

STUDI KARAKTERISTIK SEDIMEN DI ETUARI DELTA MAHAKAM KALIMANTAN TIMUR

¹Geogy Anggara, ¹Idris Mandang, ²Rahmiati

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

*Email: anggaraashter2011@gmail.com

ABSTRAK

The Mahakam Delta has complex characteristics. It has river branches to connect directly in the Makassar Strait. River discharge carries sediments from upstream to the high-salinity water in Estuary which causes mixing. The purposes of this study are to determine the characteristics of sediments and to know the pattern of sediment distribution in the Estuary of Mahakam Delta. The value of the manual processing of sediments become the initial value in modeling the pattern of sediment distribution using ECOMSED model. The model is run for 40 days (07 July - 16 August 2019). Discharge and tidal also use in the running data. The results of manual processing show the characteristics of muddy sediments with an average of 0.002 mm. The simulation results show that the pattern of sediment distribution carried by surface currents. The highest of sediment concentration when the high tide is on the Estuary and on offshore when the low tide.

Keywords: The Mahakam Delta, Sediment, Distribution pattern, Sediment Characteristics

1. PENDAHULUAN

Delta Mahakam merupakan salah satu wilayah interaksi antara air tawar (*fresswater*) dari darat dan salinitas dari Selat Makassar yang dibawa oleh tenaga pasang surut saat pasang. Bahan dasar Delta tersebut berupa bahan padat atau cair yang dibawa oleh air hujan melalui sungai dan seterusnya ke muara atau ke perairan pantai yang berasal dari lokasi yang lebih tinggi.

Pembentukan Delta Mahakam dipengaruhi oleh interaksi antara aliran air tawar dari Sungai Mahakam dan arus pasang surut yang masuk dari Selat Makassar. Estuari Mahakam merupakan daerah transisi tempat terjadinya pencampuran massa air tawar dari sungai yang bersifat tawar dan air laut yang bersalinitas tinggi. Kombinasi air

tawar dan air laut tersebut akan menghasilkan komunitas khas dengan kondisi lingkungan yang bervariasi.

Delta Mahakam yaitu memiliki transpor sedimen yang kompleks. Material-material sedimen tersuspensi (melayang) di Sungai Mahakam dan terperangkap di Estuari Mahakam yang akhirnya (dalam waktu ratusan tahun) membentuk Delta Mahakam. Wilayah daratan Delta tersusun oleh beberapa lapisan (Ranawijaya, 2000).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis sedimen di Delta Mahakam dengan melakukan pengambilan sampel secara langsung (data lapangan) kemudian memodelkan *bed sediment* (lapisan dasarnya) untuk mengetahui pola

sebaran sedimen yang terdapat di lokasi pengambilan sampel.

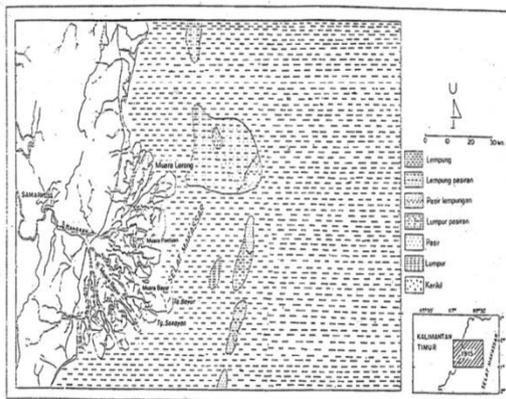
2. TEORI

2.1 Delta Mahakam

Delta Mahakam merupakan tipe Delta yang didominasi oleh proses pasang-surut dan gelombang laut yang berlokasi di tepian Cekungan Kutai, Kalimantan Timur dan mempunyai runtutan stratigrafi Deltaik pantai (*coastal Deltaic*) berumur Miosen hingga Holosen. Delta merupakan garis pantai yang menjorok ke laut, terbentuk oleh adanya sedimentasi sungai yang memasuki laut, danau atau laguna dan pasokan sedimen lebih besar daripada kemampuan pendistribusian kembali oleh proses yang ada pada cekungan pengendapan (Allen, 1998).

Delta Mahakam yang berada di Kalimantan Timur merupakan sistem Delta aktif yang terbentuk di lingkungan tropis dan lembab dengan kondisi amplitudo pasang surut yang relatif besar, energi gelombang rendah, namun gelombang yang masuk fluvial besar (Mandang dan Yanagi, 2009).

Berdasarkan pengamatan megaskopis, sedimen permukaan di Delta Mahakam terdiri atas lempung, lempung pasir, pasir lempungan, lumpur pasir, pasir, lumpur dan kerikil (Ranawijaya, 2000).



Gambar 1. Persebaran material sedimen Delta Mahakam.

2.2 Pasang Surut

Fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Pariwono, 1989).

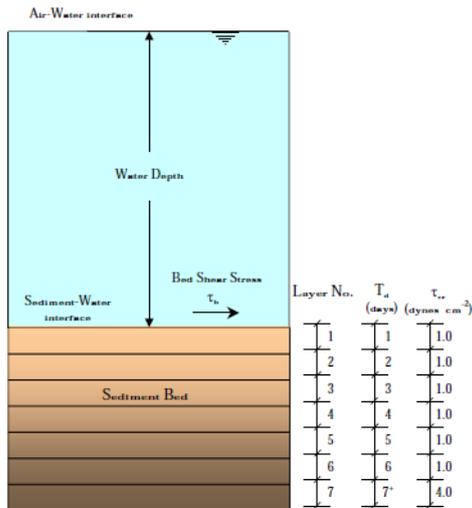
2.3 Sedimen

Sifat-sifat sedimen ialah ukuran butir partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya. Diantara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran butir adalah yang paling penting. Sedimen bisa ditemukan tersuspensi pada kolom air atau jatuh dan terakumulasi pada dasar dari badan air. Transpor sedimen secara sederhana adalah proses pengikisan (erosi) sedimen dari satu tempat, dibawa oleh arus, dan mengendap di tempat lain. Erosi terjadi apabila *shear stress* yang terjadi pada dasar melebihi nilai kritis dari *shear stress*. Deposisi terjadi ketika kapasitas transpor dari arus melewati batas (Triadmodjo, 1999).

Berdasarkan jenis butirannya, Wentworth (1922) dalam Hutabarat (1985) membagi sedimen sebagai berikut (Hutabarat, 1985):

Tabel 1 Jenis sedimen berdasarkan butirannya

Jenis	Ukuran diameter (mm)
<i>Boulders</i> (Batuan)	> 256
<i>Grafel</i> (Kerikil)	2 – 256
<i>Very coarse sand</i> (Pasir sangat kasar)	1 – 2
<i>Coarse sand</i> (Pasir kasar)	0.5 – 1
<i>Fine sand</i> (Pasir halus)	0.125 – 0.5
<i>Very fine sand</i> (pasir sangat halus)	0.0625 – 0.125
<i>Silt</i> (lumpur)	0.002 – 0.0625
<i>Dissolved material</i> (bahan terlarut)	< 0.0005



Gambar 2 Skema model *Bed Sediment*

Persamaan kontinuitas (HydroQual, 2002):

$$\frac{\partial DU}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

Jumlah butiran halus yang mengalami resuspensi dari dasar sedimen kohesif diunjukkan oleh (HydroQual, 2002):

$$\varepsilon = \frac{a_0}{T_d^m} \left(\frac{\tau_b - \tau_c}{\tau_c} \right)^n \quad (2)$$

dimana:

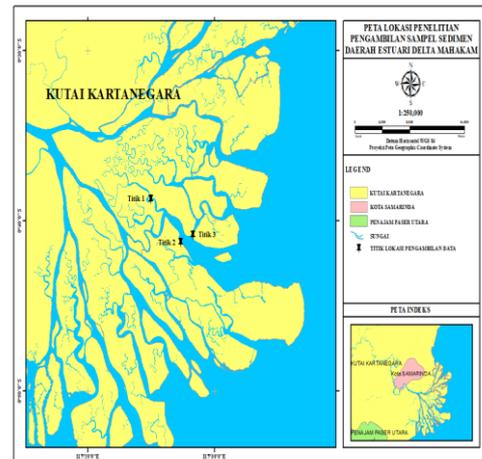
- ε : resuspensi potensial (mg/cm²)
- a_0 : konstanta yang tergantung pada *bed sediment* (=2.1 mg/cm²)
- T_d : waktu setelah terdeposisi (hari)
- τ_b : tegangan geser lapisan bawah (dyne/cm²)
- τ_c : tegangan geser erosi (=1.0 dyne/cm²)

m dan n: konstanta yang bergantung pada lingkungan deposisional

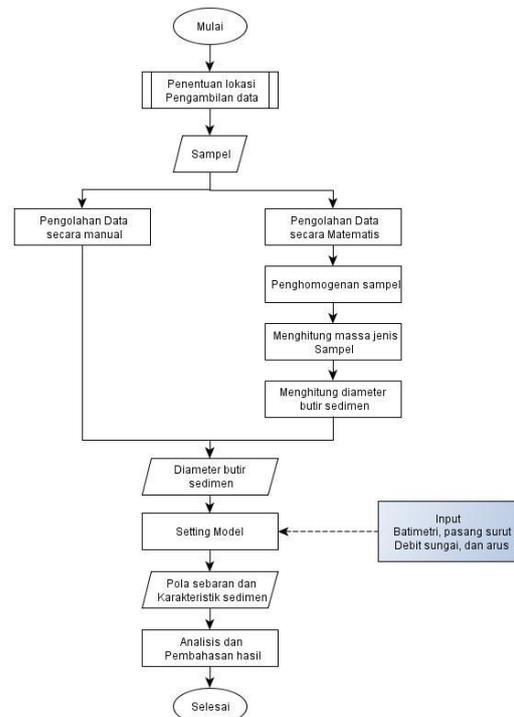
3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini, dilakukan dengan tiga tahap pengerjaan, yaitu melakukan pengambilan sampel sedimen, pengolahan data lapangan, dan penyusunan model. Pengambilan data lapangan dilakukan selama beberapa hari pada tiga titik di wilayah penelitian yaitu jalur tengah delta Sungai Mahakam. Setelah sampel diperoleh, sampel kemudian diolah di

Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawarman dengan beberapa langkah untuk memperoleh karakteristik sedimen berdasarkan butirannya secara manual dan secara matematis. Hasil yang diperoleh dari pengolahan data tersebut kemudian dimodelkan dengan menggunakan ECOMSED.



Gambar 3. Wilayah studi Estuari Delta Mahakam



Gambar 4. Diagram Alir

4. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2 Hasil sampel sedimen pada titik 1

Saringan	Ukuran butir (mm)	Massa tertahan saringan (gr)	Massa lewat saringan (gr)	Persen lewat saringan (c/M x 100%)
No. 200	0.075	$b_6 = 1,2$	$c_6 = 1,4$	94,34 %
No. 100	0.15	$b_5 = 2,5$	$c_5 = 2,6$	
No. 50	0.30	$b_4 = 0,4$	$c_4 = 5,1$	
No. 40	0.425	$b_3 = 0,8$	$c_3 = 5,5$	
No. 30	0.60	$b_2 = 1,1$	$c_2 = 6,3$	
No. 10	2.00	$b_1 = 0$	$c_1 = 7,4$	
Massa butiran < 0.075		$B_2 = 1,4$	$c_6 = B_2$	$c_4 = c_5 + b_5$ $c_2 = c_3 + b_3$
Jumlah		$M = 6$	$c_5 = c_6 + b_6$ $c_3 = c_4 + b_4$	$c_1 = c_2 + b_2$

Tabel 3 Hasil sampel sedimen pada titik 2

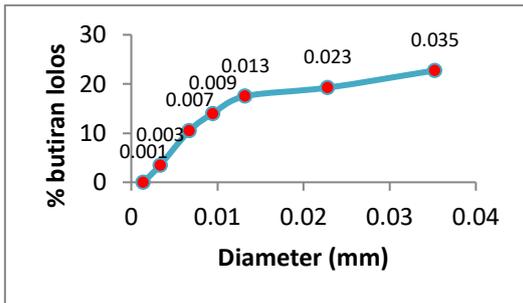
Saringan	Ukuran butir (mm)	Massa tertahan saringan (gr)	Massa lewat saringan (gr)	Persen lewat saringan (c/M x 100%)
No. 200	0.075	$b_6 = 0,9$	$c_6 = 1,2$	82,5 %
No. 100	0.15	$b_5 = 1,5$	$c_5 = 2,1$	
No. 50	0.30	$b_4 = 0,2$	$c_4 = 3,6$	
No. 40	0.425	$b_3 = 0,5$	$c_3 = 3,8$	
No. 30	0.60	$b_2 = 0,5$	$c_2 = 4,3$	
No. 10	2.00	$b_1 = 0$	$c_1 = 4,8$	
Massa butiran < 0.075		$B_2 = 1,2$	$c_6 = B_2$	$c_4 = c_5 + b_5$ $c_2 = c_3 + b_3$
Jumlah		$M = 4,8$	$c_5 = c_6 + b_6$ $c_3 = c_4 + b_4$	$c_1 = c_2 + b_2$

Tabel 4 Hasil sampel sedimen pada titik 3

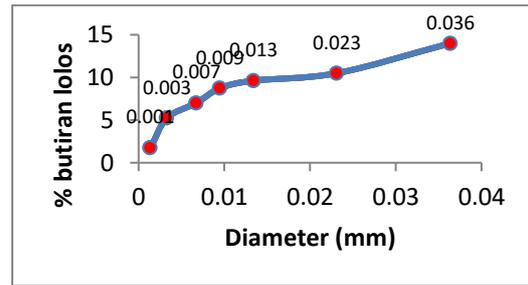
Saringan	Ukuran butir (mm)	Massa tertahan saringan (gr)	Massa lewat saringan (gr)	Persen lewat saringan (c/M x 100%)
No. 200	0.075	$b_6 = 1,9$	$c_6 = 1,3$	79,32 %
No. 100	0.15	$b_5 = 3,5$	$c_5 = 3,1$	
No. 50	0.30	$b_4 = 0,4$	$c_4 = 6,7$	
No. 40	0.425	$b_3 = 0,8$	$c_3 = 7,1$	
No. 30	0.60	$b_2 = 0,9$	$c_2 = 7,9$	
No. 10	2.00	$b_1 = 0$	$c_1 = 8,8$	
Massa butiran < 0.075		$B_2 = 1,3$	$c_6 = B_2$	$c_4 = c_5 + b_5$ $c_2 = c_3 + b_3$
Jumlah		$M = 8,8$	$c_5 = c_6 + b_6$ $c_3 = c_4 + b_4$	$c_1 = c_2 + b_2$

Tabel 1, 2, dan 3 menunjukkan hasil yang diperoleh pada masing-masing titik pengambilan sampel. Massa total yang ditimbang sebanyak 6, 4,8, dan 8,8 gram yang kemudian diayak dengan menggunakan saringan berdiameter tertentu hingga menghasilkan massa tertahan pada saringan. Persen lewat saringan menunjukkan nilai keakurasian

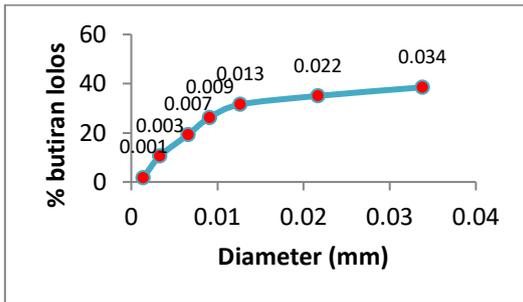
massa sampel yang diolah. Tingkat ketelitian atau keakurasian massa total yang diolah sebesar 94,34%, 82,5%, serta 79,32%. Klasifikasi jenis sedimen berdasarkan butirannya untuk semua titik sampel tergolong lumpur (*silt*). Hal tersebut dilihat dari adanya massa butiran sedimen yang berukuran <0,075 mm.



Gambar 5 Grafik Sampel Sedimen

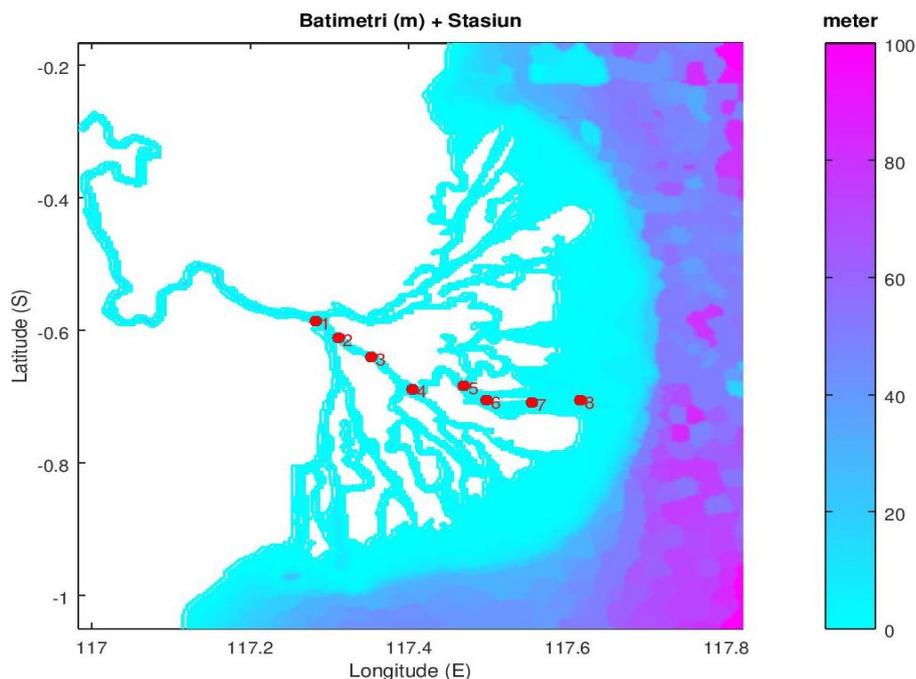


Gambar 7 Grafik Sampel Sedimen 3



Gambar 6 Grafik Sampel Sedimen 2

Grafik 1, 2, dan 3 merupakan hasil yang diperoleh dari pengolahan secara matematis. Dari setiap waktu, diperoleh sedimen dengan rata-rata diameter 0,035 mm pada t_1 yang, pada t_2 diperoleh sedimen berdiameter 0,023 mm, t_3 diperoleh 0,013 mm, t_4 dengan diameter 0,009 mm, t_5 hingga t_7 didapatkan 0,007, 0,003, dan 0,001 mm. Dengan demikian, disimpulkan bahwa sedimen yang terdapat di semua titik sampel berkarakteristik lumpur (*silt*) dengan diameter 0,001 mm.



Gambar 8 Peta lokasi stasiun

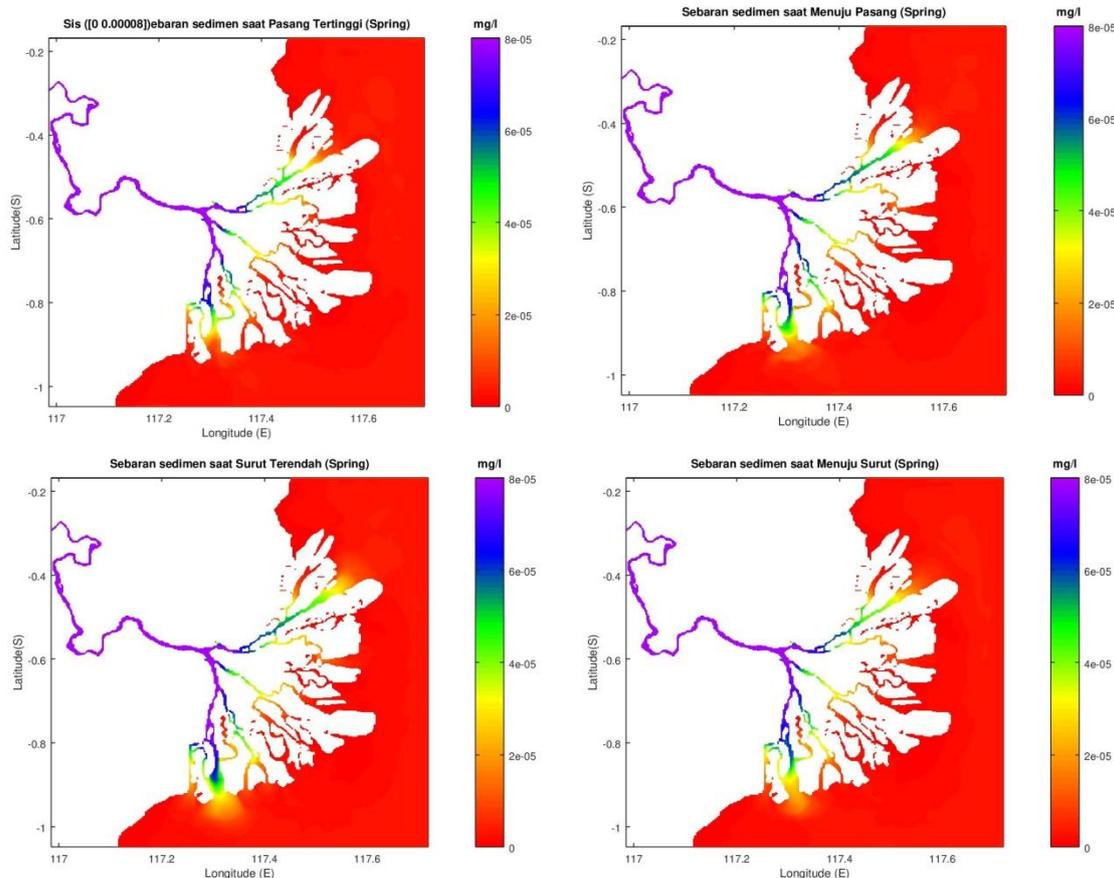
Setiap stasiun memiliki jarak yang berbeda dan mewakili keadaan ekosistem yang berbeda. Untuk stasiun 1, berada di sekitan persimpangan tiga jalur yang merupakan titik temu dari

tiga arah anak sungai. Stasiun 2 dan 3 berada di satu jalur yang sama. Stasiun 4 merupakan titik pertemuan 4 anak sungai, dan stasiun 5 hingga 8 merupakan daerah *offshore*.

Dari gambar 8, disimulasikan bahwa sedimen berjalan mengikuti pasang dan surut. Untuk mempermudah mengetahui proses sedimentasi yang terjadi di delta Mahakam, maka ditentukan 8 kondisi yakni 4 kondisi saat *spring* dan 4 kondisi saat *neap*.

Hasil penggambaran dari pemodelan ini bertujuan untuk melihat pola sebaran sedimen secara spasial pada siklus pasang surut. Waktu cuplik yang digunakan untuk mewakili kondisi

pasang surut yakni waktu cuplik ke 1 saat menuju pasang (*spring*), waktu cuplik ke 2 saat pasang tertinggi (*spring*), waktu cuplik ke 3 saat menuju surut (*spring*), waktu cuplik ke 4 saat surut maksimum (*spring*), waktu cuplik ke 5 saat menuju pasang (*neap*), waktu cuplik ke 6 saat pasang tertinggi (*neap*), waktu cuplik ke 7 saat menuju surut (*neap*), dan waktu cuplik ke 8 saat surut maksimum (*neap*).



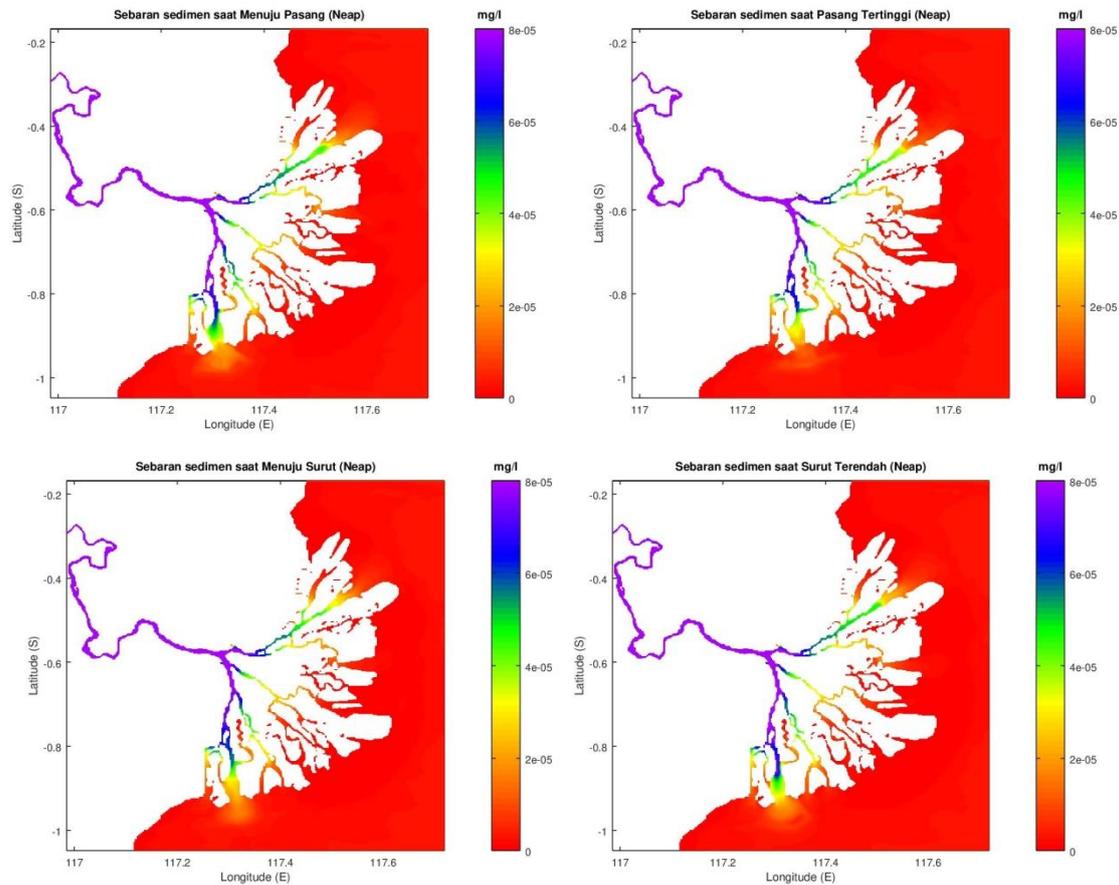
Gambar 9 Pola sebaran sedimen ketika Purnama (*Spring*) disetiap waktu

Pola sebaran sedimen di jalur tengah ketika purnama (*Spring*) pada saat menuju surut menunjukkan nilai yang relatif sama. Sedimen yang terbawa oleh arus berkisar 2×10^{-5} mg/l hingga 4×10^{-5} mg/l. Sedimen yang berada pada jalur atas, memiliki nilai antara 4×10^{-5} mg/l hingga 6×10^{-5} mg/l. Sedangkan pola sebaran

sedimen pada saat pasang tertinggi memiliki massa sedimen yang terbawa sangat kecil yaitu berkisar antara 2×10^{-5} mg/l. Ketika menuju surut, sedimen terbawa hingga keluar (*offshore*). Pada jalur tengah, ketika menuju surut sedimen terbawa dari hulu sungai hingga berada di hilir sungai. Massa sedimen yang terbawa yakni berkisar 2×10^{-5} mg/l hingga 4×10^{-5}

mg/l. Pada saat surut terendah, sedimen yang berada di hulu sungai terbawa menuju hilir sungai. Sedimen sedimen kohesif yang terbawa oleh arus

terdeposisi di suatu tempat sekitar *offshore*. Pada jalur tengah, sedimen memiliki massa sekitar 4×10^{-5} mg/l.



Gambar 10 Pola sebaran sedimen ketika Purnama (*Neap*) disetiap waktu

Sedangkan ketika perbani (*Neap*), pola sebaran sedimen ketika menuju pasang berkisar 2×10^{-5} mg/l hingga 4×10^{-5} mg/l. Pada daerah disekitar stasiun 1 hingga stasiun 4, sebaran sedimen terlihat seragam yakni 3×10^{-5} mg/l. Pada saat pasang tertinggi, sedimen yang terbawa oleh arus memiliki keseragaman nilai pada semua jalur, yakni berkisar 2×10^{-5} mg/l. Adanya arus pasang yang kuat, membawa sedimen hingga ke hulu sungai. Ketika menuju surut, sedimen mengarah keluar menuju selat Makassar. Sedimen yang terbawa cenderung lebih banyak yakni sekitar 4×10^{-5} mg/l hingga 6×10^{-5} mg/l.

Sebaran sedimen ketika surut terendah pada saat *neap* memiliki besaran sekitar 4×10^{-5} mg/l hingga 5×10^{-5} mg/l.

Kesimpulan

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik sedimen yang terdapat pada delta Mahakam terutama jalur tengah lebih cenderung lumpur (*silt*) dengan diameter rata – rata 0,002 mm.
2. Pola sebaran yang diperoleh yakni:
 - a. Ketika pasang dalam keadaan perbani ataupun purnama, cenderung berada di muara sungai.

- b. Ketika surut dalam keadaan perbani ataupun purnama cenderung berada di *offshore*. Dengan demikian batimetri mengalami perubahan sehingga cenderung terjadi erosi dan deposisi di wilayah lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima Kasih kepada pembimbing saya Bapak Dr. Eng. Idris Mandang, M.Si, dan Ibu Rahmiati, M.Sc Serta Penguji Bapak Drs. Piter Lepong, M.Si dan Dr. Supriyanto, MT, serta keluarga saya yang telah mendukung dan mendoakan hingga sampai saat ini.

Daftar Pustaka

- Allen, G.R. 1998. *Marine Fishes of South East Asia. Kaleidoscope Print and Prepress Periplus Edition*. Perth: Western Australia.
- Hutabarat. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: UI-Press.
- HydroQual, Inc., 2002. *A Primer for ECOMSED, User Manual*, Mahwah, N. J. 07430, USA.
- Mandang, I. dan Yanagi, T. 2009. *Cohesive Sediment Transport in the 3D Hydrodynamic - Baroclinic Circulation Model in the Mahakam Estuary, East Kalimantan, Indonesia*. Coastal Marine Science 33(1): 9–21.
- Pariwono, J.I. 1989. *Gaya Penggerak Pasang Surut dalam Pasang Surut*. Ed. Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. P3O-LIPI. Jakarta. Hal. 13-23
- Ranawijaya, D.A.S., E. Usman, M.K. Adisaputra, N.A. Kristanto dan Y. Noviadi, 2000. *Penyelidikan Geologi dan Geofisika Kelautan Perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur*, Lembar Peta 1915. Laporan Intern Pusat Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL)PGL.PGK.087.2000. Tidak diterbitkan dalam Mimin K. Adisaputra dan D.