



Determinasi tipe substrat dan sumber material pada sedimen permukaan pantai Barahima Desa Mesa. Kabupaten Halmahera Tengah

determination of substrate type and material source in surface Sediments of Barahima Beach, Mesa Village. Central Halmahera Regency

Sanindo M Arif, Salnuddin*, Zulhan Arifin Harahap, Abdul M Angkotasan, Firdaut Ismail, Abdul Ajiz Siolimbona, Irmalita Tahir, Eko S Wibowo, Abdurrachman Baksir

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unkhair.

*Email : sal.unkhair@gmail.com

ABSTRAK

Ukuran butiran sedimen disuatu perairan tersusun oleh akumulasi dari sistem dinamika perairan serta sifat kohesif dari material, dimana transport sedimen merupakan mekanisme yang kompleks yang dapat merubah struktur pelapisan sedimen. Tipe substrat adalah persentase butiran *silt*, *clay* dan pasir, sedangkan sumber material dikontrol kestabilan struktur yang dapat diketahui pada nilai statistik sedimen. Penelitian bertujuan mendeterminasi dan membandingkan tipe substrat dari data analisis granulometri dan penerapan prosedur Bendell-Young; serta menentukan sumber material penyusun substrat yang terdapat pada Pantai Barahima. Analisis granulometri serta perhitungan parameter statistik sedimen digunakan dalam determinasi tipe dan sumber material sedimen. Hasil analisis persentase substrat pasir dari hasil analisis granulometri, hanya kelompok katagori pasir halus (kelompok D) dan persentase kadar debu dan liat memberikan tipe substrat yang sama dengan data persentase material dari hasil penerapan prosedur Bendell-Young. Tipe substrat Pantai Barahima terdiri dari substrat pasir berlumpur, lempung berpasir dan lempung liat berpasir. Sumber material pada bagian depan dikontrol oleh pergerakan gelombang, pada bagian tengah terdapat dua titik sampling dikontrol oleh sistem aliran sungai dan yang lainnya dikontrol oleh sistem dinamika pantai.

Kata kunci : sedimen, tipe substrat, Pantai Barahima

ABSTRACT

The grain size of sediment in a water body is composed by the accumulation of the water dynamics system and the cohesive property of the material, where sediment transport is a complex mechanism that can change the sedimentary stratification structure. The substrate type is the percentage of silt, clay and sand grains, while the source of the material is controlled by the stability of the structure which can be seen in the statistical value of sediment. The study aims to determine and compare substrate types from granulometric analysis data and the application of Bendell-Young procedures; as well as determine the source of material that makes up the substrate found on Barahima Beach. Granulometric analysis and calculation of sediment statistical parameters to determine the type and source of sediment material. The results of the analysis of the percentage of sand substrate from the results of granulometric analysis, only the fine sand category group (group D) and the percentage of dust and clay content provide the same substrate type as the material percentage data from the application of the Bendell-Young procedure. The substrate type of Barahima Beach consists of silty sand, sandy loam and sandy clay loam substrates. The



source of material at the front is controlled by wave action, at the centre there are two sampling points controlled by the river flow system, the rest is controlled by the beach dynamics system.

Keywords: *sediment, substrate type, Barahima Beach*

1. Pendahuluan

Komposisi ukuran butiran sedimen di perairan merupakan akumulasi dari sistem kerja dinamika perairan serta sifat kohesif dari material (CERC 1984, Darlan 1996). Kohesifnya material sangat ditentukan oleh jenis material dan sumbernya yang terakumulasi di wilayah pantai (Friedman & Sanders 1978, Bird 2008). Tipe substrat merupakan gambaran persentase dari 3 banyaknya material utama yakni pasir, *silt* (lempung) dan *clay* (debu), variasi persentase penyusunnya menggambarkan keberadaan dan status biota dan lingkungan di lokasi tersebut (Hafitri *et al.* 2022). Penentuan tipe substrat umumnya dideterminasi secara visual dan bukan dengan pendekatan analisis, selain itu tipe substrat sering dijadikan data pendukung dari suatu penelitian.

Transport sedimen merupakan suatu mekanisme yang kompleks dalam menyusun struktur sedimen (Winter 2007), struktur sedimen merupakan akumulasi kerja yang kompleks yang dapat melibatkan komponen biota (Prasetyo & Yuliadi 2018), kandungan kimia serta mekanisme ekspansi biota secara spasial dan temporal (Sangaji 2023) termasuk juga dalam mendukung pengembangan wisata pantai (Hendyanto *et al.* 2014). Tipe substrat dan sumber material dalam pengembangan wisata pantai adalah upaya menjamin keselamatan wisatawan selama beraktifitas di pantai atas kontaminasi material yang terdapat di pantai, Kontaminasi umumnya dari jenis bakteri (Meiliawati *et al.* 2023), olehnya itu dibutuhkan kajian yang komprehensif dalam menciptakan daya dukung lingkungan yang salah satunya informasi tipe substrat dan asal materialnya.

Pendekatan analisis tipe substrat umumnya menggunakan segitiga Miller atau segitiga Shepard (Ningsih *et al.* 2016), dimana data persen material diperoleh dari hasil analisis granulometri maupun penerapan prosedur Bendell-Young yang lebih sederhana. Analisis granulometri merupakan analisis ukuran butiran material substrat dengan penanganan sampel melalui penyaringan (Poizot *et al.* 2008). Pengembangan metodologi analisis tipe substrat dikembangkan dari penerapan hukum stokes dan disebut dengan prosedur Bendell-Young (Thomas & Bendell-Young 1998). Mempertimbangkan material penentu tipe substrat, yang dapat dihasilkan dari hasil analisis granulometri dan penerapan prosedur Bendell-Young belum diketahui kesamaan hasil yang diperoleh., maka dibutuhkan upaya mengidentifikasi tipe dan sumber material substrat dari tahapan analisis data yang berbeda. olehnya dibutuhkan kajian untuk mendeterminasi dan membandingkan tipe substrat dari data analisis granulometri dan penerapan prosedur Bendell-Young; serta menentukan sumber material penyusun substrat yang terdapat pada Pantai Barahima.

Pantai Barahima merupakan destinasi wisata, yang dikelola oleh masyarakat Desa Mesa yang menampilkan hamparan pasir sepanjang pantai serta pesona panta Pulau Mtu Mya. Pesona Pantai tersebut perlu dipertahankan pesonanya serta diupayakan pengembangannya melalui penataan wilayah yang berkelanjutan. Perubahan geomorfologi adalah masalah yang banyak terjadi (Tahir 2005) pada daerah wisata, olehnya itu informasi kondisi awal pantai Barahima dan sekitarnya diharapkan menjadi informasi dan bahan pertimbangan dalam pengembangan kawasan wisata.



II. Metodologi Penelitian

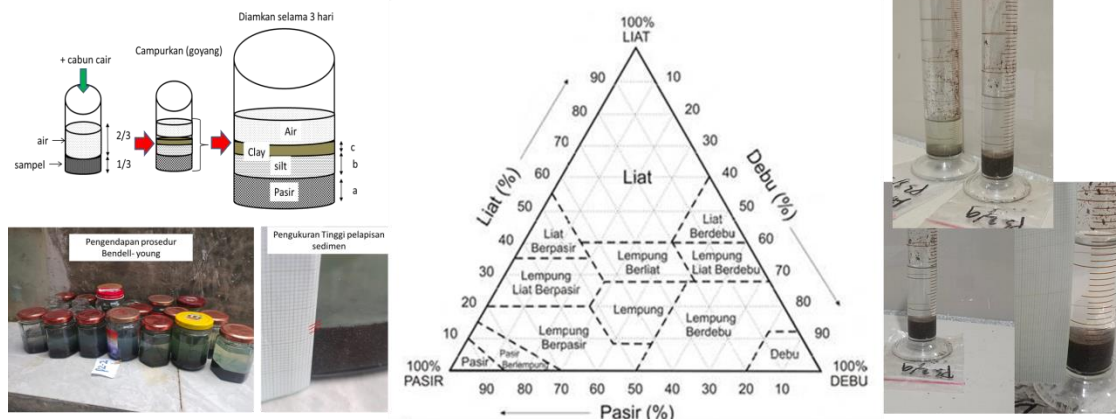
Penelitian dilakukan di Pantai Barahima Desa Mesa Kabupaten Halmahera Tengah (Gambar 1) sedangkan pengolahan sampel dilaksanakan pada Lab. Hidrooseanografi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Unkhair. Pengambilan data kemiringan pantai, sampel sedimen serta parameter dinamika dilakukan secara terpisah, dimana data dinamika perairan berupa data pasang surut, kecepatan dan arah arus serta pergerakan gelombang. Tide pole diletakkan pada jetty untuk mengukur pergerakan tinggi muka air pasang surut dan pergerakan gelombang. Pengukuran pergerakan pasang surut dan gelombang dilakukan selama 24 jam dengan interval pengukuran tiap 1 jam. Pengukuran kecepatan dan arah arus dilakukan pada bagian depan titik sampling sedimen secara *stasioner* (tetap), pengukurannya menggunakan perahu dengan alat ukur *droque current* dengan pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali ulangan. Pengukuran gelombang untuk mendapatkan data frekuensi, periode, tinggi dan arah rambat gelombang.

Sampel sedimen diambil pada lahan gisik menggunakan sodokan (tropol) pada 3 bagian wilayah sampel yang mewakili bagian belakang, tengah dan depan pantai yang membentuk garis lintasan (Gambar 1). Garis lintasan dibuat sebanyak 6 lintasan dengan pola tegak lurus garis pantai sekaligus untuk acuan pengukuran kemiringan pantai. Jarak antar lintasan pengukuran topografi pantai dibuat representatif panjang pantai dengan jarak antar lintasan sejauh 15 m. pengukuran kemiringan pantai menggunakan teknik sederhana dengan menerapkan prinsip tiang dan garis sejajar dari tali sepanjang 1 m, kemiringan garis diukur menggunakan *hand clinometer* yang diletakkan pada tali yang menghubungkan kedua tiang. Lebar lahan gisik dihitung dari jarak antara batas teratas lahan gisik yang ditandai oleh batas hampasan gelombang pada saat air pasang hingga batas hamparan substrat berpasir ke arah laut. Batas atas lahan gisik dicirikan dengan rekam aktifitas gelombang berupa unggukan pasir yang terdapat di pantai dengan pola memanjang mengikuti areal rambatan gelombang secara horisontal menuju garis pantai. Sampel sedimen yang diambil dimasukkan dalam kantong sampel yang telah diberi label, masing-masing titik sampel (18 sampel) untuk selanjutnya dilakukan penanganan sampel. Pengambilan sampel serta penanganan sampel analisi ukuran butiran (granulometri) dan dilanjutkan dengan analisis statistik sedimen, serta sebagian sampel sedimen digunakan untuk penerapan prosedur Bendell-Young *et al.*, (1992) dalam Thomas & Bendell-Young (1998) untuk menentukan persen butiran katagori pasir, liat (*silt*) dan debu (*clay*).



Gambar 1. Lokasi penelitian dan sebaran titik pengambilan data dan sampel

Sampel sedimen yang telah dikoleksi, selanjutnya dipisahkan dalam dua bagian yakni sebagian kecil untuk uji prosedur Bendell-Young dan untuk penyaringan (ayak). Prinsip prosedur Bendell-Young adalah memisahkan fraksi material pasir, *silt* (liat) dan *clay* (debu), dimana pasir dapat dipisahkan dengan cara pengayakan basah, sedangkan debu dan liat dipisahkan dengan cara pengendapan yang didasarkan pada Hukum Stoke. Banyaknya sampel yang digunakan pada prosedur Bendell-Young relatif sedikit (± 15 gram), dimana sampel tersebut dimasukkan pada botol uji, dan ditambahkan air sebanyak 3 bagian dari tinggi sampel sedimen yang dimasukkan dalam tabung kaca/botol uji (Gambar 2). Setelah air terisi, dimasukkan cairan detergen secukupnya dan dilanjutkan dengan menutup botol uji lalu digoyang (aduk). Perlakuan tersebut (menggoyang botol uji) dimaksudkan untuk memisahkan *silt* dan *clay* yang melekat pada material yang lebih besar (pasir). Setelah didiamkan selama 3 hari, maka akan terbentuk pelapisan ukuran butiran pada botol uji akibat gaya berat (gravitasi) dari material yang berbeda ukuran. Pada lapisan paling bawah merupakan lapisan berukuran katagori pasir (a), lapisan kedua merupakan lapisan *silt* (b), lapisan ketiga merupakan ukuran *clay* dan yang paling atas adalah lapisan air. Pengukuran tinggi pelapisan sedimen diukur menggunakan kertas milimeter blok yang ditempelkan pada sisi luar tabung uji. Hasil pengukuran selanjutnya ditentukan rasio antar masing-masing lapisan ukuran butiran (pasir, *silt* dan *clay*). Penentuan katagori ukuran butiran menggunakan pada segitiga Shepard.

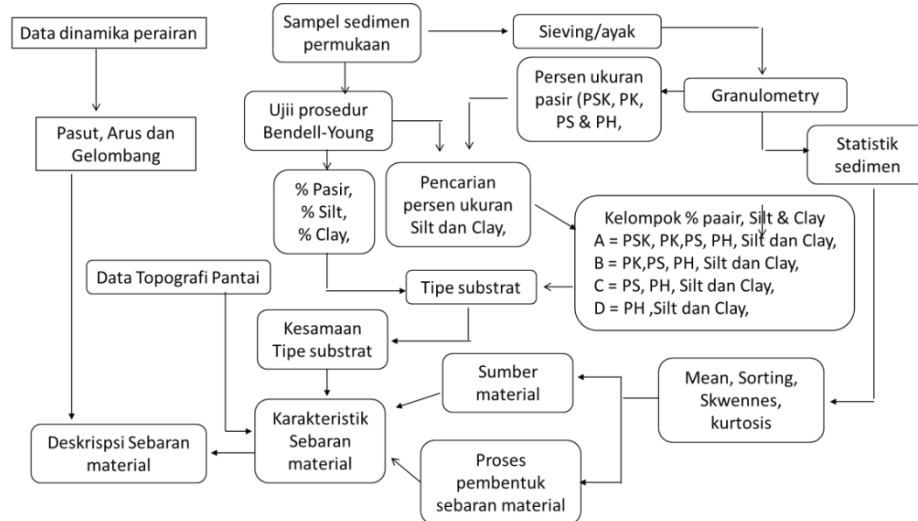


Gambar 2. Tahapan kerja prosedur Bendell-Young, pengukuran dan segitiga Miller/shepard

Penanganan sampel untuk pengayakan (granulometri), terlebih dahulu dilakukan pencucian untuk menghilangkan kadar garam yang dapat merusak alat penyaring (sieve) serta memisahkan sampel dengan serasah tanaman. Sampel yang telah dicuci selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari hingga benar-benar kering. Keringnya sampel diketahui dari hasil penimbangan berulang hingga berat sampel tidak mengalami perubahan. Penimbangan sampel yang terakhir merupakan berat awal sampel sebelum pengayakan. Pengayakan sedimen dilakukan dengan menggunakan sieve shaker yang terdiri atas 9 tingkatan *mesh size sieve* dengan ukuran 4,75 mm, 2,00mm, 1,18 mm, 0,850 mm, 0,425 mm, 0,250 mm, 0,150 mm, 0,075 mm dan < 0,075 mm. Ayakan bertingkat ini tersusun mulai dari ukuran mata ayakan yang terbesar sampai yang terkecil dengan tingkatannya masing-masing. Setelah pengayakan, selanjutnya ukuran mata ayakan diklasifikasikan menurut ukuran butiran berdasarkan skala Wenworth (Blott & Pye 2001).

Pengayakan dengan menggunakan mata ayakan yang digunakan menghasilkan 4 katagori ukuran pasir yakni pasir sangat kasar (PSK), pasir kasar (PK), pasir sedang (PS) dan pasir halus (PH) sebagai ukuran terkecil yang digunakan (<0,075 mm). Untuk menentukan tipe substrat dari hasil analisis granulometri membutuhkan data ukuran butiran ukuran liat (silt) dan debu (clay), sehingga hasil penyaringan terakhir dianalisis kembali dengan penerapan prosedur Bendell-Young. Persen pasir yang dikelompokkan pada 4 kelompok (A, B, C dan D) dengan persen ukuran butiran liat (*silt*) dan debu (*clay*) digunakan untuk menentukan tipe substrat menggunakan segitiga Shepard (Gambar 3). Hal yang sama juga dilakukan untuk persen ukuran butiran pasir, liat (*silt*) dan debu (*clay*) dari penerapan prosedur Bendell-Young. Hasil penentuan tipe substrat dari kedua sumber data akan menentukan kesamaan tipe substrat dan mengarahkan jenis persen pasir yang representatif digunakan dalam menentukan tipe substrat dari hasil analisis granulometri.

Analisis data dinamika perairan (pasang surut, gelombang dan arus) dideskripsikan dalam bentuk tabel dan grafik. Parameter gelombang dianalisis untuk mendapatkan nilai parameter gelombang berupa frekuensi, periode, amplitudo dan kecepatan gelombang. Parameter tersebut dapat diketahui dengan melakukan perhitungan yang merujuk CERC (1984). Kecepatan arus diukur menggunakan *current drique*, dimana hasil perhitungannya dikalsifikasikan berdasarkan petunjuk Daruwedho *et al.* (2016) berupa arus lemah (0 - 4 m/s), arus sedang (4-8 m/s), arus kuat (8-12 m/s) dan arus sangat kuat (>12 m/s).



Gambar 3. Prosedur penanganan sampel dan arah analisis data

Analisis statistik sedimen untuk mengetahui ukuran butiran struktur sedimen dalam keseimbangan (Gaussian) untuk mendapatkan parameter statistik sedimen, analisis merujuk pada beberapa persamaan yang semua terdapat dalam buku CEM (1998) untuk nilai mean, sorting, skweness dan kurtosis dengan persamaan merujuk pada Metode Folk dan Ward. Perhitungan statistik sedimen menggunakan nilai phi unit (ϕ) kumulatif dengan persen phi unit tertentu sebesar nilai *subscribe* dari persamaan yang digunakan. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$\text{Mean} = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

$$\text{Standart Deviasi (sorting)} = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

$$\text{Skweness} = \frac{(\phi_{16} + \phi_{84}) - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{(\phi_5 + \phi_{95}) - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} + \phi_5)}$$

$$\text{Kurtosis} = \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{2,44 (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

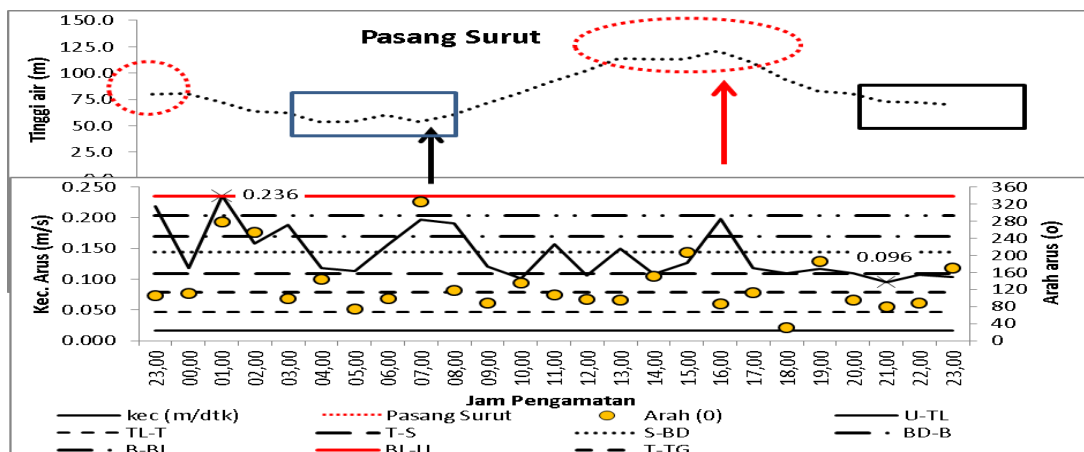
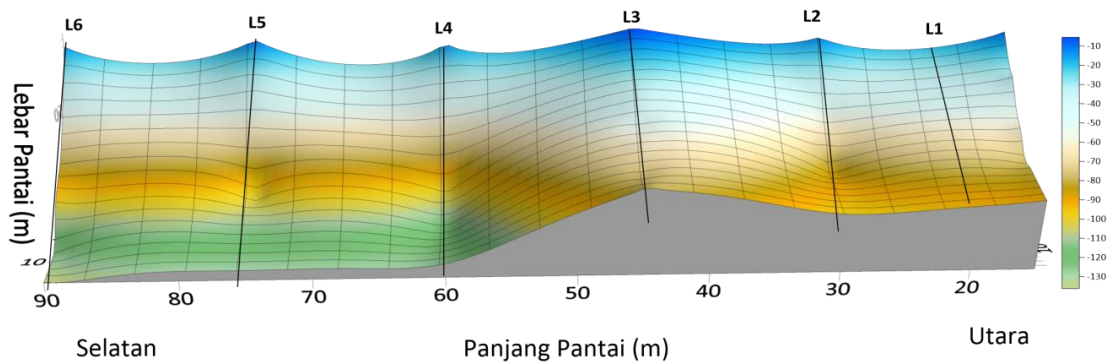
Hasil perhitungan *mean*, *sorting*, *skweness* dan *kurtosis* dipetakan pada skema sumber material serta pola sebaran nilai parameter statistik. Hasil perhitungan selanjutnya digunakan untuk menggambarkan energi pembangkit dan penyusun struktur sedimen dan sumber material. Rujukan dalam mendeterminasi energi penyusun dan sumber material menggunakan grafik yang disampaikan oleh Stewart Jr (1958) dan Moiola & Weiser (1968).

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Umum Wilayah dan Data Pengukuran

Profil Pantai Barahima yang terukur (90 m) dibagi dalam 6 lintasan memberikan variasi kemiringan (*slope*) pantai ditiap garis lintasan (Gambar 4). Hamparan pantai terlebar saat surut terendah dijumpai pada lintasan III, dimana pada lintasan tersebut pengukuran profil pantai dapat mencapai jarak 14 m, sedangkan lebar minimum hanya sejauh 9 m. Profil melintang memperlihatkan bahwa pada sisi selatan (Lintasan I) mempunyai elevasi yang lebih tinggi (10,7 – 12,7°) dibandingkan pada sisi selatan (Lintasan V dan VI) dengan slope

berkisar $8,5 - 8,9^\circ$, namun keduanya lebih rendah dibandingkan elevasi di lintasan III ($5,9^\circ$). Kondisi topografi tersebut menunjukkan bahwa daerah genangan terjadi di sisi selatan Pantai Barahima, dengan slope pantai yang lebih landai. Kondisi tersebut diperlihatkan pada garis kontur ketinggian yang lebih besar. Kontur topografi menunjukkan adanya aliran utama dan refraksi yang menuju garis pantai, pemusatan arah arus yang terjadi menunjukkan ada sumber aliran lain yang menyebabkan elevasi tingginya topografi pada lintasan III dan juga membagi pola aliran refraksi. Kondisi tersebut didukung dengan bentuk pantai menjorok ke darat menyerupai teluk dan terpusat pada daerah sekitar lintasan II dan III.



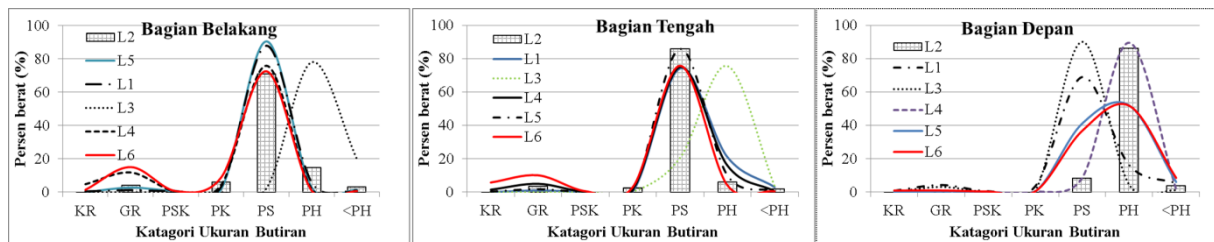
Gambar 4. Profil melintang Pantai Barahima (atas) Sebaran kecepatan dan arah arus terhadap pergerakan pasang surut (bawah)

Data kecepatan dan arah arus yang terukur selama periode penelitian terkoleksi sebanyak 75 data, dengan kecepatan arus terukur berkisar $0,093 - 0,250$ m/s dan arah pergerakan yang bervariasi. Kecepatan arus rata-rata sebesar $0,141 \pm 0,041$ m/s dengan kisaran kecepatan arus sebesar $0,096 - 0,236$ m/s serta arah pergerakannya dominan dari arah selatan hingga timur (Gambar 4). Kecepatan arus dan perubahan pasang surut, memperlihatkan bahwa kecepatan maksimum terjadi saat pergantian pergerakan pasang surut dari air bergerak pasang (ABP) ke bergerak surut (panan merah) dan juga saat air bergerak surut (ABS) ke bergerak pasang (panah hitam), Tipe pasang surut yang berkembang di sekitar pantai Barahima bertipe campuran condong keharian ganda, dimana dijumpai 2 kali kondisi surut (kotak) dan 2 kali kondisi pasang (lingkaran) dengan tinggi air pasang pertama berbeda dengan tinggi air kedua. Tipe tersebut merupakan tipe yang dominan terjadi disekitar ekuator (Wyrтки 1961), bangkitan gelombang yang berkembang di sekitar titik pengukuran relatif tenang dan tidak memperlihatkan puncak dan lembah gelombang secara jelas saat merambat

di titik pengukuran, Kondisi tersebut membutuhkan kajian khusus untuk menjawab kemungkinan yang gelombang dimaksud. Kecepatan arus yang terukur berada dalam katagori arus lemah (0 - 4 m/s) menurut Daruwedho *et al.* (2016), sedangkan variasi kecepatan arus terhadap kondisi wilayah penelitian merupakan fenomena umum dari perambatan arus dengan fluktuasi nilai kecepatan arus terhadap pergerakan pasang surut (Ingmanson & Wallace. 1989, Darlan 1996).

3.2. Analisis Granulometri

Hasil pengayakan (*sieving*) sedimen Pantai Barahima memperlihatkan sebaran ukuran butiran sedimen (Gambar 5) menunjukkan ukuran butiran dominan dalam katagori pasir sedang (PS), bebarapa titik sampling dalam kartagori pasir kasar (PK), terutama sampling dibagian belakang, sedangkan pada bagian tengah terdapat butiran katagori pasir halus (PH). Pola grafik gaussian memperlihatkan sebaran ukuran butiran kecenderungan pola grafik bergerak kearah kanan atau keukuran butiran yang lebih kecil. Hasil analisis granulometri menghasilkan 7 katagori ukuran butiran yakni Krikil (Kr), Granule (Gr), Pasir sangat kasar (PSK); Pasir kasar (PK), Pasir sedang (PS), Pasir halus (PH) dan debu dengan jumlah berat (kadar) yang bervariasi sebagai material yang terakhir hasil pengayakan (<0,075 mm). Hasil pengayakan tidak memberikan ukuran butiran dalam katagori yang lebih kecil (*silt* dan *clay*) akibat keterbatasan alat, sedangkan ukuran butiran dari analisis granulometri untuk menentukan tipe substrat adalah ukuran butiran katagori pasir (*sand*), debu (*Clay*) dan liat (*silt*), olehnya dibutuhkan analisis lanjut dengan pendekatan laju tenggelam (hukum stokes) menerapkan prosedur Bendell-Young untuk sampel hasil sieving berukuran < 0,075 mm.



Gambar 5. Distribusi ukuran butiran sedimen Pantai Barahima

Penentuan kadar (%)berat butiran sedimen ukuran liat (*silt*) dan debu (*Clay*) memperlihatkan nilai ketebalan lapisan yang bervariasi (Tabel 1). Variasi ketebalan tersebut menunjukkan persentase berat ukuran butiran total, dimana pada bagian belakang areal sampling di lintasan III, kadar liat lebih banyak dibandingkan pada lapisan lainnya, sedangkan pada bagian tengah dijumpai pada lintasan I dan pada bagian depan dijumpai pada lintasan VI. Nilai persen berat tersebut didasarkan pada rasio ketebalan pelapisan substrat dan berat awal material uji dari hasil pengayakan ukuran terakhir (< 0,075 mm), dengan ukuran liat dan debu tersebut dapat dideterminasi tipe substratnya.

Tabel 1. Berat ukuran butiran sedimen permukaan ukuran liat (*silt*) dan debu (*clay*)

Metode	Nilai	Belakang						Tengah						Depan						
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L1	L2	L3	L4	L5	L6	
Granulometri	<3.74 phi	Berat	1.4	12.7	28.4	2.8	4.5	1.4	8.4	7	7.2	1.6	1.8	1.2	7	7	2.6	4.7	13	15.6
Bendell-Young	Tebal (mm)	Bawah	4	6	7	5.3	3.1	2	4.3	3.1	3.4	2.1	1.1	3	3	4.1	9	6	3.4	4.1
		Atas	1	2	3	2	1.6	1.1	2.1	1.3	1.3	1.2	0.3	0.6	1.2	1.6	2.4	2.3	2.1	2.2
		Jumlah	5	8	10	7.3	4.7	3.1	6.4	4.4	4.7	3.3	1.4	3.6	4.2	5.7	11.4	8.3	5.5	6.3
	%	Bawah	80	75	70	72.6	66	64.5	67.2	70.5	72.3	63.6	78.6	83.3	71.4	71.9	78.9	72.3	61.8	65.1
		Atas	20	25	30	27.4	34	35.5	32.8	29.5	27.7	36.4	21.4	16.7	28.6	28.1	21.1	27.7	38.2	34.9
		Jumlah	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Berat (gr)	Liat	1.12	9.53	19.9	2.03	2.97	0.9	5.64	4.93	5.21	1.02	1.41	1	5	5.04	2.05	3.4	8.04	10.2
		Debu	0.28	3.18	8.52	0.77	1.53	0.5	2.76	2.07	1.99	0.58	0.39	0.2	2	1.96	0.55	1.3	4.96	5.45
		Jumlah	1.4	12.7	28.4	2.8	4.5	1.4	8.4	7	7.2	1.6	1.8	1.2	7	7	2.6	4.7	13	15.6

Catatan : L = lintasan; 123... = Nomor lintasan dari arah selatan ke utara secara berurutan

Hasil analisis granulometri untuk ukuran butiran katagori pasir terdapat 4 katagori yakni pasir sangat kasar (PSK); pasir kasar (PK), pasir sedang (PS), Pasir halus (PH). Katagori tersebut belum diketahui secara pasti katagori yang baik digunakan dalam menentukan tipe substrat, maka penggunaan ukuran butiran katagori pasir dikelompokkan dalam 4 kelompok. Hasil pengelompokan ukuran butiran katagori pasir (Tabel 2) memperlihatkan bahwa persentasi katagori butiran pasir, debu dan liat untuk kelompok A, B dan C mempunyai komposisi material yang relatif sama (selisih < 1%) atau persen ukuran pasir > 80%, sedangkan kelompok D kisaran persen butiran katagori pasir berkisar 60 – 90 %.

Tabel 2. Persen material katagori ukuran pasir, debu dan liat tiap kelompok kumulatif ukuran butiran pasir.

Kel	Material	Bagian Belakang						Bagian Tengah						Bagian Depan					
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L1	L2	L3	L4	L5	L6
A	Pasir	99.3	96.8	80.2	98.9	98.6	99.2	96.9	98.1	96.5	99.4	99.4	99.4	94.4	96.3	98.8	98.2	93.9	91.3
	Debu	0.5	2.4	13.9	0.8	0.9	0.5	2.1	1.3	2.6	0.4	0.5	0.5	4.0	2.7	0.9	1.3	3.8	5.7
	Liat	0.1	0.8	5.9	0.3	0.5	0.3	1.0	0.5	1.0	0.2	0.1	0.1	1.6	1.0	0.3	0.5	2.3	3.1
B	Pasir	99.3	96.8	80.2	98.9	98.6	99.2	96.9	98.1	96.5	99.4	99.4	99.4	94.4	96.3	98.8	98.2	93.9	91.2
	Debu	0.6	2.4	13.9	0.8	0.9	0.5	2.1	1.3	2.6	0.4	0.5	0.5	4.0	2.7	0.9	1.3	3.8	5.7
	Liat	0.1	0.8	5.9	0.3	0.5	0.3	1.0	0.6	1.0	0.2	0.1	0.1	1.7	1.0	0.3	0.5	2.4	3.1
C	Pasir	99.3	96.6	80.2	98.8	98.6	99.1	96.9	98.1	96.5	99.4	99.4	99.4	94.1	96.3	98.8	98.2	93.8	91.2
	Debu	0.6	2.5	13.9	0.9	0.9	0.6	2.1	1.3	2.6	0.4	0.5	0.5	4.2	2.7	0.9	1.3	3.8	5.7
	Liat	0.1	0.8	5.9	0.3	0.5	0.3	1.0	0.6	1.0	0.2	0.1	0.1	1.7	1.0	0.3	0.5	2.4	3.1
D	Pasir	89.7	83.1	79.7	67.4	67.4	57.6	87.5	77.0	95.5	96.7	94.3	89.0	75.4	95.9	79.5	98.1	89.5	85.8
	Debu	8.2	12.7	14.2	23.6	21.5	27.4	8.4	16.2	3.2	2.1	4.5	9.2	17.5	2.9	16.2	1.4	6.5	9.2
	Liat	2.1	4.2	6.1	8.9	11.1	15.1	4.1	6.8	1.2	1.2	1.2	1.8	7.0	1.1	4.3	0.5	4.0	4.9

Keterangan : Kel = Kelompok; L = Lintasan, A, B, C dan D = kelompok butiran ukuran katagori pasir,

3.3. Statistik Sedimen

Hasil perhitungan statistik sedimen (Tabel 3), memperlihatkan nilai *mean* pada titik sampling bagian depan mempunyai ukuran butiran yang lebih kecil (2.01 ± 0.54 phi unit) dibandingkan pada bagian tengah (1.32 ± 0.57 phi unit) dan juga pada bagian belakang (1.13 ± 0.92 phi unit). Kecendrungan perubahan ukuran butiran (*skwenness*) pada bagian belakang dan tengah cenderung keukuran yang besar (phi negatif) dibandingkan pada titik sampling bagian depan dengan *skwenness* positif. Nilai soting memberikan nilai yang relatif sama untuk ketiga wilayah sampling dengan nilai rata-rata, secara berurutan masing-masing bernilai

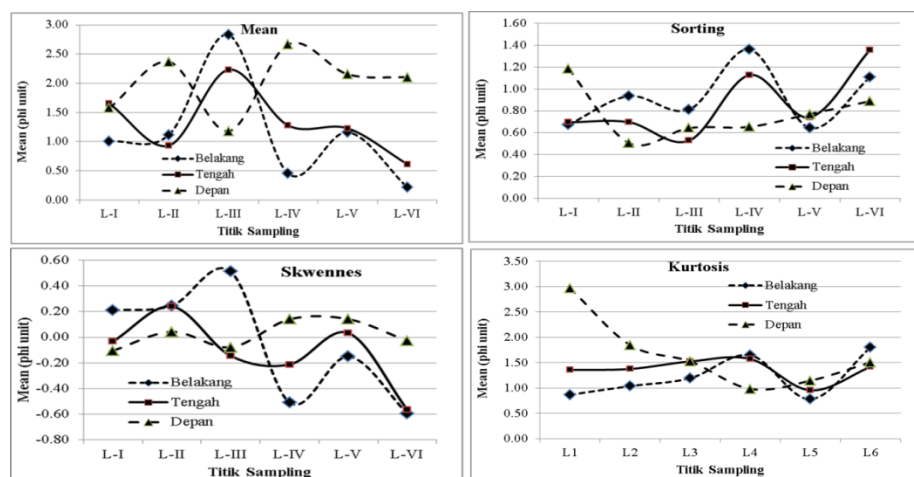
$0,92 \pm 0,28$ phi unit, $0,86 \pm 0,32$ phi unit dan $0,77 \pm 0,24$ phi unit. Katagori nilai sorting untuk seluruh sampel sedimen dalam katagori tersorting sangat baik (*Very well sorted*).

Tabel 3. Hasil perhitungan parameter statistik sedimen

Nilai	Belakang				Tengah				Depan			
	Mean	Sort	Skw	Kurt	Mean	Sort	Skw	Kurt	Mean	Sort	Skw	Kurt
Maksimum	2.83	1.36	0.51	1.81	2.23	1.36	0.24	1.57	2.67	1.19	0.14	2.97
Minimum	0.22	0.64	-0.60	-4.08	0.61	0.53	-0.57	0.96	1.18	0.51	-0.10	0.78
Rata-rata	1.13	0.92	-0.05	0.36	1.32	0.86	-0.11	1.37	2.01	0.77	0.02	1.54
Deviasi	0.92	0.28	0.45	2.21	0.57	0.32	0.27	0.22	0.54	0.24	0.11	0.80

Sumber : Iskandar, 2024; *Catatan* : phi unit besar maka ukuran butiran dalam satuan mm lebih kecil.

Nilai kurtosis menggambarkan adanya pemusatan ukuran butiran dari sampel yang dianalisis dibandingkan dengan ukuran butiran lainnya (Abuodha 2003), tinggi dan rendahnya pemusatan ukuran butiran menjelaskan lebar atau banyaknya variasi ukuran butiran, makin tinggi puncak grafik kurtosis, maka banyaknya variasi ukuran butiran semakin kecil, demikian pula sebaliknya. Hasil analisis statistik sedimen Pantai Barahima memperlihatkan bahwa variasi katagori nilai kurtosis sangat bervariasi di tiap titik sampling, dimana pada bagian depan terbentuk 4 katagori yakni *Mesokurtic*, *Very platikurtic (flat)*, *Very Leptokurtic* dan *Platikurtic*. Variasi katagori kurtosis pada sampling di wilayah bagian tengah dan depan Pantai Barahima hanya menghasilkan 3 katagori yakni *Leptokurtic*, *Very Leptokurtic* dan *Mesokurtic*. Variasi nilai kurtosis memberikan informasi bahwa sebaran ukuran butiran pada Pantai Barahima terbentuk secara alamiah (makna nilai sorting) dengan sistem pergerakan butiran dominan terjadi secara lokal, hal tersebut ditunjukkan pada nilai skwennes dan kurtosis yang saling berfluktuasi (Gambar 6).

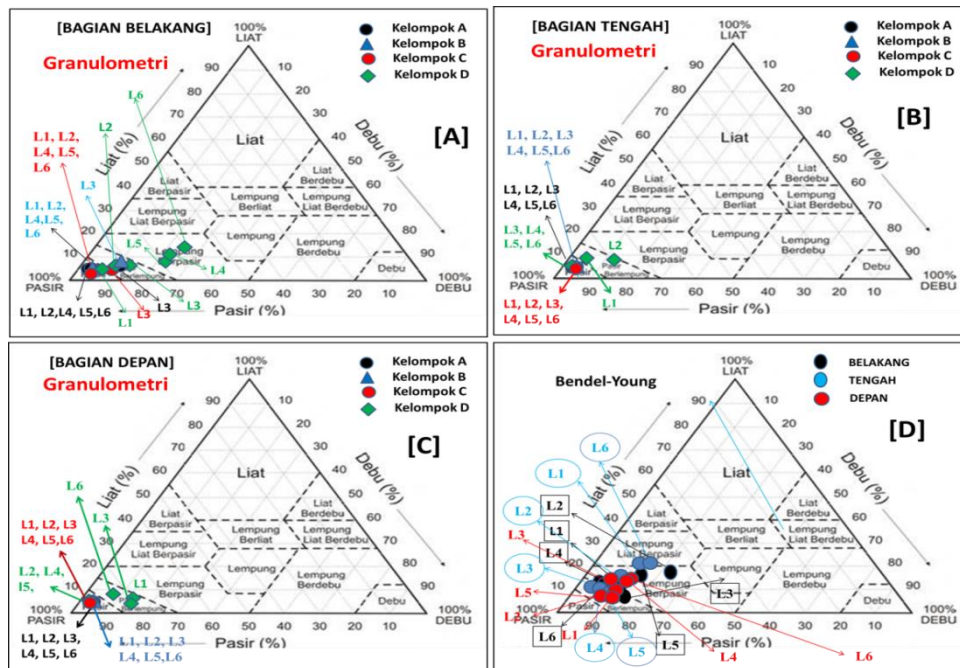


Gambar 6. Sebaran nilai parameter statistik sedimen Pantai Barahima

3.4. Nilai Persen Prosedur Bendel-Young dan Tipe Substrat

Hasil pengayakan sedimen (granulometri) untuk ukuran butiran katagori pasir (4 katagori) telah dikelompokkan dalam 4 kelompok. Variasi nilai persen untuk ukuran butiran pasir, debu (*silt*) dan liat (*clay*) tersebut sudah dapat digunakan dalam menentukan tipe substrat dengan bantuan diagram segitiga Miller (Shepard). Persen ukuran butiran pasir

berkisar 57,58 – 99,42 %, yang mencirikan bahwa tipe substrat dominan oleh tipe substrat berpasir. Persen material katagori liat (*silt*) berkisar 0,37 – 27,37 % yang lebih besar dari ukuran butiran dalam katagori debu (*Clay*) dengan persentase beratnya berkisar 0,10 – 15,05 %. Variasi persen ukuran butiran tersebut menggambarkan energi pembangkit yang menyusun stratifikasi kadar material berukuran tertentu sebagai bagian dari hukum stokes (Romano *et al.* 2018) dengan menunjukkan ukuran butiran yang lebih halus.



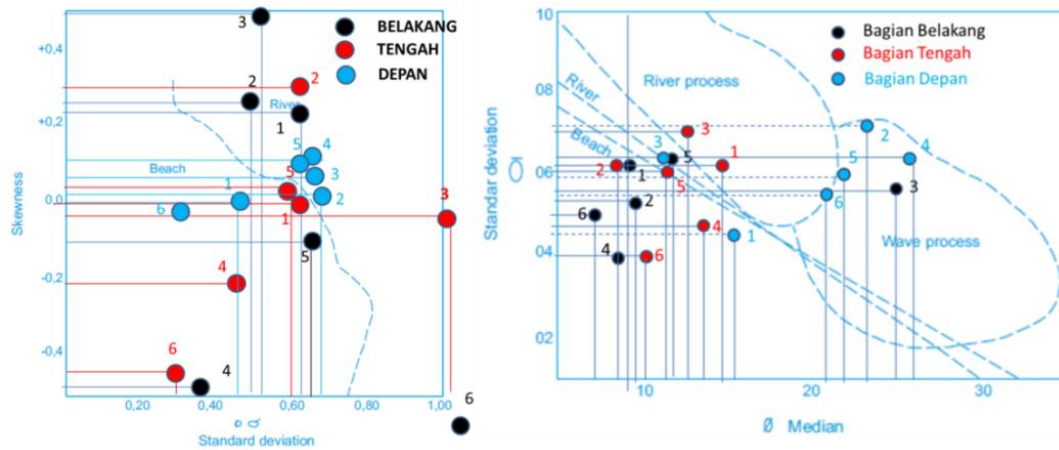
Gambar 7. Tipe substrat Pantai Barahima dari data granulometri (Belakang , Tengah dan Depan) dan Prosedur Bendel-Young.

Hasil plot persen ukuran butiran memperlihatkan bahwa tipe substrat dominan dalam katagori pasir (Gambar 7A, 7B dan 7C) yang disusun oleh data dari kelompok A, B dan C. Sebaran titik sampling dan tipe substrat memperlihatkan bahwa pada bagian belakang dari kelompok A, B dan C cenderung terpusat pada tipe substrat berpasir, dan substrat pasir berlumpur, sedangkan pada kelompok D dengan persen pasir dari pasir halus, memberikan posisi plot tipe substrat pasir berlumpur dan lempung berpasir hingga lempung berpasir. Pada bagian tengah dan depan keseluruhan titik sampel umumnya bertipe pasir dan pasir berlumpur, sedangkan untuk kelompok D bersubstrat pasir berlumpur (Gambar 7D).

Variasi tipe substrat dari data analisis granulometri memperlihatkan bahawa pada lintasan II kesemuanya dalam katagori pasir, pada lintasan I hanya pada titik sampling III substrat bertipe lempung berpasir. Tipe substrat pada lintasan III, mempunyai 3 tipe substrat yakni substrat pasir yang dijumpai pada titik sampling L1, L2 dan L3, tipe lempung berpasir dijumpai pada lintasan L4 dan substrat tipe pasir berlempung dijumpai pada LV dan LVI. Variasi tipe substrat yang dijumpai pada Pantai Barahima terjadi juga pada penelitian Sari *et al.* (2017) yang dilakukan pada perairan pantai Desa Sei Nagalawan -Sumatera Utara.

Hasil penerapan prosedur Bendel-Young diperoleh persen material berukuran pasir berkisar 59,02 – 83,33 % sedangkan untuk material berukuran debu (*silt*) berkisar 10 – 22,95 % dan liat (*clay*) berkisar 6,25 - 18,03 %. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa persen material berukuran pasir relatif lebih besar dibandingkan kedua ukuran material lainnya. Hasil plot persen ukuran butiran tersebut pada segitiga Millar (Gambar 7) memperlihatkan bahwa substrat dari ketiga bagian menunjukkan katagori yang sama yakni pasir berlumpur. Lempung

berpasir dan Lempung liat berpasir. Pola sebaran tipe substrat dari penggunaan data pasir halus lebih menyerupai tipe substrat dari data yang penerapan prosedur Bendell-Young.



Gambar 8. Karakteristik dan sumber material substrat Pantai Barahima

3.5. Sumber Material

Perhitungan statistik sedimen menghasilkan nilai parameter *mean*, *sorting*, *skwennes* dan *kutosis*. Nilai *mean* dan *skwennes* dapat digunakan dalam mendeterminasi tipe substrat material atau sumber material dengan menggunakan grafik yang disampaikan oleh Stewart Jr (1958) dan Moiola & Weiser (1968), selain itu penggunaan parameter median dan standart deviasi (*sorting*) dapat digunakan untuk menjelaskan sistem dinamika yang mengontrol struktur pelapisan sedimen di suatu lokasi. Hasil plot nilai nilai *sorting* dan *skwennes*, masing-masing titik sampling menunjukkan karakter dominan tersendiri, secara umum sumber material pada tiap titik dominan dipengaruhi oleh material darat dan sungai (Gambar 8), dimana terdapat 8 titik sampling dominan materialnya berasal dari darat dan sisanya (10 titik) oleh aktifitas sungai. Pola yang relatif sama ditunjukkan untuk mendeterminasi proses yang membentuk pelapisan sedimen di Pantai Barahima, struktur sedimen yang dibentuk oleh aktifitas gelombang (*wave proses*) sebanyak 5 titik sampling dan 3 titik sampling dibentuk oleh aktifitas sungai disekitar lintasan III dan IV sebagai areal muara sungai (Gambar 1). Pendekatan determinasi sumber dan energi penyusun struktur material (Gambar 8) memberikan informasi bahwa pada daerah tertentu di pantai Barahima mendapat pengaruh dari aliran sungai terutama pada daerah sekitar lintasan I bagian belakang, sedangkan pada lintasan V dominan dipengaruhi oleh bangkitan gelombang. Kondisi tersebut sama dengan uraian hasil penelitian yang jumpai oleh Eman; *et al.* (2020) dalam penelitiannya di pantai Laut Mediterania.

IV. Kesimpulan dan Saran

Hasil analisis dapat ditarik beberapa simpulan bahwa persentase substrat pasir dari hasil analisis granulometri, hanya kelompok katagori pasir halus (kelompok D) dan persentase kadar debu dan liat memberikan tipe substrat yang sama dengan data persentase material dari hasil penerapan prosedur Bendell-Young. Tipe substrat Pantai Barahima terdiri dari substrat pasir berlumpur, lempung berpasir dan lempung liat berpasir. Sumber material pada bagian depan dikontrol oleh pergerakan gelombang, pada bagian tengah 2 titik sampling dikontrol oleh sistem aliran sungai, sisa yang lainnya dikontrol oleh sistem dinamika pantai oleh pasang surut. Perlu untuk melakukan penelitian lanjutan dengan fokus pada pencarian persen pasir yang lebih akurat dalam menentukan tipe substrat dari data analisis granulometri, Perlu juga



melakukan penelitian tentang pergerakan material untuk kurun waktu harian, guna membangun neraca transport sedimen di Pantai Barahima.

Daftar Pustaka

- Abuodha J. 2003. Grain size distribution and composition of modern dune and beach sediments, Malindi Bay coast, Kenya. *Journal of African Earth Sciences*. 36(1-2):41-54.doi:[https://doi.org/10.1016/S0899-5362\(03\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S0899-5362(03)00016-2).
- Bird EC. 2008. *Coastal geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons.
- Blott SJ, Pye K. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth surface processes and Landforms*. 26(11):1237-1248.doi:<https://doi.org/10.1002/esp.261>.
- CEM (1998). Coastal Engineering Manual. Circular No. 1110-2-292. . U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. . Washington, DC, Coastal Engineering Research Center. Technical Report No. 1110-2-292.
- CERC. 1984. *Shore protection manual*. Coastal Engineering Research Center. Department of the Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers
- Darlan Y. 1996. Geomorfologi wilayah pesisir. *Aplikasi Untuk Penelitian Wilayah Pantai*. Pusat Pengembangan Geologi Kelautan. Bandung.
- Daruwedho H, Sasmito B, Amarrohman F. 2016. Analysis of Sea Surface Levels in Indonesian Waters using the Jason-2 Altimetry Satellite (2010-2014). *Indonesian J. Geodesi*. 5(2):147-158.doi:<https://doi.org/10.14710/jgundip.2016.11531>.
- Eman; AE, Badawi; A, Abdelkader; T. 2020. Grain size distribution and environmental implications of Rosetta beach, Mediterranean Sea coast, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 24(1):349 – 370.doi:<https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.70860>.
- Friedman GM, Sanders JE. 1978. *Principles of sedimentology*. New York,: Jhon Wiley.
- Hafitri M, Permata L, Yuniarti M. 2022. Analisis Jenis Mikroplastik pada Sedimen Dasar Perairan Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*. 3(03):443-454.doi:<https://doi.org/10.59141/jjiss.v3i03.551>.
- Hendyanto R, Suryono CA, Pratikto I. 2014. Analisis Kesesuaian Wisata Pantai Di Teluk Lombok Kabupaten Kutai Timur Kalimantan Timur. *Journal Of Marine Research*. 3(3):211-215.doi:<https://doi.org/10.14710/jmr.v3i3.5992>.
- Ingmanson D, Wallace. W (1989). *Oceanography an Introduction*. Fouth Edition, Wadsworth Publishing Company. Belmont, California. 541p.
- Meiliawati ET, Idris F, Apriadi T. 2023. Identifikasi bakteri Vibrio sp. pada perairan di Desa Malang Rapat -Bintan Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Moiola R, Weiser D. 1968. Textural parameters; an evaluation. *Journal of Sedimentary Research*. 38(1):45-53.doi: <https://doi.org/10.1306/74D718C5-2B21-11D7-8648000102C1865D>.
- Ningsih EN, Supriyadi F, Nurdawati S. 2016. Pengukuran dan analisis nilai hambur balik akustik untuk klasifikasi dasar perairan Delta Mahakam. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 19(3):139-146.doi:<http://dx.doi.org/10.15578/jppi.19.3.2013.139-146>.
- Poizot E, Méar Y, Biscara L. 2008. Sediment Trend Analysis through the variation of granulometric parameters: A review of theories and applications. *Earth-Science Reviews*. 86(1-4):15-41.doi:<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2007.07.004>.
- Prasetyo AB, Yuliadi LPS. 2018. Keterkaitan tipe substrat dan laju sedimentasi dengan kondisi tutupan terumbu karang di Perairan Pulau Panggang, Taman Nasional Kepulauan Seribu. *Jurnal Perikanan Kelautan*. 9(2)



- Romano E, Celia Magno M, Bergamin L. 2018. Grain size of marine sediments in the environmental studies, from sampling to measuring and classifying. *A critical review of the most used procedures. Acta IMEKO*. 7(2):10-15
- Sangaji M. 2023. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang Berbasis Resiliensi Ekologi Sosial*. Deepublish. 102p.
- Sari AN, Kardhinata EH, ZNA HM. 2017. Analisis Substrat di Ekosistem Kampung Nipah Desa Sei Nagalawan Serdang Bedagai Sumatera Utara. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*. 3(2):168-178.doi:<https://doi.org/10.31289/biolink.v3i2.847>.
- Stewart Jr HB. 1958. Sedimentary reflections of depositional environment in San Miguel lagoon, Baja California, Mexico. *AAPG bulletin*. 42(11):2567-2618.doi:<https://doi.org/10.1306/0BDA5BFA-16BD-11D7-8645000102C1865D>.
- Tahir MT. 2005. Pemanfaatan Ruang Kawasan Tepi Pantai Untuk Rekreasi Dalam Mendukung Kota Tanjungpinang Sebagai Waterfront City Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Thomas CA, Bendell-Young LI. 1998. Linking the sediment geochemistry of an intertidal region to metal bioavailability in the deposit feeder *Macoma balthica*. *Marine Ecology Progress Series*. 173:197-213.doi:<https://doi.org/10.3354/meps173197>.
- Winter C. 2007. On the evaluation of sediment transport models in tidal environments. *Sedimentary Geology*. 202(3):562-571.doi:<https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.03.019>.
- Wyrтки K. 1961. Physical oceanography of the Southeast Asian water. *Naga Report*. 195p