



Karakteristik Sebaran Besar Butir Endapan Pantai Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur Berdasarkan Data Ukuran Butir dan Geokimia

Characteristics of Grain Size Distribution on Beaches Sediment of Sumba Island, Nusa Tenggara Timur Based on Grainsize and Geochemical Data

Septtriono Hari Nugroho¹ dan Purna Sulastya Putra²

¹Pusat Penelitian Laut Dalam LIPI, Jalan Y. Syaranamual, Guru-guru, Poka – Ambon

²Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang, Bandung 40135

e-mail: sept006@lipi.go.id

Naskah diterima : 31 Juli 2018, Revisi terakhir : 28 Juli 2019 Disetujui : 29 Juli 2019, Online : 7 Agustus 2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.20.3.153-164>

Abstrak- Studi karakteristik endapan pantai dilakukan di tiga lokasi di pantai Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur. Penelitian tersebut merupakan bagian dari Ekspedisi Widya Nusantara yang dilakukan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik endapan pantai melalui pengamatan ukuran butir dengan menggunakan pendekatan analisis tren ukuran butir (*Grain Size Trend Analysis* yang biasa disingkat GSTA) dan analisis geokimia. Sebanyak 36 sampel diambil pada masing-masing pantai yang mewakili daerah pasang maksimum, transisi dan surut maksimum sepanjang pantai. Analisis besar butir dilakukan menggunakan alat Malvern Mastersizer 2000 yang diolah dengan perangkat lunak Gradistat 4.0. Analisis geokimia dilakukan menggunakan *X-ray fluorescence spectrometry* (XRF). Sebaran endapan pantai di dominasi oleh pasir sedang – pasir kasar dengan kandungan unsur geokimia (Ca, Sr, Fe, K, dan Ti) yang berbeda-beda. Kondisi pantai yang berhadapan dengan Samudra Hindia (B1) memiliki karakteristik yang berbeda dengan pantai yang berhadapan dengan Selat Sumba (B5 dan B7). Analisis GSTA menunjukkan sedimen pantai Laboya lebih halus dibandingkan pantai Waikelo dan Melolo. Kandungan unsur geokimia di pantai Laboya menunjukkan perbedaan dibandingkan kedua pantai lainnya. Hal tersebut menunjukkan adanya perbedaan pula sumber batuan asal dan komposisi pada ketiga pantai. Suplai endapan pantai di ketiga pantai tersebut diendapkan secara menggelinding dan dipengaruhi oleh proses gelombang dan sungai.

Katakunci: Karakteristik, sedimen, ukuran butir, geokimia, XRF, endapan pantai.

Abstract- Study of beaches sediment characteristics were conducted on three beaches on Sumba Island, East Nusa Tenggara. The research is a part of Widya Nusantara Expedition which conducted by using Research Vessel of Baruna Jaya VIII. The aim of this study is to determine the characteristics of coastal deposits through the observation of grain size by using the grain size trend analysis approach (*Grain Size Trend Analysis*, commonly abbreviated as GSTA) and geochemical analysis. A total of 36 samples were taken on each coast representing high tide, transition and low tide along the coast. A grain size analysis was performed using a Malvern Mastersizer 2000 that was processed with Gradistat 4.0 software. Geochemical analysis was carried out using *X-ray fluorescence spectrometry* (XRF). The distribution of beach sediments is dominated by moderate sand - coarse sand and differences on content of geochemical elements (Ca, Sr, Fe, K, and Ti). The coastal conditions that are connected to the Indian Ocean (B1) have different characteristics from the beach that connected to the Sumba strait (B5 and B7). GSTA analysis showed sediment of Laboya Beach finer than sediment on Waikelo and Melolo Beach. Geochemical elements on Laboya Beach indicates different values than others. It indicates there are differences in the provenance and composition of sediment on the all three beaches. The supply of coastal deposits on these three beaches is influenced by the mechanism of precipitation of the walls and the processes of waves and rivers.

Keywords: distribution, sediment, grainsize, geochemical, XRF, beach sediment.

PENDAHULUAN

Studi karakteristik tekstural endapan pantai dapat digunakan untuk membedakan lingkungan pengendapan sedimen. Endapan pantai pada umumnya dipengaruhi oleh energi gelombang dan morfologi pantai. Karakteristik ukuran butir di daerah pasang-surut dapat mengalami perubahan seiring dengan proses transportasi sedimen yang terjadi. Arus pasang surut air laut mempunyai peranan penting dalam perubahan karakteristik tekstural endapan pantai. Analisis statistik endapan pantai sangat berhubungan erat dengan lingkungan pengendapan sedimen. Rataan (*mean*), sortasi dan *skewness* adalah parameter yang sering digunakan untuk menjelaskan kondisi sedimen (Friedman, 1961; Carranza-Edwards, 2001). Komposisi sedimen dan teksturnya tergantung pada gelombang, angin dan *longshore current* dan komposisi asal sedimen (Komar, 1976). Analisis statistik ukuran butir digunakan untuk membedakan energi pengendapan baik energi sedang maupun tinggi (Nordstrom, 1977).

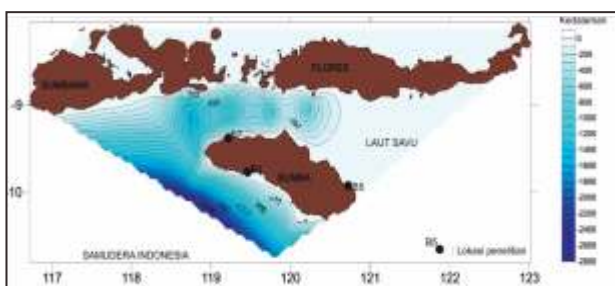
Penelitian ini dilakukan di tiga lokasi pantai berbeda di Sumba, Nusa Tenggara Timur (NTT), yaitu Pantai Laboya (B1), Pantai Melolo (B5) dan Pantai Waikelo (B7). Ketiga pantai tersebut memiliki karakter geografi berbeda, yaitu berhadapan langsung dengan Samudera Indonesia dan juga berhadapan dengan pulau-pulau sekitar (Sumbawa dan Flores). Secara geologi, lokasi tersebut sangat menarik, namun data penelitian terkait distribusi ukuran butir di lokasi tersebut masih sangat jarang. Penelitian ini difokuskan untuk membandingkan karakteristik distribusi sedimen tiga pantai di Pulau Sumba melalui pengamatan ukuran butir dan studi bahan sumber (*provenance*) dengan menggunakan pendekatan analisis tren ukuran butir (GSTA) dan analisis geokimia. GSTA biasa digunakan untuk membedakan karakter fisik dan tekstural yang berfungsi untuk mengetahui transportasi dan pengendapan sedimen (Nugroho & Putra 2017). Beberapa penelitian tentang distribusi sedimen memberikan informasi sumber sedimen, transportasi dan pengendapan sedimen (Angusamy & Rajamanickam 2006; Nugroho 2013; Nugroho & Basit 2014; Nugroho & Putra 2017). Parameter ukuran butir tersebut digunakan baik di lingkungan pengendapan modern maupun masa lalu (antara lain Malvarez *et al.*, 2001; Ramamohanarao *et al.*, 2003; Suresh *et al.*, 2008; Ramanathan *et al.*, 2009; Anithamary *et al.*, 2011). Analisis geokimia sedimen pantai bertujuan untuk menentukan komposisi unsur kimia dari suatu material yang dapat dimanfaatkan dalam penelusuran bahan

sumber dan keterkaitan dengan satuan lain pada suatu wilayah (Irzon, 2018). Brouwer (2010) menyatakan bahwa XRF merupakan analisis yang sangat berguna untuk mendukung data kandungan unsur kimia suatu material. Analisis tersebut digunakan untuk mendukung interpretasi sumber atau asal sedimen tersebut. Pendekatan geokimia sudah banyak digunakan untuk penelitian baik penelitian oseanografi, paleoklimat, perubahan lingkungan dan juga paleotsunami. Unsur yang dapat direkam oleh analisis XRF antara lain unsur utama yaitu Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P. Adapun unsur sekunder adalah Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Nb, Ni, Rb, Sc, Sr, Rh, U, V, Y, Zr dan Zn (Gosseau, 2009). Namun menurut Rothwell & Croudace (2015) unsur-unsur yang umum digunakan sebagai penjejak untuk merekonstruksi kondisi lingkungan tertentu adalah Kalsium (Ca), Besi (Ferrum/Fe), Strontium (Sr), Kalium (K), dan Titanium (Ti).

Dalam beberapa dekade terakhir, beberapa peneliti telah melakukan studi tentang tekstur endapan pantai dan geokimia baik di Indonesia maupun di luar negeri, seperti di pantai timur dan barat India (Rao, *et al.*, 2005; Angusamy & Rajamanickam 2006 & 2007; Suresh *et al.*, 2008; Ramanathan *et al.*, 2009; Anithamary *et al.*, 2011; Rajganapathi *et al.*, 2012). Menurut penelitian yang dilakukan mereka, endapan pantai mempunyai peranan penting dalam sejarah pengendapan endapan pantai. Proses pengendapan endapan pantai bersifat dinamis dan dikontrol oleh kondisi geologi dan iklim dan memberikan penjelasan bahwa sedimen terbentuk akibat erosi oleh arus pasang-surut. Di Indonesia bagian barat dan Indonesia bagian timur juga sudah pernah ada yang melakukan penelitian tersebut (Nugroho, 2013; Nugroho & Putra, 2017; Zuraida *et al.*, 2017; Irzon, 2018). Penelitian yang dilakukan Nugroho (2013) hanya terbatas pada identifikasi dan distribusi sedimen, tidak membahas proses transportasi dan pengendapan sedimen. Nugroho & Putra (2017) melakukan studi endapan pantai di Pantai Waikelo yang terletak di bagian utara Pulau Sumba. Dalam studinya, Nugroho & Putra menjelaskan bahwa kelimpahan pasir kasar hingga pasir sedang menunjukkan secara umum proses pengendapan sedimen di sepanjang pantai Waikelo diendapkan pada energi sedang hingga rendah. Penelitian yang dilakukan Zuraida *et al.* (2017) bertujuan untuk mengetahui karakteristik sedimen pantai dan dasar laut Teluk Papela, Rote, NTT. Dalam studinya, selain membahas terkait sedimentology juga membahas aspek mineralogi dan geokimia. Keterdapatannya Sr yang melimpah berhubungan dengan kandungan organisme pembentuk cangkang, sedangkan kandungan I dipengaruhi oleh kandungan bahan

organik. Keterdapatan Pu dalam sedimen Teluk Papela diperkirakan merupakan hasil aktivitas manusia yang terserap dalam cangkang dan terakumulasi dalam sedimen pantai dan dasar laut. Irzon (2018) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kadar geokimia pasir pantai di pesisir selatan Kulonprogo, DIY. Berdasarkan penelitiannya dikatakan bahwa sedimen pantai memiliki derajat maturitas rendah dan terbentuk pada lingkungan kering berdasarkan data geokimia.

Studi terkait sumber batuan asal (*provenance*) dan komposisi sedimen berbasis GSTA dan geokimia yang diterapkan pada tiga endapan pantai yang berbeda di Pulau Sumba (Gambar 1), yaitu di sebelah utara bagian barat (Pantai Waikelo) dan bagian timur (Pantai Melolo) serta di sebelah Selatan (Pantai Laboya) belum pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk memahami karakteristik sedimen dan hubungannya terhadap satuan-satuan batuan lain di sekitarnya. Harapannya data tersebut dapat digunakan untuk menilai prospeksi terhadap bahan galian ekonomis pada suatu wilayah.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel ekspedisi Widya Nusantara 2016. Tanda bulat hitam bertuliskan B1, B5 dan B7 adalah lokasi pengambilan sampel endapan pantai.

METODE

Penelitian ini merupakan bagian dari Ekspedisi Widya Nusantara 2016 yang diselenggarakan oleh Pusat Penelitian Oseanografi LIPI di Perairan Sumba dan sekitarnya. Pengambilan sampel di lakukan pada tanggal 4 - 26 Agustus 2016. Sampel diperoleh dari endapan pantai di tiga lokasi pantai yang berbeda di Pulau Sumba, yaitu Pantai Waikelo (B7), Laboya (B1), dan Melolo (B5) (Gambar 1). Perbedaan kondisi geografi yang berbeda dijadikan sebagai alasan dalam penentuan lokasi. Pantai Laboya (B1) berbatasan dengan Samudera Indonesia (B1), berbatasan dengan Selat Sumba dan berhadapan pulau-pulau sekitar (Pulau Flores dan Pulau Sumbawa) (B7) serta berbatasan dengan Laut Savu (B5). Sampel pada masing-masing pantai diambil mewakili daerah pasang maksimum,

transisi dan surut maksimum sepanjang pantai dengan interval kurang lebih 50 m.

Analisis besar butir dilakukan menggunakan alat Malvern Mastersizer 2000 di Laboratorium Sedimentologi, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung. Alat tersebut mengukur besar butir dengan kisaran butir 0,02 µm hingga 2000 µm. Masing-masing sampel diperlukan sekitar 2 gr untuk proses pemisahan ukuran butir. Selanjutnya hasil pengukuran ukuran butir diolah menggunakan perangkat lunak Gradistat v.4.0 (Blott & Pye, 2001) untuk menghasilkan parameter statistik berupa mean, skewness, kurtosis dan sortasi dengan menggunakan metode geometri Folk & Ward (1957). Adapun perhitungan dan klasifikasi parameter statistik yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang tercantum pada Tabel 1. Parameter tersebut digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan sistem transportasi sedimen (Folk & Ward, 1957). Putra & Nugroho (2017) dalam papernya menjelaskan bahwa masing-masing parameter tersebut dapat menceritakan kondisi sedimen pada saat mengalami transportasi dan pengendapan. Mekanisme transportasi sedimen dapat diketahui dengan membuat diagram CM (Passega, 1964; Passega & Byramjee, 1969; Visher, 1969). C merupakan nilai persentil pertama (D90) sedangkan M adalah nilai median, keduanya diperoleh dari perhitungan statistik menggunakan Gradistat 4.0 dalam satuan micron (µm). Selanjutnya untuk mengetahui proses dan laju pengendapan sedimen sepanjang pantai dilakukan analisis Stewart (Stewart, 1958). Diagram Stewart membandingkan nilai median dan sortasi dalam satuan phi.

Tabel 1. Rumus perhitungan dan klasifikasi parameter statistik yang digunakan dalam penelitian ini (Folk & Ward, 1957)

Rerata	Sortasi	Skewness	Kurtosis		
$\bar{x}_n = \frac{\sum x_i}{n}$	$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$	$Sk_n = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{n \sigma_n^3}$	$K_n = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{n \sigma_n^4}$		
Sortasi (σ_n)	Skewness (Sk_n)	Kurtosis (K_n)			
Sortasi sangat baik	< 0.35	Very fine skewed	> +1.30	Very platykurtic	< 1.70
Sortasi baik	0.35 - 0.50	Fine skewed	+0.43 - +1.30	Platykurtic	1.70 - 2.55
Sortasi cukup baik	0.50 - 0.70	Symmetrical	-0.43 - +0.43	Mesokurtic	2.55 - 3.70
Sortasi sedang	0.70 - 1.00	Coarse skewed	-0.43 - -1.30	Leptokurtic	3.70 - 7.40
Sortasi buruk	1.00 - 2.00	Very coarse skewed	< -1.30	Very leptokurtic	> 7.40
Sortasi sangat buruk	2.00 - 4.00				
Sortasi terlalu buruk	> 4.00				

Analisis geokimia dilakukan menggunakan alat X-ray fluorescence (XRF) Analyzer Thermo Scientific di Laboratorium Sedimentologi, Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung. Hasil analisis diperoleh dalam part per million (ppm). Hasil pengukuran kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak Excel dan kemudian dibuat peta-nya untuk melihat distribusi secara lateral dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Surfer 15.0. Unsur yang digunakan dalam penelitian ini adalah Ca, Fe, Sr, K dan Ti (Rothwell & Croudace, 2015).

HASIL PENELITIAN

Parameter statistik endapan pantai

Hasil perhitungan statistik masing-masing pantai disajikan dalam bentuk tabel dan grafik bivariate, endapan pantai Laboya (Tabel 2 dan Gambar 2), endapan pantai Melolo (Tabel 3 dan Gambar 3), dan endapan pantai Waikelo (Tabel 4 dan Gambar 4). Hasil analisis digunakan untuk membedakan lingkungan pengendapan sedimen yang menggambarkan perbedaan mekanisme transportasi dan pengendapan masing-masing pantai.

Adanya perbedaan karakteristik pada masing-masing pantai terjadi baik pada daerah pasang maksimum, transisi maupun surut maksimum ditunjukkan pada gambar 2, 3 dan 4. Gambar 2a menggambarkan hubungan antara mean dan sortasi di daerah pasang maksimum, transisi dan surut maksimum di Pantai Laboya (B1). Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada Pantai Laboya (B1) baik di daerah pasang maksimum, transisi maupun surut maksimum didominasi oleh pasir sedang dengan sortasi sedang yang ditunjukkan dengan nilai sortasi 0,474 hingga 0,663 (Tabel 2). Berbeda dengan Pantai Melolo (Gambar 3a) dan Pantai Waikelo (Nugroho & Putra, 2017; Gambar 4a) yang menunjukkan sampel di daerah pasang maksimum dan transisi didominasi oleh pasir sedang dengan sortasi sedang yaitu rata-rata 0,771 hingga 0,888 (Tabel 3 dan 4). Pada daerah surut maksimum didominasi oleh pasir kasar dengan sortasi sedang yang ditunjukkan dengan nilai sortasi 0,868 hingga 0,990 (Tabel 3 dan 4).

Gambar 2b, 3b dan 4b menggambarkan hubungan mean dan skewness. Gambar tersebut menjelaskan bahwa dominasi pasir kasar hingga pasir sedang pada masing-masing pantai menunjukkan nilai kemencengan (*skewness*) yang simetris (*symmetrical*) yang bernilai rata-rata -0,130 hingga 0,340 (Tabel 1, 2 dan 3). Namun, pada pantai Melolo dan Waikelo (Nugroho & Putra, 2017; Gambar 3b dan 4b) beberapa sampel menunjukkan nilai skewness di atas 0,43 (*fine skewed*).

Gambar 2c, 3c dan 4c menggambarkan hubungan *mean* dan *kurtosis* yang mengindikasikan sebagian besar keseluruhan daerah di masing-masing pantai memiliki nilai *kurtosis* rata-rata sebesar 0,970 – 1,720 (Tabel 2, 3 dan 4) yang termasuk dalam kelompok *very platykurtic*. Gambar 2d, 3d dan 4d menunjukkan adanya hubungan sortasi dan *skewness* pada masing-masing daerah di sepanjang pantai yang berbeda. Pada Pantai Laboya secara umum didominasi oleh pasir sedang yang

memiliki sortasi cukup baik dengan nilai *skewness* simetris (Gambar 2d), sedangkan pada Pantai Melolo dan Waikelo (Nugroho & Putra, 2017; Gambar 3d dan 4d) didominasi oleh pasir kasar hingga sedang dengan sortasi sedang dengan nilai *skewness* simetris.

Tabel 2. Hasil parameter statistik ukuran butir pada endapan Pantai Laboya (B1)

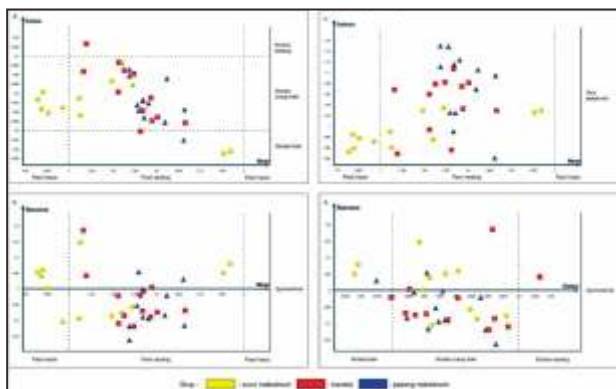
	<i>Mean</i>	Sortasi	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>
Pasang Maks				
maks	1.659	0.663	0.053	1.149
min	1.344	0.474	-0.164	0.941
rata-rata	1.468	0.574	-0.056	1.075
Transisi				
maks	1.664	0.732	0.185	1.106
min	1.081	0.497	-0.120	0.949
rata-rata	1.363	0.601	-0.037	1.042
Surut maks				
maks	1.920	0.680	0.148	1.034
min	0.818	0.439	-0.105	0.953
rata-rata	1.181	0.567	0.001	0.991

Tabel 3. Hasil parameter statistik ukuran butir pada endapan Pantai Melolo (B5)

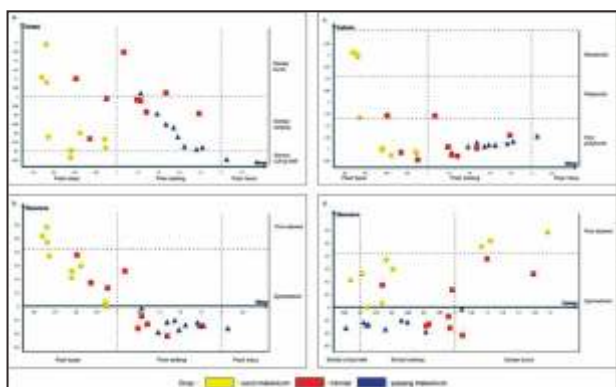
	<i>Mean</i>	Sortasi	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>
Pasang Maks				
maks	2.053	1.020	-0.017	1.275
min	1.227	0.653	-0.192	0.917
rata-rata	1.611	0.799	-0.130	1.099
Transisi				
maks	0.889	1.291	0.585	3.063
min	0.273	0.667	-0.002	0.874
rata-rata	0.530	0.880	0.306	1.720
Surut maks				
maks	1.787	1.246	0.375	1.712
min	0.605	0.768	-0.221	0.772
rata-rata	1.141	0.990	0.022	1.133

Tabel 4. Hasil parameter statistik ukuran butir pada endapan Pantai Waikelo (B7; Nugroho & Putra, 2007)

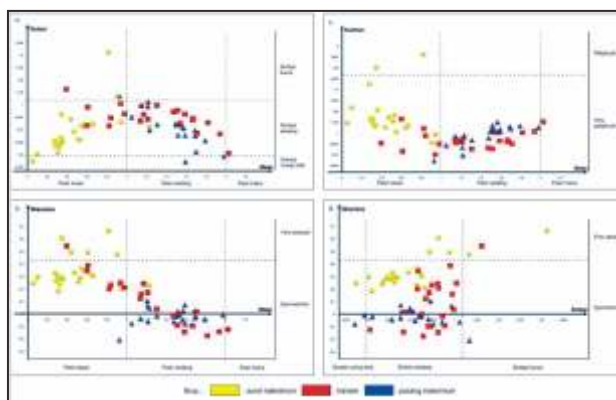
	<i>Mean</i>	Sortasi	<i>Skewness</i>	<i>Kurtosis</i>
Pasang Maks				
maks	1.974	1.084	0.103	1.123
min	0.924	0.425	-0.211	0.678
rata-rata	1.450	0.771	-0.020	0.970
Transisi				
maks	1.223	1.529	0.665	1.904
min	0.052	0.431	0.183	0.891
rata-rata	0.496	0.753	0.340	1.195
Surut maks				
maks	2.022	1.154	0.541	1.160
min	0.391	0.511	-0.177	0.748
rata-rata	1.274	0.868	0.090	0.924



Gambar 2. Grafik *bivariate* pada endapan Pantai Laboya (B1) yang menggambarkan: a. hubungan *mean* dan sortasi; b. hubungan *mean* dan *skewness*; c. hubungan *mean* dan *kurtosis*; d. hubungan sortasi dan *skewness*.



Gambar 3. Grafik *bivariate* pada endapan Pantai Melolo (B5) yang menggambarkan: a. hubungan *mean* dan sortasi; b. hubungan *mean* dan *skewness*; c. hubungan *mean* dan *kurtosis*; d. hubungan sortasi dan *skewness*.



Gambar 4. Grafik *bivariate* pada endapan pantai Waikelo (B7) yang menggambarkan: a. hubungan *mean* dan sortasi; b. hubungan *mean* dan *skewness*; c. hubungan *mean* dan *kurtosis*; d. hubungan sortasi dan *skewness* (Nugroho & Putra, 2007 dengan modifikasi)

Sebaran Sedimen Endapan Pantai

Secara umum, sebaran sedimen di sepanjang pantai di Pulau Sumba dibedakan berdasarkan lokasi pengambilan sampel yang mewakili daerah pasang maksimum, transisi dan surut maksimum (Gambar 2). Sebaran sedimen di daerah pasang maksimum pada umumnya didominasi oleh pasir sedang, sedangkan daerah surut maksimum didominasi oleh pasir kasar. Pencampuran jenis sedimen pasir halus, pasir sedang dan pasir kasar ditemukan pada daerah transisi. Namun secara spesifik masing-masing pantai memiliki karakteristik jenis sedimen yang berbeda (Tabel 5, 6 dan 7).

Daerah pasang maksimum Pantai Laboya (B1), ketiga daerahnya didominasi oleh pasir sedang (Tabel 5). Berbeda halnya dengan daerah pasang maksimum Pantai Melolo (B5), di daerah pasang maksimum didominasi oleh pasir sedang dan daerah surut maksimum didominasi oleh pasir kasar, sedangkan daerah transisi didominasi oleh pencampuran pasir kasar hingga pasir halus (Tabel 6). Sama halnya dengan yang terdapat di Pantai Waikelo, Sumba (Nugroho & Putra, 2017) didominasi oleh pasir sedang, daerah surut maksimum didominasi oleh pasir kasar, sedangkan pencampuran pasir halus hingga pasir sangat kasar mendominasi daerah transisi (Tabel 7).

Tabel 5. Persentase besar butir dan penamaan jenis sedimen dari Pantai Laboya, Sumba (B1)

Titik		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pasang Maksimal	PSK	1.99	1.86	2.84	1.93	3.97	2.59	0.00	0.00	0.22	1.52	1.42	5.27
	PK	18.00	16.94	28.19	11.01	40.47	28.04	5.66	19.62	50.20	19.48	48.27	54.58
	PS	69.27	69.76	60.62	70.27	45.36	55.44	72.80	71.29	45.37	65.85	41.09	36.13
	PH	10.20	10.91	7.99	16.17	7.40	13.33	20.01	9.08	4.21	11.92	7.37	2.66
	PSH	0.54	0.53	0.36	0.62	0.74	0.60	1.53	0.02	0.00	1.17	0.61	0.48
	MD	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	1.24	0.87
	Nama	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PK	PS	PK	PK
Transisi	PSK	1.30	1.93	1.37	0.76	1.21	4.44	1.47	2.84	3.56	2.09	1.23	4.13
	PK	20.13	26.96	24.16	17.94	15.41	56.64	15.86	24.49	53.63	16.01	14.43	44.72
	PS	62.93	61.65	60.62	68.75	69.02	36.72	61.16	59.92	40.92	67.76	69.04	49.40
	PH	15.15	9.34	13.33	12.20	13.99	1.70	19.94	12.05	1.16	13.49	14.75	1.65
	PSH	0.49	0.11	0.53	0.35	0.38	0.18	1.57	0.69	0.20	0.64	0.54	0.09
	MD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00
	Nama	PS	PS	PS	PS	PS	PK	PS	PS	PK	PS	PK	PS
Surut Maksimal	PSK	1.67	1.00	5.27	3.12	2.10	3.91	2.97	0.32	0.20	1.42	3.02	0.00
	PK	17.91	17.69	56.43	21.50	22.71	39.46	22.25	8.44	1.45	9.27	27.01	0.16
	PS	67.06	64.90	35.08	62.67	60.18	53.19	61.41	67.61	61.82	65.02	57.41	59.55
	PH	12.94	15.73	1.36	12.16	14.38	2.40	12.61	22.93	35.39	23.45	11.94	39.11
	PSH	0.42	0.67	0.41	0.55	0.63	0.33	0.76	0.70	1.14	0.84	0.62	1.18
	MD	0.00	0.00	1.44	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Nama	PS	PS	PK	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS

Keterangan: MD = *mud*; PSH = pasir sangat halus; PH = pasir halus; PS = pasir sedang; PK = pasir kasar; PSK = pasir sangat kasar

Tabel 6. Persentase besar butir dan penamaan jenis sedimen dari Pantai Melolo, Sumba (B5)

Titik		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pasang Maksimal	PSK	2.71%	4.91%	11.74%	8.46%	3.78%	2.02%	1.99%	1.75%	4.77%
	PK	9.58%	20.41%	27.88%	20.09%	16.32%	15.41%	5.97%	11.60%	19.44%
	PS	44.97%	49.31%	37.73%	47.30%	49.93%	51.48%	36.69%	48.60%	46.71%
	PH	38.99%	21.94%	17.74%	21.53%	28.91%	29.76%	52.15%	35.51%	26.86%
	PSH	1.64%	1.24%	1.35%	1.21%	1.05%	1.32%	3.06%	1.53%	1.60%
MD	2.11%	2.18%	3.57%	1.41%	0.01%	0.01%	0.15%	1.01%	0.63%	
Nama		PS	PS	PS	PS	PS	PS	PH	PS	PH
Transisi	PSK	22.96%	10.10%	4.79%	9.86%	11.02%	15.76%	8.33%	21.68%	14.08%
	PK	47.48%	37.35%	12.30%	16.54%	27.12%	47.82%	27.30%	32.32%	21.40%
	PS	21.31%	37.10%	39.43%	40.45%	40.18%	30.16%	41.68%	30.36%	45.40%
	PH	2.33%	8.35%	37.23%	28.11%	18.27%	3.50%	21.40%	13.09%	16.30%
	PSH	0.67%	1.18%	2.71%	4.73%	1.27%	0.39%	1.21%	1.07%	1.21%
MD	5.25%	5.91%	3.54%	0.30%	2.14%	2.38%	0.07%	1.48%	1.59%	
Nama		PK	PK	PS	PS	PS	PK	PS	PK	PS
Surut Maksimal	PSK	41.0%	29.7%	37.8%	29.0%	9.8%	19.1%	20.7%	12.0%	20.0%
	PK	42.1%	56.0%	47.7%	56.4%	45.0%	55.9%	44.8%	43.7%	55.0%
	PS	5.1%	6.7%	6.3%	8.9%	39.7%	21.7%	28.2%	37.8%	20.7%
	PH	1.4%	0.7%	0.9%	0.8%	4.3%	1.3%	4.0%	4.5%	3.1%
	PSH	1.4%	0.8%	1.0%	0.7%	0.3%	0.3%	0.3%	0.5%	0.6%
MD	9.0%	6.1%	6.3%	4.2%	0.9%	1.7%	2.0%	1.6%	0.7%	
Nama		PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK

Keterangan: MD = *mud*; PSH = pasir sangat halus; PH = pasir halus; PS = pasir sedang; PK = pasir kasar; PSK = pasir sangat kasar

Tabel 7. Persentase besar butir dan penamaan jenis sedimen dari Pantai Waikelo, Sumba (B7; Nugroho & Putra, 2017)

Titik		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Pasang Maksimal	PSK	2.20	3.20	3.90	1.60	0.00	4.70	13.30	1.50	13.91	5.62	9.06	2.97	2.61	5.39	2.29	0.84	1.68	0.00	32.76	9.02	0.00	0.00
	PK	12.23	17.07	34.62	19.10	7.74	30.45	31.33	7.67	28.46	23.99	34.62	21.02	22.67	38.10	23.76	17.40	19.71	18.12	12.52	31.90	6.28	2.89
	PS	55.08	52.83	46.57	57.08	66.92	45.46	41.78	54.36	31.52	40.56	33.53	48.77	48.62	37.42	47.96	56.08	50.71	47.83	38.44	43.73	79.66	49.24
	PH	28.93	25.16	14.02	21.09	24.74	18.56	12.90	34.61	24.51	25.76	20.22	25.22	24.36	17.70	24.16	23.64	25.74	30.80	15.52	14.66	13.92	47.10
	PSH	1.60	1.73	0.91	1.17	0.60	0.82	0.66	1.73	1.59	2.37	2.56	1.96	1.75	1.39	1.83	1.95	2.13	3.07	0.76	0.69	0.14	0.77
	MD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	1.70	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Nama		PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PK	PS	PS	PS	PK	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS	PS
Transisi	PSK	19.40	10.60	53.95	4.70	0.00	15.50	11.10	5.80	19.20	2.78	11.31	4.01	4.78	4.08	7.88	5.23	2.38	1.71	38.33	2.03	0.00	0.00
	PK	54.40	38.08	18.07	40.14	16.98	47.56	52.95	41.17	36.84	21.78	44.59	29.01	26.72	21.84	32.66	43.67	20.34	21.17	28.18	14.95	11.29	4.97
	PS	18.03	29.88	13.96	36.01	47.41	24.97	26.40	36.40	24.88	47.07	28.67	35.43	33.83	37.81	32.38	31.05	39.42	39.32	21.54	38.10	38.85	40.29
	PH	7.21	19.17	12.54	17.64	33.46	11.16	8.72	15.79	17.96	26.01	14.25	28.15	31.31	33.04	24.30	17.76	34.22	34.47	11.06	41.24	46.80	53.69
	PSH	1.00	2.27	1.47	1.53	2.15	0.85	0.80	0.82	1.11	2.28	1.18	3.31	3.28	3.14	2.79	2.30	3.48	3.24	0.89	3.49	3.07	1.04
	MD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.00	0.00	0.16	0.09	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
Nama		PK	PK	PSK	PK	PS	PS	PK	PK	PK	PS	PK	PS	PS	PS	PK	PK	PS	PS	PSK	PH	PH	PH
Surut Maksimal	PSK	18.70	24.50	32.70	29.00	16.80	29.20	28.86	46.90	17.96	33.03	47.76	24.66	32.28	19.06	26.24	32.03	45.17	25.82	40.10	19.24	8.51	0.50
	PK	61.23	54.63	55.35	58.02	63.56	44.73	43.34	34.17	52.88	50.84	46.21	49.30	53.61	45.71	63.77	56.01	46.08	59.89	37.17	52.28	49.99	44.93
	PS	15.84	15.24	8.31	9.73	14.87	13.03	10.08	8.24	19.95	11.90	4.98	19.41	10.98	15.01	9.06	6.94	4.90	10.04	13.66	19.69	29.19	36.84
	PH	3.93	3.22	0.94	1.75	4.21	9.50	4.65	6.57	8.12	3.76	0.96	6.16	1.72	16.42	0.88	2.66	1.04	3.73	8.37	8.05	11.39	16.45
	PSH	0.32	0.67	0.70	0.43	0.60	1.57	3.44	1.48	1.09	0.47	0.09	0.47	0.34	3.71	0.05	0.85	0.82	0.51	0.70	0.74	0.93	1.27
	MD	0.00	1.80	2.00	1.10	0.00	1.93	9.60	2.63	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	0.09	0.00	1.51	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nama		PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PK	PSK	PK	PK	PK

Keterangan: MD = *mud*; PSH = pasir sangat halus; PH = pasir halus; PS = pasir sedang; PK = pasir kasar; PSK = pasir sangat kasar.

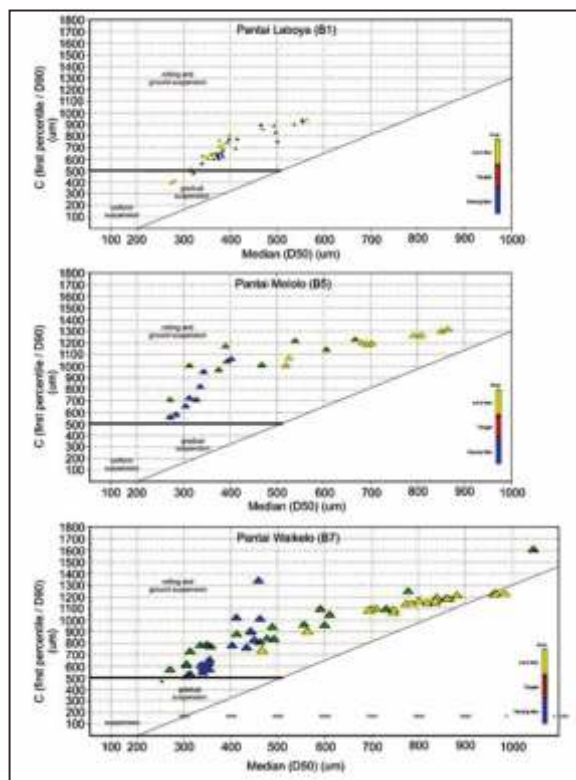
Diagram CM dan Stewart

Diagram CM dan Stewart digunakan untuk mengetahui mekanisme dan proses pengendapan di sepanjang Pantai Laboya, Melolo dan Waikelo. Endapan pantai diendapkan melalui mekanisme dan proses yang berbeda di masing-masing pantai (Gambar 5 dan 6).

Endapan pantai di ketiga pantai diendapkan dengan mekanisme yang sama, yaitu *rolling* dan *ground suspension* (Gambar 5). Pantai Laboya proses pengendapannya hanya dipengaruhi oleh gelombang (Gambar 6a), sedangkan pada Pantai Melolo dan Waikelo (Nugroho & Putra, 2017) dipengaruhi oleh proses gelombang dan sungai (Gambar 6b dan 6c).

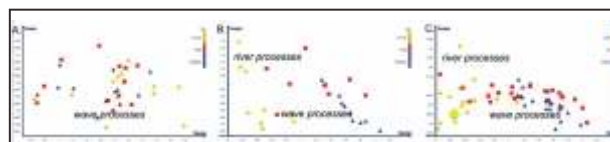
Distribusi Nilai-nilai Unsur Kimia

Berdasarkan analisis XRF, diperoleh unsur-unsur yang dapat menggambarkan asal sumber sedimen yaitu Kalsium (Ca), Strontium (Sr), Kalium (K), dan Besi (Fe) (Gambar 7, Tabel 8). Secara umum, Pantai Laboya memiliki nilai-nilai unsur yang berbeda dengan kedua pantai yang lain. Nilai Ca pada Pantai Laboya (B1) berkisar 60.000 -130.000 ppm, sedangkan pada Pantai Melolo (B5) berkisar 25.000 – 65.000 ppm dan nilai pada Pantai Waikelo (B7) berkisar 40.000 – 70.000 ppm (Gambar 7; Tabel 8). Nilai Sr di Pantai Laboya (B1) berkisar 500 – 1500 ppm, di Pantai Melolo (B5) berkisar 1500 – 3500 ppm, sedangkan nilai Sr di Pantai Waikelo (B7) berkisar 2750 – 4000 ppm (Gambar 7; Tabel 8). Nilai K pada Pantai Laboya menunjukkan nilai 2500 – 6000 ppm, sedangkan pada Pantai Waikelo dan Melolo menunjukkan rentang 500 – 1500 ppm (Gambar 7; Tabel 8). Nilai Fe pada Pantai Waikelo dan Melolo menunjukkan nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan nilai Fe pada Pantai Laboya, yaitu di bawah 2000 ppm, sedangkan nilai Fe pada Pantai Laboya berkisar antara 6000 – 18.000 ppm. Nilai unsur Titanium (Ti) hanya terekam pada sampel sedimen Pantai Laboya (B1) yaitu berkisar 500 – 1750 ppm (Gambar 8; Tabel 9).



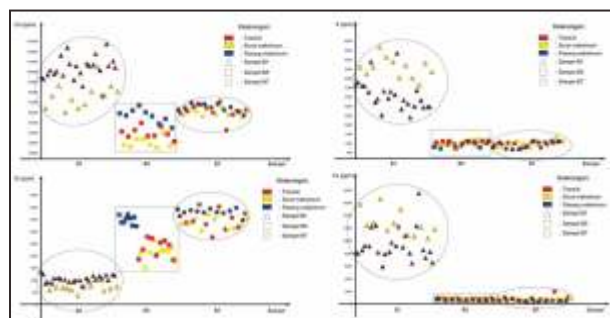
sumber: Nugroha dan Putra (2007)

Gambar 5. Diagram CM menggambarkan hubungan median dan nilai persentil pertama (D90), dalam µm) yang mengindikasikan sebagian besar endapan pantai diendapkan dengan mekanisme rolling dan ground suspension.



sumber: modifikasi Nugroha dan Putra (2007)

Gambar 6. Diagram Stewart menggambarkan hubungan median dan sortasi yang mengindikasikan sebagian besar endapan pantai dipegaruhi oleh proses gelombang. A. Pantai Laboya (B1), B. Pantai Melolo (B5) dan C. Pantai Waikelo (B7).

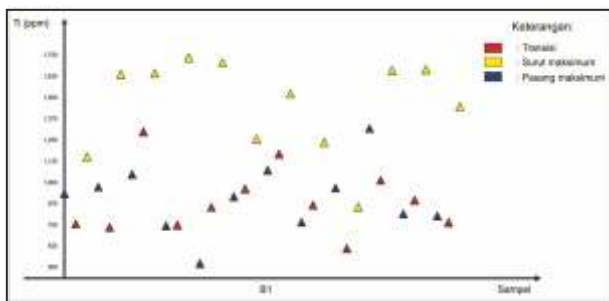


Gambar 7. Analisis unsur-unsur Ca, Sr, K dan Fe (dalam ppm) pada masing-masing pantai di Pulau Sumba. Masing-masing unsur dapat mengindikasikan batuan sumber asal dan komposisi sedimen.

Tabel 8. Hasil analisis geokimia di Pantai Laboya (B1), Melolo (B5) dan Waikelo (B7), Sumba

No.	Kode Sampel	Sr	Fe	Ca	K
1	B1-1A	1361.33	12397.33	115939.41	3199.15
2	B1-1B	1021.16	8123.50	96225.63	3361.99
3	B1-1C	660.81	16580.65	59784.07	6168.21
4	B1-2A	1225.21	5886.37	123866.94	2508.50
5	B1-2B	924.00	7893.81	107736.02	3793.66
6	B1-2C	577.28	11639.09	72457.76	5635.79
7	B1-3A	938.65	8196.08	91786.26	3411.63
8	B1-3B	984.20	9679.86	105551.67	3780.13
9	B1-3C	370.63	12729.04	63885.04	5368.11
10	B1-4A	990.67	9153.15	98848.98	3612.04
11	B1-4B	741.63	12231.57	85439.25	5841.86
12	B1-4C	711.40	14897.52	67468.02	4521.60
13	B1-5A	1075.30	8967.82	107789.23	2827.04
14	B1-5B	963.70	10772.15	105683.22	3316.55
15	B1-5C	761.79	10894.61	80329.50	5173.47
16	B1-6A	1180.58	8019.87	106516.26	3125.00
17	B1-6B	1012.62	6440.01	117529.35	2389.23
18	B1-6C	1019.78	10668.30	104630.06	4489.18
19	B1-7A	1168.39	12299.83	101234.29	2992.99
20	B1-7B	1053.54	17472.55	76295.45	3830.65
21	B1-7C	550.62	12166.42	76549.34	4125.93
22	B1-8A	1200.15	8513.38	127132.77	3303.07
23	B1-8B	990.88	7265.43	105733.24	2928.71
24	B1-8C	648.52	10380.38	85479.77	5308.10
25	B1-9A	1216.46	8220.42	110476.18	2942.10
26	B1-9B	1191.93	6531.85	103894.31	2954.94
27	B1-9C	726.56	11806.68	80649.98	4819.15
28	B1 10A	854.62	8185.25	94444.18	4124.84
29	B1 10B	917.60	7976.67	92704.63	4271.99
30	B1 10C	592.15	15746.27	63649.58	5108.01
31	B1 11A	872.01	8481.75	96719.19	4076.81
32	B1 11B	1070.18	9198.03	101193.60	4070.80
33	B1 11C	704.56	12377.67	76062.55	4741.55
34	B1 12A	1092.97	9131.10	109702.03	3747.52
35	B1 12B	1034.33	12159.23	100381.34	5378.75
36	B1 12C	692.87	12780.98	86140.84	5100.18
37	B5-1A	3676.19	752.56	58868.54	789.92
38	B5-1B	1852.14	874.60	41000.93	1030.92
39	B5-1C	2113.07	687.19	27650.01	910.24
40	B5-2A	3367.23	788.15	56756.63	723.78
41	B5-2B	2257.53	598.12	35849.24	1095.21

42	B5-2C	1503.67	919.70	26079.67	983.97
43	B5-3A	3357.76	786.47	61761.14	949.57
44	B5-3B	2774.50	698.45	42366.08	1106.88
45	B5-3C	2131.24	714.21	33475.44	981.93
46	B5-4A	3510.27	823.30	66522.77	963.68
47	B5-4B	2711.66	601.79	49457.30	720.74
48	B5-4C	2613.28	665.41	33198.48	853.32
49	B5-5A	3686.18	628.23	59918.47	859.16
50	B5-5B	2009.07	613.30	36556.14	981.83
51	B5-5C	2083.11	602.82	27758.13	976.64
52	B5-6A	3547.61	723.84	56183.09	1084.59
53	B5-6B	2532.29	681.77	36665.55	1076.23
54	B5-6C	2207.22	596.73	25065.67	1153.70
55	B5-7A	3246.74	746.50	48611.02	1083.73
56	B5-7B	2608.92	524.46	46160.96	975.23
57	B5-7C	2191.48	651.33	40032.17	1196.14
58	B5-8A	3578.33	801.49	53381.80	764.20
59	B5-8B	2428.76	584.60	38446.43	1100.36
60	B5-8C	2303.23	685.82	26751.35	1139.98
61	B5-9A	3209.70	875.74	44483.93	1016.16
62	B5-9B	1830.83	595.87	30955.45	1122.29
63	B5-9C	1764.88	652.14	31215.89	1041.29
64	B7 1A	3929.35	880.10	64621.03	773.90
65	B7 1B	2757.78	437.46	59717.78	852.36
66	B7 1C	3510.30	608.44	57918.00	747.28
67	B7 3A	3750.57	500.52	62161.24	1031.25
68	B7 3B	3074.63	629.01	42439.24	757.85
69	B7 3C	3083.86	588.56	57440.59	1082.40
70	B7 5A	3841.79	553.89	65001.04	1042.74
71	B7 5B	3567.06	1949.72	57913.93	941.65
72	B7 5C	3127.93	674.09	59212.71	958.08
73	B7 7A	3965.35	541.20	61217.90	1123.43
74	B7 7B	3173.40	569.70	60451.13	1029.29
75	B7 7C	3261.85	593.59	55404.50	1333.54
76	B7 9A	3457.00	496.15	56813.24	1092.59
77	B7 9B	3739.71	1052.77	62110.56	1096.39
78	B7 9C	3544.90	929.76	61367.23	1079.21
79	B7 11A	3901.26	613.99	62333.29	772.94
80	B7 11B	3629.20	565.65	58601.78	911.99
81	B7 11C	3297.57	718.45	57817.88	791.74
82	B7 13A	3773.29	997.93	64199.82	1034.86
83	B7 13B	3359.32	549.62	60951.63	960.92
84	B7 13C	3314.26	732.83	62215.08	727.07
85	B7 15A	3860.69	802.68	69198.52	715.53
86	B7 15B	3410.63	738.44	65256.00	1027.85
87	B7 15C	3522.82	516.97	61034.12	947.16
88	B7 17A	3824.21	574.17	68131.36	653.69
89	B7 17B	4098.11	559.67	67609.20	985.63
90	B7 17C	3027.37	530.02	56416.08	1088.99
91	B7 19A	3771.60	464.33	67968.41	676.96
92	B7 19B	3292.79	435.02	64263.75	735.75
93	B7 19C	3694.93	512.03	63511.84	998.55
94	B7 21A	3781.49	446.47	68156.09	1076.38
95	B7 21B	4009.43	688.23	70327.09	1126.88
96	B7 21C	3780.87	604.47	65057.89	958.99



Gambar 8. Kandungan unsur Ti yang hanya ditemukan pada sedimen Pantai Laboya (B1). Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh dari batuan gunungapi anggota Formasi Jawila (Tmj).

Tabel 9. Hasil analisis geokimia unsur Ti yang hanya terekam pada sampel B1 (Pantai Laboya)

No.	Kode Sampel	Ti
1	B1-1A	740.42
2	B1-1B	744.72
3	B1-1C	1732.41
4	B1-2A	518.81
5	B1-2B	849.20
6	B1-2C	1702.26
7	B1-3A	911.64
8	B1-3B	956.96
9	B1-3C	1251.15
10	B1-4A	1068.59
11	B1-4B	1163.27
12	B1-4C	1519.04
13	B1-5A	761.05
14	B1-5B	861.92
15	B1-5C	1233.47
16	B1-6A	963.57
17	B1-6B	606.90
18	B1-6C	850.62
19	B1-7A	1314.05
20	B1-7B	1008.17
21	B1-7C	1655.24
22	B1-8A	811.65
23	B1-8B	890.51
24	B1-8C	1660.39
25	B1-9A	798.41
26	B1-9B	760.27
27	B1-9C	1443.12
28	B1 10A	929.47
29	B1 10B	751.65
30	B1 10C	1146.97
31	B1 11A	968.30
32	B1 11B	730.89
33	B1 11C	1634.34
34	B1 12A	1043.36
35	B1 12B	1294.87
36	B1 12C	1639.63

Selain itu, masing-masing pantai menunjukkan nilai-nilai unsur yang berbeda pada setiap segmennya. Pada segmen surut maksimum, nilai Ca dan Sr lebih rendah dibandingkan segmen lainnya pada masing-masing pantai (Gambar 7). Sebaliknya, nilai K dan Fe menunjukkan yang relatif lebih tinggi pada segmen surut maksimum dibandingkan segmen lainnya. Namun pada Pantai Laboya, rentang nilai Fe dan K tampak lebih lebar dibandingkan pada kedua pantai lainnya (Gambar 7).

DISKUSI

Adanya perbedaan karakteristik pada masing-masing pantai baik pada daerah pasang maksimum, transisi maupun surut maksimum disebabkan oleh beberapa faktor. Sumber asal sedimen menjadi salah satu faktor yang menyebabkan perbedaan karakteristik. Pantai Waikelo (B7) dan Melolo (B5) merupakan pantai yang berhadapan dengan Selat Sumba dan berhadapan pulau-pulau sekitar (Pulau Flores dan Pulau Sumbawa) sehingga endapan pantai tersebut mendapat pengaruh besar suplai sedimen dari daratan (Tabel 5 dan 6). Sementara itu, pantai Laboya (B1) yang berhubungan langsung dengan Samudra Hindia yang menyebabkan ukuran endapan pantai lebih halus (Tabel 4). Hal yang sama diungkapkan Putra & Nugroho (2017) yang melakukan penelitian pada ukuran butir sedimen di Selat Sumba dan sebelah selatan dan barat Samudra Hindia, bahwa sedimen yang berhubungan langsung dengan Samudra Hindia memiliki karakter lebih halus dibandingkan yang berada di selat Sumba. Bascom (1951) juga mengemukakan bahwa ada hubungan positif antara distribusi besar butir sedimen dengan energi gelombang. Pantai yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia, Pantai Melolo, akan mendapat pengaruh energi gelombang yang lebih besar dibandingkan yang berhadapan dengan Selat Sumba, sehingga mengakibatkan ukuran butir yang relative lebih kecil. Nugroho & Putra (2017) menjelaskan bahwa pengendapan endapan Pantai Waikelo dipengaruhi oleh energi pengendapan yang rendah hingga sedang, sehingga diindikasikan bahwa endapan pantai Laboya (B1) diendapkan oleh energi pengendapan yang lebih besar.

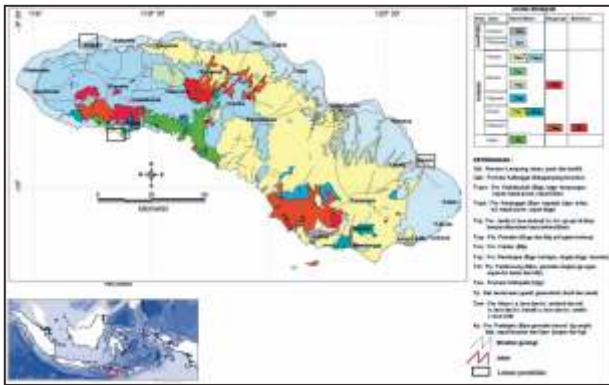
Sortasi (pemilahan) butir endapan pantai berkaitan dengan distribusi besar butirnya. Secara umum, sortasi di Pantai Laboya (B1) menunjukkan pemilahan cukup baik (*well moderately sorted*), sedangkan di Pantai Melolo (B5) dan Waikelo sortasi didominasi oleh sortasi sedang (*moderately sorted*). Pemilahan yang lebih buruk menunjukkan ukuran butir yang beragam dibandingkan yang terpilah lebih baik. Perbedaan nilai sortasi ini diindikasikan berkaitan dengan kecepatan arus dan arah serta jarak sumber sedimen. Pantai Waikelo (B7) dan Melolo (B5) yang terlindungi oleh pulau-pulau di depannya (Pulau Flores dan Sumbawa) menyebabkan arus yang masuk ke pantai relatif lebih kecil karena relatif lebih terlindungi dibandingkan pantai Melolo yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia.

Nilai *kurtosis* tidak terlalu signifikan menunjukkan perbedaan di masing-masing pantai, meskipun ada beberapa segmen di Pantai Waikelo dan Melolo menunjukkan perbedaan klasifikasi nilai *kurtosis*. Namun hampir secara keseluruhan menunjukkan nilai *kurtosis* yang masuk dalam klasifikasi sangat terpancung (*very platykurtic*). Friedman (1962) mengungkapkan bahwa nilai *kurtosis* dapat menjelaskan energi pengendapan sedimen, namun nilai *kurtosis* sedimen pada ketiga pantai di Pulau Sumba sulit untuk menjelaskan kondisi energi pengendapannya. Menurut McClaren & Bowles (1984) adanya kenaikan energi dalam proses transportasi sedimen dicirikan oleh adanya nilai *skewness* dari *highly negative skewness* menjadi simetris. Nilai *skewness* di ketiga pantai hampir seluruhnya memiliki nilai simetris, sehingga dapat dikatakan bahwa adanya peningkatan energi pengendapan yang terjadi terutama di Pantai Laboya yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia.

Diagram C-M yang dibuat oleh Passega (1964) yang menggambarkan hubungan *persentil* pertama dan *median* untuk menunjukkan mekanisme sedimentasi yang terjadi. Secara umum mekanisme sedimentasi yang terjadi dalam proses menggelinding (*rolling and ground suspension*). Proses mekanisme yang lazim terjadi pada endapan pantai dan muara sungai adalah menggelinding. Diagram Stewart (1958) menggambarkan hubungan antara median dan sortasi yang mengindikasikan adanya proses gelombang dalam pengendapan sedimen di sepanjang pantai (Gambar 6). Ada beberapa segmen pantai yang juga dipengaruhi oleh suplai sedimen dari sungai-sungai besar yang bermuara di pantai, terutama pantai-pantai yang berada di utara Pulau Sumba (Pantai Waikelo dan Melolo).

Sumber dan komposisi sedimen dapat diinterpretasikan berdasarkan analisis geokimia (Tabel 8). Kandungan unsur Ca dan Fe yang melimpah pada sampel pantai Laboya (B1) mengindikasikan bahwa komposisi sedimen tersebut banyak terdapat unsur biogenik, karbonat dan sedimen klastik. Sebagaimana yang disebutkan Ritcher *et al.* (2006) dan Rothwell & Croudace (2015) bahwa unsur Ca merupakan proksi produksi biogenik, sedangkan unsur Fe merupakan proksi sedimen klastik. Kandungan biogenik yang melimpah pada sedimen Pantai Laboya menunjukkan adanya pengaruh laut yang tinggi. Hal tersebut dikarenakan letak pantai tersebut berbatasan langsung dengan Samudra Indonesia. Kandungan sedimen klastik diindikasikan berasal dari lapukan batuan asal

dari Formasi Waikabubak (Tm_{pw}) dan Formasi Kananggar (Tm_{pk}). Dalam peta geologi regional (Effendi & Apandi, 1993) anggota formasi tersebut adalah batugamping, batupasir-napalan, napal pasiran (Gambar 9). Selain itu, kadungan Ti (Tabel 9) yang hanya ditemukan pada sampel pantai Laboya (B1) berhubungan erat dengan batuan asal dari kedua formasi tersebut yaitu batupasir tufan, tuf, dan napal tufan serta dari Formasi Jawila (Tm_j) yang berupa batuan gunungapi. Rothwell & Croudace (2015) menyampaikan bahwa unsur Ti mengindikasikan ada hubungannya dengan material piroklastik. Kandungan Sr pada sedimen yang ditemukan di ketiga pantai mengindikasikan kelimpahan organisme pembentuk cangkang. Tingginya nilai Sr pada segmen pasang maksimum, mengindikasikan banyaknya organisme bercangkang yang hidup di zona intertidal seperti moluska dan gastropoda. Kandungan Fe dan K mencirikan suplai sedimen darat. Ketiga pantai menunjukkan nilai Fe dan K yang tinggi berada pada segmen surut maksimum. Hal ini mengindikasikan bahwa sedimen yang berasal dari lapukan batuan asal yang berada di darat kemudian tertransport melalui sungai dan dipengaruhi oleh arus dan mengendap di daerah surut maksimum.



Gambar 9. Peta Geologi regional Pulau Sumba (Effendi & Apandi, 1993; modifikasi dari Widodo & Kisman, 2011).

KESIMPULAN

Karakteristik endapan pantai dapat dibedakan berdasarkan segmen daerahnya yaitu daerah pasang maksimum, transisi dan surut maksimum. Masing-masing pantai di Pulau Sumba memiliki karakteristik distribusi sedimen yang berbeda-beda. Secara umum, pasir sedang – pasir kasar mendominasi sedimen di

sepanjang pantai. Endapan Pantai Laboya (B1) memiliki karakteristik yang relatif seragam di ketiga segmen, yaitu pasir sedang dengan sortasi cukup baik. Karakteristik endapan Pantai Melolo (B5) dan Waikelo (B7) relatif sama yang memiliki perbedaan di setiap segmen yaitu pasir sedang – kasar dengan sortasi sedang. Endapan pantai di ketiga pantai tersebut dipengaruhi oleh mekanisme pengendapan melindung dan proses gelombang yang membantu proses pengendapan. Suplai sedimen di beberapa segmen pantai juga dipengaruhi oleh sungai. Kandungan unsur-unsur yang terdapat dalam sedimen mengindikasikan batuan asal dan komposisi sedimen. Unsur Ca, Fe dan Ti yang melimpah di Pantai Laboya mengindikasikan sedimen berasal dari lapukan Formasi Tm_{pw}, Tm_{pk} dan Tm_j. Kelimpahan unsur Fe dan K pada segmen surut maksimum mengindikasikan adanya pengaruh sungai yang membawa suplai sedimen darat dan terendapkan pada daerah surut maksimum melalui proses gelombang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Ekspedisi Widya Nusantara (EWIN 2016). Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Dirhamsyah, M.A. selaku Kepala Pusat Penelitian Oseanografi dan Dr. Udhi Eko Hernawan selaku koordinator kegiatan EWIN 2016 atas kesempatan yang diberikan dalam mengikuti kegiatan ekspedisi tersebut. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Nakhoda dan Anak Buah Kapal Baruna Jaya VIII yang telah membantu dalam proses pengambilan data. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan untuk Sdr. Singgih Prasteyo Adi Wibowo, AMd. selaku teknisi geologi yang telah banyak membantu selama ekspedisi berlangsung. Serta para peneliti dan teknisi yang mengikuti kegiatan ekspedisi tersebut atas kerjasamanya selama kegiatan berjalan. Dan penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Tegar Maulana yang telah membantu dan memberikan saran dan masukan dalam proses penulisan dan pengeditan paper ini.

Tulisan ini dibuat oleh Septriono Hari Nugroho sebagai Kontributor Utama yang menyusun dan memberikan ide dalam penulisan ini, sedangkan Purna Sulastya Putra sebagai kontributor anggota yang memberikan saran dan masukan dan ide tambahan dalam penulisan makalah ini.

ACUAN

- Anithamary, I., Ramkumar, T. and Venkatramanan, S., 2011. Grain Size Characteristics of the Coleroon Estuary Sediments, Tamilnadu, East Coast of India. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 6: 151-57.
- Angusamy, N.G. and Rajamanickam, V., 2006. Depositional Environment of Sediments along the Southern Coast of Tamil Nadu, India. *Oceanologia* 48: 87-102.
- Angusamy, N.G. and Rajamanickam, V., 2007. Coastal Processes of Central Tamil Nadu, India: Clues from Grainsize Studies. *Oceanologia* 49: 41-57.
- Bascom, W.N., 1951. The Relationship Between Sand-size and Beach Face Slope. *Transactions American Geophysical Union* 32: 866-87.
- Blott, S.J. and Pye, K., 2001. Gradistat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1237-48. doi:10.1002/esp.261
- Brouwer, P., 2003. *Theory of XRF: Getting Acquainted with the Principles*. PANalytical B.V, Almelo, the Netherlands.
- Carranza-Edwards, A., 2001. Grain Size and Sorting in Modern Beach Sands. *Journal of Coastal Research*, 17(1): 38-52.
- Effendi, A.C. dan Apandi, T., 1993. *Peta Geologi Lembar Waikabubak dan Waingapu, Nusa Tenggara Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Folk, R.L. and Ward, M.C., 1957. Brazos River Bars: A Study in the Significance of Grain Size Parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-27.
- Friedman, G.M., 1961. Distinction between Dune, Beach and River Sands from Their Textural Characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology* 31: 514-529.
- Friedman, G.M., 1962. On Sorting, Sorting Coefficient and the Log Normality of the Grain Size Distribution of Sandstones. *Journal of Geology* 70: 734-53.
- Gosseau, D., 2009. Introduction to XRF Spectroscopy. <http://www.user.skynet.be>. Diakses tanggal 21 Oktober 2017.
- Irzon, R. 2018. Komposisi Kimia Pasir Pantai di Selatan Kulon Progo dan Implikasi Terhadap Provenance. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* 19(1): 31-45.
- Komar, P.D., 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.Y. 429 p
- Malvarez, G.C., Cooper, J.A.G. and Jackson, D.W.T., 2001. Relationships Between Wave-induced Currents and Sediment Grain Size on a Sandy Tidal-Flat. *Journal of Sedimentary Research* 71: 705-712. doi:10.1306/2dc40961-0e47-11d7-8643000102c1865d.
- McClaren, P. and Bowles, D., 1984. The Effects of Sediment Transport on Grain-Size Distributions. *Journal of Sedimentary Petrology* 55 (4): 457-470.
- Nordstrom, K.F., 1977. The use of grain size statistics to distinguish between high- and moderate energy beach environments. *Journal of Sedimentary Petrology* 47(3): 1287-1294.
- Nugroho, S.H., 2013. Kondisi Geomorfologi, Sedimen Permukaan dan Aktivitas Manusia di Kawasan Wisata Bahari di Desa Morella dan Negeri Lima, Ambon. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia* 39: 263-76.
- Nugroho, S.H dan Basit, A., 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 6 (1): 229-240.
- Nugroho, S.H. dan Putra, P.S., 2017. Spatial Distribution of Grain Size and Depositional Process in Tidal Area along Waikelo Beach, Sumba. *Marine Georesources and Geotechnology* 36(3): 299-307. DOI: 10.1080/1064119X.2017.1312649.
- Passega, R., 1964. Grain Size Representation by CM Pattern as a Geological Tool. *Journal of Sedimentary Petrology* 34: 830-847.

-
- Passega, R. and Byramjee, R., 1969. Grain-Size Image of Clastic Deposits. *Sedimentology* 13: 233-52. doi:10.1111/j.1365-3091.1969.tb00171.x.
- Putra, P.S. dan Nugroho, S.H., 2017. Distribusi Sedimen Permukaan Dasar Laut Perairan Sumba, Nusa Tenggara Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 2(3): 49-6.
- Ramamohanarao, T., Sairam, K., Venkateswararao, Y., Nagamalleswararao, B. and Viswanath, K., 2003. Sedimentological Characteristics and Depositional Environment of Upper Gondwana Rocks in the Chintalapudi Sub-Basin of the Godavari Valley, Andhra Pradesh, India. *Journal of Asian Earth Sciences* 21: 691-703. doi:10.1016/S1367-9120(02)00139-6.
- Ramanathan, A.L., Rajkumar, K., Majumdar, J., Singh, G., Behera, P.N., Santra, S.C., and Chidambaram, S., 2009. Textural Characteristics of the Surface Sediments of a Tropical Mangrove Sundarban Ecosystem India. *Indian Journal of Marine Sciences* 38: 397-40. Retrived from <http://hdl.handle.net/123456789/7075>.
- Rajganapathi, V.C., Jitheshkumar, N., Sundararajan, M., Bhat, K.H. and Velusamy, S., 2012. Grain Size Analysis and Characterization of Sedimentary Environment along Thiruchendur Coast, Tamilnadu, India. *Arab Journal Geosciences*. doi:10.1007/s12517-012-0709-0
- Rao, P.S., Ramaswamy, V and Thwin, S., 2005. Sediment Texture, Distribution and Transport on the Ayeyarwady Continental Shelf, Andaman Sea. *Marine Geology* 216: 239-47. doi:10.1016/j.margeo.2005.02.01
- Rothwell, R.G. and Croudace, I.W., 2015. Twenty Years of XRF Core Scanning Marine Sediments: What Do Geochemical Proxies Tell Us? In Croudace, I. W. and Rothwell, R. G. (eds). *Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a Non-Destructive Tool for the Environmental Sciences*. Development in Paleoenvironmental Research 17. Springer, Southampton: pp. 25-102.
- Richter, T. O., van der Gaast, S., Koster, B., Vaars, A., Gieles, R., de Stigter, H.C, de Haas, H. and van Weering, T.C.E., 2006. The Avaatech XRF Core Scanner: Technical Description and Applications to NE Atlantic Sediments. In G. Rothwell (ed). *New Techniques in Sediment Core Analysis*. Spec. Publ. Geol. Soc. 267: 39-50.
- Stewart, H.B., 1958. Sedimentary Reflection on Depositional Environment, in San Mignellagoon, Baja California, Mexico. *AAPG Bull.* 42: 2567-2618.
- Suresh, G.M., Solai, A., Chandrasekaran, K., and Rammohan, V., 2008. Sediment Characteristics and Heavy Mineral Distribution in Tamiraparani Estuary and Off Tuticorin, Tamil Nadu – SEM Studies. *e-Journal of Earth Sciences India* 1:102–18.
- Visher, G. S., 1969. Grain Size Distribution and Depositional Process. *Journal of Sedimentary Research* 39:1074-106.
- Widodo, W. dan Kisman. 2011. Prospeksi Mineral Logam Di Kabupaten Sumba Timur Provinsi Nusa Tenggara Timur. Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi Tahun 2011. II.26
- Zuraida, R., Gerhaneu, N. Y., dan Sulistyawan, I.H. 2017. Karakteristik Sedimen Pantai dan Dasar Laut di Teluk Papela, Kabupaten Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Geologi Kelautan* 15(2): 81-94.
-