
**ANALISIS SEBARAN SEDIMEN DASAR
DI PERAIRAN PATIMBAN SUBANG JAWA BARAT**

Analysis Distribution of Seabed Sediment at Patimban Waters Subang, West Java

Hana Farah Frida Firismanda, Sugeng Widada, Muslim

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Tlp. / Fax. (024)7474698 Semarang 50275

Email: hana.firismanda@gmail.com

Abstrak

Perairan sekitar muara Sungai Sewo Patimban dimanfaatkan masyarakat sekitar sebagai alur layar untuk keluar dan masuk kapal. Aktifitas di muara Sungai Sewo yang cukup tinggi berdampak pada endapan sedimen yang menyebabkan pendangkalan. Faktor hidro oseanografi seperti arus dan pasang surut merupakan faktor penting dalam persebaran sedimen dasar. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran sedimen dasar berdasarkan ukuran butir. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 26 - 28 Desember 2016 di perairan sekitar muara Sungai Sewo Patimban. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan metode penentuan lokasi menggunakan metode purposive sampling. Pengolahan data arus dilakukan secara hidrodinamika 2D menggunakan software MIKE 21. Pengolahan data pasang surut menggunakan metode Admiralty. Analisis sedimen dasar menggunakan metode Granulometri. Analisis sedimen tersuspensi di muara sungai menggunakan metode Gravimetri. Hasil pengolahan data lapangan menunjukkan arus bergerak dari arah barat laut ke tenggara saat pasang dengan kecepatan tertinggi 0,1783 m/det dan dari arah tenggara ke barat laut saat surut dengan kecepatan tertinggi 0,0994 m/det. Jenis sedimen dasar yang ada di perairan Patimban yakni lanau (silt) dan lempung (clay) dengan nilai dominan silt di muara sungai berkisar 80,667% – 95,556% dan di daerah laut berkisar 80,952 % – 89,286%. Nilai sedimen tersuspensi di muara sungai berkisar antara 416 mg/l – 460 mg/l saat pasang sedangkan saat surut berkisar antara 313 mg/l – 383 mg/l, selain itu debit sungai sebesar 1,361 m³/det saat pasang dan saat surut sebesar 1,277 m³/s menyebabkan penumpukan sedimen di muara sungai. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa presentase kandungan jenis sedimen pada daerah muara sungai memiliki kandungan jenis sedimen lanau lebih besar dibandingkan daerah sekitar pantai.

Kata Kunci: *Sedimen Dasar, Arus, Pasang Surut, Perairan Patimban Subang*

Abstract

The waters around estuary of the Sewo River, Patimban used by residents as the entrance and exit path of the ship. High activities at the Sewo River estuary affect sedimentation that can decrease water depth. Hydro-oceanography factors such as currents and tides are important factors in the distribution of seabed sediment. The purpose of this research is to know the distribution of seabed sediment based on grain size. The research was conducted on 26 - 28 December 2016 at the Sewo River estuary, Patimban, Subang. The method used is quantitative and method to determine location is by using purposive sampling method. Current data processing is determined by 2D hydrodynamics model using MIKE 21. Tidal data processing using Admiralty method and seabed sediment analysis using Granulometry method. Suspended sediment in the estuary is analyzed with Gravimetry method. Results of field data shows the current move from northwest to southeast during high tide with a top speed of 0,1783 m/s and from southeast to northwest during low tide with a top speed of 0,0994 m/s. The seabed sediment types in Patimban waters are silts and clays with the dominant silt values at the estuary ranging from 80.667% to 95.556% and in the sea is 80.952% - 89.286%. The suspended sediment at the estuary is 416 mg/l - 460 mg/l during the high tide and at low tide is 313 mg/l - 383 mg/l, in addition, river discharge of at high tide 1.361 m³/s and at low tide 1,277 m³/s causes sedimentation in the estuary river. Based on the research result, it can be concluded that percentage of sediment at the estuary is silt which the size is larger than sediments at the nearshore waters.

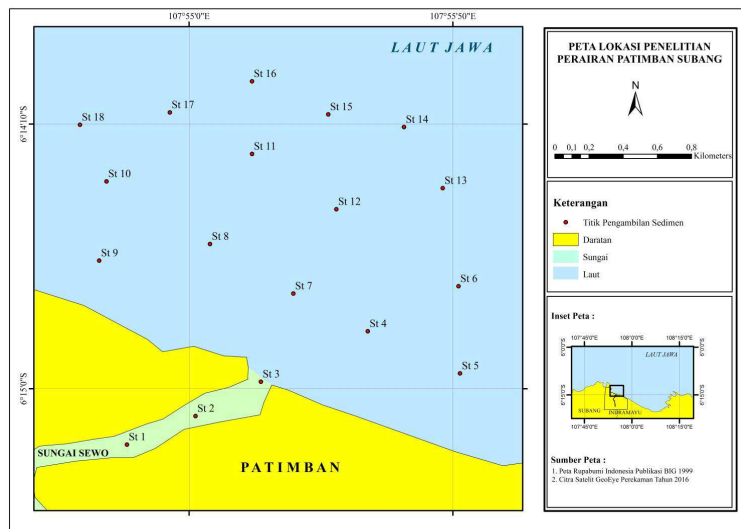
Keywords : *Seabed Sediment, Current, Tide, Patimban Waters*

1. Pendahuluan

Perairan Patimban terletak di utara pesisir pantai utara Jawa Barat, di Desa Patimban, Kecamatan Pusakanagara, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat dengan posisi geografis 107°31' - 107°54' BT dan 6°1' - 6°49' LS. Sungai Sewo berada di wilayah Desa Patimban, Kecamatan Pusakanagara, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Sebagian masyarakat di Desa Patimban mempunyai mata pencaharian sebagai nelayan, para nelayan biasanya memanfaatkan muara Sungai Sewo sebagai alur layar untuk keluar dan masuk kapal. Sungai Sewo merupakan sungai yang berbatasan dengan Kabupaten Indramayu. Kapasitas aliran air di Sungai Sewo berkurang karena sungai tersebut dipenuhi sedimen khususnya di daerah muara (BPLHD Jawa Barat, 2008).

Pasang surut dan arus laut menjadi faktor hidro-oseanografi yang mempengaruhi transportasi sedimen di daerah perairan dangkal. Berdasarkan banyaknya endapan sedimen di muara sungai yang dapat menimbulkan pendangkalan di muara Sungai Sewo, maka diperlukan penelitian untuk menjelaskan analisa granulometri sehingga dapat memberikan gambaran sumber sedimen guna pencegahan pendangkalan di daerah muara Sungai Sewo sehingga tidak mengganggu aktivitas masyarakat serta pemanfaatan pengembangan Pelabuhan Patimban.

Penelitian tentang sebaran sedimen bertujuan untuk mengetahui sebaran sedimen dasar berdasarkan ukuran butirnya. Data dari sedimen dasar dan arus akan digunakan sebagai acuan dalam pengembangan dan pengelolaan wilayah di sekitar Perairan Patimban. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2. Materi dan Metode

A. Materi Penelitian

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sampel sedimen dasar, data material padatan tersuspensi, data debit sungai dan data arus lapangan perairan Patimban Subang. Data pendukung yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa data pasang surut bulan Desember 2016, Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) wilayah Patimban Subang Publikasi BIG Tahun 1999 dan peta batimetri Dishidros TNI-AL wilayah Kabupaten Tanjung Priok - Cirebon skala 1 : 200.000 Tahun 2013.

B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian yang bersifat kuantitatif. Menurut Musianto (2002), metode kuantitatif adalah pendekatan yang di dalamnya terdapat usulan penelitian, proses, hipotesis, turun ke lapangan, analisis data dan kesimpulan data sampai dengan penulisannya mempergunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik dalam hal ini adalah sebaran sedimen dasar di perairan Patimban, Subang Jawa Barat.

Penentuan lokasi pengukuran dan pengamatan dilakukan dengan metode sampling purposive. Menurut Sugiyono (2011), metode sampling purposive yaitu pengambilan sampel dilakukan berdasarkan pertimbangan penelitiannya saja yang menganggap unsur-unsur yang dikehendaki telah ada dalam anggota sampel yang diambil. Penempatan lokasi pengambilan sampel sedimen dasar di perairan Patimban Subang sebanyak 18 stasiun yang tersebar di sekitar pantai dan muara sungai.

Analisis Sebaran Sedimen Dasar

Analisis ukuran butir sedimen (Granulometri) dilakukan dengan cara pemipetan menurut Buchanan (1984) dan tahap-tahap yang harus dilalui oleh sampel sedimen agar dapat diklasifikasikan menurut ukuran butirnya. Hasil ukuran butir sedimen tersebut kemudian diplotkan berdasarkan skala *Wenworth* kemudian diplotkan dalam *sieve graph*. Kennet (1982) menjelaskan bahwa untuk mengetahui nama jenis dari sedimen maka data persentase kadar sedimen yang diperoleh dimasukkan dalam segitiga sedimen.

Analisis Material Padatan Tersuspensi

Analisa material padatan tersuspensi menggunakan metode gravimetri agar didapatkan nilai material padatan tersuspensi pada tiap stasiun. Pengambilan data material padatan tersuspensi dilakukan di muara sungai, data tersebut digunakan sebagai data pendukung dalam pengolahan analisis sebaran sedimen dasar. Berikut rumus menghitung konsentrasi material padatan tersuspensi.

$$MPT = \frac{(a-b)}{c} \text{ gram/liter} \quad (1)$$

Keterangan :

- a : berat kertas saring dan berat MPT yang berada di kertas saring (gr)
- b : berat kertas saring (gr)
- c : volume sampel air (L)

Analisis Debit Sungai

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1987) perhitungan untuk mendapatkan debit sungai sebagai berikut:

$$\text{Debit Sungai} \quad Fd = 2 \times b \times \frac{c+2d+e}{4} \quad (2)$$

$$Qd = Fd \times V \quad (3)$$

Keterangan :

- Fd : luas penampang melintang antara garis pengukuran dalamnya air c dan e
- B : lebar sungai
- c,d,e : kedalaman air pada setiap pengukuran
- Qd : debit aliran
- V : kecepatan aliran rata-rata pada garis pengaliran

Pengolahan Arus Permukaan

Menurut Sosrodarsono et al (2003), pengukuran arus permukaan menggunakan bola duga dengan waktu yang ditentukan sebanyak 3 kali pengulangan, sehingga diperoleh nilai rata-rata kecepatan arus perairan. Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu dan kompas tembak untuk menentukan arah pergerakan dari bola duga.

Permodelan arus laut dilakukan dengan menggunakan *software* MIKE 21 dengan modul hidrodinamika dalam Flow Model 2D. Kemudian dilakukan verifikasi model, yakni proses membandingkan datum lapangan dan hasil simulasi menggunakan cara statistik. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan komponen kecepatan arus hasil model dengan komponen kecepatan arus hasil pengukuran lapangan, kemudian dilihat sejauh mana kemiripannya.

Pengolahan Pasang Surut

Data pasang surut diolah dengan metode Admiralty untuk mendapatkan nilai komponen pasut. Hasil pengolahan data dengan metode Admiralty adalah besarnya amplitudo (A) dan beda fase (g) untuk 9 komponen pasang surut M2, S2, N2, K1,O1, M4, MS4 dan P4 serta S0 muka air laut rata-rata. Komponen pasang surut tersebut dapat digunakan untuk mencari kedudukan muka air laut yaitu MSL (*Mean Sea Level*), HHWL (*Highest High Water Level*), dan LLWL (*Lowest Lower Water Level*).

Komponen pasang surut juga dapat digunakan untuk menentukan tipe pasang surut di daerah penelitian dengan menghitung nilai *Formzahl* sebagai berikut :

$$F = \frac{A(C_1) + A(O_1)}{A(M_2) + A(S_2)} \tag{4}$$

Dengan demikian klasifikasi pasang surut adalah:

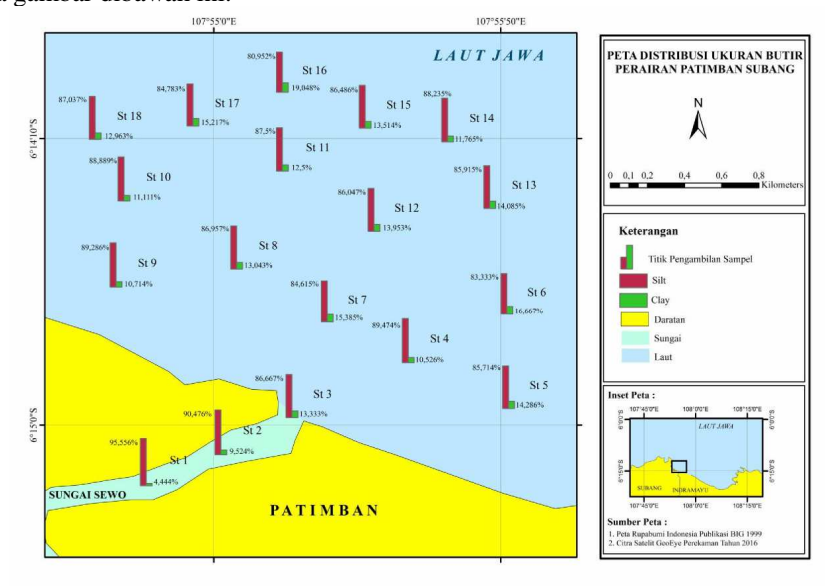
1. Pasang surut harian ganda jika $F \leq 0.25$
2. Pasang surut campuran (ganda dominan) jika $0.25 < F \leq 1.5$
3. Pasang surut campuran (tunggal dominan) jika $1.5 < F \leq 3$
4. Pasang surut harian tunggal jika $F > 3$

(Ongkosono, 1984).

3. Hasil dan Pembahasan

Sedimen Dasar

Hasil analisis sebaran sedimen dasar pada setiap stasiun dalam bentuk grafik dan tabel dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Presentase Sedimen Dasar Setiap Stasiun Pengamatan

Tabel 1. Data Presentase Sedimen Dasar di Perairan Patimban Subang

Stasiun	Presentase Kandungan Jenis Sedimen		Nama Sedimen
	Lanau (<i>silt</i>)	Lempung (<i>clay</i>)	
1	95,556%	4,444%	Lanau
2	90,476%	9,524%	Lanau
3	86,667%	13,333%	Lanau
4	89,474%	10,526%	Lanau
5	85,714%	14,286%	Lanau
6	83,333%	16,667%	Lanau
7	84,615%	15,385%	Lanau
8	86,957%	13,043%	Lanau
9	89,286%	10,714%	Lanau
10	88,889%	11,111%	Lanau
11	87,5%	12,5%	Lanau
12	86,047%	13,953%	Lanau
13	85,915%	14,085%	Lanau
14	88,235%	11,765%	Lanau
15	86,486%	13,514%	Lanau
16	80,952%	19,048%	Lanau
17	84,783%	15,217%	Lanau

18	87,037%	12,963%	Lanau
----	---------	---------	-------

Berdasarkan gambar 2 dan tabel 1 diatas, hasil sebaran sedimen dasar menunjukkan bahwa di perairan Patimban, Subang memiliki tekstur sedimen yang berjenis lanau (silt) dengan nilai dominan lanau di muara sungai berkisar 80,667% – 95,556% dan di sekitar pantai berkisar 80,952 % – 89,286%.

Debit Sungai

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan di muara sungai diperoleh nilai debit sungai sebesar 1,361 m³/s pada saat pasang dan pada saat surut sebesar 1,277 m³/s. Pengukuran debit sungai dilakukan di aliran sungai.

Material Padatan Tersuspensi

Nilai konsentrasi material padatan tersuspensi di muara sungai pada saat pasang berkisar antara 380 mg/l – 530 mg/l sedangkan pada saat surut berkisar antara 290 mg/l – 430 mg/l. Nilai konsentrasi material padatan tersuspensi setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut ini.

Tabel 2. Nilai Konsentrasi Material Padatan Tersuspensi Saat Pasang

Stasiun	Kedalaman (m)	Arus		MPT (mg/l)		
		Kecepatan (m/dt)	Arah (°)	0,2 d	0,6 d	0,8 d
1	1,3	0,0625	120	380	390	480
2	1,5	0,0692	125	390	420	510
3	1,8	0,0717	121	430	420	530

Tabel 3. Nilai Konsentrasi Material Padatan Tersuspensi Saat Surut

Stasiun	Kedalaman (m)	Arus		MPT (mg/l)		
		Kecepatan (m/dt)	Arah (°)	0,2 d	0,6 d	0,8 d
1	0,9	0,0125	18	290	310	340
2	1,3	0,0160	4	300	320	360
3	1,5	0,0290	20	320	400	430

Arus

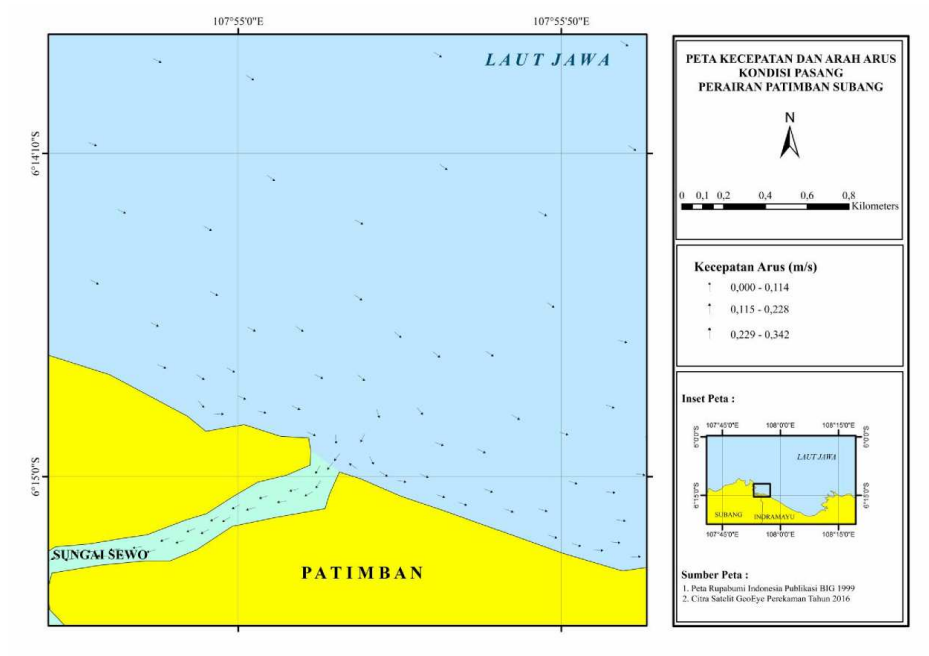
Hasil pengolahan data lapangan menunjukkan arus bergerak dari arah barat laut ke tenggara saat pasang dengan kecepatan tertinggi 0,1783 m/det dan dari arah tenggara ke barat laut saat surut dengan kecepatan tertinggi 0,0994 m/det. Nilai kecepatan dan arah arus pada setiap stasiun dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5, sedangkan peta pola arus pada saat pasang dan surut dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 4. Nilai Kecepatan dan Arah arus Kondisi Pasang

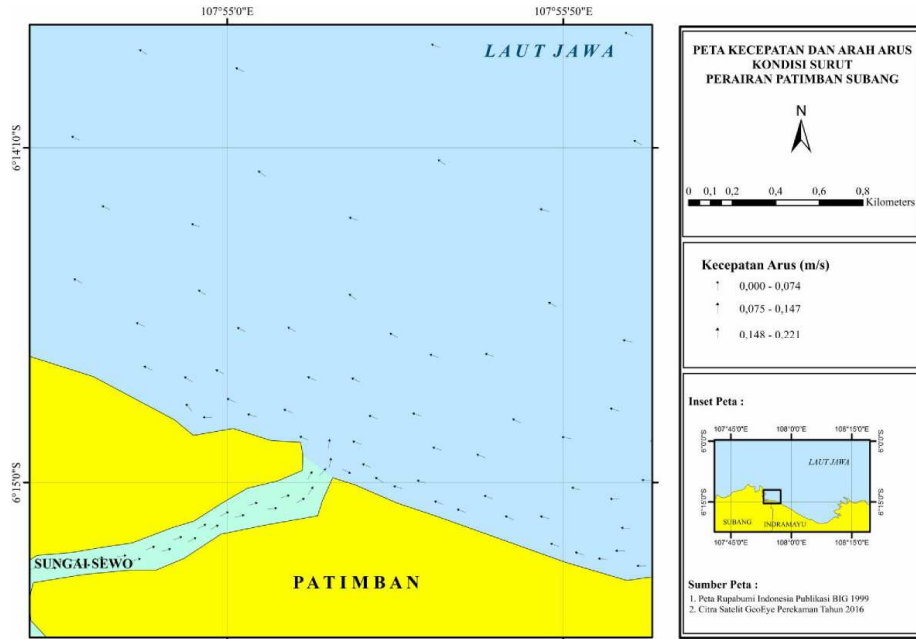
Stasiun	Arus Model		Arus Lapangan	
	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	Kecepatan (m/s)	Arah (°)
1	0,0417	60,062	0,0625	120
2	0,0281	29,605	0,0692	125
3	0,0563	29,605	0,0717	121
4	0,0951	295,179	0,1117	322
5	0,1277	319,662	0,1625	332
6	0,1388	300,189	0,1783	330
7	0,1021	164,555	0,1333	185
8	0,0847	133,66	0,1108	146
9	0,0382	117,731	0,0833	141
10	0,0315	136,366	0,0617	165
11	0,1081	145,582	0,1467	160
12	0,0345	130,971	0,0792	173
13	0,0760	291,229	0,1425	320
14	0,0566	295,947	0,0808	331
15	0,0861	300,196	0,1100	325
16	0,0986	294,814	0,1458	319
17	0,0624	297,955	0,0833	321
18	0,0540	283,515	0,0717	318

Tabel 5. Nilai Kecepatan dan Arah arus Kondisi Surut

Stasiun	Arus Model		Arus Lapangan	
	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	Kecepatan (m/s)	Arah (°)
1	0,01159	18,261	0,0125	20
2	0,02758	3,815	0,0160	5
3	0,01537	20,105	0,0290	35
4	0,02707	15,039	0,0492	22
5	0,02981	4,122	0,0167	6
6	0,05082	28,019	0,0994	33
7	0,04869	64,455	0,0941	74
8	0,05082	23,28	0,0885	30
9	0,01866	11,711	0,0164	15
10	0,01510	44,186	0,0392	65
11	0,01879	35,182	0,0301	45
12	0,02495	30,661	0,0283	35
13	0,01174	42,239	0,0481	50
14	0,01660	66,247	0,0170	80
15	0,02609	45,106	0,0365	60
16	0,02931	37,374	0,0270	44
17	0,02839	24,335	0,0473	39
18	0,03402	43,815	0,0373	55



Gambar 3. Peta Pola Kecepatan dan Arah Arus Kondisi Pasang



Gambar 4. Peta Pola Kecepatan dan Arah Arus Kondisi Surut

Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut menggunakan metode admiralty menghasilkan nilai komponen harmonik pasang surut yaitu S0, M2, S2, K2, N2, K2, K1, O1, P1, M4, dan MS4 seperti yang dapat dilihat pada tabel 6 dan 7.

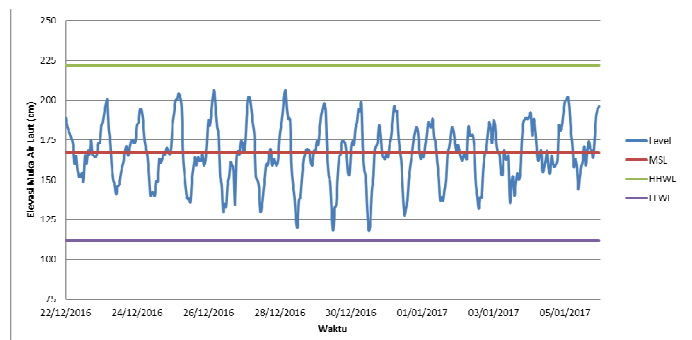
Tabel 6. Hasil Analisis Komponen Harmonik Pasang Surut Metode *Admiralty*

Keterangan	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A (cm)	9,66	9,88	12,85	2,27	28,09	5,54	9	1,12	0,74
δ^m	1,96	17,25	224,36	360	190,48	176,85	720	6,31	19,46

Tabel 7. Nilai-Nilai Elevasi Pasang Surut dengan Metode *Admiralty*

Keterangan	HHWL	LLWL	HWL	LWL	ZO	MSL
Elevasi	222	113	187	148	79	167

Berdasarkan nilai komponen harmonik pasang surut yang telah diketahui, maka dapat ditentukan tipe pasang surut melalui perhitungan bilangan formzhal. Nilai formzhal yang didapat sebesar 1,72. Tipe pasang surut dengan nilai diantara $1,5 < F \leq 3,0$ diketahui sebagai pasang surut Campuran Condong Harian Tunggal. Pasang surut harian tunggal ditandai dengan dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, namun terkadang bisa terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan nilai pasang dan surut yang berbeda. Grafik pasang surut dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pasang Surut Perairan Patimban Desember 2016

Pembahasan

Terlihat dari Tabel 1 bahwa jenis sedimen dasar yang ada pada lokasi ialah lanau (*silt*), hal ini dikarenakan Perairan Patimban yang merupakan Pantai Utara Jawa memiliki kecepatan arus yang rendah (Tabel 4 dan Tabel 5) sehingga kekuatan transport sedimen kecil. Hal ini sesuai dengan pendapat Triadmodjo (1999) yang menyatakan bila kecepatan arus pada perairan berkurang maka sedimen dengan ukuran butir yang besar akan tersedimentasi terlebih dahulu dikarenakan energi arus sudah tidak mampu membawa sedimen tersebut.

Pada stasiun 1, 2 dan 3 yang berada di muara sungai memiliki endapan sedimen dasar dengan rata – rata 90,899% sedangkan endapan sedimen dasar di sekitar pantai rata – rata 80,465%, hal ini dapat terjadi karena banyak faktor yang mempengaruhi proses persebaran sedimen pada muara sungai, seperti yang disampaikan Koesoemadinata (1985) bahwa populasi endapan delta ataupun estuari akan lebih kompleks karena adanya berbagai arus, pasang surut, arus sungai, gelombang dan arahnya yang bolak-balik.

Kecepatan arus pada stasiun 4 hingga 18 di daerah sekitar pantai berkisar antara 0,0617 m/det – 0,1783 m/det pada kondisi pasang dan pada saat kondisi surut berkisar 0,0164 m/det – 0,0994 m/det (Tabel 4 dan Tabel 5), dapat terlihat kecepatan arusnya tidak terlalu besar untuk dapat mengangkut sedimen dengan jenis pasir namun masih dapat mengangkut sedimen dengan jenis lanau dan lempung yang memiliki ukuran butir lebih halus. Sedangkan pada stasiun 1, 2, dan 3 yang berada di muara sungai yang terletak pada perairan sungai yang dangkal dimana pada daerah ini kecepatan arusnya pada kondisi pasang berkisar 0,0625 m/det – 0,0717 m/det sedangkan pada kondisi surut berkisar 0,0125 m/det – 0,0290 m/det (Tabel 4 dan Tabel 5), hal ini menyebabkan sedimen yang dibawa akan mengendap lebih banyak pada daerah muara sungai sehingga terjadi proses sedimentasi. Hal ini sesuai pernyataan Nugroho dan Basit (2014) bahwa arus memiliki sifat yang mampu menyeleksi ukuran butir yang dibawanya dalam proses sedimentasi.

Pada saat pasang, arus akan menuju ke daratan (Gambar 3) dan nilai konsentrasi material padatan tersuspensi semakin meningkat dengan dalamnya perairan (Tabel 2 dan Tabel 3) karena adanya pertemuan arus laut dan debit sungai yang ada. Hal ini didukung dengan pernyataan Triadmodjo (1999) dasar laut terdiri dari material yang mudah bergerak maka arus dan gelombang akan mengerosi sedimen dan membawa searah dengan arus. Arus mengakibatkan terjadinya resuspensi sedimen sehingga nilai konsentrasi material padatan tersuspensi didekat daratan cenderung tinggi.

Faktor daratan berpengaruh pada endapan sedimen yang dihasilkan seperti pada Gambar 2, muara sungai yang masih terpengaruh oleh daratan memiliki nilai presentase kandungan sedimen jenis lanau yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitar pantai yang pengaruh daratannya sudah mulai berkurang, oleh karena itu semakin besar kuat arus maka ukuran butir sedimen yang akan ikut terbawa akan semakin banyak dan besar, berlaku sebaliknya apabila semakin kecil kekuatan arus maka sedimen yang terbawa akan semakin kecil.

4. Kesimpulan

Dengan kondisi arus yang mempunyai kecepatan tertinggi 0,1783 m/det saat pasang dan kecepatan tertinggi 0,0994 m/det saat surut maka pada lokasi pengukuran memiliki arus yang lemah. Hal ini menjadikan sedimen pada daerah muara sungai dan lepas pantai tidak jauh berbeda yakni lanau (*silt*). Pada daerah muara sungai memiliki prosentase lanau (*silt*) lebih besar dibandingkan daerah lepas pantai, hal ini terjadi karena aliran sungai mengandung material padatan tersuspensi dimana sebagian diendapkan di mulut sungai.

Daftar Pustaka

- BPLHD Jawa Barat. 2008. Buku Data Status Lingkungan Hidup Daerah. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah. Provinsi Jawa Barat.
- Buchanan, K and Holme Mc Intyre. 1984. An Introduction to Coastal. Harper and Row Publisher. New York.
- Kennet, J.P. 1982. Marine Geology. Printice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Koesoemadinata, R.P. 1985. Prinsip-Prinsip Sedimentasi. ITB, Bandung.

- Muasiyanto, Lukas S. 2002. Perbedaan Pendekatan Kuantitatif dengan Pendekatan Kualitatif dalam Metode Penelitian. Fakultas Ekonomi dan Fakultas Komunikasi, Universitas Kristen Petra. *Jurnal Manajemen & Kewirausahaan* Vol. 4, No. 2, September 2002: 123 – 136.
- Nugroho, H. S. dan A. Basit. 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis.*, 6(1) : 229-240.
- Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. 1986. Pasang Surut. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Pusat Pengembangan Oseanologi : Jakarta.
- Sorsodarsono, S dan K Takeda. 1987. Hidrologi Untuk Pengairan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sugiyono. 2011. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif . Alfabeta. Bandung.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.