



Karakteristik Sedimen dan Kandungan Mineral Pasir Besi di Labuhan Haji Timur, Kabupaten Aceh Selatan

Sediment Characteristics and Mineral Content of Iron Sand in Labuhan Haji Timur, South Aceh District

Syahrul Purnawan¹, Azizah¹, Zulkarnain Jalil², Muhammad Zaki^{3*}

¹Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas kelautan dan Perikanan Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

²Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

³Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.

*E-mail:m.zaki@unsyiah.ac.id

Terima draft: 12 April 2018; Terima draft revisi: 13 Juli 2018; Disetujui: 17 Agustus 2018

Abstrak

Keberadaan magnetit pada sedimen di suatu wilayah perairan dapat digunakan sebagai fingerprint dari proses transport sedimen. Penelitian ini ditujukan untuk mengamati sejumlah parameter butiran sedimen untuk mendapatkan gambaran pola distribusi sedimen yang terjadi pada daerah Labuhan Haji Timur, Aceh Selatan. Pengambilan sampel sedimen dilaksanakan pada November 2015 menggunakan metode coring. Sebanyak empat stasiun dipilih untuk mewakili kawasan perairan Labuhan Haji timur, yang terdiri dari daerah aliran sungai, muara, dan pantai. Sejumlah analisis yang dilakukan adalah ukuran butiran rata-rata, bentuk partikel, dan kandungan kimia penyusun sedimen. Analisis kandungan kimia dari sampel menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF), dimana sebelumnya sampel dari setiap stasiun dipilah berdasarkan ukuran halus (<0,5 mm) dan kasar (>0,5 mm). Sampel sedimen yang berasal dari pantai dan muara memiliki modus distribusi ukuran sedimen pada fraksi pasir sangat halus, sedangkan modus pada daerah aliran sungai berada pada fraksi pasir sangat kasar. Magnetit ditemukan pada setiap lokasi sampling, persentase tertinggi berada pada kawasan muara. Analisis bentuk butiran magnetit menunjukkan bentuk yang lebih membentuk sudut (*angular*) pada daerah aliran sungai dan menjadi lebih membuldar (*rounded*) pada kawasan pantai. Disimpulkan bahwa keberadaan magnetit yang terdapat di sekitar muara Sungai Peulumat Labuhan Haji Timur terbentuk melalui mekanisme fluvial dan terbawa hingga ke daerah pantai.

Kata kunci: Fe, Magnetik, Mineral, sedimen, ukuran butiran, XRF

Abstract

The presence of magnetite in sediments in an aquatic environment could be used as a fingerprint of the sediment transport process. The main objective of the study was to interpret the sediment distribution in manner of associated to geochemical analysis in Labuhan Haji Timur, South Aceh. Sediment sampling was conducted on November 2015 on four stations, which consists of watersheds, estuaries and beaches, to represent the region of Labuhan Haji Timur. A number of analyzes have been tackled on average grain size, particle shape, and sediment chemical content. The mineral content of the sediment samples was carried out using X-Ray Fluorescence (XRF), wherein samples from each station were sorted by fine (<0.5 mm) and coarse (> 0.5 mm). Sediment samples originating from the coast and estuaries have a sediment size distribution mode on very-fine sand fractions, while very coarse sand fractions found as the mode in the watershed. The rounded magnetite particles are encountered on the shore, as the transport process takes the particles away from the source. It was concluded that the magnetite content in the coastal area of Labuhan Haji Timur was transported by fluvial processes.

Keywords: Fe, magnetic, Mineral, sediment, grain size, XRF

1. Pendahuluan

Pengungkapan siklus transport sedimen merupakan hal sulit untuk dilakukan mengingat banyak sekali faktor yang mengontrol proses pengangkutan dan

penenggelaman sedimen di suatu perairan (Buscombe dan Masselink, 2006; Splinter dkk., 2018; Verstraeten dkk., 2017). Penyikapan asal-usul dan proses transport sedimen umumnya dilakukan menggunakan pendekatan kajian fisika-kimia sedimen

(D'Haen dkk., 2012; Dwipa dkk., 2006; Pavlakovic dkk., 2011; Putra dkk., 2013).

Komposisi sedimen klastik umumnya dicirikan oleh fitur fisiknya, dimana distribusi ukuran butir menjadi parameter yang paling penting (Coltorti dkk., 2015; Purnawan dkk., 2016, 2018). Pendekatan statistika ukuran butiran telah digunakan luas untuk menggambarkan kondisi suatu lingkungan pengendapan, terkait dengan berbagai proses dan energi yang bekerja pada wilayah tersebut (Etienne dan Terry, 2012; Purnawan dkk., 2015; Splinter dkk., 2018).

Komposisi kimia dari tiap individual butir atau sampel sedimen dapat pula dijadikan sebagai indikator proses transport sedimen dalam suatu lingkungan perairan (Amorosi, 2012; Fan dkk., 2018). Komposisi keseluruhan ini dikendalikan oleh sejumlah faktor, dimulai dari komposisi bebatuan induk yang kemudian diikuti oleh berbagai peristiwa pengangkutan sedimen yang memodifikasi sedimen sepanjang perjalanan menuju daerah pengendapan (Armstrong-Altrin dkk., 2014; Zahid dan Barbeau, 2010). Modifikasi sedimen pada saat transport terjadi dari proses pelapukan bebatuan, abrasi, pemilahan hidrodinamik, serta pencampuran dengan bahan penyusun lainnya (Friedman dan Sanders, 1978).

Wilayah pesisir memiliki ketersediaan bahan alam yang sangat melimpah, salah satunya adalah pasir besi. Kandungan mineral yang dominan dalam pasir besi adalah magnetit (Fe_3O_4) yang biasanya ditemukan pada daerah pantai, sungai dan pegunungan vulkanik (Lahijani dan Tavakoli, 2012). Magnetit (Fe_3O_4) merupakan salah satu bentuk oksida besi yang memiliki sifat magnetis yang kuat. Pasir yang mengandung mineral magnetit ini biasanya disebut pasir besi atau pasir hitam.

Provinsi Aceh termasuk yang memiliki potensi Sumber Daya Alam (SDA) pasir besi yang melimpah, tersebar di beberapa tempat seperti di Aceh Besar, Aceh Barat Daya, Pidie, Subulussalam, Aceh Timur, Gayo Lues, dan Aceh Selatan dengan total deposit mencapai 92,3 juta ton (Rahwanto dan Jalil, 2013). Zulkarnain dkk. (2000) telah memaparkan keberadaan dan keterdapatan pasir besi di sejumlah wilayah di pesisir Provinsi Aceh. Secara spesifik, sejumlah penelitian (Handoko dkk., 2017; Purnawan dkk., 2017; Saniah dkk., 2015) menemukan kandungan pasir besi yang terdapat pada Pantai Lampanah-Leungah, Kabupaten Aceh Besar.

Kabupaten Aceh Selatan yang memiliki potensi pasir besi yang tersebar di Labuhan Haji Timur, Manggamat dan Trumon Timur. Pantai Labuhan Haji Timur memiliki keunikan tersendiri dimana secara visual adanya kontras yang terlihat dari warna sedimen pada wilayah pantai tersebut. Warna gelap pada sedimen pantai diduga memiliki kandungan pasir besi yang berasal dari sungai Peulumat.

Kajian khusus mengenai proses transport dan asal-usul sedimen pada wilayah yang memiliki keberadaan pasir besi, baik secara umum di Indonesia dan khususnya di Provinsi Aceh, nyatanya belum banyak tercatat dengan baik. Sebelumnya Purnawan dkk. (2018) telah memaparkan hasil kajian mengenai pola distribusi sedimen pada daerah Muara Pulau Kayu, Kabupaten Aceh Barat Daya, dengan pendekatan yang relatif serupa dengan yang digunakan dalam penelitian ini. Tetapi dalam kajian ini kami menambahkan pendekatan distribusi berdasarkan perbedaan fraksi kasar dan halus pada ukuran sedimen.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat proses distribusi sedimen pada kawasan pesisir Labuhan Haji Timur, khususnya di sekitar kawasan muara Sungai Peulumat. Pengamatan terhadap distribusi sedimen, yang secara khusus menekankan pada pola distribusi pasir besi, dilakukan berdasarkan pendekatan geokimia sedimen. Penjabaran kuantitatif komposisi kimia dari sedimen diperoleh menggunakan XRF (X-ray Fluoresensi), sementara pendekatan fisik dilakukan melalui pengamatan bentuk butiran magnetit dan analisis ukuran butir sedimen. Dugaan awal terhadap asal-usul sedimen magnetit yang berasal dari Sungai Peulumat dikaji dengan turut melakukan pengambilan sampel pada daerah aliran sungai, sehingga dapat terbentuk gambaran menyeluruh dari proses distribusi sedimen pada lingkungan pengendapan tersebut.

2. Metodologi

2.1. Bahan dan Alat

Pengambilan data sedimen di lapangan menggunakan pipa PVC berdiameter 2,5 inci yang dimodifikasi dengan panjang 20 cm. Alat yang digunakan untuk memilah sampel sedimen berdasarkan ukuran butir adalah ayakan bertingkat dengan enam ukuran yang berbeda mengikuti ASTM E-11, terdiri dari: 1 mm (mesh no. 18); 0,5 mm (mesh no. 35); 0,25 mm (mesh no. 60); 0,125 mm (mesh no. 120); 0,063 mm

(mesh no. 230); dan 0,038 mm (mesh no. 400). Analisis kuantitatif kandungan mineral pada sampel sedimen dilakukan menggunakan XRF (X-Ray Fluorescence), Merk PANalytical Tipe Minipal 4.

2.2. Pengumpulan Data Sedimen

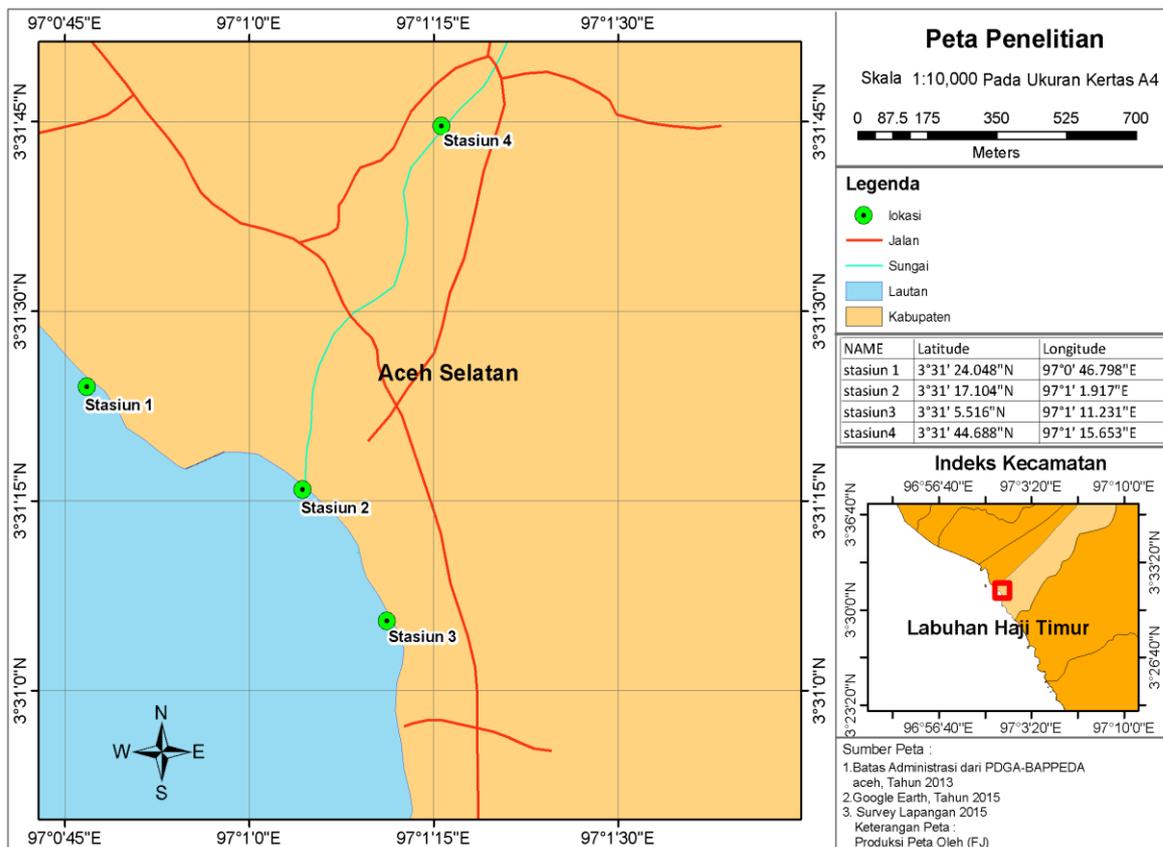
Pengumpulan data sedimen dilakukan pada bulan November 2015 di Labuhan Haji Timur, Kabupaten Aceh Selatan. Terdapat empat lokasi pengambilan data yaitu di sungai Peulumat bagian tengah dan muara, Pantai Keumumu dan Pantai Ujung Peulumat (Gambar 1). Sampel diambil menggunakan metode *coring* secara vertikal hingga kedalaman lapisan sedimen sekitar 15 cm. Bersamaan dengan proses pengumpulan sampel sedimen, turut dilakukan perhitungan arus menggunakan metode *float-meter*.

2.3. Sifat Fisik Sedimen

Pipa paralon yang berisi sampel sedimen dibelah secara vertikal untuk mendapatkan gambaran visual pelapisan yang terbentuk pada sampel sedimen. Sampel sedimen diaduk rata dan diambil sekitar 500 gram

untuk dianalisis distribusi ukuran butir sedimen. Metode ayak basah diaplikasikan untuk memisahkan sampel sedimen berdasarkan ukuran fraksi. Persentase berat diperoleh berdasarkan perbandingan berat sedimen dalam fraksi dengan bobot total sampel, sedangkan nilai ukuran butir rata-rata sedimen pada tiap stasiun dihasilkan dari perhitungan arithmetical method of moment menggunakan *software* Gradistat (Blott dan Pye, 2001).

Karakteristik bentuk butiran sedimen dilakukan menggunakan mikroskop. Analisis bentuk sedimen dilakukan untuk mendapatkan gambaran perjalanan butiran sedimen, dimana semakin membulat bentuk dari suatu pasir maka semakin jauh perjalanan yang dilaluinya. Analisis ini didasari oleh tingkatan *Roundness* dan *Sphericity* dari tiap butiran sampel yang diamati berdasarkan acuan Dyer (1986). Komposisi kimia dari sampel sedimen diamati menggunakan XRF (X-ray Fluoresensi), yang dilakukan pada Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Malang.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.4. Analisis Komposisi Sedimen

Secara khusus pengamatan ini ditujukan untuk melihat tingkat kandungan mineral besi dalam sampel, namun hasil yang diperoleh juga menampilkan tingkat kandungan dari berbagai unsur lainnya yang menyusun sampel sedimen. Untuk mendukung analisis distribusi sedimen, sampel dari setiap stasiun dibagi menjadi dua bagian berdasarkan ukuran butiran sampel yakni fraksi kasar (<0,5 mm) dan fraksi halus (>0,5 mm).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Stratifikasi Sedimen

Pengamatan awal dilakukan adalah ketebalan lapisan dari setiap sampel yang diperoleh. Hasil pengamatan diperoleh gambaran adanya stratifikasi yang terbentuk dimana adanya lapisan sampel yang berwarna lebih gelap, dimana dugaan awal lapisan ini memiliki kandungan mineral besi yang lebih tinggi. Ketebalan dari masing-masing lapisan berwarna gelap tersebut tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi lapisan pasir besi

Stasiun	Tinggi sampel (cm)	Ketebalan lapisan pasir hitam (cm)
1	15	2
2	15	15
3	15	5
4	15	1

3.2. Ukuran Butiran Sedimen

Distribusi ukuran butiran didapatkan dari pemilahan yang dilakukan menggunakan enam tingkatan ayakan (Tabel 2). Modus atau fraksi yang memiliki frekuensi kehadiran sedimen tertinggi, ditemukan pada fraksi pasir sangat halus (0,063 mm) untuk daerah pantai, sedangkan modus pada bagian sungai (stasiun 4) ditemukan pada fraksi pasir sangat kasar (1 mm).

Ukuran butiran rata-rata yang paling halus ditemukan pada stasiun 2 dengan nilai 0,10 mm dan butiran rata-rata paling kasar berada pada stasiun 4 yaitu 0,88 mm. Tipe sedimen ditentukan berdasarkan Segitiga Folk, dimana dominannya fraksi pasir yang ditemukan pada dari keseluruhan sampel menghasilkan tipe sedimen dengan karakteristik pasir. Kehadiran fraksi lumpur yang lebih tinggi pada stasiun 2, selain turut mendorong butiran rata-rata

menjadi lebih halus, juga menghasilkan tipe pasir berlumpur.

Terkait dengan lokasi pengambilan sampel, maka hal umum jika ditemukan sedimen berukuran lebih kasar pada kawasan sungai (stasiun 4) dan ukuran lebih halus pada daerah muara (stasiun 2). Ukuran sedimen sangat erat kaitannya dengan pengaruh energi yang bekerja pada suatu lingkungan akuatik, dimana pada daerah aliran sungai ditemukan arus yang lebih kencang ($v=4,8$ m/s) berbanding dengan arus pada muara yang memiliki kekuatan yang lebih lemah ($v=0,35$ m/s). Kecepatan arus turut diukur pada kawasan pantai, namun nyatanya tidak dapat dimasukkan dalam konsiderasi mengingat pada kawasan pantai energi dominan yang bekerja berasal dari dinamika pantai seperti gelombang dan pasang-surut (Short dan Jackson, 2013). Dinamika pada kawasan pantai ini menghasilkan ukuran butiran rata-rata yang lebih kasar dibandingkan kawasan muara, terkait dengan dinamika gelombang dan mekanika debur (*swash mechanism*) yang dihasilkan gelombang, serta berbagai dinamika lainnya di pantai (Blenkinsopp dkk., 2011; Purnawan dkk., 2015).

3.3. Bentuk Butiran Pasir Besi

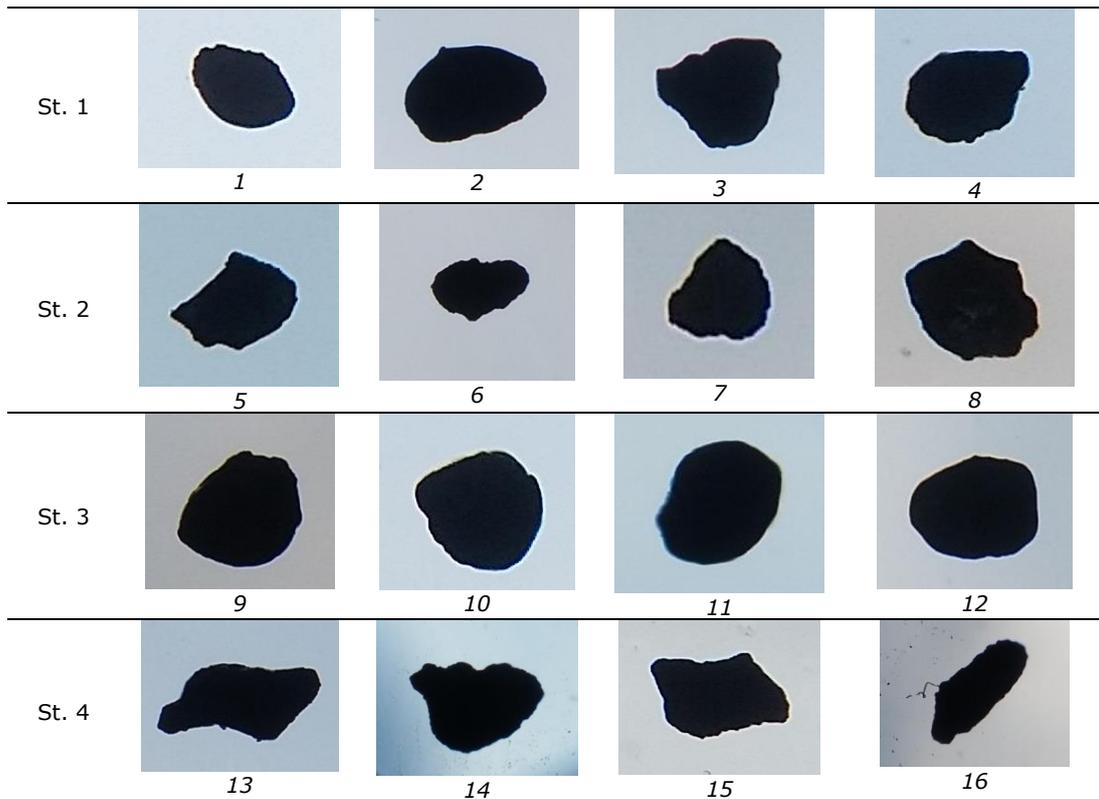
Pengamatan bentuk pasir besi menggunakan mikroskop menghasilkan informasi adanya perbedaan karakteristik bentuk pada tiap sampel yang ditemukan pada masing-masing stasiun yang diwakili oleh empat butir sedimen. Bagian hulu dan muara cenderung lebih meruncing atau *angular* dan *sub angular* sedangkan untuk pasir pantai cenderung lebih membundar atau berbentuk *rounded* dan *well rounded*. Bentuk pasir tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

Bentuk butiran magnetit dari semua stasiun memiliki perbedaan, dimana butiran magnetit bagian aliran sungai dan muara cenderung lebih runcing atau *angular* dan *sub angular*. Saat menuju kawasan pantai, bentuk butiran sedimen akan menjadi lebih membundar (*rounded*) dan membola (*sphered*) akibat terjadinya pengikisan saat butiran ditransportkan, sehingga memiliki kondisi yang dikategorikan *rounded* atau *well rounded*. Semakin jauh jarak yang ditempuh suatu partikel saat terlepas dari bebatuan induk maka nilai *roundness* dan *sphericity* yang dihasilkan akan semakin tinggi (Friedman dan Sander, 1978).

Tabel 2. Distribusi ukuran butiran pasir besi di Labuhan Haji Timur

Stasiun	Persentase Berat Sedimen (%)						(d) Ukuran butiran rata-rata (mm)	Tipe sedimen
	Pasir sangat kasar (mm)	Pasir kasar (mm)	Pasir sedang (mm)	Pasir halus (mm)	Pasir sangat halus (mm)	Lumpur (mm)		
	1,0	0,5	0,25	0,125	0,063	0,038		
1	18.98	4.63	15.59	21.79	31.08	7.93	0.45	Pasir
2	0.00	0.27	0.67	7.91	71.98	19.17	0.10	Pasir berlumpur
3	0.84	1.77	7.03	28.34	54.89	7.15	0.16	pasir
4	45.39	10.97	21.97	12.65	6.44	2.59	0.88	pasir

keterangan: angka yang ditebalkan merupakan modus dari setiap sampel sedimen.



Gambar 2. Nilai kebularan atau *Roundness* (R) dan kebulatan atau *Sphericity* (S) dari setiap sampel sedimen yang diperoleh: 1(R0,9/S0,7); 2(R0,9/S0,7); 3(R0,3/S0,9); 4(R0,9/S0,7); 5(R0,3/S0,7); 6(R0,5/S0,7); 7(R0,5/S0,9); 8(R0,3/S0,9); 9(R0,5/S0,9); 10(R0,7/S0,9); 11(R0,9/S0,7); 12(R0,9/S0,9); 13(R0,5/S0,3); 14(R0,3/S0,7); 15(R0,3/S0,5); 16(R0,7/S0,3). Penentuan skala *roundness* dan *sphericity* berdasarkan acuan Dyer (1986)

3.4. Kandungan Mineral Sedimen

Sampel dari setiap stasiun dibagi menjadi dua kelas, yaitu sedimen berukuran kasar (>0,5 mm) dan berukuran halus (<0,5 mm). Magnet permanen digunakan untuk memisahkan kandungan magnetit dari sampel sedimen, baik ukuran kasar atau ukuran halus. Setiap magnetit yang terpilah ditimbang bobotnya dan diperoleh persen berat dari setiap sampel. Tabel 3 menunjukkan hasil yang diperoleh dari proses separasi sedimen magnetit, dimana persen berat total magnetit berukuran kasar

diperoleh tertinggi pada stasiun 4 sedangkan untuk ukuran halus ditemukan tertinggi pada stasiun 2.

Persentase mineral pasir besi Labuhan Haji Timur yang telah dianalisis menggunakan XRF dapat dilihat pada Tabel 4. Kandungan besi (Fe) pada ukuran <0,5 mm paling banyak terdapat pada stasiun 2 sebesar 71,33%, diikuti stasiun 4 sebesar 54,21%, stasiun 1 sebesar 51,95%, dan stasiun 3 sebesar 49,55%. Sedangkan pada ukuran >0,5 mm persentase besi (Fe) terbanyak terdapat pada stasiun 4 sebesar 48,08%,

dikuti stasiun 2 sebesar 40,7%, stasiun 1 sebesar 33,7%, dan stasiun 3 sebesar 31,4%.

Persentase tertinggi untuk kandungan mineral magnetik (Fe) dalam sedimen berukuran >0,5 mm ditemukan pada daerah aliran sungai (stasiun 4) yaitu sebesar 4,77%. Sedangkan untuk sedimen <0,5 mm konsentrasi magnetit yang cukup tinggi ditemukan pada kawasan muara sungai yaitu mencapai 38,77%. Ditemukannya kandungan magnetik tertinggi untuk butiran kasar pada daerah aliran sungai menjadi indikasi bahwa stasiun 4 memiliki jarak yang lebih dekat dengan sumber bebatuan magnetit. Selama terjadi proses perpindahan oleh *transport agent* menuju daerah yang lebih jauh maka butiran magnetit yang berukuran lebih kasar tersebut dapat mengalami proses pelapukan dan pengikisan yang menyebabkan ukuran butiran yang mengecil (Amorosi dan Sammartino, 2017; Garzanti dkk., 2015; Kissel dkk., 2017),

seperti yang ditemukan pada kawasan muara dan pantai.

Ditemukannya kandungan mineral silika dalam sampel sedimen juga cukup menarik untuk diperhatikan lebih lanjut. Seperti halnya keberadaan mineral besi, keberadaan mineral silika pada daerah aliran sungai (stasiun 4) memiliki persentase yang lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya untuk setiap ukuran fraksinya. Persentase silika pada daerah muara ditemukan cukup kecil, khususnya pada fraksi butiran halus. Hal ini diduga kuat dengan proses mekanisme sorting yang berlaku pada daerah muara yang memiliki arus yang lemah, sehingga pengendapan butiran halus pada daerah muara cukup didominasi oleh keberadaan mineral besi yang mengendap pada daerah tersebut. Kondisi ini kemudian menekan persentase mineral lainnya, seperti halnya silika. Di samping itu juga, bahwa berat jenis silika yang lebih rendah dibandingkan besi membuat silika lebih mudah ditransportkan lebih jauh menuju daerah pantai.

Tabel 3. Persentase Pasir Besi dengan Metode Separasi

Stasiun	Total sampel (g)	Ukuran saringan (mm)	Berat sampel (g)	Berat magnetit (g)	% Berat magnetit per fraksi	% Berat total magnetit
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e*</i>	<i>f*</i>
1	488,14	> 0,5	198,64	16,86	8,49	3,45
		< 0,5	289,50	29,10	10,05	5,96
2	490,02	> 0,5	2,60	1,00	38,46	0,20
		< 0,5	487,42	190,00	38,98	38,77
3	487,76	> 0,5	57,82	8,21	14,20	1,68
		< 0,5	429,94	69,45	16,15	14,24
4	492,94	> 0,5	371,08	23,5	6,33	4,77
		< 0,5	121,86	22,75	18,67	4,62

*keterangan: nilai pada kolom e=d/c ; sedangkan nilai kolom f=d/a

Tabel 4. Analisis Kandungan dan Persentase Mineral Menggunakan XRF.

Compound	Conc. (%)							
	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3		Stasiun 4	
	< 0,5	> 0,5	< 0,5	> 0,5	< 0,5	> 0,5	< 0,5	> 0,5
Fe	51,95	33,7	71,33	40,7	49,55	31,4	54,21	48,08
Si	20,9	40,5	9,74	25,1	17,2	20,9	22	26
Ca	14,6	13,5	10,9	25,5	21,7	34,7	8	9,58
Al	4,6	5,8	2,4	0	3,8	4,4	7,1	7,5
K	1,98	3,23	0,58	3,06	1,4	2,96	3,03	2,59
Ti	2,36	1,65	2,81	1,94	2,38	1,3	2,14	1,65
Sr	1,4	1,4	0,53	1,7	1,4	1,9	0,77	1,4
Mn	0,47	0,68	0,43	0,59	0,53	0,67	0,55	0,79
Eu	0,59	0,54	0	0,58	0,63	0,4	0,66	0,62
Ni	0,21	0,26	0,17	0,25	0,17	0,2	0,2	0,28
Cr	0,21	0,12	0,33	0,22	0,26	0,18	0,19	0,17
V	0,21	0,12	0,3	0,15	0,21	0,082	0,17	0,12
Cu	0,17	0,18	0,097	0,17	0,14	0,14	0,21	0,22
P	0	0	0	0	0	0	0,49	0,63
Re	0,48	0,3	0	0	0	0	0	0,3
Rb	0	0	0,4	0	0	0	0	0
Ba	0	0	0	0,2	0	0	0	0
Zr	0	0	0	0	0	0,2	0	0
Zn	0	0,03	0	0	0	0	0,04	0,06
Yb	0	0	0	0	0	0,1	0,03	0

3.5. Pola Distribusi Sedimen

Muara merupakan lingkungan pengendapan yang cukup baik bagi butiran magnetit, dimana selain terkait oleh arus seperti yang telah dibahas sebelumnya, persentase magnetit yang cukup tinggi turut mengonfirmasi hal tersebut. Arus yang lemah di kawasan muara memungkinkan terjadinya pengendapan bagi butiran magnetit yang memiliki massa jenis tinggi. Hal ini sejalan dengan kondisi *layering* yang terbentuk pada kawasan muara dimana ketebalan lapisan sedimen berwarna gelap tercatat cukup tinggi (Tabel 1). Meskipun demikian, proses pengamatan terhadap kondisi *layering* yang terbentuk pada kawasan muara tidak dapat dijadikan tolak ukur tunggal mengingat di sisi lain muara juga menjadi kawasan akumulasi bagi bahan organik, yang turut menghasilkan sedimen berwarna gelap. Sementara pada daerah aliran sungai (stasiun 4) lapisan sedimen berwarna hitam terpantau memiliki lapisan tipis di bagian bawah, tidak terlalu kontras dan cenderung lebih heterogen. Kondisi pelapisan pada stasiun 4 ini memberikan sebuah indikasi bahwa proses pengendapan dari butiran magnetit telah berlangsung pada masa yang lebih lampau (Friedman dan Sanders, 1978).

Secara umum pantai memiliki kandungan magnetit yang lebih rendah dibandingkan muara. Penelusuran lebih lanjut menemukan fakta bahwa kandungan magnetit pada pantai lebih banyak tersebar dalam fraksi halus (<0,5 mm). Interaksi antara muara dan laut memungkinkan butiran magnetit ikut ditransportasikan menuju kawasan pantai, yaitu melalui proses *runoff* sungai ataupun saat terjadinya pergerakan arus pasang-surut. Proses penyebaran spasial dan pencampuran dengan mineral lain saat butiran magnetit memasuki lingkungan pantai turut mendorong persentase magnetit menjadi lebih rendah.

Kandungan besi (Fe) atau magnetit di Labuhan Haji Timur paling banyak terdapat di daerah muara dan aliran sungai serta tersebar hampir merata di sepanjang pantai dalam jumlah yang lebih sedikit. Persentase kandungan mineral pasir Labuhan Haji Timur (Tabel 4) memiliki mineral-mineral yang beragam dengan persentase yang juga berbeda. Mineral yang dominan atau memiliki persentase tertinggi pada sedimen tersebut (dalam bentuk oksida) adalah Fe_3O_4 (Magnetit), SiO_2 (Silika), CaO (Kalsium), Al_2O_3 (Aluminium), TiO_2 (Titanium), dan K_2O (Kalium). Mineral-mineral ikutan yang

terkandung dalam pasir besi ini adalah kandungan senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Efek kilap yang dimiliki oleh pasir besi di lokasi penelitian dapat disebabkan oleh adanya kandungan mineral Ti (Titanium), ketika terjadi peningkatan nilai magnetik (Fe) maka mineral Ti (Titanium) juga mengalami peningkatan. Adanya unsur Ti yang ikut meningkat memperlihatkan bahwa unsur Fe dan Ti kemungkinan berada dalam satu senyawa yaitu senyawa titanomagnetik.

Berdasarkan pendekatan-pendekatan yang telah diteliti dari pasir besi Labuhan Haji Timur dapat dirumuskan bahwa pasir besi atau magnetik (Fe) yang banyak menumpuk di muara dan pantai tersebut berasal dari pelapukan batuan-batuan yang ada di daerah hulu atau terigenik. Proses pengendapan material terigenik dari daratan umumnya terjadi secara horizontal dan vertikal, yang berperan dalam proses ini adalah arus sungai yang membawa material tersebut dari hulu sampai muara dan tersebar di sepanjang pantai melalui dinamika pantai berdasarkan proses *dynamic forcing* (Komar, 1998). Ditransportkan melalui muara, magnetit lebih cenderung tersebar ke arah selatan, dimana kandungan magnetit pada stasiun 3 lebih tinggi dibandingkan bagian utara muara sungai (stasiun 1). Kondisi ini diduga sebagai respon dari proses dinamika pantai, yang terkait dengan pola muson barat daya (SW monsoon) Samudera Hindia, dengan gerak dominan menuju selatan pada pesisir barat Aceh (Diasky dkk., 2006).

Banyak sungai di Indonesia yang berada pada daerah vulkanik (Legowo, 1981). Pada sejumlah daerah lain di Indonesia, ditemukannya pasir besi sejalan dengan kondisi wilayah yang terkait dengan keberadaan gunung berapi (Mustafa dkk., 2016; Zulkarnain dkk., 2000), sehingga dalam kajian ini kami menyimpulkan bahwa pasir besi Labuhan Haji Timur berasal dari proses yang sama. Gunung Rotan di daerah hulu sungai tersebut yang pada masa lampau diduga kuat memiliki aktivitas vulkanik sehingga sisa-sisa mineral dari aktivitas vulkanik masa dulu masih terendapkan di daerah sungai dan pantai Labuhan Haji Timur.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa karakteristik pasir besi Labuhan Haji Timur memiliki ukuran butiran yang lebih kasar

pada daerah sungai dengan bentuk dominan *Angular* dan *Sub Angular* dan semakin jauh dari sungai ukuran butiran cenderung mengecil dengan bentuk *Rounded* dan *Well Rounded*. Sedangkan persentase magnetik (Fe) pada ukuran >0,5 mm tertinggi pada stasiun 4 (hulu) dan ukuran <0,5 mm ditemukan dalam persentase yang lebih tinggi di sekitar muara. Kawasan pantai Labuhan Haji Timur menjadi lokasi pengendapan magnetit yang terbawa melalui sistem fluvial. Hasil kajian mengenai keberadaan pasir besi pada daerah Labuhan Haji Timur melengkapi keberadaan pasir besi pada daerah lainnya di Provinsi Aceh, sehingga hal ini dapat dijadikan acuan oleh pemerintah dan pemangku kepentingan dalam memetakan dan mengembangkan potensi sumberdaya alam yang ada di Provinsi Aceh.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Rezki Adidarma, S.kel yang telah turut membantu memproses data butiran sedimen. Secara khusus, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Malang, yang telah sangat membantu dalam proses ekstraksi data XRF untuk mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Amorosi, A. (2012) Chromium and nickel as indicators of source-to-sink sediment transfer in a Holocene alluvial and coastal system (Po Plain, Italy), *Sedimentary Geology*, 280, 260–269.
- Amorosi, A., Sammartino, I. (2017) Shifts in sediment provenance across a hierarchy of bounding surfaces: A sequence-stratigraphic perspective from bulk-sediment geochemistry, *Sedimentary Geology*.
- Armstrong-Altrin, J. S., Ramasamy, N., Lee, Y. Il, Juan, K. Z., Córdoba-Saldaña, L. P. (2014) Geochemistry of sands along the San Nicolás and San Carlos beaches, Gulf of California, Mexico: implication for provenance, *Turkish Journal of Earth Science*, 23, 533–558.
- Blenkinsopp, C. E., Turner, I. L., Masselink, G., Russell, P. E. (2011) Swash zone sediment fluxes: Field observations, *Coastal Engineering*, 58(1), 28–44.
- Buscombe, D., Masselink, G. (2006) Concepts in gravel beach dynamics, *Earth-Science Reviews*, 79(1–2), 33–52.
- Coltorti, M., Pieruccini, P., Montagna, P., Zorzi, F. (2015) Stratigraphy, facies analysis and chronology of Quaternary deposits at Capo S. Marco (Sinis Peninsula, west Sardinia, Italy), *Quaternary International*, 357, 158–175.
- D’Haen, K., Verstraeten, G., Degryse, P. (2012) Fingerprinting historical fluvial sediment fluxes, *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 36(2), 154–186.
- Diansky, N. A., Zalesny, V. B., Moshonkin, S. N., Rusakov, A. S. (2006) High resolution modeling of the monsoon circulation in the Indian Ocean, *Oceanology*, 46(5), 608–628.
- Dwipa, S., Widodo, S., Suhanto, E., Kusnadi, D. (2006) Integrated geological, geochemical and geophysical survey in Jaboi geothermal field, Nangro Aceh Darussalam, Indonesia, In *Proceedings of the 7th Asian Geothermal Symposium* (pp. 121–126).
- Dyer, K. R. (1986) *Coastal and Estuarine Sediment Dynamics*, John Wiley and Sons, Chichester.
- Etienne, S., Terry, J. P. (2012) Coral boulders, gravel tongues and sand sheets: Features of coastal accretion and sediment nourishment by Cyclone Tomas (March 2010) on Taveuni Island, Fiji, *Geomorphology*, 175–176, 54–65.
- Fan, J., Xiao, J., Wen, R., Zhang, S., Huang, Y., Yue, J., Wang, X., Cui, L., Li, H., Xue, D., Liu, Y. (2018) Mineralogy and carbonate geochemistry of the Dali Lake sediments: Implications for paleohydrological changes in the East Asian summer monsoon margin during the Holocene, *Quaternary International*, 1–10.
- Friedman, G. M., Sanders, J. E. (1978) *Principles of Sedimentology*. John Wiley and Sons, New York.
- Garzanti, E., Andò, S., Padoan, M., Vezzoli, G., El Kammar, A. (2015) The modern Nile sediment system: Processes and products, *Quaternary Science Reviews*, 130, 9–56.

- Handoko, H., Jalil, Z., Purnawan, S. (2017) Ukuran Butir dan Sortasi Sedimen pada Sungai Gampong Leungah Kabupaten Aceh Besar, *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 2(2), 240–245.
- Kissel, C., Liu, Z., Li, J., Wandres, C. (2017) Magnetic signature of river sediments drained into the southern and eastern part of the South China Sea (Malay Peninsula, Sumatra, Borneo, Luzon and Taiwan), *Sedimentary Geology*, 347, 10–20.
- Komar, P. D. (1998) *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice Hall, New Jersey.
- Lahijani, H., Tavakoli, V. (2012) Identifying provenance of South Caspian coastal sediments using mineral distribution pattern, *Quaternary International*, 261, 128–137.
- Legowo, D. (1981) Volcanic debris control applied in Indonesia, *Journal of Hydrology (New Zealand)*, 20 (1), 71–79.
- Mustafa, M. A., Setiadi, D., Kamiludin, U. (2016) Keterdapatn pasirbesi di Pantai Beo dan sekitarnya, Kepulauan Talaud Provinsi Sulawesi Utara, *Jurnal Geologi Kelautan*, 1 (2), 91–101.
- Pavlakovic, S. M., Crnjaković, M., Tibljaš, D., Šoufek, M., Wacha, L., Frechen, M., Lacković, D. (2011) Mineralogical and geochemical characteristics of Quaternary sediments from the Island of Susak (Northern Adriatic, Croatia), *Quaternary International*, 234, 32–49.
- Purnawan, S., Adidarma, R., Jalil, Z., Akmal, C., Ilhamsyah, Y. (2018) Characteristics and Mineral Content of Sediment at Muara Pulau Kayu (MPK) of Southwest Aceh District, *Aceh International Journal of Science and Technology*, 7(1), 63–68.
- Purnawan, S., Alamsyah, T. P. F., Setiawan, I., Rizwan, T., Ulfah, M., El Rahimi, S. A. (2016) Analisis sebaran sedimen di Teluk Balohan Kota Sabang, *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(2), 531–538.
- Purnawan, S., Ardyansyah, A., Karina, S., Muhammad, A., Jalil, Z. (2017) Sebaran pasir besi pada permukaan substrat Sungai Leungah, Aceh Besar, In S. Saisa, R. Sulastri, N. Andalia, Z. Zulfan, F. Fadhillah (Eds.), *Seminar Nasional II USM* (pp. 536–540), Banda Aceh: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh.
- Purnawan, S., Haridhi, H. A., Setiawan, I., Marwantim, M. (2015) Parameter statistik ukuran butiran pada sedimen berpasir di muara Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1), 15–22.
- Purnawan, S., Setiawan, I., Haridhi, H. A., Irham, M. (2018) Granulometric analysis at Lampulo Fishing Port (LFP) substrate, Banda Aceh, Indonesia, In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (p. 012070). Jakarta.
- Purnawan, S., Setiawan, I., Muchlisin, Z. A. (2015) Sediment grain-size distribution in the Lake Laut Tawar, Aceh Province, Indonesia, *AACL Bioflux*, 8(3), 161–164.
- Putra, P. S., Nishimura, Y., Nakamura, Y., Yulianto, E. (2013) Sources and transportation modes of the 2011 Tohoku-Oki tsunami deposits on the central east Japan coast, *Sedimentary Geology*, 294, 282–293.
- Rahwanto, A., Jalil, Z. (2013) Kajian awal karakteristik mineral magnetik bijih besi Manggamat, Aceh Selatan, In *Prosiding Semirata FMIPA* (pp. 203–206), Lampung.
- Saniah, S., Purnawan, S., Karina, S. (2015) Karakteristik dan kandungan mineral pasir pantai Lhok Mee, Beureunot dan Leungah, Kabupaten Aceh Besar. *Depik*, 3 (3), 263–270.
- Short, A. D., Jackson, D. W. T. (2013) Beach Morphodynamics, In *Treatise on Geomorphology*, 10, 106–129.
- Splinter, K. D., Kearney, E. T., Turner, I. L. (2018) Drivers of alongshore variable dune erosion during a storm event: Observations and modelling, *Coastal Engineering*, 131, 31–41.
- Verstraeten, G., Broothaerts, N., Van Loo, M., Notebaert, B., D’Haen, K., Duser, B., De Brue, H. (2017) Variability in fluvial geomorphic response to anthropogenic disturbance, *Geomorphology*, 294, 20–39.

- Zahid, K. M., Barbeau, D. L. (2010) Provenance of eastern Magallanes foreland basin sediments: Heavy mineral analysis reveals Paleogene tectonic unroofing of the Fuegian Andes hinterland, *Sedimentary Geology*, 229(1-2), 64-74.
- Zulkarnain, J., Muhammad, A., Halim, Y., Urrilijanto, U., Manaf, A. (2000) Studi awal pengembangan pasir besi pesisir pantai Aceh sebagai bahan baku pembuatan material magnetik, In *Prosiding Simposium Fisika Nasional*. Puspiptek - Serpong.