

## STUDI PENYEBARAN SEDIMEN TERSUSPENSISI DI MUARA SUNGAI PORONG KABUPATEN PASURUAN

Warsito Atmodjo

Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro  
Semarang Telp/Faks 0247474698

### Abstrak

Muara Sungai adalah bagian hilir sungai yang langsung berhubungan dengan laut, berfungsi sebagai pengeluaran air sungai (Triatmodjo, 1999). Air sungai ini membawa angkutan sedimen yang akan terakumulasi di muara. Sedimen yang terakumulasi tersebut akan menyebabkan pendangkalan di daerah muara.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebaran sedimen tersuspensi di perairan muara Sungai Porong.

Penelitian dilakukan dalam 3 tahap, tahap pengambilan data di lapangan tanggal 5-24 April 2008. Analisa laboratorium terhadap sampel sedimen dasar yang dilakukan pada 5 Mei 2008 – 27 Mei 2008 di Laboratorium Contoh Inti Puslitbang Geologi Kelautan, Cirebon dan Analisa sedimen tersuspensi yang dilakukan pada 13 Juni 2008 di Laboratorium Air, Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Tahap ketiga adalah pengerjaan dan *running* model yang dilakukan di Laboratorium Komputasi Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang. Simulasi model dijalankan selama 15 hari dari tanggal 9 – 24 April 2008 disesuaikan dengan waktu pengukuran lapangan yang telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif, sedangkan untuk pemodelan menggunakan *software* SMS (*Surface Water Modelling System*).

Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer berupa arus, pasang surut, sedimen dasar dan sedimen tersuspensi. Sedangkan data sekunder berupa debit sungai Porong, data angin Juanda dan peta bathimetri.

Berdasarkan hasil simulasi kecepatan arus di lokasi penelitian pada saat purnama mencapai 0,270 m/s dan kecepatan arus pada saat perbani mencapai 0,080 m/s. Dengan berorientasi arah saat surut menuju pasang dari Timur ke Barat kemudian ke utara dan saat pasang menuju surut pergerakan arus berorientasi dari Utara ke selatan kemudian ke Timur.

Hasil simulasi sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi selama 15 hari memperlihatkan bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi berkisar antara 3,803 mg/l-240,448 mg/l dengan orientasi arah dominan tenggara.

**Kata Kunci** : Sedimen tersuspensi, Arus, Muara Sungai Porong, Pasuruan

## Abstract

Estuary is part of the downstream that straightly related to the sea which function as expenses of water river (Triatmodjo, 1999). Sediment transport which came from river and sea will be akumulated in estuary. That akumulated make effect to changes of the depth in that area.

The purpose from this research is to know about the suspended sediment spreading in Porong estuary.

The research was done in three stages which were field survey on April 5<sup>th</sup> until 24<sup>th</sup> 2008, laboratory analysis to bottom sediment samples on May 5<sup>th</sup> until 27<sup>th</sup> 2008 in Core Laboratory Marine Geology Research and Development Centre Cirebon and suspended sediment analysis on June 13<sup>th</sup> 2008 in Water Laboratory Environmental Engineering, Civil and Environmental Engineering Department, Bandung Institute Technology. Model running on Computation Laboratory Marine Sciences Department, Diponegoro University Semarang. Model simulation running on 15 days from April 9<sup>th</sup> until 24<sup>th</sup> 2008 related to the field survey. Descriptive method was used in this research, and SMS (Surface Water Modelling System) software used for making the model.

Materials used were primary and secondary data. Primary data that is current, tides, bottom sediment and suspended sediment. Secondary data that is Porong river flow, Juanda wind data and bathymetric map.

Based on simulation current speed in research location on Spring condition up to 0.270 m/s and current speed on Neap condition up to 0.080 m/s. Which direction on ebb to flood condition moved from east to west then to north, on flood to ebb condition moved from north to south then to east.

Simulation result of Suspended sediment concentration spreading on 15 days showed that suspended sediment concentration was 3.803 until 240.448 mg/l which dominate direction moved to south east.

**Key words** : suspended sediment, current, Porong estuary.

---

## Pendahuluan

Sungai Porong merupakan anak sungai Brantas. Sungai porong berperan sebagai jalur pelayaran bagi kapal-kapal kecil nelayan dan karena di muara sungai Porong terdapat delta yang dinamai Pulau Dem dan Pulau Tujuh yang digunakan sebagai area tambak (<http://www.korbanlumpur.info>),2009

Proses pendangkalan yang terjadi di muara sungai Porong mengganggu jalur

pelayaran. Terlihat dengan semakin sulitnya kapal-kapal nelayan berukuran kecil untuk memasuki area sungai, pendangkalan juga mengakibatkan banjir di Porong dan Surabaya pada musim hujan karena pendangkalan sungai membuat kapasitas sungai Porong berkurang. Aliran air sungai Brantas yang sebelumnya masuk ke sungai Porong tidak lagi bisa tertampung dan akhirnya masuk ke sungai Surabaya (<http://www.terranel.or.id-2009>)

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebaran sedimen tersuspensi di perairan sekitar muara sungai Porong.

Manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi pendangkalan di muara sungai Porong dan sekitarnya, berdasarkan sebaran sedimen tersuspensinya.

### Materi Metode

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran selama pengambilan sampel. Data primer tersebut meliputi :

1. Data Pasang Surut  
Dilakukan pengukuran di lapangan selama 15 hari dan 24 jam, mulai tanggal 9 April 2008 – 23 April 2008.
2. Data Arus  
Dilakukan pengukuran di lapangan selama 26 jam, mulai tanggal 23 April 2008 – 24 April 2008.
3. Data Sedimen Dasar  
Dilakukan pengambilan sampel di lapangan sebanyak 30 stasiun
4. Data Sedimen Tersuspensi  
Dilakukan pengambilan sampel di lapangan sebanyak 30 stasiun

Data primer akan digunakan sebagai input simulasi. Sedangkan data sekunder yang digunakan sebagai pendukung dari penelitian ini adalah :

1. Data debit sungai Porong Bulan April 2008
2. Data Angin Juanda 9 April 2008-24 April 2008

3. Peta Bathimetri Jawa-Pantai Utara Surabaya hingga Selat Bali Lembar V no.82 dengan skala 1:200.000 dikeluarkan oleh Tentara Nasional Indonesia (TNI) Angkatan Laut Dinas Hidro-Oseanografi tahun 2006.

Data sekunder ini juga akan digunakan sebagai input dalam pembuatan simulasi model.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, baik yang digunakan dalam pengambilan dan pengukuran data primer maupun saat pengerjaan dan running model tercantum dalam tabel 2.

Lokasi pengukuran parameter-parameter oseanografi dan pengambilan sampel yang dibutuhkan dalam penelitian ini mempunyai koordinat pengukuran pasang surut di lapangan adalah 113°1'38,97" BT dan 7°38'41,89" LS.

Penelitian ini bersifat deskriptif, penelitian deskriptif adalah penelitian yang bermaksud untuk membuat gambaran mengenai situasi-situasi atau kejadian-kejadian (Suryabrata, 1991). Tujuan penelitian deskriptif adalah untuk membuat gambaran secara sistematis dan akurat mengenai fakta-fakta. Dalam penelitian ini untuk membuat gambaran tentang sebaran sedimen tersuspensi di perairan sekitar muara sungai Porong. Pengambilan titik sampel dilakukan mulai dari muara hingga tersebar di sekitar muara serta menuju ke arah laut. Hal ini dimaksudkan untuk

### Pengambilan Data Arus

Teknik pengukuran arus dapat dilakukan dengan pendekatan Lagrangian atau Eulerian (Emery and Thomson, 1998). Pendekatan Lagrangian dilakukan dengan pengamatan gerakan massa air permukaan dalam rentang waktu tertentu

menggunakan pelampung sedangkan pendekatan Eulerian dilakukan dengan pengamatan arus pada suatu posisi tertentu di suatu kolom air sehingga data yang didapat adalah data arus dalam suatu titik tertentu dalam fungsi waktu.

Penelitian ini menggunakan teknik pengukuran arus pendekatan lagrangian yaitu dengan menggunakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) tipe mobile Frekuensi 600 Hz. Cara kerja alat ini adalah melalui gelombang akustik yang dipancarkan melalui transduser dan merambat di sepanjang kolom air. Pada suatu lapisan air yang diukur kecepatan arusnya, gelombang dipantulkan kembali menuju transduser oleh partikel sedimen dan plankton (yang bergerak dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan gerak air. Karena adanya gerak relatif pemantul gelombang terhadap alat ukur akustik, maka gelombang yang diterima akan mengalami efek Doppler atau berubah frekuensinya. Perubahan frekuensi ini sebanding dengan perbedaan kecepatan antara alat ukur arus akustik dengan lapisan arus yang diukur (Poerbondono dan Djunasjah, 2005).

### **Pengambilan Data Pasang Surut**

Pengamatan pasang surut dilakukan untuk memperoleh data tinggi muka air laut di lokasi penelitian. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat ditetapkan datum vertikal penelitian yang sesuai untuk keperluan-keperluan tertentu pula. Pengamatan pasut dilakukan dengan mencatat data tinggi muka air laut pada setiap interval waktu 1 jam. Rentang waktu pengamatan pasans surut yang dilakukan adalah 15 hari.

Cara yang paling sederhana untuk mengamati pasang surut dilakukan dengan palem atau rambu pangamat pasang surut. Tinggi muka air setiap jam diamati secara manual oleh operator (pencatat) dan dicatat pada suatu formulir pengamatan pasang surut. Pada palem diberi tanda-tanda skala bacaan dalam satuan sentimeter. Pencatat akan menuliskan kedudukan tinggi muka air laut relatif terhadap setiap 1 jam sesuai dengan skala bacaan yang tertulis pada palem (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Lokasi pengamatan pasut berada pada area pelabuhan Indonesia Power Jawa Timur, pengamatan dilakukan dengan menggunakan palem pasut.

### **Pengambilan Data Sedimen**

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan dua alat, yaitu *sedimen grab* untuk mengambil contoh sampel sedimen di muara, sedangkan untuk pengambilan contoh sampel sedimen di sekitar perairan muara sungai Porong diambil dengan menggunakan *gravity core grab*. Pengambilan contoh sedimen yang tersuspensi digunakan Botol nansen (*water sampler*).

### **Pengolahan Data**

#### **Pengolahan Data Arus**

Pengambilan data arus dilakukan dengan teknik pengukuran Lagragian. Dalam proses perekaman data arus didapat juga koordinat titik pengukuran. Data yang didapat dikelompokkan untuk tiap waktu pengukuran 30 menit. Data kecepatan arus dalam cm/s diubah ke satuan m/s. Data kecepatan arus yang dikelompokkan dan diubah ke satuan m/s tersebut digunakan untuk verifikasi dengan kecepatan arus hasil model.

### Pengolahan Data Pasang Surut

Data yang diperoleh di lapangan diolah dengan menggunakan metode admiralty untuk menentukan dinilai MSL,HHWL dan LLWL serta tipe pasang surut.

### Pengolahan Data Sedimen

Analisa ukuran butir sedimen dengan cara penyaringan dan pipetan.

### Pembuatan Desain Model

Dalam pembuatan model ini menggunakan modul RMA2 untuk pola sirkulasi arus dan menggunakan modul SED2D untuk pola sebaran sedimen tersuspensi. Untuk menjalankan modul SED2D, harus menjalankan modul RMA2 terlebih dahulu karena solusi dari RMA2 akan digunakan sebagai dasar dari modul SED2D. Simulasi dilakukan untuk 15 hari baik untuk simulasi pola arus dengan RMA2

maupun untuk simulasi pola sebaran sedimen tersuspensi dengan SED2D (Kristanti, 2008). Simulasi dibuat selama 15 hari untuk mendapatkan kondisi pola arus saat terjadi pasang tertinggi (*Spring Tide*) dan saat terjadi pasang terendah (*Neap Tide*).

### Verifikasi

Verifikasi pola arus dilakukan dengan membandingkan pola arus hasil model dengan pola arus hasil pengukuran lapangan. Dilakukan perhitungan terhadap besar kesalahan yang terjadi dari setiap data menggunakan uji statistik maupun perhitungan.

Besar kesalahan yang terjadi dihitung dengan mencari nilai MRE (*Mean Relative Error*) (Donnel *et al.*, 2003). Perhitungan untuk mencari nilai tersebut adalah

$$MRE = \left| \frac{h_c - h_o}{h_o} \right| \times 100\%$$

dimana  $h_c$  = besar nilai hasil model

$h_o$  = besar nilai hasil pengukuran lapangan

### Hasil dan Pembahasan

Pengamatan Pasang Surut dilakukan di kolam pelabuhan Indonesia Power Pasuruan dengan koordinat 113°1'38,97" BT dan 7°38'41,89" LS. Berdasarkan perhitungan dengan metode Admiralty didapatkan tinggi muka air laut (MSL) 195,141 cm, pasang tertinggi (HHWL) 356,005 cm dan surut terendah

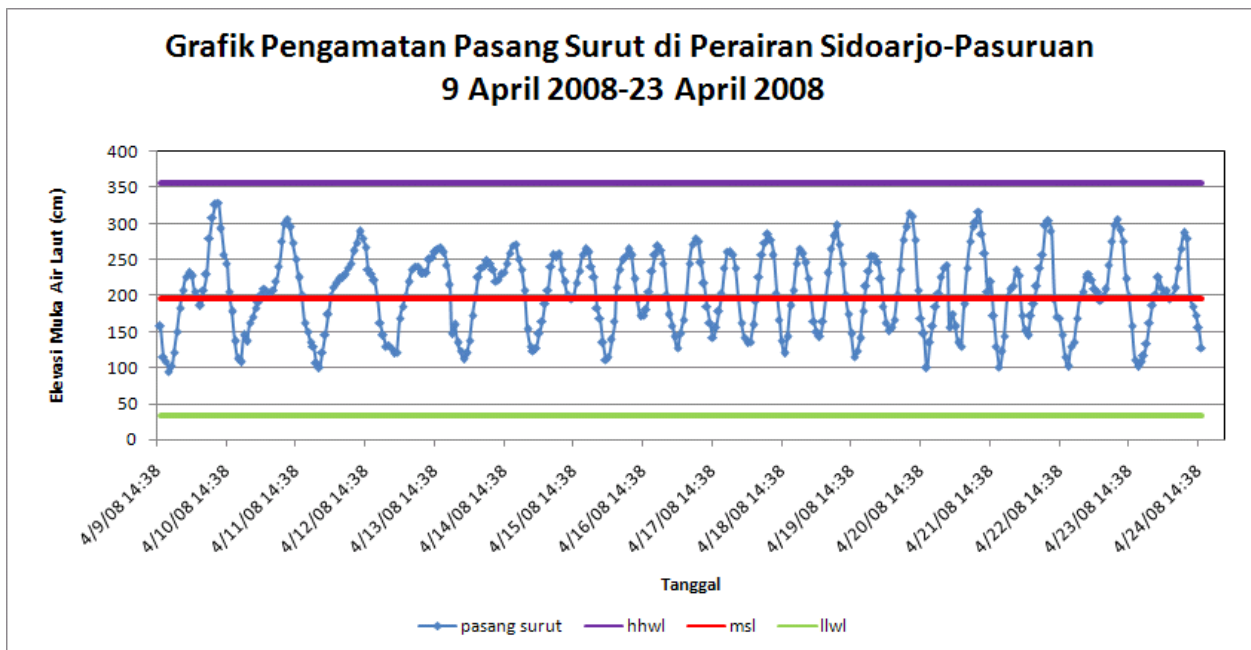
(LLWL) 34,277 cm seperti terlihat pada gambar 21. Dari data yang diperoleh melalui pengamatan pasang surut selama 15 hari, mulai tanggal 9 April 2008 – 24 April 2008, selanjutnya dianalisis dengan menggunakan Metode Admiralty sehingga diperoleh nilai konstanta harmonik yang telah disajikan dalam tabel 5.

**Tabel 1** Konstanta Harmonik Hasil Pengolahan Data Pasang Surut dengan Metode Admiralty

Konstanta Harmonik	A (cm)	g0
S0	195,141	-
M2	34,973	214,597
S2	49,795	305,599
N2	36,053	353,110
K1	17,170	344,393
O1	39,814	230,144
M4	21,991	0,481
MS4	28,177	201,945
K2	13,445	0,000
P1	5,666	0,000

Sumber penelitian

Perhitungan bilangan Formzahl menghasilkan nilai 0,672 yang berarti Pasut untuk komponen pasang surut bertipe campuran cenderung ganda.



**Gambar 1.** Hasil pengamatan pasang surut kolam pelabuhan Indonesia Power

## Kondisi Sedimen Dasar

Pengambilan sampel sedimen dasar di perairan muara Sungai Porong tersebar pada 30 stasiun. Kandungan serta jenis sedimen dasar untuk tiap stasiun dapat dilihat pada tabel 6.

Berdasarkan analisa ukuran butir diperoleh hasil di muara sungai Porong didominasi oleh pasir. Secara keseluruhan dari 30 titik sampling terdapat 6 titik dengan jenis sedimen dasar berupa pasir yaitu pada titik sampling 6, 7, 8, 10, 26 dan 27.

Sedangkan jenis sedimen dasar berupa pasir lanauan terdapat pada titik 11, 12 dan 28. Untuk jenis sedimen dasar berupa Lanau Pasiran terdapat pada titik 1, 2, 3, 4, 5, 9, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 29 dan 30. Jenis sedimen dasar lanau terdapat pada titik 14.

**Tabel 2** Kandungan dan Jenis Sedimen Dasar Di Tiap Stasiun

Stasiun	Nama Sedimen	Kandungan (%)		
		Gravel	Sand	Silt
Sp-01-08	Lanau Pasiran	0,000	37,698	62,302
Sp-02-08	Lanau Pasiran	0,000	34,562	65,438
Sp-03-08	Lanau Pasiran	0,000	29,669	70,331
Sp-04-08	Lanau Pasiran	0,000	34,010	65,990
Sp-05-08	Lanau Pasiran	0,000	37,176	62,824
Sp-06-08	Pasir	0,000	94,238	5,762
Sp-07-08	Pasir	10,084	83,047	6,869
Sp-08-08	Pasir	0,000	75,702	24,298
Sp-09-08	Lanau Pasiran	0,000	32,922	67,078
Sp-10-08	Pasir	0,000	100,000	0,000
Sp-11-08	Pasir Lanauan	0,000	71,975	28,025
Sp-12-08	Pasir Lanauan	0,000	53,645	46,355
Sp-13-08	Lanau Pasiran	0,000	27,776	72,224
Sp-14-08	Lanau	0,000	21,001	78,999
Sp-15-08	Lanau Pasiran	0,000	30,435	69,565
Sp-16-08	Lanau Pasiran	0,000	40,157	59,843
Sp-17-08	Lanau Pasiran	0,000	42,783	57,217
Sp-18-08	Lanau Pasiran	0,000	45,968	54,032
Sp-19-08	Lanau Pasiran	0,000	31,898	68,102
Sp-20-08	Lanau Pasiran	0,000	31,735	68,265
Sp-21-08	Lanau Pasiran	0,000	31,878	68,122
Sp-22-08	Lanau Pasiran	0,000	26,008	73,992
Sp-23-08	Lanau Pasiran	0,000	33,500	66,500
Sp-24-08	Lanau Pasiran	0,000	33,567	66,433
Sp-25-08	Lanau Pasiran	0,000	48,811	51,189
Sp-26-08	Pasir	0,000	96,054	3,946
Sp-27-08	Pasir	10,582	86,665	2,753
Sp-28-08	Pasir Lanauan	0,000	74,478	25,522
Sp-29-08	Lanau Pasiran	0,000	34,610	65,390
Sp-30-08	Lanau Pasirant	0,000	34,084	65,916

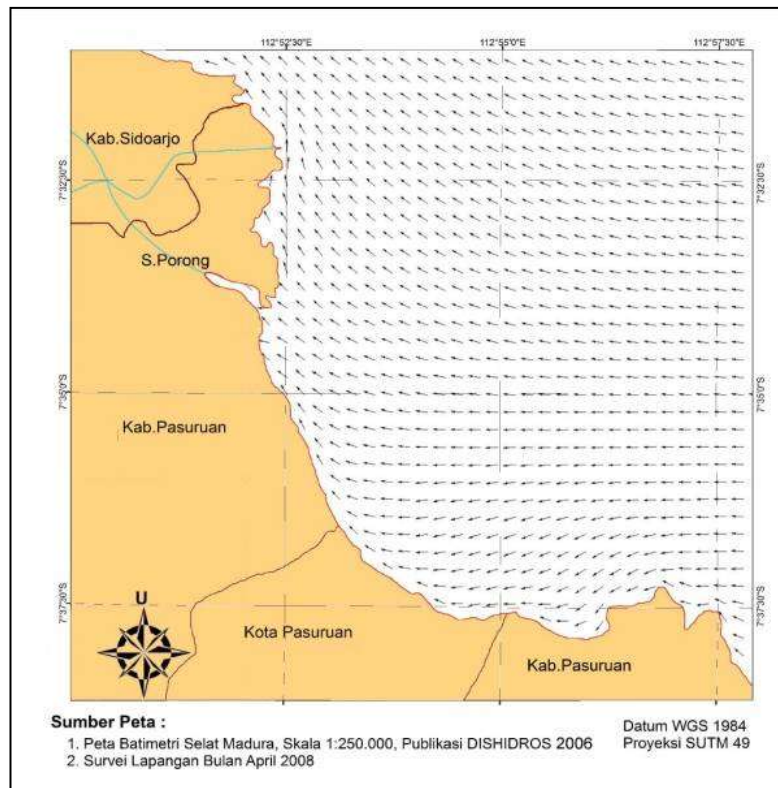
Sumber : Hasil Penelitian



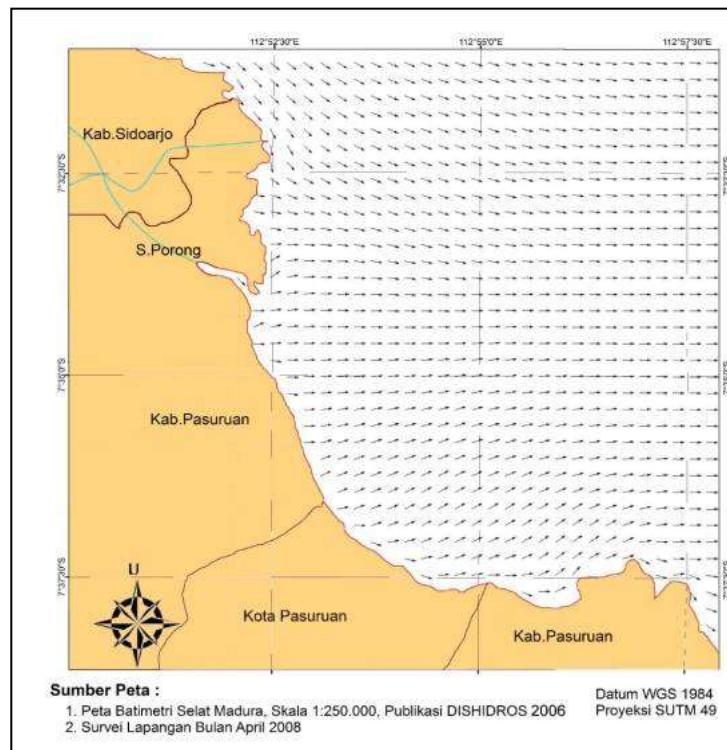
## Hasil Simulasi Pola Arus

Pemodelan RMA2 menghasilkan peta pergerakan arus perairan muara sungai Porong. Kondisi tersebut diwakili dengan vektor arus yang memperlihatkan arah dan kecepatan arus yang dihasilkan. Cakupan daerah studi yaitu daerah muara sungai Porong dan sekitarnya. Dalam proses pembuatan simulasi model dilakukan dengan menggunakan input dari debit sungai rata-rata bulan April 2008 dan elevasi pasang surut hasil pengukuran selama 15 hari.

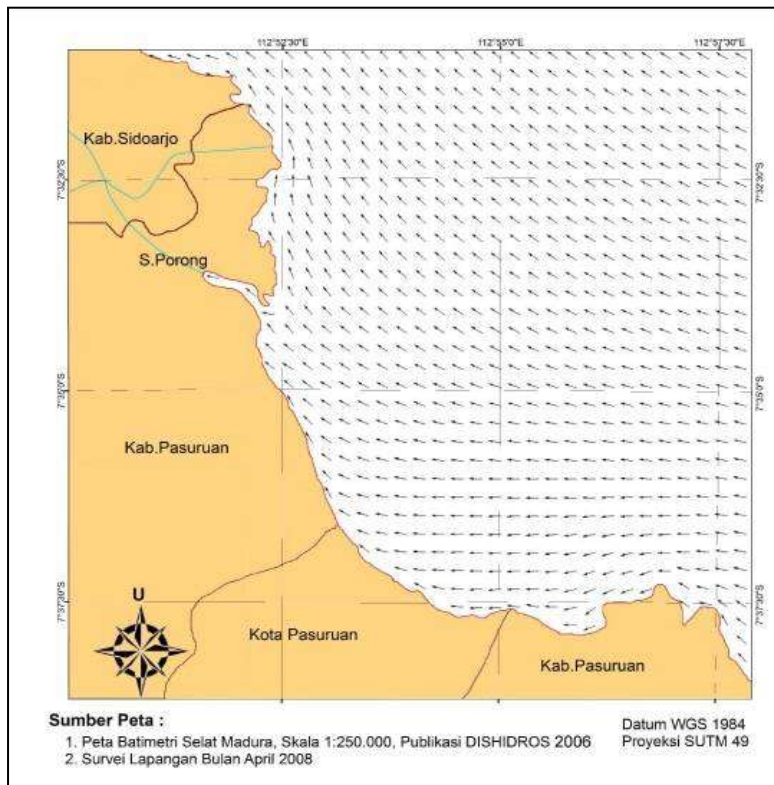
Berdasarkan hasil model didapatkan pola pergerakan arus di sekitar perairan muara sungai porong pada saat surut menuju pasang berorientasi dari Timur ke Barat kemudian membelok ke utara saat mendekati garis pantai. Hal ini dapat ditunjukkan pada **gambar 2** saat perbani dan **gambar 3** saat purnama. Sedangkan pada saat pasang menuju surut pergerakan arus berorientasi dari Utara ke selatan kemudian membelok ke timur saat mendekati garis pantai. Hal ini dapat ditunjukkan pada **gambar 4** saat perbani dan **gambar 5** saat purnama.



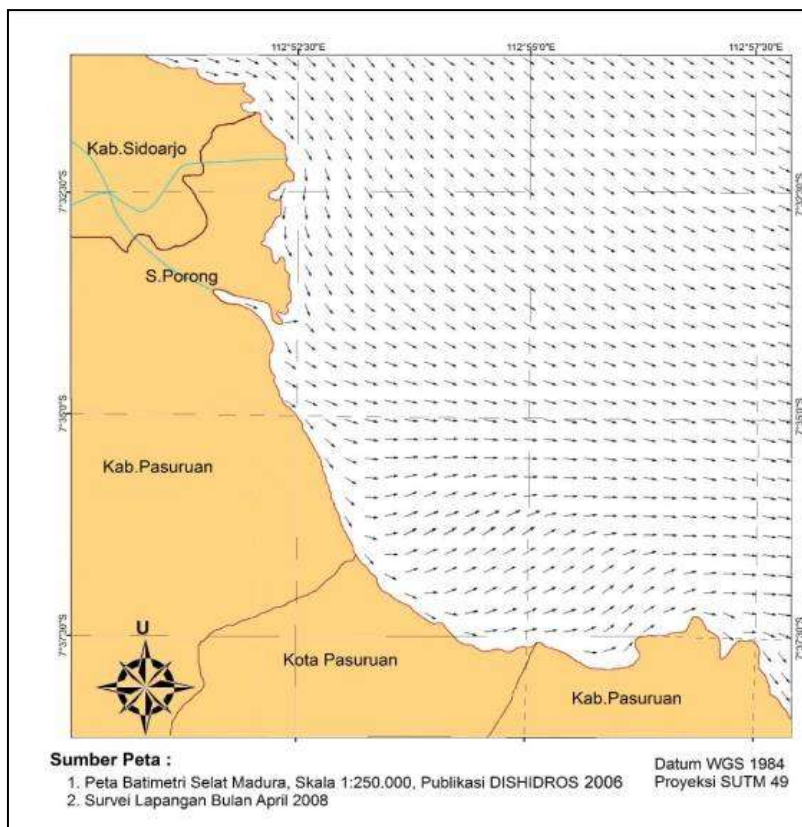
Gambar 2 Arus saat pasang dari timur ke barat



Gambar 3. Arus saat surut dari timur ke barat



Gambar 4. Arus saat pasang dari utara ke selatan

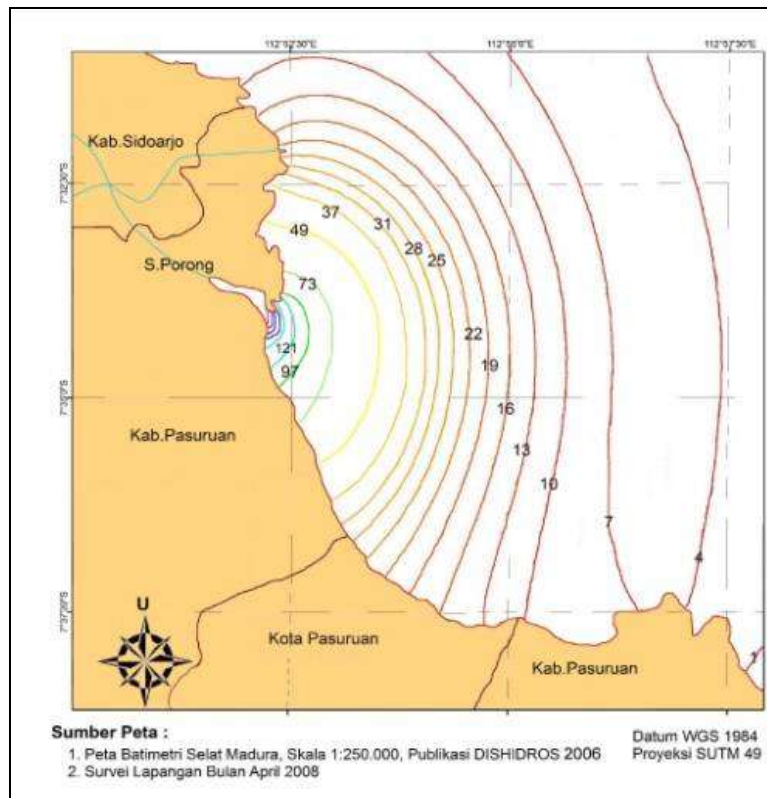


Gambar 5. Arus saat surut dari utara ke selatan

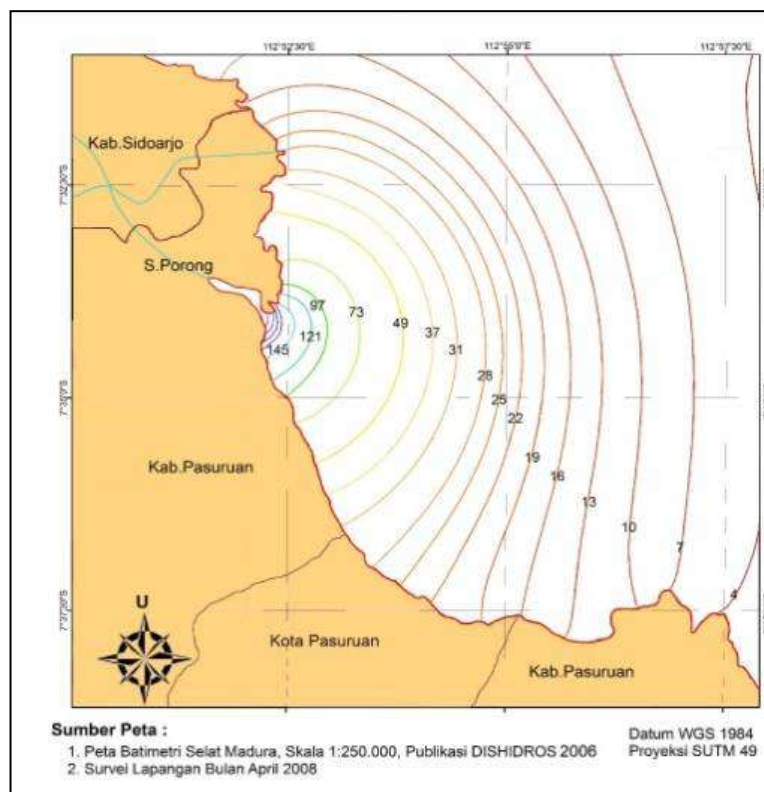
## Hasil Simulasi Pola Sedimen Tersuspensi

Simulasi sebaran sedimen tersuspensi dilakukan dengan modul SED2D. Daerah studi yang ditinjau sama dengan daerah studi untuk simulasi pola arus. Hasil simulasi konsentrasi sedimen tersuspensi ini dipengaruhi oleh arus, hasil model arus dengan RMA digunakan sebagai dasar untuk simulasi konsentrasi sedimen tersuspensi ini. Simulasi dilakukan dengan data masukan konsentrasi sedimen tersuspensi diberikan secara konstan selama 15 hari dan dengan besar yang sama. Kondisi perairan diasumsikan untuk 1 masukan sungai saja yaitu sungai porong.

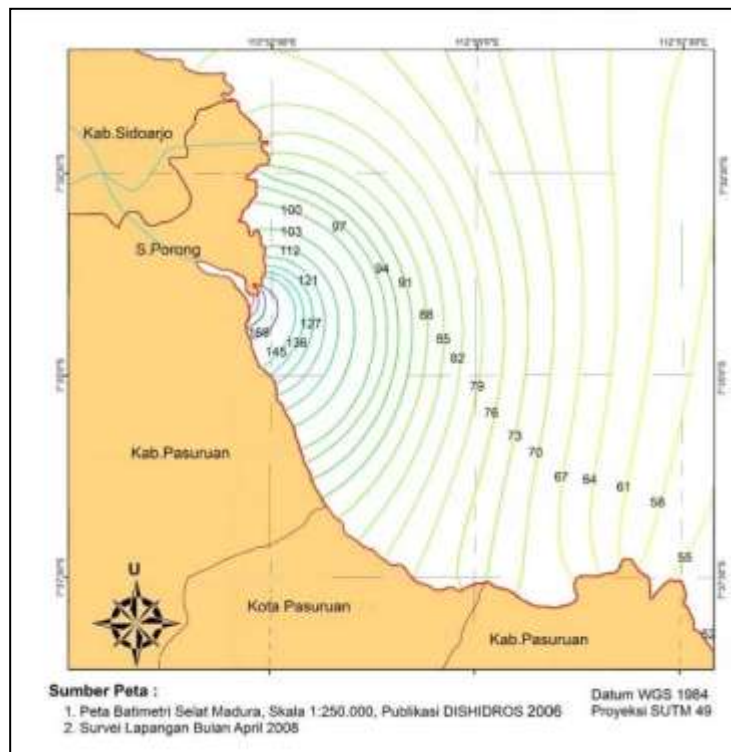
**Gambar 5** merupakan peta sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk hari ke-1 saat surut menuju pasang. **Gambar 6** merupakan peta sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk hari ke-1 saat pasang menuju surut. **Gambar 7** merupakan peta sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk hari ke-5 saat surut menuju pasang. **Gambar 8** merupakan peta sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk hari ke-5 saat pasang menuju surut. **Gambar 9** merupakan peta sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk hari ke-10 saat surut menuju pasang. **Gambar 10** merupakan peta sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk hari ke-10 saat pasang menuju surut. **Gambar 11** merupakan peta sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk hari ke-15 saat surut menuju pasang. **Gambar 12** merupakan peta sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi untuk hari ke-15 saat pasang menuju surut. Dimana kontur warna tersebut mewakili tingkat konsentrasi sedimen terlarut.



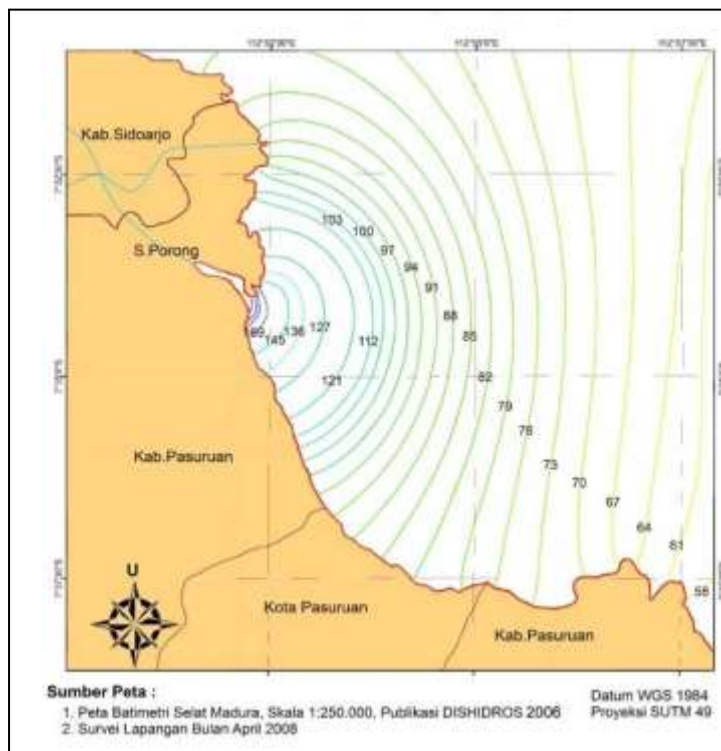
Gambar 5. Sebaran konsentrasi sedimen surut menuju pasang hari 1



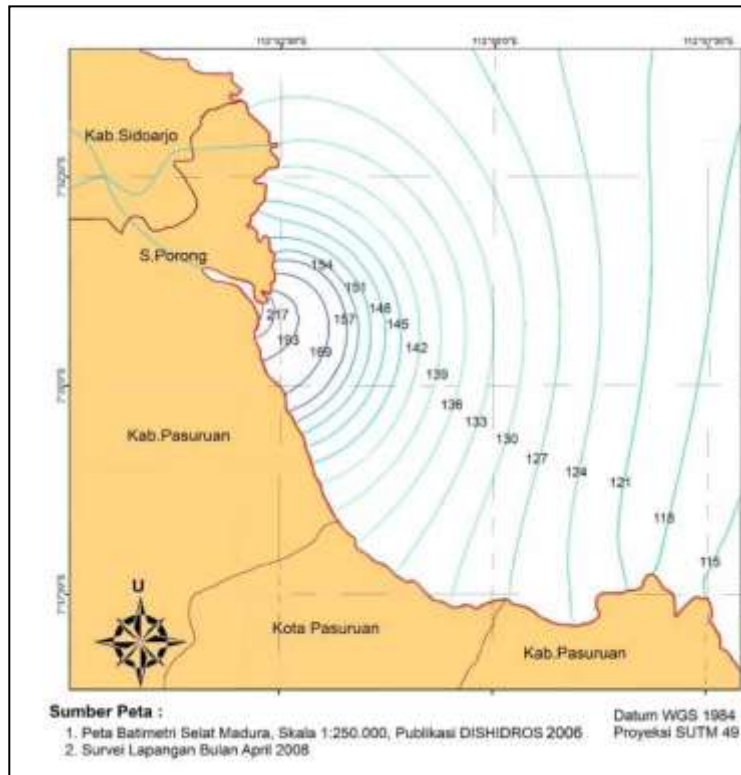
Gambar 6. Sebaran konsentrasi sedimen pasang menuju surut hari 1



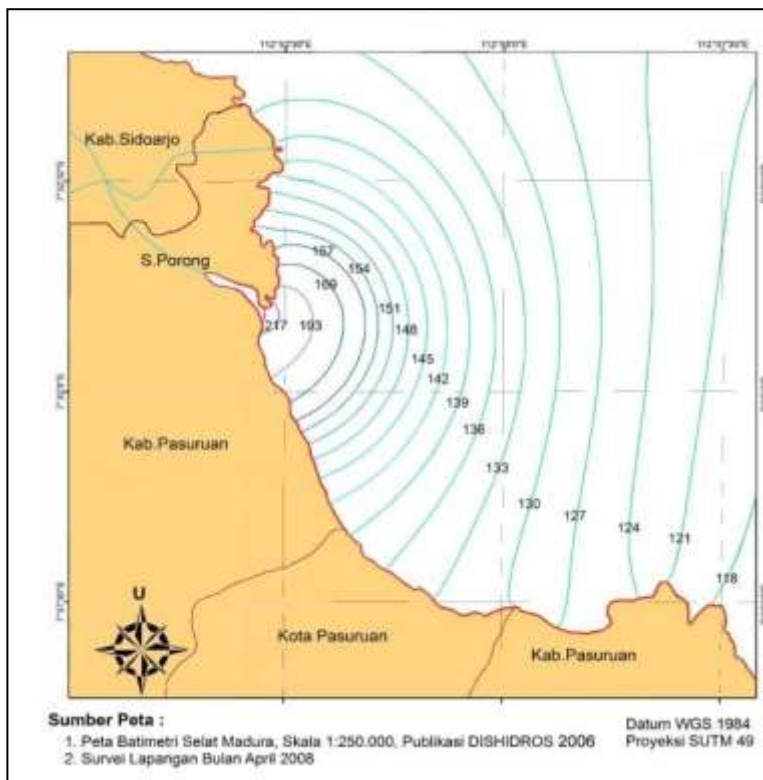
Gambar 7. Sebaran konsentrasi sedimen surut menuju pasang hari ke 5



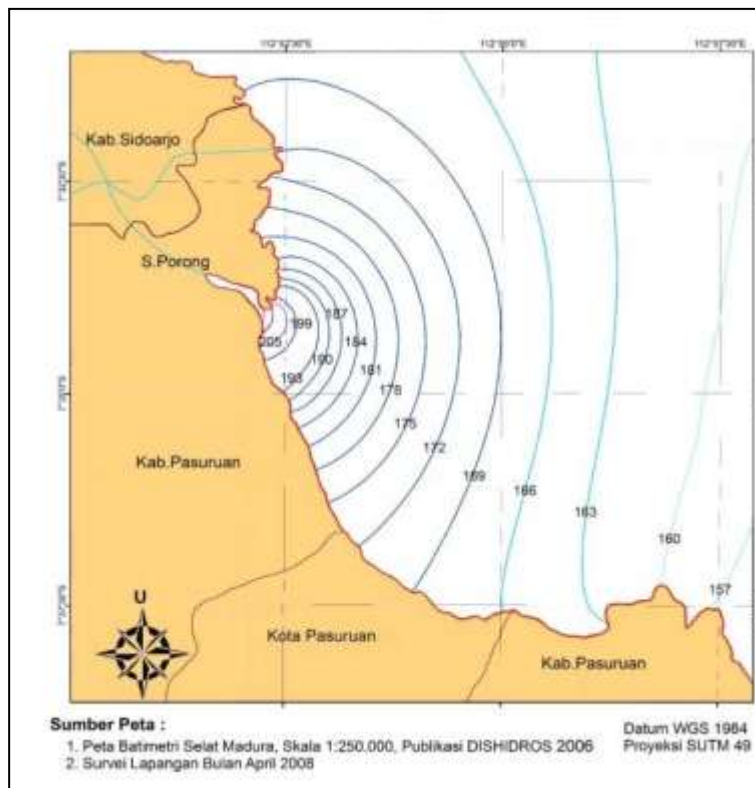
Gambar 8. Sebaran konsentrasi sedimen pasang menuju surut hari ke 5



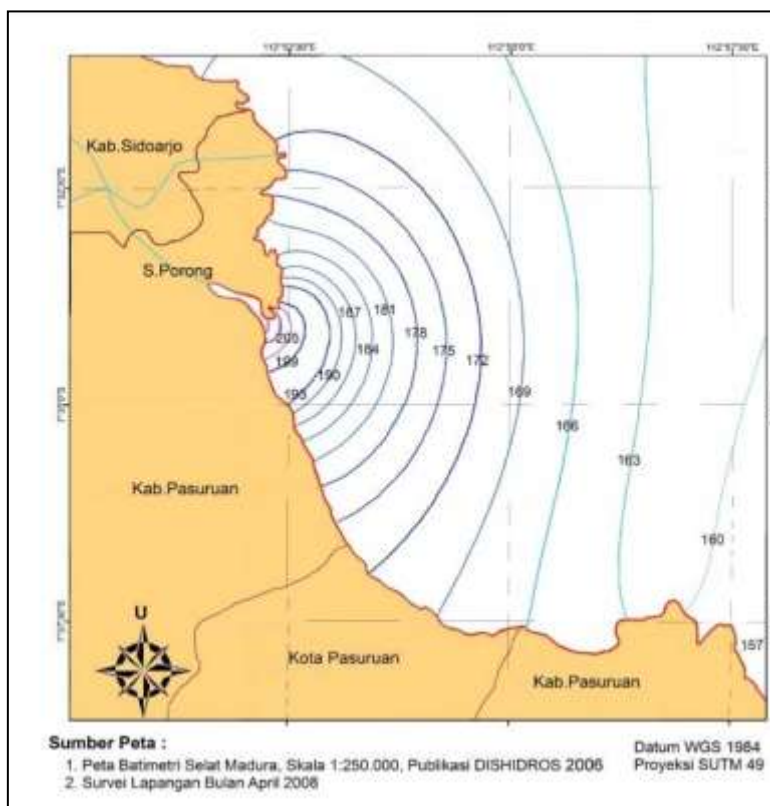
Gambar 9. Sebaran konsentrasi sedimen surut menuju pasang hari ke 10



Gambar 10. Sebaran konsentrasi sedimen pasang menuju surut hari ke 10



Gambar 11. Sebaran konsentrasi sedimen surut menuju pasang hari ke 15



Gambar 12. Sebaran konsentrasi sedimen pasang menuju surut hari ke 15



## Pasang Surut

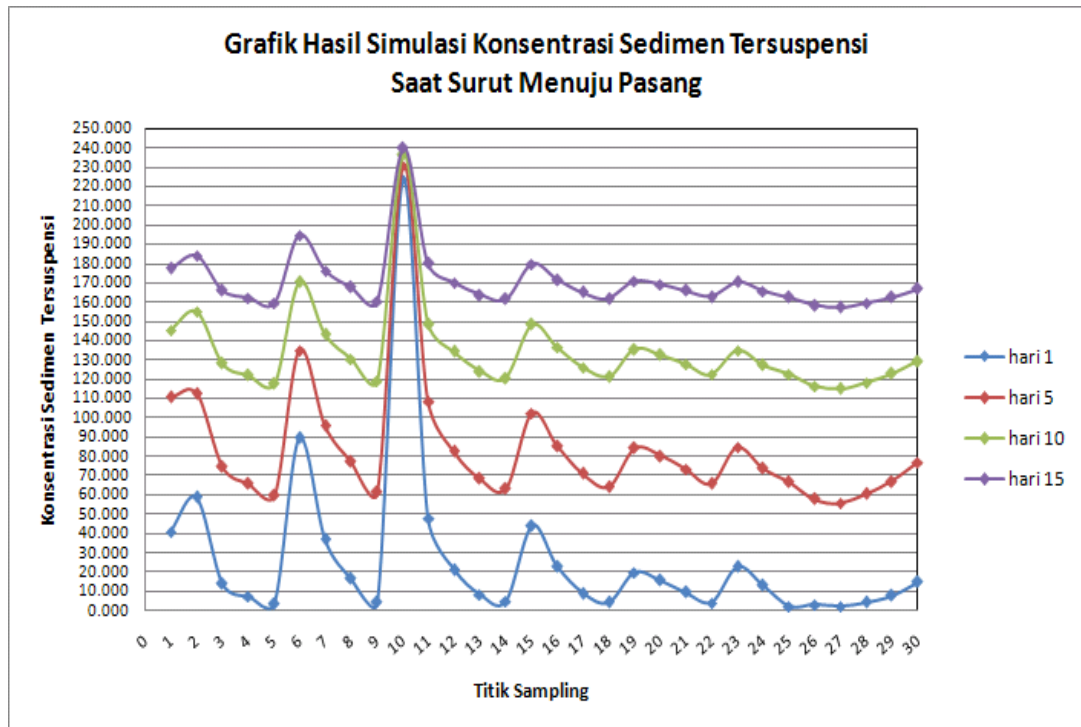
Dengan menggunakan metode admiralty diperoleh nilai MSL, HHWL, LLWL digunakan sebagai data acuan untuk jalur transportasi air yang menggunakan perairan muara sungai Porong dan sekitarnya. Saat air mengalami surut terendah (LLWL) yaitu 34,277 cm, dari hasil pengamatan di lapangan air laut surut hingga mencapai 1 km dari garis pantai muara sungai Porong. Hal ini sesuai dengan pernyataan Delyuzar Ilahude (2006) yang menyatakan bahwa perairan muara sungai Porong ini mempunyai dataran pasang surut yang cukup luas yaitu jarak antara garis pantai (pasang maksimum) hingga surut terendah kurang lebih 1,5 km. Dengan kondisi demikian jalur transportasi yang melalui kawasan tersebut perlu melakukan prediksi waktu yang tepat untuk melakukan pelayaran sehingga tidak akan melakukan pelayaran saat kondisi sedang surut karena berpotensi kandas.

Dari hasil pengamatan di lapangan saat pasang menuju surut beda elevasi permukaan tanah dengan tinggi air laut mencapai 1 meter. Hal ini sesuai dengan pendapat Ediar Usman, M. Salahuddin, DAS. Ranawijaya dan Juniar P. Hutagaol (2008) menyatakan bahwa daerah Porong dan sekitarnya merupakan dataran rendah, tinggi permukaan tanah hampir sama dengan tinggi permukaan air laut rata-rata dengan beda elevasi 1-1,5 m. Dengan demikian saat air mengalami pasang tertinggi (HHWL) yaitu 356,005 cm, daratan yang dekat dengan pantai berpotensi tergenang saat terjadi pasang tertinggi. Dengan adanya data tentang ketinggian air

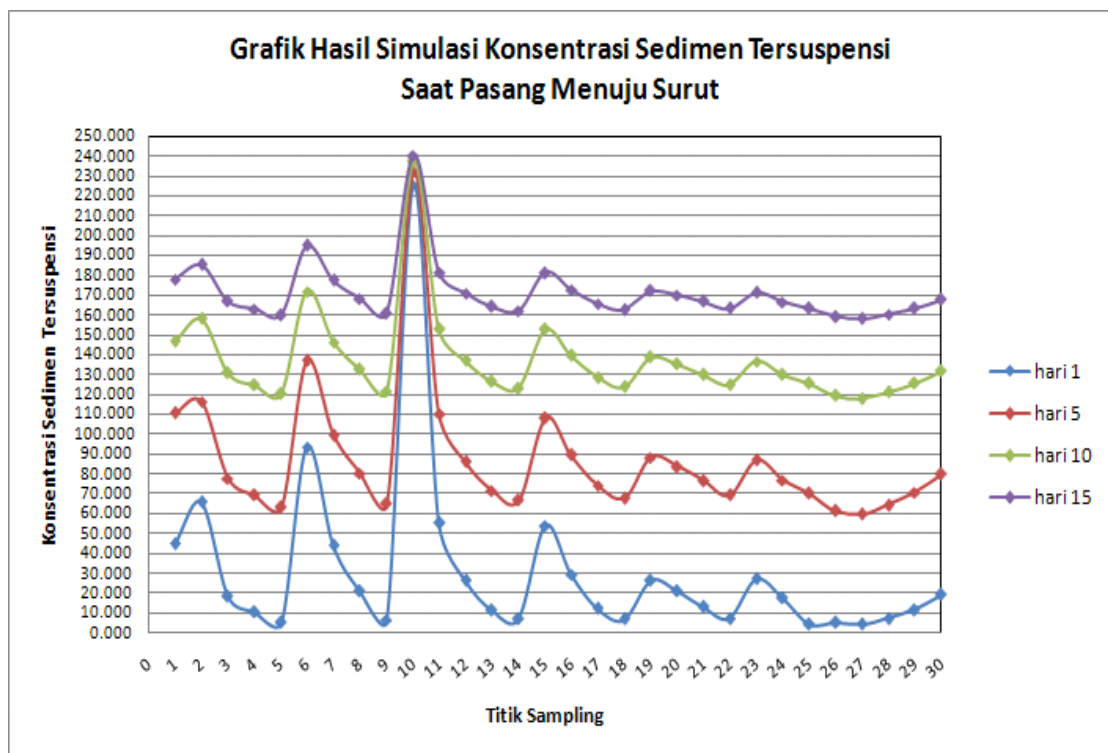
saat pasang tertinggi maka dapat dibuat perkiraan jarak yang aman bagi pemukiman yang berdekatan dengan pantai sehingga tidak tergenang saat terjadi pasang.

Selain pemukiman di delta muara sungai Porong digunakan sebagai area pertambakan, sehingga peran kawasan perairan muara sungai Porong sangat penting sebagai jalur transportasi dari pemukiman penduduk ke area pertambakan, seperti diperkuat dalam <http://www.korbanlumpur.info> (2009) bahwa kawasan perairan sungai Porong dan sekitarnya ini sangat penting sebagai jalur transportasi mengingat keberadaan tambak-tambak di delta muara sungai Porong yaitu Pulau Dem dan Pulau Tujuh. Sehingga jika jalur transportasi terhambat dengan terjadinya pendangkalan di kawasan tersebut, maka data ketinggian air saat surut terendah dapat dijadikan referensi data jika akan dilakukan pengerukan muara sungai Porong jika pendangkalan yang terjadi sudah menutup jalur transportasi.

Dari hasil perhitungan nilai F (bilangan Formzahl) diperoleh nilai 0,672 tipe pasang surutnya campuran cenderung ganda. Hal ini sesuai dengan peta sebaran pasang surut di perairan Indonesia pada gambar 16 seperti yang terdapat dalam Triatmodjo (1996) bahwa tipe pasang surut kawasan teluk sekitar selat Madura yaitu campuran cenderung ganda. Dengan demikian dapat dilakukan perencanaan waktu untuk melakukan pelayaran yang melewati kawasan tersebut.



Gambar 13. Grafik Hasil Simulasi Konsentrasi Sedimen Tersuspensi saat surut menuju pasang



Gambar 14. Grafik Hasil Simulasi Konsentrasi Sedimen Tersuspensi saat pasang menuju surut

### Kondisi Arus

Pada perairan muara sungai Porong terdapat dua faktor pembangkit utama arus di lokasi tersebut. Faktor-faktor tersebut antara lain:

#### 1. Pasang surut

Pasang surut yang terjadi di muara sungai Porong sangat berpengaruh terhadap pola arus yang terjadi, karena saat terjadi surut di kawasan ini air cepat tertarik ke laut dan dengan jarak cukup jauh sehingga menyebabkan muka air laut turun drastis dan cepat, sebaliknya jika terjadi pasang air akan masuk ke kawasan muara dan menggenangi daerah yang rendah mengingat kondisi muara sungai Porong ini tinggi permukaan tanahnya hampir sama dengan tinggi muka air laut rata-rata. Hal inilah yang membentuk pola pergerakan arus di kawasan ini yaitu kondisi keluar masuknya air di muara sungai Porong. Poerbandono dan Djunasjah (2005) menyatakan bahwa fenomena arus pasang surut sangat terasa pada wilayah muara sungai (delta dan estuari). Dan diperkuat juga dalam <http://www.terraneet.or.id> menyatakan bahwa saat terjadi pasang air laut masuk sampai percabangan sungai Porong. Hal ini menunjukkan besarnya pengaruh dari pasang surut di muara sungai Porong.

#### 2. Debit sungai

Debit sungai mempengaruhi pola sirkulasi arus di perairan muara sungai Porong. Hal ini terlihat dari besarnya debit yang melalui sungai, dengan debit yang besar akan mendorong pergerakan angkutan sedimen ke arah laut. Debit rata-rata sungai Porong pada bulan April mencapai 33,010 m<sup>3</sup>/s menunjukkan

derasnya aliran air di sungai Porong. Besarnya debit sungai Porong ini diperkuat oleh pernyataan dalam <http://korbanlumpur.info> 2009 bahwa debit sungai Porong sangat deras hingga mampu mendorong endapan lumpur Lapindo ke muara. Derasnya debit sungai Porong ini sangat berpengaruh terhadap pola pergerakan arus yang terjadi di kawasan tersebut karena karena besarnya dorongan air dari arah sungai.

Pemodelan arus dilakukan selama 15 hari sesuai dengan waktu pengukuran pasang surut di lapangan. Kecepatan arus hasil model pada kondisi perbani saat surut menuju pasang di stasiun 1 adalah 0,027 m/s. Pada stasiun 2 kecepatan arus 0,030 m/s, stasiun 3 kecepatan arus 0,028 m/s, stasiun 4 kecepatan arus 0,033 m/s, stasiun 5 kecepatan arus 0,026 m/s. Kecepatan arus hasil model pada pada kondisi perbani saat pasang menuju surut di stasiun 1 adalah 0,021 m/s. Pada stasiun 2 kecepatan arus 0,022 m/s, stasiun 3 kecepatan arus 0,021 m/s, stasiun 4 kecepatan arus 0,025 m/s, stasiun 5 kecepatan arus 0,020 m/s. Kecepatan arus hasil model pada kondisi purnama saat surut menuju pasang di stasiun 1 adalah 0,042 m/s. Pada stasiun 2 kecepatan arus 0,046 m/s, stasiun 3 kecepatan arus 0,043 m/s, stasiun 4 kecepatan arus 0,050 m/s, stasiun 5 kecepatan arus 0,041 m/s. Kecepatan arus hasil model pada pada kondisi purnama saat pasang menuju surut di stasiun 1 adalah 0,028 m/s. Pada stasiun 2 kecepatan arus 0,031 m/s, stasiun 3 kecepatan arus 0,029 m/s, stasiun 4 kecepatan arus 0,034 m/s, stasiun 5 kecepatan arus 0,027 m/s. Dan seperti pada gambar 25 dan gambar 26 kecepatan arus saat kondisi perbani mencapai 0,080

m/s sedangkan pada gambar 27 dan gambar 28 kecepatan arus saat kondisi purnama mencapai 0,270 m/s. Hal ini diperkuat oleh Widodo 2006 bahwa kecepatan arus di perairan muara sungai Porong mencapai 0,260 m/s saat purnama.

Kecepatan arus saat kondisi perbani tidak sebesar saat kondisi purnama, hal ini disebabkan karena saat kondisi purnama gaya tarik bulan dan matahari mencapai maksimum sehingga selain menyebabkan muka air laut mengalami kenaikan tertinggi juga menyakibatkan pergerakan arus yang disebabkan oleh pasang surut (pernyataan ini diperkuat juga oleh Sariningsih 2002 bahwa arus dapat disebabkan oleh pasang surut) menjadi maksimal maka kecepatan arus yang terjadi menjadi besar, sedangkan saat kondisi perbani gaya tarik bulan dan matahari menjadi minimum sehingga muka air laut mengalami kenaikan terendah hal ini menyakibatkan pergerakan arus pasut menjadi minimal maka kecepatan arus yang terjadi menjadi kecil.

Arah pergerakan arus saat surut menuju pasang dari hasil simulasi seperti pada gambar 25 saat kondisi perbani dan gambar 27 saat kondisi purnama, menunjukkan arah pergerakan dari timur menuju ke barat kemudian ke utara mengikuti bentuk garis pantainya. Pergerakan arah arus ini diperkuat dalam [Hamzah@ppk.itb.ac.id](mailto:Hamzah@ppk.itb.ac.id) (2009) bahwa arah arus dari timur menyusuri garis pantai berbelok ke utara. Dengan melihat arah pergerakan arus yang bermula dari timur menuju barat karena saat surut menuju pasang arus mulai berbalik arah bergerak menuju garis pantai yang berarti massa air bergerak mendekati garis pantai dan masuk ke sungai melalui muara, sedangkan pergerakan arus yang membelok ke utara ketika mendekati garis pantai, hal ini

disebabkan adanya *longshore current* yaitu pergerakan arus yang sejajar dengan pantai sehingga arus yang semula bergerak menuju pantai kemudian membelok dan bergerak sejajar dengan garis pantai.

Untuk arah pergerakan arus saat pasang menuju surut dari hasil simulasi seperti pada gambar 26 saat kondisi perbani dan gambar 28 saat kondisi purnama menunjukkan arah pergerakan dari utara menuju ke selatan kemudian ke timur mengikuti bentuk garis pantainya. Pergerakan arah arus ini diperkuat dalam [Hamzah@ppk.itb.ac.id](mailto:Hamzah@ppk.itb.ac.id) (2009) bahwa arah arus dari utara menyusuri garis pantai berbelok ke timur. Hal ini disebabkan adanya *longshore current*, kemudian pergerakan arus membelok ke arah timur menjauhi garis pantai karena saat pasang menuju surut arus mulai berbalik arah menuju ke laut terjadi pergerakan massa air yang menjauhi garis pantai. Sedangkan di muara pergerakan arus menyebar. Hal ini diperkuat juga dalam triatmodjo (1999) bahwa di muara pergerakan arus mulai menyebar.

Dari verifikasi arus diperoleh nilai MRE rata-rata sebesar 21,290 %. Dengan nilai MRE tersebut dapat diterima. Untuk verifikasi sedimen tersuspensi diperoleh nilai MRE rata-rata sebesar 34,820%. Untuk memperoleh nilai MRE rata-rata ini telah dilakukan beberapa kali kalibrasi. Kalibrasi model ini dilakukan untuk memperoleh hasil dengan nilai kesalahan terkecil. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Kristanti (2008) bahwa proses kalibrasi model dilakukan hingga diperoleh hasil model yang paling mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan, yaitu melalui verifikasi model dan nilai MRE masih dapat diterima jika masih berada didalam batas 40%.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil model dapat disimpulkan bahwa kecepatan arus di lokasi penelitian pada saat purnama mencapai 0,270 m/s dan kecepatan arus pada saat perbani mencapai 0,080 m/s. Dengan berorientasi arah saat surut menuju pasang dari Timur ke Barat kemudian ke utara mengikuti bentuk garis pantainya dan saat pasang menuju surut pergerakan arus berorientasi dari Utara ke selatan kemudian ke Timur mengikuti bentuk garis pantai.

Simulasi sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi selama 15 hari memperlihatkan bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi berkisar antara 3,803 mg/l-240,448 mg/l dengan orientasi arah dominan ke tenggara.

Berdasarkan hasil simulasi sebaran sedimen tersuspensi, maka potensi pendangkalan lebih besar terjadi ke arah tenggara Sungai Porong.

## Daftar Pustaka

- Anonim. 2009. Bencana Baru Di Kali Porong. [http : // www.terranel.or.id](http://www.terranel.or.id) (10 Maret 2009).
- Anonim. 2004. Keadaan Oseanografi Perairan Indonesia. <http://www.tumoutou.net> (27 November 2006).
- Anonim. 2007. Lecture 12: Ocean Sediment II. Department of Geology, University of Illinois At Urbana – Campaign, USA. <http://ijolite.geology.uiuc.edu> (19 April 2007).
- Anonim. 2007. Pasang Surut Laut. <http://rageagainst.multiply.com/journal/item/32> (19 April 2008).
- Anonim. 2007. Pasang Surut Laut dan Keadaannya di Indonesia. [http : //](http://)

[rageagainst.multiply.com/journal/item/35](http://rageagainst.multiply.com/journal/item/35) (19 April 2008).

- Anonim. 2009. Ribuan Ha Tambak Terancam, Endapan Lumpur Lapindo di Sungai Porong Segera Didorong ke Muara. [http : //](http://korbanlumpur.info) (10 Maret 2009).
- Anonim. 2007. Tentang Sedimen. <http://rageagainst.multiply.com/journal/item/33> (19 April 2008).
- Anonim. 2007. Terrigenous Sediments. <http://geology.uprm.edu> (19 April 2007).
- Brown, J. *et al.* 1989. Ocean Circulation. Open University Course Team. Pergamon Press, Oxford, 238 hlm.
- Dahuri, Rokhmin. *Et all.* 2001. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 328 hlm.
- Garrison, Tom. 1993. Oceanography An Invitation to Marine Science. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, A division of Wadsworth, Inc, 540 hlm.
- Gross, M. Grant. 1993. Oceanography Sixth Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 446 hlm.
- Hariyanto. 2000. Pasang surut air laut (*ocean ride*). [http : //](http://digilib.menlh.go.id) (26 Desember 2006).
- Hutabarat, Sahala dan Stewart M. Evans. 1986. Pengantar Oseanografi. UI-Press, jakarta, 159 hlm.
- Ilahude, Abdul Gani. 1999. Pengantar Ke Oseanologi Fisika. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta, 240 hlm.
- Ilahude, Delyuzar. 2006. Dinamika Aru pesisir Pantai Pasuruan Mendorong Aliran Lumpur Sidoarjo. <http://hotmudflow.wordpress.com> (30 Mei 2008).

- Ingmason, Dale E. and William J. Wallace. 1989. Oceanography An Introduction. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, A division of Wadsworth, Inc, 511 hlm.
- King, David. 1998. Coastal Engineering Manual Part III Chapter 1 Coastal Sediment Properties. Department Of The Army U.S. Army Corps Of Engineers, Washington, 42 hlm.
- Kristianti, Indah Puji. 2008. Studi Pola Transpor Sedimen Tersuspensi di Perairan Teluk Namosain Kupang (Studi Kasus Saat Monsun Timur) [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro, Semarang. 156 hlm.
- Lakhan, V.C. and A.S Trenhaile. 1989. Applications in Coastal Modelling. Elsevier Science Publishers, Netherlands, 387 hlm.
- Latief, Hamzah. 2002. Oseanografi Pantai Volume 1. Departemen Geofisika dan Meteorologi. ITB, Bandung, 162 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2009. Simulasi Sebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Muara Sungai Porong dan Sekitarnya. ITB. Hamzah@ppk.itb.ac.id (1 Juni 2009).
- Murray ,Richard W. 2007. Ocean-Floor Sediment. Ocean-Floor Sediment Forum, Water Encyclopedia, Advemag. Inc. <http://www.waterencyclopedia.com> (19 April 2008).
- Nontji, Anugerah. 1987. Laut Nusantara. Djambatan, Jakarta, 368 hlm.
- Pettijohn, F. J. 1975. Sedimentary Rocks Third Edition. Harper and Row Publishing, New York, 626 hlm.
- Poerbondono dan E. Djunasjah. 2005. Survei Hidrografi. Refika Aditama, Bandung, 166 hlm.
- Pranowo, Widodo S. Et al. 2006. Hidro-Oseanografi Selat Madura (Dalam Rangka Kasus Lapindo Brantas). Departemen Kelautan dan Perikanan. <http://www.scribd.com> (17 Juni 2009).
- Rahardjo, Sntoso dan Harpasis Slamet Sanusi. 1982. Oseanografi Perikanan 1. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Jakarta, 137 hlm.
- Rovicky. 2006. Kita Tengok Selat Madura yook >> dongeng geologi. <http://www.rovicky.wordpress.com> (5 maret 2008).
- Sariningsih, Nining. 2002. Oseanografi Fisis. ITB, Bandung, 125 hlm.
- Selley, Richard C. 1988. Applied Sedimentology. Academic Press Limited, London, 446 hlm.
- Subaktian, Lubis. 2008. Tempat Pantas bagi Lumpur Porong, Tinjauan Aspek Geologi Kelautan. Puslitbang Geologi Kelautan, Bandung. <http://www.ekologi.litbang.depkes.go.id> (30 Mei 2008).
- Suryabrata, Sumadi. 1991. Metodologi penelitian. Rajawali Pers, Jakarta, 40 hlm.
- Thurman, Harold V. 1994. Introductory Oceanography. Macmillan Publishing Company, New York, 550 hlm.
- Tomascik, Tomas *et al.* 1997. The Ecology Of Thr Indonesian Seas. Periplus Editions (HK) Ltd, 642 hlm.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta, 397 hlm.
- \_\_\_\_\_. 1996. Pelabuhan. Beta Offset, Yogyakarta, 299 hlm.
- Usman, Ediar. *et al.* 2008. Lokasi Pengendapan Akhir Dan Evaluasi Pengelolaan Lumpur Porong. Puslitbang Geologi Kelautan, Bandung. <http://www.mgi.esdm.go.id> (30 Mei 2008).