

STUDI TRANSPOR SEDIMEN DI PERAIRAN PANTAI KALIMANTAN TIMUR DENGAN MENGGUNAKAN MODEL HIDRODINAMIKA

An'am Prasetyo^{1*}, Mustaid Yusuf², Mislan³

^{1,2}Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Fisika Komputasi dan Pemodelan, Fakultas MIPA, Universitas
Mulawarman

*Email : aan.tiyo36@gmail.com

ABSTRACT

The study was conducted in Balikpapan Bay, Adang Bay, and Apar Bay to simulate sediment transport induced by tidal current. The sediment transport information is very important for environmental management as well as environmental impact analysis. This study has applied COHERENS (Coupled Hydrodynamical Ecological model for Regional and Shelf Seas). Barotropic mode of COHERENS has performed the simulation from 15 December 2012 to 14 January 2013, using 8 tidal component delivered from NAO99b as generation force. The model simulation result are verified using tides of observation data from 15 December to 31 December 2012 the Semayang Port. Verification result shows a good agreement between simulation data and observation. The RMSE is about 0.158 meter. In Balikpapan Bay the result shows higher concentration points is located at Port area and Riko River Estuary, with sediment transport around 1.1577×10^{-4} (kg/m²)/s, on Adang Bay the concentration point is located at inner part of Bay, with transport sediment around 1.6499×10^{-4} (kg/m²)/s, and at Apar Bay concentration point is located at outer part of Bay, with sediment transport value around $\times 10^{-15}$ (kg/m²)/s.

Keywords : Hydrodynamics Model, Tides, Sediment Transport, Coast, East Kalimantan

1. PENDAHULUAN

Secara geografis Perairan Pantai Kalimantan Timur bagian selatan terhubung langsung dengan Selat Makassar pada bagian barat. Perairan pantai bagian selatan ini berlokasi pada Teluk Balikpapan, Teluk Adang, dan Teluk Apar berada. Selain berbatasan dengan Selat Makassar ketiga teluk tersebut memiliki beberapa sungai yang bermuara pada teluk tersebut. Pada muara sungai dimasing-masing teluk tersebut terjadi proses masuknya air laut kedalam muara sungai dan keluarnya air payau ke arah laut.

Proses masuknya air laut ke dalam muara dan keluarnya air payau ke arah laut diakibatkan oleh adanya pengaruh dari arus pasang surut dan besarnya debit dari masing-masing sungai. Proses ini memiliki dampak positif dan juga dampak negatif bagi lingkungan perairan, dampak negatif dari proses ini ialah terjadinya kekeruhan, pendangkalan pada satu daerah dan pendalaman pada daerah lainnya atau yang sering disebut pola transpor sedimen. Dengan mengetahui pola transpor sedimen dampak negatif dari proses ini dapat diminimalisirkan.

Menurut Sudrajat (2012) dalam Susyanto (2015) sedimentasi merupakan proses dimana material hasil pelapukan dan erosi oleh air, angin, atau gletser sehingga akan diendapkan ke suatu wilayah. Sedimentasi di lingkungan teluk sangat mempengaruhi aktivitas manusia.. Proses transpor sedimen terjadi karena adanya inputan debit dari sungai dan pasang surut. Dari proses ini, sedimen akan mengalir dan terbawa arus perairan yang sesuai dengan keadaan atau kondisi lingkungan perairan. Beberapa tulisan sebelumnya telah meneliti sedimentasi di beberapa daerah Indonesia dengan menerapkan model numerik sebagai aplikasinya seperti, Sinaga dkk. (2013) telah menggambarkan pola sebaran sedimen tersuspensi yang dibangkitkan oleh pasang surut di Teluk Balikpapan. Nursusty (2013) telah melakukan penelitian tentang pola transpor sedimen di perairan Teluk Lampung dengan menggunakan data pasang surut sebagai pembangkitnya.

2. TEORI

2.1 Arus Pasang Surut

Pada dasarnya arus pasang surut merupakan gerak divergen-konvergen, dimana permukaan laut naik ketika arus pasang surut konvergen (memusat) dan turun ketika arus pasang surut divergen (menyebar). Pergerakan massa air laut akibat adanya gaya tarik menarik benda-benda angkasa terutama bulan dan matahari yang mengakibatkan terjadinya arus pasang surut (Yanagi 1976).

Menurut Hadi dan Radjawane dalam Rahmawati (2018), gerak arus pasang surut ada tiga tipe, yaitu gerak rotasi, gerak yang berubah arah (bolak-balik), dan tipe hidrolis. Di laut lepas gerak arus pasang surut berbentuk elips dimana arah rotasi adalah searah dengan putaran jarum jam di BBU (Belahan Bumi Utara) dan berlawanan arah jarum jam di BBS (Belahan Bumi Selatan). Arus pasang surut bergerak secara kontinu dengan arah yang terus berubah mengikuti arah jarum jam atau berlawanan jarum jam dalam satu periode pasang surut.

2.2 Sedimen

Menurut Evans (2014) sedimen terdiri dari partikel-partikel yang berasal dari hasil pembongkaran batu-batuan dan potongan-potongan kulit (*shell*) serta sisa rangka-rangka dari organisme laut. Ukuran dari partikel-partikel ini sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisiknya dan akibatnya sedimen yang terdapat pada berbagai tempat di dunia mempunyai sifat-sifat yang sangat berbeda satu dengan lainnya. Salah satu sifat dari sedimen ialah sedimen kohesif dimana menurut Priyono (2004) dalam Lasrindy A.K (2014) sedimen kohesif adalah sedimen dengan ukuran partikel $<125\mu\text{m}$, diantaranya yaitu lumpur dan lempung. Pada sedimen kohesif dapat terjadi proses flokulasi yaitu saling bertumbuhnya butiran sedimen baik yang berada di dasar maupun di kolom air, kemudian melekat menjadi unit yang lebih besar yang disebut flocc. Flokulasi mempengaruhi kecepatan jatuh sedimen, karena semakin besar konsentrasinya maka kecepatan jatuhnya juga semakin besar pula.

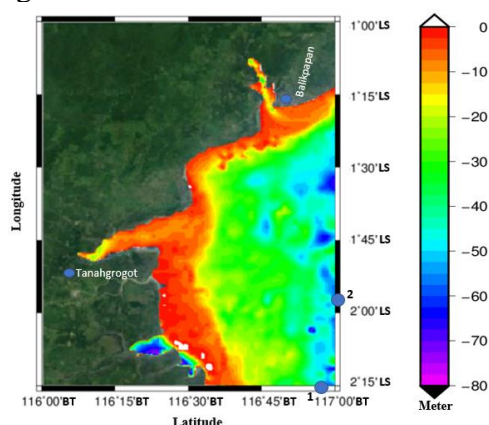
Salah satu contoh sedimen kohesif ialah pada pantai berlumpur, biasanya pantai ini sangat rendah dan merupakan daerah rawa yang terendam air pada saat muka air tinggi. Daerah ini sangat subur bagi tumbuhan pantai seperti pohon bakau (*Mangrove*). Pada umumnya sedimen yang berada di daerah pantai (perairan pantai, muara, sungai atau estuari, teluk) adalah sedimen kohesif dengan diameter butiran sangat kecil, yaitu dalam beberapa mikron. Sifat-sifat sedimen lebih bergantung pada gaya-gaya permukaan daripada gaya berat (Triadmodjo, 1999).

3. METODE PENELITIAN

Lokasi model pada penelitian ini meliputi Teluk Balikpapan, Teluk Adang, dan Teluk Apar yang dapat dilihat pada **Gambar 1**, yaitu pada koordinat $02^{\circ} 16' 41''$ Lintang Selatan hingga $01^{\circ} 1' 43''$ Lintang Selatan dan $116^{\circ} 11' 42''$ Bujur Timur hingga $117^{\circ} 2' 13''$ Bujur Timur. Penelitian ini difokuskan pada perairan di sepanjang Perairan Pantai Kalimantan Timur bagian Selatan. Domain model ini memiliki daerah batas terbuka di bagian

timur dan selatan, sedangkan batas tertutup di bagian barat dan utara Pulau Kalimantan.

Data batimetri di sepanjang perairan Pantai Bagian Selatan Kalimantan Timur yang digunakan sebagai data *input* model yang didapat dari data GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*) dengan ukuran grid arah horisontal $\Delta x = \Delta y = 15''$ atau 467,55 m. Data topografi daratan diseragamkan menjadi -99.9 meter dan data perairan ditandai dengan nilai positif karena hanya data batimetri perairan saja yang digunakan dalam simulasi model.

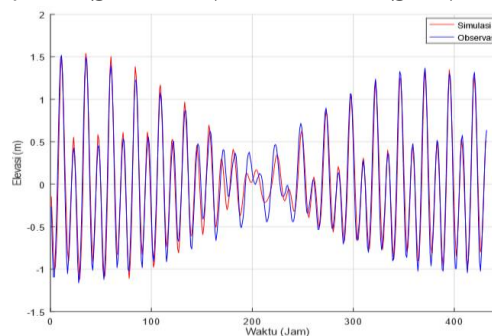


Gambar 1: Lokasi Penelitian Pantai Bagian Selatan Kalimantan Timur

Data pasang surut yang digunakan pada model ini diperoleh dari NAO99b, dimana model ini digunakan untuk memprediksi pasang surut yang terdapat di daerah penelitian. Model ini dikembangkan oleh *National Astronomical Observatdeory* Jepang pada tahun 1999, berdasarkan data tinggi muka air laut dari satelit altimetri *Topex-Poseidon* (Matsumoto dkk, 2000). Data pasang surut ini digunakan untuk menentukan nilai konstanta harmonik dari empat konstanta pasang surut (M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , N_2 , K_2 , P_1 , dan Q_1) di beberapa titik pada batas terbuka, sebagai gaya pembangkit untuk simulasi arus pasang surut dalam domain model ini dan data sedimen yang digunakan pada model ini diperoleh dari laporan Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi (2002) Kota Balikpapan dengan tipe sedimen yang

akan digunakan ialah sedimen kohesif. Data ini bersumber dari beberapa sungai yang bermuara langsung di area Teluk Balikpapan dengan data yang diketahui ialah data TSS (*Total Suspended Solid*).

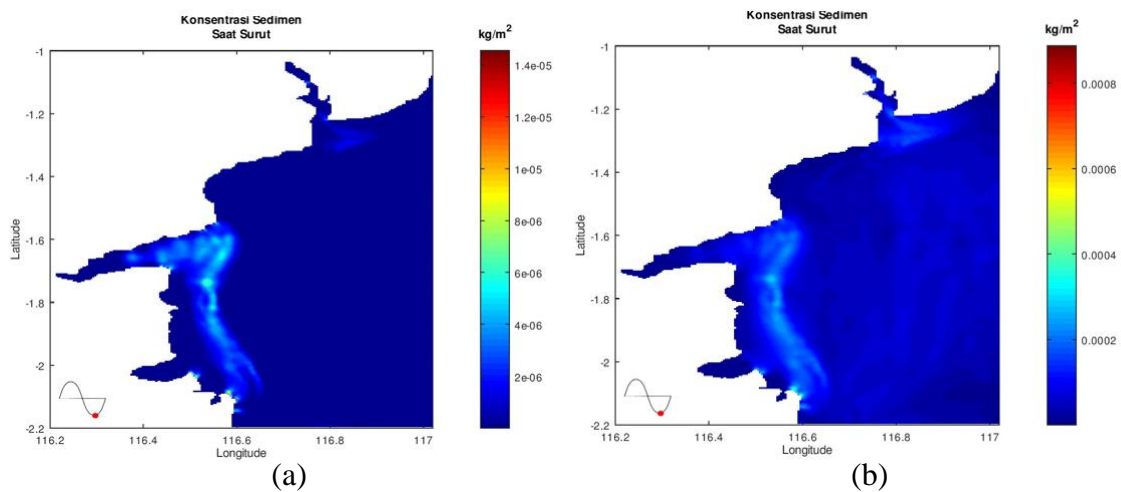
4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2: Verifikasi Pasang Surut dari hasil simulasi (merah) dengan observasi (biru)

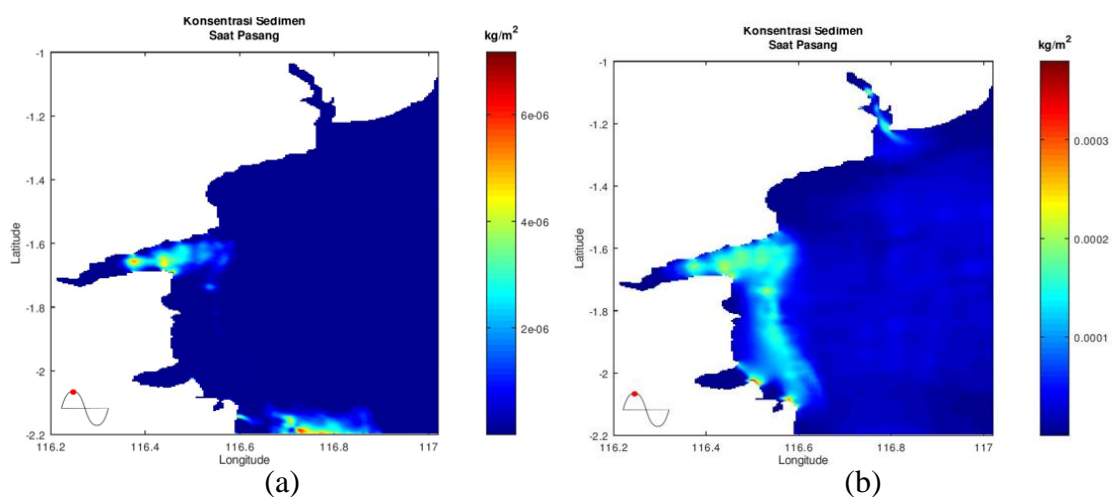
Pada penelitian ini telah dilakukan beberapa kali simulasi dengan nilai koefisien gesekan dasar yang berbeda-beda, diantaranya ialah 0.15, 0.35, 0.4, dan 0.48. Pola pasang surut yang dihasilkan dari simulasi ini hampir meyerupai pola observasi, namun memiliki perbedaan nilai tinggi amplitudonya. Pada koefisien gesekan dasar 0.15 nilai RMSE yang diperoleh ialah 0.256 sedangkan untuk koefisien gesekan dasar 0.35 nilai RMSE yang di peroleh 0.197. Hingga koefisien gesekan dasar 0.48 nilai RMSE yang di peroleh 0.158, namun saat koefisien gesekan dasar 0.5 model tidak stabil dan *blowup*. Sedangkan dengan metode *Skill* koefisien gesekan dasar 0.48 memiliki kesesuaian 0.9810 antara hasil simulasi dengan observasi. Dari hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai koefisien gesekan dasar maka semakin kecil selisih hasil simulasi dengan data observasi. Oleh karena itu, pada penelitian ini transpor sedimen yang dibangkitkan oleh pasang surut menggunakan nilai koefisien gesekan dasar sebesar 0.48 dengan hasil simulasi yang cukup baik dan hasil RMSE yang cukup kecil.

4.1 Konsentrasi Sedimen



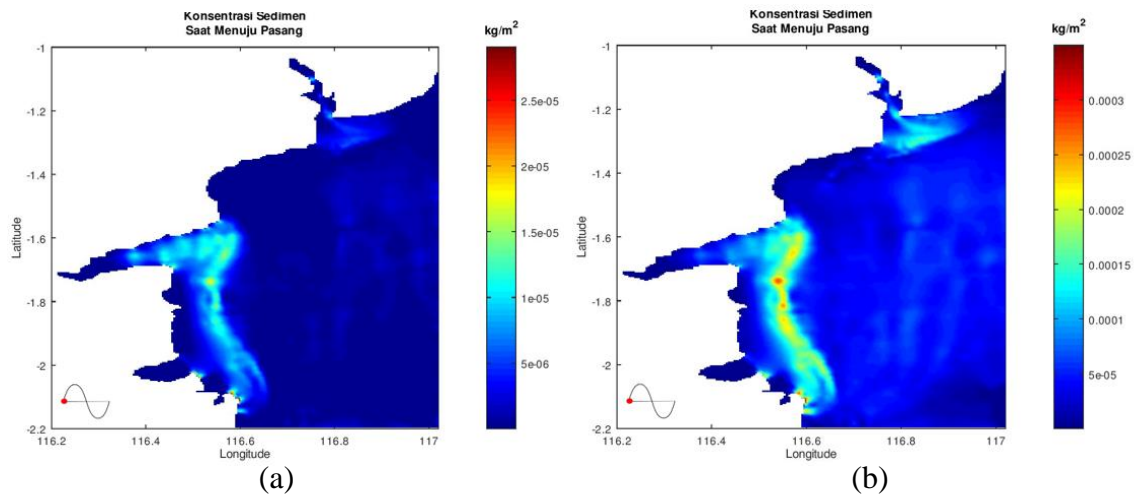
Gambar 3: Konsentrasi Sedimen Pada Saat Surut Pada Kondisi (a) Neap (a) Spring

Pada **Gambar 3a** dan **3b** saat surut arus membawa sebagian partikel sedimen keluar teluk, pada Teluk Balikpapan konsentrasi sedimen terfokus pada wilayah pelabuhan dan sebagian Pantai Balikpapan dengan nilai konsentrasi $1 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$ hingga $2 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$. Arus yang membawa partikel sedimen mengarah ke sepanjang Pantai Balikpapan dan Pantai Penajam dengan kekuatan arus yang lemah. Sedangkan pada Teluk Adang arus yang cukup tinggi membawa sebagian partikel sedimen keluar teluk dan membawa sedimen ke sepanjang Pantai Tanahgrogot. Sedang pada Teluk Apar konsentrasi sedimen hanya terfokus pada bibir teluk.

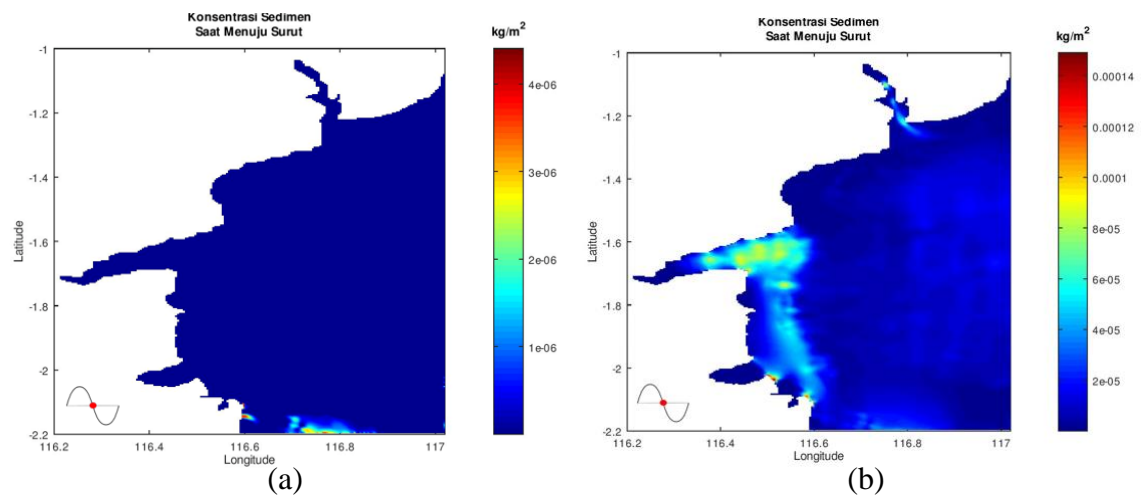


Gambar 4: Konsentrasi Sedimen Pada Saat Pasang Pada Kondisi (a) Neap (b) Spring

Pada saat pasang **Gambar 4a** dan **4b** konsentrasi sedimen di Teluk Balikpapan terfokus pada wilayah pelabuhan dan area dalam teluk dengan rentang konsentrasi $6 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$ hingga $8 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$. Arus yang cukup kuat membawa partikel sedimen hingga ke dalam teluk, sedangkan pada Teluk Adang konsentrasi sedimen terfokus pada bagian dalam teluk dengan nilai konsentrasi $6 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$ hingga $8 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$. Pada Teluk Adang arus yang membawa sedimen cukup kuat namun tertahan oleh batimetri teluk yang cukup dangkal. Pada Teluk Apar hanya sedikit partikel sedimen yang terbawa dikarenakan arus yang kuat dan batimetri yang cukup dalam.

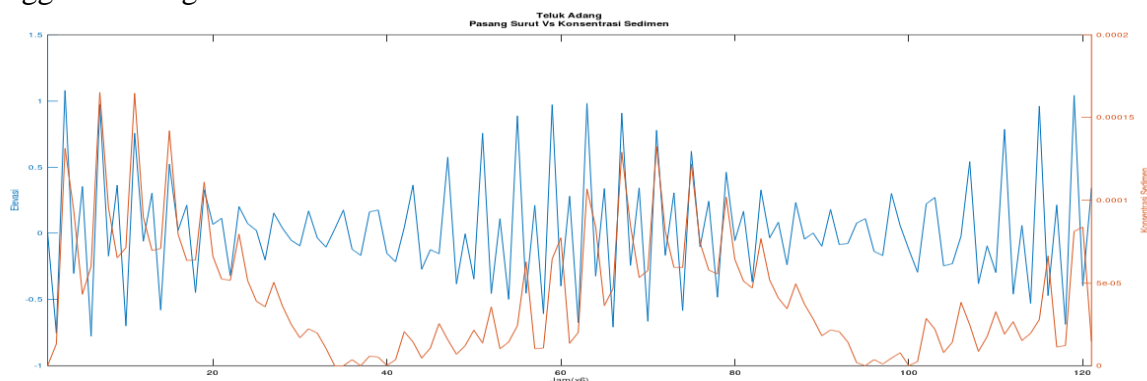


Gambar 5: Konsentrasi Sedimen Pada Saat Menuju Pasang Pada Kondisi (a) Neap (b) Spring



Gambar 6: Konsentrasi Sedimen Pada Saat Menuju Surut Pada Kondisi (a) Neap (b) Spring

Pada **Gambar 5a** dan **5b** saat menuju pasang konsentrasi sedimen konsentrasi sedimen yang terbawa masuk pada masing-masing teluk hanya sedikit dengan nilai konsentrasinya $9 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$ hingga $1 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$. Namun saat **Gambar 6a** dan **6b** menuju surut partikel yang terbawa keluar cukup banyak dengan nilai konsentrasi $1 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$ hingga $2 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$.

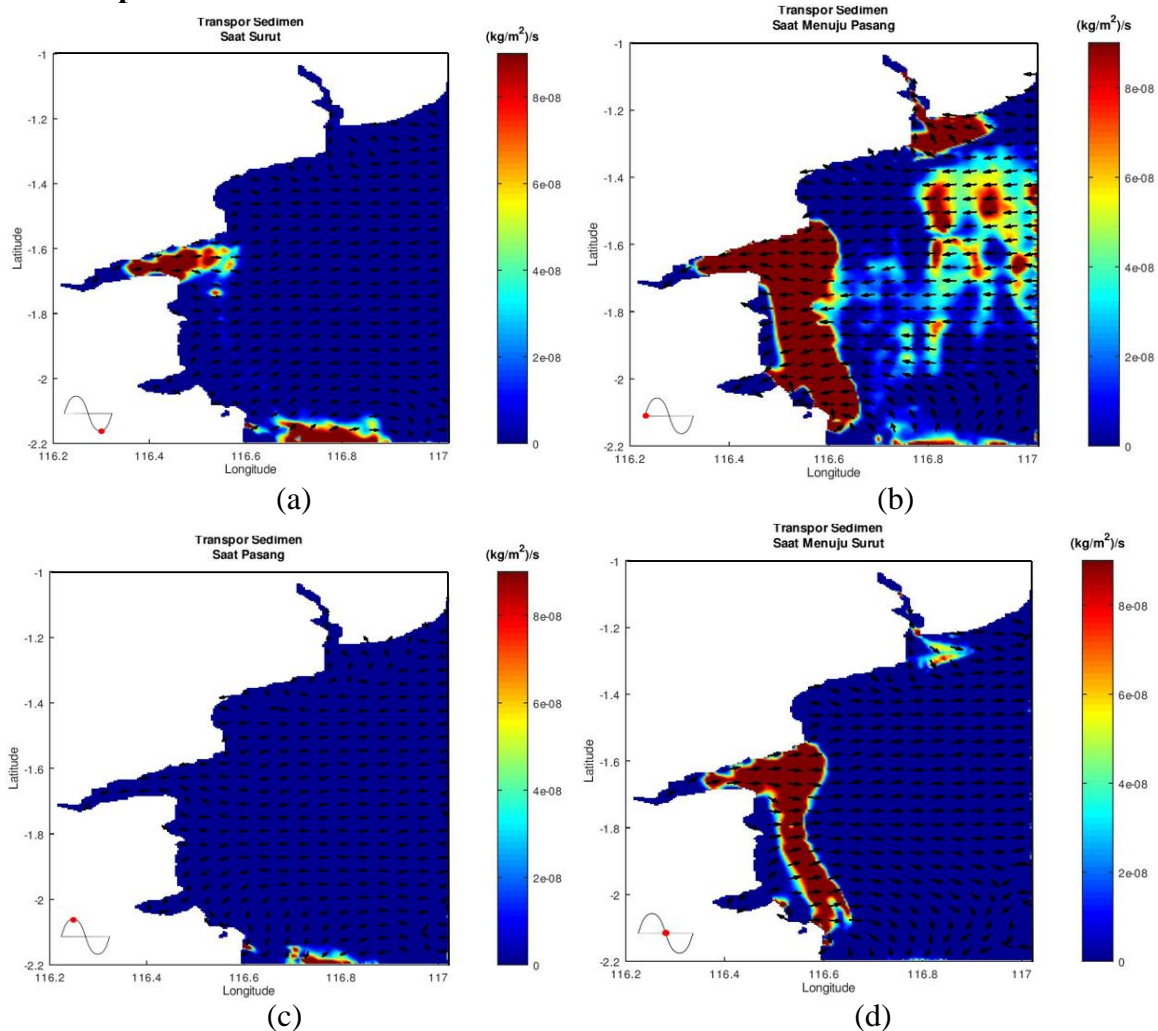


Gambar 7: Kosentrasi Sedimen Vs Pasang Surut di Teluk Adang

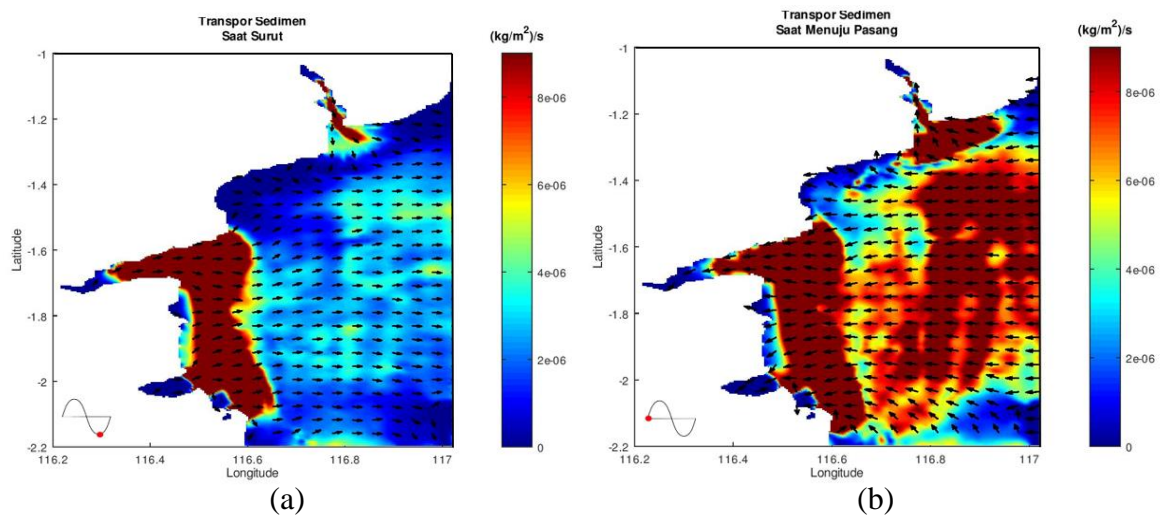
Gambar 7 memperlihatkan hubungan yang terjadi antara konsentrasi sedimen dengan pasang surut. Pada hubungan ini dapat dilihat bahwa pada saat *spring* tingkat konsentrasi

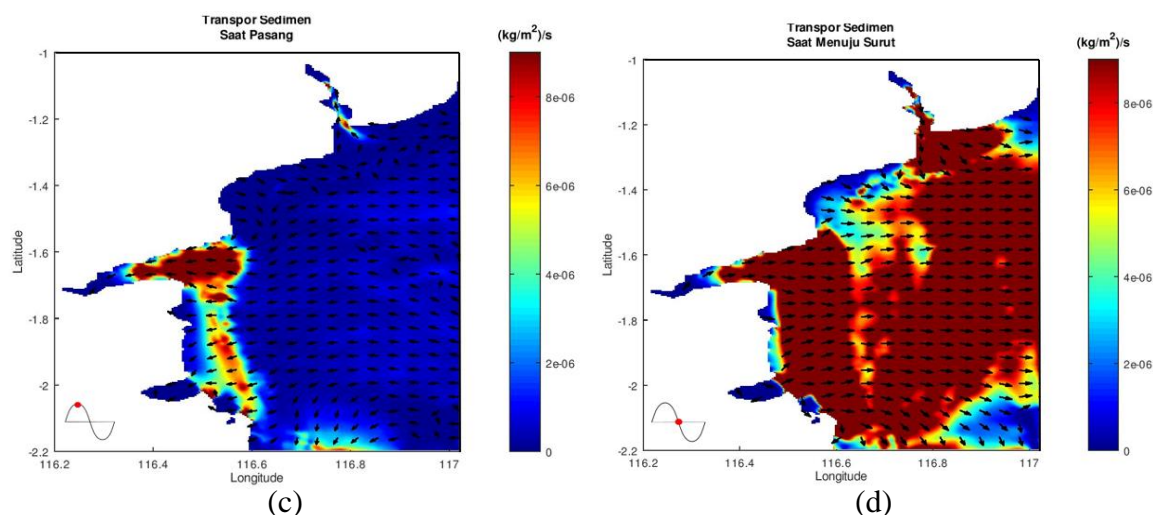
sedimen pada Teluk Adang juga meningkat namun pada saat kondisi pasang surut *neap* kondisi konsentrasi sedimen berada pada tingkat konsentrasi paling minim bahkan nilai konsentrasi mendekati nilai 0. Sedangkan pada jam ke-240 hingga 360 konsentrasi sedimen mengalami peningkatan hingga konsentrasi tertinggi pada jam tersebut diantara $1 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^2$ hingga $15 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^2$

4.2 Transpor Sedimen



Gambar 8: (a) Pada Saat Surut (b) Pada Saat Menuju Pasang (c) Pada Saat Pasang (d) Pada Saat Menuju Surut Dalam Kondisi Neap





Gambar 9: (a) Pada Saat Surut (b) Pada Saat Menuju Pasang (c) Pada Saat Pasang (d) Pada Saat Menuju Surut Dalam Kondisi Spring

Pergerakan transpor sedimen **Gambar 8c** dan **9c** saat pasang tidak terlalu berarti, hal ini dikarenakan arus yang membawa partikel sedimen tidak terlalu kuat untuk membawa sedimen, namun berbeda hal pada Teluk Adang di karenakan batimetri yang cukup dangkal sehingga hanya bergerak sedikit kedalam. Sedangkan pada saat surut **Gambar 8a** dan **9a** dengan arus yang cukup kuat membuat sebagian partikel bergerak keluar. Sedangkan pada Teluk Adang partikel sedimen terakumulasi pada bagian tengah teluk.

Saat arus menuju pasang **Gambar 8b** dan **9b** sedimen transpor hanya sedikit yang terbawa masuk ke dalam teluk, hal ini dikarenakan arus yang membawa sedimen cukup kecil sehingga partikel yang terbawa hanya sedikit. Sedangkan pada saat menuju surut **Gambar 8d** dan **9d** partikel yang terbawa arus keluar teluk cukup banyak dan arus membawa partikel sedimen ke sepanjang Pantai Balikpapan, Penajam dan Tanah grogot.

saat menuju pasang di Teluk Balikpapan pergerakan transpor sedimen dipengaruhi arus yang membawa partikel sedimen ke dalam teluk, namun terdapat perbedaan arah transpor sedimen yang berada pada muara Sungai Riko. Dimana pada arus pada keadaan menuju pasang, arus dari Sungai Riko mengarah keluar dan masuk ke dalam teluk. Kebalikan saat arus menuju surut, arus yang keluar dari dalam teluk menuju luar teluk dan arus pada muara Sungai Riko mengarah ke dalam

muara. Sehingga terjadi titik konsentrasi sedimen pada muara Sungai Riko.

Pada Teluk Adang pergerakan transpor sedimen terfokus pada bagian dalam teluk, dimana pada titik itu konsentrasi sedimen sangat tinggi. Tinggi konsentrasi sedimen pada Teluk Adang diakibatkan dangkalnya batimetri pada teluk tersebut, dengan rata-rata kedalam 10 m. Dangkalnya batimetri Teluk Adang dan arus yang membawa sedimen begitu kuat membuat sebagian partikel sedimen terbawa arus dan sebagian lagi terendapkan pada bagian dalam teluk.

Sedangkan pada Teluk Apar transpor sedimen hanya terfokus pada bagian luar teluk.

5. KESIMPULAN

1. Tingginya transpor sedimen di perairan Teluk Adang membuat lingkungan perairan di sekitar tersebut menjadi tidak baik, hal ini dikarenakan adanya proses keluar masuknya suatu partikel sedimen yang terbawa oleh arus pasang surut ataupun debit sungai. Pengaruh yang terjadi dari proses ini ialah visibilitas atau kecerahan yang ada pada lingkungan perairan tersebut menjadi kurang baik. Selain terjadi kekeruhan dampak lain yang terjadi dari proses transpor sedimen ini ialah terjadinya pendangkalan dan pendalaman pada daerah tersebut.
2. Berbeda halnya dengan Teluk Balikpapan yang memiliki tingkat

transpor sedimen yang rendah, hal ini terjadi karena arus yang membawa partikel sedimen sangat lemah atau mendakati nol dan bentuk batimetri Teluk Balikpapan yang cukup dalam. Untuk mengatasi dampak negatif dari transpor sedimen pihak-pihak terkait harus melakukan pencegahan dan melakukan monitoring pada tiap-tiap muara sungai.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Daulay, A.B, Pratomo, A dan Apdillah, D. 2014 *Karakteristik Sedimen Di Perairan Sungai Carang Kota Rebah Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau*. Skripsi Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjungpinang.
- Graf, W.H., dan Altinakar, M.S., 1998. *Fluvial Hydraulics*. John Wiley and Sons Ltd., Sussex, England, pp. 355-356 dan 384-393.
- Luyten, P. 2012. *COHERENS – A Coupled Hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf Seas: User Documentation, Version 2.9*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences (RBINS-MUMM). Gulledele 100,1200 Brussels, Belgium.
- Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi. 2002. *Kajian Erosi Dan Sedimentasi Pada DAS Teluk Balikpapan Kalimantan Timur*. CRC/URI CRMP
- Manning, A.J., Baugh, J.V., Soulsby, R.L., Spearman, J R., Whitehouse, R.J.S. 2011. *Cohesive Sediment Flocculation and the Application to Settling Flux Modelling*. Marine Physics Research Group, School of Marine Science & Engineering. University of Plymouth, Portland Square Building.
- Matsumoto, K., Takanezawa, T. dan Ooe, M. 2000. *Ocean tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan*. Journal of Oceanography 56: 567-581.
- Mubarrok S .2013. *Studi Genangan Air Laut Akibat Pasang Surut dan Curah Hujan Di Pesisir Kota Balikpapan*.ITB.Bandung
- Noorhayati. 2017. *Pemodelan Arus Residu Yang Dibangkitkan Oleh Pasang Surur DI Perairan Selat Makassar*.Skripsi Universitas Mulawarman. Samarinda
- Nursusty, F., Atmodjo, W., dan Hariyadi. 2013. *Transpor Sedimen Di Perairan Teluk Lampung*. UNDIP. Semarang.
- Nur A.A., Mandang I, Mubarrok S., dan Riza M. 2018. *The changes of water mass characteristics using 3-dimensional Regional Ocean Modeling System (ROMS) in Balikpapan bay, Indonesia*. IOP Publishing. Bali
- Qomariyah, L dan Yuwono. 2016. *Analisa Hubungan antara Pasang Surut Air Laut dengan Sedimentasi yang Terbentuk (Studi Kausu : Dermaga Pelabuhan Petikemas Surabaya)*. ITS. Surabaya.
- Rahmawati, Pradita. 2018. *Studi Numerik Tidal Front Di Perairan Sekitar Delta Mahakam*. Skripsi Universitas Mulawarman. Samarinda
- Satriadi, A. 2013. *Kajian Transpor Sedimen Tersuspensi Untuk Perencanaan Pembangunan Pelabuhan Bojonegoro Banten*. UNDIP. Semarang.
- Sautter, L.R., dan Sangster, D. 1994. *South Carolina Coastal Erosion Annotated Bibliography*. U.S Government. USA
- Sinaga, A.T, Satriadi, A, Hariyadi, dan Novico, F. 2013. *Pola Sebaran Sedimen Tersuspensi Berdasarkan Model Pola Arus Pasang Surut Di Perairan Teluk*