

Pola Sebaran Salinitas dengan Model Numerik Dua Dimensi di Muara Sungai Musi

Christie Indah Sari, Heron Surbakti dan Fauziyah

Program Studi Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia

Received 2 Juli 2012; received in revised form 5 Agustus 2012;
accepted 10 September 2012

ABSTRACT

The aim of this research is to describe the spread salinity with two dimensions numerical model at the Musi River's estuary, and also to determined relationship of spread salinity with hydrodynamic unsure in water. The research has been done at Juli – Agustus 2011 at Musi River's estuary, South Sumatra. Determination of sampling points is done by using purposive sampling method. The sample is measured by in-situ method and the data is proceed using Surface Water Modelling System (SMS 8.1) software, then verified with field measurement. The result of this research indicated that when the condition of sea-water tidal waters not too far into the river, the concentration of salinity in the surface layer (0.2 D) ranged between 6 - 28‰, in the water column (0.5 D) between 6 - 27‰, and in the deep waters (0.8 D) between 5 - 27‰. In other hand, at low tide condition, the influence of river moved farther out to the sea, with the concentration of salinity in the surface layer (0.2 D) ranged between 5 - 26‰, the salinity in the water column (0.5 D) and in the deep waters (0.8 D) between 4 - 27‰. The result of spread salinity of the model simulation shows that the salinity distribution patterns follow the formed of the flow so that it can be said that the flow will affect the distribution of salinity in the waters. Based on the results of the flow simulation and salinity with or without the effects of wind's flow and salinity patterns are the same, in the range 0.9 to 23.9‰. The verified average error result of measurement and simulation the model (MRE) with or without wind is 3,163 E-11%. So, factor of the wind did not significantly affect the movement of flow on the research.

Keywords: Salinity distribution, Numerical models, SMS, Estuary

1. PENDAHULUAN

Sungai secara umum berhubungan langsung dengan laut melalui muara atau estuari. Sirkulasi air di daerah estuari sangat dipengaruhi oleh aliran air tawar yang bersumber dari badan sungai dan air asin yang berasal dari laut. Percampuran kedua massa air yang terjadi di muara sungai dapat menyebabkan perubahan kondisi fisik oseanografi di lokasi tersebut. Salah satunya yaitu adanya fluktuasi salinitas, yang bersama dengan suhu akan mempengaruhi sirkulasi massa air (Robert, 2005 dalam Hadikusumah, 2008).

Model merupakan suatu gambaran sederhana dari sistem sesungguhnya yang digunakan sebagai alat untuk membantu memecahkan suatu masalah (Thomann, 1987; Jorgensen, 1994 dalam Zaman dan Syafrudin, 2007). Pemodelan didesain pada suatu syarat batas yang diinginkan untuk mendekati keadaan/proses yang terjadi di alam. Beberapa model telah diterapkan pada syarat batas terbuka maupun tertutup (Rizal, et al. 2009).

Pola penyebaran salinitas dapat digunakan sebagai dasar untuk melihat sejauh mana konsentrasi salinitas dari air laut terdifusi hingga ke hulu sungai dan sejauh mana pengaruh masukan air tawar terhadap konsentrasi salinitas di perairan muara sungai.

Persamaan yang menggambarkan aliran di sungai, estuari dan badan air didasarkan pada konsep konservasi massa dan momentum. Persamaan aliran 2D horizontal (*depth averaged*) diturunkan dengan mengintegrasikan persamaan tiga dimensi transport massa dan momentum terhadap koordinat vertikal dari dasar sampai ke permukaan air, dengan asumsi bahwa kecepatan dan percepatan vertikal diabaikan dan konsentrasi salinitas sama untuk setiap kedalaman (aliran dua dimensi perata-rataan kedalaman dengan metode elemen hingga).

Perairan pesisir sekitar muara Sungai Musi merupakan daerah yang potensial bagi pembangunan sosial dan ekonomi masyarakat di sekitarnya. Perairan ini telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk kegiatan transportasi, perikanan dan sebagainya. Perairan ini merupakan daerah peralihan antara wilayah daratan dan laut lepas, sehingga ada interaksi diantaranya (Setiawan, 2008).

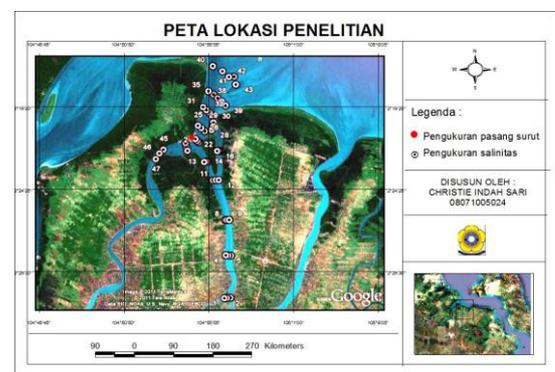
Pada penelitian ini disimulasikan model hidrodinamika dan model sebaran salinitas di

perairan Muara Sungai Musi menggunakan salah satu model matematis hidrodinamika aliran dua dimensi horisontal dengan perata-rataan kedalaman (*depth average*) yang dikenal dengan RMA-2 (*Resources Management Associates-2*) dan RMA-4 (*Resources Management Associates-4*). Program matematis ini menggunakan metode elemen hingga (MEH) dalam analisis hitungannya dan merupakan salah satu modul yang terdapat dalam *Software SMS (Surface water Modeling System)*.

II. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli – Agustus 2011 di perairan Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan (**Gambar 1**).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengambilan Sampel

Penentuan titik sampling dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Pengukuran sampel dilakukan secara *in situ* di lapangan dan pengolahan data menggunakan *Surface Water Modelling System (SMS 8.1)*.

Syarat Batas

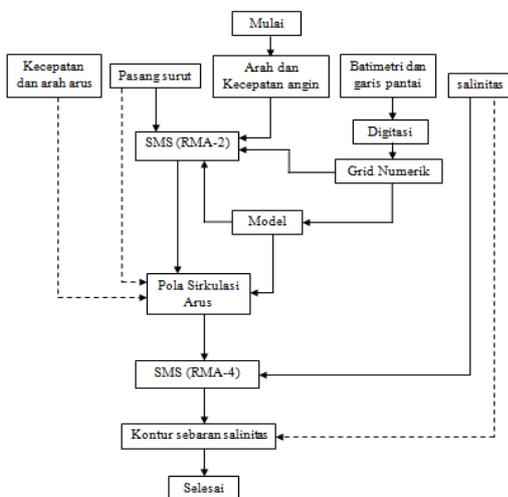
Dalam penyusunan model digunakan asumsi dan batasan bahwa:

- Muara adalah dua dimensi secara lateral dan longitudinal
- Keadaan awal simulasi, dianggap bahwa kondisi perairan dalam keadaan tenang tanpa adanya gerakan vertikal maupun horizontal, dirumuskan: $u = v = \zeta = 0$ (saat $t = 0$).
- Tidak ada pengaruh evaporasi dan presipitasi.

- Perilaku salinitas dalam arah horizontal, secara vertikal dianggap merata.

Penyusunan Model

Dalam penyusunan model dilakukan simulasi dengan menggunakan model hidrodinamika dan model transport. Model hidrodinamika bertujuan untuk membuat simulasi pola sirkulasi arus. Pola sirkulasi arus digunakan sebagai input pada model transport untuk menggambarkan pola penyebaran salinitas yang terjadi pada lokasi tersebut (Noor, dkk. 2008). Selanjutnya, dibuat plot hasil simulasi penyebaran salinitas berdasar tingkat konsentrasi tiap grid untuk memperlihatkan kontur konsentrasi penyebaran salinitas. Hasil simulasi model kemudian diverifikasi dengan pengukuran lapangan untuk mengetahui keakuratan dari hasil simulasi model. Diagram alir untuk membangun model pola sebaran salinitas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pembuatan model pola sebaran salinitas (Ket: --- = verifikasi)

Verifikasi

Verifikasi model bertujuan untuk melihat sejauh mana kemiripan hasil simulasi terhadap data lapangan. Tingkat keakuratan data dihitung dengan menggunakan metode statistik Rata-Rata Kesalahan Relatif (*Mean Relative Error/MRE*) (Mardhani, 2002 dalam Zaman dan Syafrudin, 2007), yaitu:

$$RE = \frac{|X-C|}{X} \times 100\% \quad (3)$$

$$MRE = \sum_{i=0}^n \frac{RE}{n} \quad (4)$$

Keterangan:

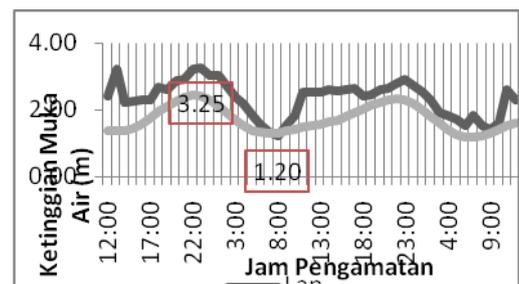
- RE = Relative Error (%)
- MRE = Mean Relative Error (%)

- C = data hasil simulasi
- X = data lapangan
- N = jumlah data

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pasang Surut

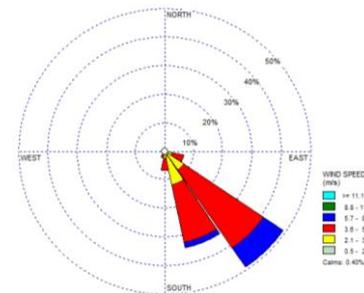
Berdasarkan grafik (Gambar 3) dapat dilihat bahwa di lokasi penelitian bertipe campuran dominasi tunggal yaitu dalam 24 jam terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut. Kisaran tunggang pasut yang diperoleh antara 1,20 m pada saat surut terendah hingga 3,25 m saat pasang tertinggi.



Gambar 3. Grafik Ketinggian Muka Air Laut; data prediksi: (Surbakti, 2011)

b. Angin

Berdasarkan hasil analisis kecepatan angin, diketahui bahwa angin bertiup dengan kecepatan 0,322 – 6,756 m/s dengan rata-rata kecepatan angin yaitu 4,102 m/s. Dilihat dari Gambar 4, kecepatan angin terbanyak berada pada selang 3,6 - 5,7 m/s dan terlihat bahwa angin dominan bertiup dari arah tenggara dimana 62,2% angin berasal dari arah tersebut.

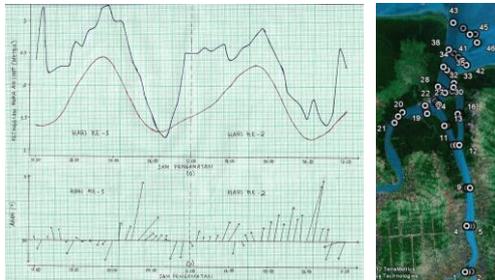


Gambar 4. Windrose kecepatan dan arah angin pada bulan Juli 2011

c. Arus

Berdasarkan hasil analisis data pengukuran arus di perairan TPI Sungsang, diketahui bahwa pada kondisi pasang, arus laut bergerak ke arah barat/utara (masuk ke dalam sungai) dengan kecepatan berkisar antara 0,023 –

0,156 m/s. Pada kondisi surut, arus laut di perairan sekitar TPI Sungsang secara umum bergerak ke arah timur laut/selatan (menuju Selat Bangka) dengan kecepatan berkisar antara 0,048 – 0,461 m/s. Hasil pengukuran arus di lokasi pengamatan dapat dilihat pada **Gambar 5**.

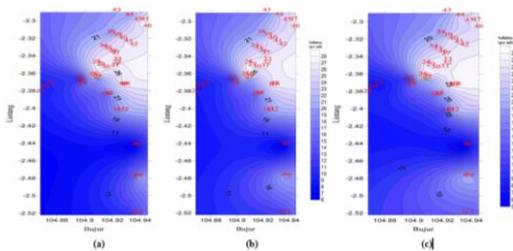


Gambar 5. Stik Plot Arus di Perairan TPI Sungsang dari 22 – 23 Juli 2011 berdasarkan kondisi pasang surut. (a) Pasang surut; (b) Arus

Pada hari kedua diketahui pada saat kondisi pasang arah arus justru bergerak menuju ke laut lepas. Arah arus saat pasang dominan keluar dari muara disebabkan oleh pengaruh arah angin, hal ini sesuai dengan pernyataan Hutabarat (2006) bahwa gerakan air di permukaan laut terutama disebabkan oleh adanya angin yang bertiup di atasnya.

d. Salinitas

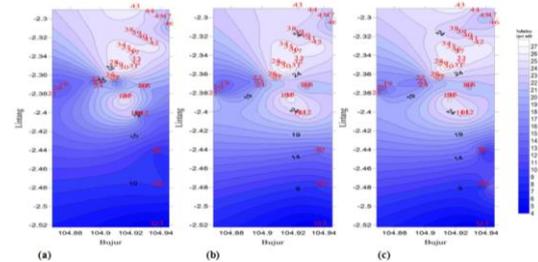
Pada **Gambar 6**, dapat dilihat bahwa nilai salinitas pada kondisi pasang untuk kedalaman 0,2 D antara 6 – 27 ‰; kedalaman 0,5 D antara 6 – 28 ‰, dan untuk kedalaman 0,8 D berada pada kisaran 5 – 27 ‰. Hal ini dikarenakan pada saat pasang, masukan air laut yang masuk ke perairan lebih tinggi dibandingkan dari wilayah hulu, sehingga menyebabkan nilai salinitas di perairan tersebut tinggi.



Gambar 6. Grafik Salinitas pada Kondisi Pasang (a) 0,2 D; (b) 0,5 D; (c) 0,8 D

Pada kondisi surut (**Gambar 7**) salinitas di lapisan permukaan (0,2 D) berkisar antara 5 - 26

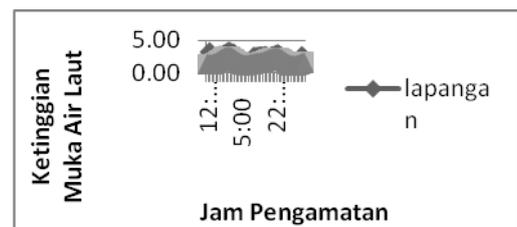
‰, salinitas di kolom perairan (0,5 D) dan di dasar perairan (0,8 D) berkisar antara 4 – 27 ‰.



Gambar 7. Grafik Salinitas pada Kondisi Surut (a) 0,2 D; (b) 0,5 D; (c) 0,8 D

e. Verifikasi elevasi muka air dan arus pasang surut

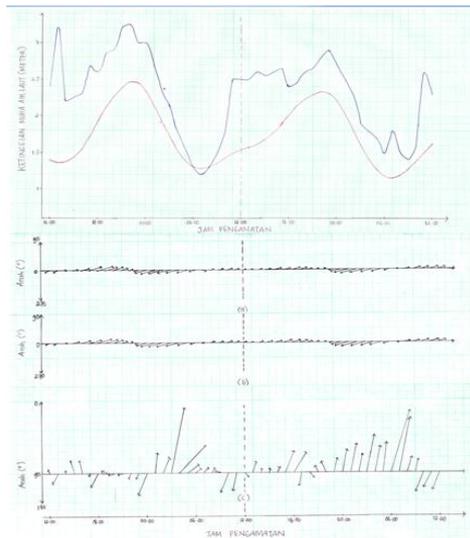
Hasil pengukuran lapangan menunjukkan perbedaan tinggi muka air laut rata-rata dengan hasil simulasi pada kondisi dengan angin dan tanpa angin yaitu ± 0,595 meter. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh adanya pergerakan arus yang menyebabkan terjadinya penumpukan massa air pada daerah tertentu yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya perbedaan tinggi muka air. Kesalahan rata-rata verifikasi hasil pengukuran dan simulasi model (MRE) dengan angin dan tanpa angin adalah 0,523%.



Gambar 8. Grafik Verifikasi Tinggi Muka Air (22 – 24 Juli 2011)

verifikasi arus pasang surut memperlihatkan kondisi yang berbeda antara hasil simulasi model dengan hasil pengukuran (**Gambar 9**). Pada jam tertentu terdapat perbedaan arah arus dimana pada kondisi pasang arah arus seharusnya menuju ke selatan (ke arah hulu), namun arah arus menuju ke utara (muara sungai). Perbedaan kecepatan arus maksimum hasil pengukuran di lapangan dengan hasil simulasi yaitu 0,363 - 0,369 m/s. Kesalahan rata-rata verifikasi kecepatan arus hasil pengukuran dan simulasi model (MRE) dengan angin dan tanpa angin adalah 1,269% dan 1,264%, sehingga dapat

dikatakan bahwa angin mempengaruhi perubahan kecepatan arus di perairan.



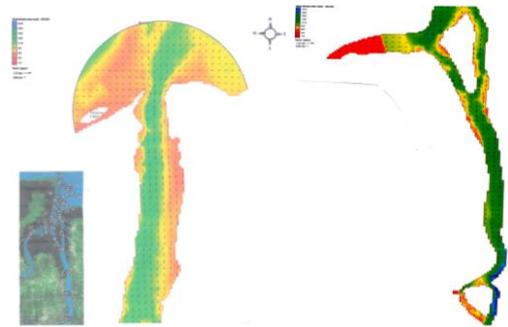
Gambar 9. Stik Plot Arus di Perairan TPI Sungsang dari 22 – 24 Juli 2011 berdasarkan kondisi pasang surut (a) Tanpa Pengaruh Angin; (b) Pengaruh Angin; (c) Lapangan

f. Pola Arus Hasil Simulasi

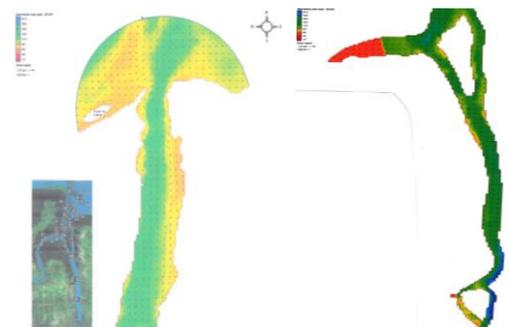
Model pola arus hasil simulasi tanpa pengaruh angin dan dengan pengaruh angin diamati pada 4 kondisi, yaitu saat muka air berada pada MSL (*Mean Sea Level*) menuju pasang tertinggi, saat muka air berada pada pasang tertinggi, saat muka air berada pada MSL menuju surut terendah, dan surut terendah (**Tabel 1**). Model pola arus hasil simulasi dengan pengaruh angin dapat dilihat pada **Gambar 10-14**.

Tabel 1. Perbandingan Kecepatan dan Arah Arus Hasil Simulasi dengan Pengaruh Angin dan Tanpa Pengaruh Angin

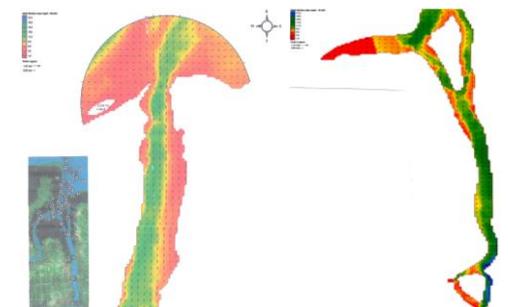
Kedudukan Muka Air	Kecepatan Arus (m/s)		α (°)		Arah Arus	
	Tanpa Angin	Dengan Angin	Tanpa Angin	Dengan Angin	Tanpa Angin	Dengan Angin
MSL menuju surut terendah	0.0890	0.0879	195.02	194.05	S	S
Surut terendah	0.0281	0.0270	197.02	196.56	S	S
MSL menuju pasang tertinggi	0.1833	0.1791	14.81	14.69	U	U
Pasang tertinggi	0.0030	0.0056	102.36	48.81	T	TL



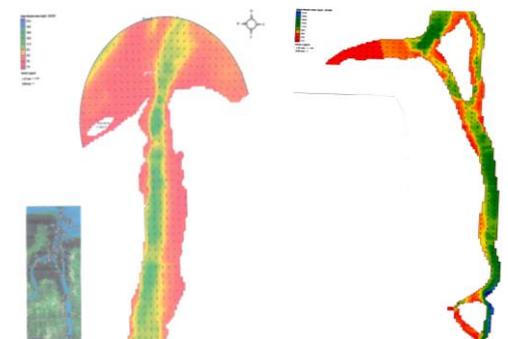
Gambar 10. Model Pola Arus Time Step 328 (MSL menuju pasang tertinggi)



Gambar 11. Model Pola Arus Time Step 332 (Pasang tertinggi)



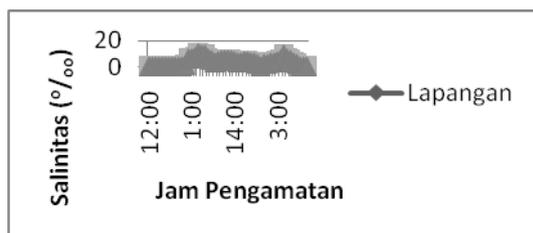
Gambar 12. Model Pola Arus Time Step 56 (MSL menuju surut terendah)



Gambar 13. Model Pola Arus Time Step 60 (Surut terendah)

g. Verifikasi Pola Sebaran Salinitas

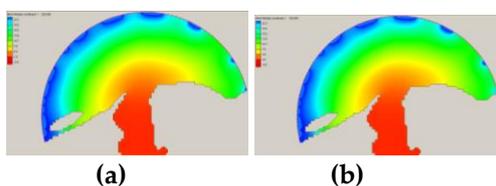
Perbedaan salinitas rata-rata hasil simulasi dengan pengaruh angin dan tanpa pengaruh angin dengan hasil pengukuran di lapangan yaitu $1,436 \text{ E-12 } \text{‰}$ dan $1,410 \text{ E-12 } \text{‰}$. Kondisi ini diduga dikarenakan pengaruh pasang surut serta pergerakan arus yang mempengaruhi distribusi massa air dari air laut maupun air tawar serta pencampuran kedua massa air dengan salinitas seimbang. Kesalahan rata-rata verifikasi hasil pengukuran dan simulasi model (MRE) dengan angin dan tanpa angin adalah $(-9) - (-9.2) \text{ E-13 } \%$.



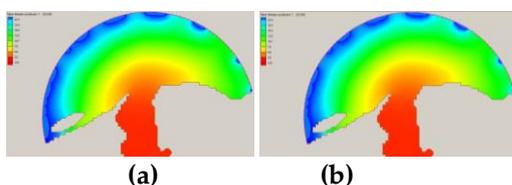
Gambar 14. Grafik Verifikasi Salinitas (22 – 24 Juli 2011)

h. Pola Sebaran Salinitas Hasil Simulasi

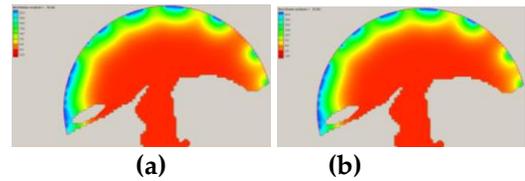
Pola sebaran salinitas hasil simulasi ditunjukkan dengan sebaran konsentrasi salinitas melalui degradasi warna. Konsentrasi tinggi ditunjukkan oleh warna biru dengan kisaran nilai salinitas antara $19,4 \text{ ‰} - > 22,3 \text{ ‰}$, sedangkan konsentrasi rendah ditunjukkan oleh warna merah dengan kisaran nilai salinitas antara $< 0,9 \text{ ‰} - 2 \text{ ‰}$. Model pola sebaran salinitas hasil simulasi dengan pengaruh angin dapat dilihat pada **Gambar 15-18**.



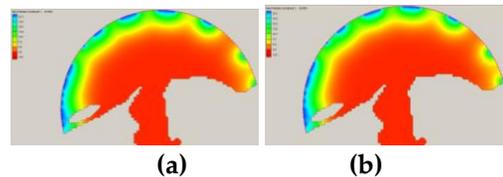
Gambar 15. Model Pola Salinitas Time Step 328 (MSL menuju pasang tertinggi), (a) Tanpa Pengaruh Angin; (b) Pengaruh angin



Gambar 16. Model Pola Salinitas Time Step 332 (Pasang tertinggi), (a) Tanpa Pengaruh Angin; (b) Pengaruh angin



Gambar 17. Model Pola Salinitas Time Step 56 (MSL menuju surut terendah), (a) Tanpa Pengaruh Angin; (b) Pengaruh angin



Gambar 18. Model Pola Salinitas Time Step 60 (Surut terendah), (a) Tanpa Pengaruh Angin; (b) Pengaruh angin

Animasi pergerakan arus dan sebaran salinitas dengan pengaruh angin dan tanpa pengaruh angin yang dibangun dalam penelitian ini telah dapat menggambarkan gerakan arus dan sebaran salinitas di daerah Sungsang, yaitu pada kondisi pasang konsentrasi salinitas di muara lebih tinggi dan pada saat surut konsentrasi salinitas di muara lebih rendah.

IV. KESIMPULAN

1. Pada kondisi pasang, salinitas di lapisan permukaan ($0,2 \text{ D}$) berkisar antara $6 - 28 \text{ ‰}$, salinitas di kolom perairan ($0,5 \text{ D}$) berkisar antara $6 - 27 \text{ ‰}$, dan nilai salinitas di dasar perairan ($0,8 \text{ D}$) berkisar antara $5 - 27 \text{ ‰}$. Sedangkan pada kondisi surut, salinitas di lapisan permukaan ($0,2 \text{ D}$) berkisar antara $5 - 26 \text{ ‰}$, salinitas di kolom perairan ($0,5 \text{ D}$) dan di dasar perairan ($0,8 \text{ D}$) berkisar antara $4 - 27 \text{ ‰}$.
2. Hasil simulasi model sebaran salinitas dengan model numerik dua dimensi menunjukkan pola sebaran salinitas mengikuti pola arus yang terbentuk dengan nilai salinitas pada kisaran $0,9 - 23,9 \text{ ‰}$. Kesalahan rata-rata verifikasi hasil pengukuran dan simulasi arus (MRE) dengan/tanpa angin yaitu $61,962\%$ dan $61,639\%$. Kesalahan rata-rata verifikasi hasil pengukuran dan simulasi model salinitas (MRE) dengan/tanpa angin yaitu $3,163 \text{ E-11}\%$. Jadi, faktor angin tidak terlalu mempengaruhi pergerakan arus di lokasi penelitian dan arus mempengaruhi sebaran salinitas di perairan.

3. Sebaran salinitas (simulasi) mempunyai hubungan yang erat dengan unsur hidrodinamika yaitu pasang surut. Pada kondisi perairan pasang pengaruh air laut tidak terlalu jauh masuk ke sungai sedangkan pada saat kondisi surut pengaruh air sungai bergerak jauh ke luar menuju laut, dan bersama-sama dengan arus yang membawa dua jenis massa air yang berbeda mempengaruhi sebaran salinitas di perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadikusumah. 2008. *Variabilitas Suhu dan Salinitas di Perairan Cisadane*. MAKARA SAINS. Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, Jakarta
- Hutabarat, S dan Stewart M. Evans. 2006. *Pengantar Oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta
- Noor, Dian H., Nining S.N, dan Harun S. 2008. *Model Numerik Dua Dimensi Transpor Logam Berat di Perairan Pantai Tanjung Gerem Cilegon*. Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang
- Rizal, S., Ichsan S., dkk. 2009. *Simulasi Pola Arus Baroklinik di Perairan Indonesia Timur Dengan Model Numerik Tiga Dimensi*. Jurnal Matematika dan SAINS. Vol. 14
- Setiawan, D. 2008. *Struktur Komunitas Makrozoobentos sebagai Bioindikator Kualitas Lingkungan Perairan Hilir Sungai Musi*. BAB I. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Surbakti, H. 2010. *Pemodelan Sebaran Sedimen Tersuspensi dan Pola Arus di Perairan Pesisir Banyuasin Sumatera Selatan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tesis
- Zaman, B. dan Syafrudin. 2007. *Model Numerik 2-D (Lateral & Longitudinal) Sebaran Polutan Cadmium (Cd) Di Muara Sungai (Studi Kasus: Muara Sungai Babon, Semarang)*. Program Studi Teknik Lingkungan, FT