

## PENGARUH ARUS TERHADAP MUATAN PADATAN TERSUSPENSI DI MUARA SUNGAI KALIMAS, SURABAYA

Ice Trisnawati Togatorop, Warsito Atmodjo, Sugeng Widada\*)

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698

### Abstrak

Sedimentasi terjadi tiap tahun di perairan pelabuhan Muara Sungai Kalimas walaupun telah dilakukan pengerukan pada area dermaga, namun jumlah sedimentasi yang terjadi tiap tahun selalu lebih besar dari sebelumnya sehingga akan mengganggu transportasi laut dari Surabaya sampai Madura dan proses bongkar muat di dermaga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi padatan tersuspensi dan pengaruh arus terhadap sebaran muatan padatan tersuspensi sehingga dapat memberikan informasi kepada masyarakat dan instansi terkait yang menangani hal tersebut dan dapat bermanfaat seperti dalam melakukan pengerukan pada daerah muara agar sistem pengangkutan barang dan pelayaran tidak terganggu. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kasus sedangkan metode yang digunakan dalam penentuan lokasi pengambilan sampel adalah *purposive sampling method*. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer terdiri dari sampel sedimen tersuspensi dan data arus, dan yang digunakan sekunder yaitu Peta LPI dan data pasang surut. Pemodelan arus menggunakan model *2D depth average* pada ADCIRC dan *Surfer* untuk sebaran sedimen tersuspensi. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa pada daerah muara sungai terdapat nilai konsentrasi material padatan tersuspensi lebih tinggi daripada daerah laut

**Kata kunci:** Sedimen tersuspensi, ADCIRC, Muara Sungai Kalimas Surabaya

### Abstract

Sedimentation occurs every year in the waters of the harbor estuary Kalimas although it has been dredging the dock area, but the amount of sediment that occurs each year are always larger than before so that will disrupt marine transportation from Surabaya to Madura and the process of loading and unloading at the dock. This research aims to know the value of the concentration of suspended solids and the influence of the currents of the charge distribution are suspended solids so as to provide information to the public and relevant agencies that handle such matters and can be useful in conducting dredging on the estuary to shipping and haulage system was not interrupted. The research method used is the method the case while the method used in determining the location of sampling is a purposive sampling method. The material used in this research is the primary data consist of current data and suspended sediment, and secondary data used map and tide data. Modeling the flow using a 2D depth average model at the ADCIRC and *Surfer* for distribution of suspended sediment. Based on the results of this research note that on the estuary of the river is the concentration of suspended solids material value is higher than the sea

**Keywords:** suspended sediments, ADCIRC, estuary Kalimas Surabaya

## 1. Pendahuluan

Muara sungai merupakan pertemuan antara laut dan sungai dan menjadi batas lingkungan (*environment*) air asin dan air tawar. Di daerah muara sering terjadi perubahan kecepatan aliran air. Pada saat aliran air memasuki muara akan terjadi perubahan (*transisi*) kecepatan aliran dari kecepatan aliran tertentu dari hulu ke kecepatan yang mendekati nol dalam laut, sehingga terjadi peredaman energi didalamnya. Hal tersebut menyebabkan terjadinya pengendapan yang sangat besar di dalam muara sehingga mengakibatkan pendangkalan. Debit air yang besar dan melewati muara sungai yang datang dari hulu akan membentuk alur dangkal yang melebar sehingga terbentuklah sifat muara yang dipengaruhi oleh aliran debit dari hulu oleh pergerakan air pasang surut. Sehingga aliran debit air menjadi sangat tenang. Kecepatan aliran air dari hulu maupun aliran pasang naik yang melewati muara sungai sangat kecil yang akan menimbulkan proses pengendapan sedimen dalam muara itu di samping itu kecepatan aliran air yang semakin cepat dapat membawa padatan tersuspensi semakin banyak (Mulyanto, 2010). Air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat bertahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain, sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan. Menurut Poerbandono dan Djunasjah (2005), Kecepatan arus dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya energi yang bekerja di dasar perairan yang mampu memindahkan sedimen dari suatu tempat ke tempat lain. Akibat perpindahan sedimen ini akan terjadi erosi (abrasi) dan deposisi (sedimentasi). Menurut Wibowo, 2009 mengatakan bahwa suplai sedimen dari hulu sangat besar sehingga mengakibatkan pendangkalan pada daerah muara sungai tersebut. Berdasarkan kondisi ini perlu dikaji bagaimana pola arus dan konsentrasi sedimen pada muara sungai Kalimas dengan menggunakan pendekatan spasial dan pemodelan arus di muara sungai tersebut.

## 1. Materi dan Metode Penelitian

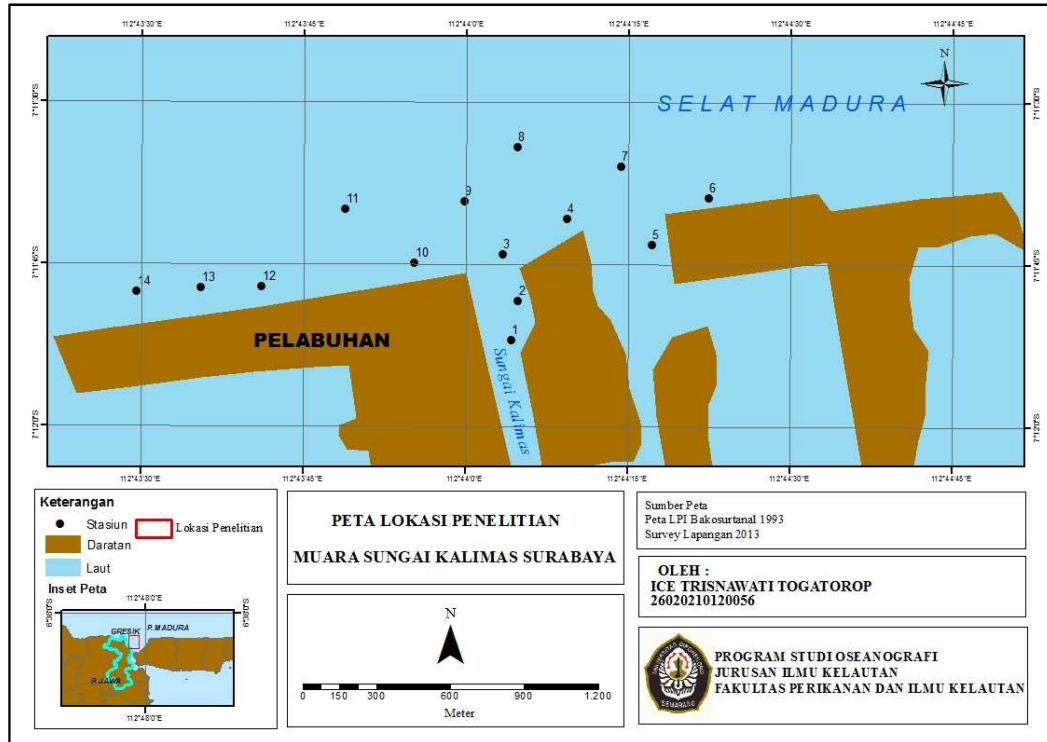
### A. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data utama dan data pendukung. Data utama berupa data sedimen tersuspensi dan data arus. Sedangkan data pendukung berupa data pasang surut bulan Desember 2013 dan Peta Lingkungan Pantai (LPI) Gresik tahun 1993 dengan skala 1 : 50.000 dari BAKOSURTANAL.

### B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kasus dimana menurut Bogdan dan Bikien (1982) studi kasus merupakan pengujian secara rinci terhadap satu latar, subjek, tempat atau satu peristiwa tertentu. Hal ini kemudian di analisis dengan menggunakan metode analisis kuantitatif model yaitu Menurut Punch (1998) metode penelitian kuantitatif merupakan penelitian empiris di mana data adalah dalam bentuk sesuatu yang dapat dihitung/angka. Penelitian kuantitatif memusatkan pada pengumpulan dan analisis data dalam bentuk numerik dimana pemodelan merupakan gejala di alam yang dapat dimodelkan dalam skala yang kecil dengan menggunakan model matematis atau dengan menggunakan angka. Pemodelan dalam penelitian ini menggunakan *software SMS (Surface Water Modelling System)* dan *Surfer. Software SMS (Surface Water Modelling System)* digunakan untuk pemodelan pola arus dan *software Surfer* digunakan untuk pemodelan sebaran MPT di muara sungai Kalimas Surabaya.

Metode yang digunakan dalam penentuan lokasi pengambilan sampel adalah *purposive sampling method*, yaitu suatu metode sampling dengan pemilihan sekelompok subjek berdasarkan ciri-ciri atau sifat-sifat yang memiliki hubungan erat dengan ciri-ciri atau sifat-sifat yang sudah diketahui sebelumnya untuk mencapai tujuan tertentu (Hadi, 1987). Pengambilan titik sampel dilakukan di 14 titik sampel dimulai dari titik 1 dan 2 yang merupakan daerah yang masih mendapat pengaruh air sungai. Kemudian titik 3 daerah muara sungai yang merupakan daerah yang dipengaruhi oleh air sungai dan air laut, lalu titik 4 sampai titik 14 yang merupakan daerah yang mendapatkan pengaruh pasang surut langsung (laut) serta untuk mengetahui sebarannya ke arah laut (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel (Sumber : Pengolahan Data, 2014)

Metode analisis data ini terdapat beberapa data yang diolah dan dianalisis yaitu data sedimen tersuspensi, data arus, dan data pasang surut.

Hasil pencatatan pasang surut dilapangan kemudian dilakukan analisis harmonik pasang surut dengan metode Admiralty sehingga diperoleh konstanta harmonik pasang surut yaitu  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $P_1$ , dan  $Q_1$  dan juga bilangan *Formzahl* (F) yang menunjukkan tipe pasang surut di daerah penelitian.

Massa sedimen pada sampel air laut didapat dengan menimbang selisih berat kering filter setelah dan sebelum filtrasi (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005). Menurut Alaerts dan Santika (1987) dalam Satriadi dan Widada (2004), bahwa sedimen tersuspensi dianalisis menggunakan metode Gravimetri.

Perhitungan MPT menurut Alaerts dan Santika (1984) dalam Satriadi dan Widada (2004) adalah sebagai berikut :

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

Keterangan : a = berat kertas saring dan residu sesudah pemanasan (g)  
 b = berat kertas saring (g)  
 c = volume sampel air (L)

### C. Verifikasi Data

Pemodelan hidrodinarnika 2D diolah menggunakan software SMS (*Sea water Modelling System*) dengan menggunakan modul ADCIRC. Inputan model pada software ini menggunakan data batimetri dan data pasang surut. Data pasang surut menggunakan File Legi untuk dimasukkan pada syarat terbuka.

Verifikasi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif dilakukan dengan membandingkan pola grafik hasil perhitungan model dengan hasil pengukuran arus lapangan. Secara kuantitatif dilakukan dengan menghitung besar kesalahan yang terjadi. Parameter yang digunakan dalam verifikasi adalah elevasi muka air dan kecepatan arus dalam arah x dan y. Perhitungan kesalahan hasil simulasi dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RE = \frac{|X - C|}{X} \times 100 \% \quad \dots (2)$$

$$MRE = \sum_0^n \frac{RE}{n} \quad \dots (3)$$

Dimana :

RE = *Relatif Error* (Kesalahan Relatif)

MRE = *Mean Relatif Error* (Rata-Rata Kesalahan Relatif)

C = Data Hasil Model

X = Data Lapangan

n = Jumlah Data

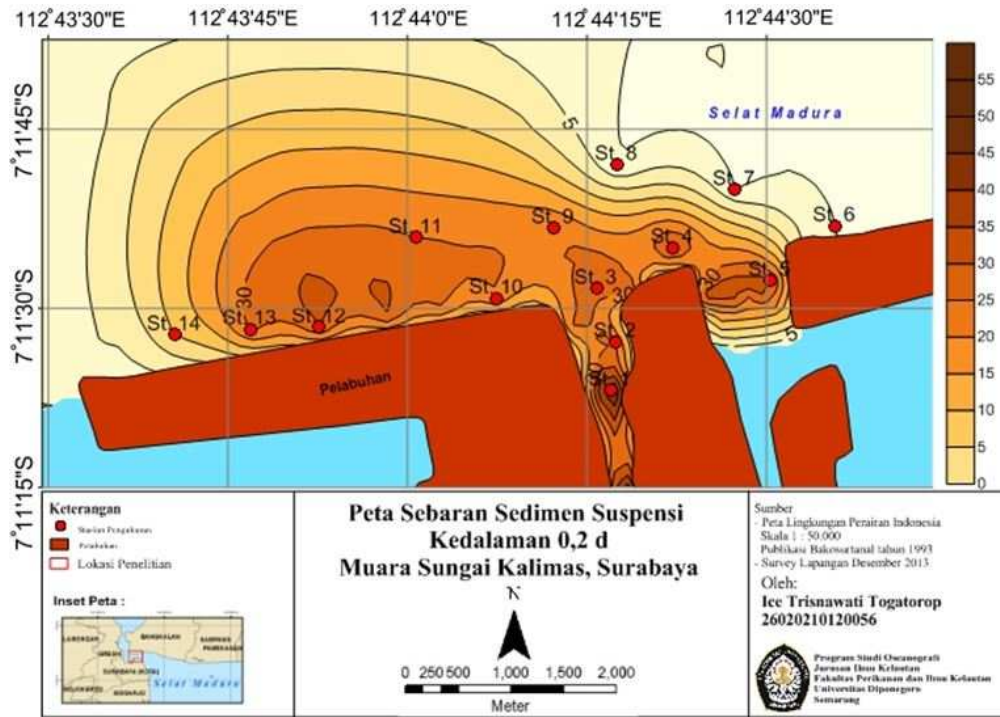
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### A. Hasil

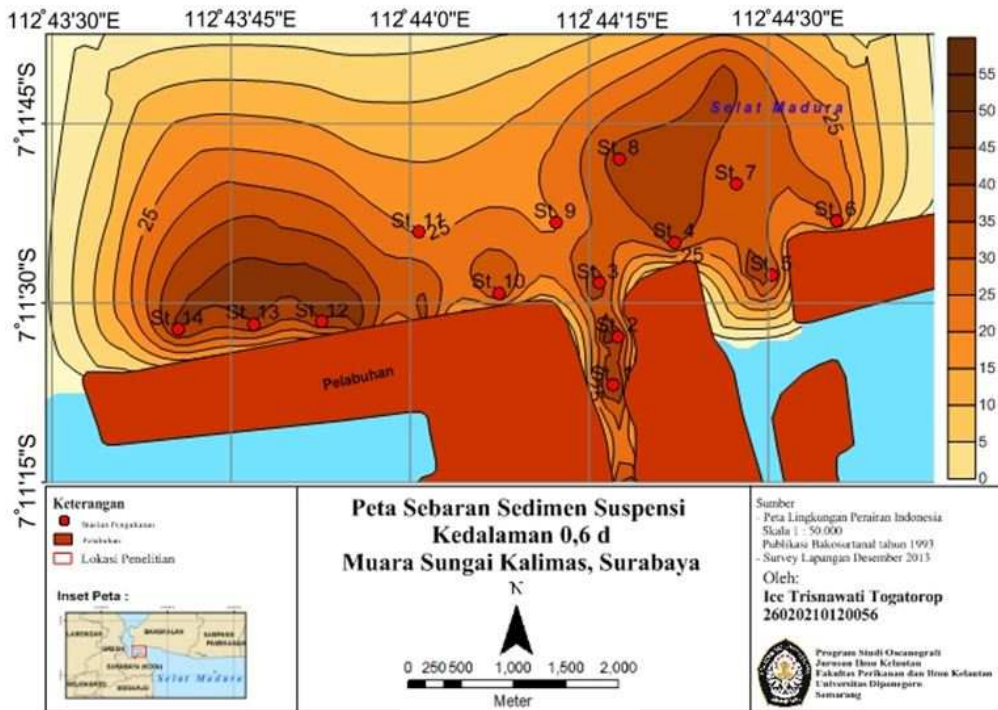
Konsentrasi MPT di Muara Sungai Kalimas pada kedalaman 0,2d berkisar 15 mg/l – 55 mg/l, pada kedalaman 0,6 d berkisar 24 mg/l – 46 mg/l, dan pada kedalaman 0,8 d berkisar 27 mg/l – 45 mg/l (Tabel 4). Nilai rata – rata MPT pada saat pasang menuju surut pada kedalaman 0,2 d adalah 33 mg/l, pada kedalaman 0,6 d adalah 36 mg/l, dan pada kedalaman 0,8 d adalah 38 mg/l. (Tabel 1 dan Gambar 2,3 dan 4).

Tabel 1. Nilai Konsentrasi MPT Pada Kedalaman 0,2d, 0,6d, dan 0,8d Pada Saat Pasang Menuju Surut

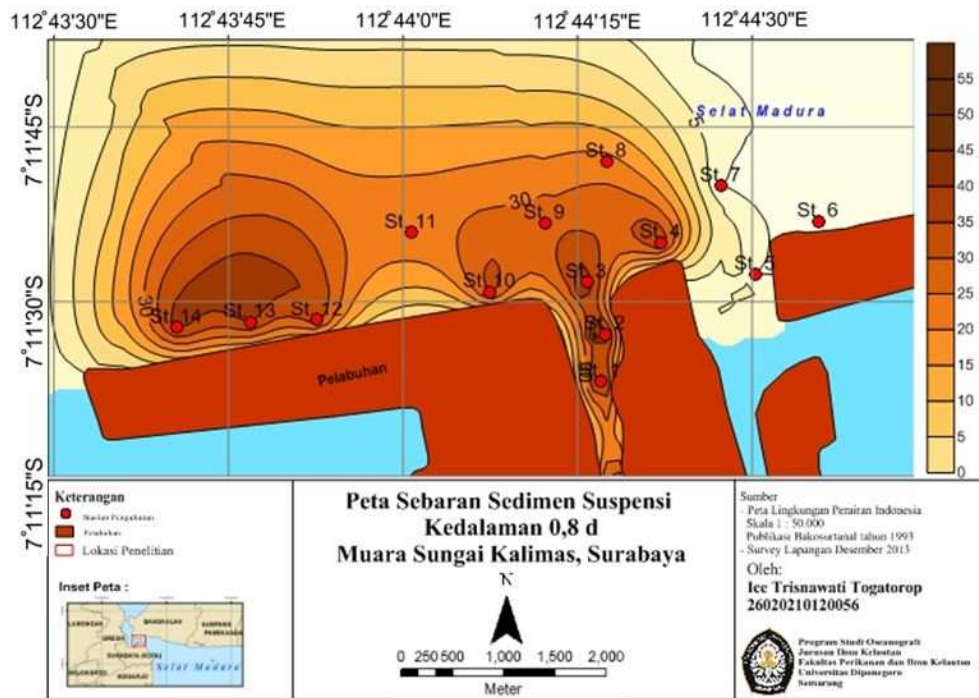
Koordinat		Stasiun	Kedalaman (m)	Nilai Konsentrasi MPT (mg/L)		
Lintang	Bujur			0,2 d	0,6 d	0,8 d
7°11'51.36"S	112°44'7.02"T	1	4	55	46	45
7°11'48.37"S	112°44'6.64"T	2	4	30	41	44
7°11'45.69"S	112°44'5.45"T	3	4,5	33	39	44
7°11'43.03"S	112°44'10.46"T	4	16	38	38	41
7°11'43.13"S	112°44'17.09"T	5	14	37	37	-
7°11'38.81"S	112°44'22.31"T	6	16	-	32	-
7°11'35.94"S	112°44'14.17"T	7	17	-	31	-
7°11'34.10"S	112°44'4.61"T	8	18	-	38	27
7°11'39.18"S	112°43'59.67"T	9	17	30	24	32
7°11'44.87"S	112°43'55.08"T	10	17	29	36	37
7°11'39.92"S	112°43'48.67"T	11	18	30	24	28
7°11'47.05"S	112°43'40.89"T	12	16	35	40	38
7°11'47.16"S	112°43'35.26"T	13	17	31	40	41
7°11'47.59"S	112°43'29.37"T	14	12,5	15	41	42



Gambar 2. Peta Sebaran Sedimen Tersuspensi Pada Kedalaman 0,2d Saat Pasang Menuju Surut



Gambar 3. Peta Sebaran Sedimen Tersuspensi Pada Kedalaman 0,6d Saat Pasang Menuju Surut



Gambar 4. Peta Sebaran Sedimen Tersuspensi Pada Kedalaman 0,8d Saat Pasang Menuju Surut

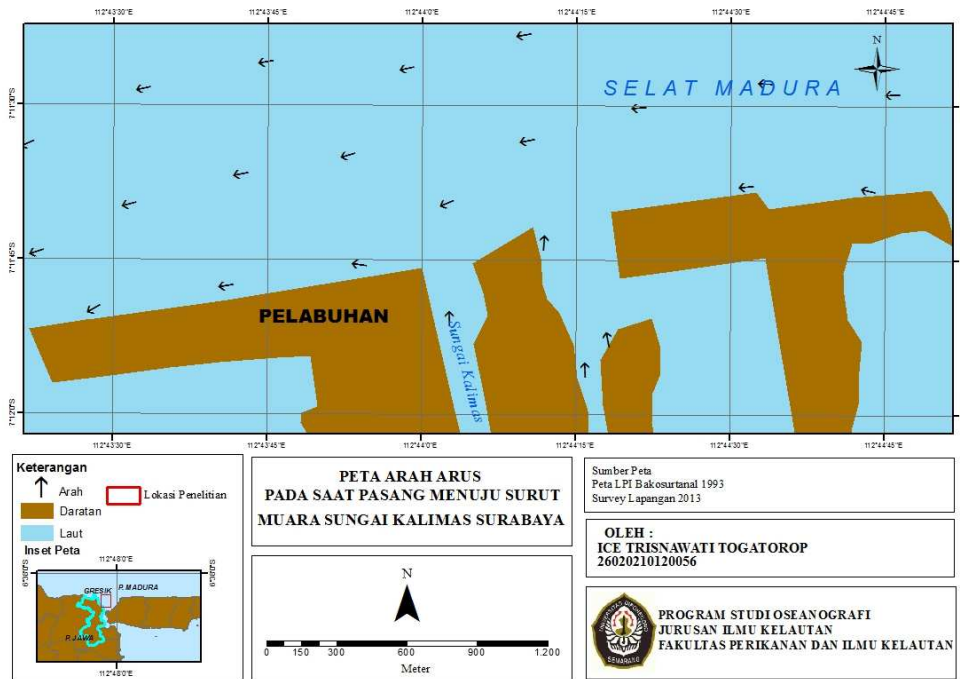
Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan diperoleh arah arus dominan ke arah timur dan barat daya. Dimana kecepatan arus di permukaan berkisar antara 0,04 m/dt – 0,11 m/dt dengan kecepatan rata – rata 0,08 m/dt ke arah timur. Pada lapisan tengah didapatkan kecepatan arus berkisar antara 0,04 m/dt – 0,08 m/dt dengan kecepatan rata – rata 0,06 m/dt ke arah timur. Sedangkan pada lapisan dasar kecepatan arus berkisar antara 0,03 m/dt – 0,12 m/dt dengan kecepatan rata – rata 0,07 m/ dt ke arah timur. Data tersebut ditampilkan pada tabel berikut. (Lihat Tabel 2).

Tabel 2. Nilai Kecepatan dan Arah

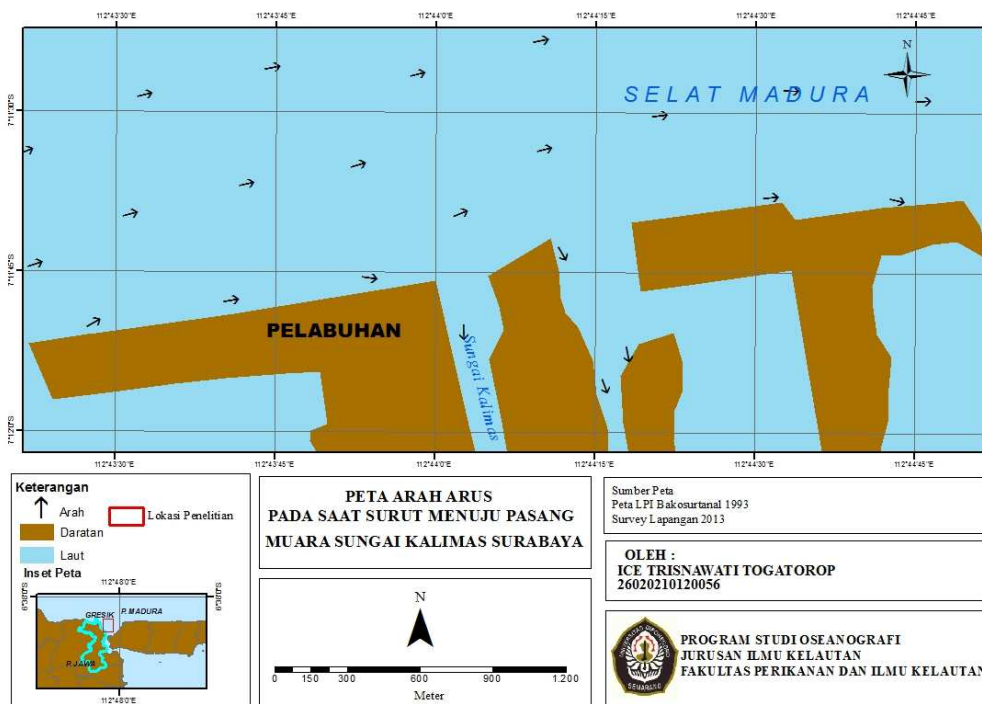
Stasiun	Kecepatan	Arah V. <sup>0</sup> E
Stasiun 1	0.082	90 <sup>0</sup>
stasiun 2	0.096	90 <sup>0</sup>
Stasiun 3	0.107	92 <sup>0</sup>
Stasiun 4	0.081	190 <sup>0</sup>
Stasiun 5	0.086	192 <sup>0</sup>
Stasiun 6	0.088	189 <sup>0</sup>
Stasiun 7	0.063	186 <sup>0</sup>
Stasiun 8	0.083	197 <sup>0</sup>
Stasiun 9	0.073	191 <sup>0</sup>
Stasiun 10	0.077	190 <sup>0</sup>
Stasiun 11	0.064	191 <sup>0</sup>
Stasiun 12	0.062	172 <sup>0</sup>
Stasiun 13	0.076	189 <sup>0</sup>
Stasiun 14	0.059	190 <sup>0</sup>
Stasiun 15	0.066	195 <sup>0</sup>
Stasiun 16	0.071	190 <sup>0</sup>
Stasiun 17	0.073	192 <sup>0</sup>
Stasiun 18	0.040	194 <sup>0</sup>

Simulasi pola arus yang dihasilkan melalui pemodelan hidrodinamika 2D (2-Dimensi) didapatkan vektor arus, yaitu besar dan arah arus yang meliputi kondisi arus saat pasang menuju

surut dan surut menuju pasang. Berdasarkan hasil perhitungan MRE, didapatkan hasil bahwa nilai error hasil lapangan dengan simulasi model untuk data arus sebesar 36.67 %.



Gambar 6. Peta Pola Arus Pada Saat Pasang Menuju Surut



Gambar 7. Peta Pola Arus Pada Saat Surut Menuju Pasang

## B. Pembahasan

Nilai konsentrasi sedimen tersuspensi pada perairan Muara Sungai Kalimas Surabaya dapat dilihat bahwa pada kedalaman 0,2d, 0,6d, dan 0,8d nilai tertinggi berada pada daerah muara (stasiun 1, 2 dan 3), hal ini dapat disebabkan karena adanya suplai sedimen tersuspensi dari darat yang dibawa oleh air hujan melalui sungai serta aktivitas hidro-oseanografi yang mempengaruhi sehingga terjadi penumpukan sedimen di mulut sungai dan terjadi proses pendangkalan. Nilai konsentrasi pada daerah laut (stasiun 4-14) lebih rendah dibandingkan pada daerah muara ini didukung oleh pernyataan (Sarjono, 2009), bahwa lokasi muara sungai banyak dipengaruhi oleh aktivitas nelayan serta aktivitas hidro-oseanografi sehingga membuat muara sungai tersebut terdapat banyak suplai sedimen sehingga mengakibatkan pendangkalan. Hal ini juga

dimungkinkan karena adanya aktivitas pasang-membawa yang berpengaruh terhadap arus dan gelombang sehingga terjadi pengadukan sedimen di dasar perairan (Widadadan Satriadi, 2004). Hal ini sesuai dengan pendapat Triatmodjo (1999) bahwa energi transport pada saat pasang lebih besar dibandingkan dengan saat surut sehingga daya suspensi saat pasang juga lebih besar dibandingkan saat surut.

Berdasarkan hasil pengukuran dilapangan diperoleh arah arus dominan ke arah timur dan barat daya. Dimana kecepatan arus di permukaan (tabel 2) memiliki kecepatan arus yang lebih tinggi karena hal ini dipengaruhi oleh angin. Kecepatan arus semakin dalam perairannya maka kecepatannya semakin kecil, karena material dasar yang membentuk dimana butir sedimen yang mendominasi dasar perairan adalah pasir berlumpur sehingga mempengaruhi gaya gesekan dasar dan kecepatan pada lapisan dasar menjadi lebih kecil.

Pengambilan sedimen yang dilakukan pada saat pasang menuju surut terlihat pergerakan air laut dan aliran air sungai menuju ke laut sehingga sedimen yang berasal dari muara sungai terbawa menuju laut dan menyebar ke segala arah (gambar 3, 4 dan 5). Sedimen yang diambil saat kondisi pasang membuat pola persebaran sedimen suspensi yang memiliki nilai yang tinggi di muara sungai Kalimas, dan konsentrasi dari arah laut yang cenderung besar terangkut pula ke arah mulut sungai saat kondisi pasang, dimana menurut Mulyanto (2010) bahwa pada saat air surut sedimen dasar yang terbawa ke dalam dan mengendap pada dasar bagian sungai pasang surut, akan terbawa aliran ke dalam muara, termasuk juga sedimen layang yang telah menggumpal dan mengendap menjadi sedimen dasar. Dan pada saat pasang naik air pasang yang memasuki muara akan membawa serta sedimen layang yang menggumpal di laut, untuk diendapkan.

Hasil simulasi model pada saat kondisi pasang menuju surut pola arus bergerak dari arah barat daya menuju timur dan pada saat kondisi surut menuju pasang pola arus bergerak dari arah timur menuju barat daya (gambar 6 dan 7). Pergerakan arus yang membawa sedimen dari muara ke laut dimana pada daerah muara sedimen yang ada tinggi dan semakin ke laut semakin rendah hal ini karena arus mempengaruhi sedimen suspensi. Dari pola arus tersebut dapat dilihat bahwa arus cenderung mengikuti pola pergerakan pasang surut. Pada saat kondisi pasang arus bergerak menuju pantai dan ketika surut menjauhi laut. Hal ini sesuai dengan pendapat Hatayama *et al.*, (1996) dalam Furqon dan Taofiqurohman (2012) yang menyatakan, bahwa arus pasang surut pada saat pasang mentransportkan air laut menuju perairan pantai, dan saat surut mentransportkan air dari perairan pantai ke laut lepas, hal ini dikarenakan energi transport pada saat pasang lebih besar dibandingkan dengan saat surut sehingga daya suspensi saat pasang juga lebih besar dibandingkan saat surut.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa nilai rata – rata MPT pada kedalaman 0,2d yaitu 33 mg/l, kedalaman 0,6d yaitu 36 mg/l dan kedalaman 0,8d yaitu 38 mg/l dimana nilai konsentrasi terbesar pada kedalaman 0,8d. Kecepatan arus pada kedalaman 0,2d berkisar antara 0,04 m/dt – 0,11 m/dt, kedalaman 0,6d berkisar antara 0,04 m/dt – 0,08 m/dt dan pada kedalaman 0,8d berkisar antara 0,03 m/dt – 0,12 m/dt. Arus yang dominan di perairan Kalimas adalah arus pasut dengan dominasi arah timur laut dan barat daya. Arus saat pasang membawa sedimen tersuspensi dari laut ke arah



muara sungai dan saat arus surut sedimen tersuspensi yang berada di muara sungai terbawa arus menuju laut.

**Daftar Pustaka**

- Bogdan, R. C. and Biklen. 1982. *Qualitative Research for Education : An Introduction to Theory and Method*. Allyn and Bacon, Inc. Boston
- Fuqron, M. A. I dan A. Taofiqurohman. 2012. *Simulasi Numeris Arus Pasang Surut di Perairan Cirebon*. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jakarta.
- Hadi, S. dan M. R. Ivonne. 1987. *Arus Laut*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Mulyanto, H. R. 2007. *Sungai Fungsi Dan Sifat – Sifatnya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta.
- Poerbondono dan E. Djunasjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Refika Aditama. Bandung.
- Punch, M. 1998. *Introduction to Social Research: Quantitative and Qualitative Approaches*. Sage. London
- 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. 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*. Vol. 9 (2) : 101 – 107. ISSN 0853 – 7291. Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK, Universitas Diponegoro
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai Edisi Kedua*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wibowo, A. 2009. *Pola Arus dan Sedimentasi di Muara Sungai Kalimas Surabaya*. [Jurnal]. Institut Teknologi Surabaya. Surabaya.