

## PEMODELAN SIRKULASI ARUS PASANG SURUT DI PERAIRAN TELUK BALIKPAPAN PROVINSI KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN *MIKE 21 FLOW MODEL FM*

<sup>1</sup>Hilyatun Nahdliyah, <sup>1</sup>Baharuddin, <sup>1</sup>Ira Puspita Dewi

<sup>1</sup>Marine Science Departement, Faculty of Fisheries University of Lambung Mangkurat, PO.Box. 6,  
Achmad Yani Street, 36.6 Simpang Empat Banjarbaru  
e-mail: hilyatun04@gmail.com

### ABSTRAK

Perairan Teluk Balikpapan dipengaruhi oleh Selat Makassar sebagai pintu masuk utama Arus Lintas Indonesia (Arlindo), angin musim, pengaruh debit sungai, pelabuhan dan alur pelayaran yang cukup padat. Selain itu bentuk topografi dan kedalaman yang beragam serta adanya pulau-pulau kecil sangat mempengaruhi dinamika pola arus pada perairan tersebut. Pada penelitian simulasi hidrodinamika arus ini dilakukan dengan menggunakan model numerik *MIKE 21 Flow Model FM*, untuk menganalisis sirkulasi hidrodinamika arus di perairan Teluk Balikpapan dengan gaya pembangkit angin dan pasang surut. Kemudian, hasil keluaran dari model tersebut diverifikasi sesuai dengan data pengukuran lapangan yang telah dilakukan. Verifikasi antara hasil pengukuran lapangan dengan simulasi yang ditunjukkan dengan nilai *RMSE* memiliki kesesuaian data yang baik, yaitu untuk pasut memiliki nilai sebesar 0,06917 dan arus memiliki nilai komponen U sebesar 0,00277 dan komponen V sebesar 0,00824.

*Kata kunci: pemodelan, Teluk Balikpapan, arus pasut, MIKE 21 Flow model FM*

### ABSTRACT

Balikpapan Bay are influenced by the Makassar strait as the one of the Indonesia Throughflow (Arlindo), monsoons, the input of river discharges, port area and fairly shipping route. Besides, various forms of topography and depth and also the presence of small islands influence the dynamics of current patterns in these waters. In this current hydrodynamic simulation research conducted using the *MIKE 21 Flow Model FM* numerical model software, to analyze the current hydrodynamic circulation of Balikpapan Bay with wind and tidal forces. Then, the output of the model is verified according to the field measurement data that has been done. Verification between the results of field measurements with simulations indicated by the *RMSE* value has a good data suitability, for tides it has a value equal to 0,06917 and current has a component U equal to 0,00277 and component V equal to 0,00824.

*Keywords: modelling, Balikpapan Bay, tidal current, MIKE 21 Flow model FM*

### PENDAHULUAN

Pergerakan arus merupakan fenomena yang selalu bergerak dinamis, hal tersebut berhubungan dengan faktor-faktor yang memberikan pengaruh kuat pergerakan arus terhadap sebagian besar perairan. Secara umum faktor utamanya diakibatkan oleh pergerakan pasut dan

*stress* angin.

Pada wilayah perairan yang sempit dan semi-tertutup seperti teluk lebih dominan dipengaruhi oleh fenomena pasang surut. Fenomena tersebut membangkitkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, ketika arus pasut memasuki wilayah perairan pantai maka akan terjadi pasang dan begitu

sebaliknya, ketika arus pasut mengalir menjauhi wilayah pantai akan terjadi surut. Kecepatan arus yang digerakkan pasut tersebut berubah-ubah setiap saat atau bersifat harian akibat gerakan pasut, sedangkan angin yang membangkitkan arus bersifat musiman yaitu terjadi perubahan arah arus mengikuti arah angin setiap musimnya.

Teluk Balikpapan memiliki karakteristik perairan semi-tertutup yang mendapat pengaruh langsung dari Selat Makassar. Menurut Fleury, *et al.*, 1996 dalam Safitri, dkk. 2012 Selat Makassar merupakan salah satu pintu masuk utama Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang membawa massa air Samudera Pasifik pada jalur barat, yaitu masuk melalui Laut Sulawesi lalu ke Selat Makassar, Laut Flores dan Laut Banda. Selain itu, adanya pengaruh tiupan angin antar musim yang berhembus pada permukaan perairan dapat membangkitkan kecepatan arus dengan arah dan kecepatan yang berbeda pada setiap musimnya.

Perairan Teluk Balikpapan ini, memiliki luas perairan 16.000 hektar dengan luas (DAS)  $\pm$  211.456 hektar, kemudian terdapat beberapa DAS dan Sub-DAS yang mengalir dan bermuara ke teluk, serta terdapat beberapa pulau-pulau kecil yang terletak di wilayah atas teluk. Pada sepanjang wilayah perairan sungai dan teluk tersebut terdapat aktivitas yang dimanfaatkan sebagai kawasan pelabuhan, industri pengolahan migas, batubara, PLTU, perikanan, pariwisata dan pemukiman. Wilayah teluk tersebut memiliki kedalaman yang bervariasi

dengan nilai 1,5 meter hingga mencapai kedalaman 56 meter.

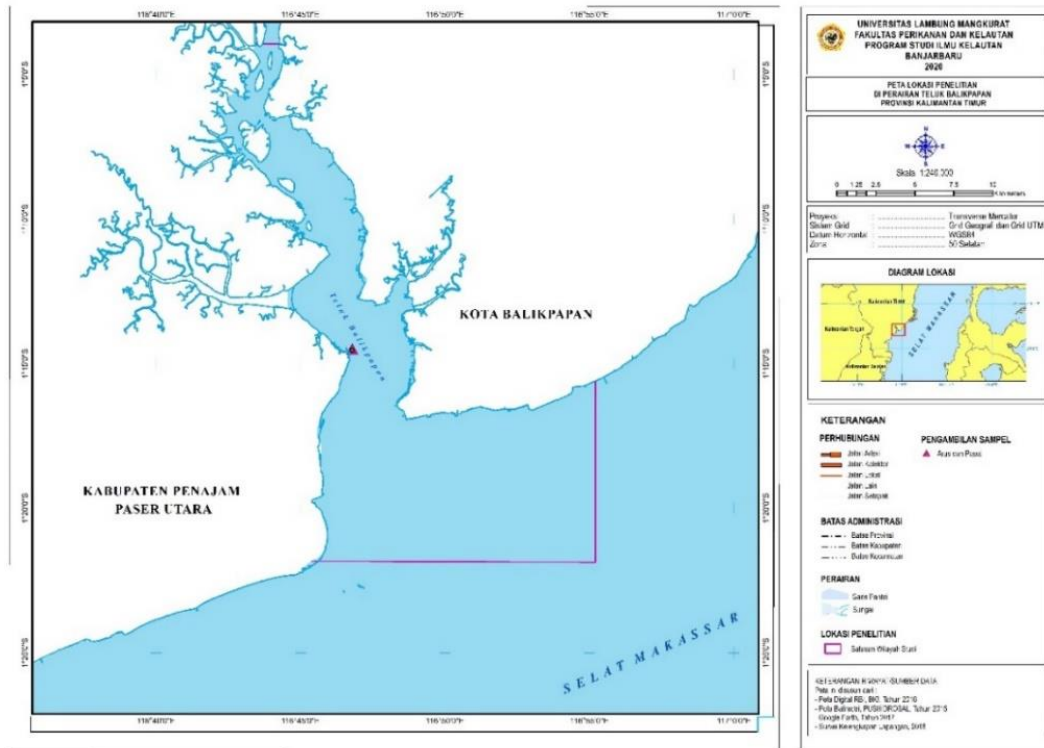
Oleh sebab itu, kondisi hidrodinamika pada wilayah perairan Teluk Balikpapan khususnya arus memiliki arah dan kecepatan yang bervariasi, akibat dipengaruhi oleh beberapa faktor tersebut, antara lain *run off* sungai, morfologi pantai dan kedalaman perairan serta *stress* angin pada permukaan laut.

Berbagai macam metode dapat dilakukan untuk penelitian sirkulasi arus pada wilayah perairan, salah satunya menggunakan model numerik dan empiris *MIKE 21*, modul yang digunakan pada pemodelan hidrodinamika arus ini adalah *Flow Model FM. MIKE 21 Flow Model FM* merupakan sistem pemodelan yang didasarkan pada pendekatan *flexibel mesh*. Pemodelan ini dikembangkan oleh *DHI Water and Environment* untuk diaplikasikan pada lingkungan oseanografi seperti muara, teluk, pantai dan laut. Berdasarkan hal tersebut, sehingga untuk mengetahui hidrodinamika arus pasang surut di perairan Teluk Balikpapan dapat dilakukan dengan menggunakan model *MIKE 21 Flow Model FM*.

## METODOLOGI PENELITIAN

### *Waktu dan Tempat*

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2018 – Desember 2019 di Perairan Teluk Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur meliputi sepanjang  $\pm$ 33 km dan  $\pm$ 22 km sejajar garis pantai, yang ditampilkan pada (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Peralatan dan Bahan

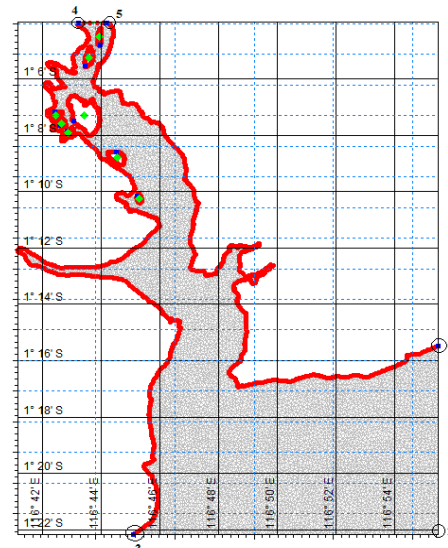
Peralatan dan bahan yang akan digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian

<p><b>Alat:</b> <i>Global Positioning System (GPS), Alat tulis menulis, Tide Gauge, Kompas, Camera, drague drifter, Stopwatch, Software: Global Mapper, ArcGis 10.5, Mike 21, Ms. Excel, Ms. Word, Surfer 13, WRPLOT View, ODV dan Hardware: laptop</i></p> <p><b>Bahan:</b> Peta BIG (2018), Peta Laut Pushidrosal (2015), Data Pasut, Angin</p>
---

### Skenario Model

Skenario model ditunjukkan pada (Gambar 2) berikut ini:

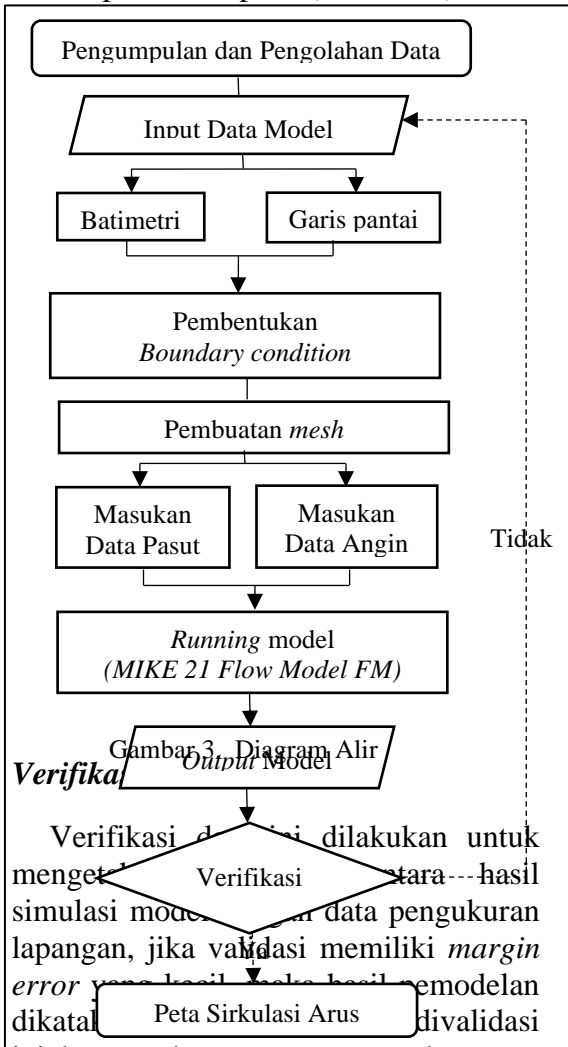


Gambar 2. Area Kajian Simulasi

Pembagian desain model pada area kajian ditampilkan pada (Gambar 2), yaitu: pada garis 1 – 2 syarat batas timur laut sedangkan garis 2 – 3 merupakan syarat batas selatan dan 4 – 5 syarat batas utara. Pembagian tersebut berdasarkan syarat batas yang diperlukan dengan

tujuan untuk mengetahui antara model yang dibangun menunjukkan kesesuaian atau ketidaksesuaian dengan kondisi di lapangan. Kemudian simulasi model tersebut dijalankan selama 3 hari, yaitu pada tanggal 21 – 24 maret 2018 disesuaikan dengan pengukuran lapangan dari data arus dan pasang surut.

Pengolahan skema model sirkulasi arus dapat dilihat pada (Gambar 3):



Verifikasi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi model dengan data pengukuran lapangan, jika validasi memiliki margin error yang kecil maka hasil pemodelan dikatakan valid. Validasi ini berupa data pasang surut dan arus, dengan menghitung nilai *Root Mean Square Error (RMSE)*, sebagaimana dinyatakan pada persamaan berikut ini:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{observasi} - X_{model})^2}{n}}$$

dimana,  $X_{obs}$  merupakan data hasil pengukuran lapangan,  $X_{model}$  merupakan

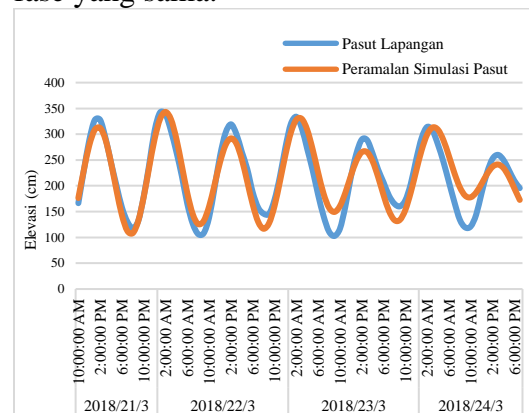
data hasil simulasi model dan  $n$  merupakan jumlah data. Jika nilai *RMSE* mendekati 0 dan  $\leq 1$ , maka hasil pemodelan valid.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Verifikasi Model

#### Verifikasi Pasang Surut

Verifikasi antara elevasi pasut (Gambar 4) pada pengukuran lapangan dan prediksi pasut menggunakan *MIKE 21 Toolbox* secara keseluruhan memiliki fase yang sama.



Gambar 4. Verifikasi Elevasi Pasut Lapangan dan Simulasi

Perhitungan nilai *RMSE* yang dilakukan sebagai verifikasi pasang surut antara data pengukuran lapangan dan simulasi didapatkan nilai sebesar:

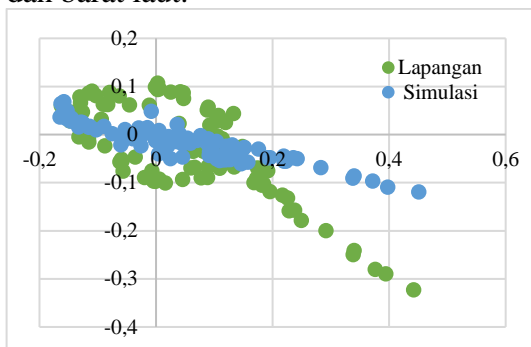
$$\frac{\sqrt{32,17115}}{82} = 0,06917$$

Nilai *RMSE* yang didapatkan dari perhitungan tersebut, yaitu 0,06917. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil pemodelan valid karena, memiliki nilai  $RMSE \leq 1$  dan mendekati 0.

#### Verifikasi Arus

Verifikasi arus yang didapatkan dari hasil pengolahan arah dan kecepatan arus antara pengukuran data lapangan dan

hasil simulasi dihasilkan nilai komponen arus U dan V, yang divisualisasikan dalam bentuk *scatterplot* arus (Gambar 5) menunjukkan bahwa komponen arus U dan V dominan bergerak ke arah tenggara dan barat laut.



Gambar 5. *Scatterplot* Komponen Arus U V

Hasil perhitungan verifikasi arus komponen U dan V dengan menghitung RMSE, didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\text{Komponen U} \rightarrow \frac{\sqrt{0,0516}}{82} = 0,00277$$

$$\text{Komponen V} \rightarrow \frac{\sqrt{0,45697}}{82} = 0,00824$$

Sehingga, dari perhitungan RMSE yang telah dilakukan tersebut yaitu dengan nilai komponen U sebesar 0,00277 dan nilai komponen V sebesar 0,00824. Sehingga, dapat dikatakan bahwa komponen arus U dan V memiliki nilai yang baik atau valid.

## 2. Batimetri

Peta batimetri pada wilayah Teluk Balikpapan ditampilkan pada (Gambar 6). Batimetri pada wilayah atas teluk memiliki kedalaman secara gradual dari 4 meter hingga mencapai 56 meter,

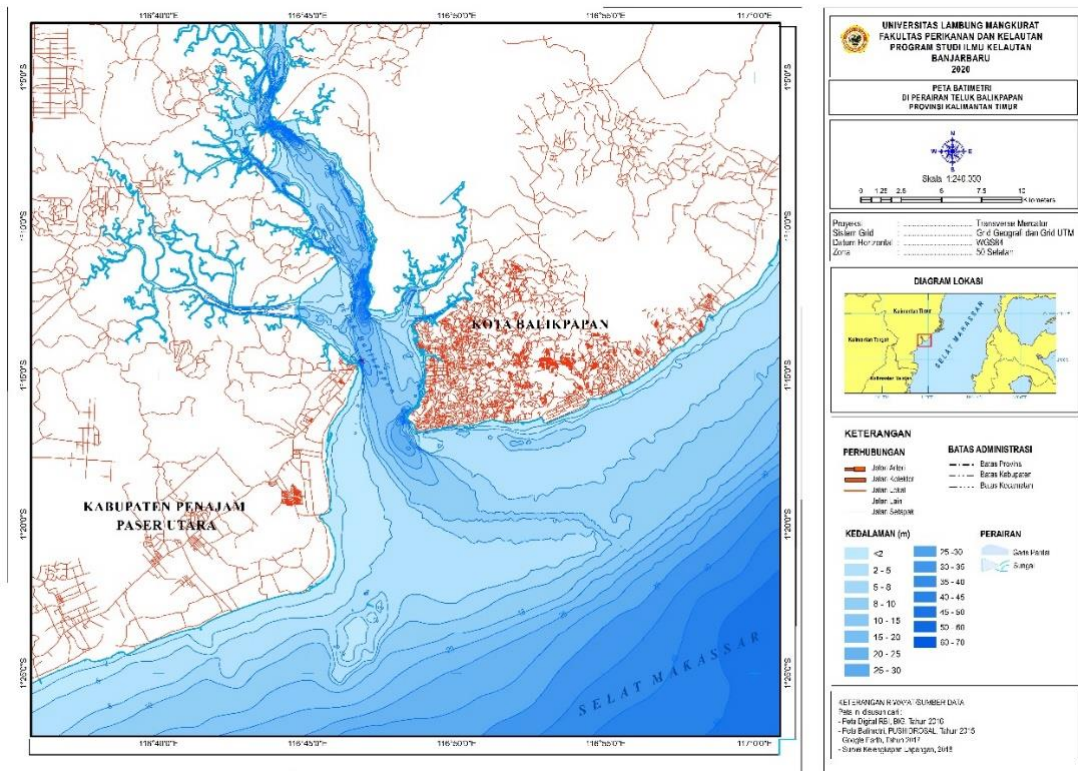
disepanjang wilayah atas teluk tersebut merupakan Kawasan Industri Kariangau (KIK).

Kemudian, pada wilayah tengah teluk memiliki nilai dengan kisaran 1,5 meter hingga 22,5 meter dan pada wilayah mulut teluk sampai wilayah terluarnya memiliki kedalaman 2,5 meter hingga mencapai kedalaman 35 meter.

Kondisi batimetri yang bervariasi tersebut akan mempengaruhi terhadap dinamika pola arus, dimana arah dan kecepatan arus tersebut selalu berhubungan dengan kedalaman. Sebagaimana menurut hasil penelitian Roem (2016) yang menyatakan bahwa kedalaman berpengaruh terhadap variasi nilai kecepatan arus.

Berdasarkan hasil penelitian Hidayat (2016) bahwa model batimetri 3D di perairan Teluk Balikpapan menunjukkan bahwa morfologi permukaan dasar laut (*seabed surface*) dominan berbentuk gelombang banyak ditemukan di wilayah muara sungai hingga tepi pantai dengan kisaran kedalaman 0 hingga 6 meter dan terdapat palung laut atau cekungan yang menjorok dengan kedalaman maksimal yang mencapai 45 meter.

Menurut Sulardi (2016) Teluk Balikpapan memiliki beberapa pulau kecil, yang umumnya terletak di dekat dengan kepala teluk, seperti: Pulau Benawa, Pulau Balang, Pulau Kwangan, Pulau Kedumpit. Terdapat DAS dan sub-DAS, yaitu: Sungai Wain, Sungai Riko, Sungai Semoi, Sungai Sumber, Sungai Baruangin, Sungai Seloang, Sungai Baru, Sungai Getah, Sungai Maridan.



Gambar 6. Peta Batimetri

### 3. Hasil Model Arus dan Elevasi di Perairan Teluk Balikpapan

#### Pada Saat Pasang Menuju Surut

Pada saat pasang menuju surut purnama menunjukkan nilai elevasi muka air (Gambar 7 a) pada wilayah dalam teluk yang terdiri dari wilayah atas dan tengah teluk memiliki nilai yang lebih tinggi, dengan rentang nilai 0,65 m hingga 0,85 m pada wilayah atas dan wilayah tengah teluk dengan nilai elevasi 0,45 m hingga 0,60 m sedangkan pada wilayah mulut teluk hingga terluar teluk memiliki nilai yang lebih rendah dengan nilai elevasi antara 0,25 m hingga 0,40 m.

Hal tersebut diperkuat oleh pendapat Hadi dan Radjawane (2009), dimana pergerakan arus pasut yang memasuki wilayah teluk, terjadi ketika elevasi memiliki nilai yang lebih tinggi pada wilayah perairan terluar teluk daripada wilayah terdalam teluk, sedangkan arus

yang bergerak keluar menjauhi wilayah teluk, terjadi ketika elevasi memiliki nilai yang lebih tinggi pada wilayah terdalam teluk dibandingkan wilayah terluar teluk.

Perbedaan nilai elevasi tersebut, akan berpengaruh terhadap pergerakan massa air (Gambar 7 b) dimana, pada saat menuju surut ini vektor arus bergerak keluar teluk ke arah Selatan kemudian berbelok ke arah Tenggara saat surut mengikuti morfologi teluk tersebut, dengan nilai kecepatan arus tercepat pada wilayah atas teluk yaitu sebesar 4,4 m/s hingga 6 m/s, sedangkan pada wilayah tengah teluk, mulut teluk hingga wilayah terluar teluk memiliki kecepatan arus 0,4 m/s hingga 1,6 m/s.

#### Pada Saat Surut Terendah

Berbeda halnya pada saat surut terendah (Gambar 8 b) tersebut akan terjadi pengurangan nilai kecepatan arus dengan nilai mendekati 0, yakni dengan

besaran nilai kecepatan arus antara 0,05 m/s hingga 0,75 m/s. Pada wilayah perairan tengah teluk, mulut teluk hingga terluar teluk memiliki kecepatan arus yang cenderung lebih tenang dengan kisaran 0,20 m/s hingga 0,25 m/s, sedangkan pada wilayah atas teluk memiliki nilai kecepatan arus tercepat mencapai 0,75 m/s dengan rentang nilai 0,30 m/s hingga 0,75 m/s. Nilai elevasi muka air (Gambar 8 a) memiliki nilai elevasi yang berfluktuatif, pada wilayah mulut hingga terluar teluk dengan nilai sebesar -1,110 m hingga -1,065 m, pada wilayah tengah teluk memiliki elevasi sebesar -1,155 m hingga -1,110 m dan pada wilayah atas teluk memiliki elevasi dengan rentang nilai -1,170 m hingga -1,095 m.

Pada saat surut terendah akan terjadi dimana elevasi mencapai titik minimum sehingga menyebabkan penurunan laju kecepatan arus yang relatif 0. Sebagaimana hal tersebut diperkuat oleh Poerbandono dan Djunasjah (2005) bahwa *slack waters* terjadi ketika elevasi muka air mencapai titik tertinggi (HW/*High Waterlevel*) dan air terendah (LW/*Low Waterlevel*) sehingga kecepatan arus pasut memiliki nilai efektif 0, dimana pada saat tersebut akan terjadi perubahan arah dan kecepatan arus maksimum pada saat kondisi pasang tertinggi dan kecepatan arus minimum pada saat surut terendah.

#### **Pada Saat Surut Menuju Pasang**

Elevasi muka air pada saat surut menuju pasang (Gambar 9 a) memperlihatkan bahwa elevasi tertinggi terjadi pada wilayah terluar perairan teluk dengan kisaran nilai -0,40 m hingga -0,32 m dibandingkan pada wilayah di dalam teluk yang memiliki elevasi lebih rendah dengan kisaran nilai antara -0,60 m hingga -0,42 m. Kemudian, hal itu diikuti

juga oleh pergerakan vektor arus yang bergerak masuk ke arah Tenggara menuju Utara kemudian berbelok ke Barat Laut mengikuti morfologi teluk dengan kecepatan arus tercepat (Gambar 9 b) berada pada wilayah perairan atas teluk dengan nilai sebesar 0,88 m/s hingga 1,20 m/s, kemudian pada wilayah tengah teluk, mulut teluk hingga wilayah terluarnya memiliki kecepatan arus yang lebih tenang dengan kisaran nilai 0,08 m/s hingga 0,32 m/s.

Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Yanthi, dkk (2016) bahwa simulasi model hidrodinamika arus menunjukkan bahwa, pada saat pasang arah arus bergerak dari Selatan menuju Utara kemudian berbelok ke arah Barat Laut. Kemudian, saat surut bergerak dari arah Utara menuju ke arah Selatan kemudian berbelok ke arah Tenggara mendekati pantai.

#### **Pada Saat Pasang Tertinggi**

Pada saat pasang tertinggi, elevasi muka air (Gambar 10 a) mencapai puncak tertingginya, pada wilayah atas memiliki nilai dengan rentang sebesar 1,248 m hingga 1,280 m, pada wilayah mulut sampai terluarnya memiliki nilai dengan rentang 1,168 m hingga 1,240 m. Pada saat elevasi muka air mencapai puncak tertinggi, maka akan terjadi kecepatan arus minimum atau relatif Nol. Kecepatan arus (Gambar 10 b) pada wilayah atas teluk memiliki kecepatan arus tercepat dengan rentang nilai 0,32 m/s hingga 0,48 m/s, pada wilayah tengah teluk, mulut teluk hingga terluarnya memiliki kondisi arus yang cukup tenang dengan kecepatan arus yang mendekati 0 yaitu 0,04 m/s hingga 0,20 m/s. Arah vektor arus tersebut bergerak keluar ke arah selatan kemudian berbelok menuju tenggara dan sebagian terjadi pembelokan arah arus yang bergerak ke

arah barat daya memasuki wilayah perairan teluk. Hal tersebut diperkuat oleh Permadi *et al* (2015) dalam Sarmada (2018) bahwa terjadi pembelokan arah arus pada setiap kondisi tersebut setelah arus pasut mencapai minimum ataupun maksimum.

Pada sebagian wilayah teluk tersebut terdapat kontur yang membentuk lingkaran dengan nilai kecepatan arus 0,12 m/s hingga 0,28 m/s, kontur yang membentuk lingkaran tersebut merupakan pusaran arus yang terbentuk pada wilayah atas teluk, yang diakibatkan perubahan nilai kedalaman yang cukup signifikan, dari kedalaman belasan meter hingga mencapai kedalaman puluhan meter yaitu sekitar 56 meter.

Berikut disajikan tabulasi kecepatan arus model pada perwakilan masing-masing wilayah perairan (Tabel 2).

Tabel 2. Kecepatan Arus pada Masing-masing Wilayah Perairan

Wilayah Perairan		Kecepatan Arus (m/s)
Atas teluk	Maksimum	12,085
	Minimum	0,070
	Rata-rata	2,950
Tengah teluk	Maksimum	0,547
	Minimum	0,046
	Rata-rata	0,147
Mulut teluk	Maksimum	0,380
	Minimum	0,004
	Rata-rata	0,115
Luar teluk	Maksimum	0,328
	Minimum	0,019
	Rata-rata	0,165

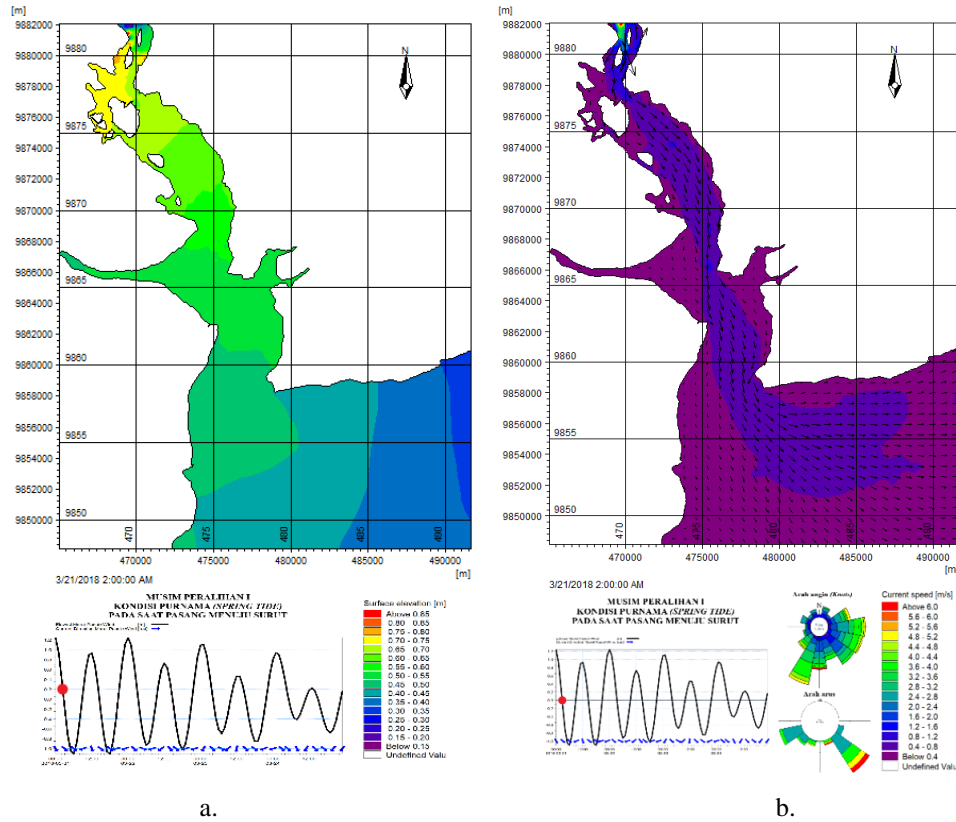
Kecepatan arus pada wilayah perairan atas teluk memiliki besaran nilai 0,070 m/s hingga mencapai 12,085 m/s dan kecepatan rata-rata sebesar 2,950 m/s. Kecepatan arus pada wilayah tersebut memiliki nilai tercepat disebabkan karena

terjadinya penyempitan pada penampang yang di lewati arus pada wilayah atas teluk perairan Teluk Balikpapan, sehingga dalam hal ini berlaku Persamaan Kontinuitas, dimana kecepatan berkurang ketika melewati penampang yang lebar dan akan terjadi penguatan nilai kecepatan arus melewati penampang yang sempit karena pengaruh penyempitan.

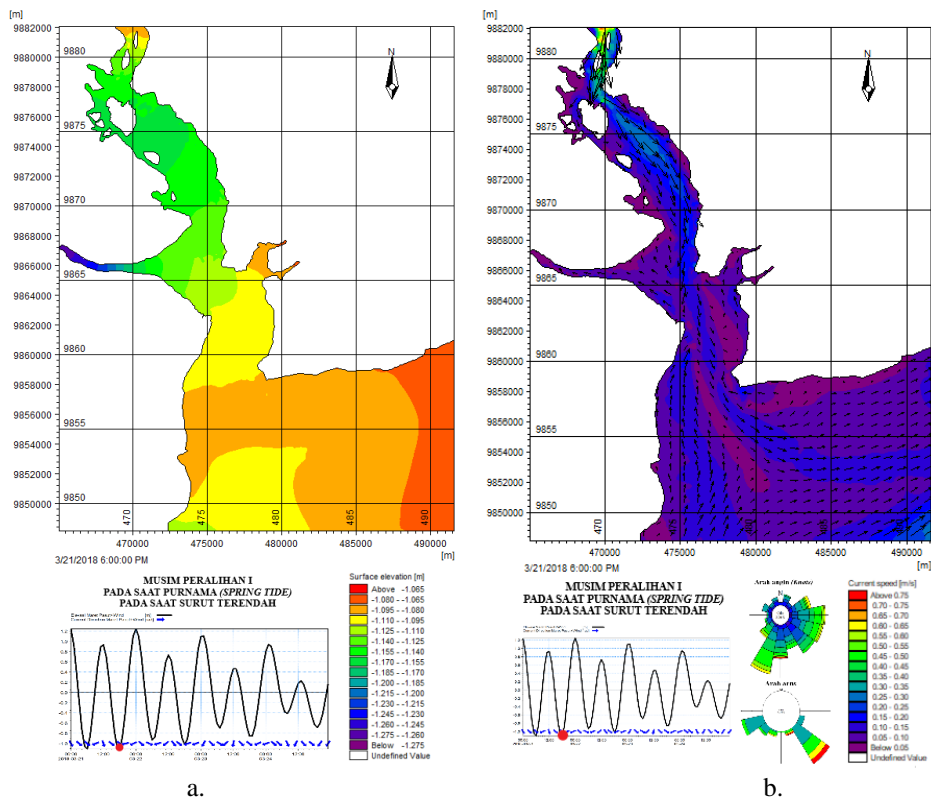
Hal tersebut diperkuat oleh hasil penelitian Budiman (2014) yang menyatakan bahwa, pada jalur teluk yang sempit memiliki kecepatan arus yang relatif besar hal tersebut diakibatkan karena sifat kontinuitas massa air, dimana perubahan massa dari fluida antara debit air yang keluar-masuk melewati suatu ruang pada jalur teluk, dikeluarkan dalam jumlah yang sama dengan kecepatan yang relatif lebih tinggi untuk menjaga keseimbangannya.

Kemudian, pada wilayah perairan tengah teluk memiliki nilai kecepatan arus sebesar 0,046 m/s hingga 0,547 m/s dengan kecepatan rata-ratanya 0,147 m/s. Pada wilayah mulut teluk memiliki kecepatan arus minimum sebesar 0,004 m/s dan kecepatan maksimum 0,380 m/s dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,115 m/s. Selanjutnya, pada wilayah luar teluk memiliki kecepatan arus dengan rata-rata sebesar 0,165 m/s, serta memiliki rentang nilai kecepatan arus antara 0,019 m/s hingga 0,328 m/s. Nilai kecepatan arus pada perairan tersebut memiliki kecepatan yang bervariasi, itu diakibatkan oleh perubahan batimetri, morfologi teluk, dan perubahan elevasi muka air laut sehingga berpengaruh terhadap pergerakan massa air.

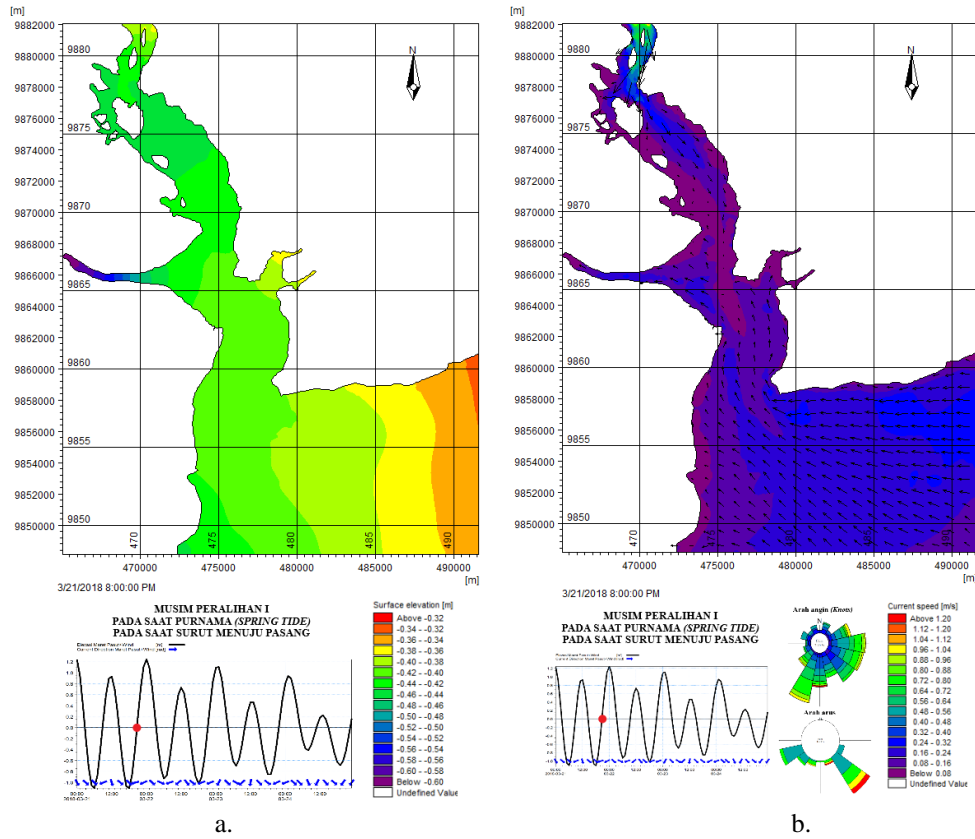




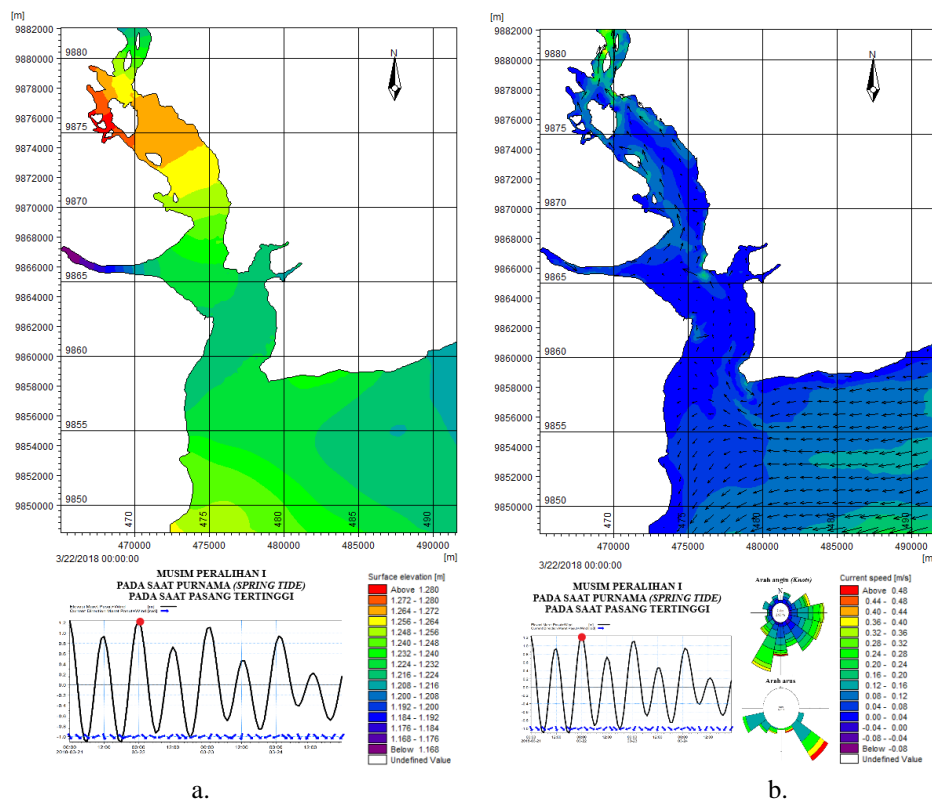
Gambar 7. Hasil Simulasi Elevasi dan Arus Pada Saat Menuju Surut



Gambar 8. Hasil Simulasi Elevasi dan Arus Pada Saat Surut Terendah



Gambar 9. Hasil Simulasi Elevasi dan Arus Pada Saat Surut Menuju Pasang



Gambar 10. Hasil Simulasi Elevasi dan Arus Pada Saat Pasang Tertinggi

## KESIMPULAN

Verifikasi antara hasil pengukuran lapangan dengan simulasi yang ditunjukkan dengan nilai *RMSE* memiliki kesesuaian data yang baik, yaitu untuk pasut memiliki nilai sebesar 0,06917. Kemudian, arus memiliki nilai komponen U sebesar 0,00277 dan komponen V sebesar 0,00824. Perbedaan elevasi dan kecepatan arus antara wilayah terdalam dan terluar teluk diakibatkan karena morfologi teluk yang berperan dalam proses perambatan energi pasut dan disamping itu karena perubahan batimetri. Kecepatan arus pada perairan Teluk Balikpapan lebih dominan dipengaruhi oleh energi pasut, pada saat pasang bergerak masuk ke arah Tenggara kemudian berbelok ke Barat Laut mengikuti morfologi teluk dan saat surut bergerak keluar teluk ke arah Selatan kemudian berbelok ke arah Tenggara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, Koropitan dan Nurjaya. 2014. *Pemodelan Hidrodinamika Arus Pasang Surut Teluk Mayalibit Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat*. Sekolah Pascasarjana Program Studi Ilmu Kelautan, FPIK, IPB. Bogor. *Depik*, 3(2): 146-156 Agustus 2014 ISSN 2089-7790
- Hadi, S., dan I. M. Radjawane. 2009. *Arus Laut*. ITB
- Hidayat, Alvin., dkk. 2016. *Pemetaan Batimetri dan Sedimen Dasar di Perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur*. *Jurnal oseanografi*. Vol.5, No.2, Tahun 2016, Hal. 191-201

- Poerbandono dan E. Djunasjah, 2005. *Survei Hidrografi*. PT. Refika Aditama. Bandung
- Rampengan, M. Royke. 2013. *Tanggung Air Pasang Surut dan Muka Laut Rata-Rata Di Perairan Sekitar Kota Bitung, Sulawesi Utara*. FPIK. Universitas Sam Ratulangi
- Roem, Muhamad., dkk. 2016. *Studi Parameter Oseanografi Fisik Perairan Pulau Derawan*. FPIK. Universitas Borneo Tarakan. Jurnal Harpodon Borneo Vol.9. No.2.
- Safitri., dkk. 2012. *Variasi Arus Arlindo dan Parameter Oseanografi di Laut Timur sebagai Indikasi Kejadian ENSO*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 4, No. 2, Hlm. 369-377
- Sarmada, I.F., dkk. 2018. *Pemodelan Pola Arus di Kawasan Pesisir Pantai Kawal Kabupaten Bintan*. Studi Ilmu Kelautan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang.
- Sulardi, Anom. 2016. *Karakteristik Massa Air Bersalinitas Rendah di Perairan Teluk Balikpapan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. FPIK. IPB. Bogor
- Yanthi.S., dkk. 2016. *Pemodelan Sebaran Tumpahan Minyak di Perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur*. Jurnal oseanografi. Vol. 5, No. 2, Th 2016, Hal. 270 – 276