

MODEL HIDRODINAMIKA 2-D ARUS PASANG SURUT PERAIRAN TELUK YOSUDARSO, PAPUA

(2D Hydrodynamic Model of Tidal Current in Yosudarso Bay Waters, Papua)

Fendry Yandi Samuel Mamengko
Jurusan Fisika Universitas Negeri Papua
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari
e-mail: endry2000@yahoo.com

ABSTRACT

The pattern of two-dimension current in the Yosudarso Bay waters generated by 8 main components ($M_2, S_2, N_2, K_1, O_1, P_1, Q_1$) of tide have been modeled using hydrodynamic model of Princeton Ocean Model (POM). In the spring and neap conditions, when flood towards ebb, generally the currents move outward of the bay, with maximum magnitudes of 0.15 m/s and 0.14 m/s respectively. Meanwhile, when ebb towards flood, the currents move inward to the bay, with maximum magnitudes of 0.10 m/s and 0.09 m/s respectively. The generated-current velocities are relatively weak so that the Yosudarso bay waters is characterized as calm waters. This situation is also supported by the tidal range that less than 2 meters.

Keywords: Tide, POM, Two-Dimension

PENDAHULUAN

Teluk Yosudarso secara geografis terletak pada koordinat ($140^{\circ}41'$ - $140^{\circ}47'$) Bujur Timur dan ($2^{\circ}30'$ - $2^{\circ}37'$) Lintang Selatan, merupakan perairan semi tertutup dan terdiri dari dua teluk kecil yakni teluk Jayapura dan teluk Imbi, dan di sebelah timur lautnya langsung berhadapan dengan lautan Pasifik.

Kenyataan saat ini, di kawasan teluk tersebut telah terjadi perkembangan pembangunan yang pesat. Hal ini ditunjukkan antara lain meningkatnya pembukaan lahan baru untuk menyediakan fasilitas perumahan dan kewirausahaan, serta meningkatnya aktivitas perhubungan laut seperti transportasi lokal maupun regional yang terjadi di perairan teluk tersebut. Melihat kondisi dan tekanan lingkungan yang dialami perairan tersebut maka peluang timbulnya permasalahan lingkungan sangat mungkin terjadi, di antaranya meningkatnya sedimentasi dan turbiditas yang akhirnya menyebabkan pendangkalan dan perubahan garis pantai, ekosistem dapat terancam karena kemungkinan terjadi tumpahan minyak atau material pencemar

lainnya yang semuanya berpotensi merusak, mencemari dan menurunkan kualitas lingkungan atau ekosistem di kawasan tersebut.

Salah satu pendekatan awal yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi, mencegah ataupun mereduksi serta menangani kemungkinan timbulnya permasalahan lingkungan yang lebih luas di perairan teluk Yosudarso adalah dengan mempelajari dan memahami kondisi dinamika sirkulasi arusnya yang dibangkitkan oleh komponen utama pasang surut (pasut) melalui pemodelan hidrodinamika. Untuk mempelajari dan memahami dinamika sirkulasi arus 2 dimensi yang dibangkitkan oleh pasang surut di perairan teluk Yosudarso digunakan model matematika dengan menerapkan model hidrodinamika *Princeton Ocean Model* (POM) 2 Dimensi Barotropik termodifikasi.

Tujuan umum penelitian ini adalah memberikan gambaran pola 2 dimensi sirkulasi arus yang dibangkitkan oleh 8 komponen utama pasang surut yakni $M_2, S_2, N_2, K_1, O_1, P_1, Q_1$.

DESKRIPSI MODEL NUMERIK

Dalam penerapan model POM, kompleksitas batimetri suatu perairan diselesaikan melalui transformasi vertikal sistem koordinat Kartesian (x, y, z, t) ke koordinat sigma (x^*, y^*, σ, t^*), dan dinyatakan dengan $x^* = x; y^* = y; \sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta}; t^* = t$, dengan $D = H + \eta$ merupakan kedalaman total, dan η adalah elevasi permukaan. Koordinat sigma- σ mengubah interval kolom perairan dari permukaan ($z = \eta$) ke dasar ($z = -H$) menjadi suatu kedalaman seragam dari $\sigma = 0$ ke $\sigma = -1$.

Dalam penelitian ini, model 2 dimensi (2D) merupakan model eksternal, hasil modifikasi dari POM98, yang digunakan untuk memperoleh pola arus yang dirata-ratakan terhadap kedalaman. Persamaan hidrodinamika yang digunakan merupakan hasil integrasi vertikal dari dasar $\sigma = -1$ ke permukaan perairan $\sigma = 0$ dalam sistem koordinat sigma dengan asumsi bahwa fluida bersifat incompressible dan pembangkitnya adalah pasang surut.

Persamaan mode eksternal dalam POM adalah (Mellor, 1998):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}D}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial \bar{U}D}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}^2 D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{U}\bar{V}D}{\partial y} - \bar{F}_x - f\bar{V}D + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = - \langle wu(0) \rangle + \langle wu(-1) \rangle \tag{2a}$$

$$\frac{\partial \bar{V}D}{\partial t} + \frac{\partial \bar{U}\bar{V}D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{V}^2 D}{\partial y} - \bar{F}_y + f\bar{U}D + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = - \langle wv(0) \rangle + \langle wv(-1) \rangle \tag{2b}$$

Persamaan (1) dan (2a,2b) berturut-turut adalah persamaan kontinuitas dan persamaan gerak (momentum), dengan: \bar{U}, \bar{V} merupakan komponen kecepatan arus rata-rata untuk arah-x dan arah-y; $\bar{U} = \frac{1}{b} \int_{-1}^0 U d\sigma$ dan $\bar{V} = \frac{1}{b} \int_{-1}^0 V d\sigma$; t-waktu,

H-kedalaman perairan, η -elevasi permukaan laut, g-percepatan gravitasi, f-gaya coriolis. Suku difusitas adalah:

$$\bar{F}_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[H 2 \bar{A}_M \frac{\partial \bar{U}}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H \bar{A}_M \left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial x} \right) \right] \tag{3a}$$

$$\bar{F}_y = \frac{\partial}{\partial y} \left[H 2 \bar{A}_M \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[H \bar{A}_M \left(\frac{\partial \bar{U}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial x} \right) \right] \tag{3b}$$

dimana koefisien difusi AM yang digunakan adalah konstan ($AM = 50 \text{ m}^2/\text{det}$), w_u dan w_v adalah komponen kecepatan angin arah-x dan arah-y (dalam penelitian ini arus yang dibangkitkan oleh angin diabaikan, w_u dan $w_v = 0$).

Pada batas terbuka (open boundary) digunakan syarat batas radiasi Orlanski, yakni $\frac{\partial U}{\partial t} \pm c \frac{\partial U}{\partial x} = 0$ dengan $c = \sqrt{gH}$, merupakan kecepatan gelombang panjang.

Syarat batas di permukaan ($\sigma = 0$) dan di dasar ($\sigma = -1$), berturut-turut dapat dituliskan dalam koordinat sigma, sebagai berikut:

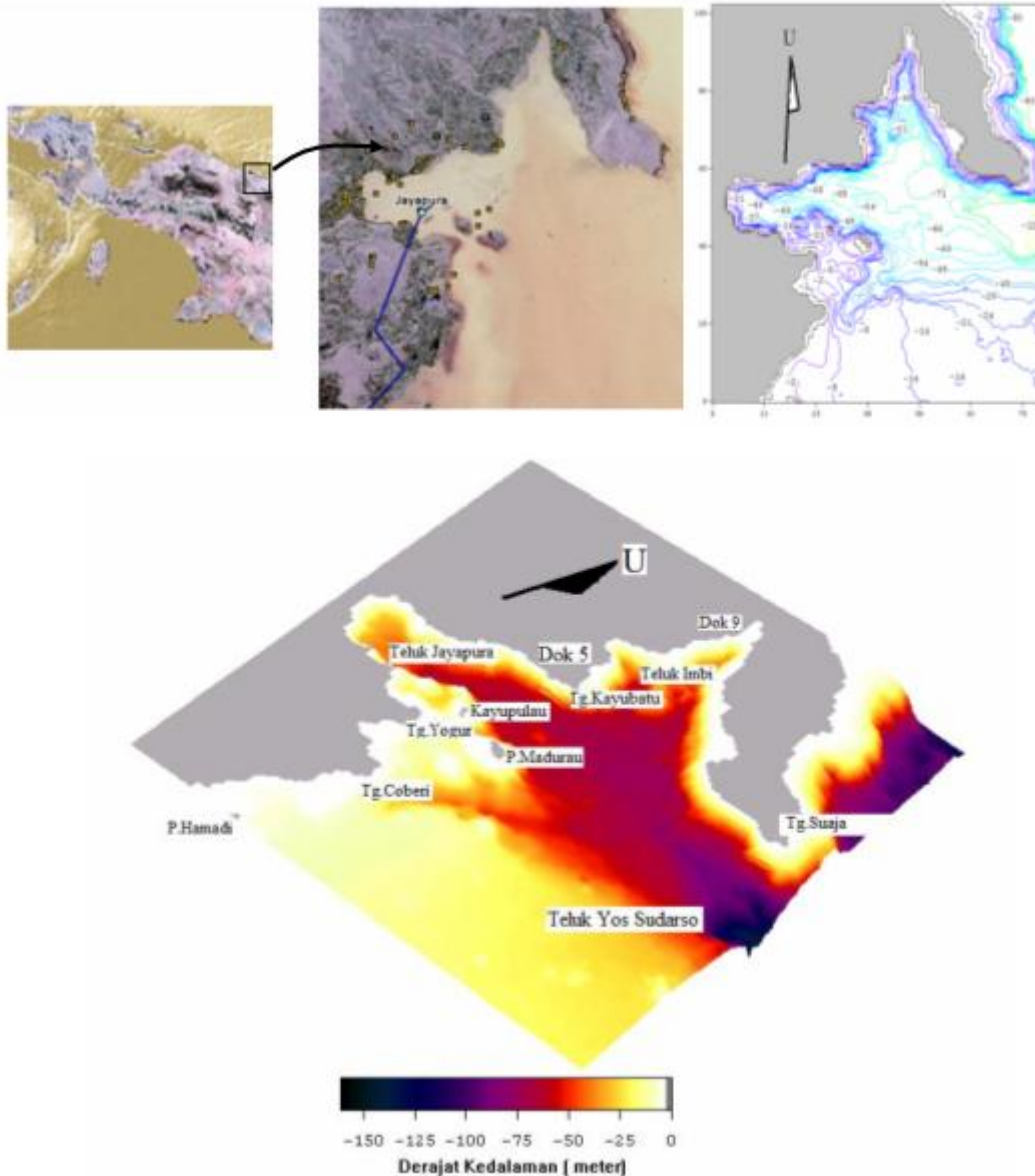
$$\omega(x, y, 0, t) = \omega(x, y, -1, t) = 0$$

$$\frac{\rho K_M}{D} \left(\frac{\partial U}{\partial \sigma}, \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right) = (\tau_x^b, \tau_y^b) = \rho C_z [U_h^2 + V_h^2]^{1/2} (U_h, V_h)$$

Untuk membangun model hidrodinamika, topografi dasar perairan (batimetri) daerah penelitian, yang diperoleh dari lembar Peta Air Pelayaran dan Tempat Berlabuh Sekitar Jayapura nomor 236 (dikoreksi tahun 2008) yang diterbitkan oleh Dinas Hidro-oseanografi TNI-AL, didiskritisasi dengan ukuran grid $\Delta x = \Delta y = 20$ meter. Hasil digitasi peta tersebut dituangkan dalam bentuk peta kontur dan merupakan data input pada model matematik yang digunakan. Data elevasi pasang surut yang digunakan sebagai syarat batas terbuka dan verifikasi model digunakan dari model pasang surut global ORI.96 yang dibangun oleh the Ocean Research Institute, University of Tokyo. Model terdiri dari 8 komponen utama pasang surut, yakni $M_2, S_2, N_2, K_1, O_1, P_1, Q_1$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

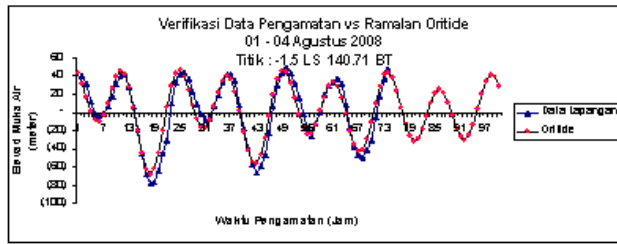
Konstanta komponen harmonik pasang surut (Dishidros TNI AL, 2004) di Teluk Yosudarso ($2^{\circ}32' 25.64''S; 140^{\circ}42' 26.24'' BT$) dan, Teluk Jayapura ($2^{\circ}32' S; 140^{\circ}44' BT$) menunjukkan bahwa nilai bilangan Formzalt Teluk Yosudarso dan Teluk Jayapura, berturut-turut adalah 1.22 dan 1.13. Berdasarkan nilai tersebut maka tipe pasut di perairan Teluk Yosudarso dan Teluk Jayapura adalah tipe campuran condong ke harian ganda, artinya dalam sehari didominasi 2 kali pasang dan 2 kali surut, akan tetapi pada saat tertentu dapat terjadi 1 kali pasang dan 1 kali surut.



Gambar 1. Peta Iso-Baath Teluk Yosudarso (meter)

Umumnya garis isobath (garis khayal yang menghubungkan kedalaman perairan yang sama) yang dijumpai di sepanjang garis pantai di perairan Teluk Yosudarso memiliki kerapatan yang tinggi, kecuali di bagian utara yakni mulai dari perairan Hamadi hingga Tg.Yogur. Kerapatan garis menunjukkan bahwa perbedaan kedalaman di daerah tersebut sangat signifikan, artinya kemiringan pantai perairan tersebut agak terjal hingga terjal atau tubir. Sebelah timurlaut P.Kayupulau dan P.Madurau memiliki kemiringan lereng pantai yang terjal dan di sebelah barat dan baratdayanya memiliki kemiringan lereng yang landai. Profil atau bentuk geometri dasar laut di

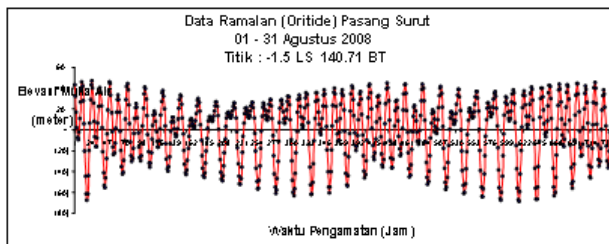
sebelah selatan Tg.Suja atau pintu masuk menuju Teluk Imbi dan Teluk Jayapura berbentuk kanal atau alur/parit. Kanal dasar laut tersebut membentang mulai dari mulut teluk, membelok ke arah utara yakni Teluk Imbi, dan ke arah barat yakni Teluk Jayapura (Gambar 1). Keberadaan kanal sangat mempengaruhi pola arus pasang surut secara keseluruhan, yakni pola arus pasut umumnya ketika pasang menuju surut, dan surut menuju pasang akan mengikuti pola kanal tersebut. Hal ini seperti yang ditunjukkan pola arus pasang surut hasil simulasi 2 dimensi horisontal. Keberadaan kanal ini sangat bermanfaat sebagai jalur navigasi laut.



Gambar 2. Verifikasi data pengamatan vs Prediksi Oritide

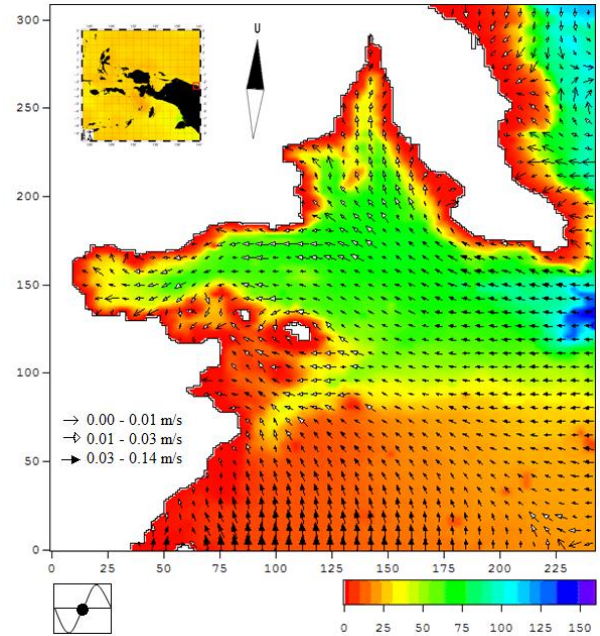
Pengamatan pasang surut (pasut) yang dilakukan pada koordinat S 1.5⁰ E 140.71⁰ selama 4 hari (01 – 04 Agustus 2008) memperlihatkan pola pasut yakni terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari dengan tunggang (range) pasut 128 cm (Gambar 2). Verifikasi data pasut surut hasil pengamatan dan prediksi Oritide menunjukkan adanya kecenderungan yang sama antara amplitudo dan fasa, walaupun terjadi keterlambatan fasa data hasil prediksi yakni kurang lebih 1 jam. Berdasarkan hasil tersebut maka elevasi muka air di Teluk Yosudarso untuk bulan Agustus 2008 diprediksi dengan menggunakan Software Model Pasang Surut Global (Oritide 96) yang dibangun oleh Ocean Research Institute University of Tokyo.

Karakteristik level pasut berdasarkan elevasi muka air hasil prediksi Oritide bulan Agustus 2008 (gambar 3) adalah pada kondisi spring (elevasi muka air maksimum dimana posisi Matahari–Bulan–Bumi adalah sejajar atau saling menguatkan) adalah 1.21 meter, pada kondisi Neap (elevasi muka air minimum dimana posisi Matahari–Bulan–Bumi adalah saling tegak lurus atau saling melemahkan) adalah 0.25 meter.

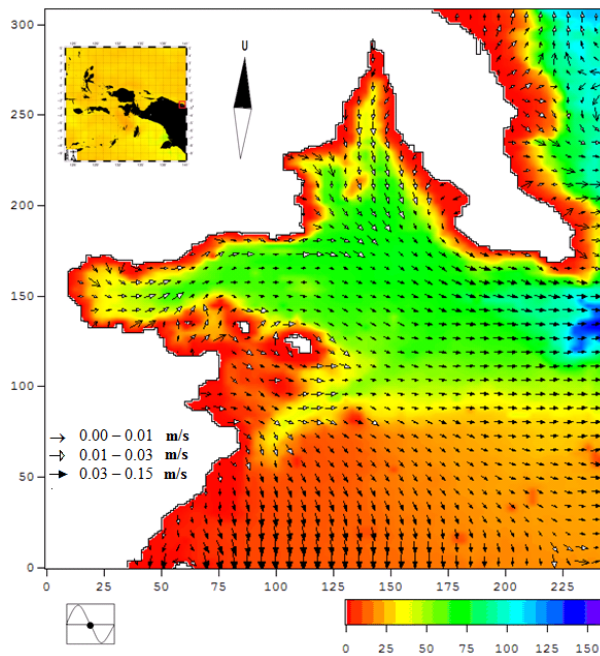


Gambar 3. Elevasi muka air bulan Desember 2008 hasil prediksi Oritide

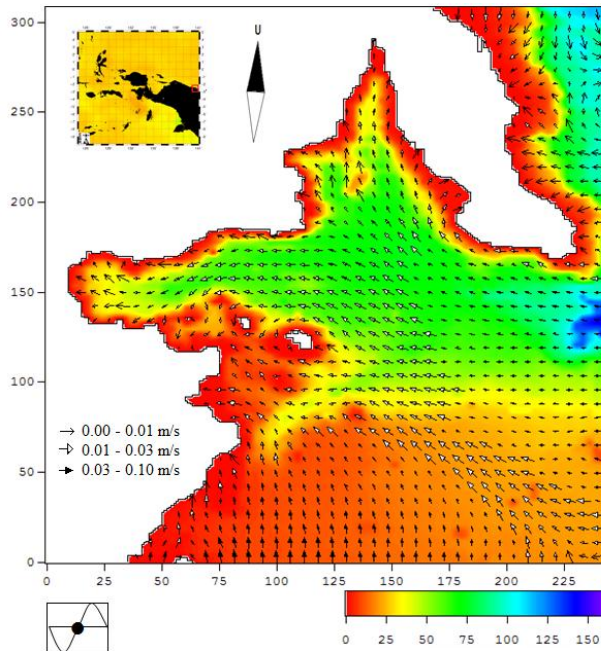
Pengukuran magnitudo dan arah arus dilakukan saat mendekati transisi dari musim timur ke musim barat sehingga kekuatan angin musim timur tidak maksimal atau mengalami pelemahan.



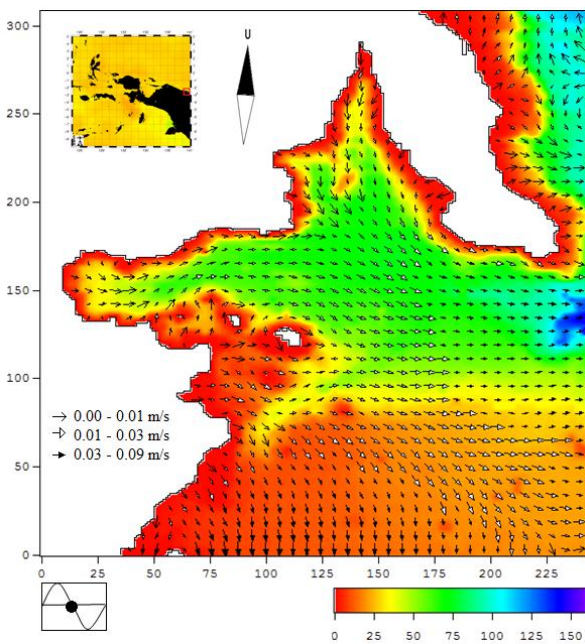
Gambar 4. Pola Arus Pasang Surut di Perairan Teluk Yosudarso Saat Surut menuju Pasang (Spring)



Gambar 5. Pola Arus Pasang Surut di Perairan Teluk Yosudarso Saat Pasang menuju Surut (Spring)



Gambar 6. Pola Arus Pasang Surut di Perairan Teluk Yosudarso Saat Surut menuju Pasang (Neap)



Gambar 7. Pola Arus Pasang Surut di Perairan Teluk Yosudarso Saat Pasang menuju Surut (Neap)

Arus yang dibangkitkan pasang surut (arus pasang surut rata-rata terhadap kedalaman), pada kondisi spring maupun neap, umumnya bergerak meninggalkan teluk saat pasang menuju surut, dan bergerak memasuki teluk saat kondisi surut menuju pasang. Magnitudo maksimum arus pasang

surut saat pasang menuju surut dan surut menuju pasang pada kondisi spring, dan kondisi neap, berturut-turut: 0.15 m/s, 0.14 m/s, dan 0.10 m/s, 0.09 m/s.

Pada kondisi spring dan neap saat surut menuju pasang, umumnya arus pasang surut bergerak memasuki Teluk Imbi dan Teluk Jayapura ke timur dan barat laut. Arus yang berasal dari timur, bergerak dari Tg. Suaja kemudian bercabang ke arah barat laut memasuki Teluk Imbi, dan sebagian dibelokkan ke barat daya memasuki Teluk Jayapura. Pola arus di sekitar P. Madurau dan P. Kayupulau didominasi oleh pengaruh arus yang bergerak dari P. Hamadi dan Teluk Holtkamp dengan arah ke Utara dan kemudian mengalami defleksi ke barat laut. Pola arus pasang surut di perairan Teluk Imbi dan Teluk Jayapura sangat didominasi oleh arus yang berasal dari Tg.Suja. Hal ini disebabkan bentuk alur geometri dasar laut kedua perairan tersebut memiliki satu sistem alur yang sama. Sedangkan kontribusi arus yang berasal dari perairan P.Hamadi terhadap pola arus di Teluk Imbi relative sangat kecil, demikian halnya dengan perairan di Teluk Jayapura, Arus yang berasal dari perairan P. Hamadi ketika memasuki perairan dan sekitarnya relatif sangat kecil. Hal ini disebabkan arus yang bergerak memasuki perairan Teluk Jayapura akan diperlemah oleh pola arus yang terjadi di sekitar P. Madurau dan P. Kayupulau. Pola arus yang terjadi di kedua pulau ini (P.Madurau dan P.Kayupulau) pada kondisi spring maupun neap saat pasang menuju surut dan surut menuju pasang memperlihatkan adanya pola arus yang hanya berputar di sekitar kawasan pulau-pulau tersebut termasuk di sekitar tanjung Yogur. Dengan kondisi ini maka sangat memungkinkan di kawasan tersebut memiliki peluang terhadap tingkat pencemaran dan sedimentasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tempat yang lain.

Pada kondisi spring dan neap saat pasang menuju surut, pola pergerakan arus pasang umumnya bergerak mengikuti pola yang hampir sama dengan pola arus pasang saat surut menuju pasang tetapi dengan arah yang sebaliknya. Hal ini disebabkan bentuk geometri teluk pada perairan tersebut berbentuk alur atau selokan, sehingga pola pergerakan arus pasang

surutnya juga mengikuti bentuk dari alur atau selokan tersebut.

Magnitudo arus maksimum yang dibangkitkan pasang surut di perairan teluk ini relative kecil atau dengan kata lain karakteristik perairan tersebut relatif tenang karena range (tunggang) pasang surut saat pasang tertinggi dan surut terendah di perairan ini kurang dari 2 meter.

PENUTUP

Karakter sirkulasi perairan teluk Yosudarso telah dimodelkan dengan menggunakan POM. Arus yang dibangkitkan pasang surut, pada kondisi spring maupun neap, umumnya bergerak meninggalkan teluk saat pasang menuju surut, dan bergerak memasuki teluk saat kondisi surut menuju pasang. Magnitudo maksimum arus pasang surut saat pasang menuju surut dan surut menuju pasang pada kondisi spring, dan kondisi neap, berturut-turut: 0.15 m/s, 0.14 m/s, dan 0.10 m/s, 0.09 m/s.

Bagaimanapun, hasil model ini tidak cukup lengkap untuk membuat suatu kesimpulan yang akurat. Dalam penelitian ini, kita tidak dapat melakukan verifikasi terhadap data lapangan khususnya data arus. Oleh karena itu, hasil pemodelan ini masih merupakan studi awal yang membutuhkan kalibrasi dengan data pengamatan yang lebih panjang agar model yang dihasilkan memiliki tingkat validasi yang tinggi.

Untuk kepentingan prediksi penyebaran polutan yang diakibatkan tingkat aktivitas yang tinggi di perairan teluk Yosudarso maka perlu dimodelkan pola arus residu yang dibangkitkan oleh pasang surut dan angin.

PUSTAKA

Bowden.,K.F.,1983, Physical Oceanography Of Coastal Waters, Departement of Oceanography

University of Liverpool, Ellis Horwood Ltd, 302p

Dominic, R, et.el, 2004,Coastal Engineering Processes, theory and design practice, Spon Press London, p.123

Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL.,2008., Peta Air Pelayaran dan Tempat Berlabuh Sekitar Jayapura Nomor 236., Jakarta

Kerjasama UNIPA-Pemerintah Prov.Papua., 2007, Potensi Sumberdaya Teluk Youtefa Berkelanjutan Berbasis Masyarakat di Kota Jayapura., FPPK Unipa Manokwari

Knauss,John A.,1978, Introduction To Physical Oceanography, University of Rhode Island. 338p

Kowalik, et.al, 1993, Numerical Modeling of Ocean Dynamic, World Scientific Pub. 489p

Kantha, L.H., Clayson, C.A., 2000, Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes, Academic Press. 940p

Mihardja, D.K, 1991, Energy and Momentum Budget of The Tides in Indonesia Waters. Dissertation. Geosciences faculty of The University of Hamburg . 185p

Mellor,G.L., 1996, User Guide for A Three-Dimensional, Primitive Equation, Numerical Ocean Model, Pricenton University, Pricenton.

Ramming,H.G., Kowalik, Z., 1980, Numerical Modelling of Marine Hydrodynamics Applicatios to Dynamic Physical Processes. Elsevier Scientific Publishing Company. 364p.

van Rijn,L.C., 1990, Priciples of Fluid flow and Suface waves in Rivers, Estuaries, Seas, and Oceans, Aqua Publications. Netherlands. 335p.