



Studi laju sedimentasi teluk Balikpapan menggunakan model hidrodinamika
Study of sedimentation rate in Balikpapan bay using hydrodynamic model

Rima Gusriana Harahap¹, Destyariani Liana Putri*, Nurmawati*

^{1*}Institut Teknologi Kalimantan
rimagusrianahrp@lecturer.itk.ac.id

Diterima: 30 Maret 2021; Disetujui: 7 Desember 2021

ABSTRAK

Teluk Balikpapan telah menjadi area lalu lintas kapal yang cukup padat, salah satunya untuk proses pembangunan ibukota baru yang memanfaatkan keberadaan teluk untuk mobilisasi kebutuhan pembangunan. Penelitian ini menitikberatkan pada kajian terhadap laju sedimentasi yang terjadi di kawasan Teluk Balikpapan menggunakan perangkat lunak model hidrodinamika. Berdasarkan simulasi, diketahui pola arus pada saat menuju pasang memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibanding kondisi arus ketika menuju surut. Arus pasang mampu mencapai kecepatan 0,35 – 0,4 m/s, sedangkan saat menuju surut arus berkisar di angka 0,1 m/s. Pada simulasi selama 15 hari, didapatkan penambahan *bed thickness* perairan dari 0 meter menjadi 1 – 1,8 meter di sisi timur perairan.

Kata kunci : arus, pemodelan, sedimentasi

ABSTRACT

Teluk Balikpapan has become a fairly dense area for ship traffic, including for the construction of a new capital city that uses the bay to mobilize development needs. This research focuses on the study of the sedimentation rate that occurs in the Balikpapan Bay using Hydrodynamic Model software. Based on the simulation, it is known that the current pattern towards the tide has a higher speed than the current condition when it goes to the tide. Tide currents can reach speeds of 0.35 - 0.4 m / s, while at low tide, the current ranges from 0.1 m / s. In the simulation for 15 days, bed thickness increasing from 0 meters to 1 - 1.8 meters on the east side of the water.

Keywords : *current, modelling, sedimentation*

I. Pendahuluan

Teluk Balikpapan merupakan salah satu teluk dengan arus pelayaran terpadat di Kalimantan. Namun, potensi terjadinya sedimentasi di kawasan ini cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada pada tiga wilayah administrasi di antaranya Kota Balikpapan, Kabupaten Kutai Kertanegara, dan Kabupaten Penajam Paser Utara bermuara di Teluk Balikpapan. Kondisi ini ditambah dengan curah hujan tahunan yang relatif tinggi dan pola jaringan sungai yang berbentuk percabangan pohon (*dendritic pattern*). Pola tersebut bersifat cepat mengalirkan limpasan air sungai (CRMP, 2001).

Sedimentasi (pengendapan) adalah proses terangkut atau terbawanya sedimen oleh suatu limpasan/ aliran air yang diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan airnya melambat atau terhenti. Contohnya pada saluran sungai, waduk, danau, maupun kawasan tepi teluk dan laut. Proses sedimentasi dapat menyebabkan beberapa persoalan



seperti pendangkalan yang mengganggu alur pelayaran, banjir di kawasan pesisir, hingga masalah kekeruhan yang mengganggu kehidupan biota air (Arsyad, 1989).

Seiring pemindahan lokasi ibukota baru ke Kalimantan Timur, maka arus pelayaran di Teluk Balikpapan menjadi semakin padat. Sama halnya dengan aktivitas pembangunan di sekitar DAS yang turut meningkat. Pengembangan dilakukan terhadap pelabuhan yang telah ada ataupun penambahan dermaga pada titik tertentu, di mana sedimentasi menjadi salah satu faktor penting yang diperhatikan dalam pembangunan. Sebagai bahan acuan pengembangan alur pelayaran maka perlu dilakukan kajian terhadap laju sedimentasi yang terjadi di kawasan Teluk Balikpapan.

Kajian sedimentasi dilakukan melalui simulasi pemodelan hidrodinamika dan *mud transport* di Teluk Balikpapan. Pemodelan merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk menghitung laju sedimentasi di suatu perairan. Penggunaan pemodelan dapat menghemat biaya, efisien, serta mudah dikreasikan dengan berbagai skenario perbandingan yang dibutuhkan (Sidauruk, 2015). Sebuah sistem model numerik pada modul hidrodinamika mampu mensimulasikan level muka air dan alirannya dengan berbagai fungsi gaya di estuari, danau, dan area pantai. Modul ini juga mensimulasi aliran 2 dimensi *unsteady* pada layar fluida yang telah diaplikasikan dengan berbagai densitas yang berbeda, batimetri, dan gaya-gaya eksternal (DHI, 2011).

II. Metode Penelitian

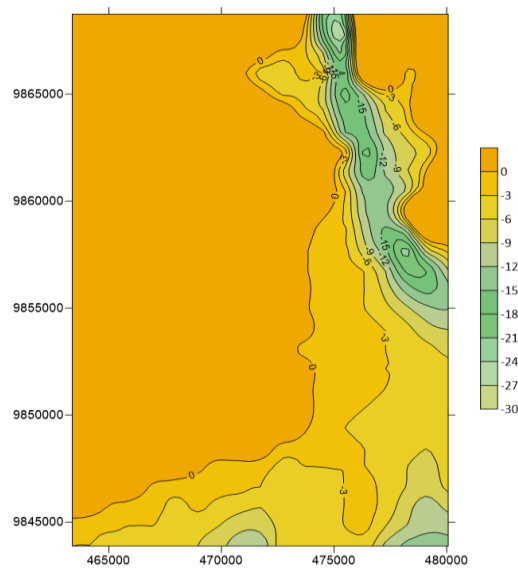
a. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer (arus dan sedimen) dan data sekunder (batimetri, arus, angin, dan pasang surut).

- **Batimetri**

Data batimetri diperoleh dari global BODC (*British Oceanographic Data Centre*) menggunakan *General Bathymetric Chart of the Oceans* yang tersedia di laman <https://download.gebco.net/>. Selanjutnya data diolah menggunakan perangkat lunak *Surfer 13* dan divalidasi dengan Peta Alur dan Pelabuhan Balikpapan No. 157 dari Dishidros TNI AL, hingga menghasilkan visual kerapatan kontur interval 3-30 meter.

Kedalaman terbesar berada pada daerah tengah Teluk Balikpapan dengan pola garis kontur yang semakin rapat dan menjorok hingga 30 meter. Morfologi permukaan dasar laut dominan berbentuk gelombang dan cekungan yang menjorok di tengah. Kawasan ini merupakan alur pelayaran yang ditandai dengan pemasangan beberapa *buoy* sebagai jalur navigasi (Hidayat *et al*, 2016).



Gambar 2. Tampilan Kontur Teluk Balikpapan dengan Interval 3 meter
(Sumber : *Surfer 13*)

- **Data Arus**

Pengamatan aliran arus sangat penting dalam menentukan pola pergerakan arus dari waktu ke waktu. Laju arus dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya energi yang bekerja di dasar perairan untuk memindahkan sedimen dari satu tempat ke tempat lain. Pergerakan sedimen umumnya dapat menimbulkan erosi (abrasi) di satu sisi atau pengendapan di sisi lainnya. (Priherdika, 2014).

Data arus yang digunakan terdiri atas data sekunder dari Pushidrosal (2018) dan pengukuran langsung di lapangan pada Juli 2020 menggunakan peralatan *float tracking*. Pergerakan pelampung (*float tracking*) dicatat setiap 15 menit sekali untuk memprediksi kecepatan dan pola arus yang terjadi. Berdasarkan data arus dari Pushidrosal, didapatkan kecepatan rata-rata arus sebesar 0,13 m/s. Sedangkan dari hasil pengukuran langsung, diketahui bahwa kecepatan arus di Teluk Balikpapan bervariasi mulai 0,19-0,44 m/s. Kecepatan ini menandakan perairan adalah lokasi yang tenang meski data diambil saat masa peralihan aktivitas pasang surut.

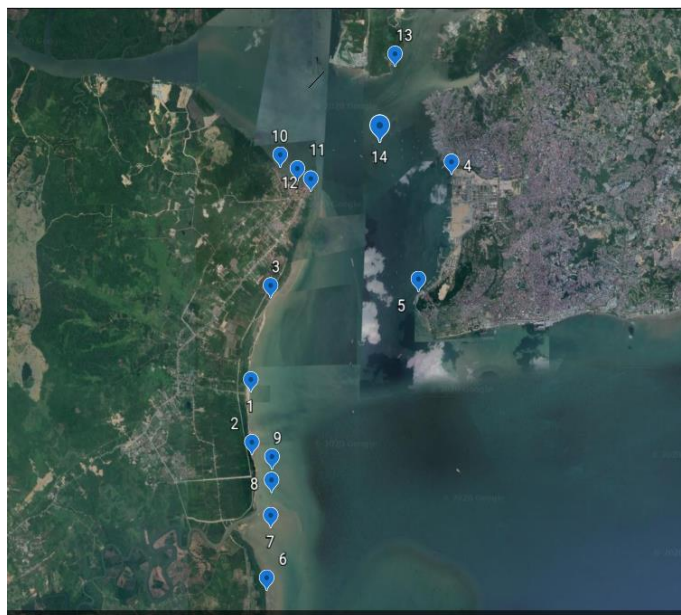
- **Data Pasang Surut**

Data pasang surut yang digunakan yakni data pasut selama satu bulan (1-31 Juli, 2020), diperoleh dari *tides.big.go.id* pada koordinat -1,2471 LS dan 116,7953 BT (perairan Teluk Balikpapan). Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai tunggang pasut di perairan Teluk Balikpapan sebesar 2,345 meter. Angka ini sesuai dengan kriteria perairan Indonesia yang memiliki tunggang pasut pada kisaran 1 sampai dengan 6 meter. Rekaman data fluktuasi pasang surut yang didapatkan mengilustrasikan bahwa perairan Teluk Balikpapan memiliki pasang surut tipe campuran condong harian

ganda (*mixed mainly semidiurnal tides*). Artinya, perairan ini mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari dan sesekali terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari.

- ***Pengumpulan Sampel Sedimen***

Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui bahwa kondisi sedimen di Teluk Balikpapan sangat dipengaruhi oleh arus dari Selat Makassar (Mandang, 2017). Di samping itu, Teluk Balikpapan yang juga merupakan area muara sungai menjadikan lokasi ini memiliki orbital arus yang besar dari Selat Makassar dan muara sungai, sehingga persebaran sedimen terjadi hampir di sepanjang teluk. Sampel sedimen diambil dari 14 lokasi yang tersebar di sekitar Kelurahan Penajam, Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kelurahan Kariangau, Kota Balikpapan. Pengumpulan sampel sedimen dilakukan selama 5 hari pada 17-19 Juni 2020 untuk sisi Penajam dan 22-23 Juni 2020 untuk sisi Kariangau. 14 titik yang menjadi lokasi pengambilan sampel tertera pada gambar berikut.



Gambar 3. Titik Pengambilan Sampel Sedimen

b. Pengolahan Sampel Sedimen

- ***Analisis Butiran***

Analisis butiran dilakukan melalui uji tapis (ayakan) untuk mengklasifikasikan sampel berdasarkan ukuran butiran. Uji tapis mengikuti standar ASTM yang menggunakan nomor saringan 4-200 dengan ukuran lubang 4,750 mm- 0,075 mm.

Besar ukuran butiran dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme pengangkutan dan pengendapan sedimen di suatu kawasan (Korwa *et al*,

2013). Perbedaan butir ini merujuk pada asal sumber sedimen. Ukuran butir sedimen cenderung semakin halus jika berada di sekitar muara sungai atau kawasan mangrove. Sebaliknya, ukuran butir akan lebih kasar jika jauh dari muara dan berhadapan dengan laut lepas (Wisnu *et al*, 2018)

Berdasarkan 14 titik pengambilan sampel, dilakukan pengujian saringan untuk mengetahui komposisi sedimen berdasarkan besar butiran. Dari berat terbesar yang tertahan kemudian dianalisis lebih lanjut berdasarkan nilai diameter butiran. Rangkuman berat tertahan terbanyak dan diameter butiran sampel sedimen terlampir di Tabel 1.

Berdasarkan klasifikasi sedimen dari *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, diameter butir yang tertahan pada kisaran 0.18 – 0.42 mm termasuk kategori jenis pasir. Selanjutnya, data ukuran butiran menjadi input dalam pemodelan *mud transport module* untuk mengetahui pola sedimen yang terjadi.

Tabel 1 Klasifikasi Jenis Sedimen berdasar Ukuran Butiran

Sampel ke-	No Saringan	D (mm)	Tertahan Saringan Terbanyak (gram)	Total Berat Sampel	Tertahan Saringan Terbanyak (%)	Jenis Sedimen
1	No. 80	0.18	135.2	375.8	36%	Pasir
2	No. 80	0.18	502.5	564.6	89%	Pasir
3	No. 50	0.30	244.4	517.3	47%	Pasir
4	No. 80	0.18	282.7	432.9	65%	Pasir
5	No. 80	0.18	503.1	561.0	90%	Pasir
6	No. 80	0.18	457.6	565.6	81%	Pasir
7	No. 80	0.18	126.3	259.5	49%	Pasir
8	No. 30	0.42	123.4	296.9	42%	Pasir
9	No. 80	0.18	333.2	511.9	65%	Pasir
10	No. 30	0.42	76.2	150.5	51%	Pasir
11	No. 80	0.18	110.4	293.3	38%	Pasir
12	No. 100	0.15	64.3	216.9	30%	Pasir
13	No. 80	0.18	427.3	502.9	85%	Pasir
14	No. 50	0.30	68.3	170.5	40%	Pasir

c. Pemodelan Pola Arus dan Sedimentasi

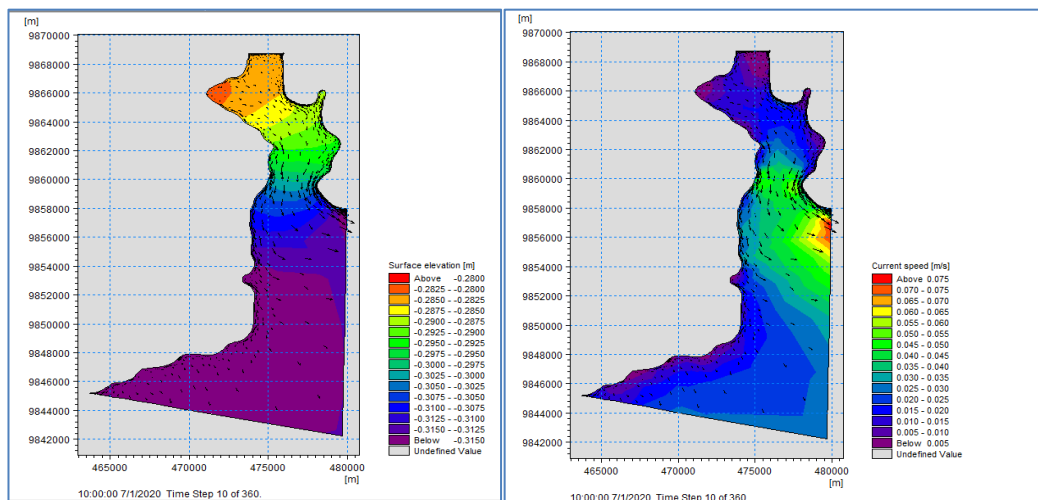
Data yang sudah didapatkan selanjutnya menjadi data input pada pemodelan pola arus dan sedimentasi. Sebelum melakukan simulasi pada model, terlebih dahulu dibuat daerah pemodelan dengan *meshing* atau kerapatan pada area penelitian. Pemodelan yang digunakan terdiri atas pemodelan hidrodinamika

untuk mensimulasi pola arus dan pemodelan *mud transport* untuk simulasi sedimentasi. Laju sedimentasi dihitung dengan rumus Stokes yang bergantung pada densitas massa sedimen, viskositas air, dan ukuran serta bentuk partikel sedimen. Pada sedimen terkonsolidasi laju pengendapan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti konsentrasi sedimen, salinitas, dan ukuran butir sedimen (DHI, 2011).

III. Hasil dan Pembahasan

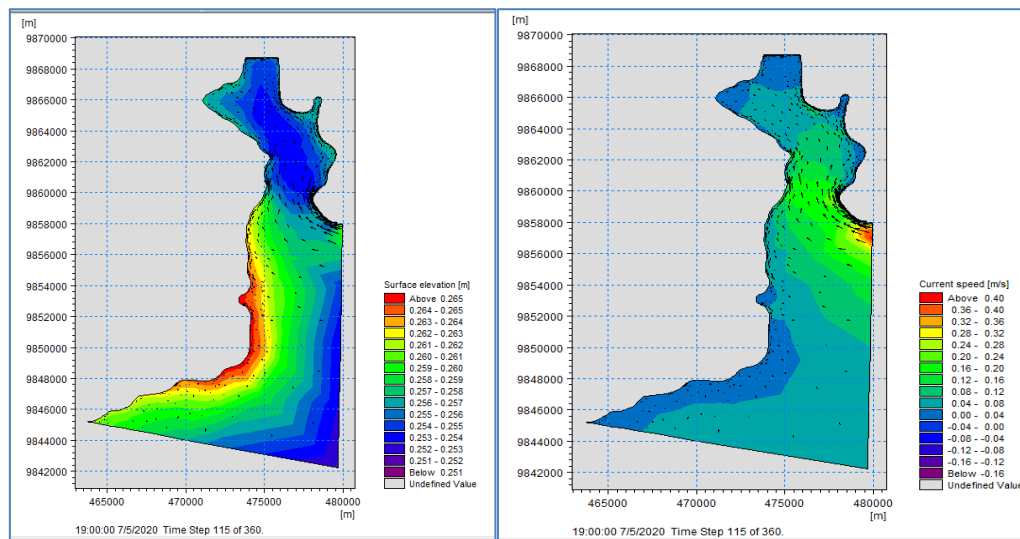
a. Pola Arus

Pemodelan pola arus dilakukan dalam rentang waktu 15 hari mulai 1 Juli 2020 pukul 00.00 hingga 16 Juli 2020 pukul 00.00, dengan jumlah *time step* sebanyak 360 dan durasi 3600 detik per *time step*. Hasil analisis terhadap pola arus yang terjadi serta perbandingan antara kecepatan arus (m/s) dan elevasi permukaan (m) disajikan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Elevasi Permukaan (kiri) dan Kecepatan Arus (kanan) saat Menuju Surut

Berdasarkan pemodelan terhadap arus saat pasang surut, diketahui pola arus pada saat menuju surut memiliki kecepatan yang lebih kecil dibanding kondisi arus ketika menuju pasang. Arus bergerak dari arah utara menuju ke selatan, namun terlihat arah arus dibelokkan ke tenggara. Perubahan arah arus bisa saja terjadi karena adanya pengaruh morfologi pantai (Leksono *et al*, 2013). Saat menuju surut (Gambar 4), kecepatan arus bervariasi namun masih di bawah 0,1 m/s.



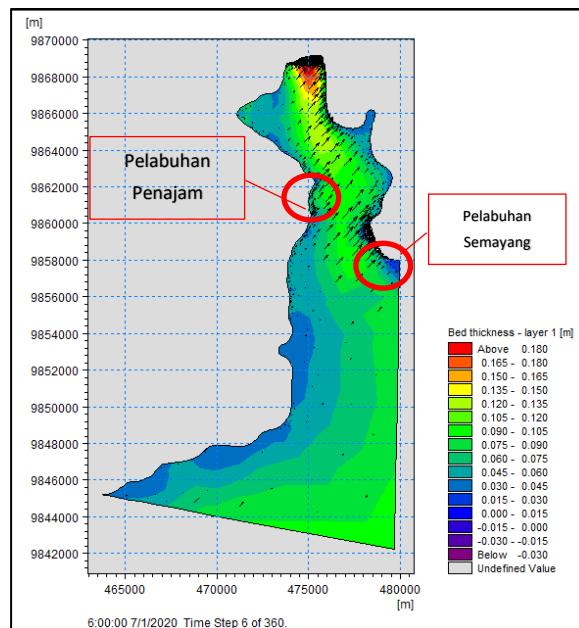
Gambar 5. Elevasi Permukaan (kiri) dan Kecepatan Arus (kanan) saat Menuju Pasang

Berbeda dengan saat menuju pasang (Gambar 5), kecepatan arus mampu mencapai 0,35-0,4 m/s. Arus yang paling kuat dirasakan berada di sekitar Pelabuhan Semayang, Balikpapan, dimana lokasi ini memiliki kedalaman yang cukup besar dan kerapatan kontur yang tinggi. Lokasi ini rawan terjadi benturan arus dan turbulensi yang mengakibatkan arus menyebar ke banyak arah dan memiliki kecepatan tinggi.

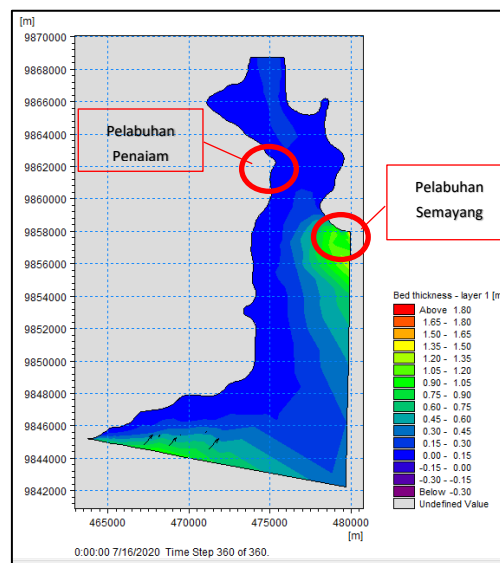
b. Sedimentasi

Pemodelan dilakukan dengan simulasi *mud transport* pada 2 lokasi yakni Pelabuhan Ferry Penajam dan Pelabuhan Semayang Balikpapan. Perubahan *bed thickness* (Gambar 6-7) terlihat cukup signifikan terutama di bagian Pelabuhan Semayang, Balikpapan. Pada simulasi selama 15 hari, didapatkan penambahan ketebalan dasar perairan mulai 0 meter pada *time step 1* (awal) menjadi 1 – 1,8 meter di sisi timur perairan pada *time step 360* (akhir). Lokasi ini juga memiliki kecepatan arus paling besar jika dilihat dari pemodelan sebelumnya. Ditinjau dari posisi Teluk Balikpapan yang merupakan muara dari beberapa sungai, di antaranya Sungai Semoi, Sungai Riko, dan Sungai Wein, partikel sedimen dapat menyebar hampir di seluruh wilayah teluk (Soeyanto, 2018). Menurut Hidayat (2016), pendangkalan di sekitar muara sungai di Teluk Balikpapan didominasi oleh kondisi pasang surut. Air laut yang terakumulasi dengan air dari sungai-sungai di hulu akan mengalir dalam jangka waktu tertentu dan memungkinkan terbentuknya sedimen di sepanjang Teluk Balikpapan. Berdasarkan pemodelan yang dilakukan, kawasan Pelabuhan Semayang memiliki peluang lebih tinggi untuk terjadi sedimentasi dibanding bagian Penajam. Hal ini disebabkan adanya penumpukan sedimen yang terperangkap di cekungan-cekungan yang cukup dalam di sekitar lokasi pelabuhan dan turbulensi arus yang menjadikan partikel melayang sehingga akhirnya menetap dan mengendap. Sementara untuk sisi Penajam, tidak

terdapat penambahan signifikan terhadap dasar perairan dan dimungkinkan justru mengalami proses erosi di beberapa bagian pesisirnya.



Gambar 6. *Bed Thickness Change* pada *Time Step 1*



Gambar 7. *Bed Thickness Change* pada *Time Step 360*

Hasil pada penelitian ini sesuai dengan pola persebaran sedimen pada Musim Barat (Januari – Juli), di mana angin dominan berasal dari Barat Laut dengan rentang kecepatan $\geq 2,5-4,0$ m/s (Suciaty, 2019). Pasang surut dan kecepatan arus yang lebih besar terjadi pada musim ini. Hal ini mengakibatkan kondisi sedimen cenderung melebar (tersebar ke sepanjang pantai) dan memiliki jarak yang jauh. Hal ini juga sesuai dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini (Gambar 7).



IV. Kesimpulan

Pemodelan pola arus dan sedimentasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak yang mensimulasi modul hidrodinamika dan modul *mud transport* dalam rentang waktu 15 hari mulai 1 -16 Juli 2020, dengan 360 *time step* dan interval 3600 detik setiap *time step*. Berdasarkan pemodelan, diketahui pola arus pada saat menuju pasang memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibanding kondisi arus ketika menuju surut. Arus pasang mampu mencapai kecepatan 0,35 – 0,4 m/s sedangkan saat menuju surut, arus hanya berkisar di angka 0,1 m/s. Perubahan *bed thickness* terlihat cukup signifikan di bagian Pelabuhan Semayang, Balikpapan, dibanding bagian Pelabuhan Penajam. Pada simulasi selama 15 hari, didapatkan penambahan *bed thickness* mulai 0 meter pada *time step* 1 (awal) menjadi 1 – 1,8 meter di sisi timur perairan pada *time step* 360 (akhir).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada setiap penulis yang terlibat dan menjadi referensi dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada Tim Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITK atas kesempatan yang diberikan. Masukan yang membangun sangat diharapkan oleh penulis untuk menyempurnakan penelitian-penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

- Arsyad, S., 1989. Konservasi Tanah dan Air. Penerbit IPB (IPB Press), Bogor.
- CRMP., 2001. Kajian Erosi dan Sedimentasi di DAS Teluk Balikpapan Kalimantan Timur. Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi CRMP, Jakarta.
- Danish Hydraulic Institute (DHI) Software., 2011. MIKE21 & MIKE3 Flow Model FM Hydrodynamic and Transport Module Scientific Background. DHI Waters & Enviroment, Horsholm: Denmark.
- Gemilang, Wisnu A., Ulung J. Wisha, Guntur A. Rahmawan & Ruzana Dhiauddin., 2018. Karakteristik Sebaran Sedimen Pantai Utara Jawa Studi Kasus: Kecamatan Brebes Jawa Tengah. Jurnal Kelautan Nasional 13(2): 65-74.
- Hidayat, Alvin., Agus Anugroho Dwi S, Dwi Haryo Ismunarti., 2016. Pemetaan Batimetri Dan Sedimen Dasar di Perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur. Jurnal Oseanografi 5(2): 191 - 201
- Leksono, A., Atmodjo, W., & Maslukah, L., 2013. Studi Arus Laut Pada Musim Barat di Perairan Pantai Kota Cirebon. Journal of Oceanography, 2(3): 206-213.
- Korwa J. I. S., Opa, E. T., Djamaludin, R. ,2013. Karakteristik Sedimen Litoral di Pantai Sindualang Satu. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis 1(1): 48-58.
- Mandang, Idris & Ashadi A. Nur., 2017. A Numerical Simulation of Wave and Sediment Transport in The Balikpapan Bay, East Kalimantan, Indonesia. The 6th International Conference on Theoretical and Applied Physics (The 6th ICTAP). AIP Conf. Proc. 1801, 070002-1–070002-8; doi: 10.1063/1.4973112.
- Priherdika, Genda., Alfi Satriadi, Heryoso Setiyono., 2014. Studi Arus dan Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Teluk Ujungbatu Kabupaten Jepara. Jurnal Oseanografi 3(3): 401–410
- Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI AL., 2018. *Informasi Pelabuhan Indonesia Edisi VII*. Jakarta.



- Sidauruk, Pinaro., Denny Nugroho Sugianto, Aris Ismanto., 2015. Analisis Sebaran Sedimen Dasar Akibat Pengaruh Arus Sejajar Pantai (*Longshore Current*) di Perairan Makassar. *Jurnal Oseanografi* 4(3): 563 - 569
- Soeyanto, 2018. Dinamika Proses Sedimentasi di Perairan Muara Sungai Riko, Teluk Balikpapan. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 3(1): 63-72.
- Suciaty, Fitri., Putri Kemili, & Tommy Harkey., 2019. Studi Distribusi Partikel Sedimen Tersuspensi di Teluk Balikpapan dengan Menggunakan Pemodelan Dispersal. *Jurnal Rekayasa Hijau* 3(3): 193-204.