

# TRANSPORTASI SEDIMEN PANTAI PADANG SUMATERA BARAT

Oleh

**Triyatno**

*Dosen Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang.*

## **Abstract**

*This research was conducted in the Padang beach with of aims are to determine wave characteristic and transportation sediment in the research area. The method in the research is area sampling, with point samples based different shore line.*

*The research showed are different wave characteristics ababout long wave is 505,44 m – 898,56 m, wave highh 0,95 m – 1,60 m, wave period 17 second – 24 second, and wave energy 1,808 - 2,460 kg/s<sup>2</sup> . Sediment transport in the research area can show for total sediment that carring of wave in the beach as 1437,14 m<sup>3</sup>/days in the Pasir Jambak, and 614,70 m<sup>3</sup>/days in the Pantai Beremas. Different transportation sediment in the research area for depended sediment matter that bring of rivers.*

**Keyword:** *wave characteristics, sediment, sediment transport*

## **PENDAHULUAN**

Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau, dengan garis pantai sepanjang 80.791 km (Anonim, 1995). Secara genetik pulau-pulau di Indonesia berbeda yang tercermin pada kondisi geologi, geomorfologi, hidrologi dan terletak pada daerah tropis basah, maka di sepanjang jalur garis pantainya terbentuk berbagai jenis bentuklahan asal marin dan berbagai tipe ekosistem pantai. Sebagai negara kepulauan, Indonesia mempunyai banyak daerah pesisir dan pantai yang sangat potensial bagi pengembangan ekonomi nasional, baik karena potensi ruang dan kekayaan alamnya maupun nilai estetikanya. Dengan demikian kegiatan ekonomi penduduk Indonesia di wilayah pantai masih berorientasi pada daratan.

Sutikno 1993 menyatakan lingkungan pesisir dan pantai merupakan wilayah yang selalu mengalami perubahan, karena wilayah tersebut menjadi tempat bertemunya dua kekuatan, yaitu yang berasal dari daratan dan dari lautan. Perubahan lingkungan pesisir dan pantai dapat terjadi secara lambat hingga

cepat, tergantung pada imbang daya antara topografi, batuan dan sifat-sifatnya dengan gelombang, pasang surut, dan angin.

Untuk mengetahui perubahan pantai atau dinamika pantai perlu mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhinya dan proses dalam sistem morfogenetik pantai, seperti perubahan pola garis pantai, sumber sedimen, aliran sedimen yang meliputi arah, jumlah dalam waktu tertentu. Pengaruh faktor-faktor tersebut akan tercermin pada morfologi atau bentuklahan pantai. Perubahan atau dinamika pantai banyak dipengaruhi oleh transportasi sedimen yang akan terbawa dan terendapkan pada lingkungan wilayah pantai. Transportasi sedimen pantai tersebut akibat dari proses geomorfologi yang berkerja di permukaan bumi, baik pada *upper lands* ataupun pada wilayah *low lands* sebagai akibat dari proses erosi.

Masalah abrasi pantai telah banyak dibicarakan karena akibat dari abrasi pantai telah banyak merusak sarana dan prasarana yang terdapat pada lingkungan pantai termasuk permukiman masyarakat. Hasil dari

proses abrasi pantai ini umumnya membawa sedimen pada daerah lain. Transportasi sedimen pantai sebagian besar dipengaruhi oleh gelombang, pasang-surut, arus laut, dan arus sejajar pantai (*longshore current*). Sedimen pantai yang terbawa oleh tenaga yang berasal dari laut ini dapat menimbulkan dampak positif dan negative, seperti bertambahnya daratan pada wilayah pantai, sedangkan dampak negatifnya adalah rusaknya terumbu karang yang terdapat pada wilayah pantai sehingga menyebabkan kerusakan ekosistem terumbu karang, terjadinya pendangkalan pada bagian muara sungai sehingga menyebabkan terganggunya transportasi nelayan ke laut.

Masalah transportasi sedimen pantai ini juga terjadi pada pantai Padang. Akibat proses abrasi pantai yang terjadi pada daerah ini mengakibatkan rusaknya beberapa permukiman penduduk. Masalah sedimentasi pada daerah ini menyebabkan matinya terumbu karang sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan ekosistem terumbu karang, hal ini juga membawa dampak negatif terhadap perekonomian masyarakat, di samping itu masalah sedimentasi juga akan menimbulkan dampak tertutupnya muara sungai ke laut, hal ini menyebabkan terjadinya banjir pada daerah yang berada di sekitar muara sungai. Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan penulisan artikel ini adalah mengetahui transportasi sedimen pantai di daerah penelitian

### **Dinamika Pantai**

Dinamika pantai merupakan suatu proses alamiah untuk menuju keseimbangan alamiah, karena proses yang terjadi pada suatu tempat juga terjadi pada tempat lain. Jika suatu tempat mengalami erosi pantai maka di tempat lainnya akan mengalami deposisi atau sedimentasi. Indonesia terletak di daerah iklim tropis basah, sehingga proses pelapukan, erosi pada lahan atas aktif. Proses tersebut akan menghasilkan muatan sedimen

yang diangkut oleh air sungai cukup besar dan bervariasi. Sudah barang tentu hasil sedimentasi yang mencapai pantai akan berpengaruh besar terhadap perkembangan garis pantai dan lingkungan pantainya.

Dinamika atau pertumbuhan pantai dapat diidentifikasi melalui beberapa cara, yaitu;

1. melalui interpretasi foto udara dan atau citra penginderaan jauh (Landsat, Spot),
2. melalui analisis peta tematik yang ada,
3. melalui pengamatan dan pengukuran lapangan.

Bartholoma, 2004 menyatakan bahwa untuk menentukan transportasi sedimen diperlukan survey bathimetri dasar pantai untuk menentukan besarnya volume transportasi sedimen. Besarnya transportasi sedimen pantai juga ditentukan oleh pasang-surut air laut serta morfologi dasar pantainya. Transportasi sedimen pantai akan lebih tinggi jika morfologi dasar pantai datar atau pada pantai yang landai, sedangkan pada morfologi dasar pantai yang memiliki tidak landai lebih banyak material tersebut terendapkan disana, sehingga dasar pantai akan mengalami pendangkalan yang lebih cepat.

Roman, 1999 menyatakan pada lingkungan pantai kecenderungan ukuran pasir membuat nyata karakteristik lingkungan lama dan lingkungan yang baru. Untuk mengidentifikasi pola transportasi sedimen digunakan distribusi ukuran sedimen pada lingkungan pantai. Sebagai contoh pada Teluk Cadiz kecenderungan ukuran sedimen dikontrol oleh kontribusi sedimen yang berukuran halus, morfologi pantai, dan transportasi suspensi.

Ouillona, et al.,2010, melakukan penelitian di South-West lagoon of New Caledonia. Hasil penelitian menunjukkan sedimen yang terendapan pada laguna di Caledonia telah mengalami kontaminasi

logam yang berasal dari industry logam dan limbah perkotaan, Akibat penambangan di daratan juga mengakibatkan tingginya erosi dan transportasi sedimen yang telah mengalami pencemaran logam di dalam sungai. Masalah sedimentasi tidak hanya berpengaruh pada komunitas pelagic dan benthic tetapi juga penambahan deposit sedimen dan mengakibatkan terjadinya penurunan penetrasi cahaya matahari dimana terumbu karang sangat sensitive dengan perubahan ini.

Wahyuning Tyas dan Dibyosaputro, 2010 menyatakan gelombang datang yang bergerak ke arah Timur Laut, menyebabkan terjadinya arus sepanjang pantai dominan mengarah ke Timur sejajar dengan garis pantai. Arah arus pantai tidak seluruhnya bergerak ke satu arah. Pada saat yang sama, dijumpai pula arus susur pantai yang bergerak ke arah Barat sejajar garis pantai. Pantai Glagah memiliki arus sepanjang pantai dengan kecepatan rata-rata 1,18 m/dt. Pada pagi hari, cenderung tidak terbentuk arus sepanjang pantai karena angin dan gelombang yang bekerja masih sangat lemah. Berdasarkan indeks kuat arus, kekuatan arus sepanjang pantai di Pantai Glagah tergolong lemah. Namun demikian, laju pengangkutan sedimen Pantai Glagah cukup besar dengan rata-rata 16.293.811 m<sup>3</sup>/tahun. Volume sedimen yang terbawa arus ini termasuk tinggi sehingga menyebabkan akresi di Pantai Glagah.

Widjojo, 2010 menyatakan bahwa transportasi sedimen di pantai dapat terjadi, di sebabkan oleh gelombang, arus laut atau kombinasi keduanya. Suatu pantai akan mengalami erosi atau sedimentasi tergantung pada kesetimbangan sedimen yang masuk dan keluar di pantai tersebut. Laju transportasi sedimen di daerah pantai antara lain di pengaruhi karakteristik sedimen, kemiringan pantai, besarnya gelombang dan arus. Gelombang laut yang berperan pada transportasi sedimen adalah gelombang

pendek yang di bangkitkan oleh angin, Transportasi sedimen di muara sungai di sebabkan oleh arus pasang surut gelombang dan arus sungai air tawar. Aliran oleh gelombang ini membedakan mekanisme transportasi sedimen di pantai dengan di sungai.

Esry Tommy Opa, 2011 menyatakan perubahan pantai terjadi apabila proses geomorfologi yang terjadi pada seg-men pantai melebihi proses yang biasa ter-jadi. Perubahan proses geomorfologi meru-pakan akibat dari sejumlah parameter oseanografi yang berperan seperti gelom-bang, arus, dan pasut. Gelombang terjadi melalui proses pergerakan massa air yang dibentuk secara umum oleh hembusan angin secara tegak lurus terhadap garis pantai. Gelombang yang pecah di daerah pantai merupakan salah satu pe-nyebab utama terjadinya proses erosi dan sedimentasi di pantai.

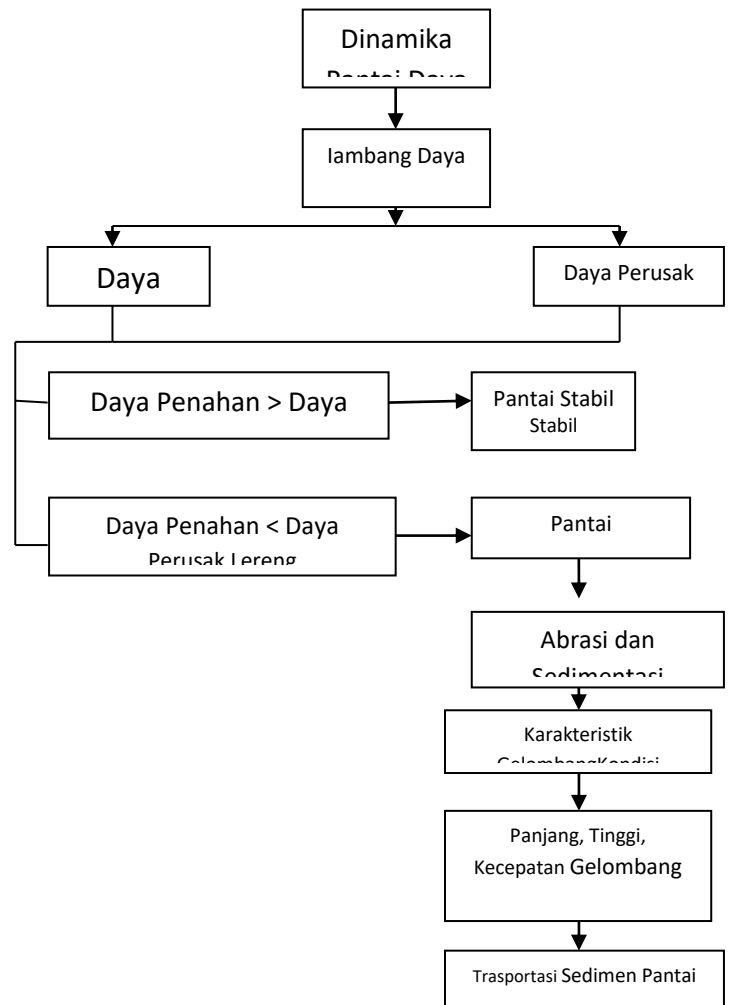
Junaidi, 2010 menyatakan laju sedimentasi adalah banyaknya massa sedimen yang terangkat melalui satu satuan luas dalam setiap satuan waktu. Untuk mengetahui jenis sedimen dan laju sedimentasi dan menganalisis tekstur sedimen, mengukur kemiringan garis pantai, serta juga menghitung laju sedimentasi yang terjadi di pantai slopeng . Ukuran Beberapa pengukuran sebagai variabel pendukung dalam pengukuran laju sedimentasi di pantai Slopeng yaitu pengukuran berat sedimen yakni dengan menggunakan alat *sediment trap* dan juga penimbangannya dengan menggunakan timbangan analitik. Hasil penelitian yang didapat yaitu tingkat kemiringan garis pantai di pantai Slopeng yaitu 21,81 °. Semakin cepat arus yang berada di perairan maka laju sedimentasi akan semakin tinggi dan juga berat sedimen mempengaruhi terhadap laju sedimentasi. laju sedimentasi di pantai Slopeng ditemukan terbesar yakni 0,75 gram/cm<sup>2</sup>/hari yaitu terdapat di lokasi yang memiliki gundukan pasir dengan pola arus *Long Shore Current*.

Nurhafny, 2011 menyatakan pantai didefinisikan sebagai daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Sedangkan garis pantai adalah batas pertemuan antara bagian laut dan daratan dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Garis pantai dapat berubah akibat pengaruh erosi dan deposit sedimen. Erosi dan deposit sedimen ini dapat terjadi karena gelombang dan arus yang menuju dan meninggalkan pantai. Sedimen yang terakut oleh gelombang dan arus ini adalah dampak dari perubahan garis pantai. Untuk daerah Pantai Bunga Batubara dengan kondisi pantai yang landai dan jenis sedimen pantainya adalah berlumpur, banyaknya sedimen yang terangkut adalah 0.000018 kg/dt untuk daerah *surfzone*. Sedangkan angkutan sedimen untuk daerah pecahnya gelombang hingga *offshore* jumlahnya adalah 0.3194 kg/dt.

## 2.2. Kerangka Konseptual

Masalah dinamika pantai atau perubahan garis pantai yang terjadi pada beberapa pantai di Indonesia umumnya dipengaruhi oleh dua kekuatan yaitu daya penahan dan daya perusak yang sering datang dari laut seperti; gelombang, pasang, arus laut, serta arus sejajar pantai. Masalah abrasi selalu menimbulkan dampak yang negatif terhadap daerah yang terkena abrasi menyebabkan berkurangnya daratan, sedangkan masalah sedimentasi pantai dapat menyebabkan dampak positif dan negatif pada lingkungan pantai seperti bertambahnya daratan, sehingga nantinya daerah ini dapat dimanfaatkan. Dampak negatif dari sedimentasi adalah terjadinya kerusakan terumbu karang yang disebabkan oleh kurangnya penetrasi cahaya matahari, tertutupnya muara sungai. Transportasi sedimen pantai tergantung pada karakteristik

gelombang berupa; tinggi, kecepatan, panjang gelombang, hampasan gelombang ke pantai. Transportasi sedimen juga ditentukan oleh arus sejajar pantai, dimana arus sejajar pantai akan menentukan sebaran spatial ukuran butir sedimen pantai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagan alir berikut;



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## METODE PENELITIAN

### Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut;

Abney level untuk mengukur kemiringan lereng, Yallon sebagai patok pengukuran, pita ukur untuk mengamati dalam solum tanah, cangkul/sekop untuk mengambil sampel sedimen, Plastic untuk tempat sampel sedimen, komputer, dan printer untuk membuat dan mencetak laporan

### Teknik Analisis Data

Teknis analisis data yang digunakan untuk penelitian transportasi sedimen pantai ini adalah sebagai berikut;

1. Untuk menentukan karakteristik gelombang digunakan formula yang dikemukakan oleh (Pethick 1984).

Karakteristik fisik pantai yang diukur di lapangan yaitu, berupa:  
panjang gelombang (L) panjang gelombang di daerah pantai dapat diukur dengan menggunakan formula:

$$L = (gT^2/2\pi) \times r \quad (1a)$$

Atau

$$L = 1,56 T^2 \quad (1b)$$

untuk mengetahui kecepatan gelombang (c) digunakan formula sebagai berikut:

$$c = L/T \quad (2a)$$

$$\text{atau } c = 1,56 T \quad (2b)$$

untuk perairan dalam  $C = gT/2\pi \quad (2c)$

untuk mengetahui indeks hempasan gelombang digunakan formula sebagai berikut:

$$I = H_b / gm T^2 \quad (3)$$

untuk menentukan tinggi hempasan gelombang digunakan formula sebagai berikut;

$$H_b = 0,39 \times g^{1/5} (T \times H^2)^{2/5} \quad (4)$$

untuk mengetahui laju angkutan atau transportasi sedimen (Q) digunakan formula

$$Q = 1,646 \times 106 H_b^2 \quad (5)$$

Atau total angkutan sedimen  $Q = 6,8 Pe \quad (6)$

Keterangan:

L : panjang gelombang (m)

T : periode gelombang (detik)

H : tinggi gelombang (m)

F: *fetch* (jarak antara timbulnya angin hingga lokasi gelombang) dalam km

a: amplitudo gelombang

g : kecepatan gravitasi (9,8 m/dt<sup>2</sup>)

$\pi$ : 3,14159

vt : kecepatan arus sepanjang pantai (m/dt)

C : kecepatan gelombang pada perairan dalam (m/dt)

Pe : kekuatan gelombang (watts/meter)

E : energi gelombang

P: berat jenis air laut (1,025 kg/m<sup>3</sup>)

n: fungsi kedalaman air (0,5 untuk air dalam; 1 untuk air dangkal)

$\alpha_b$ : sudut datang hempasan (derajat 0<sup>0</sup>)

Q : total angkutan sedimen (m<sup>3</sup>/hari)

H<sub>b</sub>: hempasan

H<sub>o</sub>: tinggi gelombang maksimum di lapangan (m)

L<sub>o</sub>: panjang gelombang

d<sub>50</sub>: median ukuran butir atau ukuran persentil ke-50 dari sampel sedimen

$\beta$ : sudut lereng dasar tepi pantai = sudut lereng gisik (derajat)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan transportasi sedimen pantai padang perlu diketahui dahulu nilai tinggi gelombang, periode gelombang, dan panjang gelombang. Nilai parameter gelombang Pantai Padang dapat dilihat pada Tabel berikut;

**Tabel Parameter Gelombang Pantai Sepanjang Kota Padang**

NO	Lokasi Sampel	H (m)	T (dt)	$L_0 = 1,56 t^2$ (m)	$V = L_0 / t$ (m/dt)	$E = 1/8 \rho g H_0^2$ (kg/s <sup>2</sup> )	$d_{50}$	$Q = 1,646 \times 106 H_b^2$ (m <sup>3</sup> /hr)
1	P. Jambak	1,40	24	898,56	37,44	2,460	0,496	1437,14
2	P. Pasia Nan Tigo	1,20	20	624,00	31,20	1,808	1,042	971,76
3	P. Parupuak	1,30	22	755,04	34,32	2,122	0,505	1192,19
4	P. Patenggangan	1,50	20	624,00	31,20	2,826	1,046	1389,47
5	P. Parkit	1,60	21	687,96	32,76	3,215	0,281	1601,84
6	P. Bung Hatta	1,20	17	450,84	26,52	1,808	0,288	853,70
7	P. Purus Selatan	1,70	24	898,56	37,44	3,629	0,503	1963,90
8	P. Muaro	1,30	22	755,04	34,32	2,122	0,558	1192,19
9	P. Baremas	0,95	18	505,44	28,08	1,133	1,146	614,70
10	P. Pasir Putih	1,20	18	505,44	28,08	1,808	1,040	893,52

Sumber; Analisis Data, 2014

Keterangan:

H = Tinggi gelombang (meter)

t = Periode gelombang (detik)

$\alpha$  = Sudut kemiringan dasar tepi pantai (°)

$d_{50}$  = Nilai median ukuran butiran/presentil sedimen ke 50

$L_0$  = Nilai panjang gelombang (meter)

V = Kecepatan gelombang (meter/detik)

E = Energi gelombang (Kg/s<sup>2</sup>)

$H_b$  = Tinggi hempasan gelombang (meter)

Q = Transpor sedimen (meter<sup>3</sup>/hari)

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa tinggi gelombang terbesar terdapat pada daerah Purus Selatan yaitu 1,70 m dan terkecil terdapat pada Pantai Beremas yaitu

0,90 m. tinggi gelombang mempengaruhi transportasi sedimen di daerah Pantai Pantai, dimana semamikin tinggi gelombang maka akan semakin banyak material sedimen pantai yang terangkut. Periode gelombang merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu gelombang mulai dari proses pembentukan sampai gelombang tadi pecah di pantai. Periode gelombang yang terbesar terdapat pada pantai Pasir Jambak dan Pantai Purus Selatan yaitu 24 dt, sedangkan yang terkecil terdapat pada Pantai di Daerah Kampus Universitas Bung Hatta Ulak Karang yaitu 17 dt. Periode gelombang akan menentukan besarnya panjang gelombang yang akan menentukan besarnya energy gelombang menuju pantai. Semakin besar periode gelombang maka panjang gelombang akan semakin besar seperti yang terdapat pada pantai Pasir Jambak dan Purus yaitu sebesar 898,56 m dan terkecil juga pada pantai dekat Kampus Universitas Bung Hatta

Ulak Karang yaitu 450,84 m. panjang gelombang terbentuk pada wilayah lingkungan pantai juga akan menentukan kecepatan gelombang untuk menuju pantai, untuk wilayah penelitian ini kecepatan gelombang terbesar terdapat pada Pantai Pasir Jambak dan Purus yaitu 37,44 m/dt sedangkan yang terkecil terdapat pada pantai Ulak Karang yaitu dekat Kampus Universitas Bung Hatta yaitu 26,52 m/dt. Kecepatan gelombang menuju pantai dapat mengakibatkan besarnya kerusakan pada daerah pantai, seperti abrasi pantai dan banyaknya material pantai yang akan diangkut. Energi gelombang terbesar pada daerah penelitian terdapat pada Pantai Purus yaitu  $3,215 \text{ kg/s}^2$  dan yang terkecil terdapat pada pantai  $1,133 \text{ kg/s}^2$ . energi gelombang pantai juga akan menentukan besarnya transportasi sedimen pantai, sedangkan energi gelombang juga sangat tergantung pada bentuk garis pantai dan kemiringan dasar pantai, sehingga akan mempengaruhi besarnya transportasi sedimen pantai. Transportasi sedimen pantai (Q) dapat dilihat dari besarnya sedimen yang terbawa oleh gelombang dalam waktu sehari, seperti yang terdapat pada pantai Purus yaitu sebesar  $1963,90 \text{ m}^3/\text{hari}$ , pantai dekat jalan Parkit yaitu  $1601,84 \text{ m}^3/\text{hari}$ , dan pantai Pasir Jambak  $1437,14 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Besarnya sedimentasi pada daerah pantai tersebut diakibatkan oleh adanya beberapa sungai yang bermuara pada pantai tersebut seperti Batang Kuranji yang bermuara di pantai daerah Purus dan pantai dekat jalan Parkit Air Tawar, sedangkan pantai Pasir Jambak merupakan muara Batang Anai. Tingginya sedimen pada pantai tersebut disebabkan

oleh material yang terbawa oleh sungai menuju muara, sehingga menyebabkan pada beberapa daerah yang merupakan muara sungai memiliki nilai transportasi sedimen yang besar.

Untuk menentukan besaran butir sedimen pantai dapat dilihat dari nilai  $d_{50}$  pada sampel sedimen pantai. Nilai  $d_{50}$  terbesar sampel sedimen terdapat pada pantai Beremas Bungus yaitu 1,146 mm, yang disebabkan oleh adanya material yang berasal dari laut yaitu berupa hasil rombakan terumbu karang, dan yang terkecil terdapat pada Pantai Jalan Parkit yaitu 0,281 mm, kecilnya nilai  $d_{50}$  pada daerah ini disebabkan oleh material yang terbawa oleh aliran sungai ke muara umumnya memiliki ukuran yang lebih halus. Besarnya ukuran diameter butir sedimen pantai yang terdapat pada Pantai Padang juga disebabkan oleh *longshore current* atau arus sejajar pantai yang membawa material pasir dan mengendapkannya pada daerah pantai tertentu.

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa karakteristik gelombang pada daerah penelitian sangat bervariasi tergantung pada kondisi garis pantai dan sudut datang gelombang, sedangkan transportasi sediment pantai tergantung pada besarnya material penyusun yang dibawa oleh gelombang, letak garis pantai yang berdekatan dengan muara sungai sangat menentukan besarnya transportasi sedimen yang dibawa oleh gelombang.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Dahuri, H., Rais, J., Ginting, S.P., Sitepu, M.j., 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu, Pradnya Paramita, Jakarta
- Damayanti Astrid, 2001. *Karakteristik Beberapa Pantai Potensial di Daerah Istimewa Yogyakarta*, Jurnal Geografi, No 2, pp 8-17, Universitas Indonesia, Jakarta

- Desy Wahyuning Tyas dan Suprpto Dibyosaputro,2012,. *Pengaruh morfodinamika pantai glagah, kabupaten Kulonprogo, daerah istimewa yogyakarta terhadap Keselamatan pengunjung pantai*, Jurnal Geografi UGM
- Esry Tommy Opa, 2011,. *Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara* , Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis Vol. VII-3, Desember 2011
- Filipa S. B. F. Oliveira, Catarina I. C. Vargas and Alexandre B. Coli, 2004,. *Longshore sediment transport of an estuarine beach: Numerical investigation*,
- Junaidi,2010,. *Sedimentasi di Pantai Slopeng Kecamatan Dasuk Kabupaten Sumenep*.
- Nurhafny, 2011,. *Studi Jumlah Angkutan Sedimen Sepanjang Garis Pantai Pada Lokasi Pantai Berlumpur ( Studi Kasus di Pantai Bunga Batubara, Sumatera Utara)*, Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara
- Pethick John, 1984. *An Introduction to Coastal Geomorphology*, Edward Arnold, Mariland
- Sunardi Widjojo JB,2010,. *Transportasi Sedimen oleh Kombinasi Aliran Permanen Beraturan dan , Gelombang Seragam*, Media Teknik Sipil, Volume X, Juli 2010
- Sutikno, 1993. *Karakteristik Bentuk dan Geologi Pantai di Indonesia*. Diklat PU WIL. III Direktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta