Pola Pasang Surut Komponen Diurnal di Perairan Teluk Tambelan Provinsi Kepulauan Riau

Fratiwi Susanti[a]*, Desti Ardiani[a], Yulianti[a], Muliadi[a,], Arie Antasari Kushadiwijayanto[b]

[a]Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, [b]Jurusan Ilmu Kelautan, FMIPA Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia
*Email : cucantiwi@gmail.com

Abstrak

Model hidrodinamika *Princeton Ocean Model* telah diaplikasikan untuk mempelajari pola pasang surut di perairan Teluk Tambelan Provinsi Kepulauan Riau. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perambatan gelombang pasang surut dan pola arus pasang surut komponen diurnal (K_1 dan O_1). Data yang digunakan sebagai masukan model adalah data elevasi pasang surut dari hasil *Tidal Model Driver* yang diberikan pada bagian batas dan data batimetri dari hasil pengamatan di lapangan. Hasil model diverifikasi dengan pengukuran lapangan, sehingga mendapatkan hasil bahwa amplitudo pasang surut komponen K_1 memiliki selisih sebesar 0,0217 m, sedangkan pada komponen O_1 sebesar 0,0515 m. Pada amplitudo kecepatan arus, verifikasi hasil model untuk komponen K_1 memiliki selisih resultan arus sebesar 0,0848 m/s, dan komponen O_1 sebesar 0,1058 m/s. Selisih nilai amplitudo pasang surut menunjukkan hasil yang cukup baik dan sebaliknya amplitudo kecepatan arus menunjukkan hasil yang kurang baik. Pada pola amplitudo, untuk komponen K_1 dan O_1 menunjukkan adanya kesamaan, dimana sebaran amplitudo yang lebih tinggi berada di mulut teluk sebelah Barat dan beberapa bagian di kepala teluk. Pola arus hasil model, baik pada komponen K_1 maupun O_1 pada saat pasang tertinggi arus cenderung bergerak ke arah Utara masuk ke dalam teluk, sedangkan saat surut terendah arus bergerak ke arah Selatan keluar teluk. Sedangan pada kecepatan arus hasil model untuk komponen K_1 dan O_1, kecepatan maksimum terjadi pada kondisi yang sama yaitu pasang menuju surut.

Kata Kunci : *POM, Pasang Surut, Arus, t_tide, Teluk Tambelan*

1. Pendahuluan

Perairan Teluk Tambelan merupakan teluk yang terletak di wilayah Provinsi Kepulauan Riau, dan terdapat di Pulau Tambelan Besar. Teluk ini merupakan perairan semi tertutup yang terhubung dengan Laut Natuna.

Teluk Tambelan merupakan daerah yang wilayah pesisirnya digunakan sebagai pemukiman, jalur lalu lintas kapal, pelabuhan dan sebagai sumber mata pencaharian bagi masyarakat setempat, seperti perikanan tangkap dan budidaya ikan. Informasi mengenai pasang surut (pasut), sangat diperlukan agar dapat membantu navigasi kapal, dan mengurangi resiko kecelakaan kapal saat akan merapat ke dermaga. Kegiatan budidaya perikanan juga perlu mendapatkan informasi pasut, untuk melihat batas terendah dan batas tertinggi ketika air surut ataupun pasang.

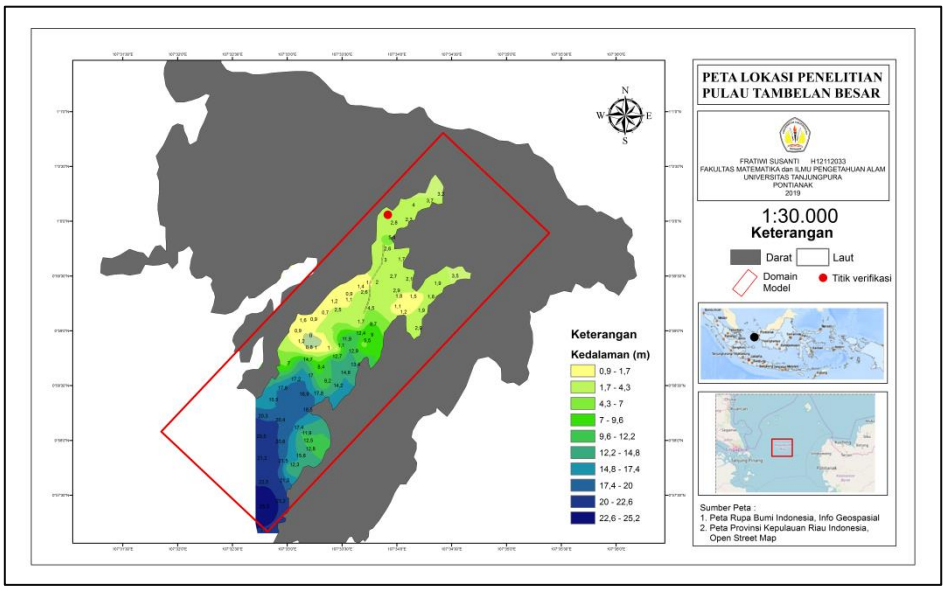
Melihat dari permasalahan tersebut maka perlu adanya penelitian tentang pasut dan arus untuk mendukung ketersediaan informasi. Pasut merupakan fenomena naik turunnya muka air laut secara periodik akibat pengaruh gaya tarik benda luar angkasa terutama Bulan dan Matahari [1]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengkaji pasut adalah melalui pemodelan hidrodinamika pasut menggunakan program *Princeton Ocean Model* (POM). POM sering digunakan dalam berbagai penelitian seperti yang dilakukan di perairan Teluk Yos Sudarso, Papua, untuk memberikan gambaran 2 dimensi pola sirkulasi arus yang dibangkitkan oleh komponen utama pasut [2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pola perambatan gelombang pasut dan pola arus komponen diurnal K_1 dan O_1 di Perairan Teluk Tambelan, menggunakan model POM. Komponen K_1 dan O_1 sendiri merupakan komponen utama harian tunggal pembangkit pasut. Hasil dari model POM yang diperoleh, diverifikasi dengan data pengukuran lapangan di Teluk Tambelan, untuk melihat kemiripan terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pola pergerakan arus pasut dan dapat menjadi acuan untuk menunjang pengembangan wilayah daerah penelitian.

2. Metodologi

2.1 Lokasi,Waktu, dan Data

Penelitian ini dilakukan di Teluk Tambelan, Pulau Tambelan Besar, di Kecamatan Tambelan, Provinsi Kepulauan Riau. Pengukuran pasut dan arus laut telah dilakukan pada tanggal 18 November sampai dengan 18 Desember 2017 (titik merah pada Gambar 1). Titik koordinat pada lokasi pengukuran pasut adalah 01°



Gambar 1. Peta kedalaman di daerah kajian dan domain model (kotak merah) berserta titik verifikasi (lingkaran merah).

0' 1,49'' Lintang Utara dan 107° 33' 59,48'' Bujur Timur.

Pada penelitian ini, terdapat dua jenis data yang digunakan, yaitu data sekunder, dan data primer. Data sekunder yang digunakan adalah data elevasi hasil peramalan dari *Tidal Model Driver* (TMD)[3], menggunakan komponen K_1 dan O_1. Sedangkan data primer adalah data hasil pengukuran langsung berupa data batimetri (kedalaman), pasut, dan arus.

Data batimetri (kedalaman) diukur menggunakan *Echosounder*. Data batimetri kemudian diolah dan dikoreksi terhadap data pengukuran pasut, yang mengacu pada MSL(muka laut rata-rata). Sedangkan untuk data pasut diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan tiang pasut. Proses pengamatan pasut dilakukan dengan interval 1 jam, selama 30 hari. Data hasil pengukuran, berupa data ketinggian muka air laut per jam, yang dianalisis harmonik menggunakan *Metode Least Square*, dengan program *t_tide*[4]. Analisis harmonik menghasilkan nilai amplitudo dan fase, yang digunakan sebagai verifikasi hasil model. Untuk data arus, pengukuran dilakukan menggunakan layang-layang arus. Pengukuran arus bersamaan dengan pengukuran pasut. Data hasil pengukuran yang berupa kecepatan dan arah arus diolah, untuk mengetahui arus komponen U dan V. Data kecepatan arus arah U dan V, dianalisis harmonik menggunakan *t_tide* untuk mengetahui nilai amplitudo kecepatan arus arah U dan V. Amplitudo yang diperoleh, digunakan sebagai data verifikasi hasil model. Persamaan (1) dan (2) digunakan untuk menghitung arus arah U dan V [5]:

$$U_{arus} = v \sin \alpha \quad (1)$$

$$V_{arus} = v \cos \alpha \quad (2)$$

dimana α menyatakan arah yang ditunjukan dengan sudut simpangan relatif terhadap arah Utara.

2.2. Model Hidrodinamika

Pergerakan massa air (hidrodinamika) pada suatu perairan dapat dipelajari menggunakan hukum kekekalan massa (kontinuitas) dan kekekalan momentum. Pada penelitian ini pemodelan numerik untuk hidrodinamika 2 dimensi (2D) menggunakan program POM dan diselesaikan secara numerik menggunakan metode beda hingga (*finite difference*). Persamaan hidrodinamika yang digunakan, adalah hasil integrasi vertikal dari dasar σ=-1 ke permukaan σ=0. Persamaan mode eksternal dalam program POM adalah [6]:

Persamaan kontinuitas

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial \overline{U} D}{\partial x} + \frac{\partial \overline{V} D}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

Persamaan momentum:

Arah x:

$$\frac{\partial \overline{U} D}{\partial t} + \frac{\partial \overline{U}^2 D}{\partial x} + \frac{\partial \overline{U}\overline{V} D}{\partial y} - \tilde{F}_x - f\overline{V}D + gD\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\prec wu(0) \succ + \prec wu(-1) \succ + G_x - \frac{gD}{\rho_o}\int_{-1}^{0}\int_{\sigma}^{0}\left[D\frac{\partial \rho'}{\partial x} - \frac{\partial D}{\partial x}\sigma'\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma}\right] d\sigma' d\sigma \quad (4)$$

Arah y:

$$\frac{\partial \overline{V} D}{\partial t} + \frac{\partial \overline{V}^2 D}{\partial y} + \frac{\partial \overline{U}\overline{V} D}{\partial x} - \tilde{F}_y - f\overline{U}D + gD\frac{\partial \eta}{\partial y} = -\prec wv(0) \succ + \prec wv(-1) \succ + G_y - \frac{gD}{\rho_o}\int_{-1}^{0}\int_{\sigma}^{0}\left[D\frac{\partial \rho'}{\partial y} - \frac{\partial D}{\partial y}\sigma'\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma}\right] d\sigma' d\sigma \quad (5)$$

Dimana $D = H + \eta$ adalah kedalaman total, H menyatakan kedalaman perairan, η adalah elevasi muka air, t menyatakan waktu, $\bar{U}$ dan $\bar{V}$ masing-masing menyatakan arus dalam arah x dan y yang diintegrasikan terhadap kedalaman $\bar{U} = \int_{-1}^{0} u \, d\sigma$ dan $\bar{V} = \int_{-1}^{0} v \, d\sigma$ dan g adalah percepatan gravitasi, dan f adalah parameter coriolis, komponen gesekan angin adalah $-\prec wu(0) \succ$ dan $-\prec wv(0) \succ$, komponen gesekan dasar adalah $-\prec wu(-1) \succ$ dan $-\prec wv(-1) \succ$, $\tilde{F}_x$ dan $\tilde{F}_y$ adalah suku difusi dan viskositas horizontal dalam arah x dan y, G_x dan G_y adalah suku dispersi dalam arah x dan y.

Semua proses diskritisasi numerik dari persamaan hidrodinamika 2D, harus memenuhi kriteria stabilitas *Courant-Freiderichs-Lewy* (CFL). Kriteria stabilitas CFL ialah syarat stabilitas CFL yang harus dipenuhi. Syarat stabilitas CFL yang diperoleh adalah 4,0406 detik, tetapi langkah waktu yang digunakan pada simulasi ini selama 3 detik. Hal ini dilakukan agar dapat meminimalisir kondisi *blow up* atau tidak stabil pada saat proses *running* model. Persamaan dalam menghitung langkah waktu dapat dilihat pada Persamaan (6) sebagai berikut[6]:

$$\Delta t_E \le \frac{1}{C_t} \left| \frac{1}{\delta x^2} + \frac{1}{\delta y^2} \right|^{1/2} \qquad (6)$$

Dimana: lebar sel: $\delta x = \delta y$, g: percepatan gravitasi bumi, :$C_t = 2(gH)^{1/2} + U_{max}$, dengan U_{max} : kecepatan maksimum.

2.3 Pengaturan Model

Tahap awal pemodelan adalah dengan membuat grid pada daerah yang dimodelkan, yaitu di Perairan Teluk Tambelan. Daerah model didiskritisasi sebanyak 149 x 65 grid, dengan lebar grid Δx=Δy=80 m. Simulasi model dijalankan selama 22 hari. Data kedalaman untuk masukan model digunakan kedalaman maksimum sebesar 20 m, dan kedalaman minimum sebesar 2 m. Pengaturan masukan kedalaman maksimum dan minimum model diperlukan agar proses komputasi lebih efisien dan stabil. Koefisien gesekan dasar yang digunakan sebesar 0,0025.

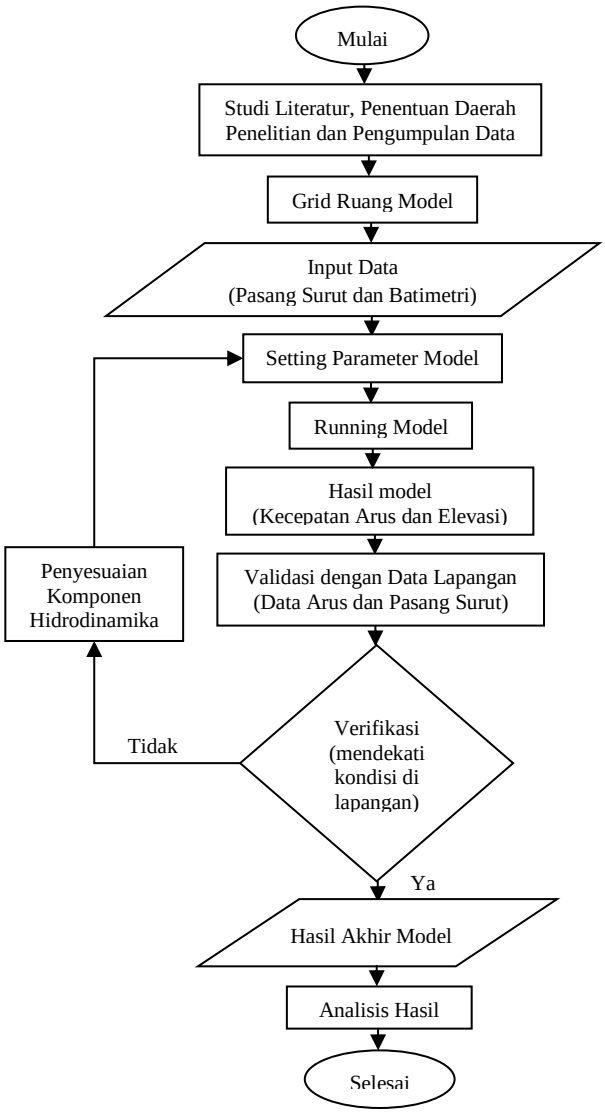
Syarat batas yang digunakan pada model ini meliputi syarat batas tertutup dan syarat batas terbuka. Pada syarat batas tertutup (darat) diterapkan (U, V, η)=0, untuk mengontrol proses perhitungan pada daerah dengan kedalaman nol (darat) saja. Pada syarat batas terbuka model, untuk elevasi komponen pasut menggunakan nilai amplitudo dan fase dengan parameter seperti pada Tabel 1. Verifikasi hasil model dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data lapangan, dimana hasil yang dibandingkan adalah amplitudo pasut dan arus.

Tabel 1. Amplitudo dan fase masukan model dari TMD

Parameter	K_1	O_1
Amplitudo (m)	0,2161	0,2257
Fase (^{o})	319,94	269,65

2.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, meliputi proses pengaturanan model, verifikasi hasil model, dan analisis hasil model. Tahapan-tahapan penelitian ini disusun agar penelitian dapat berjalan secara sistematis, kemudian disusun dalam diagram alir seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Verifikasi Hasil Model

Hasil verifikasi amplitudo pasut komponen K_1, menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki nilai yang lebih besar, dibandingkan dengan nilai amplitudo dari hasil model, dengan selisih sebesar 0,0217 m (~2 cm), Tabel 2. Sedangkan pada komponen O_1, memiliki selisih sebesar 0,0515 m, dengan hasil model memiliki nilai yang lebih besar. Berdasarkan selisih amplitudo tersebut, model memiliki perbedaan nilai amplitudo yang cukup kecil dengan pengukuran, dengan kesalahan relatif <10%. Hal ini menunjukkan model memiliki hasil yang cukup baik.

Tabel 2. Perbandingan amplitudo pasut hasil pengukuran dan model

	Amplitudo Pasut (m)		
	Pengukuran	Model	Selisih
K_1	0,2482	0,2265	0,0217
O_1	0,1903	0,2415	0,0515

Pada nilai amplitudo kecepatan arus (Tabel 3) menunjukkan bahwa, kecepatan arus arah U lebih dominan dibandingkan arus arah V. Pada perbandingan nilai kecepatan arus antara model dan pengukuran, hasil pengukuran memiliki nilai yang jauh lebih kecil. Hal ini dapat disebabkan oleh letak titik verifikasi di dalam teluk dekat pemukiman yang didominasi oleh rumah panggung. Tiang-tiang pancag rumah panggung tersebut dapat menimbulkan banyak gesekan dan turbulensi di sekitar titik pengukuran.

Letak titik verifikasi di jalur yang sempit juga mempengaruhi besar kecilnya kecepatan [7]. Pengaruh lain yang dapat menyebabkan arus hasil model lebih besar adalah batimetri pada masukan model, dengan kedalaman maksimum 20 m, dan minimum 3 m. Masukan data batimetri yang digunakan, tidak sesuai dengan kedalaman sebenarnya, dimana terdapat kedalaman minimum yang kurang dari 1 meter di lapangan. Sehingga hasil model yang benar-benar mendekati kondisi sebenarnya di lapangan sulit untuk diperoleh.

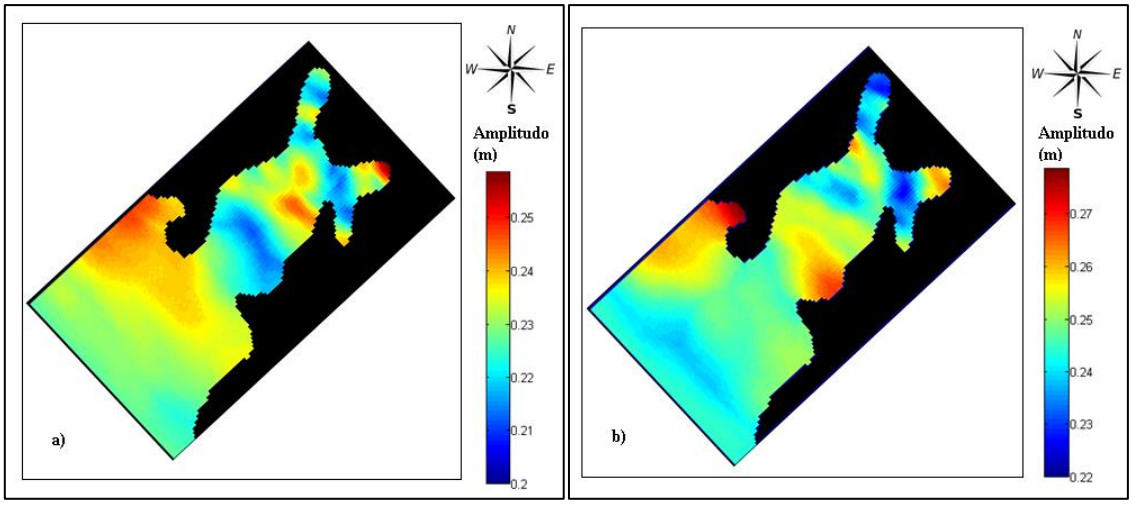
Tabel 3. Perbandingan amplitudo kecepatan arus pasut hasil pengukuran dan model

	Amplitudo Kecepatan Arus (m/s)			
	Besaran	Pengukuran	Model	Selisih
K_1	Arus U	0,0018	0,0345	0,0327
	Arus V	0,0013	0,08	0,0787
	Resultan	0,0022	0087	0,0848
O_1	Arus U	0,0013	0,0385	0,0372
	Arus V	0,003	0,1025	0,0995
	Resultan	0,0032	0,109	0,1058

3.2 Pola Amplitudo Komponen K_1 dan O_1

Berdasarkan pola amplitudo pada komponen K_1 maupun O_1, memiliki kesamaan pada pola amplitudonya. Pada hasil simulasi model kedua komponen, menunjukkan nilai amplitudo yang cenderung bervariasi dan memiliki kisaran nilai yang hampir sama $\Delta\eta$~5 cm. Nilai amplitudo pada kedua komponen berkisar antara 0,20 – 0,27 m.

Berdasarkan hasil model (Gambar 3a), amplitudo komponen diurnal K_1 lebih besar dibagian luar teluk, dibandingkan dengan amplitudo di dalam teluk. Pola amplitudo masuk melalui mulut teluk dari nilai yang rendah. Amplitudo dengan nilai yang lebih tinggi masuk dari mulut teluk sebelah Barat sampai ke Timur. Pada komponen O_1 (Gambar 3b), menunjukkan nilai amplitudo yang rendah masuk dari sebelah



Gambar 3. Pola amplitudo pasang surut dari hasil model untuk komponen K_1 (a) dan komponen O_1 (b)

Selatan mulut teluk. Perambatan nilai amplitudo yang lebih tinggi berada di mulut teluk sebelah Barat, dan di kepala teluk sama seperti komponen K_1. Amplitudo mulai meningkat di kepala teluk, dan menurun sampai ke teluk kecil.

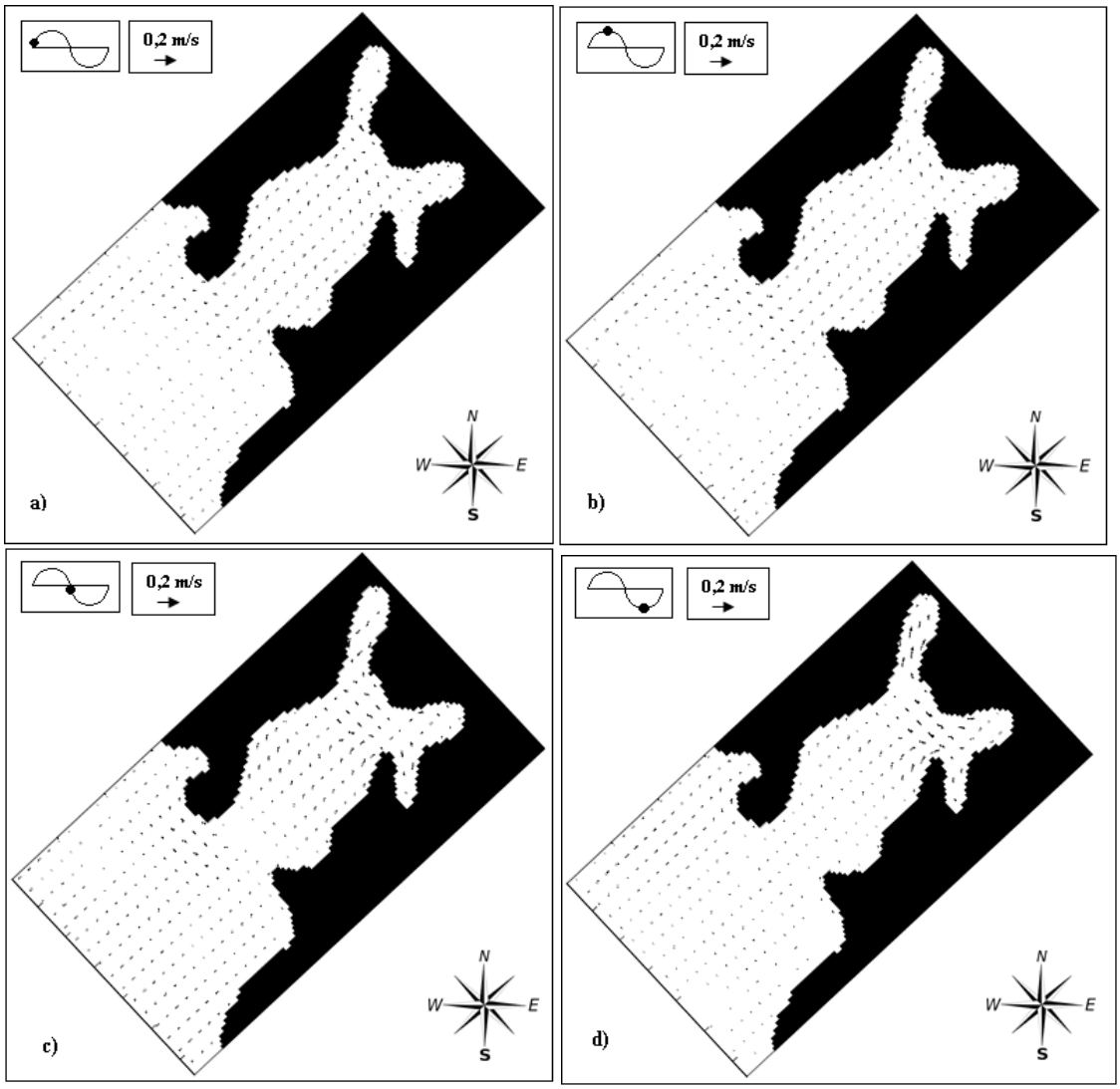
Sebaran amplitudo pasut memiliki nilai yang hampir sama di setiap bagian teluk [8]. Perbedaan besar dan kecilnya amplitudo gelombang pasut dapat terjadi karena pengaruh penyempitan, pendangkalan dan gesekan dasar [9]. Pengaruh penyempitan, terjadi di teluk kecil sebelah Barat, mulut teluk cukup kecil dan sempit, sehingga pada daerah tersebut nilai amplitudo lebih tinggi.

3.3 Arus komponen K_1

Pola arus hasil model yang diperoleh, digambarkan pada 4 kondisi yaitu surut menuju pasang, pasang tertinggi, pasang menuju surut, dan surut terendah. Berdasarkan 4 kondisi ini, secara umum pada saat pasang tertinggi arah arus masuk ke dalam teluk, sebaliknya pada saat surut terendah arus cenderung keluar dari teluk.

Pada kondisi surut menuju pasang (Gambar 4a), arah arus lebih dominan bergerak dari mulut teluk dan masuk menuju kepala teluk, serta beberapa bagian yang berbelok keluar dari teluk. Saat pasang tertinggi (Gambar 4b), arus lebih banyak bergerak dari mulut teluk, yang arahnya masuk ke dalam teluk, hanya sedikit arus yang berbelok keluar dari teluk.

Pada pola arus saat pasang menuju surut (Gambar 4c), arah arus masuk dari mulut teluk sebelah Barat untuk keluar dari teluk, dan ada beberapa berbelok untuk masuk ke dalam teluk. Sedangkan untuk kecepatan arus yang masuk ke dalam teluk cenderung lebih besar, dibandingkan dengan kecepatan arus yang keluar dari teluk. Pada saat mencapai surut terendah (Gambar 4d), pola aliran arus



Gambar 4. Arus K_1 hasil model pada saat surut menuju pasang (a), pasang tertinggi (b), pasang menuju surut (c), dan surut terendah (d)

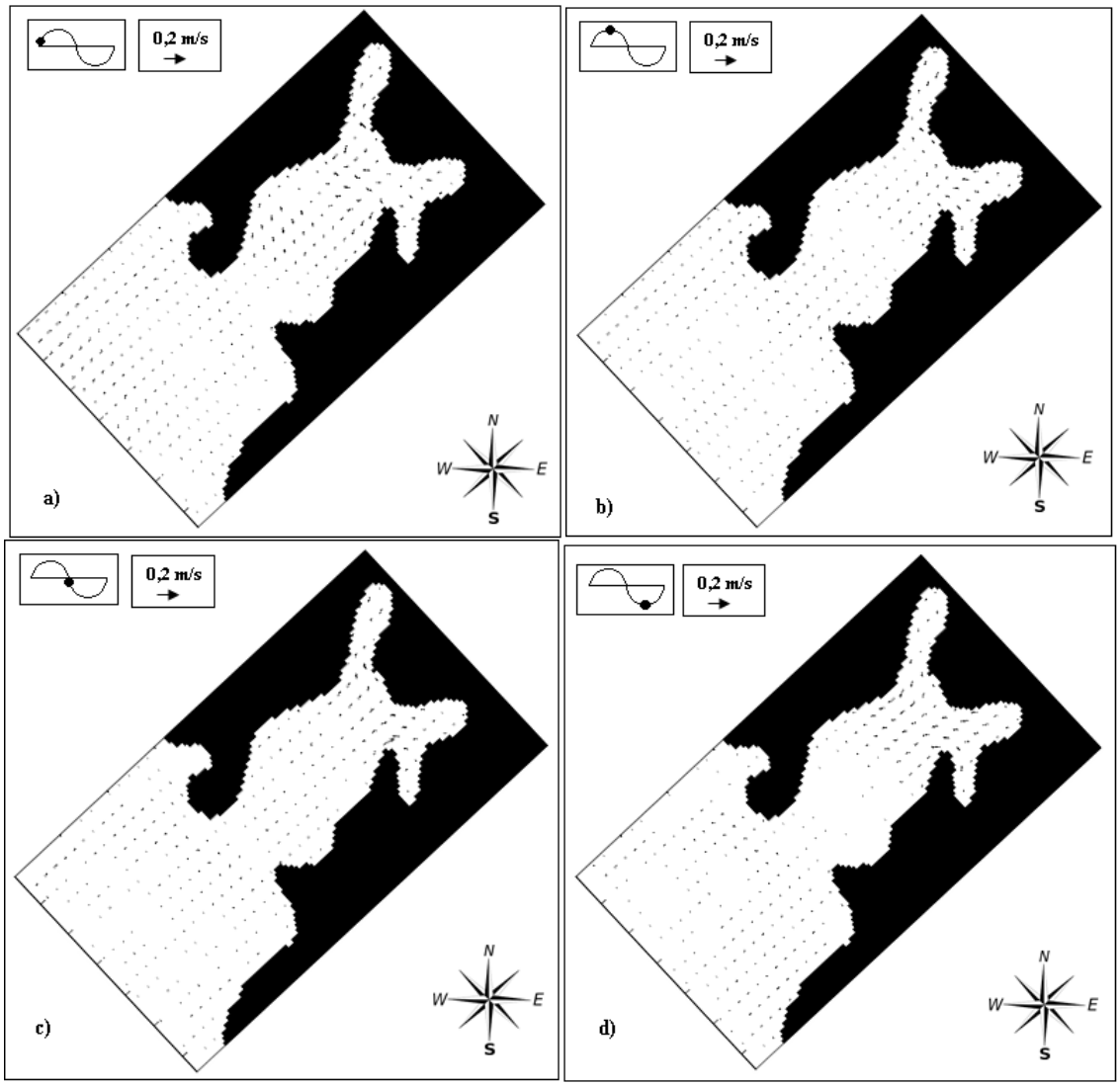
pada kondisi ini bervariasi, ada yang cenderung keluar dari teluk dan ada yang bergerak masuk ke dalam teluk. Kecepatan arus cukup kecil di bagian mulut teluk sampai ke tengah teluk, tetapi pada bagian kepala teluk kecepatan arus mulai meningkat terutama pada bagian teluk kecil.

3.4 Arus Komponen O_1

Pola arus pada komponen O_1 saat kondisi menuju pasang (Gambar 5a), arah arus bergerak dari mulut teluk masuk menuju ke dalam teluk, sedangkan di kepala teluk arus cenderung keluar dari teluk. Kecepatan arus pada kondisi ini, memiliki rata-rata kecepatan arus sebesar 0,0256 m/s. Pada kondisi pasang tertinggi (Gambar 5b), arah arus bergerak dari mulut teluk dan masuk ke dalam teluk. Pada kondisi ini kecepatan arus berkisar antara 0,001 – 0,069 m/s.

Pada kondisi menuju surut (Gambar 5c), pola pergerakan arah arus juga bervariasi, beberapa arus bergerak masuk menuju teluk, sedangkan di bagian lain arus bergerak keluar teluk. Kecepatan arus pada kondisi ini relatif kecil dari kondisi sebelumnya, dengan rata-rata sebesar 0,01566 m/s. Pada kondisi surut terendah (Gambar 5d), arah arus masuk dari mulut teluk dan berbelok keluar dari teluk, begitu juga arus yang ada di kepala teluk juga keluar dari teluk. Pada kondisi ini, kecepatan arus lebih bervariasi di beberapa bagian teluk, kecepatan arus maksimum terletak di kepala teluk, yaitu sebesar 0,09171 m/s.

Secara umum pola pergerakan arus pada komponen K_1 dan O_1 menunjukkan kesamaan,



Gambar 5. Arus O_1 hasil model pada saat surut menuju pasang (a), pasang tertinggi (b), pasang menuju surut (c), dan surut terendah (d)

saat pasang tertinggi arus bergerak masuk menuju ke dalam teluk, sedangkan pada saat surut terendah arus cenderung bergerak keluar dari teluk. Pada nilai kecepatan arus hasil model untuk komponen K_1 dan O_1, menunjukkan kesamaan pada letak nilai kecepatan arus yang besar

Pada semua kondisi, kecepatan arus yang relatif besar terletak di kepala teluk dengan luas daerah yang sempit, sedangkan kecepatan yang relatif kecil terletak di mulut teluk dengan luas daerah lebih lebar. Hal ini sesuai dengan asas kontinuitas yang mengatakan bahwa kecepatan fluida berkurang ketika melewati pipa dengan luas penampang yang lebar, dan kecepatan bertambah ketika melewati pipa yang sempit. Besar kecepatan arus hasil model pada Tabel 4, menunjukkan bahwa komponen K_1 memiliki kecepatan arus maksimum pada kondisi surut terendah sebesar 0,14451 m/s. Pada komponen O_1, kecepatan arus maksimum juga terjadi pada kondisi yang sama sebesar 0,09171 m/s.

Tabel 4. Perbandingan amplitudo keceptan arus pengukuran dan model

	Amplitudo Kecepatan Arus(m/s)				
	Kecepatan (m/s)	Menuju pasang	Pasang tertinggi	Menuju	Surut terendah
K_1	Rata-rata	0,0195	0,0172	0,0271	0,0225
	Maks	0,0597	0,5385	0,0910	0,1445
	Min	0,0022	0,001	0,001	0,001
O_1	Rata-rata	0,0235	0,0169	0,0156	0,0172
	Maks	0,0852	0,0690	0,0805	0,0917
	Min	0,001	0,001	0,001	0,001

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu, verifikasi model menunjukkan hasil yang cukup baik pada amplitudo pasut, sebaliknya pada amplitudo arus menunjukkan hasil yang kurang baik yang diduga karena kedalaman masukan model yang kurang representatif. Pada perambatan amplitudo komponen K_1 dan O_1, menunjukkan kesamaan pada nilai amplitudo tinggi, yang terdapat di mulut teluk sebelah Barat dan beberapa bagian di kepala teluk. Pada pola pergerakan arus hasil model untuk komponen K_1 dan O_1, saat pasang tertinggi arus bergerak masuk menuju ke dalam teluk, sedangkan pada saat surut terendah arus cenderung bergerak keluar dari teluk.

Daftar Pustaka

[1] Poerbandono, dan Djunarsjah, 2005, Survey Hidrografi. Refika Aditama. Bandung.

[2] Mamengko, F. Y. S., 2008, Model Hidrodinamika 2-D Arus Pasang Surut Perairan Teluk Yosudarso Papua. Natural., 7:68-73.

[3] Padman, L., 2005, Tide Model Driver (TMD) Manual ver 1.2. Earth and Space research.

[4] Pawlowicz, R., B. Beardlsley, and S. Lentz. 2002. Classical tidal hamonic analysis including error estimates in Matlab using *t_tide*, computers & Geosciences. 28:929-937

[5] Simatupang, C.M; Surbakti, H., Agussalim, A., 2016, Analisis Data Arus di Perairan Muara Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Maspari Journal, 8:15-24.

[6] Mellor, G. L., 1998, users guide for a three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model, revision july 1998, princeton university, princeton.

[7] Budiman, A.S; Koropitan, A.F, dan Nurjaya, I.W., 2015, Perambatan Gelombang Dan Arus Residu Pasang Surut Teluk Mayalibit: Model Hidrodinamika Pasang Surut 2D. Jurnal ilmu dan teknologi kelautan tropis, 7:157-172.

[8] Nugroho, A., Ismunarti, D.W., Rochadi, B., 2015, Studi Karakteristik Dan Co-Range Pasang Surut Di Teluk Lembar Lombok Nusa Tenggara Barat. Jurnal oseanografi, 4:93-99

[9] Lindawati, 2018, Karakteristik Perambatan Gelombang Pasang Surut di Estuari Kapuas Kecil. Jurnal Laut Khatulistiwa., 1:61-66. Pontianak.