



## Kondisi Hidrodinamika Dan Pengaruhnya Terhadap Sebaran Parameter Fisika-Kimia Perairan Laut Dari Muara Sungai Porong, Sidoarjo

Mujahid Sukarno<sup>1</sup>, dan Muh.Yusuf<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Oseanografi, FPIK, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK, Universitas Diponegoro, Semarang

### Abstrak

Kondisi hidrodinamika merupakan satu aspek yang sangat berpengaruh terhadap sebaran sedimen dan polutan di perairan. Pembuangan lumpur PT. Lapindo Brantas di sungai Porong akan memberikan dampak pada kondisi fisika dan kimia perairan di muara Sungai Porong. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi hidrodinamika dengan pendekatan model matematik dan pengaruhnya terhadap pola sebaran parameter fisika-kimia perairan laut dari muara Sungai Porong. Secara umum, model hidrodinamika 2D horisontal yang dijalankan cukup mampu merepresentasikan kondisi hidrodinamika di lokasi penelitian. Hasil simulasi model menunjukkan bahwa arus cenderung memiliki arah bolak-balik sesuai dengan pasut yang terjadi. Kondisi arus di dekat pantai lebih didominasi oleh arus sepanjang pantai yang memiliki kecepatan rata-rata 0,14 m/detik dan arah dominan ke tenggara. Pola sebaran konsentrasi Ammonia, BOD, Nitrat, dan TSS secara signifikan dipengaruhi oleh pola arus yang terjadi.

**Kata kunci:** Sebaran Parameter Fisika-Kimia Perairan, Muara Sungai Porong, Model Hidrodinamika 2D

### Abstract

Hydrodynamic condition is an important aspect for distribution of sediments and pollutants in a waters. Lapindo mud disposal in Porong River will give the impact on physical-chemical condition in Porong Estuary. The purpose of this research is finding out the hydrodynamic condition with mathematical model approach and its effect on distribution of physical-chemical properties of ocean waters from Porong Estuary. In general, 2D horizontal hydrodynamic simulation pattern is similar with observation data. 2D hydrodynamic simulation shows that currents occurred in the model region flows frequently according to the tides occurred. Currents condition on nearshore zone was dominated by Longshore Currents with 0,14 m/s in speed averaged and South East in direction. Distribution pattern of Ammonia, BOD, Nitrate, and TSS in Porong estuary significantly influenced by the currents occurred.

**Key words:** Physical-Chemical Waters Properties Distribution, Porong Estuary, 2D Hydrodynamic Model

### Pendahuluan

Kondisi hidrodinamika merupakan salah satu aspek yang sangat berpengaruh terhadap proses-proses yang terjadi di perairan pesisir dan laut. Sebaran sedimen, polutan, dan komunitas biotik di suatu perairan akan sangat tergantung dari kondisi hidrodinamikanya.

Muara Sungai Porong menjadi titik pertemuan air dari Sungai Porong dengan perairan Selat Madura. Pembuangan limbah berupa lumpur yang telah dilakukan oleh PT. Lapindo Brantas selama ini di sungai Porong tentunya akan memberikan dampak nyata terhadap perubahan kondisi fisika dan kimia perairan terutama di muara Sungai Porong. Sebaran konsentrasi parameter fisika-kimia

perairan sangat penting diketahui mengingat aspek-aspek tersebut sangat mempengaruhi kehidupan biota perairan. Oleh karena itu, penelitian tentang sebaran parameter fisika-kimia perairan dari muara Sungai Porong perlu dilakukan.

Sistem pesisir merupakan sistem yang sangat kompleks berskala luas dan tidak dapat dijelaskan seluruhnya dengan studi berjangka waktu pendek, di samping itu juga melibatkan hubungan antara berbagai macam variabel atau parameter, sehingga salah satu cara yang efektif untuk mendapatkan hasil yang baik mengenai struktur dan fungsi sebuah sistem pesisir adalah menggunakan pendekatan model matematik.

Pengamatan dengan satelit memang dapat menggambarkan beberapa proses yang terjadi hampir di setiap tempat dan waktu. Namun satelit hanya mampu menunjukkan sebagian proses yang terjadi dan hanya proses yang berada di dekat atau di permukaan objek saja. Kapal-kapal dapat melakukan pengukuran pada lebih banyak variabel dan pada perairan lebih dalam, namun pengukuran semacam itu sangat jarang dilakukan. Pemantauan langsung juga memerlukan waktu yang lama dan berkesinambungan, sehingga memerlukan dana yang cukup besar untuk melakukannya.

Pengambilan data lapangan dilakukan di muara Sungai Porong, Sidoarjo selama 18 hari dimulai pada 5 April hingga 23 April 2008. Analisis sampel air laut dilakukan di Laboratorium Air Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB. Analisis data pasang surut, batimetri, dan arus laut serta pemodelan dilakukan di Laboratorium Komputasi Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

## Materi dan Metode

### Data Parameter Hidro-oseanografi

Dari pengukuran data lapangan didapatkan besar dan arah arus total. Besar dan arah arus ini diuraikan komponennya menjadi

komponen U (timur-barat) dan V (utara-selatan). Hasil dari perhitungan komponen U dan V ini kemudian dilakukan plotting menjadi dua bentuk grafik yaitu *scatterplot* dan vektor plot untuk menggambarkan pola arus yang terjadi dengan perangkat lunak *CD-Oceanography*.

Dari hasil pemisahan komponen arus kemudian dilakukan pemisahan arus pasut dari arus total untuk masing-masing komponen U maupun V. Pada dasarnya arus total tersebut terdiri dari arus pasut dan arus non pasut, sehingga tujuan pemisahan ini adalah untuk mengetahui besarnya kontribusi arus pasut terhadap arus total. Pemisahan arus pasut dari arus totalnya menggunakan perangkat lunak *World Currents 1.03*. Setelah mendapatkan arus pasut, kita dapat menentukan arus non pasutnya dengan pengurangan arus total dengan arus pasut.

Analisis data angin dilakukan untuk konversi data angin menjadi tinggi dan periode gelombang signifikan ( $H_s$  dan  $T_s$ ) dengan metode Sverdrup-Munk-Bretschneider (SMB) (CERC, 1984). Nilai tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai estimasi kecepatan arus sepanjang pantai secara analitik menggunakan solusi analitik dari Longuet Higgins (CERC, 2003).

### Data Parameter Fisika-Kimia Perairan

Analisis sampel air laut dilakukan di Laboratorium Air Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung sehingga diperoleh nilai konsentrasi parameter fisika-kimia yaitu BOD, Ammonia, Nitrat, dan TSS. Nilai-nilai parameter hasil analisis kemudian dibandingkan dengan baku mutu air laut.

Nilai konsentrasi parameter fisika dan kimia tersebut kemudian diplotkan sesuai posisi lintang dan bujurnya masing-masing untuk kemudian diinterpolasi dan ditampilkan dalam bentuk peta sebaran konsentrasi sesuai dengan kondisi pasang surut yang terjadi.

### Model Hidrodinamika 2D



## 1. Input data

### a) Kedalaman laut

Data kedalaman laut daerah model besar diperoleh dari peta batimetri Dinas Hidro-Oseanografi skala 1:200.000 yang diinterpolasi menjadi grid dengan selang 500 m. Sedangkan data kedalaman laut daerah model kecil diperoleh dari hasil survei batimetri yang kemudian diplotkan dalam grid dengan selang 200 m.

### b) Data pasang surut

Pada model ini digunakan data pasang surut hasil peramalan dengan NAO99 untuk dimasukkan pada syarat batas terbuka.

## 2. Desain simulasi

Daerah model dalam penelitian ini terdiri dari daerah model besar dan daerah model kecil. Daerah model besar meliputi daerah perairan Selat Madura yang dibatasi koordinat : 112°29'50,037"– 113°26'3,498" BT dan 6°40'10,153" - 7°48'9,882" LS. Daerah model kecil meliputi daerah muara Sungai Porong yang dibatasi koordinat : 112°46'36,365" - 113°5'38,602" BT dan 7°21'13,673" – 7°42'59,767" LS.

Model besar dilakukan dengan diskretisasi ruang 500 m dalam koordinat x dan y dengan jumlah grid horisontal 205x250 grid, sedangkan model kecil pada grid

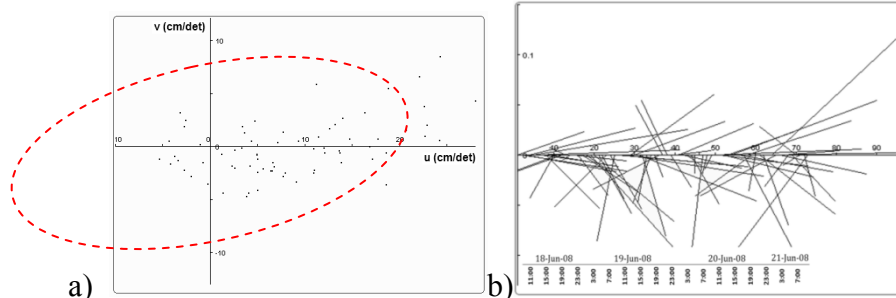
horizontal berjumlah 150x150 grid dengan diskretisasi ruang 200 m. Dalam penelitian ini, pola sirkulasi arus dan elevasi muka air yang terjadi hanya dibangkitkan oleh pasang surut daerah model.

Simulasi model dijalankan selama 18 hari dari tanggal 7 April 2008 – 25 April 2008 disesuaikan dengan waktu pengukuran lapangan. Simulasi juga dilakukan pada bulan Juni selama 18 hari disesuaikan dengan waktu pengukuran data arus sekunder. Langkah waktu yang digunakan sebesar  $\Delta t=1$  detik dengan mempertimbangkan syarat kestabilan CFL (*Courant Friederich Lewy*).

## Hasil dan Pembahasan

### Parameter hidro-oseanografi dan model hidrodinamika 2D

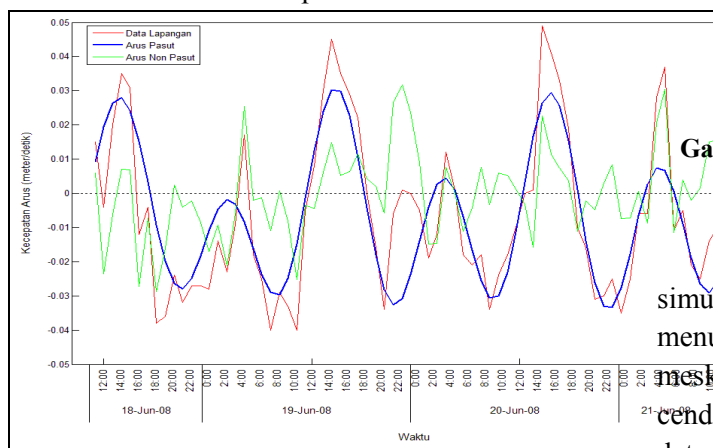
Hasil pengolahan data lapangan dan simulasi model hidrodinamika 2 dimensi menggambarkan pola arus yang dirata-ratakan terhadap kedalaman pada daerah penelitian. Selama simulasi diasumsikan bahwa kedalaman perairan tetap (stabil) dan tidak ada perubahan yang signifikan pada kondisi batas di darat akibat perubahan elevasi muka air laut saat pasang dan surut.



Gambar 1. Contoh a) Scatter Plot dan b) Vektor Plot Kedalaman 0.8d



*Scatter plot* yang terbentuk dari data arus menunjukkan adanya pola ellips yang menggambarkan dominasi arus pasut pada daerah penelitian. Sedangkan vektor plot arus pada daerah penelitian menunjukkan bahwa arah pergerakan arus yang terjadi cenderung bersifat bolak-balik akibat adanya dominasi arus pasut (Farhudin, 1999). Hal tersebut diperkuat oleh hasil analisis data arus dengan software *World Currents* (Boon, 2006) yang menunjukkan persentase arus pasut sebesar 92 % dan arus non pasut sebesar 8%.



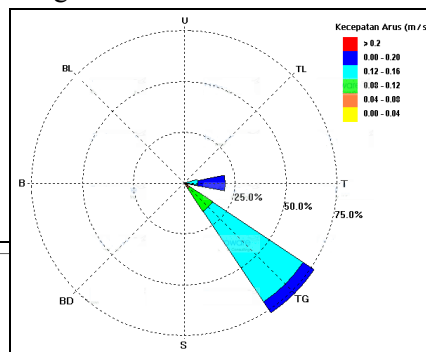
**Gambar 2.** Grafik Hasil Analisis Data Arus Lapangan Menggunakan Software *World Currents* 1.03

Arus yang ditimbulkan oleh pasang-surut pada daerah model cenderung memiliki arah bolak-balik sesuai dengan pasut yang terjadi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sukresno *et al* (2008) yang menunjukkan bahwa pola arus di wilayah perairan Porong berubah secara kontinyu sesuai dengan pasut yang terjadi.

Kecepatan arus pasut maksimum terbentuk di perairan lepas pantai yang mencapai 0.29 m/detik pada kondisi pasut purnama dan cenderung semakin kecil di perairan dekat pantai (hingga 0,1 m/detik). Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena semakin dangkalnya perairan yang menyebabkan semakin besarnya gesekan dasar yang menghambat pergerakan arus pasut (Pickard *et al.*, 2006).

Dari perhitungan secara analitik kecepatan arus sepanjang pantai diperoleh nilai kecepatan arus sepanjang pantai rata-rata

pada bulan April 2008 sebesar 0,14 m/detik dengan arah dominan 120° atau ke arah tenggara (Gambar 3). Bila dibandingkan dengan arus pasut yang terjadi di daerah dekat pantai, kecepatan arus sepanjang pantai cenderung lebih besar.

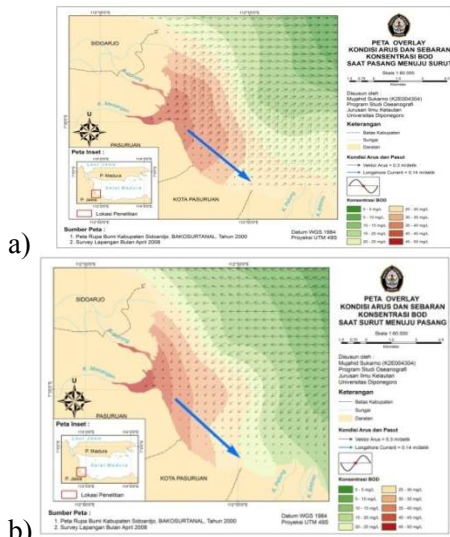


**Gambar 3.** *Current Rose* arus sepanjang pantai Bulan April 2008 hasil analisis

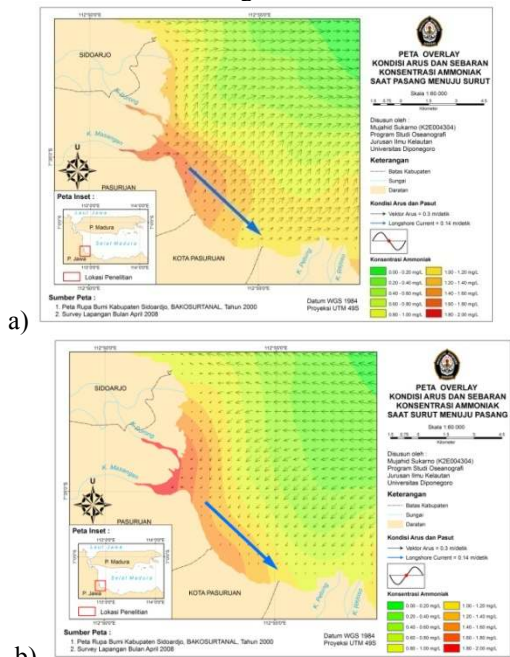
Secara umum, kecepatan arus hasil simulasi model dengan data lapangan menunjukkan kesesuaian yang cukup baik meskipun kecepatan dari hasil model cenderung lebih kecil dibandingkan dengan data lapangan. Hal tersebut dimungkinkan terjadi akibat penggunaan syarat batas pasang surut yang diperoleh dari hasil ramalan NAO99, dan bukan dari data lapangan. Perbedaan juga dapat disebabkan karena belum representatifnya nilai parameter-parameter yang digunakan dalam model (Ningsih *et al.*, 2007).

### Sebaran Parameter Fisika-Kimia Perairan

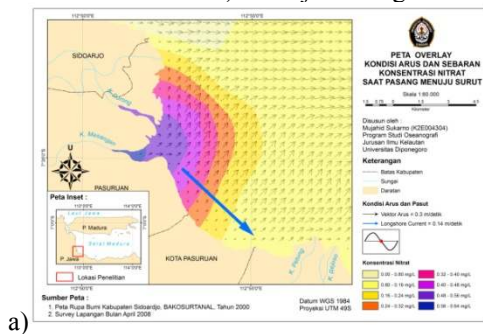
Hasil plotting nilai parameter fisika-kimia perairan menunjukkan pola yang cukup sesuai dengan sebaran parameter kimia dan fisika secara teoritis. Secara umum, empat parameter yang dikaji memiliki nilai yang tinggi di daerah muara sungai Porong. Tingginya nilai tersebut berasal dari zat-zat kimia dan biologi yang dibawa oleh sungai Porong. Kondisi tersebut sesuai dengan pernyataan Hutagalung *et al* (1997) yang menyebutkan bahwa konsentrasi parameter perairan (BOD, Ammonia, Nitrat, TSS) cenderung memiliki nilai yang besar di daerah muara dan pantai dan berkurang ke arah laut.



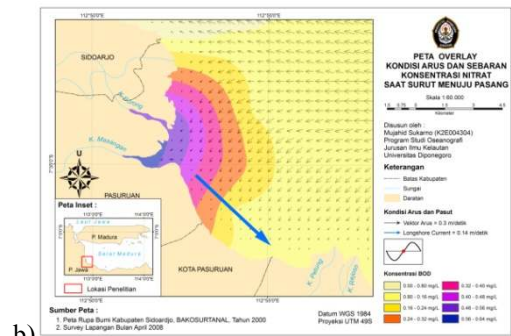
**Gambar 4.** Peta Overlay Pola Arus dan Sebaran Konsentrasi BOD Muara Sungai Porong saat Kondisi a) Menuju Surut dan b) Menuju Pasang.



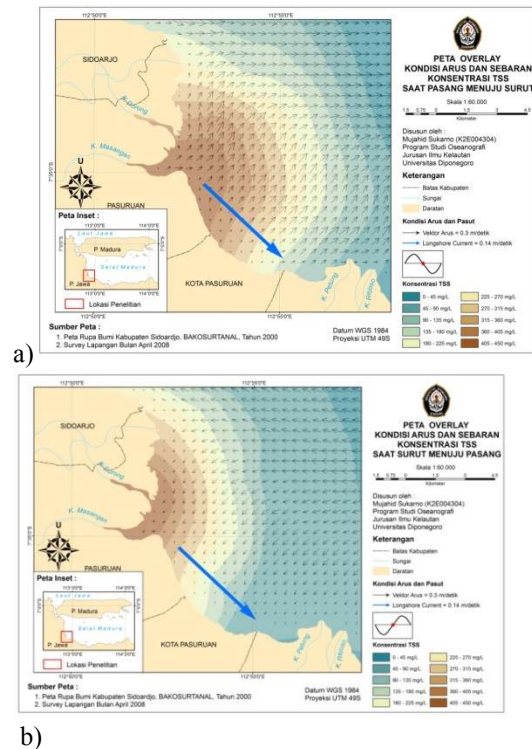
**Gambar 5.** Peta Overlay Pola Arus dan Sebaran Konsentrasi Ammonia Muara Sungai Porong saat Kondisi a) Menuju Surut dan b) Menuju Pasang.



**Gambar 6.** Peta Overlay Pola Arus dan Sebaran Konsentrasi Nitrat Muara Sungai Porong saat Kondisi a) Menuju Surut dan b) Menuju Pasang.



**Gambar 7.** Peta Overlay Pola Arus dan Sebaran Konsentrasi TSS Muara Sungai Porong Saat Kondisi a) Menuju Surut dan b) Menuju Pasang.



**Gambar 7.** Peta Overlay Pola Arus dan Sebaran Konsentrasi TSS Muara Sungai Porong Saat Kondisi a) Menuju Surut dan b) Menuju Pasang.

Dari hasil plotting konsentrasi parameter fisika-kimia perairan berdasarkan kondisi pasut yang terjadi dapat dijelaskan bahwa pada kondisi menuju surut, konsentrasi parameter menyebar menjauhi pantai, sedangkan pada kondisi menuju pasang, konsentrasi cenderung mengumpul di daerah pantai dan muara. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran konsentrasi parameter fisika-kimia perairan di muara sungai Porong cenderung

dipengaruhi oleh pola arus pasut yang terjadi khususnya di daerah jauh dari pantai. Hal tersebut dapat terlihat pada hasil overlay pola arus dan sebaran konsentrasi parameter fisika-kimia perairan (Gambar 4 – 7).

Sedangkan di daerah dekat pantai, sebaran parameter fisika-kimia memiliki pola yang relatif berbeda. Konsentrasi di daerah dekat pantai, cenderung tersebar menyusur pantai. Hal ini disebabkan adanya arus yang bergerak sepanjang pantai atau *longshore currents* yang terbentuk karena gelombang pecah yang membentuk sudut dengan garis pantai (Triatmodjo, 1999).

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa arus yang ditimbulkan didominasi oleh arus pasut dan memiliki arah bolak-balik sesuai dengan pasut yang terjadi. Tipe pasut di daerah penelitian adalah campuran cenderung ganda. Secara umum simulasi model hidrodinamika 2D yang dijalankan mampu merepresentasikan kondisi hidrodinamika di daerah penelitian. Kecepatan arus daerah model kecil mencapai 0,29 m/detik pada kondisi pasut purnama dan 0,15 m/detik pada kondisi pasut perbani.

Konsentrasi sifat-sifat fisika dan kimia perairan (Ammonia, BOD, Nitrat, dan TSS) bernilai besar di muara dan berkurang ke arah laut. Pola arus yang terjadi cenderung memberikan pengaruh yang besar terhadap pola sebaran konsentrasi sifat-sifat fisika dan kimia perairan.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung atas fasilitas dan bantuan data yang diberikan kepada penulis

sehingga penelitian ini dapat berlangsung. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, sehingga dapat terlaksananya penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Boon, John D. 2006. World Current Version 1.03 User Manual. John D. Boon Marine Consultant. USA.
- CERC. 2003. Coastal Engineering Manual. Coastal and Hydraulics Laboratory – Waterways Experiment Station. US Army Corps of Engineers. Mississippi.
- CERC. 1984. Shore Protection Manual. Waterways Experiment Station - US Army Corps of Engineers. Mississippi.
- Farhudin. 1999. Analisis Arus Laut Perairan Teluk Jakarta. [Tugas Akhir]. Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hutagalung, Horas P., D. Setiapermana dan S.H. Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. Puslitbang LIPI. Jakarta
- Ningsih, Nining Sari, B. Priyono, S. Hadi dan A. Tarya. 2007. Studi Awal Pemodelan Numerik Transpor Sedimen 2D Horizontal di Estuari Mahakam, Kalimantan Timur. Jurnal JTM. Volume XIV. No.2.
- Pickard, George L., W.J. Emery and L.D. Talley. 2006. Descriptive Physical Oceanography. Edited Version. Elsevier Science Incorporation. New York
- Sukresno, Bambang, B. Priyono, D.A. Zahrudin and B.A. Subki. 2008. Investigation of Total Suspended Matter in Porong Region Using Aqua-Modis Satellite Data and Numerical Model. Jurnal IPTEK. Volume IX. No.8