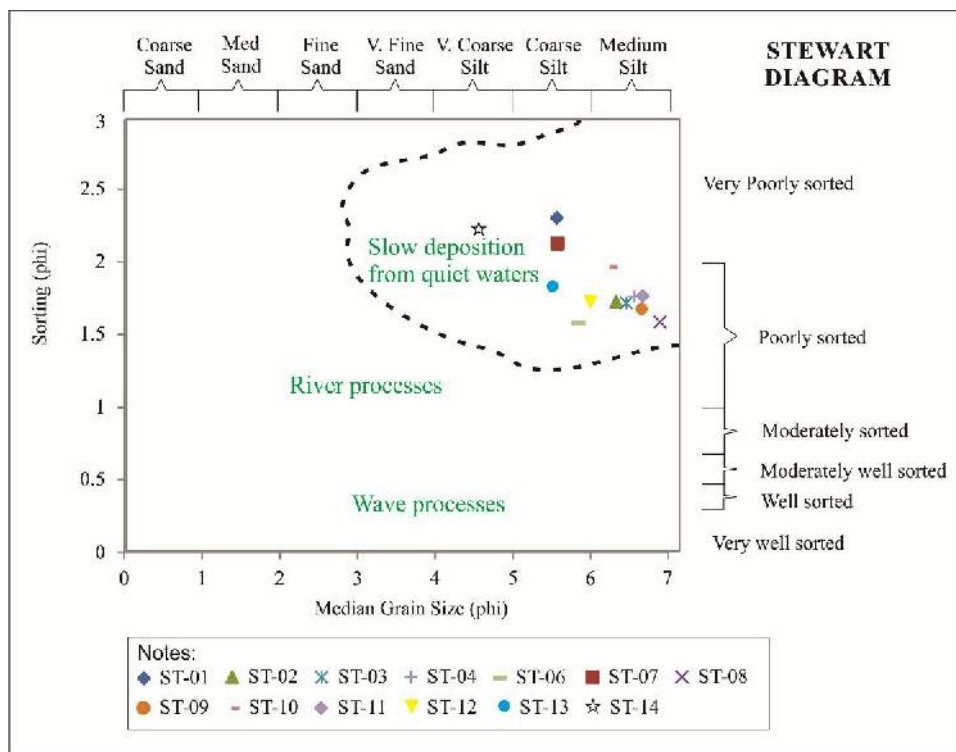
membaik. Pola perubahan tersebut terjadi dari lanau kasar dengan sortasi sangat buruk sekali (*very poorly sorted*) menjadi lanau sedang dengan sortasi buruk (*poorly sorted*) (Gambar 10a). Nilai *skewness* yang mendekati *fine skewed* adalah pada sedimen yang berukuran lanau sangat kasar, sedimen yang lebih halus (lanau kasar hingga sedang) akan cenderung memiliki bentuk kurva yang simetris dan atau *coarse skewed* (Gambar 10b).

Sementara itu nilai sedimen yang lebih kasar (lanau kasar) berhubungan dengan nilai *kurtosis mesokurtic*, sedangkan sedimen berukuran lanau sedang memiliki distribusi *kurtosis* yang lebih lebar, yaitu dari *leptokurtic* hingga *platykurtic*, meskipun didominasi sedimen yang memiliki *kurtosis mesokurtic* (Gambar 10c). Sementara itu, nilai sortasi berpengaruh terhadap nilai *skewness*. Dari Gambar 10d dapat disimpulkan bahwa *skewness* simetris yang terdistribusi dari batas *coarse skewed* hingga batas *fine skewed* terkelompokkan dalam sedimen yang terpilah buruk (*poorly sorted*). Sedimen yang terpilah lebih buruk (*very poorly sorted*) memiliki *skewness* simetris yang cenderung terdistribusi ke arah *fine skewed*.



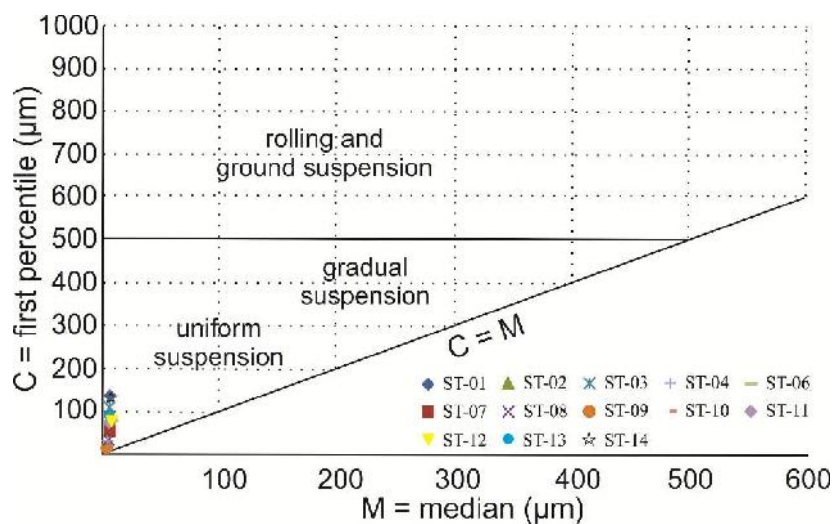
Gambar 7. Pola arus di sekitar Pulau Sumba (Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, 2016).

Figure 7. Current pattern around the Sumba Waters (Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, 2016).



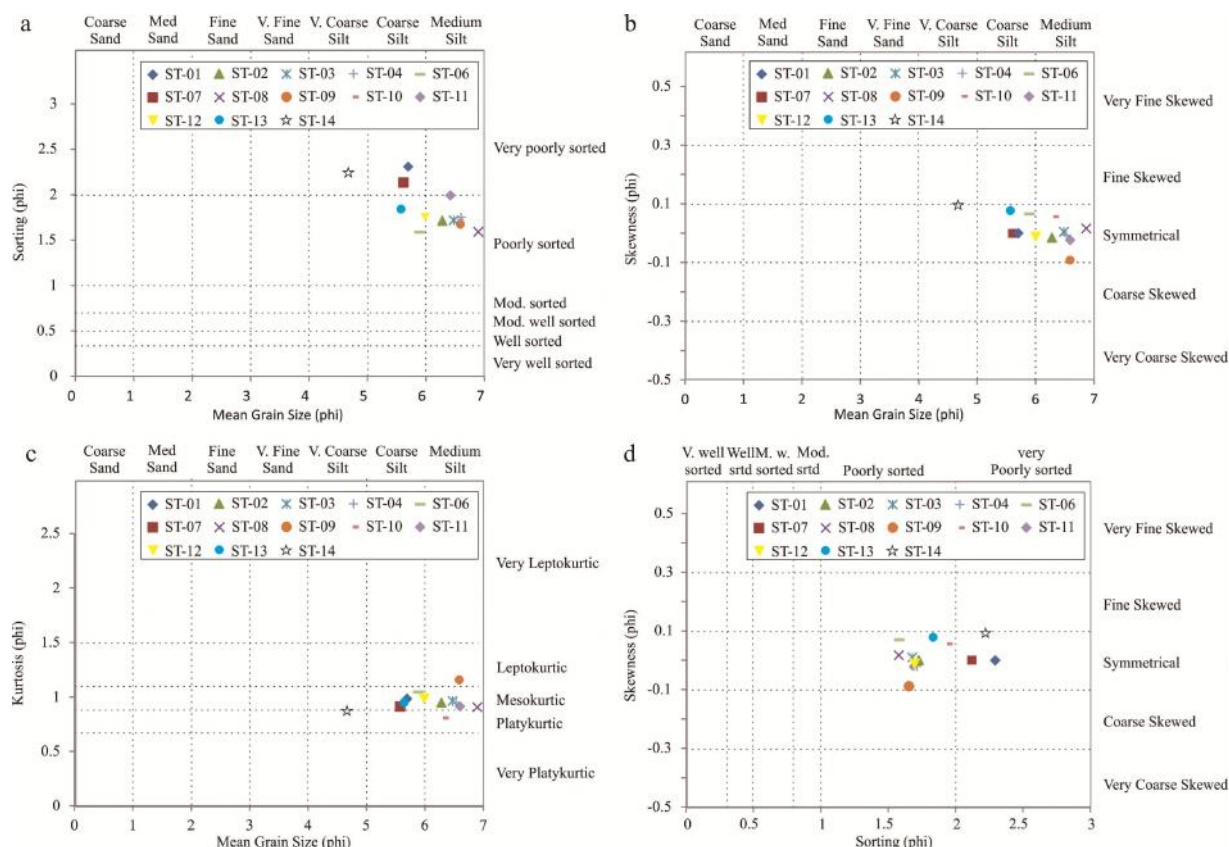
Gambar 8. Stewart Diagram berupa hubungan median dan sorting yang menunjukkan sedimen di Perairan Sumba terendapkan dalam kondisi pengendapan yang pelan dan air yang tenang (dimodifikasi dari Stewart 1958).

Figure 8. Stewart Diagram of median and sorting relationship showing the Sumba Waters subsurface sediment was deposited in the calm and slowly condition (modified from Stewart 1958).



Gambar 9. Mekanisme sedimentasi sedimen permukaan dasar laut berdasarkan analisis C-M diagram menurut Passega (1964)

Figure 9. Sedimentation mechanism of subsurface sediment based on C-M diagram of Passega (1964).



Gambar 10. Bivariate plot parameter besar butir pada sedimen dasar laut Perairan Sumba.

Figure 10. Bivariate plot of grain size parameter of Sumba Waters subsurface sediment.

Kesimpulan

Tipe sedimen permukaan dasar laut Perairan Sumba secara umum adalah berukuran lanau sedang (*medium silt*) hingga lanau sangat kasar yang pasir (*sandy-coarse silt sediments*). Secara umum distribusi sedimen di dasar laut berkorelasi dengan kedalaman, semakin dalam batimetri maka ukuran butir sedimennya relatif lebih halus. Distribusi besar butir sedimen di Selat Sumba memiliki ukuran butir yang relatif lebih kasar dibandingkan dengan lokasi di sebelah barat dan selatan Pulau Sumba yang langsung berhubungan dengan laut lepas Samudera Hindia. Penyebaran karakteristik pemilahan besar butir sedimen permukaan dasar laut di Perairan Sumba hampir menyerupai distribusi besar butirnya. Daerah yang lebih jauh dari daratan dan berhubungan langsung dengan Samudera Hindia memiliki pemilahan cenderung lebih buruk. Pengendapan yang terjadi di dasar laut Perairan Sumba adalah dalam kondisi yang tenang dan pengendapan dan perlahan (*slow deposition from*

quiet waters). Hal ini sesuai dengan kondisi pengendapan yang terjadi di laut dalam yang memiliki mekanisme sedimentasi *uniform suspension*.

Persantunan

Penelitian ini merupakan bagian dari Ekspedisi Widya Nusantara 2016. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Puslit Oseanografi dan koordinator kegiatan Ekspedisi Widya Nusantara 2016 atas kesempatan untuk mengikuti ekspedisi ini. Terima kasih juga kepada Nakhoda dan Anak Buah Kapal Riset Baruna Jaya VIII serta seluruh peneliti dan teknisi yang terlibat dalam ekspedisi ini, khususnya Sdr. Singgih Prasetyo Adi Wibowo sebagai teknisi geologi atas kerja samanya selama ekspedisi berlangsung.

Daftar Pustaka

- Astjario, P. dan R. I. Silalahi. 2013. Tinjauan geologi landas kontinen indonesia di luar 200 mil laut sebelah selatan perairan Pulau Sumba (Geological review of Indonesian continental shelf beyond 200 Nm South of Sumba Island waters). *Jurnal Geologi Kelautan* 11:67–78.
- Bascom, W.N. 1951. The relationship between sand-size and beach face slope. *Transactions American Geophysical Union* 32:866–87.
- Blott, S.J. and K. Pye. 2001. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26(11): 1237–1248
- Cadigan, R. A. 1961. Geologic interpretation of grain-size distribution measurements of Colorado plateau sedimentary rocks. *Journal of Geology* 69: 121-144.
- Carranza-Edwards, A., L. Rosales-Hoz, J. Urrutia--Fucugauchi, A. Sandoval-Fortanel, E. M. de la Garza and R. L. S. Cruz. 2005. Geochemical distribution pattern of sediments in an active continental shelf in Southern Mexico. *Continental Shelf Research* 25:521–537.
- Folk, R. L. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Austin, Texas. Hemphill's Book Store.
- Folk R.L. and J.E. Sanders. 1978. Principles of sedimentology. John Wiley and Sons, NY. 792p.
- Folk R.L. and W.C. Ward. 1957. A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27(1):3–26.
- Friedman G.M. and J.E. Sanders. 1978. *Principles of Sedimentology*. Wiley: New York.
- Ganesh, B., A.G.S.S. Naidu, M. J. Rao, T. K. Karudu and P. Avatharam. 2013. Studies on textural characteristics of sediments from Gosthani River Estuary - Bheemunipatnam, A.P., East Coast of India. *Journal of Indian Geophysical Union* 17 (2): 139–151.
- Hall, R. 1996. Tectonic evolution of Southeast Asia. London. SE Asia Research Group Department of Geology Royal Holloway London University.
- Hamilton, W. B. 1979. Tectonics of the Indonesian region. Report 1078, U.S. Govt. Print. Off, USA. Retrived from <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp1078>.
- Jitheshkumar, N., V.C. Rajganapathi, M. Sundararajan, K.H. Bhat and S. Velusamy. 2013. Grain-size analysis and characterization of sedimentary environment along Ovari coast, Tamilnadu, India. *International Journal of Sedimentary Research*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsrc.2013.09.001>
- McClaren, P. and D. Bowles. 1984. The Effects of Sediment Transport On Grain-Size Distributions. *Journal of Sedimentary Petrology* 55 (4): 457–470.
- Nugroho, S.N. dan Basit. 2014. Sebaran sedimen berdasarkan analisis ukuran butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 6 (1): 229–240.
- Nugroho, S.N. dan P.S. Putra. 2017. Spatial distribution of grain size and depositional process in tidal area along Waikelo Beach, Sumba. *Marine Georesources and Geotechnology* DOI: 10.1080/1064119X.2017.1312649
- Opreanu, G. O. and F. Păun. 2007. The dynamic significance of the grain size of sediments transported and deposited by the Danube Gicu. *Geo-Eco-Marina* 13: 111–119.
- Passega R. 1964. Grain size representation by CM pattern as a geological tool. *Journal of Sedimentary Petrology* 34: 830–847.
- Purnawan, S., H. A. Haridhi, I. Setiawan, dan Marwantim. 2015. Parameter statistik ukuran butiran pada sedimen berpasir di Muara Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 7 (1): 15–21.
- Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. 2016. Laporan Akhir Ekpedisi Widya Nusantara 2016: Menguak Potensi Perairan Sumba.
- Pye, K. (ed.). 1994. Sediment transport and depositional processes. Blackwell Sci. Publications, Oxford. 397p.
- Ray A.K., S.C. Tripathy, S. Patra, and V.V. Sarma. 2006. Assessment of Godavari estuarine mangrove ecosystem through trace metal studies. *Environment International* 32: 219–223.
- Richard, A. D. 1992. Depositional system an introduction to sedimentology and stratigraphy 2nd. Prastise Hall Inc. New Jersey. 604p.
- Stewart, H.B. 1958. Sedimentary reflection on depositional environment, in San Mignellagoon, Baja California, Mexico. *AAPG Bull* 42: 2567–2618.
- Suryantini, I. Aris, I. K. Aji, D.F. Saputri, dan Helfinalis. 2011. Marine sediment characteristics at Karimun Java Sea based on stratigraphic

profile analysis, total suspended solid (tss) and grain-size analysis (granulometry). Jurnal Ilmu

dan Teknologi Kelautan Tropis 6 (1): 229–240.