



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RM184831

**OPTIMASI PENGGUNAAN *SEDIMENT TRAP* PADA  
ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA  
MENGUNAKAN PEMODELAN TRANSPOR SEDIMEN  
(STUDI KASUS: ALUR PELAYARAN BARAT  
SURABAYA, JAWA TIMUR)**

MUHAMMAD RINALDI FAUZAN AZIZ  
NRP 0331154000014

Dosen Pembimbing  
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - RM184831**

**OPTIMASI PENGGUNAAN *SEDIMENT TRAP* PADA  
ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA  
MENGUNAKAN PEMODELAN TRANSPOR SEDIMEN  
(STUDI KASUS: ALUR PELAYARAN BARAT  
SURABAYA, JAWA TIMUR)**

MUHAMMAD RINALDI FAUZAN AZIZ  
NRP 0331154000014

Dosen Pembimbing  
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

***“ Halaman ini sengaja dikosongkan “***



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL ASSIGNMENT - RM184831**

**OPTIMIZATION THE USE OF *SEDIMENT TRAPS* IN  
WEST SURABAYA SHIPPING CHANNEL USING  
SEDIMENT TRANSPORT MODELING  
(CASE STUDY: WEST SHIPPING CHANNEL OF  
SURABAYA, EAST JAVA)**

**MUHAMMAD RINALDI FAUZAN AZIZ**  
NRP 0331154000014

Supervisor  
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT**  
Faculty of Civil, Environment and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

***“ Halaman ini sengaja dikosongkan “***

**OPTIMASI PENGGUNAAN *SEDIMENT TRAP* PADA  
ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA  
MENGUNAKAN PEMODELAN TRANSPOR SEDIMEN  
(Studi Kasus: Alur Pelayaran Barat Surabaya, Jawa Timur)**

Nama Mahasiswa : Muhammad Rinaldi Fauzan Aziz  
NRP : 0331154000014  
Departemen : Teknik Geomatika FTSLK-ITS  
Dosen Pembimbing : Danar Guruh Pratomo S.T., M.T., Ph.D.

***Abstrak***

*Pelabuhan Tanjung Perak merupakan salah satu pelabuhan terbesar di Indonesia. Merupakan pelabuhan yang cukup strategis baik itu menuju, atau dari wilayah timur Indonesia bagi perkembangan ekonomi dan transportasi laut. Karena hal tersebut, diperlukan penanganan dan monitoring bagi alur pelayaran agar lalu lintas kapal yang menuju dan dari Pelabuhan Tanjung Perak tidak terganggu dan tetap stabil. Lokasi penelitian ini berada pada wilayah Alur Pelayaran Barat Surabaya, Jawa Timur dengan 3 kondisi berbeda yaitu Pre-Survey, Post-Survey kondisi 1 yang memiliki sediment trap dan Post-Survey kondisi 2 yang tidak memiliki sediment trap.*

*Penelitian ini menggunakan pemodelan 3D untuk melihat aktifitas hidrodinamika yang terjadi dan mempengaruhi perairan tersebut. Hasil dari pemodelan ini adalah pola arus, yang akan mempengaruhi pola sebaran sedimen pada area Alur Pelayaran Barat Surabaya. Model 3D dibentuk berdasarkan input parameter berupa pasang surut, debit sungai, dan angin yang ada di daerah penelitian.*

*Pasang surut yang dimodelkan pada Pre-Survey memiliki nilai RMSE dan MAE sebesar 0,0307 meter dan 0,0244 meter. Post-Survey kondisi 1 memiliki nilai sebesar 0,0336 meter dan 0,0276 meter. Post-Survey kondisi 2 memiliki nilai sebesar 0,0563 meter dan 0,0289 meter. Serta arus pada Pre-Survey sebesar 0,3*

*m/s, pada Post-Survey kondisi 1 sebesar 0,2 m/s, dan pada Post-Survey kondisi 2 sebesar 0,4 m/s.*

*Pola sebaran sedimen yang terbentuk dapat dilihat dari adanya perbedaan antara Post-Survey kondisi 1 dan kondisi 2 dimulai dari awal pemodelan hingga akhir pemodelan. Pada area alur pelayaran memiliki nilai yang dominan hampir sama dimulai dari -0,005 meter hingga 0,0175 meter. Nilai penambahan maksimal yang dimiliki oleh kondisi 1 senilai 0,072 meter sedangkan pada kondisi 2 senilai 0,062 meter pada area sediment trap. Walaupun kondisi 1 memiliki nilai maksimal yang lebih besar dari kondisi 2, hal tersebut hanya terjadi di beberapa titik saja, dan dikarenakan pada kondisi 1 memiliki sediment trap sehingga kenaikan dasar laut lebih terpusat ke beberapa titik dan tidak tersebar seperti yang terjadi pada kondisi 2.*

***Kata Kunci: Alur Pelayaran, Arus, Pemodelan Hidrodinamika, Sediment Trap.***



**OPTIMIZATION THE USE OF SEDIMENT TRAPS IN  
WEST SURABAYA SHIPPING CHANNEL USING  
SEDIMENT TRANSPORT MODELING.  
(Case Study: West Shipping Channel of Surabaya, East Java)**

Name : Muhammad Rinaldi Fauzan Aziz  
NRP : 033115440000014  
Departement : Geomatics Engineering FTSLK-ITS  
Supervisor : Danar Guruh Pratomo S.T., M.T., Ph.D.

***Abstract***

*Tanjung Perak Port is one of the largest ports in Indonesia. It is a strategic port that either leads to, or from eastern Indonesia for economic development and sea transportation. Because of this, it is necessary to handle and monitor the shipping channel so that ship traffic to and from Tanjung Perak Port is not disturbed and remains stable. The location of this study is in the West Shipping Channel of Surabaya, East Java, with 3 different conditions namely Pre-Survey, Post-Survey condition 1 which has sediment traps and Post-Survey condition 2 that does not have sediment traps.*

*This research uses 3D modeling to see the hydrodynamic activities that occur and affect these waters. The results of this modeling are current patterns, which will affect the pattern of sediment distribution in the Surabaya West Shipping Channel. The 3D model is formed based on input parameters in the form of tides, river discharge, and wind in the research area.*

*The tide modeled on the Pre-Survey has a value of RMSE and MAE of 0.0307 meters and 0.0244 meters. Post-Survey condition 1 has a value of 0.0336 meters and 0.0276 meters. Post-Survey condition 2 has a value of 0.0563 meters and 0.0289 meters. The Pre-Survey current is 0.3 m / s, in Post-Survey condition 1 is 0.2 m / s, and Post-Survey condition 2 is 0.4 m / s.*

*The pattern of distribution of sediments formed can be seen from the difference between Post-Survey conditions 1 and*

*condition 2 starting from the beginning of modeling to the end of the modeling. In the shipping channel area, the dominant value is almost the same starting from -0.005 meters to 0.0175 meters. The maximum addition value owned by condition 1 is 0.072 meters while in condition 2 is 0.062 meters in the sediment trap area. Even though condition 1 has a maximum value greater than condition 2, it only occurs at a few points, and because in condition 1 it has a sediment trap so that the rise of the seabed is more concentrated to several points and not spread like what happened in condition 2.*

***Keywords: Shipping Channel, Flow, Hydrodynamic Modeling, Sediment Trap.***

## LEMBAR PENGESAHAN

### OPTIMASI PENGGUNAAN *SEDIMENT TRAP* PADA ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA MENGUNAKAN PEMODELAN TRANSPOR SEDIMEN (Studi Kasus: Alur Pelayaran Barat Surabaya, Jawa Timur)

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Muhammad Rinaldi Fauzan Aziz**  
NRP. 03311544000014

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Danar Guruh Pratomo S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19800507 200309 1 001



***“ Halaman ini sengaja dikosongkan “***

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga laporan penelitian yang berjudul **“Optimasi Penggunaan *Sediment Trap* Pada Alur Pelayaran Barat Surabaya Menggunakan Pemodelan Transpor Sedimen (Studi Kasus: Alur Pelayaran Barat Surabaya, Jawa Timur)”** ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga penulis, Bapak Nova Rusdiyanto, Ibu Rina Kirana, Bang Nico, Mbak Vika, dan Fadhil yang telah memberikan doa, restu dan segalanya demi kelancaran penelitian ini.
2. Bapak Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing dan dosen wali penulis.
4. PT. APBS (Alur Pelayaran Barat Surabaya), BIG (Badan Informasi Geospasial), ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) atas ketersediannya memberikan dan menyediakan data sebagai penunjang dalam pengerjaan penelitian ini.
5. Teman-teman Laboratorium Geomarin, yang telah membantu penulis dalam memberikan semangat dan bantuan hingga selesainya penelitian ini.
6. Teman-teman Teknik Geomatika ITS khususnya angkatan G17 yang memberi dukungan dalam pengerjaan penelitian.
7. Teman-teman “Griffin”, Wisnu, Akbar, Talitha, Ismail, Debby, Anggi, Arya, Ade, Annisa, Rizka, Tasya Vidi, Naufal, Sarah, Annissaa, Hazmi, Joshua, Rendy, Nadila, Ajeng, Dias, Vanny, Aul, Aghi Tasya, Rizky, Ikib, Wildan,

Sasri, Ganis, Afhit, Ubay, Yanka, yang memberi semangat kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.

8. Teman-teman “PacSim”, Vibi, Alfat, Annisa, Rizka, Tifana, Tiara dan Nurul, yang sangat memberi semangat kepada penulis untuk segera menyelesaikan penelitian ini.
9. Imtiyaz Azzah Nugroho yang telah menemani dan memberikan dukungan selama perkuliahan dan selama pengerjaan penelitian dari awal hingga akhir.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis untuk menyempurnakan penelitian ini. Harapan penulis atas penelitian ini, semoga dapat memberikan manfaat untuk semua pihak dan dapat diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
<i>Abstrak</i> .....	vii
<i>Abstract</i> .....	ix
LEMBAR PENGESAHAN.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xx
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pasang Surut .....	5
2.2 Komponen Harmonik Pasang Surut.....	6
2.3 Arus .....	8
2.4 Arus Pasang Surut .....	10
2.5 Sedimentasi .....	11
2.6 Mekanisme Transpor Sedimen .....	12
2.7 Mesh.....	15
2.8 RMSE dan MAE.....	16
2.9 <i>Sediment Trap</i> .....	17
2.10 Pemodelan Hidrodinamika .....	18
2.10.1 Persamaan Kontinuitas.....	19
2.10.2 Persamaan Momentum.....	20
2.11 Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	25
3.1 Lokasi Penelitian .....	25
3.2 Data dan Peralatan .....	26
3.2.1 Data.....	26
3.2.2 Peralatan .....	27

3.3	Metodologi Penelitian.....	28
3.3.1	Tahap Persiapan.....	28
3.3.2	Tahap Pengolahan dan Analisis .....	29
3.3.3	Tahap Akhir .....	32
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA.....</b>		<b>33</b>
4.1	Bidang Model Domain (Mesh) .....	33
4.1.1	Pendefinisian Batas .....	33
4.1.2	Desain Model <i>Grid</i> .....	34
4.1.3	Model Domain .....	36
4.2	Waktu Simulasi Model .....	38
4.3	Pemodelan Arus.....	39
4.3.1	Data Angin.....	39
4.3.2	Data Debit Sungai .....	42
4.3.3	Analisis Pasang Surut .....	43
4.3.4	Analisis Model Arus .....	51
4.4	Pemodelan Pola Sebaran Sedimen .....	64
4.4.1	Parameter Pemodelan Sedimen .....	64
4.4.2	Analisis Pola Sebaran Sedimen.....	64
4.5	Analisa Dampak Sedimentasi Terhadap Alur .....	73
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>82</b>
5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran.....	82
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>85</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>88</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>96</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Pasang Surut .....	6
Gambar 2.2 Model Sedimentasi .....	12
Gambar 2.3 Mekanisme Angkut Sedimen .....	14
Gambar 2.4 Diagram Hjulstrom .....	15
Gambar 2.5 Perbedaan Bentuk Mesh .....	15
Gambar 2.6 Contoh Penampang <i>Sediment Trap</i> .....	18
Gambar 2.7 Perbandingan antara model 2D dan 3D.....	19
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Alur Pelayaran Barat Surabaya....	26
Gambar 3.2 Diagram Tahapan Penelitian.....	28
Gambar 3.3 Tahap Pengolahan Data .....	29
Gambar 4.1 Batas Garis Pantai dan Dermaga Hasil Digitasi .....	34
Gambar 4.2 Model <i>Grid</i> .....	35
Gambar 4.3 Titik Sebaran Data Kedalaman .....	36
Gambar 4.4 Hasil Interpolasi Kedalaman.....	37
Gambar 4.5 Grafik Kecepatan dan Arah Angin <i>Pre-Survey</i> .....	39
Gambar 4.6 Grafik Kecepatan dan Arah Angin <i>Post-Survey</i> .....	41
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Pasang Surut pada <i>Pre-Survey</i> terhadap MSL.....	44
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Pasang Surut pada <i>Post-Survey</i> Kondisi 1 terhadap MSL .....	47
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Pasang Surut pada <i>Post-Survey</i> Kondisi 1 terhadap MSL .....	49
Gambar 4.10 Pola Arus <i>Pre-Survey</i> Saat Pasang Purnama.....	52
Gambar 4.11 Pola Arus <i>Pre-Survey</i> Saat Surut Purnama .....	53
Gambar 4.12 Pola Arus <i>Pre-Survey</i> Saat Pasang Perbani.....	54
Gambar 4.13 Pola Arus <i>Pre-Survey</i> Saat Surut Perbani .....	55
Gambar 4.14 Pola Arus <i>Post-Survey</i> Kondisi 1 Saat Pasang Purnama .....	56
Gambar 4.15 Pola Arus <i>Post-Survey</i> Kondisi 1 Saat Surut Purnama .....	57
Gambar 4.16 Pola Arus <i>Post-Survey</i> Kondisi 1 Saat Pasang Perbani .....	58

Gambar 4.17 Pola Arus <i>Post-Survey</i> Kondisi 1 Saat Surut Purnama .....	59
Gambar 4.18 Pola Arus <i>Post-Survey</i> Kondisi 2 Saat Pasang Purnama .....	60
Gambar 4.19 Pola Arus <i>Post-Survey</i> Kondisi 2 Saat Surut Purnama .....	61
Gambar 4.20 Pola Arus <i>Post-Survey</i> Kondisi 2 Saat Pasang Perbani .....	62
Gambar 4.21 Pola Arus <i>Post-Survey</i> Kondisi 2 Saat Surut Perbani .....	63
Gambar 4.22 Pasang Purnama Perubahan Dasar Laut .....	65
Gambar 4.23 Surut Purnama Perubahan Dasar Laut .....	65
Gambar 4.24 Pasang Perbani Perubahan Dasar Laut .....	66
Gambar 4.25 Surut Perbani Perubahan Dasar Laut .....	66
Gambar 4.26 Pasang Purnama Perubahan Dasar Laut .....	68
Gambar 4.27 Surut Purnama Perubahan Dasar Laut .....	68
Gambar 4.28 Pasang Perbani Perubahan Dasar Laut .....	69
Gambar 4.29 Surut Perbani Perubahan Dasar Laut .....	69
Gambar 4.30 Pasang Purnama Perubahan Dasar Laut .....	71
Gambar 4.31 Surut Purnama Perubahan Dasar Laut .....	71
Gambar 4.32 Pasang Perbani Perubahan Dasar Laut .....	72
Gambar 4.33 Surut Perbani Perubahan Dasar Laut .....	72
Gambar 4.37 Perubahan Dasar Laut. Kiri: Kondisi 1, Kanan: Kondisi 2, (a) <i>Timestep</i> 120, (b) <i>Timestep</i> 540, dan (c) <i>Timestep</i> 958 .....	74
Gambar 4.38 Titik Sampel Perubahan Kedalaman (a) <i>Post-Survey</i> kondisi 1 dan (b) <i>Post-Survey</i> kondisi 2 .....	76
Gambar 4.39 Kondisi Keseluruhan Area Alur Pelayaran .....	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen Harmonik Pasang Surut yang Umum Digunakan .....	7
Tabel 2.2 Hubungan Besarnya Bilangan <i>Formzal</i> dengan Jenis Pasang Surut Air Laut .....	8
Tabel 2.3 Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Ukuran Partikelnya Menurut Skala Wentworth .....	12
Tabel 3.1 Koordinat Daerah Penelitian .....	25
Tabel 3.2 Klasifikasi Tingkat Kesalahan RMSE dan MAE .....	32
Tabel 4.1 Parameter Waktu Pemodelan <i>Pre-Survey</i> .....	38
Tabel 4.2 Parameter Waktu Pemodelan <i>Post-Survey</i> .....	38
Tabel 4.3 Pembagian Waktu Pemodelan <i>Pre-Survey</i> .....	38
Tabel 4.4 Pembagian Waktu Pemodelan <i>Post-Survey</i> .....	38
Tabel 4.5 Data Kecepatan dan Arah Angin <i>Pre-Survey</i> .....	40
Tabel 4.6 Data Kecepatan dan Arah Angin <i>Post-Survey</i> .....	41
Tabel 4.7 Debit Rata-rata Sungai di Sekitar Alur Perairan Surabaya Barat .....	42
Tabel 4.7 Data Pasang Surut <i>Pre-Survey</i> Alur Pelayaran Barat Surabaya Terhadap MSL dalam satuan meter .....	43
Tabel 4.8 Data Pasang Surut <i>Post-Survey</i> Kondisi 1 Alur Pelayaran Barat Surabaya Terhadap MSL dalam meter .....	45
Tabel 4.9 Data Pasang Surut <i>Post-Survey</i> Kondisi 2 Alur Pelayaran Barat Surabaya Terhadap MSL dalam meter .....	48
Tabel 4.10 <i>Spring Tide</i> dan <i>Neap Tide</i> Pemodelan .....	50

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data Pasang Surut Observasi Perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya Tanjung Perak Terhadap Nol Rambu 88	
Lampiran 2. Data Angin Per 3 Jam Perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya (ECMWF).....	91

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pelabuhan Tanjung Perak merupakan salah satu pelabuhan terbesar di Indonesia yang terdapat di wilayah Surabaya, Jawa Timur dan merupakan wilayah yang cukup strategis dalam bidang transportasi laut, baik itu menuju atau dari wilayah timur Indonesia. Pelabuhan Tanjung Perak ikut mendukung sarana dan prasarana bagi kelancaran angkutan laut dan darat, baik itu pelabuhan maupun alur pelayaran kapal tersebut. Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: KPP 455 Tahun 2016 Tentang Penetapan Alur Pelayaran, Sistem Rute, Tata Cara Berlalu Lintas dan Daerah Labuh Kapal Sesuai dengan Kepentingannya di Alur-Pelayaran Barat Surabaya (APBS), dijelaskan bahwa kedalaman minimal yang ditetapkan untuk alur baru adalah 13 meter dibawah muka air laut rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) dengan panjang alur-pelayaran 73,5 kilometer (km), sedangkan kedalaman minimal yang ditetapkan untuk alur lama atau percabangan adalah 8,4 meter dibawah muka air laut rata-rata dengan panjang alur-pelayaran 7,7 km. Berdasarkan hal tersebut, kapal dengan ukuran *draft* minimal 8,5 meter wajib melalui alur-pelayaran baru (Kementrian Perhubungan Republik Indonesia 2016).

Alur pelayaran harus aman dari pendangkalan kedalaman dikarenakan hal tersebut akan berakibat fatal mulai dari karamnya kapal karena tidak sesuai dengan *draft* kapal tersebut yang berakibat terganggunya alur transportasi kapal tersebut dan kapal lainnya sehingga segala aktifitas yang dilakukan dapat terhenti. Salah satu dari penyebab terjadinya pendangkalan pada alur pelayaran adalah adanya sedimentasi yang terjadi secara terus-menerus dan mengendap di suatu lokasi. Proses ini dapat menimbulkan permasalahan baik itu di pelabuhan maupun di alur pelayaran (Kurniawan dan Pradana 2016). Adanya sedimentasi dalam perairan tersebut akan mempengaruhi kondisi fisik dasar

perairan atau topografi dasar perairan tersebut. Transpor sedimen adalah perpindahan material sedimen dari tempat tertentu ke tempat lainnya baik berupa penambahan atau pengurangan material sedimen. Proses sedimentasi ini juga dipengaruhi oleh pasang surut dan arus laut. Pasang surut merupakan naik dan turunnya muka air laut dikarenakan gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi (Triatmodjo 1999), sedangkan arus adalah pergerakan massa air dari satu tempat ke tempat lainnya yang disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah pergerakan pasang surut. Sirkulasi dari arus dan pasang surut tersebut dapat membawa material sedimen yang terdapat pada perairan tersebut yang akhirnya mempengaruhi pola transpor sedimen.

Pada pengerukan Alur Pelayaran Barat Surabaya, PT APBS membuat *sediment trap* yang berfungsi sebagai daerah penahanan sementara yang memungkinkan endapan sedimen akan berkumpul di tempat tersebut sampai dilakukan pengerukan selanjutnya sesuai dengan aturan yang berlaku bagi PT APBS untuk mempertahankan kedalaman dan lebar alur pelayaran (IDEQ Storm Water Best Management Practices Catalog 2005). Karena hal tersebut, pengelolaan suatu pelabuhan memiliki kewajiban untuk melakukan perawatan alur pelayaran dengan melakukan pengerukan (*dredging*) secara rutin dan berkala. Pola transpor sedimen yang terjadi di alur-pelayaran tersebut dapat menjadi pertimbangan untuk perawatan kedalaman di lokasi tersebut.

Oleh karena hal-hal yang telah disebutkan, maka diperlukan kajian dan analisis optimasi penggunaan *sediment trap* pada Alur Pelayaran Barat Surabaya menggunakan simulasi dengan perangkat lunak pemodelan transpor sedimen yang dapat memvisualisasikan daerah tersebut untuk mengetahui pola transpor sedimen secara berkala sebagai pengawasan terhadap Alur Pelayaran Barat Surabaya. Data masukan yang digunakan berupa data pasang surut, batimetri, arah dan kecepatan angin, ukuran butiran sedimen, dan area alur pelayaran.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana pola sebaran sedimen yang terbentuk di Alur Pelayaran Barat Surabaya dan di dalam *sediment trap*?
- b. Bagaimana analisis keefektifan dari penggunaan *sediment trap* pada Alur Pelayaran Barat Surabaya?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berikut merupakan batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini:

- a. Wilayah daerah penelitian yaitu daerah Alur Pelayaran Barat Surabaya, Jawa Timur sesuai dengan KPP 455 Tahun 2016.
- b. Komponen data yang digunakan berupa data: (1) kecepatan dan arah angin, (2) pasang surut, (3) batimetri, (4) ukuran butiran sedimen, (5) peta laut area alur pelayaran, serta (6) peta RBI untuk daerah Alur Pelayaran Barat Surabaya.
- c. Menggunakan *software* pemodelan transpor sedimen untuk pemodelan sebaran sedimen.
- d. Validasi model dilakukan dengan membandingkan data pasang surut hasil observasi lapangan dengan hasil pemodelan yang menggunakan data BIG.
- e. Analisis sebaran sedimen, dampak distribusi sedimen pada *sediment trap*.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui dan menganalisa pola sebaran sedimen yang terbentuk di Alur Pelayaran Barat Surabaya.
- b. Menganalisis keefektifan penggunaan *sediment trap* pada Alur Pelayaran Barat Surabaya

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui cara melakukan pemodelan dan menganalisa hasil dari pemodelan yang terbentuk di area Alur Pelayaran Barat Surabaya.
- b. Dapat mengetahui hasil dari analisis keefektifan penggunaan *sediment trap* dan menjadi bahan pertimbangan untuk kedepannya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini, akan dibahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam mendukung penyusunan penelitian ini. Teori-teori yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### **2.1 Pasang Surut**

Pada pemodelan hidrodinamika, data pasang surut digunakan sebagai data *input* dan merupakan salah satu energi pembangkit arus. Pasang surut laut adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik karena adanya gaya tarik benda langit yaitu bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi (Triatmodjo 2010). Walaupun massa bulan lebih kecil dari matahari, dikarenakan jaraknya yang lebih dekat terhadap bumi, mengakibatkan pengaruh gaya tarik bulan menjadi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari.

Pasang surut air laut menyebabkan perubahan kedalaman perairan dan mengakibatkan arus pusaran yang dikenal sebagai arus pasang, sehingga perkiraan kejadian pasang sangat diperlukan dalam navigasi pantai. Wilayah pantai yang terbenam sewaktu pasang naik dan terpapar sewaktu pasang surut, disebut zona pasang. Panjang periode pasang surut bervariasi antara 12,4 jam atau 24,8 jam (Poerbondono dan Djunasjah 2005). Tinggi pasang surut merupakan selisih jarak vertikal antara tinggi air puncak (maksimal) dan air rendah (minimal) yang berurutan.

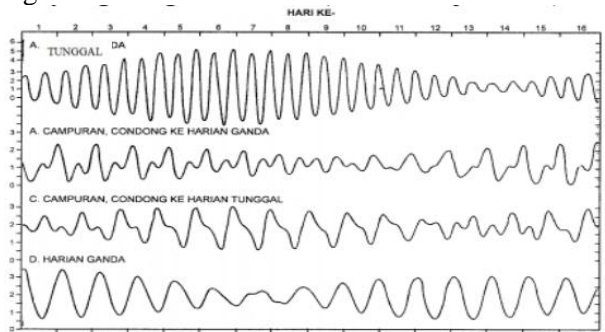
Bentuk pasang surut yang terjadi di tiap daerah berbeda-beda. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu atau dua kali pasang surut. Menurut (Triatmodjo 2010), pasang surut dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semi-diurnal tide*) dan dua jenis campuran atau *mixed tide*. Berikut adalah penjelasan dari keempat tipe pasang surut beserta bentuk kurva yang dibentuk pada Gambar 2.1:

a. Pasang Surut Harian Tunggal (*diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali air surut.

- b. Pasang Surut Harian Ganda (*semi-diurnal tide*)  
 Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan/teratur.
- c. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)  
 Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi terkadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.
- d. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)  
 Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Gambar 2.1 menjelaskan tipe pasang surut dengan menggambarkan periode dari hari pertama hingga hari ke 16. Dari atas ke bawah secara berurutan yaitu tipe tunggal, campuran condong ke harian ganda, campuran condong ke harian tunggal, dan harian ganda.



Gambar 2.1 Tipe Pasang Surut (Triatmodjo 2010)

## 2.2 Komponen Harmonik Pasang Surut

Komponen Harmonik Pasang Surut digunakan pada saat melakukan pengolahan pasang surut untuk mendapatkan nilai

pasang surut seperti muka air tertinggi atau *High Water Level* (HWL), muka air rerata atau *Mean Sea Level* (MSL), muka air terendah atau *Low Water Level* (LWL) dan lain-lain. Pasang matahari-bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh bumi-bulan. Oleh karena itu, posisi bulan dan matahari terhadap bumi berubah-ubah, maka resultan gaya pasut yang dihasilkan dari gaya tarik kedua benda angkasa tersebut tidak sesederhana yang diperkirakan. Akan tetapi karena rotasi bumi, revolusi bumi terhadap matahari, dan revolusi bulan terhadap bumi sangat teratur, maka resultan gaya penggerak pasang surut yang rumit ini dapat diuraikan sebagai hasil gabungan sejumlah komponen harmonik pasut (*harmonic constituents*). Komponen harmonik ini dapat dibagi menjadi tiga komponen, yaitu komponen pasang surut tengah harian, pasang surut harian dan pasang surut periode panjang. Komponen harmonik yang umum digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Komponen Harmonik Pasang Surut yang Umum  
Digunakan (Zakaria 2012)

Unsur	Periode (jam)	Kec. Sudut (der/jam)	Sifat
M <sub>2</sub>	12,42	28,9841	Harian Ganda
S <sub>2</sub>	12,00	30,0000	Harian Ganda
K <sub>2</sub>	11,97	30,0821	Harian Ganda
N <sub>2</sub>	12,66	28,4397	Harian Ganda
K <sub>1</sub>	23,93	15,0411	Harian Tunggal
O <sub>1</sub>	25,82	13,9430	Harian Tunggal
P <sub>1</sub>	24,07	14,9589	Harian Tunggal
M <sub>4</sub>	6,21	57,9882	Harian Kuarter
MS <sub>4</sub>	6,20	58,9841	Harian Kuarter

Untuk mengetahui jenis pasang surut, dapat diketahui dengan menghitung besarnya bilangan *Formzal* (F), (Poerbondono dan Djunasjah 2005):

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad (2.1)$$

Dengan maksud:

- $K_1$  : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari
- $O_1$  : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- $M_2$  : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
- $S_2$  : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Berdasarkan pada besar bilangan *Formzal*, maka jenis pasang surut laut dapat diketahui berdasarkan kriteria seperti dibawah ini:

Tabel 2.2 Hubungan Besarnya Bilangan *Formzal* dengan Jenis Pasang Surut Air Laut (Poerbondono dan Djunasjah 2005)

Bilangan <i>Formzal</i>	Jenis Pasut	Jenis Pasang Surut
$0,00 < F \leq 0,25$	Pasang surut harian ganda beraturan	2x pasang sehari dengan tinggi relatif sama
$0,25 < F \leq 1,50$	Pasang surut campuran condong harian ganda	2x pasang sehari dengan interval berbeda
$1,50 < F \leq 3,00$	Pasang surut campuran condong harian tunggal	1 atau 2 kalo pasang dengan interval beda
$F > 3,00$	Pasang surut harian tunggal beraturan	1x pasang sehari, saat <i>spring</i> bisa terjadi 2x

### 2.3 Arus

Arus merupakan pergerakan massa air dari satu titik ke titik lain baik itu vertikal maupun horisontal yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti angin atau gerakan pasang surut air laut hingga massa air tersebut mencapai kestabilan. Gerakan tersebut merupakan resultan dari beberapa gaya yang bekerja dan beberapa faktor yang mempengaruhinya (Surbakti 2015). Pada pemodelan transpor sedimen, arus merupakan gaya yang menyebabkan

terjadinya pergerakan sedimen baik itu di dasar perairan maupun sedimen melayang.

Terdapat dua gaya yang berperan dalam arus yaitu: gaya primer dan gaya sekunder. Gaya primer berperan dalam menggerakkan arus dan menentukan kecepatannya. Gaya primer ini terdiri dari gravitasi, tekanan angin (*wind stress*), gaya dorong ke atas dan ke bawah (*bouyancy*), serta tekanan atmosfer. Gaya sekunder mempengaruhi arah gerakan dan kondisi aliran arus. Gaya ini meliputi gaya *Coriolis* dan gesekan lapisan air laut itu sendiri (Hafli 2014).

Menurut (National Ocean Service 2016) arus terjadi karena adanya 3 sebab yang dijelaskan sebagai berikut:

a. Pasang Surut

Naik dan turunnya muka air yang disebabkan oleh tarikan gravitasi matahari dan bulan terhadap massa air bumi. Pasang surut membuat arus di laut, sepanjang pantai dan di teluk/muara dekat pantai. Hal ini biasa disebut dengan arus pasang surut dan merupakan tipe arus yang berubah secara periodik dan dapat diprediksi untuk waktu kedepannya.

b. Angin

Angin membuat arus di daerah sepanjang atau mendekati pantai. Arus ini biasa diukur dalam meter/detik atau *knots* (1 *knots* = 1,15 mil per jam atau 1,85 kilometer per jam). Angin membuat arus dekat daerah pesisir dalam skala lokal, dan pada laut lepas pada skala global.

c. Sirkulasi Termohalin

Sebuah proses yang terjadi dikarenakan perbedaan densitas pada air yaitu temperatur (*termo*) dan salinitas (*halin*) pada bagian yang berbeda di laut. Arus yang dipengaruhi oleh sirkulasi termohalin terjadi pada laut dalam dan dangkal, dan bergerak lebih pelan dibandingkan arus pasang surut atau arus permukaan.

## 2.4 Arus Pasang Surut

Hasil pengolahan data pasang surut akan menghasilkan pemodelan arus pasang surut sehingga dapat dianalisis pola arus di perairan alur pelayaran, yang juga menjadi *input* dalam melakukan pemodelan transpor sedimen untuk analisa pergerakan sedimen tersebut.

Perubahan besaran pasang surut di beberapa wilayah bumi yang berbeda mengakibatkan pergerakan air secara horizontal. Perpindahan air di bawah permukaan ini umumnya disebut arus pasang surut. Arah arus pasang umumnya berlawanan dengan arus surut (Kramadibrata 2002). Gerakan air akibat pasang surut ini menjadi arus berputar (*rotating movement*) yang disebut *vortex*.

Pemodelan arus pasang surut digunakan untuk menganalisa pola arus di Alur Pelayaran Barat Surabaya, selain itu pemodelan arus pasang surut digunakan untuk bahan masukan pemodelan sebaran sedimen dan merupakan media Bergeraknya sedimen. Pasang surut yang datang disepanjang pantai dan menuju teluk dan muara dinamakan *flood tide*, surut yang keluar disebut dengan *ebb tide*. Banjir terkuat dan arus surut selalu terjadi sebelum atau dekat saat pasang surut tinggi dan rendah. Arus terlemah terjadi antara banjir dan arus surut yang disebut dengan *slack tide*.

Kekuatan arus pasang surut pun bergantung dengan kekuatan pasang surut itu sendiri. Pada saat pasang purnama (*spring tide*), arus pasang surut pun mencapai nilai maksimum, sementara pada saat pasang perbani (*neap tide*), arus pasang surut mencapai nilai minimum (Minarrohman 2017). Secara umum dapat dijelaskan bahwa sebab sedimentasi adalah sebagai berikut:

- a. Efek dari arus (*current effect*, *vortex* atau arus berputar pada mulut pelabuhan terjadi akibat perubahan energi);
- b. Efek dari pasang surut (*tidal effect*, pasang surut membuat arus yang terjadi di laut); dan
- c. Efek dari berat jenis (*density effect*, pada mulut pelabuhan terdapat perbedaan berat jenis air laut dan tawar yang mengandung lumpur).

Namun, dari 3 hal diatas, hal yang paling menentukan dalam proses pengendapan adalah efek dari arus (Kramadibrata 2002).

## **2.5 Sedimentasi**

Sedimen adalah hasil dari proses erosi baik itu permukaan, parit, atau lainnya yang mengendap di daerah kaki bukit genangan banjir, saluran air, sungai dan lainnya umumnya sedimen adalah bagian tanah atau material organik yang terangkut dari suatu tempat yang terbawa sampai mengendap ke lokasi tertentu (Alimuddin 2012).

Sedimentasi adalah suatu proses pengapungan, penggelindingan, penyeretan atau pemercikan jarah-jarah tanah hasil pemecahan dan telah terlepas dari satuan tubuh tanahnya, menempuh rentang jarak tertentu sampai tertahan di tempat pengendapan (Wirosoedarmo, Haji, dan Kristanti 2008). Sedimentasi di perairan pantai atau laut terjadi karena adanya sedimen yang mengendap secara cepat dan terus menerus sehingga mengakibatkan berubahnya bentuk topografi dasar perairan dan garis pantai (Triatmodjo 1999). Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat sedimen itu sendiri. Sedimentasi terjadi apabila banyaknya sedimen yang terangkut lebih besar daripada kapasitas sedimen yang ada (Alimuddin 2012).

Gambar 2.2 menjelaskan contoh sedimentasi. Salah satu sumber utama material sedimen yang terdapat pada sebagian besar proses sedimentasi dasar laut adalah berasal dari daratan, contohnya adalah sedimentasi yang dibawa oleh aliran sungai, dimana erosi dan pelapukan sangat nyata terhadap pengikisan daratan yang menuju laut.



Gambar 2.2 Model Sedimentasi (Pratomo 2017)

## 2.6 Mekanisme Transpor Sedimen

Transpor sedimen adalah pergerakan sedimen yang terjadi baik di daerah darat maupun laut yang biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gelombang dan arus yang akibatnya adalah merubah topografi darat maupun laut tersebut. Berdasarkan pada jenis sedimentasi dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya, dikenal bermacam jenis sedimen seperti pasir, liat, dan lain sebagainya. Menurut ukurannya, sedimen dibedakan menjadi beberapa jenis yang diklasifikasikan seperti pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Ukuran Partikelnya Menurut Skala Wentworth (Wentworth 1922)

<b>Nama</b>	<b>Partikel</b>	<b>Ukuran (mm)</b>
	Bongkah	> 256
Batu	Krakal	64 – 256
	Kerikil	4 – 64
	Butiran	2 – 4
	Pasir sangat kasar	1 – 2
Pasir	Pasir kasar	1/2 – 1
	Pasir sedang	1/4 – 1
	Pasir halus	1/8 – 1/4
	Pasir sangat halus	1/16 – 1/8
Lanau	Lanau kasar	1/16 – 1/32
	Lanau sedang	1/128 – 1/64

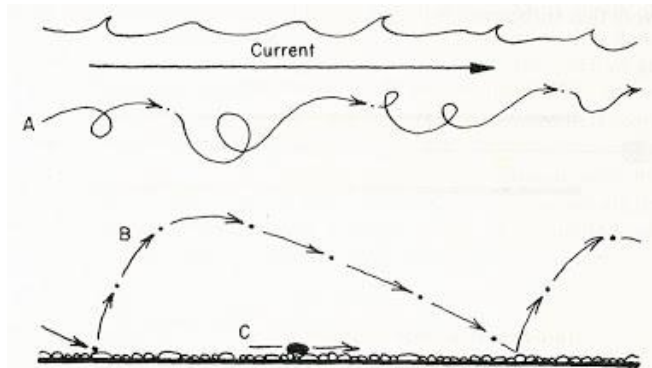


<b>Nama</b>	<b>Partikel</b>	<b>Ukuran (mm)</b>
Lempung	Lantau halus	1/256 – 1/128
	Lempung kasar	1/640 – 1/256
	Lempung sedang	1/1024 – 1/640
	Lempung halus	1/2360 – 1/1024
	Lampung sangat halus	1/4096 – 1/2360

Menurut (Graf dan Altinakar 1998), terdapat tiga mekanisme cara angkut sedimen dari batuan induknya ke tempat pengendapannya, yaitu:

- a. Transpor sedimen dasar (*bed load*), qsd (*debit solid*) per satuan lebar ( $m^3/m$ ) adalah gerak butir sedimen yang selalu berada di dekat dasar saluran atau sungai. Butir sedimen bergerak dengan cara bergeser atau meluncur, mengguling atau dengan lompatan pendek. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen yang berukuran relatif besar.
- b. Transpor sedimen suspensi (*suspended solid*), qss adalah gerak butir sedimen yang sekali bersinggungan dengan dasar sungai atau saluran. Butir sedimen bergerak dengan lompatan yang jauh dan tetap didalam aliran. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen berukuran relatif kecil.
- c. Transpor sedimen (*wash load*), qsw adalah gerak butir sedimen yang hampir tidak pernah bersinggungan dengan dasar sungai atau saluran. Pada *wash load*, butir sedimen bergerak bagaikan digelontorkan oleh aliran dan tidak pernah menyentuh dasar sungai atau saluran. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen yang berukuran sangat halus.

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa mekanisme yang terjadi pada angkut sedimen. a) *Wash Load*, b) *Suspended Load*, c) *Sliding* atau *Rolling (Bed Load)*.

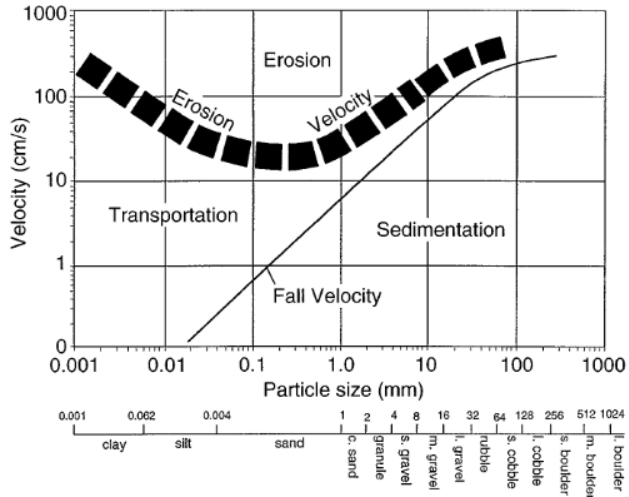


Gambar 2.3 Mekanisme Angkut Sedimen (Pratomo 2017)

Diagram Hjulstrom adalah diagram yang menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran air dan ukuran butir (Pratomo 2017). Pada gambar 2.4 yang menjelaskan diagram Hjulstrom, kecepatan air ditunjukkan sebagai ordinat dan gradasi sedimen atau ukuran butir sedimen sebagai absis. Maka apabila diketahui kecepatan air tertentu, akan didapat gradasi sedimen tertentu dan pengaruh kecepatan terhadap sedimen sebagai berikut:

- a. Pada area *sedimentation*, maka air dengan kecepatan tersebut tidak dapat membawa material sedimen dan akan mengendap.
- b. Pada area *transportation*, maka air dengan kecepatan tersebut sedikit berpengaruh terhadap material sedimen yaitu diantara mengendap dan terbawa air.
- c. Pada area *erosion*, dengan kecepatan air tersebut material sedimen bisa tererosi dan terbawa air (Krisetyana 2008).

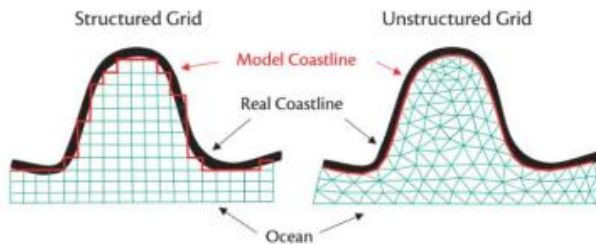
Jenis sedimen dibagi menjadi 2 macam, yaitu sedimen kohesif dan sedimen non-kohesif. Sedimen kohesif adalah butiran partikel lumpur yang berada di dasar dan memiliki sifat kelekatan satu sama lain, sedangkan non-kohesif adalah partikel yang tidak memiliki sifat kelekatan seperti pasir.



Gambar 2.4 Diagram Hjulstrom (Curran dan Sharp 1997)

## 2.7 Mesh

Mesh pada pemodelan hidrodinamika merupakan jaring dasar pembentuk *domain* model. Mesh memiliki bentuk berupa *grid* (*Structured Grid*) atau yang berbentuk TIN (*Triangulate Irregular Network/ Unstructured Grid*). Pada perangkat lunak yang digunakan penelitian ini, menggunakan mesh dengan bentuk TIN atau segitiga (*Unstructured Grid*).



Gambar 2.5 Perbedaan Bentuk Mesh (Chen, Beardsley, dan Cowles 2006)

Bentuk mesh juga memiliki keuntungannya masing-masing, penggunaan *Unstructured Grid* akan memberikan representasi garis pantai yang lebih akurat, namun sering terjadi error yaitu aliran yang tidak riil. Penggunaan *Strcutured Grid* memang tidak merepresentasikan bentuk garis pantai secara akurat, namun lebih mudah dalam kalkulasi perhitungan (Chen, Beardsley, dan Cowles 2006).

## 2.8 RMSE dan MAE

RMSE (*Root Mean Square Error*) dan MAE (*Mean Absolute Error*) merupakan 2 perhitungan yang sering digunakan untuk mengukur akurasi dari variabel berkelanjutan.

MAE menghitung rata rata kesalahan atau *error* pada sampel data tanpa memperhatikan arah, rata-rata dari sampel data antara data hasil pemodelan dan data ukuran adalah absolut (Medium Corporation 2016)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}_i| \quad (2.2)$$

Keterangan Rumus:

n = jumlah data  
 $y_i$  = data ukuran  
 $\bar{y}_i$  = data hasil pemodelan

RMSE adalah rata-rata kesalahan atau *error* pada sampel data, dan selalu lebih besar dari MAE.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n}} \quad (2.3)$$

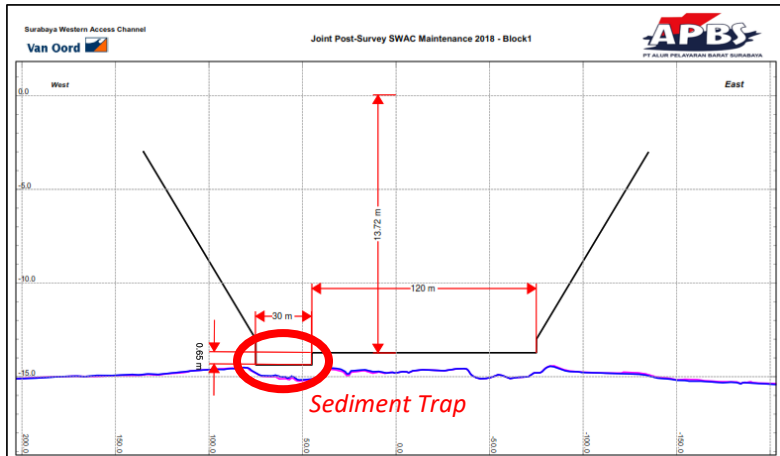
Keterangan Rumus:

n = jumlah data  
 $y_i$  = data ukuran  
 $\bar{y}_i$  = data hasil pemodelan

Semakin besar beda antara RMSE dan MAE, maka semakin besar pula variasi/perbedaan masing-masing kesalahan pada sampel yang dihitung (Khotimah 2012). Persamaan dari RMSE dan MAE adalah perhitungan rata-rata kesalahan pada model dengan sampel data yang sama, semakin kecil angka RMSE dan MAE, maka semakin baik data yang digunakan tersebut. Perbedaan dari RMSE dan MAE adalah untuk RMSE dikarenakan kesalahan dikuadratkan, maka *error* yang besar pun menyebabkan kesalahan yang semakin besar pula, yang artinya RMSE lebih baik digunakan jika data dengan *error* yang besar tidak digunakan (Medium Corporation 2016). Menurut (Chai dan Draxler 2014) bahwa keuntungan dari RMSE adalah tidak menggunakan nilai absolut yang biasanya tidak digunakan pada kalkulasi perhitungan. Walaupun begitu, RMSE dan MAE biasa dibutuhkan untuk menghitung kesalahan pada model.

## **2.9 Sediment Trap**

*Sediment trap* atau yang bisa disebut juga jebakan sedimen, merupakan jebakan/bendungan untuk sedimentasi yang bersifat sementara maupun permanen yang berfungsi untuk mengumpulkan, memerangkap, dan menyimpan sedimen akibat aktifitas konstruksi atau sebagai penahan aliran untuk mengurangi laju air yang tinggi (IDEQ Storm Water Best Management Practices Catalog 2005). Pada Alur Pelayaran Barat Surabaya, dilakukan pengerukan dan pembuatan *sediment trap* pada alur pelayaran tersebut dengan ketentuan yang disesuaikan oleh pihak PT APBS yaitu lebar *sediment trap* sebesar 30 meter dan tinggi 0,65 meter seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contoh Penampang *Sediment Trap* (PT APBS 2018)

## 2.10 Pemodelan Hidrodinamika

Model matematik (hidraulik) adalah simulasi numerik suatu aliran air yang didasarkan pada formulasi persamaan-persamaan matematik yang menggambarkan fenomena fisik aliran, dan penyelesaian persamaan-persamaan tersebut secara numeris. Pada dasarnya, simulasi yang akan dibuat dalam penelitian ini adalah pemodelan terhadap gerak fluida dalam suatu ruangan (pemodelan hidrodinamika).

Dalam pemodelan hidrodinamik, model tiga dimensi (3D) jauh lebih baik dibanding model dua dimensi (2D), hal ini disebabkan aliran air tidak konstan terhadap kedalam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7,



Gambar 2.7 Perbandingan Antara Model 2D dan 3D (Cahyana 2005)

Persamaan aliran yang digunakan adalah persamaan Navier Stokes untuk *incompressible fluid* pada perairan. Persamaan ini menyatakan perubahan dalam momentum (percepatan) partikel fluida bergantung pada gaya viskos tekanan eksternal yang bekerja pada fluida dan persamaan kontinuitas, oleh karena itu persamaan Navier-Stokes menjelaskan hubungan kesetimbangan gaya-gaya yang terjadi pada fluida dan memprediksi pergerakan dari suatu fluida (Gunarso 2012). Persamaan kontinuitas dan persamaan momentum digunakan dalam perangkat lunak pemodelan untuk memodelkan arus dan distribusi sedimen.

#### 2.10.1 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas menjelaskan bahwa massa fluida yang masuk ke dalam suatu penampang dan keluar di penampang lain dengan massa yang sama. Debit fluida di seluruh titik penampang adalah sama. Persamaan kontinuitas untuk kedalaman rata-rata diberikan dalam formula dibawah ini:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial((d+\zeta)U\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial((d+\zeta)V\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} = (d + \zeta)Q \quad (2.4)$$

Keterangan rumus:

$\zeta$  = kedalaman perairan (m)

$t$  = waktu (s)

- $\sqrt{G_{\xi\xi}}$  = koefisien yang digunakan untuk mentransformasi koordinat kurviliner ke koordinat kartesian di arah  $\xi$  (m)  
 $\sqrt{G_{\eta\eta}}$  = koefisien yang digunakan untuk mentransformasi koordinat kurviliner ke koordinat kartesian di arah  $\eta$  (m)  
 $d$  = kedalaman di bawah referensi permukaan (m)  
 $U$  = kecepatan rata-rata kedalaman di arah  $\xi$  (m/s)  
 $\xi$  = koordinat kurviliner di arah x  
 $\eta$  = koordinat kurviliner di arah y  
 $V$  = kecepatan aliran di arah  $\eta$  (m/s)  
 $Q$  = *global source or sink per unit area* (debit air = m/s)

$$Q = \int_{-1}^0 (q_{in} - q_{out}) d\sigma + P - E \quad (2.5)$$

Keterangan rumus:

- $q_{in}$  = *local sources* (1/s)  
 $q_{out}$  = *local sinks* (1/s)  
 $\sigma$  = skala koordinat vertikal  
 $P$  = *non-local source term pf precipitation* (m/s)  
 $E$  = *non-local sink term due to evaporation* (m/s)

### 2.10.2 Persamaan Momentum

Persamaan momentum merupakan gaya-gaya yang bekerja pada suatu fluida. Persamaan momentum untuk arah  $\xi$  dan  $\eta$  diberikan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \\
 \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - f v = - \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\xi} + F_{\xi} + \quad (2.6) \\
 \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( v v \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + M_{\xi}
 \end{aligned}$$



dan

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} + fu = -\frac{1}{\rho_o \sqrt{G_{\eta\eta}}} P_\eta + F_\eta + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( v_v \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_\eta \quad (2.7)$$

Keterangan rumus:

- $v$  = kecepatan aliran dalam arah y- atau  $\eta$ - (m/s)
- $u$  = kecepatan aliran dalam arah x atau  $\xi$  (m/s)
- $f$  = Parameter Coriolis (1/s)
- $\rho_o$  = densitas air (kg/m<sup>3</sup>)
- $P$  = Gradien tekanan hidrostatik di setiap arah (kg/m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)
- $F$  = Fluks momentum turbulen di setiap arah (m/s<sup>2</sup>)
- $M$  = momentum *source or sink* di setiap arah (m/s<sup>2</sup>)
- $v_v$  = *Eddy viscosity* (m<sup>2</sup>/s).

Dalam hal ini,  $v_v$  didefinisikan sebagai *vertical eddy viscosity*. P melambangkan gradien tekanan untuk masing-masing arah. Gaya F ada persamaan momentum horizontal. M mewakili kontribusi yang disebabkan oleh *source* atau *sink* eksternal dari momentum (gaya eksternal dari struktur hidraulik, debit atau penarikan air, tekanan gelombang, dsb). (Rodi, 1984 dalam Novico, Astjario, & Bachtiar, 2013).

## **2.11 Penelitian Terdahulu**

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Wahyuni, Armono, dan Sujantok (2013) yang melakukan penelitian dengan lokasi yang sama yaitu Alur Pelayaran Barat Surabaya namun menggunakan metode yang berbeda. Pada penelitian tersebut melakukan penghitungan laju volume sedimentasi pra dan pasca pengerukan di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) dengan metode *overlay* dan SED-PIT. Pada penelitian tersebut didapat bahwa kecepatan

arus saat pasang adalah 0,374 m/s dan kecepatan arus saat surut adalah 0,437 m/s. Dari kedua metode tersebut akan dilakukan prediksi besarnya volume sedimentasi untuk 30 tahun kedepan. Sedimentasi terbesar yaitu sebesar 1971336,54 m<sup>3</sup> pertahun, sedangkan sedimentasi terkecil yaitu 34772,08 m<sup>3</sup> pertahun. Hal tersebut memberikan kesimpulan bahwa pengerukan harus dilakukan dengan periode 3-15 tahun sekali. Untuk kecepatan arus pada periode *spring* yaitu 0,01 – 0,07 m/s, dan pada periode *neap* yaitu 0,005 – 0,025 m/s.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Novico, Astjario, dan Bachtiar (2013). Penelitian ini memaparkan kondisi arus pasang surut dan erosi-sedimentasi di sekitar garis pantai depan PLTU Tarahan Lampung menggunakan perangkat lunak Delft3D. Data yang digunakan meliputi data pasang surut, data suhu air laut rata rata, salinitas, sebaran sedimen, dan data angin yang didapat dari Stasiun Meteorologi. Dari pengolahan data didapatkan kedalaman daerah kisaran 0,5 – 28,5 meter. Lalu ketinggian rata-rata pasang surut pada saat periode *spring tide* mencapai 1 meter, dan pada saat surut mencapai -0,8 meter. Pada periode *neap tide* hanya berkisar 0,3 meter dan surut -0,2 meter.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Hutanti (2018) yang meneliti mengenai Analisis Pola Sebaran Sedimen untuk Mendukung Pemeliharaan Kedalaman Perairan Pelabuhan di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Data yang digunakan adalah Peta laut dan RBI, data batimetri, data pasang surut, daya debit sungai, dan data sampel sedimen. Penelitian dilakukan menggunakan perangkat lunak Delft3D. Dari hasil pengolahan data tersebut didapatkan perbedaan pasut pengamatan dengan pemodelan hanya selisih 0,002 meter pada saat pasang dan 0 meter pada saat surut. Kecepatan arus saat pasang purnama sekitar 1,3 m/s, pada saat surut purnama sekitar 1 m/s. Kecepatan arus pada saat pasang perbani memiliki nilai 1 m/s, lalu pada saat surut perbani memiliki nilai 0 m/detik. Untuk pengamatan pada saat pasang dan surut purnama, besar *suspended transport* sedimen mencapai lebih dari  $2 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, sementara pada pasang surut

perbani, besarnya hanya mencapai maksimal  $12 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ . Untuk rata-rata besar nilai *depth averaged suspended transport* di perairan Pelabuhan Tanjung Perak pada *spring tide* adalah sebesar  $25,632 \text{ m}^2/\text{hari}$  dan pada *neap tide* sebesar  $7,776 \text{ m}^2/\text{s}$ .

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan “*

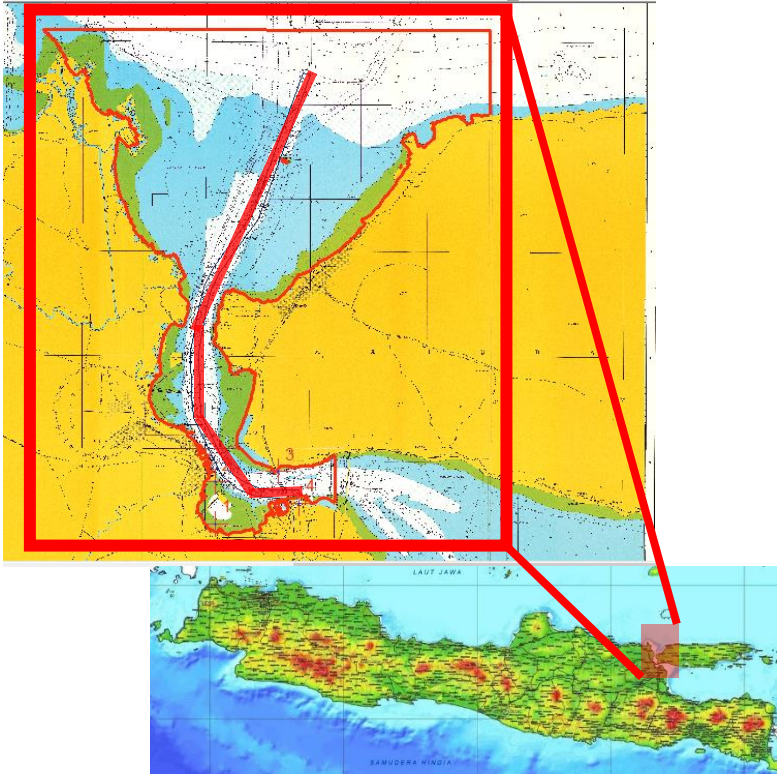
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di area Alur Pelayaran Barat Surabaya sesuai dengan koordinat yang berada pada Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: KPP 455 Tahun 2016. Koordinat daerah penelitian akan ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan digambarkan pada Gambar 3.1.

Tabel 3.1 Koordinat Daerah Penelitian

No	Koordinat	No	Koordinat
5A	6° 53' 20,491" LS/ 112° 44' 5,532" BT	5B	6° 53' 22,127" LS/ 112° 44' 10,136" BT
6A	6° 58' 10,112" LS/ 112° 42' 22,446" BT	6B	6° 58' 12,367" LS/ 112° 42' 26,829" BT
7A	7° 00' 2,492" LS/ 112° 41' 3,928" BT	7B	7° 00' 5,313" LS/ 112° 41' 7,917" BT
8A	7° 00' 50,171" LS/ 112° 40' 29,686" BT	8B	7° 00' 52,645" LS/ 112° 40' 33,925" BT
9A	7° 02' 1,634" LS/ 112° 39' 56,451" BT	9B	7° 02' 3,148" LS/ 112° 40' 1,135" BT
10A	7° 05' 6,080" LS/ 112° 39' 23,280" BT	10B	7° 05' 6,470" LS/ 112° 39' 28,150" BT
11A	7° 06' 30,685" LS/ 112° 39' 26,255" BT	11B	7° 06' 30,371" LS/ 112° 39' 31,133" BT
12A	7° 07' 38,568" LS/ 112° 39' 30,696" BT	12B	7° 07' 37,359" LS/ 112° 39' 35,457" BT
13A	7° 10' 40,220" LS/ 112° 40' 56,800" BT	13B	7° 10' 37,010" LS/ 112° 41' 0,580" BT
14A	7° 11' 19,480" LS/ 112° 41' 50,510" BT	14B	7° 11' 15,080" LS/ 112° 41' 52,710" BT
15A	7° 11' 37,997" LS/ 112° 42' 53,418" BT	15B	7° 11' 33,011" LS/ 112° 42' 54,314" BT
16A	7° 11' 34,710" LS/ 112° 44' 3,070" BT	16B	7° 11' 29,830" LS/ 112° 44' 2,840" BT



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Alur Pelayaran Barat Surabaya

### **3.2 Data dan Peralatan**

Data dan peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

#### **3.2.1 Data**

Data yang digunakan untuk penelitian yaitu:

- a. Data batimetri pengukuran Alur Pelayaran Barat Surabaya *Pre-Survey* dan *Post-Survey* tahun 2018 yang didapat dari PT APBS,

- b. Data pasang surut pengukuran perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya *Pre-Survey* dan *Post-Survey* tahun 2018 yang didapat dari PT APBS,
- c. Data ukuran butir sedimen perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya,
- d. Data pasang surut Real-Time perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya tahun 2018 yang didapat dari BIG,
- e. Data kecepatan dan arah angin perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya tahun 2018 yang didapat dari *website* ECMWF,
- f. Data *river discharge* Sungai Kalimas dan sungai-sungai yang bermuara ke Selat Madura/Alur Pelayaran Barat Surabaya dari penelitian sebelumnya.
- g. Peta RBI Jawa Timur skala 1:25.000 yang didapat dari BIG,
- h. Peta Laut Indonesia Alur Pelayaran Barat Surabaya skala 1:12.500 yang didapat dari PT APBS.

### 3.2.2

#### Peralatan

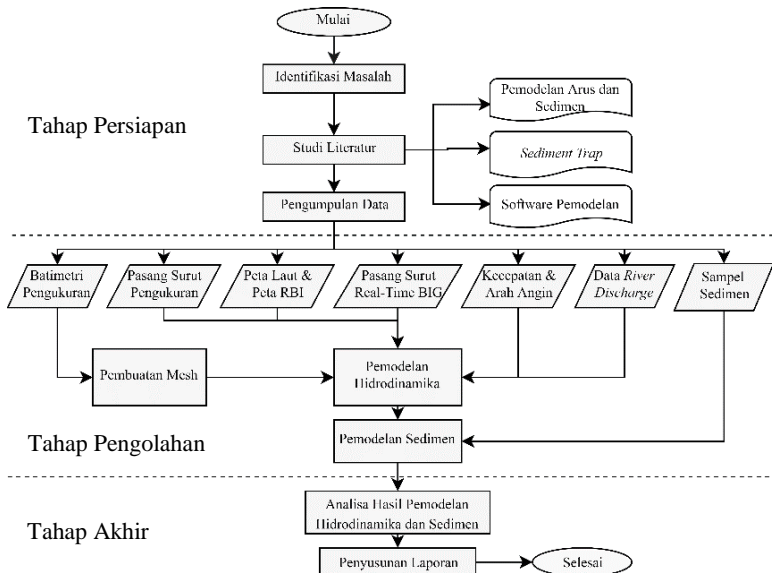
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Perangkat Lunak (*Software*)
  - Perangkat Lunak Pengolah Pasang Surut  
Digunakan untuk mengolah data pasang surut untuk mendapatkan nilai MSL dari pasut pengukuran dan pasut BIG.
  - Perangkat Lunak Pengolah Batimetri  
Digunakan untuk mengolah data batimetri sesuai dengan kondisi yang diinginkan untuk melakukan pemodelan pada perangkat lunak pemodelan.
  - ArcGIS 10.6.1  
Digunakan untuk digitasi *on screen* data kedalaman dari peta laut Indonesia dan garis pantai dari peta RBI.
  - Perangkat Lunak Pemodelan

Digunakan untuk melakukan pemodelan hidrodinamika arus dan sedimen dengan interval waktu 1 jam.

### 3.3 Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang akan dijelaskan pada Gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3.2 Diagram Tahapan Penelitian

Berikut adalah penjelasan tahapan pada diagram alir pelaksanaan dalam penelitian ini:

#### 3.3.1 Tahap Persiapan

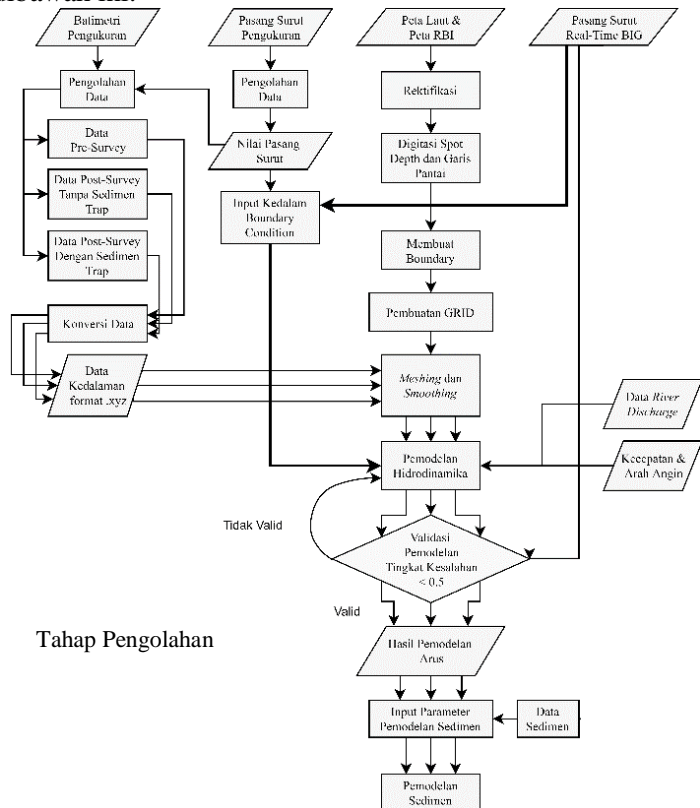
Tahap persiapan terdiri dari pencarian dan mempelajari berbagai studi literatur yang diperlukan untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Pertama mengenai pemodelan arus dan sedimen, yang kedua mengenai *sediment trap* yang digunakan oleh PT APBS, yang terakhir adalah perangkat



lunak pemodelan. Adapun persamaan yang digunakan dalam proses pemodelan adalah model aliran sedimen dengan persamaan hidrodinamika. Dalam tahap ini juga dilakukan pengumpulan data sebagai penunjang dalam melakukan pemodelan.

### 3.3.2 Tahap Pengolahan dan Analisis

Tahap pengolahan data dan analisis terdiri dari beberapa tahapan seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Tahap Pengolahan Data

- a. Pada penelitian ini diperlukan beberapa data untuk pembuatan model, seperti garis pantai (hasil digitasi peta laut dan peta RBI), data kedalaman dari batimetri pengukuran, data pasang surut pengukuran, sampel sedimen, data *river discharge*, kecepatan dan arah angin.
- b. Tahap awal pengolahan, perlu dipersiapkan data peta laut, peta RBI, dan data batimetri yang dibagi menjadi beberapa proses:
  - **Digitasi Garis Pantai**  
Tahap ini dikerjakan dengan melakukan rektifikasi peta RBI untuk mendapatkan nilai koordinat yang sesuai, lalu dilakukan digitasi garis pantai sesuai dengan kenampakan pada peta. Hasil akhir dari proses ini berupa data garis pantai dalam format *shapefile* (.shp) dengan *feature class polyline*, yang nantinya akan digunakan sebagai batas area pemodelan. Dari data *shapefile* tersebut dilakukan *export data* menjadi file dalam format .txt dan diubah menjadi data XYZ (.xyz).
  - **Digitasi Spot Depth**  
Tahap ini dikerjakan dengan melakukan digitasi *feature class point* menggunakan peta laut Indonesia yang bertujuan untuk melengkapi data batimetri diluar area pengukuran. Hasil akhir dari proses ini berupa data titik kedalaman yang berisi koordinat dan informasi kedalaman yang diubah menjadi format data XYZ (.xyz).
  - **Pengolahan Pasang Surut dan Data Batimetri**  
Tahap ini dilakukan untuk memperoleh nilai pasang surut dan data batimetri dengan datum vertikal MSL yang dikoreksi oleh pasang surut pengukuran. Hasil akhir proses ini berupa data kedalaman yang berisi koordinat dan informasi kedalaman dalam format data XYZ (.xyz).

- c. *Gridding* bertujuan untuk membuat *grid*, memodifikasi dan mevisualisasikan area pemodelan. Dalam penelitian ini digunakan bentuk *unstructured grid* berupa *triangular grid*. Pembuatan *grid* dimulai dengan melakukan pemanggilan data batas area pemodelan dan melakukan *Generate Mesh* dan menghasilkan sekitar 23 ribu *triangular grid* (TIN). Pada pemodelan ini, boleh juga dilakukan *smoothing* untuk membentuk *grid* dengan bentuk segitiga yang lebih seimbang.
- d. *Mesh Interpolation* yaitu proses memasukan nilai batimetri ke tiap *grid* yang sebelumnya sudah dibuat sehingga diperoleh data *mesh* (*grid* dengan informasi kedalaman) untuk keperluan proses selanjutnya.
- e. Dengan adanya data *mesh* yang telah dibuat, dilakukan pemodelan arus yang dibangkitkan oleh pasang surut yang disusun pada *time series* dan parameter-parameter tertentu. Parameter yang digunakan merupakan faktor yang mempengaruhi pergerakan arus dan sedimen. Parameter untuk memodelkan arus dan sedimen yang dimasukan adalah data elevasi pasang surut, *river discharge*, data sedimen, serta batimetri perairan.
- f. Validasi data pasang surut dilakukan untuk mengetahui secara matematis data hasil pemodelan menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*) dan MAE (*Mean Absolute Error*). Perhitungan untuk mencari nilai tersebut adalah: (Khotimah 2012)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n}} \quad (3.1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}_i| \quad (3.2)$$

Dengan  $n$ ,  $y_i$ ,  $\bar{y}_i$  berturut-turut adalah jumlah data, data lapangan dan data hasil pemodelan. Untuk memberikan penafsiran terhadap nilai RMSE dan MAE yang didapatkan, maka diklasifikasikan kedalam Tabel berikut:

Tabel 3.2 Klasifikasi Tingkat Kesalahan RMSE dan MAE (Khotimah 2012)

RMSE dan MAE	Tingkat Kesalahan
0,00 – 0,299	Kecil
0,30 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,899	Besar
> 0,9	Sangat Besar

Jika kualitas data memiliki nilai RMSE dan MAE relatif kecil atau minimum, dapat disimpulkan bahwa algoritma pengolahan data berjalan dengan baik dan sebaliknya.

- g. Pada tahap analisis dilakukan analisis terhadap pola arus, distribusi sedimen, serta besarnya material sedimen yang mengalami erosi dan deposisi, sehingga akan diperoleh perubahan morfologi dasar perairan berdasarkan distribusi sedimen yang terjadi di wilayah alur khususnya wilayah yang terdapat *sediment trap*.

### 3.3.3 Tahap Akhir

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan mengenai penelitian tentang pemodelan transpor sedimen yang dapat dijadikan sebagai dasar evaluasi penggunaan *sediment trap* yang ada pada alur pelayaran. Dalam hal ini khususnya pada Alur Pelayaran Barat Surabaya.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Bidang Model Domain (Mesh)

Model domain yang dibuat merupakan model domain yang telah mencakup wilayah penelitian yaitu perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya. Dengan *boundary condition (closed boundary)* mengikuti bentuk garis pantai dan bentuk dermaga dari wilayah Surabaya sampai ke arah laut lepas Jawa yang didefinisikan melalui digitasi. Hasil *mesh* telah dianggap baik dan sesuai dengan area fokus yang ingin diteliti dan dijadikan sebagai *input data* utama dalam pembuatan simulasi model.

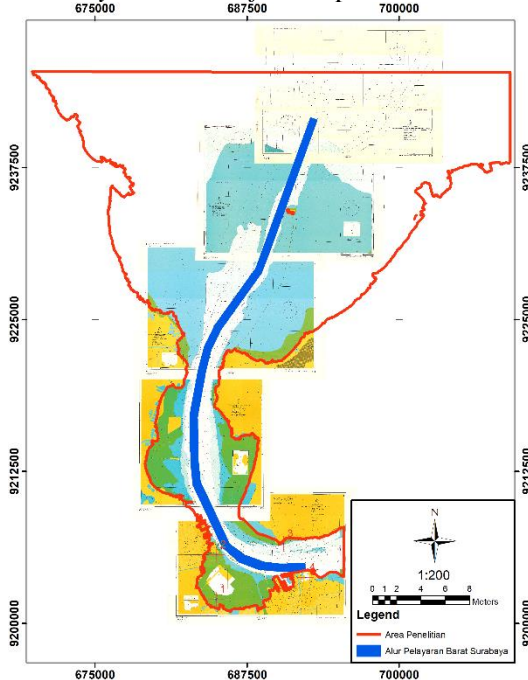
Data masukan yang digunakan untuk pembuatan *mesh* ini menggunakan sistem proyeksi UTM-49S. Lokasi penelitian terletak pada koordinat  $6^{\circ}49'39.33''$  -  $7^{\circ}4'20.10''$  LS dan  $112^{\circ}32'40.34''$  -  $112^{\circ}53'30.26''$  BT. Satuan ukuran yang digunakan untuk menyatakan koordinat (x,y), kedalaman (z), ukuran *grid*, dan aspek lain adalah meter (m).

Pada penelitian ini menggunakan 3 kondisi yaitu, *Pre-Survey*, *Post-Survey* kondisi 1 yang menggunakan *sediment trap*, dan *Post-Survey* kondisi 2 yang tidak menggunakan *sediment trap*.

#### 4.1.1 Pendefinisian Batas

Dalam pembuatan bidang model domain (*mesh*) adalah dengan mendefinisikan batas area yang ingin dimodelkan dengan digitasi garis pantai. Datum yang digunakan dalam penelitian ini adalah MSL (*Mean Sea Level*) atau muka air rata-rata, sehingga batas model yang diperoleh dari proses digitasi mengacu pada peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Surabaya dengan indeks peta 1608-432, Bangkalan dengan indeks peta 1608-434, Karang Jamuang dengan indeks peta 1609-112. Selain garis pantai, diperlukan juga bentuk Alur Pelayaran Barat Surabaya sebagai area fokus penelitian yang memiliki koordinat sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: KPP 455 Tahun 2016.

Kedua hasil definisi batas tersebut yang akan menjadi fungsi pembeda antara wilayah daratan dengan perairan. Untuk dapat dilakukan pemodelan, batas garis pantai tersebut harus diubah menjadi file .txt yang nantinya akan dilakukan *Import Boundary* kedalam *software* pemodelan.



Gambar 4.1 Batas Garis Pantai dan Dermaga Hasil Digitasi

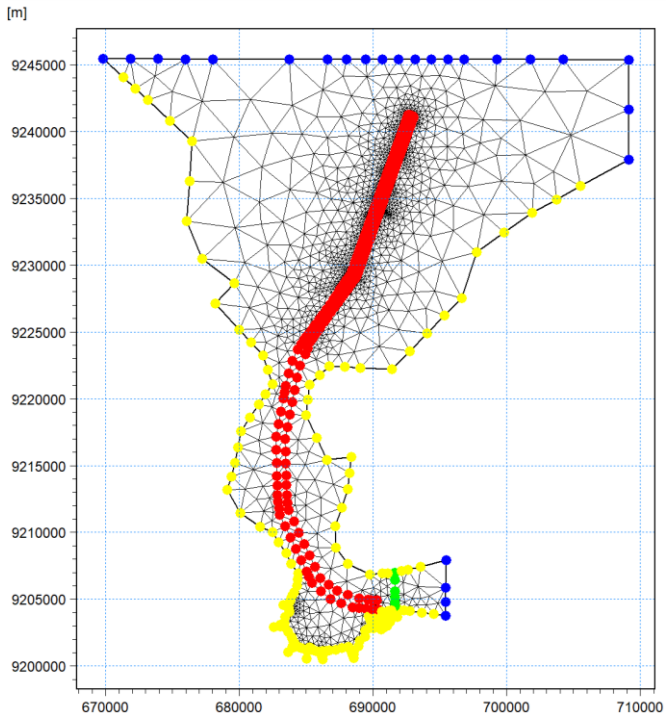
Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa batas model membentang sepanjang pantai pada Gresik, Surabaya, dan Bangkalan (*Closed Boundary*), dan untuk *Open Boundary* berada di sebelah Timur Surabaya dan sebelah Utara ke arah Laut Jawa.

#### 4.1.2 Desain Model Grid

Setelah pembuatan *Boundary*, selanjutnya adalah pembuatan *mesh* yang berbentuk jaring-jaring atau bidang jala yang akan mewakili daerah model yang kemudian disebut

sebagai *grid*. *Grid* yang digunakan adalah tipe *unstructured grid* atau biasa disebut *Triangular Irregular Network*, dengan *grid* berbentuk segitiga.

Dalam pembuatan model *grid* ini, digunakan pengaturan berupa *maximum area*, *minimum angle*, dan *maximum nodes*. *Maximum area* merupakan besar maksimal tiap model *grid* (segitiga) yang akan dibuat. *Minimum angle* merupakan sudut minimal dari tiap model *grid* (segitiga) dengan aturan minimal  $10^\circ$  dan maksimal  $60^\circ$ . *Maximum nodes* adalah banyaknya titik yang akan muncul saat pembuatan model *grid*.

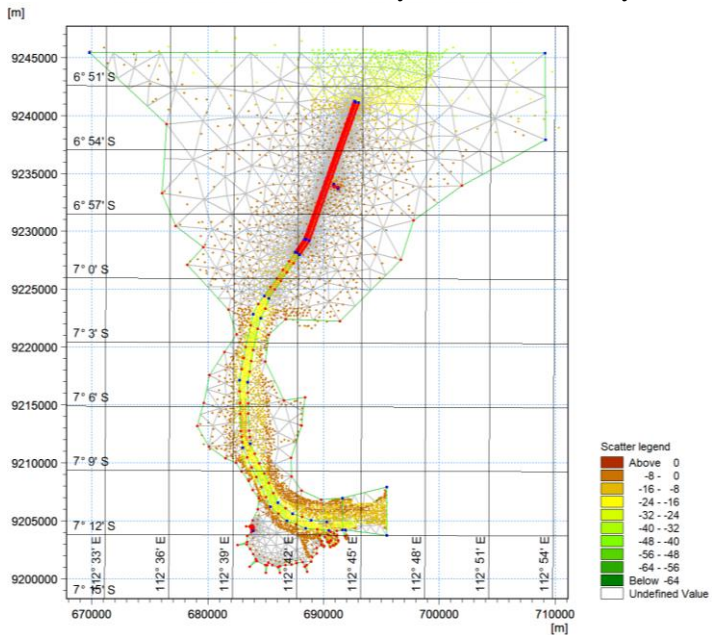


Gambar 4.2 Model *Grid*

Pembuatan model *grid* ini dibuat sedemikian rupa agar dapat disesuaikan dengan area fokus yang ingin diteliti. Dalam penelitian ini, model *grid* yang berada di sekitar Alur Pelayaran Barat Surabaya memiliki *grid* yang lebih rapat dibandingkan dengan wilayah lainnya dengan tujuan agar hasil dari model ini dapat lebih detail untuk dilakukan analisa.

#### 4.1.3 Model Domain

Data kedalaman merupakan data yang penting dalam pembuatan model domain. Gambar dibawah menampilkan sebaran titik kedalaman Alur Pelayaran Barat Surabaya.



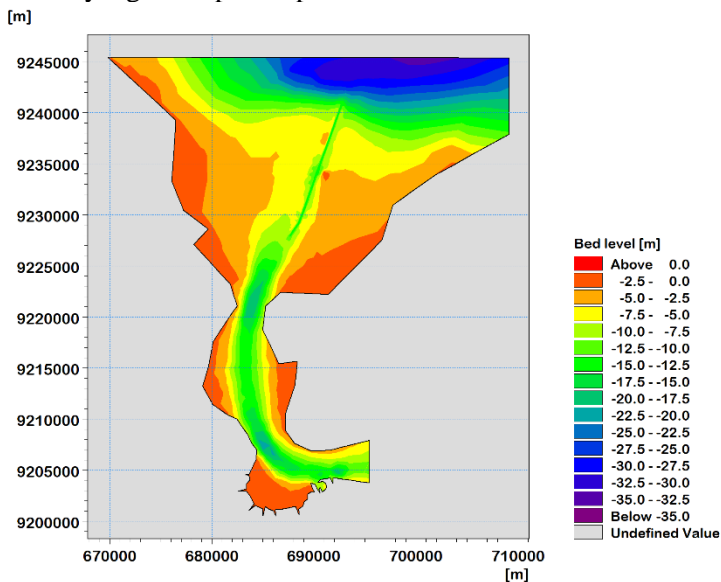
Gambar 4.3 Titik Sebaran Data Kedalaman

Titik sebaran diatas sudah diubah mengikuti referensi datum vertikal MSL. Informasi titik tersebut ditunjukkan dengan diagram warna, area yang menjadi fokus tersebut memiliki data kedalaman yang lebih rapat dikarenakan area



tersebut dilakukan pengukuran dengan alat survei *Multibeam Echosounder*.

Dari Gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa sebaran titik tersebut memiliki rentang kedalaman dari 0 – 50 meter. Dengan menggabungkan model *grid* dengan titik kedalaman maka langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah interpolasi titik kedalaman kedalam *grid* yang disebut dengan *mesh*. Hasil interpolasi menunjukkan kedalaman dari bidang model yang ditampilkan pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Hasil Interpolasi Kedalaman

Pada Gambar 4.4 informasi kedalaman perairan ditunjukkan dengan kontur gradasi warna dengan penjelasan untuk daerah berwarna merah dan oren adalah wilayah perairan dangkal, sedangkan untuk warna biru adalah wilayah perairan dalam.

#### 4.2 Waktu Simulasi Model

Parameter waktu yang digunakan dalam proses pemodelan arus dan sedimen pada penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu untuk pemodelan *Pre-Survey* dan pemodelan *Post-Survey* yang akan dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Parameter Waktu Pemodelan *Pre-Survey*

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
<i>Spin Up</i>	1 hari
<i>Warming Up</i>	4 hari
Lama Simulasi	35 hari
<i>Reference Date</i>	6 September 2018
<i>Simulation Start Date</i>	6 September 2018
<i>Simulation Stop Date</i>	15 Oktober 2018
<i>Time Step</i>	1 Jam

Tabel 4.2 Parameter Waktu Pemodelan *Post-Survey*

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
<i>Spin Up</i>	1 hari
<i>Warming Up</i>	4 hari
Lama Simulasi	35 hari
<i>Reference Date</i>	5 November 2018
<i>Simulation Start Date</i>	5 November 2018
<i>Simulation Stop Date</i>	14 Desember 2018
<i>Time Step</i>	1 Jam

Parameter waktu yang ditentukan dalam penelitian ini terkait dengan pembagian waktu pemodelan mulai dari *spin up*, *warming up*, sampai waktu simulasi akan dijelaskan pada tabel dibawah ini

Tabel 4.3 Pembagian Waktu Pemodelan *Pre-Survey*

<b>Step</b>	<b><i>Spin Up</i></b>	<b><i>Warming Up</i></b>	<b>Simulasi</b>
<i>Time Frame</i>	1 hari	4 hari	35 hari

Tabel 4.4 Pembagian Waktu Pemodelan *Post-Survey*

<b>Step</b>	<b><i>Spin Up</i></b>	<b><i>Warming Up</i></b>	<b>Simulasi</b>
<i>Time Frame</i>	1 hari	4 hari	35 hari

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa dalam pemodelan penelitian ini, tahapan pemodelan dibagi menjadi 3 tahapan. Untuk *spin up* dan *warming up* tidak divalidasi atau digunakan karena dianggap sebagai data awal yang belum stabil dan waktu simulasi-lah yang hasilnya akan divalidasi.

### 4.3 Pemodelan Arus

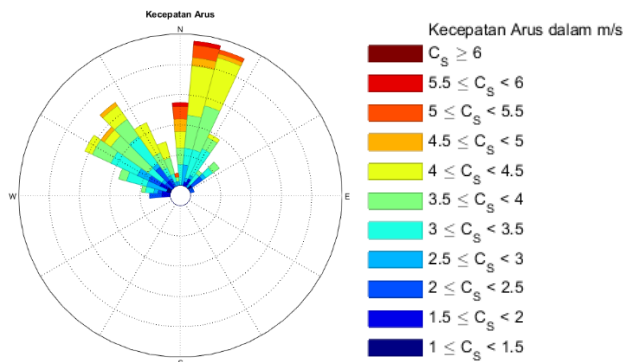
Pemodelan arus dilakukan dengan perangkat lunak pemodelan hidrodinamika 3 dimensi, dengan *input parameter* yang membangkitkan arus yaitu data pasang surut, data angin, dan data debit sungai (*river discharge*).

#### 4.3.1 Data Angin

Data angin digunakan sebagai *input parameter* pemodelan arus yang didapatkan dari ECMWF dengan interval 3 jam. Data angin tiap survei akan dijelaskan dibawah ini.

##### - *Pre-Survey*

Data angin *Pre-Survey* berupa data kecepatan dan arah angin yang didapat mulai tanggal 1 September – 31 Oktober 2018 dengan interval tiap 3 jam dan jumlah data sebanyak 244. Grafik data angin akan dibuat seperti Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Kecepatan dan Arah Angin *Pre-Survey*

Dalam Tabel 4.5 menjelaskan nilai kecepatan dan arah angin per 3 jam di Perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya.

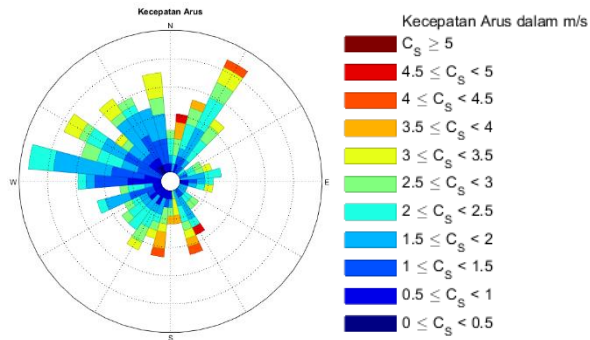
Tabel 4.5 Data Kecepatan dan Arah Angin *Pre-Survey*

<b>Tanggal</b>	<b>Kecepatan (m/s)</b>	<b>Arah (derajat)</b>
01/09/2018 00:00	3,172	157,025
01/09/2018 06:00	2,609	67,453
01/09/2018 12:00	2,259	129,631
01/09/2018 18:00	2,291	151,341
02/09/2018 00:00	2,560	147,146
02/09/2018 06:00	2,594	82,241
02/09/2018 12:00	3,156	86,365
02/09/2018 18:00	3,135	153,304
03/09/2018 00:00	3,683	169,401
03/09/2018 06:00	1,707	66,878
03/09/2018 12:00	4,032	82,730
03/09/2018 18:00	3,600	141,341
04/09/2018 00:00	3,738	164,998
04/09/2018 06:00	3,260	90,528
04/09/2018 12:00	3,560	83,870
04/09/2018 18:00	3,089	148,398
05/09/2018 00:00	3,495	168,987
05/09/2018 06:00	4,720	93,646
05/09/2018 12:00	3,928	93,651
...	...	...
31/10/2018 18:00	3,547	121,645

- ***Post-Survey***

Data angin *Pre-Survey* berupa data kecepatan dan arah angin yang didapat mulai tanggal 1 November – 31 Desember 2018 dengan interval tiap 3 jam dan jumlah data

sebanyak 244. Grafik data angin akan dibuat seperti Gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik Kecepatan dan Arah Angin *Post-Survey*

Dalam Tabel 4.6 menjelaskan nilai kecepatan dan arah angin per 3 jam di Perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya.

Tabel 4.6 Data Kecepatan dan Arah Angin *Post-Survey*

Tanggal	Kecepatan (m/s)	Arah (derajat)
01/11/2018 00:00	3,138	150,852
01/11/2018 06:00	3,738	82,928
01/11/2018 12:00	4,644	78,442
01/11/2018 18:00	3,345	135,144
02/11/2018 00:00	3,493	147,659
02/11/2018 06:00	3,890	74,026
02/11/2018 12:00	4,271	63,722
02/11/2018 18:00	2,827	122,301
03/11/2018 00:00	2,502	146,275
03/11/2018 06:00	2,947	68,910
03/11/2018 12:00	3,193	96,839
03/11/2018 18:00	2,669	158,951
04/11/2018 00:00	2,452	169,464

<b>Tanggal</b>	<b>Kecepatan (m/s)</b>	<b>Arah (derajat)</b>
04/11/2018 06:00	3,112	52,817
04/11/2018 12:00	3,445	58,878
04/11/2018 18:00	2,805	102,358
05/11/2018 00:00	1,852	117,686
05/11/2018 06:00	3,590	80,375
05/11/2018 12:00	3,061	61,495
...	...	...
31/12/2018 18:00	3,960	282,253

#### 4.3.2 Data Debit Sungai

Data debit sungai (*river discharge*) yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan penelitian sebelumnya yang didapat dari Perum Jasa Tirta I Surabaya.

Pada penelitian (Hutanti 2018) mengenai analisis pola sebaran sedimen untuk mendukung pemeliharaan Pelabuhan Tanjung Perak menyatakan bahwa data yang didapat dari Perum Jasa Tirta I Surabaya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Debit Rata-rata Sungai di Sekitar Alur Perairan Surabaya Barat (Perum Jasa Tirta I Surabaya, Hutanti 2018)

<b>No</b>	<b>Nama Sungai</b>	<b>Debit Rata-rata (m<sup>3</sup>/s)</b>
1	Sungai Lamong	19
2	Sungai Sememi	4,3
3	Sungai Branjangan	3,6
4	Sungai Manukan	5,8
5	Sungai Greges	3,5
6	Sungai Kalianak	3,5
7	Sungai Kalimas	10,35

Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa sungai yang memiliki debit rata-rata paling tinggi adalah Sungai Lamong dengan nilai 19 m<sup>3</sup>/s, sedangkan sungai dengan debit

paling rendah adalah Sungai Greges dan Sungai Kalianak dengan nilai  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 4.3.3 Analisis Pasang Surut

##### - *Pre-Survey*

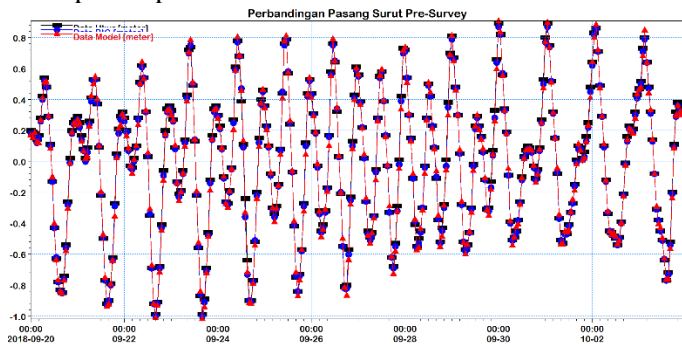
Data pasang surut yang didapat dari stasiun pasang surut Badan Informasi Geospasial (BIG) di perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya merupakan data yang direkam secara *Real-Time* dimulai pada tanggal 1 September 2018 hingga 15 Oktober 2018 dengan interval data setiap 1 jam. Adapula data pengukuran lapangan yang dimulai tanggal 20 September hingga 3 Oktober 2018 serta data hasil pemodelan. Data yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.7 adalah data yang memiliki hari yang sama pada ketiga data pasang surut tersebut yang akan ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4.7 Data Pasang Surut *Pre-Survey* Alur Pelayaran Barat Surabaya Terhadap MSL dalam satuan meter

<b>Tanggal</b>	<b>Data Ukur</b>	<b>Data BIG</b>	<b>Hasil Model</b>
20/09/2018 00:00	0,1999	0,1791	0,1690
20/09/2018 01:00	0,1899	0,1691	0,1502
20/09/2018 02:00	0,1799	0,1591	0,1851
20/09/2018 03:00	0,1399	0,1191	0,1225
20/09/2018 04:00	0,1699	0,1491	0,1169
20/09/2018 05:00	0,2799	0,2591	0,2649
20/09/2018 06:00	0,4199	0,3991	0,4092
20/09/2018 07:00	0,5399	0,5191	0,5087
20/09/2018 08:00	0,4799	0,4791	0,5136
20/09/2018 09:00	0,2899	0,2891	0,2906
20/09/2018 10:00	0,1099	0,0991	0,0815
20/09/2018 11:00	-0,1301	-0,1309	-0,1019
20/09/2018 12:00	-0,4301	-0,4309	-0,4028
20/09/2018 13:00	-0,6301	-0,6209	-0,6387

Tanggal	Data Ukur	Data BIG	Hasil Model
20/09/2018 14:00	-0,7801	-0,7809	-0,7700
20/09/2018 15:00	-0,8301	-0,8409	-0,8423
20/09/2018 16:00	-0,8501	-0,8509	-0,8572
...	...	...	...
03/10/2018 23:00	0,3499	0,3291	0,3411

Menurut tabel diatas maka dibuat grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Pasang Surut pada *Pre-Survey* terhadap MSL

Dari Tabel 4.7 dan Gambar 4.7 diatas, dapat dilihat bahwa pasang surut yang dilakukan mulai tanggal 20 September 2018 hingga 3 Oktober 2018 dengan interval 1 jam memiliki nilai pasang surut tertinggi yaitu 0,9063 meter (Data Model), 0,8691 meter (Data BIG), dan 0,8899 meter (Data Ukur) hingga terendah yaitu -1,0202 meter (Data Model), -1,001 meter (Data BIG), dan -0,9901 (Data Ukur).

Dari perbandingan data yang ditunjukkan oleh Tabel 4.7 dan Gambar 4.7, perlu dilakukan perhitungan validasi dari data hasil pemodelan untuk mengetahui bahwa data yang



dihasilkan dapat diterima atau tidak dan mengetahui keakuratan data model yang dihasilkan dengan menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE), data yang digunakan untuk melakukan validasi adalah data ukur dengan data model sehingga didapatkan nilai sebesar:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,3177}{336}} = 0,0307$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_{obs,i} - x_{mod,i}| = \frac{1}{336} 8,2057 = 0,0244$$

Melihat besarnya nilai RMSE dan MAE yang dihasilkan, dengan klasifikasi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khotimah, nilai tersebut masuk kedalam tingkat kesalahan 0,000 – 0,299 atau kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa kesesuaian antara data model dengan data validasi dapat dikatakan sangat baik.

#### - *Post-Survey Kondisi 1*

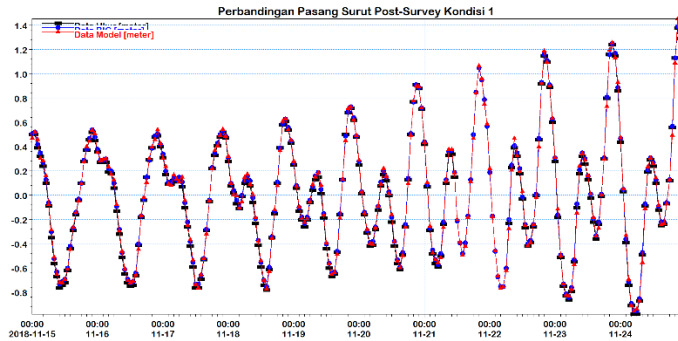
Data pengamatan pasang surut yang dilakukan saat pengukuran merupakan data yang diamati dimulai pada tanggal 5 November 2018 hingga 20 Desember 2018 dengan interval data setiap 1 jam. Adapula data pengukuran lapangan yang dimulai tanggal 15 November hingga 5 Desember 2018 serta data hasil pemodelan. Data yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.8 adalah data yang memiliki hari yang sama pada ketiga data pasang surut tersebut yang akan ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4.8 Data Pasang Surut *Post-Survey* Kondisi 1 Alur Pelayaran Barat Surabaya Terhadap MSL dalam meter

Tanggal	Data Ukur	Data BIG	Data Model
15/11/2018 00:00	0,4982	0,5074	0,4698
15/11/2018 01:00	0,4982	0,5174	0,5197

<b>Tanggal</b>	<b>Data Ukur</b>	<b>Data BIG</b>	<b>Data Model</b>
15/11/2018 02:00	0,3882	0,4174	0,4584
15/11/2018 03:00	0,3182	0,3474	0,3018
15/11/2018 04:00	0,2382	0,2674	0,2845
15/11/2018 05:00	0,0982	0,1274	0,1590
15/11/2018 06:00	-0,0918	-0,0626	-0,0780
15/11/2018 07:00	-0,3518	-0,3026	-0,2873
15/11/2018 08:00	-0,5618	-0,5226	-0,5106
15/11/2018 09:00	-0,6718	-0,6326	-0,6528
15/11/2018 10:00	-0,7618	-0,7326	-0,7193
15/11/2018 11:00	-0,7418	-0,7126	-0,7243
15/11/2018 12:00	-0,7218	-0,6926	-0,6932
15/11/2018 13:00	-0,6218	-0,6026	-0,6101
15/11/2018 14:00	-0,4418	-0,4226	-0,4474
15/11/2018 15:00	-0,2918	-0,2726	-0,2649
15/11/2018 16:00	-0,1618	-0,1426	-0,1436
...	...	...	...
24/11/2018 23:00	1,2882	1,3074	1,2905

Menurut tabel diatas maka dibuat grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.8 berikut:



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Pasang Surut pada *Post-Survey* Kondisi 1 terhadap MSL

Dari Tabel 4.8 dan Gambar 4.8 diatas, dapat dilihat bahwa pasang surut yang dilakukan mulai tanggal 15 November 2018 hingga 24 November 2018 dengan interval 1 jam memiliki nilai pasang surut tertinggi yaitu 1,4505 meter (Data Model), 1,3874 meter (Data BIG), dan 0,9082 meter (Data Ukur) hingga terendah yaitu -0,9560 meter (Data Model), -0,9526 meter (Data BIG), dan -0,7818 (Data Ukur).

Dari perbandingan data yang ditunjukkan oleh Tabel 4.8 dan Gambar 4.8, perlu dilakukan perhitungan validasi dari data hasil pemodelan untuk mengetahui bahwa data yang dihasilkan dapat diterima atau tidak dan mengetahui keakuratan data model yang dihasilkan dengan menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMS) dan *Mean Absolute Error* (MAE), data yang digunakan untuk melakukan validasi adalah data ukur dengan data model sehingga didapatkan nilai sebesar:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,2490}{220}} = 0,0336$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_{obs,i} - x_{mod,i}| = \frac{1}{220} 6,0618 = 0,0276$$

Melihat besarnya nilai RMSE dan MAE yang dihasilkan, dengan klasifikasi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khotimah, nilai tersebut masuk kedalam tingkat kesalahan 0,000 – 0,299 atau kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa kesesuaian antara data model dengan data validasi dapat dikatakan sangat baik.

- **Post-Survey Kondisi 2**

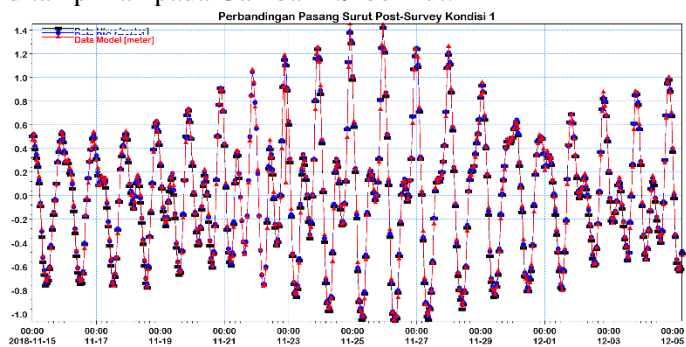
Data pengamatan pasang surut yang dilakukan saat pengukuran merupakan data yang diamati dimulai pada tanggal 5 November 2018 hingga 20 Desember 2018 dengan interval data setiap 1 jam. Adapula data pengukuran lapangan yang dimulai tanggal 15 November hingga 5 Desember 2018 serta data hasil pemodelan. Data yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.9 adalah data yang memiliki hari yang sama pada ketiga data pasang surut tersebut yang akan ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4.9 Data Pasang Surut *Post-Survey* Kondisi 2 Alur Pelayaran Barat Surabaya Terhadap MSL dalam meter

<b>Tanggal</b>	<b>Data Ukur</b>	<b>Data BIG</b>	<b>Data Model</b>
15/11/2018 00:00	0,4982	0,5074	0,4697
15/11/2018 01:00	0,4982	0,5174	0,5197
15/11/2018 02:00	0,3882	0,4174	0,4586
15/11/2018 03:00	0,3182	0,3474	0,3017
15/11/2018 04:00	0,2382	0,2674	0,2846
15/11/2018 05:00	0,0982	0,1274	0,1592
15/11/2018 06:00	-0,0918	-0,0626	-0,0780
15/11/2018 07:00	-0,3518	-0,3026	-0,2872
15/11/2018 08:00	-0,5618	-0,5226	-0,5106
15/11/2018 09:00	-0,6718	-0,6326	-0,6528
15/11/2018 10:00	-0,7618	-0,7326	-0,7192
15/11/2018 11:00	-0,7418	-0,7126	-0,7243

Tanggal	Data Ukur	Data BIG	Data Model
15/11/2018 12:00	-0,7218	-0,6926	-0,6931
15/11/2018 13:00	-0,6218	-0,6026	-0,6101
15/11/2018 14:00	-0,4418	-0,4226	-0,4476
.15/11/2018 15:00	-0,2918	-0,2726	-0,2650
15/11/2018 16:00	-0,1618	-0,1426	-0,1436
...	...	...	...
05/12/2018 07:00	-0,4918	-0,4726	-0,5033

Menurut tabel diatas maka dibuat grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.9 berikut:



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Pasang Surut pada *Post-Survey* Kondisi 1 terhadap MSL

Dari Tabel 4.9 dan Gambar 4.9 diatas, dapat dilihat bahwa pasang surut yang dilakukan mulai tanggal 15 November 2018 hingga 5 Desember 2018 dengan interval 1 jam memiliki nilai pasang surut tertinggi yaitu 1,4507 meter (Data Model), 1,4274 meter (Data BIG), dan 1,4182 meter (Data Ukur) hingga terendah yaitu -1,0519 meter (Data Model), -1,043 meter (Data BIG), dan -1,062 (Data Ukur).

Dari perbandingan data yang ditunjukkan oleh Tabel 4.9 dan Gambar 4.9, perlu dilakukan perhitungan validasi dari data hasil pemodelan untuk mengetahui bahwa data yang dihasilkan dapat diterima atau tidak dan mengetahui keakuratan data model yang dihasilkan dengan menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE), data yang digunakan untuk melakukan validasi adalah data ukur dengan data model sehingga didapatkan nilai sebesar:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,4845}{468}} = 0,0563$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_{obs,i} - x_{mod,i}| = \frac{1}{468} 13,5227 = 0,0289$$

Melihat besarnya nilai RMSE dan MAE yang dihasilkan, dengan klasifikasi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khotimah, nilai tersebut masuk kedalam tingkat kesalahan 0,000 – 0,299 atau kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa kesesuaian antara data model dengan data validasi dapat dikatakan sangat baik.

Dari grafik yang telah dibuat pada *Pre-Survey*, *Post Survey* Kondisi 1 dan Kondisi 2, dapat diketahui waktu terjadinya *spring tide* dan *neap tide* selama waktu simulasi model. *Spring tide* dan *neap tide* dari tiap model akan dijelaskan pada Tabel 4.10 berikut ini:

Tabel 4.10 *Spring Tide* dan *Neap Tide* Pemodelan

Keterangan	Tanggal dan Waktu	Tinggi Muka Air (m)
<i>Pre-Survey</i>		
- Pasang Purnama	30/09/2018 00:00:00	0,9063
- Surut Purnama	23/09/2018 16:00:00	-1,0202
- Pasang Perbani	03/10/2018 03:00:00	0,8465
- Surut Perbani	03/10/2018 14:00:00	-0,7663

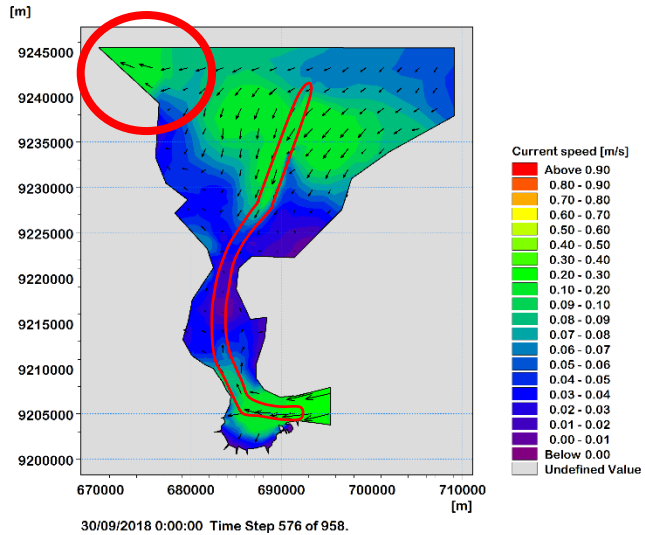
Keterangan	Tanggal dan Waktu	Tinggi Muka Air (m)
<i>Post-Survey</i>		
Kondisi 1		
- Pasang Purnama	24/11/2018 22:00:00	1,4505
- Surut Purnama	24/11/2018 06:00:00	-0,9560
- Pasang Perbani	15/11/2018 22:00:00	0,5362
- Surut Perbani	15/11/2018 11:00:00	-0,7243
<i>Post-Survey</i>		
Kondisi 2		
- Pasang Purnama	24/11/2018 22:00:00	1,4507
- Surut Purnama	26/11/2018 07:00:00	-1,0519
- Pasang Perbani	04/12/2018 20:00:00	0,9601
- Surut Perbani	29/11/2018 11:00:00	-0,8358

#### 4.3.4 Analisis Model Arus

Analisis pemodelan arus dibagi menjadi 2 periode, yaitu periode *spring tide* (pasang surut purnama) dan *neap tide* (pasang surut perbani), serta daerah alur pelayaran ditunjukkan dengan garis merah yang memanjang dari utara sampai selatan untuk semua gambar model arus dengan kondisi *sediment trap* hanya berada pada daerah utara dekat dengan laut lepas.

##### - *Pre-Survey*

Hasil dari pemodelan arus yang terdiri dari nilai kecepatan arus ditunjukkan dengan gradasi warna sedangkan vektor menunjukkan untuk arah gerakan arus dan besarnya nilai kecepatan arus pula. Berikut penjelasan pola arus yang terjadi pada *spring tide* dan *neap tide*:

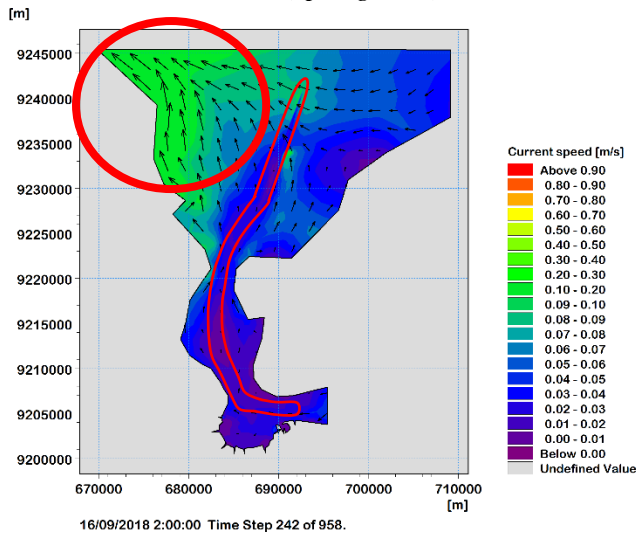
a. Kondisi Pasang Purnama (*Spring Tide*)

Gambar 4.10 Pola Arus *Pre-Survey* Saat Pasang Purnama

Kecepatan arus pada Gambar 4.10 yang terjadi pada pasang purnama berkisar 0 m/s hingga 0,4 m/s dan kecepatan paling tinggi berada pada daerah dekat Pelabuhan Tanjung Perak. Pada daerah Alur Pelayaran khususnya daerah *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,04 m/s hingga 0,4 m/s. untuk arah arus dominan masuk kedalam area pemodelan walaupun ada bagian yang keluar area pemodelan seperti yang ditunjukkan oleh lingkaran merah.

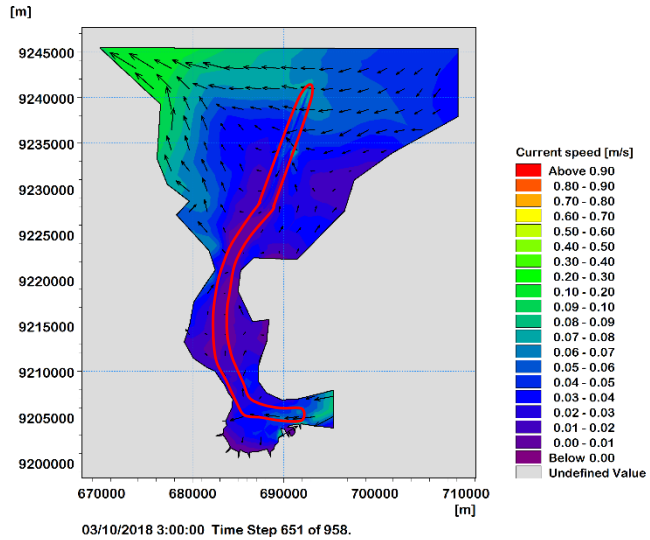


b. Kondisi Surut Purnama (*Spring Tide*)



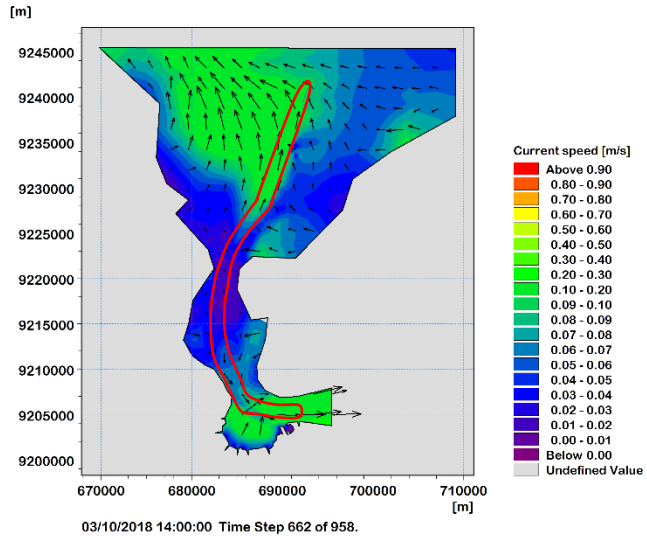
Gambar 4.11 Pola Arus *Pre-Survey* Saat Surut Purnama

Kecepatan arus pada Gambar 4.11 berkisar dari 0 m/s hingga 0,3 m/s dengan maksimum kecepatan terjadi di daerah barat laut. Kecepatan pada area *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0 m/s hingga 0,06 m/s. Untuk arah arus hampir sama dengan yang terjadi pada saat pasang purnama namun lebih banyak arah arus yang keluar arah pemodelan di bagian lingkaran merah.

c. Kondisi Pasang Perbani (*Neap Tide*)

Gambar 4.12 Pola Arus *Pre-Survey* Saat Pasang Perbani

Kecepatan arus pada Gambar 4.12 berkisar 0 m/s hingga 0,3 m/s dengan kecepatan maksimal berada di daerah barat laut area pemodelan. Untuk daerah *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0 m/s hingga 0,06 m/s. Untuk arah arus pun masih dalam keadaan yang tidak banyak berubah. Namun dapat dilihat ada sedikit perbedaan pada area dekat Pelabuhan Tanjung Perak yang memiliki nilai dan arus yang meningkat.

d. Kondisi Surut Perbani (*Neap Tide*)Gambar 4.13 Pola Arus *Pre-Survey* Saat Surut Perbani

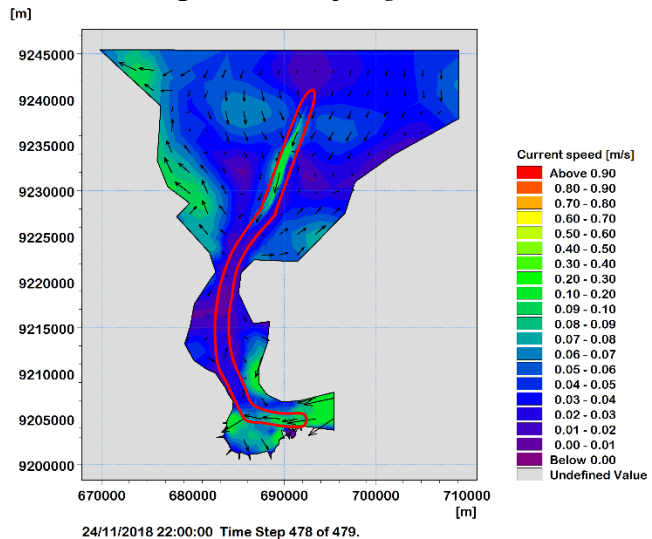
Kecepatan arus pada Gambar 4.13 berkisar 0 m/s hingga 0,4 m/s dengan kecepatan maksimal berada di area dekat *sediment trap* dan area Pelabuhan Tanjung Perak. Untuk daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,1 m/s hingga 0,4 m/s. Untuk arah arus terlihat terjadi sedikit perubahan yaitu arah arus di area utara terlihat semakin banyak dan bergerak dominan ke arah utara dan pada area Pelabuhan Tanjung Perak mengarah keluar area pemodelan.

Secara keseluruhan untuk pemodelan arus *Pre-Survey*, dapat diketahui bahwa variasi kecepatan dan arah arus terjadi di tiap pemodelan walaupun perubahan yang terjadi tidak terlihat signifikan. Rata-rata kecepatan arus di wilayah *sediment trap* memiliki rentang nilai 0 m/s hingga 0,4 m/s.

- **Post-Survey Kondisi 1**

Hasil dari pemodelan arus yang terdiri dari nilai kecepatan arus ditunjukkan dengan gradasi warna sedangkan vektor menunjukkan untuk arah gerakan arus dan besarnya nilai kecepatan arus pula. Berikut penjelasan pola arus yang terjadi pada *spring tide* dan *neap tide*:

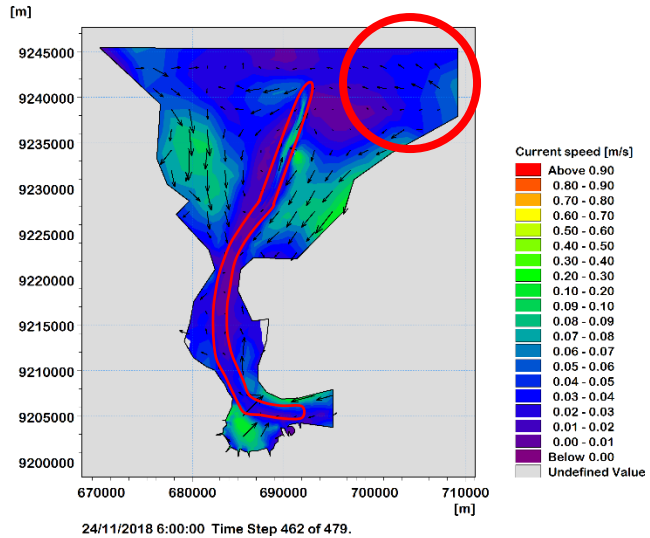
a. Kondisi Pasang Purnama (*Spring Tide*)



Gambar 4.14 Pola Arus *Post-Survey* Kondisi 1 Saat Pasang Purnama

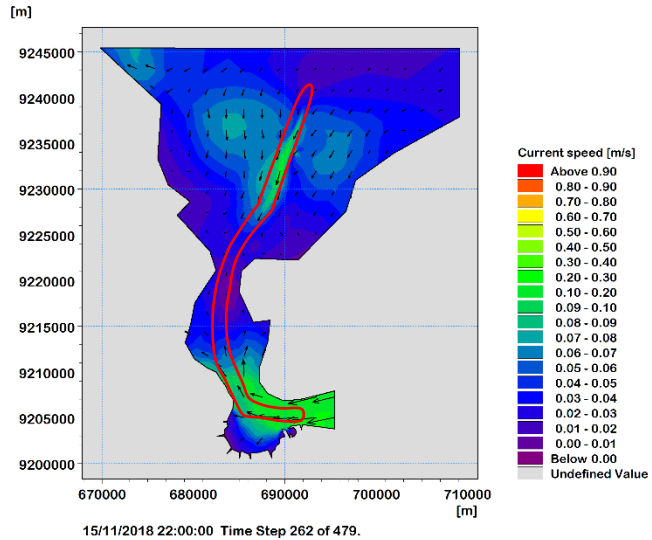
Kecepatan arus pada Gambar 4.14 berkisar 0 m/s hingga 0,3 m/s. Untuk daerah Alur Pelayaran khususnya daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,08 m/s hingga 0,2 m/s. Untuk arah arus yang terjadi yaitu arus memasuki area tengah pemodelan dan terjadi perputaran arus sehingga arus keluar melalui daerah barat laut area pemodelan.

b. Kondisi Surut Purnama (*Spring Tide*)



Gambar 4.15 Pola Arus *Post-Survey* Kondisi 1 Saat Surut Purnama

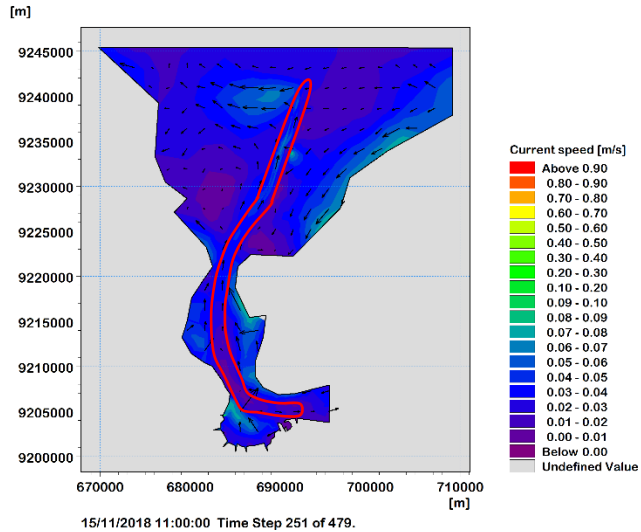
Kecepatan arus pada Gambar 4.15 berkisar 0 m/s hingga 0,4 m/s. Untuk daerah Alur Pelayaran khususnya daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0 m/s hingga 0,1 m/s. Pada gambar tersebut pun terjadi perputaran arus di area tengah pemodelan dan hanya sedikit arus yang keluar area pemodelan seperti yang ditunjukkan pada lingkaran merah.

c. Kondisi Pasang Perbani (*Neap Tide*)

Gambar 4.16 Pola Arus *Post-Survey* Kondisi 1 Saat Pasang Perbani

Kecepatan arus pada Gambar 4.16 berkisar 0 m/s hingga diatas 0,4 m/s dengan kecepatan maksimal berada di daerah tenggara dekat Pelabuhan Tanjung Perak dengan besar 0,1 m/s hingga 0,4 m/s. Untuk daerah Alur Pelayaran khususnya daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,08 m/s hingga 0,2 m/s. Untuk arah arus yang terjadi yaitu memasuki area pemodelan dan terlihat perbedaan yang cukup jelas yaitu arus yang masuk pada area utara pemodelan lebih kecil dibandingkan dengan arus yang masuk pada daerah Pelabuhan Tanjung Perak.

d. Kondisi Surut Perbani (*Neap Tide*)



Gambar 4.17 Pola Arus *Post-Survey* Kondisi 1 Saat Surut Purnama

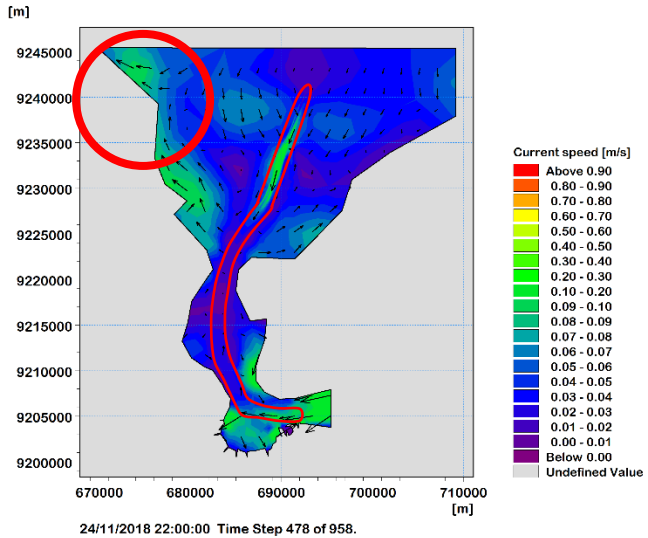
Kecepatan arus pada Gambar 4.17 berkisar 0 m/s hingga 0,1 m/s. Untuk daerah Alur Pelayaran khususnya daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,02 m/s hingga 0,05 m/s. untuk arah arus yang terjadi banyak perputaran baik di area dekat *sediment trap* dan di area tengah pemodelan.

Secara keseluruhan untuk pemodelan arus *Post-Survey* Kondisi 1, dapat diketahui bahwa variasi kecepatan dan arah arus terjadi di tiap pemodelan. Rata-rata kecepatan arus di wilayah Alur Pelayaran yang terdapat *sediment trap* memiliki rentang nilai 0 m/s hingga 0,2 m/s dengan arah arus yang bertabrakan pada selat, arus wilayah utara bergerak ke arah selatan memasuki selat dan arus wilayah selatan bergerak ke utara melalui selat.

- **Post-Survey Kondisi 2**

Hasil dari pemodelan arus yang terdiri dari nilai kecepatan arus ditunjukkan dengan gradasi warna sedangkan vektor menunjukkan untuk arah gerakan arus dan besarnya nilai kecepatan arus pula. Berikut penjelasan pola arus yang terjadi pada *spring tide* dan *neap tide*:

a. Kondisi Pasang Purnama (*Spring Tide*)

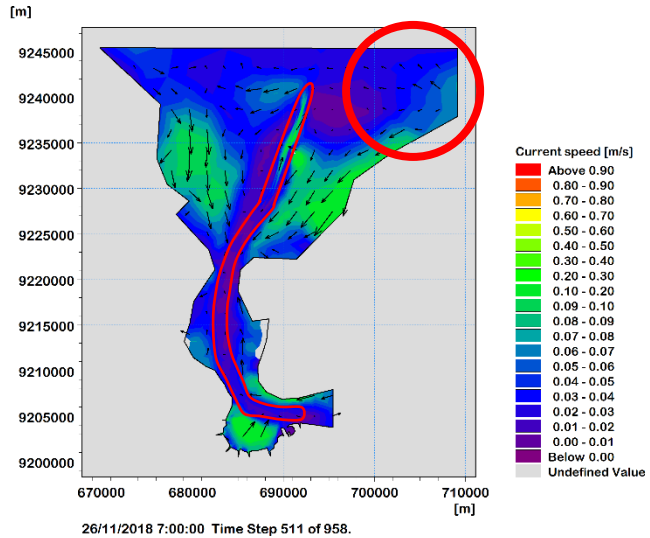


Gambar 4.18 Pola Arus *Post-Survey* Kondisi 2 Saat Pasang Purnama

Kecepatan arus pada Gambar 4.18 berkisar 0 m/s hingga 0,4 m/s. Untuk daerah Alur Pelayaran khususnya daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,08 m/s hingga 0,3 m/s. Untuk arah arus yang terjadi yaitu dominan masuk ke area pemodelan dengan sedikit arah arus yang keluar pemodelan melalui daerah barat laut area pemodelan seperti yang ditunjukkan pada lingkaran merah.

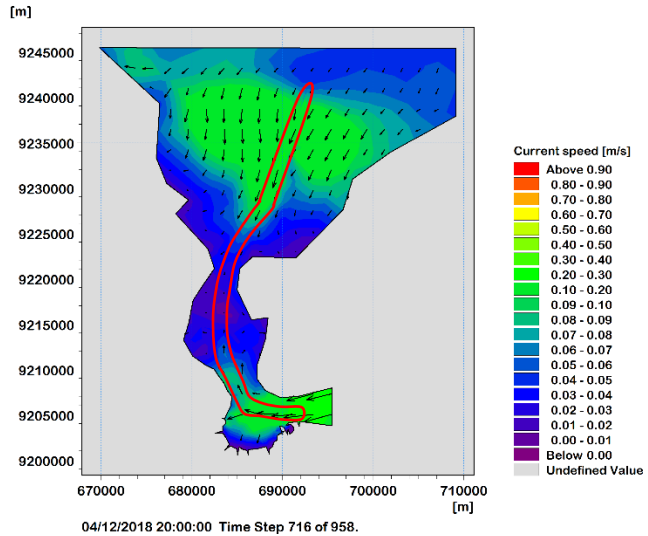


b. Kondisi Surut Purnama (*Spring Tide*)



Gambar 4.19 Pola Arus *Post-Survey* Kondisi 2 Saat Surut Purnama

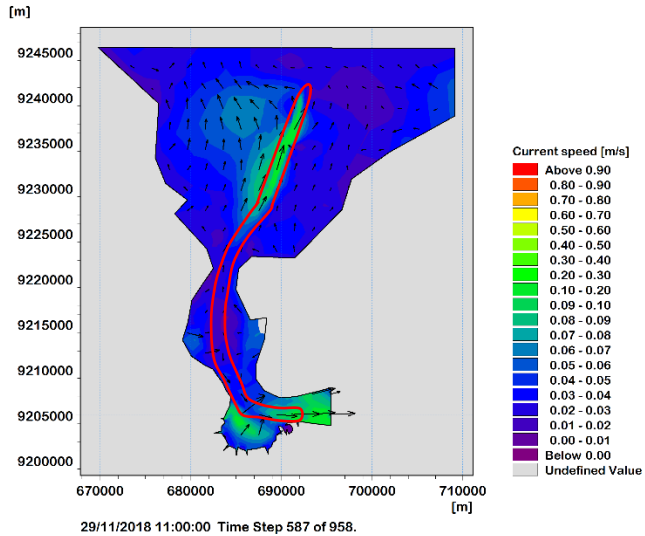
Kecepatan arus pada Gambar 4.19 berkisar 0 m/s hingga 0,4 m/s. Untuk daerah Alur Pelayaran khususnya daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,01 m/s hingga 0,2 m/s. Dengan arah arus dominan memasuki area pemodelan dan terjadi perputaran di area tengah pemodelan dan sedikit keluar melalui daerah timur laut ditunjukkan dengan lingkaran merah.

c. Kondisi Pasang Perbani (*Neap Tide*)

Gambar 4.20 Pola Arus *Post-Survey* Kondisi 2 Saat Pasang Perbani

Kecepatan arus pada Gambar 4.20 berkisar 0 m/s hingga 0,4 m/s. Untuk daerah Alur Pelayaran khususnya daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,1 m/s hingga 0,4 m/s. Untuk arah arus pun dominan memasuki area pemodelan dan sedikit keluar melalui area barat laut area pemodelan walaupun dapat dilihat juga bahwa arus yang terjadi pada daerah Pelabuhan lebih besar daripada area Alur Pelayaran yang memiliki *sediment trap*.

d. Kondisi Surut Perbani (*Neap Tide*)



Gambar 4.21 Pola Arus *Post-Survey* Kondisi 2 Saat Surut Perbani

Kecepatan arus pada Gambar 4.21 berkisar 0 m/s hingga 0,4 m/s. Untuk daerah Alur Pelayaran khususnya daerah yang memiliki *sediment trap* memiliki nilai dengan kisaran 0,05 m/s hingga 0,4 m/s dengan arah arus yang dominan keluar dari area pemodelan.

Secara keseluruhan untuk pemodelan arus *Post-Survey* Kondisi 2, dapat diketahui bahwa variasi kecepatan dan arah arus terjadi di tiap pemodelan. Rata-rata kecepatan arus di wilayah Alur Pelayaran yang terdapat *sediment trap* memiliki rentang nilai 0,01 m/s hingga 0,4 m/s dengan arah arus yang bertabrakan pada daerah selat, arus dari wilayah utara bergerak menuju selat dan sebagian berputar ke arah barah laut, sedangkan arus wilayah selatan bergerak ke arah utara melalui selat.

#### **4.4 Pemodelan Pola Sebaran Sedimen**

Selain parameter yang sudah disebutkan pada sub-bab sebelumnya, parameter lain yang digunakan dalam *input* model adalah ukuran butir sedimen yang didapatkan berdasarkan hasil dari Laporan Akhir Pekerjaan Boring Mesin di Laut yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah & Batuan FTSP-ITS, bahwa hasil dari analisa ukuran butir sedimen yang dilakukan di daerah perairan Alur Pelayaran Surabaya memiliki ukuran butir sedimen dengan ukuran dominan adalah 0,075 – 0,425 mm.

##### **4.4.1 Parameter Pemodelan Sedimen**

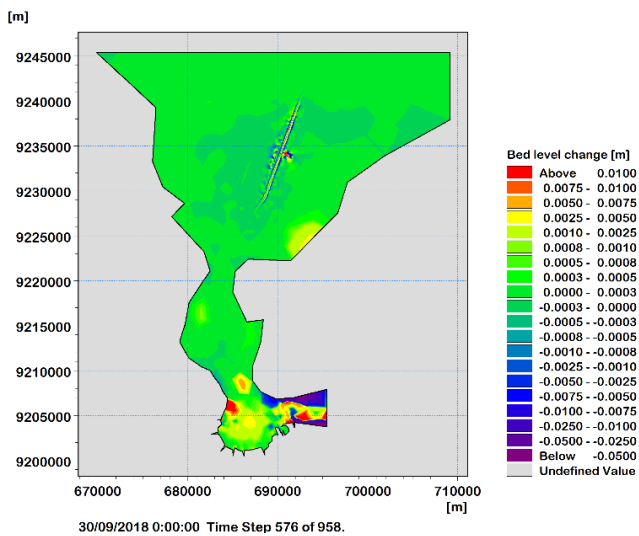
Pemodelan sedimen dilakukan dengan memasukan beberapa parameter seperti model hidrodinamika seperti arus, dan angin, serta data debit sungai (*river discharge*) sebagai pembangkit pemodelan sedimen. Simulasi dilakukan selama 40 hari dengan tambahan kondisi *spin up* dan *warming up* selama 5 hari diawal pemodelan seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya sehingga awal pemodelan dimulai pada *time step* 120 dengan interval pemodelan adalah 1 jam dengan jumlah total *time step* sebanyak 958.

##### **4.4.2 Analisis Pola Sebaran Sedimen**

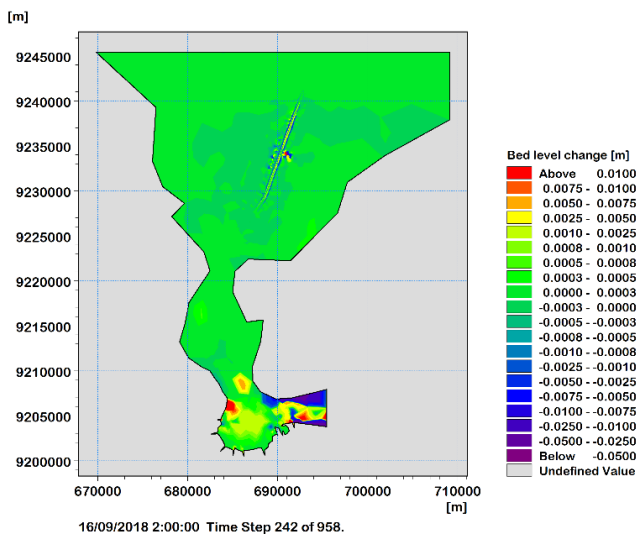
Analisis dilakukan dengan melihat 2 kondisi yaitu saat *spring tide* dan *neap tide* di masing-masing pemodelan, untuk waktu terjadinya *spring tide* dan *neap tide* seperti pada sub bab sebelumnya.

###### ***- Pre-Survey***

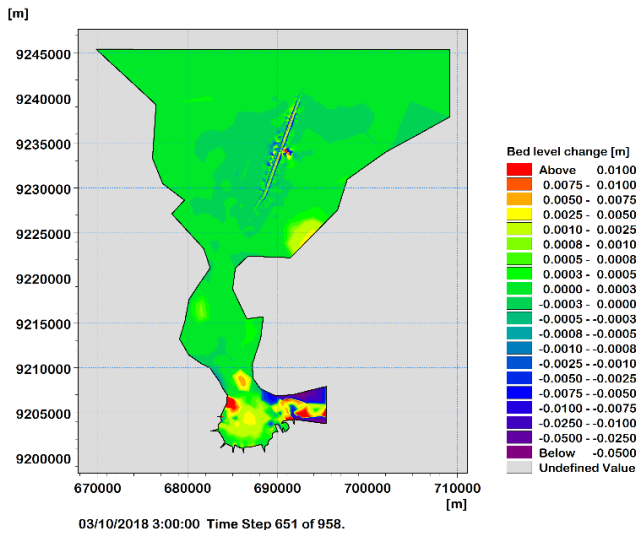
Gambar dibawah ini akan menjelaskan perubahan dasar laut akibat pergerakan sedimen yang terjadi selama kondisi awal, pasang purnama, surut purnama, pasang perbani, surut perbani.



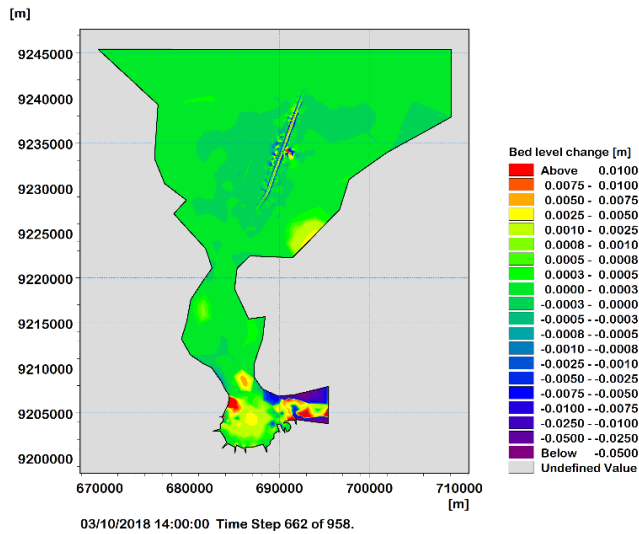
Gambar 4.22 Pasang Purnama Perubahan Dasar Laut



Gambar 4.23 Surut Purnama Perubahan Dasar Laut



Gambar 4.24 Pasang Perbani Perubahan Dasar Laut

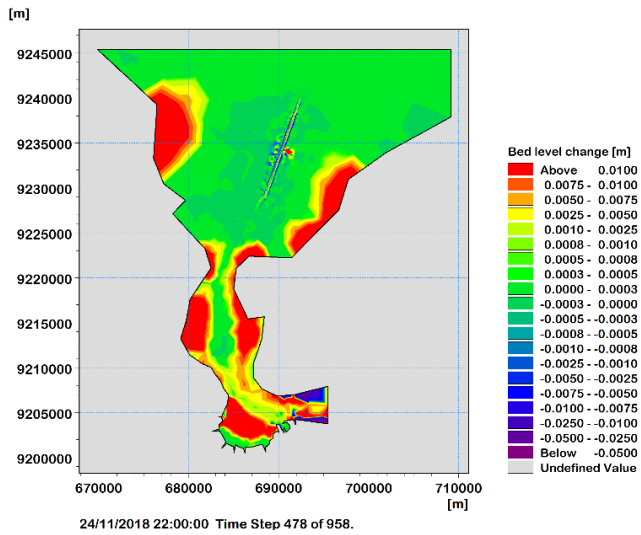


Gambar 4.25 Surut Perbani Perubahan Dasar Laut

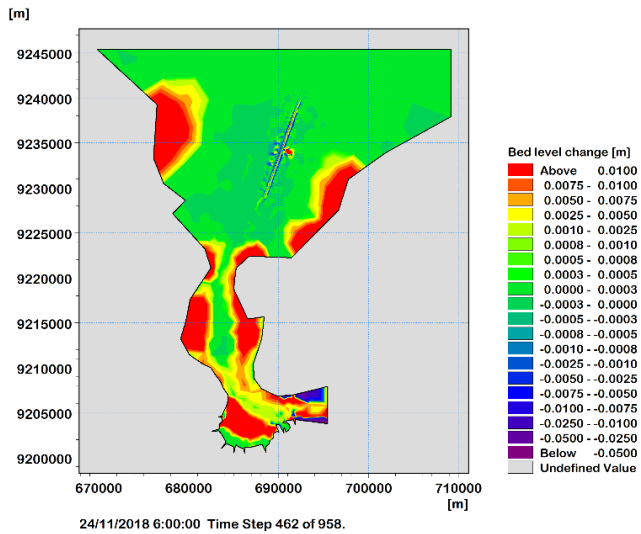
Pada Gambar 4.22 – 4.25 menunjukkan perubahan dasar laut yang terjadi pada kondisi *Pre-Survey*. Secara keseluruhan, terlihat hasil pemodelan menunjukkan besar perubahan dasar laut akibat pergerakan sedimen memiliki nilai penurunan hingga lebih dari -0,0500 m dan kenaikan hingga lebih dari 0,01 m. Walaupun pada hasil terlihat dominan nilai penurunan dan kenaikan secara urut adalah -0,0003 m dan 0,0003 m. Namun dapat dilihat juga kenaikan dan penurunan tersebut terjadi di area Alur Pelayaran dan area yang dekat dengan Pelabuhan Tanjung Perak. Hal ini diakibatkan karena pada pemodelan arus yang dihasilkan pada sub bab sebelumnya terjadi arus yang cukup besar di daerah dekat area Alur Pelayaran dan sekitar area Pelabuhan Tanjung Perak.

- ***Post-Survey Kondisi 1***

Gambar dibawah ini akan menjelaskan perubahan dasar laut akibat pergerakan sedimen yang terjadi selama kondisi awal, pasang purnama, surut purnama, pasang perbani, surut perbani.

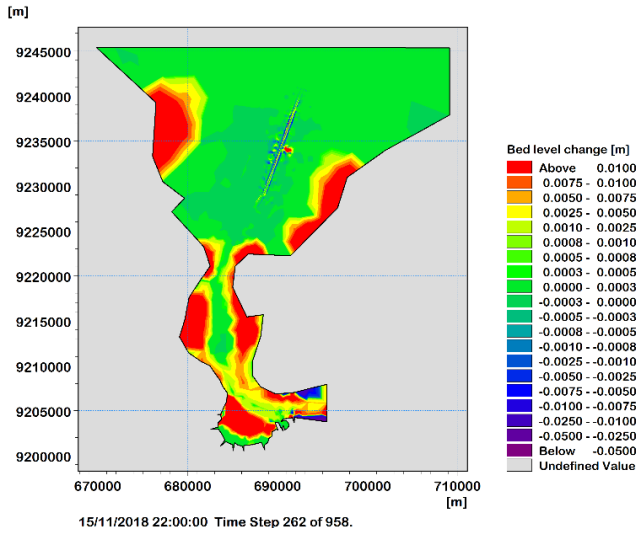


Gambar 4.26 Pasang Purnama Perubahan Dasar Laut

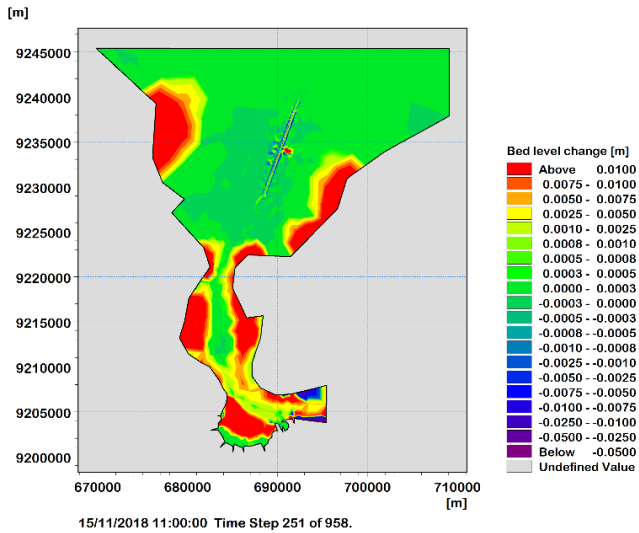


Gambar 4.27 Surut Purnama Perubahan Dasar Laut





Gambar 4.28 Pasang Perbani Perubahan Dasar Laut

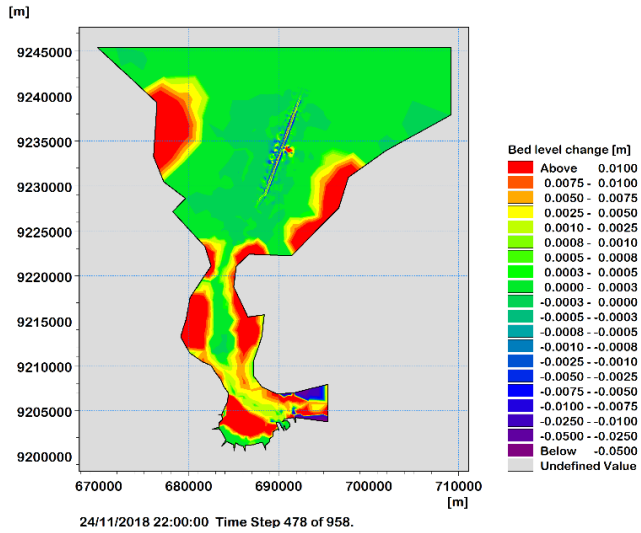


Gambar 4.29 Surut Perbani Perubahan Dasar Laut

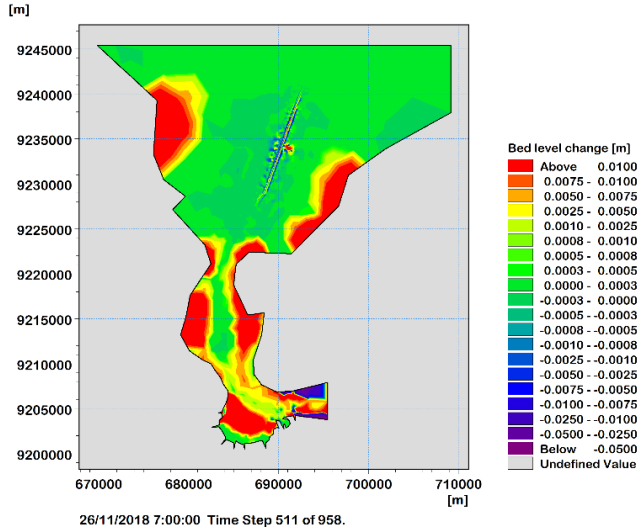
Pada Gambar 4.26 – 4.29 menunjukkan perubahan dasar laut yang terjadi pada *Post-Survey* kondisi 1. Secara keseluruhan, terlihat pada hasil pemodelan menunjukkan besar perubahan dasar laut akibat pergerakan sedimen memiliki nilai penurunan dan kenaikan yang lebih besar dan terjadi pada beberapa area. Hal ini diakibatkan oleh hasil pemodelan arus yang terjadi yaitu adanya perputaran arus khususnya pada saat pasang purnama dan surut purnama yang mengakibatkan area area tersebut mengalami kenaikan yang cukup besar. Untuk wilayah Alur Pelayaran yang memiliki *sediment trap* dan area sekitar Pelabuhan Tanjung Perak yang juga memiliki kenaikan dan penurunan dasar laut yang diakibatkan oleh keluar masuknya arus pada area pemodelan yang terjadi pada hasil pemodelan lainnya.

- ***Post-Survey Kondisi 2***

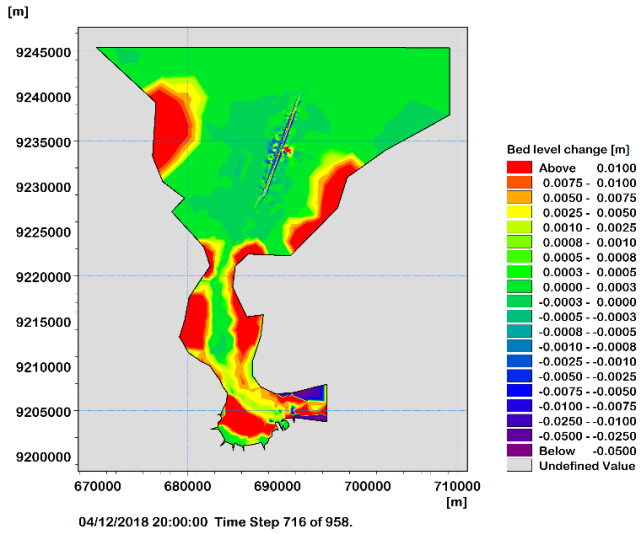
Gambar dibawah ini akan menjelaskan perubahan dasar laut akibat pergerakan sedimen yang terjadi selama kondisi awal, pasang purnama, surut purnama, pasang perbani, surut perbani.



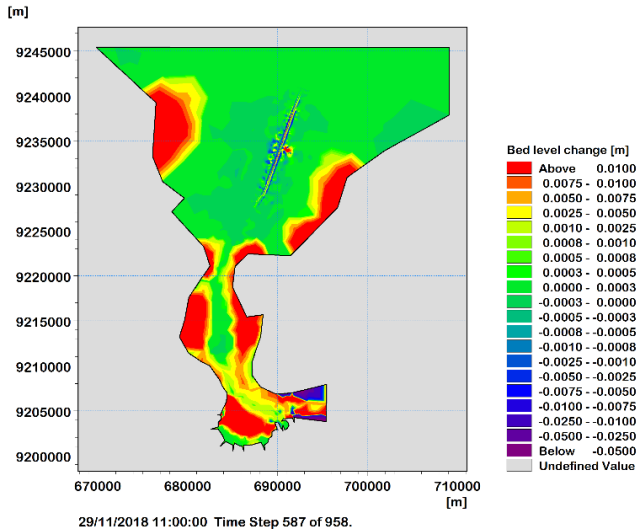
Gambar 4.30 Pasang Purnama Perubahan Dasar Laut



Gambar 4.31 Surut Purnama Perubahan Dasar Laut



Gambar 4.32 Pasang Perbani Perubahan Dasar Laut



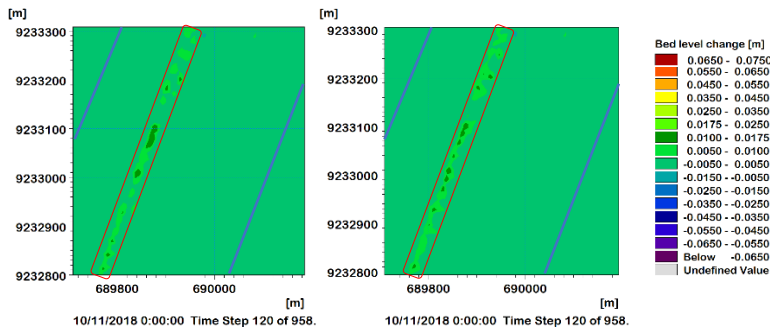
Gambar 4.33 Surut Perbani Perubahan Dasar Laut

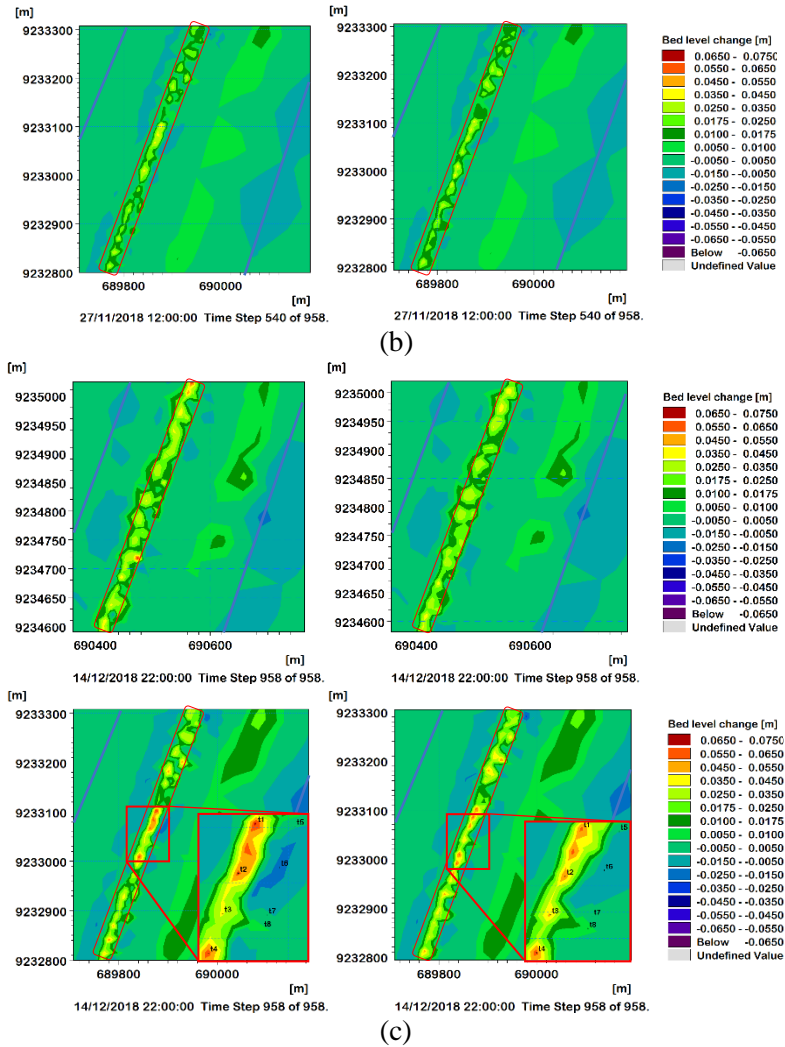
Pada Gambar 4.30 – 4.33 menunjukkan perubahan dasar laut yang terjadi pada *Post-Survey* Kondisi 2. Secara keseluruhan, hasil pemodelan dominan menunjukkan besar perubahan dasar laut akibat pergerakan sedimen memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dengan hasil *Post-Survey* Kondisi 1.

Hal ini diakibatkan perbedaan antara *Post-Survey* kondisi 1 dan kondisi 2 hanya pada penggunaan dari *sediment trap* pada Alur Pelayaran di wilayah utara.

#### 4.5 Analisa Dampak Sedimentasi Terhadap Alur

Perbedaan pada *Post-Survey* kondisi 1 dan kondisi 2 dibandingkan agar diketahui perubahan dasar laut yang terjadi sehingga dapat diketahui kondisi manakah yang lebih efektif dalam penggunaan *sediment trap* di Alur Pelayaran. Gambar 4.37 akan menjelaskan perubahan dasar laut yang terjadi pada wilayah Alur Pelayaran Barat Surabaya pada *Post-Survey* kondisi 1 dan kondisi 2 dimulai dengan kondisi: (a) *timestep* 120 (awal), (b) *timestep* 540 (tengah), dan (c) *timestep* 958 (akhir).

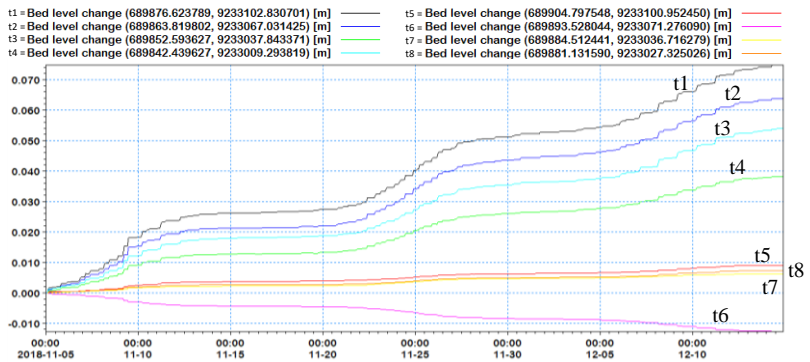




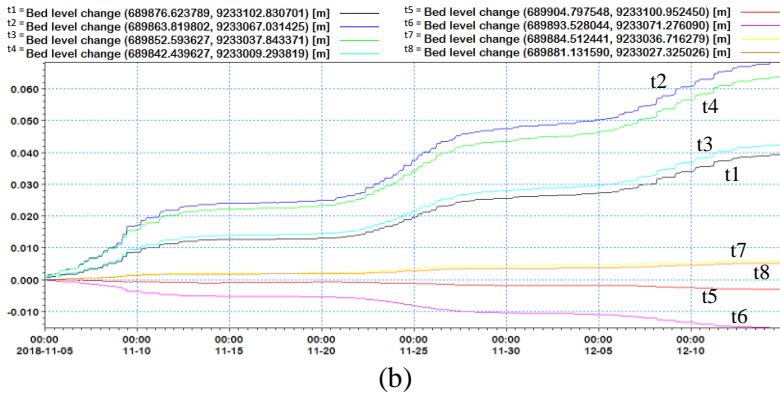
Gambar 4.37 Perubahan Dasar Laut. Kiri: Kondisi 1, Kanan: Kondisi 2, (a) *Timestep* 120, (b) *Timestep* 540, dan (c) *Timestep* 958

Terlihat pada Gambar 4.37, untuk garis biru menunjukkan batas dari area alur pelayaran, dan garis merah merupakan batas dari area *sediment trap*. Perubahan dasar laut yang dimulai dari *timestep* 120 (awal) sampai dengan *timestep* 958 (akhir) memiliki nilai penurunan hingga -0,065 meter yang ditunjukkan dengan warna ungu gelap dan kenaikan hingga 0,075 meter yang ditunjukkan dengan warna merah bata.

Pada *timestep* 120, dapat terlihat tidak ada perbedaan yang signifikan antara kondisi 1 dan kondisi 2, hingga *timestep* 540 mulai terlihat ada perubahan yang terjadi walaupun hanya sedikit bagian yang berbeda yaitu kondisi 2 memiliki daerah kenaikan yang lebih tersebar. Pada *timestep* 958 lebih terlihat perubahan bahwa kondisi 2 memiliki perubahan dasar laut yang lebih luas dibandingkan kondisi 1 (dapat dilihat di Gambar 4.37 bagian c). Dibawah ini akan diperlihatkan perbedaan ketinggian pada 8 titik sampel dari *timestep* 958 dengan rincian yaitu, 4 titik sampel di area *sediment trap* (t1 – t4) dan 4 titik sampel di area alur pelayaran (t5 – t8).



(a)

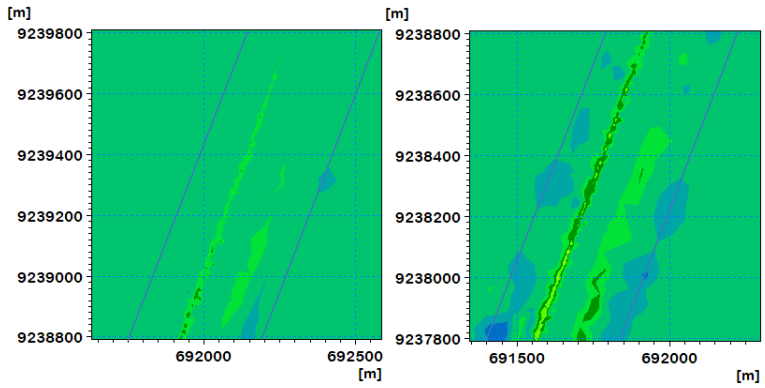


(b)  
Gambar 4.38 Titik Sampel Perubahan Kedalaman  
(a) *Post-Survey* kondisi 1 dan (b) *Post-Survey* kondisi 2

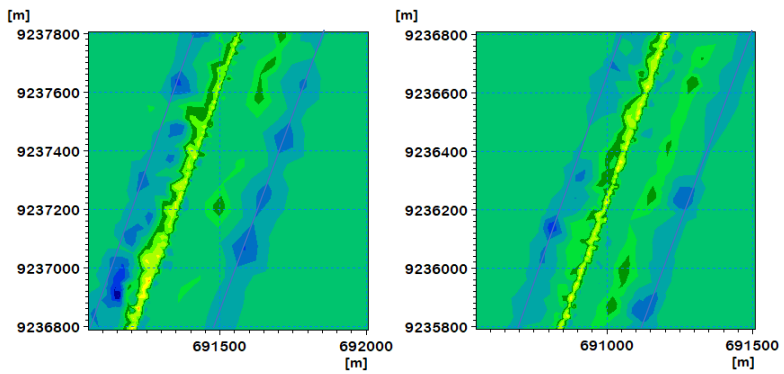
Pada Gambar 4.37 diatas menunjukkan untuk titik sampel daerah *sediment trap* dominan mengalami penambahan dasar kedalaman walaupun ada perbedaan penambahan pada gambar bagian (a) dan (b) yaitu titik t1 pada bagian (a) memiliki penambahan sebesar 0,072 meter dan pada (b) sebesar 0,040 meter dan t4 pada (a) sebesar 0,039 meter dan pada (b) sebesar 0,064 meter. Untuk area alur pelayaran mengalami penambahan rata rata sebesar 0,006 meter, namun ada pula yang mengalami pengurangan yaitu titik t6 sebesar -0,013 meter dan untuk t5 pada bagian (a) mengalami penambahan sebesar 0,001 meter dan pada (b) mengalami pengurangan sebesar -0,003 meter.

Titik sampel diatas adalah titik titik yang diambil di sekitaran daerah yang memiliki penambahan dasar kedalaman paling tinggi, namun keseluruhan area alur pelayaran akan ditunjukkan pada Gambar 4.38 dibawah ini.

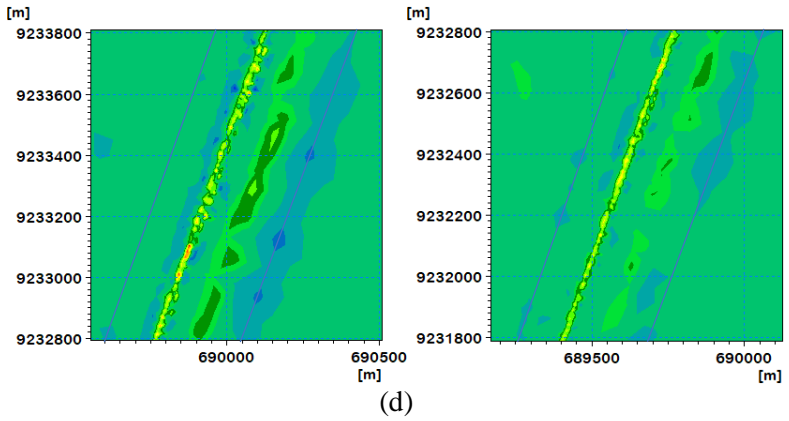
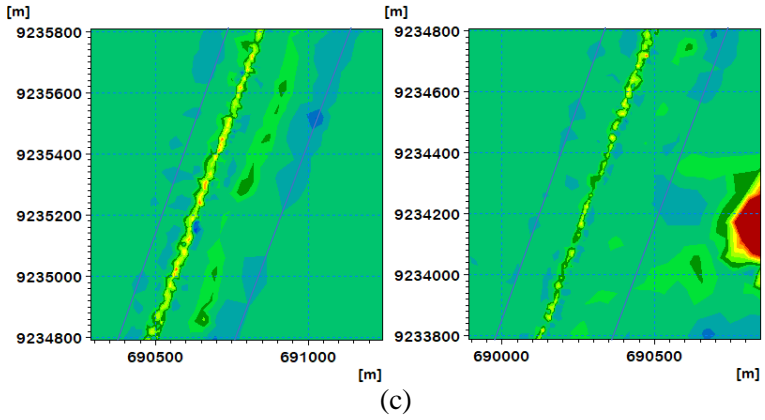


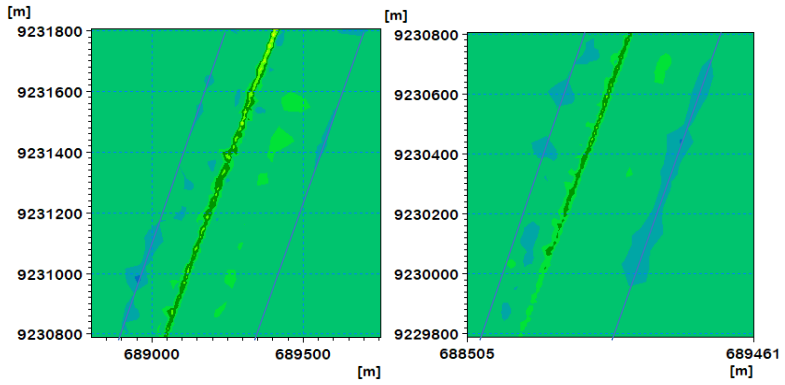


(a)

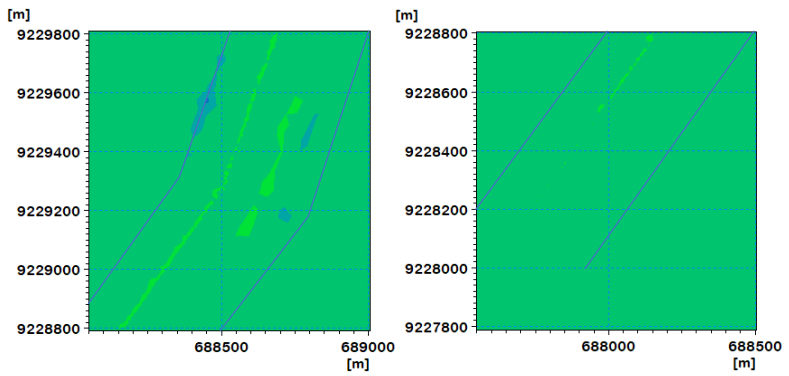


(b)

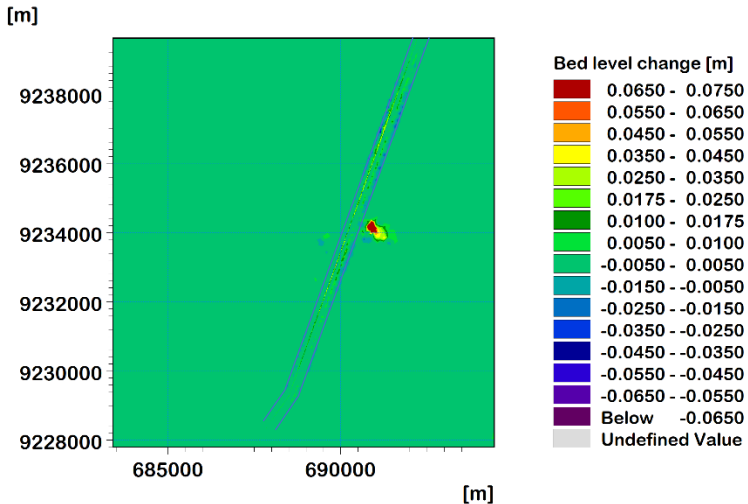




(e)



(f)



Gambar 4.39 Kondisi Keseluruhan Area Alur Pelayaran

Jika dilihat dari Gambar 4.39 bahwa area alur pelayaran ditunjukkan dengan batas garis biru, dan terlihat bahwa daerah yang dekat dengan garis batas dominan mengalami penurunan (ditunjukkan dengan gambar a – f) dengan nilai sebesar -0,015 hingga -0,025 meter. Sedangkan pada dasar area alur pelayaran mengalami penurunan sedikit disertai penambahan dimulai dari -0,005 meter hingga 0,0175 meter. Untuk daerah yang memiliki *sediment trap* itu sendiri dominan memiliki penambahan dimulai dari 0,005 meter hingga 0,045 meter, hanya di beberapa bagian yang memiliki penambahan 0,045 meter hingga 0,075 meter seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.37.

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

- a. Dari hasil pemodelan didapatkan bahwa secara keseluruhan pada *Pre-Survey* memiliki nilai yang dominan di penurunan maupun kenaikan dasar laut akibat pergerakan sedimen yaitu dengan nilai penurunan sebesar  $-0,0003$  m dan kenaikan  $0,0003$  m walaupun ada kenaikan dan penurunan maksimal hanya pada area sekitar Pelabuhan Tanjung Perak, untuk *Post-Survey* kondisi 1 dan 2 secara keseluruhan pun memiliki hasil pemodelan yang dominan terlihat sama yaitu penurunan dasar laut senilai  $-0,0003$  m dan kenaikan  $0,0005$  m serta terjadinya kenaikan di beberapa area dengan nilai maksimal diakibatkan arus yang mengarah dan berputar di area tersebut.
- b. Untuk melihat keefektifan *sediment trap* dapat dilihat dari adanya perbedaan antara *Post-Survey* kondisi 1 dan kondisi 2 dimulai dari awal pemodelan hingga akhir pemodelan. Pada area alur pelayaran memiliki nilai yang dominan hampir sama dimulai dari  $-0,005$  meter hingga  $0,0175$  meter. Nilai penambahan maksimal yang dimiliki oleh kondisi 1 senilai  $0,072$  meter sedangkan pada kondisi 2 senilai  $0,062$  meter pada area *sediment trap*. Walaupun kondisi 1 memiliki nilai maksimal yang lebih besar dari kondisi 2, hal tersebut hanya terjadi di beberapa titik saja, dan dikarenakan pada kondisi 1 memiliki *sediment trap* sehingga kenaikan dasar laut lebih terpusat ke beberapa titik dan tidak tersebar seperti yang terjadi pada kondisi 2.

#### **5.2 Saran**

- a. Penambahan parameter-parameter pemodelan seperti suhu, tekanan, dan salinitas (baroklinik) sebagai parameter

masuk model, agar pemodelan bisa lebih mendekati kondisi lapangan.

- b. Pembuatan *mesh* yang lebih rapat sehingga hasil pemodelan dapat lebih teliti.
- c. Memperpanjang waktu simulasi pemodelan, sehingga dapat dilakukan *monitoring* pada jangka waktu yang lama.





## DAFTAR PUSTAKA

- Alimuddin, Aisyah. 2012. "Pendugaan Sedimentasi Pada DAS Mamasa Di Kab. Mamasa Propinsi Sulawesi Barat." *Universitas Hasanudin Makassar*. Universitas Hasanudin Makasar.
- Cahyana, Chevy. 2005. "Model Hidrodinamika Laut." *Buletin LIMBAH* 9 (2): 24–31.
- Chai, T, and R R Draxler. 2014. "Root Mean Square Error ( RMSE ) or Mean Absolute Error ( MAE )? – Arguments against Avoiding RMSE in the Literature," no. 2005: 1247–50. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>.
- Chen, Changsheng, Robert C. Beardsley, and Geffrey Cowles. 2006. "An Unstructured-Grid, Finite-Volume Coastal Ocean Model (FVCOM) System" 19 (1): 78–89.
- Curran, Joanna Crowe, and Jack Sharp. 1997. "Hydrogeologic Delineation of Habitats for Endangered Species : The Comal Springs / River System," no. January. <https://doi.org/10.1007/s002540050128>.
- Graf, W H, and M S Altinakar. 1998. "Transport of Sediments" II.
- Gunarso, Damianus Bobby Wahyu. 2012. "Pemetaan Arus Dan Pasut Laut Dengan Metode Pemodelan Hidrodinamika Dan Pemanfaatannya Dalam Analisis Perubahan Garis Pantai." Institut Teknologi Bandung.
- Hafli, T. Mudi. 2014. "Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Konstruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft3D." Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.
- Hutanti, Krisma. 2018. "Analisis Pola Sebaran Sedimen Untuk Mendukung Pemeliharaan Pelabuhan Menggunakan Pemodelan Hidrodinamika 3D (Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya)." Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- IDEQ Storm Water Best Management Practices Catalog. 2005. "Sedimentation Trap ( Basin ) Description."

- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. 2016. *Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia*.
- Khotimah, Mia Khusnul. 2012. "Validasi Tinggi Gelombang Signifikan Model Gelombang Windwave-5 Dengan Menggunakan Hasil Pengamatan Satelit Altimetri Multimisi." Universitas Indonesia.
- Kramadibrata, Soedjono. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: ITB.
- Krisetyana, Hari. 2008. "Tingkat Efisiensi Penggelontoran Endapan Sedimen Di Waduk PLTA PB. Sudirman." Universitas Diponegoro Semarang.
- Kurniawan, Akbar, and Ramanda Aji Pradana. 2016. "Pemodelan Aliran Material Sedimen Akibat Arus Pasang Surut Untuk Pemeliharaan Kedalaman Perairan Pelabuhan (Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak-Teluk Lamong, Surabaya)." *Geoid* 12 (1): 60–67.
- Laboratorium Mekanika Tanah & Batuan. 2014. "Laporan Akhir Pekerjaan Boring Mesin Di Laut." Surabaya.
- Medium Corporation. 2016. "MAE and RMSE — Which Metric Is Better? Mean Absolute Error versus Root Mean Squared Error." 2016. <https://medium.com/human-in-a-machine-world/mae-and-rmse-which-metric-is-better-e60ac3bde13d>.
- Minarrohman, Muhammad Ghilman Kamal. 2017. "Simulasi Arus Dan Distribusi Sedimen Secara 3 Dimensi Di Pantai Selatan Jawa." Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. [its.ac.id](http://its.ac.id).
- National Ocean Service. 2016. "Currents." 2016. [https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial\\_currents/](https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/).
- Novico, Franto, Prijantono Astjario, and Huda Bachtiar. 2013. "Kondisi Arus Pasang Surut Dan Erosi-Sedimentasi Di Sekitar Garis Pantai Depan PLTU Tarahan Lampung Menggunakan Delft3D Versi 3.28." *Geologi Kelautan* 11 (1): 39–54.
- Poerbondono, and Eka Djunasjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Edited by Rose Herlina. Pertama. Bandung: PT. Refika Aditama.

- Pratomo, Dinar Guruh. 2017. "Bahan Ajar Fitur Dasar Laut." Surabaya: Teknik Geomatika ITS Surabaya.
- PT APBS. 2018. "PT APBS." 2018. [www.ptapbs.com](http://www.ptapbs.com).
- Surbakti, Heron. 2015. "Penuntun Praktikum Oseanografi Fisika." Palembang.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Wentworth, C.K. 1922. "Wentworth Scale: A Scale of Grade and Class Terms of Clastic Sediments." *The Journal of Geology* 30 (5): 377–92.
- Wirosoedarmo, Ruslan, Alexander Tunggul Sutan Haji, and Estin D. Kristanti. 2008. "Perilaku Sedimentasi Dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Saluran Pada Jaringan Irigasi Waru-Turi Kanan Kediri." *Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 12 No.1 (April 211)* 68-75 12 (1): 68–75.
- Zakaria, Ahmad. 2012. *Rekayasa Pantai Dan Pelabuhan*. Lampung.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Data Pasang Surut Observasi Perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya Tanjung Perak Terhadap Nol Rambu

<b>PreSurvey (20 September – 3 Oktober 2018)</b>														
<b>Waktu</b>	<b>Tanggal</b>													
	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>00:00</b>	1.390	1.480	1.470	1.520	1.490	1.550	1.630	1.750	1.910	2.000	2.080	1.990	1.830	1.660
<b>01:00</b>	1.380	1.440	1.390	1.460	1.420	1.420	1.500	1.580	1.730	1.860	2.010	2.080	2.020	1.710
<b>02:00</b>	1.370	1.360	1.270	1.280	1.280	1.290	1.380	1.410	1.490	1.670	1.750	1.940	2.050	1.920
<b>03:00</b>	1.330	1.270	1.160	1.060	1.090	1.110	1.160	1.210	1.340	1.490	1.530	1.710	1.900	1.990
<b>04:00</b>	1.360	1.210	1.150	0.980	0.930	0.890	0.870	0.930	1.080	1.240	1.380	1.510	1.680	1.830
<b>05:00</b>	1.470	1.280	1.210	1.000	0.920	0.850	0.740	0.740	0.780	0.910	1.100	1.340	1.480	1.670
<b>06:00</b>	1.610	1.450	1.290	1.130	1.000	0.900	0.780	0.700	0.640	0.670	0.800	1.110	1.290	1.510
<b>07:00</b>	1.730	1.600	1.470	1.330	1.150	1.040	0.870	0.730	0.690	0.620	0.680	0.820	1.070	1.330
<b>08:00</b>	1.670	1.720	1.700	1.620	1.460	1.270	1.020	0.840	0.740	0.650	0.700	0.680	0.850	1.110
<b>09:00</b>	1.480	1.720	1.810	1.910	1.800	1.630	1.360	1.140	0.890	0.730	0.740	0.660	0.740	0.880
<b>10:00</b>	1.300	1.560	1.730	1.930	1.970	1.950	1.770	1.470	1.160	0.890	0.810	0.730	0.730	0.810
<b>11:00</b>	1.060	1.280	1.510	1.680	1.870	1.980	1.950	1.740	1.470	1.170	0.930	0.720	0.710	0.740
<b>12:00</b>	0.760	0.970	1.220	1.320	1.580	1.760	1.830	1.770	1.690	1.420	1.090	0.780	0.690	0.680
<b>13:00</b>	0.560	0.690	0.840	0.970	1.300	1.430	1.510	1.580	1.610	1.480	1.220	0.860	0.650	0.550
<b>14:00</b>	0.410	0.420	0.500	0.630	0.950	1.120	1.220	1.360	1.420	1.420	1.260	0.920	0.700	0.420
<b>15:00</b>	0.360	0.270	0.270	0.320	0.550	0.770	0.980	1.160	1.280	1.350	1.290	1.040	0.800	0.470
<b>16:00</b>	0.340	0.290	0.200	0.200	0.290	0.440	0.640	0.860	1.080	1.250	1.280	1.200	0.980	0.670
<b>17:00</b>	0.450	0.400	0.280	0.300	0.290	0.350	0.380	0.570	0.810	1.070	1.250	1.290	1.180	0.990

<b>PreSurvey (20 September – 3 Oktober 2018)</b>														
<b>Waktu</b>	<b>Tanggal</b>													
	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>18:00</b>	0.650	0.570	0.510	0.500	0.420	0.460	0.390	0.510	0.670	0.880	1.160	1.280	1.350	1.300
<b>19:00</b>	0.930	0.920	0.780	0.730	0.670	0.620	0.620	0.660	0.760	0.890	1.080	1.210	1.420	1.510
<b>20:00</b>	1.210	1.240	1.130	1.070	0.990	0.920	0.960	0.900	0.910	1.060	1.140	1.250	1.400	1.570
<b>21:00</b>	1.390	1.400	1.390	1.360	1.340	1.310	1.320	1.200	1.200	1.260	1.280	1.350	1.400	1.530
<b>22:00</b>	1.440	1.480	1.530	1.530	1.590	1.630	1.620	1.610	1.570	1.520	1.460	1.440	1.510	1.530
<b>23:00</b>	1.460	1.510	1.550	1.550	1.650	1.720	1.800	1.920	1.890	1.850	1.720	1.670	1.620	1.540

<b>Post-Survey (15 November – 5 Desember 2018)</b>											
<b>Waktu</b>	<b>Tanggal</b>										
	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>00:00</b>	1.75	1.61	1.56	1.53	1.50	1.50	1.67	-	1.85	2.11	2.23
<b>01:00</b>	1.75	1.52	1.42	1.33	1.31	1.26	1.32	-	1.53	1.69	1.83
<b>02:00</b>	1.64	1.52	1.34	1.27	1.12	1.09	0.96	-	1.07	1.28	1.45
<b>03:00</b>	1.57	1.52	1.34	1.18	1.05	0.94	0.77	-	0.74	0.86	1.06
<b>04:00</b>	1.49	1.44	1.37	1.14	0.99	0.83	0.69	-	0.50	0.51	0.61
<b>05:00</b>	1.35	1.43	1.36	1.24	1.05	0.84	0.66	-	0.42	0.34	0.35
<b>06:00</b>	1.16	1.31	1.38	1.35	1.19	0.97	0.75	-	0.39	0.27	0.27
<b>07:00</b>	0.90	1.12	1.32	1.38	1.29	1.13	1.01	-	0.46	0.27	0.20
<b>08:00</b>	0.69	0.93	1.15	1.33	1.38	1.33	1.35	1.02	0.70	0.38	0.22
<b>09:00</b>	0.58	0.74	0.99	1.19	1.40	1.42	1.58	1.48	1.15	0.76	0.42
<b>10:00</b>	0.49	0.60	0.83	1.02	1.26	1.37	1.59	1.64	1.43	1.16	0.73
<b>11:00</b>	0.51	0.53	0.66	0.84	1.06	1.25	1.40	1.57	1.57	1.44	1.09
<b>12:00</b>	0.53	0.50	0.49	0.66	0.81	1.03	-	1.43	1.51	1.54	1.38
<b>13:00</b>	0.63	0.51	0.49	0.51	0.65	0.83	-	1.22	1.38	1.49	1.42
<b>14:00</b>	0.81	0.59	0.56	0.47	0.58	0.69	-	0.98	1.23	1.35	1.43
<b>15:00</b>	0.96	0.84	0.72	0.64	0.60	0.64	-	0.83	1.03	1.13	1.38
<b>16:00</b>	1.09	1.07	0.96	0.90	0.78	0.76	-	0.86	0.89	1.00	1.27
<b>17:00</b>	1.21	1.21	1.20	1.10	1.09	0.99	-	0.99	1.01	1.01	1.21
<b>18:00</b>	1.35	1.40	1.47	1.35	1.38	1.38	-	1.25	1.24	1.18	1.25
<b>19:00</b>	1.53	1.54	1.58	1.64	1.75	1.75	-	1.71	1.55	1.37	1.36
<b>20:00</b>	1.62	1.64	1.66	1.83	1.93	2.02	-	2.17	2.05	1.81	1.56
<b>21:00</b>	1.71	1.73	1.73	1.86	1.97	2.16	-	2.40	2.41	2.38	2.06
<b>22:00</b>	1.77	1.74	1.77	1.79	1.87	2.13	-	2.35	2.49	2.63	2.50
<b>23:00</b>	1.70	1.65	1.72	1.68	1.73	1.96	-	2.14	2.40	2.54	2.67
<b>Post-Survey (15 November – 5 Desember 2018)</b>											
<b>Waktu</b>	<b>Tanggal</b>										
	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>00:00</b>	2.46	2.49	2.44	2.08	1.74	1.49	1.40	1.44	1.51	1.62	
<b>01:00</b>	2.09	2.34	2.36	2.18	1.81	1.49	1.27	1.20	1.16	1.23	
<b>02:00</b>	1.74	1.96	2.12	2.12	1.82	1.58	1.23	1.04	0.90	0.90	
<b>03:00</b>	1.34	1.56	1.80	1.89	1.87	1.57	1.25	1.02	0.75	0.68	
<b>04:00</b>	0.90	1.26	1.46	1.65	1.76	1.57	1.31	1.03	0.71	0.63	
<b>05:00</b>	0.50	0.87	1.16	1.41	1.50	1.51	1.38	1.10	0.80	0.61	
<b>06:00</b>	0.25	0.51	0.82	1.09	1.32	1.36	1.40	1.20	0.95	0.63	
<b>07:00</b>	0.20	0.33	0.57	0.74	1.11	1.25	1.30	1.34	1.12	0.76	
<b>08:00</b>	0.19	0.23	0.45	0.52	0.81	1.09	1.24	1.35	1.31		
<b>09:00</b>	0.21	0.20	0.37	0.45	0.57	0.92	1.09	1.29	1.37		
<b>10:00</b>	0.43	0.29	0.29	0.39	0.56	0.77	0.99	1.14	1.34		

<b>Post-Survey (15 November – 5 Desember 2018)</b>											
<b>Waktu</b>	<b>Tanggal</b>										
	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
<b>11:00</b>	0.74	0.43	0.33	0.40	0.44	0.61	0.87	0.99	1.20		
<b>12:00</b>	1.01	0.68	0.43	0.48	0.44	0.47	0.72	0.88	1.04		
<b>13:00</b>	1.26	1.06	0.64	0.58	0.54	0.46	0.66	0.81	0.95		
<b>14:00</b>	1.34	1.29	0.98	0.78	0.61	0.61	0.67	0.70	0.90		
<b>15:00</b>	1.36	1.36	1.29	1.09	0.83	0.77	0.80	0.77	0.85		
<b>16:00</b>	1.30	1.38	1.38	1.26	1.16	1.04	1.01	1.02	0.95		
<b>17:00</b>	1.20	1.37	1.45	1.38	1.43	1.39	1.28	1.24	1.19		
<b>18:00</b>	1.24	1.40	1.46	1.50	1.59	1.68	1.62	1.51	1.55		
<b>19:00</b>	1.38	1.45	1.50	1.66	1.71	1.87	1.98	1.86	1.93		
<b>20:00</b>	1.56	1.54	1.60	1.71	1.72	1.94	2.07	2.10	2.20		
<b>21:00</b>	1.92	1.67	1.69	1.72	1.74	1.86	2.04	2.11	2.23		
<b>22:00</b>	2.32	1.96	1.77	1.69	1.73	1.74	1.92	2.02	2.13		
<b>23:00</b>	2.43	2.33	1.89	1.71	1.60	1.58	1.71	1.81	1.92		

### Lampiran 2. Data Angin Per 3 Jam Perairan Alur Pelayaran Barat Surabaya (ECMWF)

<b>Data Angin Pre-Survey (6 September - 15 Oktober 2018)</b>							
<b>Tgl</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kecepatan</b>	<b>Arah</b>	<b>Tgl</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kecepatan</b>	<b>Arah</b>
		<b>(m/s)</b>	<b>(derajat)</b>			<b>(m/s)</b>	<b>(derajat)</b>
<b>6</b>	00:00	3.62	141.76	<b>26</b>	00:00	2.91	148.25
	06:00	4.26	85.69		06:00	3.78	74.19
	12:00	4.00	70.29		12:00	4.02	63.55
	18:00	4.14	107.74		18:00	3.87	110.74
<b>7</b>	00:00	4.08	139.70	<b>27</b>	00:00	3.07	142.45
	06:00	5.04	96.15		06:00	2.84	77.38
	12:00	3.86	100.62		12:00	4.26	76.97
	18:00	3.66	138.57		18:00	4.02	133.71
<b>8</b>	00:00	4.00	149.04	<b>28</b>	00:00	4.09	145.79
	06:00	4.35	91.98		06:00	3.43	88.33
	12:00	4.47	84.48		12:00	4.11	74.33
	18:00	4.30	122.38		18:00	3.92	110.02
<b>9</b>	00:00	3.57	135.36	<b>29</b>	00:00	3.45	145.65
	06:00	5.15	78.12		06:00	3.47	82.87
	12:00	4.56	84.34		12:00	4.06	72.36
	18:00	4.14	121.79		18:00	3.76	131.14
<b>10</b>	00:00	4.08	142.40	<b>30</b>	00:00	3.81	133.22
	06:00	5.39	89.57		06:00	4.21	73.45
	12:00	5.47	91.89		12:00	4.19	71.04
	18:00	4.16	132.68		18:00	4.14	108.62

<b>Data Angin Pre-Survey (6 September - 15 Oktober 2018)</b>							
<b>Tgl</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kecepatan</b>	<b>Arah</b>	<b>Tgl</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kecepatan</b>	<b>Arah</b>
		<b>(m/s)</b>	<b>(derajat)</b>			<b>(m/s)</b>	<b>(derajat)</b>
<b>11</b>	00:00	3.68	142.97	<b>1</b>	00:00	3.32	133.80
	06:00	4.75	83.23		06:00	3.47	73.75
	12:00	3.87	78.22		12:00	4.05	69.76
	18:00	2.44	127.87		18:00	3.74	129.71
<b>12</b>	00:00	3.08	171.07	<b>2</b>	00:00	3.36	143.87
	06:00	2.69	79.52		06:00	4.15	69.68
	12:00	3.65	71.95		12:00	4.47	67.50
	18:00	3.83	136.61		18:00	4.03	119.57
<b>13</b>	00:00	3.58	161.80	<b>3</b>	00:00	3.48	143.78
	06:00	3.26	83.13		06:00	3.13	88.90
	12:00	4.28	76.61		12:00	4.39	72.63
	18:00	3.34	132.11		18:00	4.03	120.91
<b>14</b>	00:00	3.62	150.78	<b>4</b>	00:00	4.19	130.37
	06:00	3.99	91.01		06:00	3.49	71.45
	12:00	4.30	81.72		12:00	5.08	73.63
	18:00	4.04	123.51		18:00	4.30	110.30
<b>15</b>	00:00	3.72	146.77	<b>5</b>	00:00	4.16	116.39
	06:00	3.90	85.00		06:00	3.09	71.67
	12:00	4.49	79.08		12:00	3.83	73.78
	18:00	4.45	119.81		18:00	4.32	127.02
<b>16</b>	00:00	3.54	148.76	<b>6</b>	00:00	3.65	137.80
	06:00	5.58	84.96		06:00	5.07	83.99
	12:00	4.49	82.19		12:00	4.49	82.97
	18:00	3.93	116.64		18:00	4.33	122.75
<b>17</b>	00:00	3.59	153.18	<b>7</b>	00:00	3.70	141.17
	06:00	4.31	79.96		06:00	4.77	88.32
	12:00	4.43	80.26		12:00	5.02	84.51
	18:00	3.79	114.82		18:00	4.61	127.61
<b>18</b>	00:00	3.98	139.20	<b>8</b>	00:00	4.56	143.06
	06:00	4.42	69.05		06:00	5.52	91.56
	12:00	4.52	71.68		12:00	4.89	86.25
	18:00	3.30	120.00		18:00	3.90	132.22
<b>19</b>	00:00	3.05	162.08	<b>9</b>	00:00	3.50	156.99
	06:00	3.30	45.84		06:00	4.08	86.06
	12:00	2.37	20.69		12:00	3.93	74.79
	18:00	2.01	134.62		18:00	3.72	143.43
<b>20</b>	00:00	2.44	148.62	<b>10</b>	00:00	2.88	159.53
	06:00	3.28	74.05		06:00	3.83	82.50
	12:00	3.27	56.20		12:00	4.20	75.79
	18:00	2.81	101.52		18:00	3.62	123.53



<b>Data Angin Pre-Survey (6 September - 15 Oktober 2018)</b>							
Tgl	Waktu	Kecepatan	Arah	Tgl	Waktu	Kecepatan	Arah
		(m/s)	(derajat)			(m/s)	(derajat)
21	00:00	2.20	138.72	11	00:00	3.22	149.25
	06:00	3.62	75.27		06:00	4.39	72.63
	12:00	3.84	71.32		12:00	3.89	68.90
	18:00	2.59	110.33		18:00	3.49	112.39
22	00:00	3.22	127.32	12	00:00	2.16	133.52
	06:00	3.60	82.18		06:00	3.15	52.46
	12:00	4.16	75.09		12:00	3.62	44.53
	18:00	3.96	114.31		18:00	2.44	120.58
23	00:00	3.55	146.16	13	00:00	2.43	166.00
	06:00	3.92	92.05		06:00	1.52	64.26
	12:00	4.31	85.48		12:00	3.71	39.07
	18:00	4.00	110.80		18:00	2.27	121.33
24	00:00	3.79	140.70	14	00:00	1.98	177.73
	06:00	5.36	86.26		06:00	3.26	45.10
	12:00	3.87	75.63		12:00	3.39	39.72
	18:00	3.69	128.75		18:00	1.94	130.85
25	00:00	3.45	150.35	15	00:00	1.82	177.53
	06:00	3.44	86.83		06:00	1.88	60.28
	12:00	3.87	75.31		12:00	3.25	57.17
	18:00	3.22	125.14		18:00	3.02	132.47

<b>Data Angin Post-Survey 5 Oktober - 15 Desember 2018</b>							
Tgl	Waktu	Kecepatan	Arah	Tgl	Waktu	Kecepatan	Arah
		(m/s)	(derajat)			(m/s)	(derajat)
5	00:00	1.85	117.69	25	00:00	0.83	177.97
	06:00	3.59	80.38		06:00	1.67	13.83
	12:00	3.06	61.49		12:00	0.29	133.62
	18:00	1.77	144.90		18:00	2.27	86.22
6	00:00	1.55	156.93	26	00:00	1.32	100.89
	06:00	2.30	65.87		06:00	2.87	72.31
	12:00	2.56	129.31		12:00	1.69	135.74
	18:00	2.06	160.19		18:00	0.92	175.69
7	00:00	1.47	160.62	27	00:00	1.14	122.87
	06:00	2.50	44.49		06:00	2.08	61.20
	12:00	3.11	98.13		12:00	1.69	90.68
	18:00	1.20	163.57		18:00	1.84	246.34
8	00:00	0.88	128.07	28	00:00	0.85	181.98
	06:00	2.01	20.02		06:00	1.65	346.00
	12:00	2.06	30.65		12:00	1.68	162.68
	18:00	1.52	167.92		18:00	1.08	146.34

<b>Data Angin Post-Survey 5 Oktober - 15 Desember 2018</b>							
<b>Tgl</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kecepatan</b>	<b>Arah</b>	<b>Tgl</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kecepatan</b>	<b>Arah</b>
		<b>(m/s)</b>	<b>(derajat)</b>			<b>(m/s)</b>	<b>(derajat)</b>
<b>9</b>	00:00	1.68	125.79	<b>29</b>	00:00	1.53	151.96
	06:00	2.74	61.64		06:00	1.87	59.18
	12:00	1.89	121.19		12:00	1.96	107.80
	18:00	2.21	162.67		18:00	0.73	86.08
<b>10</b>	00:00	1.97	127.18	<b>30</b>	00:00	1.40	72.98
	06:00	2.48	60.01		06:00	2.06	351.95
	12:00	2.07	12.79		12:00	0.56	224.25
	18:00	1.37	150.85		18:00	1.75	223.59
<b>11</b>	00:00	1.48	106.11	<b>1</b>	00:00	2.11	196.51
	06:00	2.91	52.95		06:00	0.56	67.06
	12:00	2.72	33.14		12:00	1.24	152.23
	18:00	0.76	265.48		18:00	1.13	168.33
<b>12</b>	00:00	1.16	168.05	<b>2</b>	00:00	1.69	128.04
	06:00	2.78	45.41		06:00	2.80	58.56
	12:00	2.69	82.32		12:00	2.16	117.05
	18:00	1.47	162.22		18:00	0.84	181.32
<b>13</b>	00:00	1.44	118.72	<b>3</b>	00:00	1.13	151.42
	06:00	2.47	51.07		06:00	1.70	59.19
	12:00	1.79	96.41		12:00	3.04	128.89
	18:00	2.29	160.10		18:00	2.47	147.24
<b>14</b>	00:00	1.76	129.03	<b>4</b>	00:00	3.04	130.62
	06:00	1.67	67.42		06:00	2.91	91.38
	12:00	0.84	350.47		12:00	2.54	99.28
	18:00	2.72	238.51		18:00	1.02	57.38
<b>15</b>	00:00	2.34	188.30	<b>5</b>	00:00	1.70	105.03
	06:00	2.47	78.09		06:00	2.21	53.27
	12:00	2.95	141.21		12:00	1.79	113.00
	18:00	2.56	191.45		18:00	2.04	146.81
<b>16</b>	00:00	2.60	156.92	<b>6</b>	00:00	0.94	173.30
	06:00	1.72	76.52		06:00	1.05	47.67
	12:00	3.34	103.34		12:00	1.32	176.14
	18:00	1.84	169.71		18:00	0.77	198.16
<b>17</b>	00:00	1.29	180.40	<b>7</b>	00:00	1.03	150.49
	06:00	2.16	74.41		06:00	1.85	63.28
	12:00	2.20	59.69		12:00	0.61	123.71
	18:00	1.47	120.24		18:00	1.80	293.88
<b>18</b>	00:00	1.35	179.20	<b>8</b>	00:00	1.96	131.51
	06:00	2.46	45.31		06:00	1.16	63.86
	12:00	0.95	100.96		12:00	1.22	17.65
	18:00	1.37	172.09		18:00	1.55	116.91

<b>Data Angin Post-Survey 5 Oktober - 15 Desember 2018</b>							
<b>Tgl</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kecepatan</b>	<b>Arah</b>	<b>Tgl</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kecepatan</b>	<b>Arah</b>
		<b>(m/s)</b>	<b>(derajat)</b>			<b>(m/s)</b>	<b>(derajat)</b>
<b>19</b>	00:00	0.76	260.16	<b>9</b>	00:00	0.62	187.43
	06:00	2.25	356.99		06:00	1.53	47.63
	12:00	1.71	317.64		12:00	1.21	112.96
	18:00	2.36	223.60		18:00	1.30	144.13
<b>20</b>	00:00	2.94	255.63	<b>10</b>	00:00	0.83	166.84
	06:00	2.41	293.18		06:00	1.57	332.00
	12:00	1.80	226.55		12:00	0.89	241.68
	18:00	2.28	247.02		18:00	1.82	211.74
<b>21</b>	00:00	2.33	239.57	<b>11</b>	00:00	0.92	219.70
	06:00	1.40	359.23		06:00	1.58	287.30
	12:00	2.39	311.63		12:00	1.01	126.55
	18:00	2.65	287.35		18:00	1.80	146.34
<b>22</b>	00:00	2.52	210.00	<b>12</b>	00:00	1.03	105.26
	06:00	1.78	98.41		06:00	2.94	17.41
	12:00	1.79	166.78		12:00	3.06	24.86
	18:00	1.76	197.78		18:00	1.83	104.58
<b>23</b>	00:00	2.46	182.05	<b>13</b>	00:00	1.07	167.57
	06:00	1.67	55.24		06:00	2.08	6.30
	12:00	2.28	56.78		12:00	2.44	291.12
	18:00	1.98	168.67		18:00	1.54	197.69
<b>24</b>	00:00	1.95	179.16	<b>14</b>	00:00	0.44	117.16
	06:00	1.79	29.40		06:00	1.97	11.10
	12:00	2.64	84.35		12:00	1.93	296.45
	18:00	1.58	169.86		18:00	2.02	242.91

## BIODATA PENULIS



Muhammad Rinaldi Fauzan Aziz, lahir di Jakarta 03 Juni 1997. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Nova Rusdiyanto dan Rina Kirana. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di TK Islam Permata Hati, SDN 02 Pagi, SMP Negeri 255 Jakarta, dan SMA Negeri 103 Jakarta. Setelah lulus dari SMA memilih melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program SNMPTN dan diterima di Teknik Geomatika FSTLK-ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03311540000014. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai Staff Ahli Pelatihan Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika (HIMAGE-ITS) Periode 2016/2017, dan berlanjut sebagai Kepala Biro Pemetaan Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMAGE-ITS periode 2017/2018, Penulis juga pernah menjadi anggota PSDM Swayanaka Surabaya Periode 2015/2016 dan 2016/2017. Selain itu, penulis juga aktif dalam dunia kepeemanduan LKMM di ITS dan menjadi Staff Badan Koordinasi Pemandu Fakultas Teknik Sipil Lingkungan - ITS periode 2016/2017, Penulis telah melakukan Kerja Praktik di Badan Informasi Geospasial (BIG) bidang Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika tahun 2018, Untuk menyelesaikan penelitian, penulis memilih bidang keahlian dalam Laboratorium Geomarine dengan spesifikasi bidang Hidrografi/Oseanografi dengan judul Optimasi Penggunaan Sediment Trap pada Alur Pelayaran Barat Surabaya Menggunakan Pemodelan Transpor Sedimen, Jika ingin menghubungi penulis, dapat menghubungi melalui email [mrfaziz255@gmail.com](mailto:mrfaziz255@gmail.com)