
DISTRIBUSI MATERIAL PADATAN TERSUSPENSI DI PERAIRAN MUARA SUNGAI CI GADUNG SATU KABUPATEN SUBANG

Syukria Ilyana Nur, Siddhi Saputro^[1], dan Lilik Maslukah^[2]

Program Studi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro,
Semarang

Jalan Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, Telp/Fax (024)7474698 Semarang 50275

Email : syukria.illyana@gmail.com; saputrosiddhi@gmail.com; lilik_maslukah@yahoo.com

Abstrak

Sungai Ci Gadung Satu terletak di Desa Mayangan, Kabupaten Subang. Aktivitas bahari yang cukup tinggi menyebabkan terjadinya material tersuspensi yang diangkut oleh aliran sungai. Penelitian yang dilakukan sebelumnya menyatakan bahwa Pantai Pondok Bali, Kabupaten Subang termasuk daerah pesisir yang mengalami abrasi dan akresi. Adanya abrasi dan akresi menjadikan pengkajian tentang distribusi sedimen tersuspensi diperlukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai konsentrasi dan pola sebaran sedimen tersuspensi di permukaan perairan berdasarkan arus dan pasang surut di muara Sungai Ci Gadung Satu. Pengambilan data lapangan dilakukan pada tanggal 23 April 2016, sedangkan analisa berat sedimen tersuspensi dilakukan pada tanggal 26 Mei – 3 Juni 2016 di Laboratorium Geologi Laut, FPIK, UNDIP. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air laut dan data arus laut, sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data pasang surut, Citra Google Earth 2016, dan Peta RBI. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dan metode penentuan lokasi menggunakan purposive sampling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konsentrasi sedimen tersuspensi saat surut menuju pasang berkisar antara 171 mg/l – 240 mg/l dan pada saat pasang menuju surut berkisar antara 177 mg/l – 269 mg/l. Pola sebaran sedimen tersuspensi dipengaruhi oleh arus yang bergerak dari barat daya menuju timur laut saat surut menuju pasang dan bergerak dari timur laut menuju barat daya saat pasang menuju surut.

Kata kunci : *Sedimen Tersuspensi, Arus, Pasang Surut, Muara Sungai Ci Gadung Satu*

Abstract

Ci Gadung Satu River is located in the village of Mayangan Subang district. Maritime activity is quite enough causing the suspended materials transported by river flow. Research carried out previously stated that the Pondok Bali Beach, Subang regency, including the coastal areas that suffered erosion and accretion. Their abrasion and accretion make an assessment of the distribution of suspended sediment required. The purpose of this study was to determine the concentration and distribution pattern of suspended sediment in surface waters by currents and tides in the estuary of Ci Gadung Satu River. Collection of field data held on April 23rd 2016, while the analysis of suspended sediment weight held on May 26th - June 3rd, 2016 at the Laboratory of Marine Geology, FPIK, UNDIP. The primary data used in this study is a sample of sea water and current data, while secondary data used is tide data, Google Earth Imagery 2016 and Map of RBI. The method used is quantitative method and the method of determining location using purposive sampling. The results of the research value of the concentration of suspended sediment at low tide toward ranged from 171 mg / l - 240 mg / l, while at ebb tide toward ranged from 177 mg/l - 269 mg/l. Suspended sediment distribution patterns influenced by currents moving from the southwest toward the northeast at low tide and moving toward the northeast to the southwest towards the receding tide.

Keyword : *Suspended sediment, Current, Tidal, Estuary of Ci Gadung Satu River*

Pendahuluan

Arus laut merupakan agen yang sangat berperan dalam perpindahan sedimen baik itu pengangkutan sedimen maupun pengendapan sedimen. Arus berfungsi sebagai media transport sedimen dan agen pengerosi yang bergantung pada gaya pembangkitnya. Arus mengakibatkan sedimen yang telah mengalami pengendapan kembali terangkat ke kolom perairan karena terjadi proses turbulensi (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Sedimen tersuspensi merupakan material endapan yang melayang dalam air yang bergerak dalam jangka waktu tertentu tanpa menyentuh dasar perairan. Pola sirkulasi air seperti aliran sungai dan arus pasang surut merupakan faktor yang paling mempengaruhi sebaran sedimen tersuspensi di muara sungai (Chester, 1990).

Muara sungai merupakan tempat pertukaran sistem transport dari debit air sungai ke arus laut. Sumber sedimen tersuspensi berasal dari hasil erosi daerah atas (*up land*), hasil erosi dasar sungai, hasil degradasi makhluk hidup, limbah industri dan rumah tangga. Penyebaran muatan sedimen yang masuk ke laut dari muara sungai ditentukan oleh debit aliran sungai, volume muatan sedimen, kondisi arus, gelombang, dan pasang surut. Sebagian sedimen akan mengendap di muara sungai, dan sisanya akan diteruskan ke laut (Neilson *et al.*, 1989). Sedimen yang tersuspensi pada perairan memiliki pengaruh terhadap kualitas perairan tersebut. Jika nilai konsentrasi sedimen tersuspensi semakin tinggi, maka kekeruhan di perairan tersebut juga semakin tinggi sehingga metabolisme makhluk hidup di perairan terganggu.

Sungai Ci Gadung Satu yang berada di Desa Mayangan, Kabupaten Subang memiliki aktivitas bahari atau nelayan yang cukup tinggi. Sungai tersebut dimanfaatkan masyarakat untuk kegiatan ekonomi dan media transportasi. Di sekitar sungai terdapat pelabuhan perikanan dan tempat pelelangan ikan. Aktivitas tersebut akan menjadi sumber material yang diangkut oleh aliran sungai, sehingga mempengaruhi kondisi perairan sekitar. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Taofiqrohman dan Ismail (2012), perairan di sekitar Pondok Bali, Kabupaten Subang mengalami akresi dan abrasi.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan kajian tentang pola sebaran sedimen tersuspensi. Pola sebaran sedimen tersuspensi dapat diketahui dengan menentukan nilai konsentrasi sedimen tersuspensi yang dikaitkan dengan faktor hidro-oseanografi yaitu arus dan pasang surut.

1. Materi & Metode

Materi penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Berdasarkan sumber data, data primer adalah data yang diperoleh dari pengukuran atau pengambilan sampel dilapangan. Data primer tersebut terdiri atas sampel air laut dan data arus laut yang diambil saat pasang menuju surut dan surut menuju pasang pada permukaan perairan disetiap stasiun pengamatan. Sedangkan data sekunder adalah data tambahan yang digunakan sebagai data pendukung penelitian, biasanya didapat dari suatu lembaga atau instansi. Data sekunder yang digunakan meliputi pengamatan di lapangan pasang surut harian perairan Pondok Bali, Kabupaten Subang bulan April-Mei 2016, Citra Google Earth tahun 2016, dan Peta Rupa Bumi Indonesia Kabupaten Subang skala 1:25.000 tahun 1999.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data dan penggunaan instrumen penelitian, dan data dalam bentuk angka. Metode kuantitatif berfungsi untuk mengetahui hubungan antar variabel yang diteliti sehingga menghasilkan kesimpulan yang akan memperjelas gambaran mengenai objek yang diteliti (Sugiyono, 2009). Penentuan lokasi pengambilan data dengan menggunakan cara *purposive sampling* yaitu dengan cara mengambil sampel secara acak dibeberapa titik yang mewakili daerah kajian. Pengambilan sampel dilakukan dekat muara sungai dan laut. Gambar 1 menunjukkan titik-titik lokasi pengambilan sampel sedimen tersuspensi. Titik-titik lokasi tersebut ditentukan menggunakan *Arcgis* yang kemudian koordinatnya diinput kedalam GPS.

Sampel sedimen tersuspensi diambil menggunakan botol nansen yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi material padatan tersuspensi yang ada di wilayah tersebut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005). Perhitungan nilai konsentrasi sedimen tersuspensi dilakukan dengan uji laboratorium sesuai SNI 06-6989.3-20004 secara gravimetri (Badan Standarisasi Nasional, 2004) sebagai berikut:

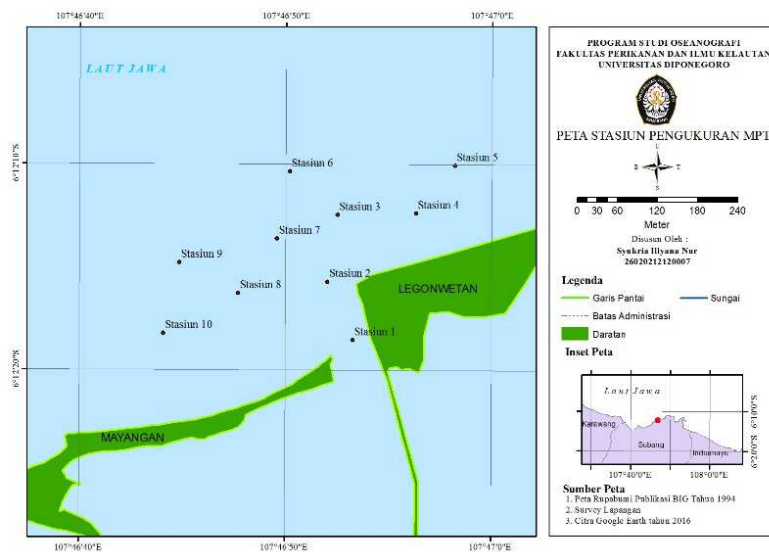
- 1) Meringkang kertas saring Whatman ukuran pori 0,45 μm ke dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ selama satu jam.

- 2) Memasukkan kertas saring ke dalam desikator yang berisi silika gel selama 30 menit.
 - 3) Menimbang kertas saring menggunakan timbangan digital dan mengulangnya hingga 3 kali.
 - 4) Menyaring 1 liter sampel air laut menggunakan *vaccum pump* yang dilapisi kertas saring.
 - 5) Mengeringkan kertas saring yang telah digunakan tersebut ke dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam.
 - 6) Memasukkan kertas saring yang telah dikeringkan menggunakan oven ke dalam desikator yang berisi silika gel selama 30 menit.
 - 7) Menimbang kertas saring menggunakan timbangan digital dan menggulangnya hingga 3 kali.
- Perhitungan nilai konsentrasi sedimen tersuspensi menggunakan rumus berikut:

$$\text{MPT} = \frac{a - b}{c} \left(\frac{\text{mg}}{\text{liter}} \right)$$

Keterangan:

- MPT : Material Padatan Tersuspensi (mg/l)
 a : Berat kertas saring dan berat MPT yang berada dikertas saring (mg)
 b : Berat kertas saring (mg)
 c : Volume sampel air laut (l)



Gambar 1. Peta Lokasi Stasiun Pengambilan Sampel Sedimen Tersuspensi

Data pasang surut dianalisis menggunakan metode Admiralty dengan 15 piantan. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan nilai Formzahl (F) sehingga dari nilai Formzahl tersebut didapatkan tipe pasang surut yang terjadi di perairan tersebut (Ongkosongo dan Suyarso, 1989).

Pengukuran arus dilakukan menggunakan bola duga dengan pendekatan Lagrange yaitu melihat jejak pergerakan arus menggunakan pelampung. Data arah dan kecepatan arus diambil bersamaan dengan data lamanya waktu pelampung tersebut dilepaskan saat kapal berhenti. Lama waktu tali menegang dibagi dengan panjang tali bola duga akan didapatkan kecepatan arus (Davis, 1990).

Permodelan hidrodinamika 2D arus diolah menggunakan *software* Mike 21. Inputan model pada *software* ini menggunakan data batimetri dan data pasang surut (DHI Water and Environment, 2007). Verifikasi model dihitung menggunakan Presentase model Bias (PB). Rumus Presentase model Bias adalah sebagai berikut:

$$\text{PB} = \frac{\sum(D - M)}{\sum D} \times 100\%$$

Keterangan:

- PB : Presentase model Bias
 D : Data lapangan
 M : Data hasil simulasi model

2. Hasil dan Pembahasan

Material padatan tersuspensi (MPT) adalah pertikel-partikel yang melayang dalam kolom air, terdiri dari komponen organik dan komponen anorganik. Komponen organik terdiri

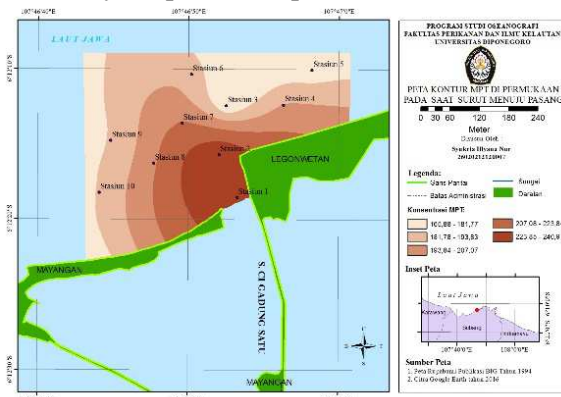
dari fitoplankton, bakteri, fungi, dan sebagainya. Komponen anorganik terdiri dari detritus dan partikel – partikel anorganik (Riyono 1997 dalam Hutagalung *et al*, 1997).

Berdasarkan hasil analisa laboratorium didapatkan nilai konsentrasi sedimen tersuspensi di perairan muara sungai Ci Gadung Satu saat surut menuju pasang antara 171 mg/l – 240 mg/l dan pada saat pasang menuju surut berkisar antara 177 mg/l – 269 mg/l. Nilai selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

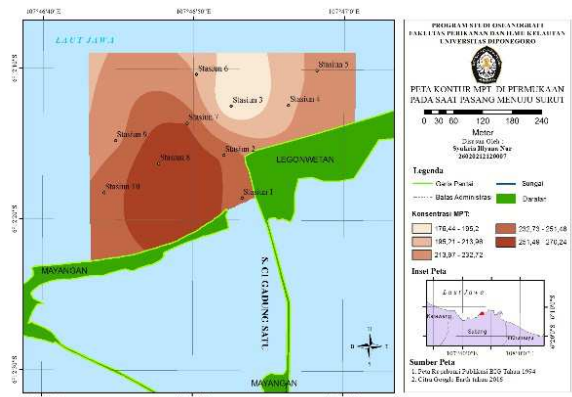
Tabel 1. Nilai Konsentrasi Sedimen Tersuspensi

| No | Stasiun | Koordinat | | Konsentrasi MPT (mg/l) | |
|-----|---------|-----------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| | | Lintang | Bujur | Surut Menuju Pasang | Pasang Menuju Surut |
| 1. | 1 | 6°12'18.5343''S | 107°46'52.9770''E | 236 | 242 |
| 2. | 2 | 6°12'15.7059''S | 107°46'51.7410''E | 240 | 248 |
| 3. | 3 | 6°12'12.4487''S | 107°46'52.2238''E | 171 | 177 |
| 4. | 4 | 6°12'12.3684''S | 107°46'56.0297''E | 194 | 210 |
| 5. | 5 | 6°12'10.0520''S | 107°46'57.9095''E | 175 | 219 |
| 6. | 6 | 6°12'13.6087''S | 107°46'49.2938''E | 188 | 212 |
| 7. | 7 | 6°12'16.2694''S | 107°46'47.4158''E | 208 | 251 |
| 8. | 8 | 6°12'10.3608''S | 107°46'49.9046''E | 205 | 269 |
| 9. | 9 | 6°12'14.7783''S | 107°46'44.5527''E | 183 | 228 |
| 10. | 10 | 6°12'18.2249''S | 107°46'43.7968''E | 183 | 242 |

Gambaran pola sebaran sedimen tersuspensi didapatkan dengan menginterpretasikan nilai konsentrasi sebaran sedimen tersuspensi menggunakan *software* Arcgis. Untuk melihat pola sebarannya dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Peta Sebaran MPT saat surut menuju pasang di Perairan Muara Sungai Ci Gadung Satu



Gambar 3. Peta Sebaran MPT saat pasang menuju surut di Perairan Muara Sungai Ci Gadung Satu

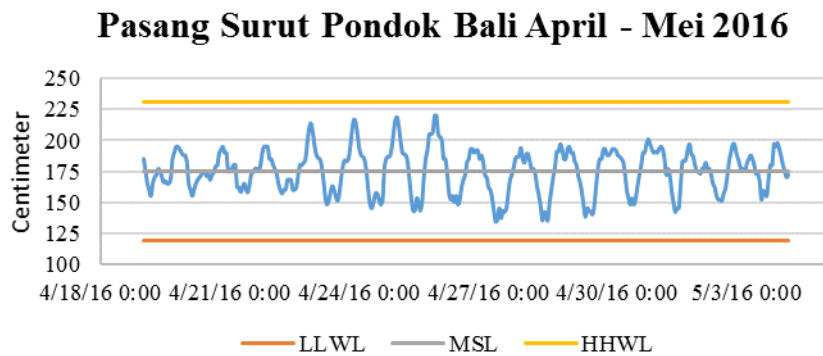
Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, stasiun yang terletak di sekitar muara sungai dan di dekat garis pantai mempunyai nilai konsentrasi sedimen tersuspensi terbesar. Menurut Triadmodjo (1999), muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran air dari daratan. Sedimen tersuspensi yang masuk ke muara sungai berasal dari masukan sedimen yang ada di darat maupun sekitar sungai yang terangkut oleh aliran sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut dan arus. Menurut Satriadi dan Widada (2004), arus dan pasang surut menyebabkan pengadukan sedimen di dasar perairan sehingga partikel sedimen tersebut tersuspensi di dalam air.

Pasang surut air laut berpengaruh terhadap pola sebaran sedimen tersuspensi. Hasil pengolahan data pasang surut perairan di atas dianalisis menggunakan metode Admiralty. Pengolahan tersebut bertujuan untuk mendapatkan konstanta pasang surut dan nilai Formzahl, untuk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan pengertian pasang surut sendiri adalah suatu fenomena pergerakan naik - turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi (gaya tarik - menarik) dari benda - benda astronomi terutama oleh Matahari, Bumi dan Bulan, sedangkan pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil (Nontji, 2005).

Tabel 2. Komponen Pasang Surut Hasil Pengolahan Metode Admiralty

| Komponen | Amplitudo (cm) |
|----------|----------------|
| S0 | 175 |
| M2 | 7.79 |
| S2 | 2.40 |
| N2 | 5.92 |
| K1 | 17.39 |
| O1 | 12.32 |
| M4 | 1.86 |
| MS4 | 2.08 |
| K2 | 0.55 |
| P1 | 5.74 |

Berdasarkan nilai-nilai komponen pasang surut tersebut diperoleh nilai MSL sebesar 174.95 cm, nilai HHWL sebesar 231.01 cm, nilai LLWL sebesar 119.44 cm, nilai Z0 sebesar 56.06 cm, dan nilai Formzahl sebesar 2.9. Grafik pasang surut perairan Pondok Bali, Kabupaten Subang bulan April-Mei 2016 dapat dilihat pada gambar 4.

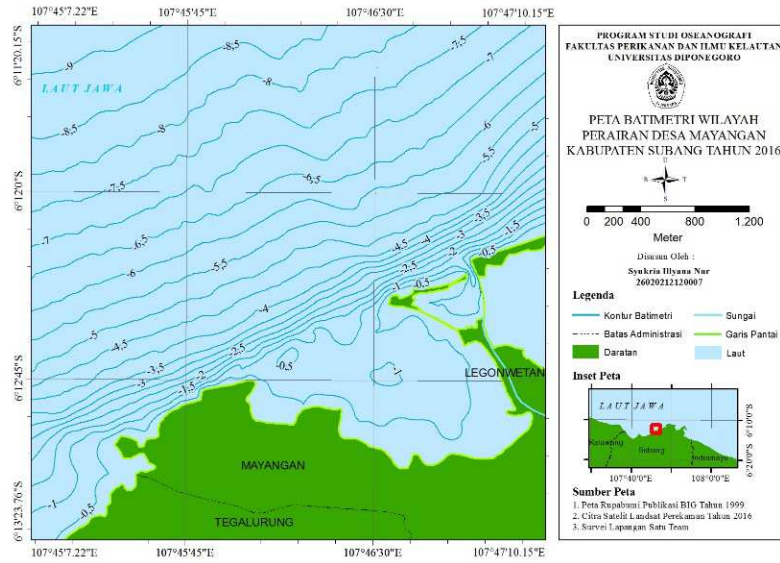


Gambar 4. Grafik Pasang Surut Perairan Pondok Bali bulan April-Mei 2016

Tipe pasang surut perairan Pondok Bali, Kabupaten Subang dapat dilihat dari nilai Formzahl dan grafik pasang surut. Perairan tersebut memiliki tipe pasang surut campuran condong harian tunggal yaitu dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode berbeda. Menurut Triadmodjo (1999), perairan laut Jawa bagian utara didominasi dengan tipe pasang surut campuran condong harian tunggal.

Konsentrasi sedimen tersuspensi saat pasang menuju surut lebih tinggi dibandingkan konsentrasi sedimen tersuspensi saat surut menuju pasang, hal ini dikarenakan adanya pengenceran material sedimen tersuspensi lebih besar pada saat pasang. Jumlah volume air saat pasang yang masuk ke perairan lebih besar dari pada saat surut. Nurhady (2008), menyatakan konsentrasi sedimen tersuspensi sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Saat pasang konsentrasi sedimen akan menurun dan sebaliknya saat surut konsentrasi sedimen akan meningkat.

Perairan Desa Mayangan termasuk kedalam perairan dangkal. Hal ini dapat dilihat dari morfologi dasar laut yang landai dan nilai kedalaman perairan. Nilai kedalaman perairan Desa Mayangan dari garis pantai sampai sejauh 2 km ke arah laut berkisar antara 0.5-9 m. Peta Batimetri (Gambar 5) menunjukkan bahwa kedalaman perairan di dekat garis pantai dangkal, sehingga menyebabkan sedimen dasar teraduk dan meningkatkan nilai konsentrasi sedimen tersuspensi. Menurut Sarjono (2009), lokasi muara sungai yang dipengaruhi oleh arus dan pasang surut yang tinggi menyebabkan terjadinya proses pengadukan sedimen dasar perairan yang juga berperan dalam meningkatkan nilai kekeruhan perairan.



Gambar 5. Peta Batimetri Perairan Desa Mayangan, Kabupaten Subang

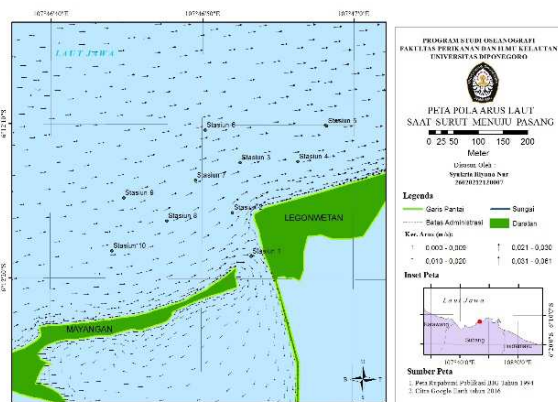
Tidak hanya pasang surut, arus laut juga berpengaruh terhadap pola distribusi sedimen tersuspensi di perairan Pondok Bali, Kabupaten Subang. Hadi dan Radjawane (2009) mendefinisikan arus laut adalah gerakan horisontal massa air laut yang disebabkan oleh gaya penggerak yang bekerja pada air laut seperti gesekan angin, gradien tekanan (timbul akibat gradien densitas horisontal, pengaruh angin dan gradien tekanan atmosfer), gelombang laut dan pasang surut.

Muara sungai Ci Gadung Satu dipengaruhi arus pasang surut. Hasil pengukuran arus dilapangan diperoleh nilai kecepatan arus saat surut menuju pasang berkisar antara 0.0648 m/s – 0.1852 m/s dan saat pasang menuju surut berkisar antara 0.0870 m/s – 0.2469 m/s. Arah arus dominan saat surut menuju pasang ke arah timur laut dan saat pasang menuju surut ke arah barat daya.

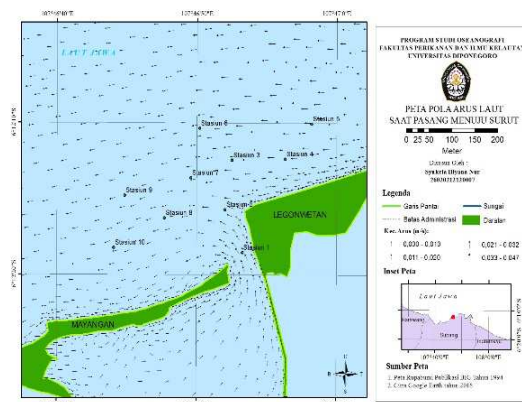
Tabel 3. Data Arus Lapangan

| Stasiun | Kecepatan Arus (m/s) | | Arah Arus | |
|---------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Surut Menuju Pasang | Pasang Menuju Surut | Surut Menuju Pasang | Pasang Menuju Surut |
| 1 | 0.0648 | 0.0957 | 76° | 295° |
| 2 | 0.1575 | 0.0975 | 120° | 217° |
| 3 | 0.1471 | 0.1149 | 80° | 268° |
| 4 | 0.1471 | 0.0870 | 80° | 265° |
| 5 | 0.1370 | 0.0885 | 90° | 252° |
| 6 | 0.1087 | 0.1556 | 70° | 255° |
| 7 | 0.1194 | 0.1619 | 104° | 226° |
| 8 | 0.1075 | 0.1208 | 104° | 224° |
| 9 | 0.1852 | 0.1000 | 50° | 224° |
| 10 | 0.1140 | 0.2469 | 88° | 255° |

Simulasi pola arus dimodelkan menggunakan *software* MIKE21. Dari hasil *running* program didapatkan nilai PB hasil verifikasi model dengan data lapangan saat pasang menuju surut sebesar 27.07% dan saat surut menuju pasang sebesar 23.87%. Peta sebaran dan kecepatan arus dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Peta Sebaran dan Kecepatan Arus Saat Surut Menuju Pasang



Gambar 7. Peta Sebaran dan Kecepatan Arus Saat Pasang Menuju Surut

Pola sebaran sedimen tersuspensi saat pasang menuju surut sedimen tersuspensi lebih tertekan ke arah laut dan saat surut menuju pasang sedimen tersuspensi lebih tertekan ke arah muara sungai. Nilai kecepatan arus saat surut menuju pasang lebih besar dibandingkan kecepatan arus saat pasang menuju surut, hal tersebut mungkin disebabkan pengaruh angin yang lebih besar saat kondisi surut menuju pasang. Menurut Bernawis (2000) dalam Jewlaika, *et al* (2014) menyatakan bahwa angin merupakan salah satu faktor pembangkit arus. Tenaga angin memberikan pengaruh terhadap arus permukaan sekitar 2% dari kecepatan angin.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, konsentrasi sedimen tersuspensi di perairan muara sungai Ci Gadung Satu, Kabupaten Subang pada kondisi surut menuju pasang berkisar antara 171 mg/l – 240 mg/l dan kondisi pasang menuju surut berkisar antara 177 mg/l – 269 mg/l. Konsentrasi sedimen tersuspensi memiliki nilai lebih tinggi di lokasi dekat dengan muara sungai dan di lokasi dekat dengan garis pantai di waktu pasang menuju surut dikarenakan adanya masukan sedimen yang terbawa oleh aliran sungai serta arus pasang surut yang bergerak memasuki dan menjauhi muara sungai dan perairan sekitarnya.

4. Daftar Pustaka

Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.3-2004 Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspendel Solid, TSS*) Secara Gravimetri. BSN, Jakarta.

Chester, R. 1990. Marine Geochemistry. Unwin Hyman Ltd, London.

Davis, R. Jr. 1990. Oceanography an Intoduction to the Marine Environment. WM. C. Brown Publisher.

[DHI] Danish Hydraulic Institute Water and Enviromen. 2007. Manual Mike 21 Flow Model Hydrodynamic Module, Scientific Backround. DHI Water & Environment. Horsholm, Denmark.

Hadi, S. dan I.M. Radjawane. 2009. Arus Laut. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Hutagalung, H.P., D. Setiapermana dan S.H. Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi LIPI, Jakarta.

Jewlaika, L., Mubarak dan I. Nurrachmi. 2014. Studi Padatan Tersuspensi di Perairan Pulau Topang Kabupaten Kepulauan Meranti Provinsi Riau. Jurnal Perikanan dan Kelautan., 19(2):53-66.

Jing, H., P. Cun-hong, K. Cui-ping, Z. Jian dan C. Gang. 2013. Experimental Hydrodynamic Study of the Qiantang River Tidal Bore. Journal Hydrodynamics. 25(3):481-490.

Neilson, B.J., A. Kuo dan J. Brubaker. 1989. Estuarine Circulation. The Humana Inc, New Jersey.

Nontji, A. 2005. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta.

- Nurhady, S. 2008. Simulasi 2-Dimensi Transpor Sedimen di Sungai Mesuji Provinsi Lampung. Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ongkosongo, O.S.R., dan Suyarso. 1989. Pasang Surut. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Poerbandono dan E. Djunasjah. 2005. Survei Hidrologi. PT Refika Aditama, Bandung.
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb, dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Satriadi, A. dan S. Widada. 2004. Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Bodri, Kabupaten Kendal. *Jurnal Ilmu Kelautan.*, 9(2):101-107.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta, Bandung.
- Taofiqurohman, A., dan M. F. A. Ismail. 2012. Analisis Spasial Perubahan Garis Pantai di Pesisir Kabupaten Subang, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis.* 4(2):280-289.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.