



TUGAS AKHIR - MO184804

ANALISA POLA ARUS DAN LAJU SEDIMENTASI DI DERMAGA C PT. PETROKIMIA GRESIK

Rendatiyarso Laksono
NRP. 0431164000018

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D
Dr. Ir. Wahyudi Citrosiswoyo, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknolgi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



FINAL PROJECT - MO 184804

CURRENT PATTERN AND SEDIMENTATION RATE ANALYSIS IN DERMAGA C PT. PETROKIMIA GRESIK

Rendatiyarso Laksono

NRP. 04311640000018

SUPERVISORS :

Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D

Dr. Ir. Wahyudi Citrosiswoyo, M.Sc.

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA POLA ARUS DAN LAJU SEDIMENTASI DI DERMAGA C
PT. PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

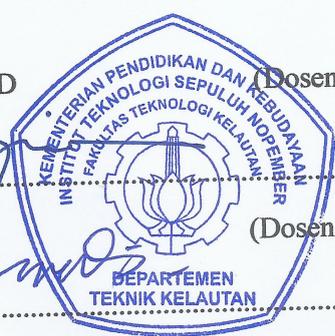
RENDATIYARSO LAKSONO

NRP. 04311640000018

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof.Ir.Widi Agoes Pratikto,M.Sc.,Ph.D (Dosen Pembimbing I)

Widi Agoes Pratikto



2. Dr.Ir.Wahyudi,M.Sc. (Dosen Pembimbing II)

Dr. Ir. Wahyudi

3. Sholihin, S.T., M.T (Dosen Penguji I)

Sholihin

4. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D (Dosen Penguji II)

Suntoyo

5. R. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D (Dosen Penguji III)

R. Haryo Dwito Armono

Surabaya, Januari 2020

**ANALISA POLA ARUS DAN LAJU SEDIMENTASI DI DERMAGA C
PT. PETROKIMIA GRESIK**

Nama Mahasiswa : Rendatiyarso Laksono
NRP : 0431164000018
Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof.Ir.Widi Agoes Pratikto,M.Sc.,Ph.D
Dr.Ir.Wahyudi,M.Sc

ABSTRAK

Dermaga C merupakan salah satu fasilitas pendukung di PT. Petrokimia Gresik yang berfungsi sebagai tempat bongkat muat barang dari kapal ke darat dan juga sebaliknya. Manfaat lain dari dermaga yaitu dapat meningkatkan kapasitas produksi perusahaan yang cukup signifikan. Agar kegiatan produktivitas dermaga tetap berjalan, maka perlu dilakukan perawatan secara berkala, salah satunya terkait perawatan sedimentasi di kolam labuh Dermaga C PT. Petrokimia Gresik. Dalam perawatan sedimentasi di kolam labuh perlu adanya kegiatan analisa pola arus dan laju sedimentasi terlebih dahulu, karena hal ini merupakan langkah awal untuk memprediksi berapa jumlah sedimentasi yang terdapat dalam kolam labuh dalam kurun waktu tertentu. Beberapa cara dapat dilakukan agar meminimalisir laju sedimentasi, salah satunya yaitu memodifikasi layout Dermaga C untuk mengurangi frekuensi pengerukan. Penelitian ini membandingkan volume sedimentasi pada jetty kondisi eksisting dan dua jetty alternatif yang terjadi akibat arus dan gelombang, dimana pemodelan dilakukan dengan menggunakan Mike 21. Hasil pemodelan jetty eksisting menunjukkan volume sedimentasi yang dilinierisasikan selama 12 bulan sebesar 20641.68 m³. Sedangkan volume sedimentasi dari jetty alternatif 1 dan 2 yang dihasilkan selama 12 bulan secara berturut-turut adalah 11293.56 m³ dan 7426.2 m³. Modifikasi bentuk jetty yang diberikan mampu mengurangi laju sedimentasi di kolam labuh Dermaga C, dengan pengurangan volume sedimentasi paling optimum selama 12 bulan sebesar 13215.48 m³.

Kata Kunci : Dermaga C, Laju Sedimentasi, Modifikasi Dermaga.

CURRENT PATTERN AND SEDIMENTATION RATE ANALYSIS IN DERMAGA C PT. PETROKIMIA GRESIK

Student Name : Rendatiyarso Laksono
Reg. Number : 04311640000018
Departement : Teknik Kelautan FTK-ITS
Supervisor : Prof.Ir.Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D
Dr.Ir.Wahyudi Citrosiswoyo, M.Sc

ABSTRACT

Dermaga C is one of the supporting facilities at PT. Petrokimia Gresik which functions as loading and unloading goods from ships to land and vice versa. Another benefit of the jetty is that it can significantly increase the company's production capacity. Dermaga C PT. Petrokimia Gresik. In the treatment of sedimentation in port it is necessary to analyze the current pattern and sedimentation rate early, because this is the first step to predict the amount of sedimentation contained in the port in a certain period of time. Several ways can be done to minimize the rate of sedimentation, one of which is the layout of Dermaga C to reduce the frequency of dredging. This study compares the sedimentation volume at the existing condition jetty and two alternative jetty that occur due to currents and waves, while modeling is done using Mike 21.

The results of the existing jetty modeling show the sedimentation volume for 12 months was 20641.68 m³. Whereas the sedimentation volume from alternative jetty 1 and 2 produced for 12 months was 11293.56 m³ and 7426.2 m³. Modifications to the layout of the jetty provided were able to reduce the rate of sedimentation in Dermaga C, with the most optimal sedimentation volume for 12 months at 13215.48 m³.

Keywords : Dermaga C, Sedimentation Rate, Jetty Modification.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas Akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan, dorongan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Mariso dan Sumarni selaku orang tua saya yang selalu menyayangi, mendoakan, dan memberikan motivasi dan dukungan secara moral maupun material kepada penulis agar penulis mampu menyelesaikan perkuliahan tahap sarjana serta Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Prof. Ir.Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1 dan profesor andalan penulis yang berkenan meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam penyelesaian masa studi dan Tugas Akhir ini, serta memberikan fasilitas ruangan yang sangat berguna dalam menunjang penulisan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ir. Wahyudi Citrosiswoyo, M. Sc., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Keluarga Besar Angkatan 2016 Teknik Kelautan FTK-ITS (ADHIWAMASTYA) atas kebersamaan dalam segala canda, tawa, tangis, susah, dan senang yang telah dilalui bersama.
5. Teman-teman penghuni Lab. Komputasi dan Pemodelan Numeris selama pengerjaan tugas akhir yaitu Ilham, Mas Zikul, Acil, Asa, dan Fifi yang telah menemani sehari-hari dalam pengerjaan Tugas Akhir.
6. Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS, serta para dosen dan karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS.
7. Seluruh warga Teknik Kelautan FTK-ITS, dan seluruh pihak yang telah membantu.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan hidayah dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul " Analisa Pola Arus Dan Laju Sedimentasi di Dermaga C PT. Petrokimia Gresik " dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Maka dari itu penulis mengharapkan adanya saran yang membangun untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini ataupun untuk penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi dan bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang rekayasa kelautan serta memacu rekan mahasiswa agar menghasilkan karya ilmiah yang jauh lebih berkualitas dan bisa bermanfaat untuk dunia pendidikan.

Wassalamualaikum Wr Wb.

Surabaya, Januari 2020

Rendatiyarso Laksono

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Cover Page	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	iv
Abstrack	v
Kata Pengantar	vi
Ucapan Terima Kasih	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Arus	8
2.2.2 Pasang Surut	8
2.2.3 Sedimentasi.....	12
2.2.4 Transport Sedimen.....	14
2.2.5 <i>Software</i> DHI Mike.....	16
2.2.6 Validasi.....	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Data.....	24
3.2.1 Peta Batimetri	24
3.2.2 Data Arus	25
3.2.3 Data Pasang Surut.....	26
3.2.4 Data Butiran Tanah.....	26
3.2.5 Data Angin	27
3.2.6 Data TSS (Total Suspended Solid)	27
3.2.4 Data Butiran Tanah.....	27
3.3 Diagram Alir.....	28
3.4 Prosedur Penelitian.....	29
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Digitasi Peta Batimetri.....	31
4.2 Pasang Surut	31
4.3 Data Angin	34
4.4 Pemodelan Dermaga C dengan <i>Software Mike 21</i>	36
4.4.1 Meshing Lokasi Studi.....	36
4.4.2 Input Data Sedimen	37
4.4.3 Kondisi Batas Lingkungan	38
4.4.4 Simulasi Model.....	40
4.4.5 Validasi Model	40
4.5 Hasil Simulasi Model	42
4.6 Analisa Hasil Pemodelan Eksisting.....	48
4.7 Model Desain Dermaga Alternatif	50
4.7.1 Dermaga Alternatif 1	51
4.7.2 Dermaga Alternatif 2.....	51
4.8 Pemodelan Dermaga Alternatif dengan Mike 21	52

4.8.1 Pemodelan Alternatif.....	52
4.8.2 Kondisi Batas Model Dermaga Alternatif.....	53
4.9 Analisa Hasil Pemodelan Alternatif.....	55
4.10 Volume Sedimentasi pada Dermaga C Eksisting.....	57
4.11 Volume Sedimentasi pada Dermaga Alternatif.....	58
4.12 Perbandingan Hasil Volume Sedimentasi	60

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Indonesia	1
Gambar 1.2	Peta Gresik	1
Gambar 1.3	Lokasi Dermaga C PT.Petrokimia.....	2
Gambar 2.1	Gaya pembangkitan pasang surut	9
Gambar 2.2	Tipe Pasang Surut	10
Gambar 2.3	Sebaran pasang surut di perairan Indonesia dan sekitarnya.....	11
Gambar 2.4	Model Physical Processes Transportasi Sedimen Kohesif	20
Gambar 3.1	Lokasi Studi Via Google Maps.....	23
Gambar 3.2	Lokasi Studi Via Google Earth	23
Gambar 3.3	Peta Batimetri Kolam Labuh Dermaga C	24
Gambar 3.4	Peta Batimetri daerah Dermaga C.....	25
Gambar 3.5	Lokasi Data Arus	25
Gambar 3.6	Lokasi Data Pasang Surut	26
Gambar 3.7	Diagram Alir (flowchart) pengerjaan tugas akhir.....	29
Gambar 4.1	Peta batimetri hasil digitasi Autocad	31
Gambar 4.2	Grafik Pasang Surut Perak Musim Timur.	32
Gambar 4.3	Grafik Pasang Surut Perak Musim Barat.....	32
Gambar 4.4	Grafik Pasang Surut APBS Musim Timur.....	33
Gambar 4.5	Grafik Pasang Surut APBS Musim Barat.....	33
Gambar 4.6	Diagram Mawar Angin tahun 2018	34
Gambar 4.7	Diagram Mawar Angin bulan Agustus tahun 2018	35
Gambar 4.8	Diagram Mawar Angin bulan Nopember tahun 2018.....	35
Gambar 4.9	Tampilan file <i>meshing</i> lokasi studi (kondisi eksisting).....	36
Gambar 4.10	Tampilan kontur kedalaman lokasi studi (kondisi eksisting).....	37
Gambar 4.11	Tampilan nilai rekomendasi kekasaran dasar	37
Gambar 4.12	Tampilan input data butiran tanah pada modul MT.....	38
Gambar 4.13	Tampilan input data TSS pada modul MT.....	38

Gambar 4.14 Tampilan <i>boundary condition</i> lokasi studi kondisi eksisting.....	39
Gambar 4.15 Tampilan input time step pada simulasi.....	40
Gambar 4.16 Grafik perbandingan kecepatan arus.....	41
Gambar 4.17 Grafik perbandingan pasang surut November	42
Gambar 4.18 Grafik perbandingan pasang surut Juni.....	42
Gambar 4.19 Lokasi pengamatan hasil simulasi	43
Gambar 4.20 Tampilan hasil current speed Musim Timur	43
Gambar 4.21 Tampilan hasil current direction pada Musim Timur	44
Gambar 4.22 Tampilan hasil pasang maksimum pada Musim Timur	44
Gambar 4.23 Tampilan hasil surut maksimum pada Musim Timur	45
Gambar 4.24 Tinggi gelombang maksimum pada Musim Timur.....	45
Gambar 4.25 Tampilan hasil current speed pada Musim Barat.....	46
Gambar 4.26 Tampilan hasil current direction pada Musim Barat.....	46
Gambar 4.27 Tampilan hasil pasang maksimum pada Musim Barat	47
Gambar 4.28 Tampilan hasil surut maksimum pada Musim Barat	47
Gambar 4.29 Tinggi gelombang maksimum pada Musim Barat.....	48
Gambar 4.30 Tampilan hasil bed thickness change Musim Timur	49
Gambar 4.31 Tampilan hasil bed thickness change pada Musim Barat	49
Gambar 4.32 Current rose pada Musim Timur	50
Gambar 4.33 Current rose pada Musim Barat	50
Gambar 4.34 Desain Alternatif 1 pada Dermaga C	51
Gambar 4.35 Desain Alternatif 2 pada Dermaga C	52
Gambar 4.36 Model Meshing Alternatif 1 pada Dermaga C.....	53
Gambar 4.37 Model Meshing Alternatif 2 pada Dermaga C.....	53
Gambar 4.38 Kondisi Batas Lingkungan Desain Alternatif 1 pada Dermaga C	54
Gambar 4.39 Kondisi Batas Lingkungan Desain Alternatif 2 pada Dermaga C.....	54

Gambar 4.40	Tampilan hasil <i>bed thickness change</i> alt 1 pada Musim Timur.....	55
Gambar 4.41	Tampilan hasil <i>bed thickness change</i> alt 1 pada Musim Barat	56
Gambar 4.42	Tampilan hasil <i>bed thickness change</i> alt 2 pada Musim Timur....	56
Gambar 4.43	Tampilan hasil <i>bed thickness change</i> alt 2 pada Musim Timur....	57
Gambar 4.44	Perbandingan volume sedimentasi.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Butiran Tanah	14
Tabel 3.1 Data Butiran Sedimen.....	27
Tabel 4.1 Kriteria MAPE.....	41
Tabel 4.2 Koordinat Lokasi Hasil Simulasi.....	43
Tabel 4.3 Grid Volume Report Surfer 16 untuk Eksisting	57
Tabel 4.4 Akumulasi Volume Sedimen Eksisting Kolam Labuh Dermaga C ...	58
Tabel 4.5 Grid Volume Report Surfer 16 untuk Alternatif 1	59
Tabel 4.6 Grid Volume Report Surfer 16 untuk Alternatif 2	59
Tabel 4.7 Akumulasi Volume Sedimen Alt 1 Kolam Labuh Dermaga C	59
Tabel 4.8 Akumulasi Volume Sedimen Alt 2 Kolam Labuh Dermaga C	60
Tabel 4.9 Selisih Volume antara eksisting dengan alternatif	61

BAB I

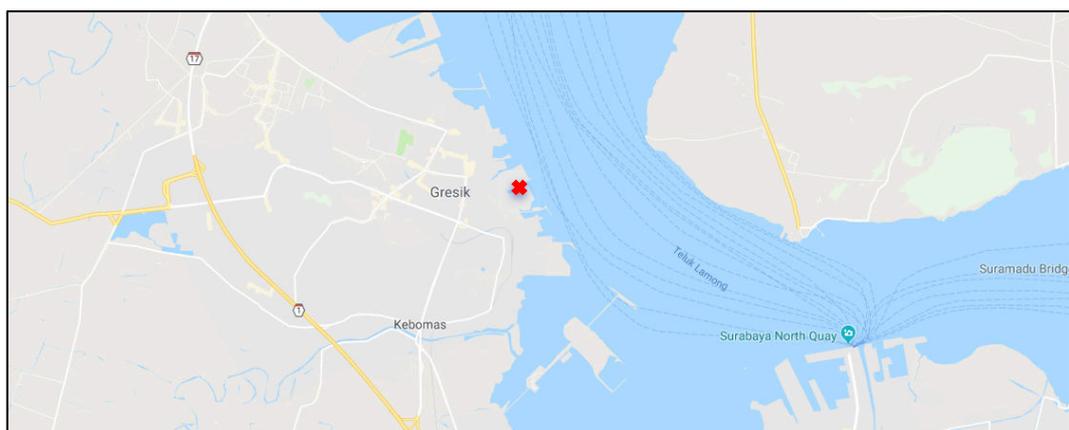
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terlengkap di Indonesia yang memproduksi berbagai macam pupuk dan bahan kimia untuk solusi agroindustri. Menempati areal seluas lebih dari 450 hektar, PT Petrokimia Gresik mengoperasikan lebih dari 21 pabrik yang terdiri dari pabrik pupuk dan pabrik yang memproduksi produk non-pupuk, dengan kuantum produksi di atas 6 juta ton/tahun. (PT. Petrokimia, 2018)



Gambar 1.1 Peta Indonesia



Gambar 1.2 Peta Gresik



Gambar 1.3 Lokasi Dermaga C PT.Petrokimia

Sebagai upaya meningkatkan produktivitas PT. Petrokimia Gresik pada tahun 2018 melakukan pembangunan Dermaga C dengan kapasitas bongkar muat 1,5 juta ton/tahun untuk mengatasi kepadatan kegiatan bongkar muat yang sangat tinggi. Agar kegiatan produktivitas tetap berjalan, perlu dilakukan perawatan dermaga secara berkala, salah satunya terkait sedimentasi di kolam labuh Dermaga C PT. Petrokimia Gresik. Novianto (2009) juga menjelaskan bahwa sedimentasi yang terjadi di dermaga dapat menyulitkan kapal untuk berlabuh dan bermanuver di sekitar dermaga tersebut. Untuk melakukan perawatan kolam labuh terkait dengan sedimentasi tentunya membutuhkan data laju sedimentasi yang akurat guna melakukan pengerukan secara berkala.

Proses perpindahan butiran sedimen ke kolam labuh dermaga dipengaruhi oleh suplai sedimen yang cukup besar dari daerah Ujung Pangkah dengan volume sebesar 9.38 m^3 setiap 1 m^2 setiap tahunnya. Hal ini adalah bagian dari proses natural alam, hal ini bisa berubah apabila dipengaruhi oleh bentuk perubahan struktur pantai atau perairan yang mengakibatkan proses perpindahan partikel menjadi tidak seimbang, sehingga mengakibatkan pengendapan atau erosi di struktur yang telah dibuat.

Transpor sedimen merupakan proses pemindahan endapan yang dapat berupa pasir (*sand*) sampai dengan lempung (*clay*) pada air laut akibat gaya arus dan gelombang (CERC, 1984). Namun pada penelitian Mitchell dan Pope (2006) menemukan bahwa salinitas air laut dengan tingkat *landward sediment transport* juga mempengaruhi transpor sedimen. Menurut Komar dan Paul (1997) pasang surut air laut ternyata juga berperan signifikan dalam menentukan mekanisme proses transpor sedimen.

Arah terjadinya transpor sedimen dibedakan menjadi 2 yaitu tegak lurus garis pantai (*cross shore*) dan sejajar garis pantai (*longshore*). Sedangkan untuk jenis transportasi sedimen, menurut Fredsoe dan Rolf (1992) dibedakan menjadi 3 yaitu *bed load*, *suspended load*, dan *wash load*.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisa laju sedimentasi dan pola arus akibat pembangunan Dermaga C PT. Petrokimia, Gresik, Jawa Timur dengan menggunakan *Software Mike 21* dan akan memberikan beberapa alternatif desain *layout* agar laju sedimentasi di Dermaga C dapat diminimalisir.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana memodelkan pola arus di Dermaga C PT. Petrokimia dengan *software MIKE 21* ?
2. Bagaimana memodelkan laju sedimentasi Dermaga C PT. Petrokimia dengan *software MIKE 21* ?
3. Bagaimana alternatif *layout* dermaga agar sedimentasi di Dermaga C PT. Petrokimia dapat diminimalisir ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pola arus melalui model di Dermaga C PT. Petrokimia dengan *software MIKE 21*.
2. Mengetahui laju sedimentasi di Dermaga C PT. Petrokimia dengan pemodelan melalui *software MIKE 21*.
3. Mengetahui alternatif *layout* dermaga agar sedimentasi di Dermaga C PT. Petrokimia dapat diminimalisir

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan di dapat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi akademisi (perguruan tinggi)
 - a. Memperoleh informasi mengenai pola arus dan laju sedimentasi di Dermaga C PT. Petrokimia Gresik.
 - b. Memperoleh topik permasalahan baru yang dapat dikembangkan dalam pengerjaan tugas akhir dengan bidang *coastal engineering*.

2. Bagi perusahaan dan kontraktor.
 - a. Memperoleh informasi mengenai keadaan Dermaga C PT. Petrokimia sehingga dapat segera menanggulangi dan mengelola dengan baik.
 - b. Memberikan bahan referensi guna menyusun rencana pengelolaan perubahan profil kolam labuh Dermaga C PT. Petrokimia di masa yang akan datang.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah tugas akhir ini adalah :

1. Daerah studi hanya pada daerah Dermaga C PT. Petrokimia Gresik.
2. Pemodelan pola arus dan sedimentasi menggunakan bantuan *software* Mike 21 dengan hanya menggunakan faktor arus, gelombang, angin dan pasang surut, serta butiran sedimen.
3. Studi ini mempertimbangkan masalah teknis dan lingkungan, tidak membahas masalah ekonomi.
4. Selama periode studi diasumsikan tidak terjadi pegerukan.
5. Tiang pancang pada pemodelan diasumsikan sebagai daratan, sehingga tidak akan terjadi overtopping pada tiang pancang.
6. Dikarenakan keterbatasan data maka data batimetri yang digunakan yaitu dari *navionics.com* dengan kombinasi kolam labuh setelah pengerukan.
7. Data lingkungan yang digunakan yaitu data lingkungan tahun 2018.
8. Data validasi kecepatan arus yang digunakan yaitu tahun 1989.
9. Data yang digunakan yaitu **data sekunder** meliputi batimetri, kecepatan arus, pasang surut, tanah dan layout dermaga

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Bentuk dan dimensi dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga tersebut. (Triatmodjo, 2010). Saat melakukan bongkar muat, kapal harus merapat ke tepi dermaga untuk bertambat, tentu saja saat kapal akan menepi untuk bertambat dipengaruhi oleh kedalaman dari kolam labuh. Kolam labuh adalah kolam yang direncanakan untuk menjamin daerah perairan pelabuhan yang tenang dengan lebar dan kedalaman yang cukup, sehingga kapal dapat melakukan berbagai kegiatan dengan mudah dan aman, seperti manuver, bertambat, dan aktivitas bongkar muat. (Triadmodjo, 2016).

Kolam labuh merupakan salah satu aspek yang harus diperhatikan dalam perawatan dermaga, dikarenakan apabila terjadi pendangkalan maka kapal tidak akan bisa menepi ke dermaga karena kedalaman kolam labuh sudah tidak sesuai (lebih kecil) daripada sarat kapal yang akan melakukan bongkar muat di dermaga.

Menurut Fuada (2012) kendala yang sering terjadi di pelabuhan adalah sedimentasi, karena pantai merupakan daerah peralihan antara daratan dan lautan, dimana terjadi interaksi antara angin, gelombang laut, arus dan pasang surut yang akan mempengaruhi gerakan sedimen di sepanjang pantai. Wibowo (2014) menjelaskan dalam tugas akhirnya bahwa pendangkalan yang terjadi akibat sedimentasi dapat mengakibatkan kurang maksimalnya fungsi pelabuhan akibat terbatasnya sarat kapal yang dapat berlabuh.

Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari aliran sungai dan dari laut dalam yang terbawa bersama arus ke arah pantai. Sifat sedimen pantai penting dipelajari untuk mengetahui proses erosi dan sedimentasi. Sifat – sifat tersebut berupa ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk serta kecepatan endap. (Widjojo, 2010).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Arus

Arus laut merupakan gerakan massa air yang berpindah dari suatu tempat ke tempat lain yang memiliki tekanan tinggi ke tekanan yang lebih rendah disebabkan oleh pengaruh angin yang berhembus di atas permukaan air (Gross, M. G, 1990). Massa air laut adalah jumlah air laut yang dipengaruhi oleh parameter fisika laut seperti temperatur, salinitas dan densitas. Hingga arus laut dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Arus yang dibangkitkan oleh perbedaan massa jenis air.
Pemanasan dari matahari yang tidak merata di laut menyebabkan adanya temperatur air laut .
2. Arus yang dibangkitkan oleh angin di permukaan laut.
3. Arus yang dibangkitkan oleh pasang surut. (Wahyudi, 2007)

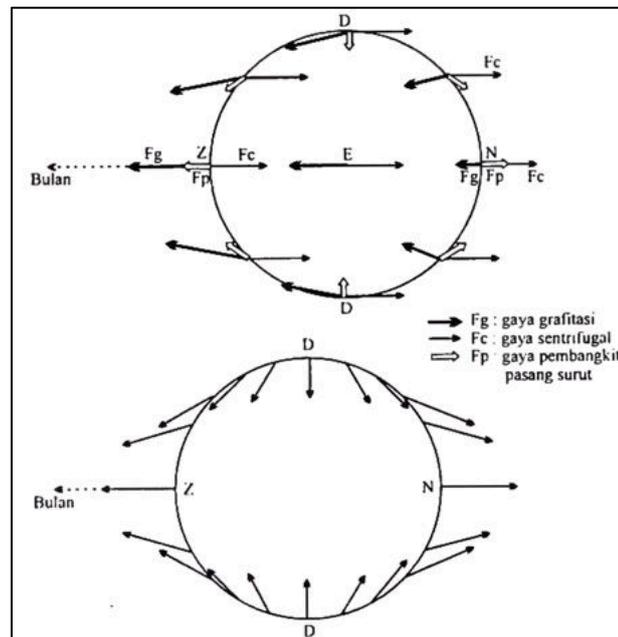
Arus laut bergerak secara horizontal. Namun dalam kondisi di lapangan arus kadang bergerak ke arah vertikal seperti proses *upwelling* (pergerakan massa air ke atas) dan *sinking* (pergerakan massa air ke bawah).

Menurut Pond and Pickard (1983) pergerakan arus dipengaruhi oleh gaya primer yaitu gaya penggerak utama dan gaya sekunder yaitu gaya akibat pergerakan. Gaya gravitasi, angin, tekanan udara, gempa dasar laut merupakan gaya primer, sedangkan untuk gaya sekunder meliputi gaya coriolis dan gaya friksi. Arus permukaan perairan Indonesia sangat dipengaruhi oleh gerakan angin muson yang terjadi dalam setahun yang mempengaruhi sirkulasi air laut di Indonesia. (Nontji, 1987)

2.2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil daripada massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang

mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari. (Triatmodjo, 2016).



Gambar 2.1 Gaya pembangkitan pasang surut

(Triatmodjo, 2016)

Bentuk pasang surut di berbagai daerah berbeda. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam 4 tipe yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran. Jenis-jenis pasang surut bila dijabarkan ialah:

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Malaka sampai laut Andaman.

2. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal tide*)

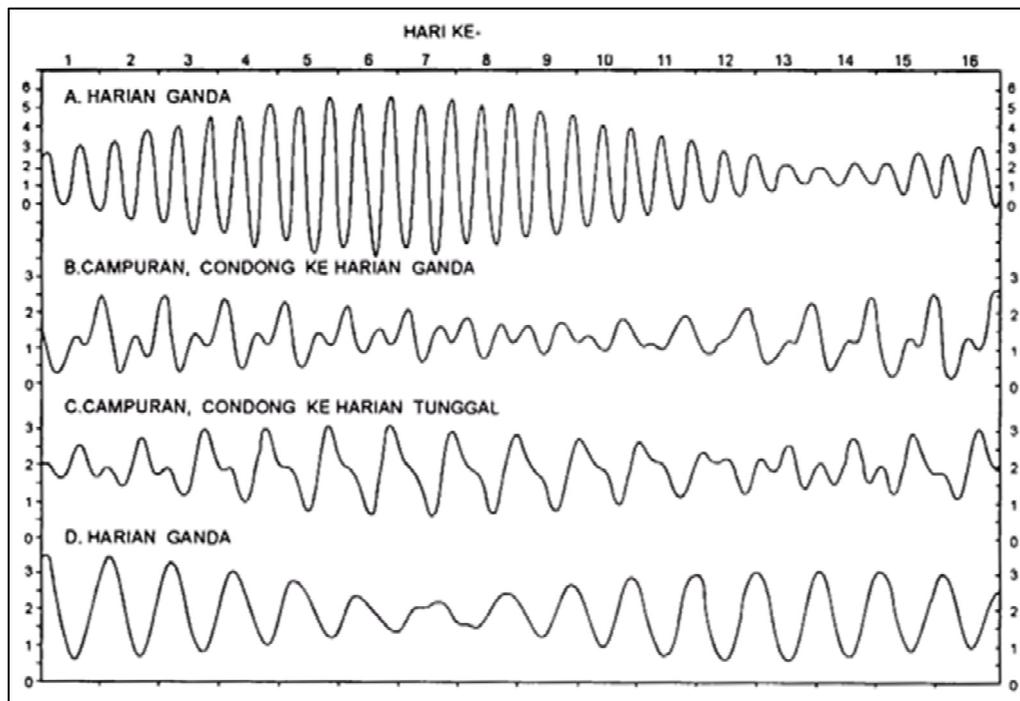
Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat diperairan Indonesia Timur.

3. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevelailing diurnal tide*)

Pada tipe ini, dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadangkadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini terdapat selat Kalimantan dan pesisir Jawa Barat.

4. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan selat Karimata.



Gambar 2.2 Tipe Pasang Surut
(Triatmodjo, 2016)



Gambar 2.3 Sebaran pasang surut di perairan Indonesia dan sekitarnya.
(Triatmodjo, 2016)

Namun, mengingat elevasi di laut selalu berubah satingkat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Muka air tinggi (*high water level*, HWL), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*, LWL), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level*, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level*, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*lowest low water level*, LLWL), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

8. *Higher high water level*, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
9. *Lower low water level*, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

(Triatmodjo, 2016)

2.2.3 Sedimentasi

Secara umum sedimen adalah tanah atau bagian-bagian tanah yang terangkut oleh air dari suatu tempat yang mengalami erosi pada suatu daerah aliran sungai dan masuk kedalam suatu badan air, hingga sampai ke laut. Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatannya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi. Proses sedimentasi merupakan salah satu masalah pada daerah dermaga yang penting untuk diperhatikan, hal ini karena akan mempengaruhi kedalaman perairan serta garis pantai. Sedimentasi tersebut dapat timbul karena adanya interaksi gelombang, arus laut, pasang surut dan kontur dasar laut.

Sedimen juga dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran partikel sedimen yang mempengaruhi kecepatan jatuh (*fall velocity*) dan angkutan sedimen dasar. Muatan sedimen juga dibagi menjadi 2 yaitu muatan sedimen dasar (*bed load*) dan muatan sedimen melayang (*suspended load*), berikut penjelasannya :

1. Muatan Sedimen Dasar (*bed load*) Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan muatan sedimen dasar (*bed load*). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukkan oleh gerakan partikel-partikel dasar sungai. Gerakan itu dapat bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir.
2. Muatan Sedimen Melayang (*suspended load*) Muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material dasar (*bed material*) yang melayang di dalam aliran sungai dan terdiri terutama dari butiran-

butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran.

Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari aliran sungai dan dari laut dalam yang terbawa bersama arus ke arah pantai. Sifat sedimen pantai penting dipelajari untuk mengetahui proses erosi dan sedimentasi. Sifat – sifat tersebut berupa ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk serta kecepatan endap. Sifat-sifat sedimen pantai dapat mempengaruhi laju transpor sedimen di sepanjang pantai. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju sedimen antara lain :

1. Karakteristik material sedimen (distribusi dan gradasi butir, kohesifitas faktor bentuk, ukuran, rapat massa, dan sebagainya)
2. Karakteristik gelombang dan arus (arah dan kecepatan angin, posisi pembangkitan gelombang, pasang surut, dan kondisi topografi pantai yang bersangkutan).

Kecepatan endap penting dalam mempelajari mekanisme transpor sedimen, terutama sedimen suspensi. Untuk sedimen non kohesif, seperti pasir, kecepatan endap tergantung pada rapat massa sedimen dan air, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen (Triatmodjo, 2016).

Selain itu dalam menghitung laju sedimentasi dibutuhkan analisis hidrometer yang bertujuan untuk menentukan ukuran butir sedimen suspensi juga bermaksud untuk menentukan kecepatan mengendap butir-butir tanah di dalam air dengan menggunakan Hukum Stoke, dengan rumus:

$$V = \frac{1}{8} \frac{D^2 g}{\eta} (\gamma_S - \gamma_W) \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

D = diameter butir (mm)

g = gravitasi

V = kecepatan mengendap butir-butir tanah (cm/detik)

γ_s = berat isi butir (gram/cm³)

γ_w = berat isi air (gram/cm³)

η = kekentalan air (gram . detik/cm²)

Kecepatan mengendap dari butir-butir tanah akan berbeda-beda, tergantung dari ukuran butir tanah tersebut. Ukuran butir yang lebih besar dan lebih berat akan mengalami sedimentasi (mengendap) terlebih dahulu dengan kecepatan mengendap lebih besar dari butiran yang lebih kecil dan ringan.

Tabel 2.1 Klasifikasi Butiran Tanah

Ukuran Besar Butir (mm)	Nama Besar Butir
>256	<i>Boulder</i> / bongkah
64 – 256	<i>Couple</i> / berangkal
4 – 64	<i>Pebble</i> / kerakal
2 – 4	<i>Granule</i> / kerikil
1 – 2	<i>Very coarse sand</i> / pasir sangat kasar
1/2 - 1	<i>Coarse sand</i> / pasir kasar
1/4 – 1/2	<i>Medium sand</i> / pasir sedang
1/8 – 1/4	<i>Fine sand</i> / pasir halus
1/16 – 1/8	<i>Very fine sand</i> / pasir sangat halus
1/256 – 1/6	<i>Silt</i> / lanau
< 1/256	<i>Clay</i> / lempung

2.2.4 Transport Sedimen

Transpor sedimen adalah gerakan sedimen yang diakibatkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkan. Transpor sedimen inilah yang akan menentukan terjadinya sedimentasi atau erosi di daerah dermaga. Dalam perhitungannya material non kohesif lebih dikenal dengan *bed load sediment transport* karena butiran partikel sedimennya berpindah dengan cara menggeser, menggiling, atau meloncat. Sedangkan material sedimen kohesif sering disebut sebagai *suspended load transport*. Sebab material sedimen berpindah dengan cara

melayang di air (Fahmi,2015). Transpor sedimen merupakan perpindahan material dari suatu tempat ke tempat lainnya. Perpindahan ini berupa penambahan (*inflow*) atau pengurangan (*outflow*). Jika *outflow* lebih banyak dari pada *inflow* maka akan terjadi erosi dan sebaliknya jika *outflow* lebih sedikit dibandingkan dengan *inflow* maka akan terjadi pendangkalan. (Achmad,2011)

Di daerah lepas pantai biasanya hanya terjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai, sedangkan di daerah dekat pantai terjadi kedua jenis transpor sedimen (Triatmodjo,2016). Rumus angkutan sedimen sepanjang pantai menurut CERC (Coastal Engineering Research Center) :

$$Q_s = K p_1^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$p_1 = \frac{\rho \times g}{8} (H_b^2) (C_b) \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

- Q_s = angkutan sedimen sepanjang pantai (m^3 /hari)
- p_1 = komponen fluks energi gelombang saat pecah (Nm/s/m)
- ρ = rapat massa air laut (kg/m^3)
- H_b = tinggi gelombang pecah (m)
- C_b = cepat rambat gelombang pecah (m/s)
- α_b = sudut datang gelombang pecah
- K, n = konstanta
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Rumus CERC (dan rumus yang lain) memberikan nilai transpor sedimen total. Distribusi transpor sedimen pada lebar surf zone, di masa transpor sedimen terjadi, tidak dapat diketahui. Hal ini menyebabkan terbatasnya pemakaian rumus tersebut pada pantai yang mempunyai groin pendek.

Kecepatan gerak partikel air akan bertambah tinggi sebanding dengan tingginya gelombang dan semakin berkurangnya kedalaman perairan. Kecepatan

gerak partikel dekat dasar (u^*) sangat berhubungan dengan tegangan geser (τ_b). Hal ini dapat dinyatakan dalam bentuk hubungan sebagai berikut;

$$\tau_b = \rho u^* \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan nilai u^* dinyatakan :

$$u^* = \sqrt{\frac{f ub}{2}} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan :

u^* = kecepatan geser dasar

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

f = faktor gesekan

Tegangan geser tersebut berusaha menarik partikel sedimen dasar yang memberikan tahanan untuk mempertahankan posisinya yang disebut tegangan kritis. Namun, hal diatas dipengaruhi oleh sifat sedimen tersebut, kohesif atau non kohesif. Selain itu juga dipengaruhi bentuk dan rapat partikel serta besar diameter partikel sedimen.

2.2.5 Software DHI Mike

Software Mike 21 adalah suatu perangkat lunak rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program komputer untuk 2D *free-surface flows*. Mike 21 dapat diaplikasikan untuk simulasi hidrolika dan fenomena terkait di sungai, danau, estuari, teluk, pantai dan laut. Program ini dikembangkan oleh DHI Water & Environment. Mike 21 terdiri dari beberapa modul, diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Hydrodynamic (HD) Modul

Mike 21 hydrodynamic (HD) module adalah model matematik untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya, misalnya kondisi angin tertentu dan muka air yang sudah ditentukan di open model boundaries. Hydrodynamic module mensimulasi perbedaan muka air

dan arus dalam menghadapi berbagai fungsi gaya di danau, estuari dan pantai. Efek dan fasilitasi yang termasuk di dalamnya yaitu:

- bottom shear stress
- wind shear stress
- barometric pressure gradients
- Coriolis force
- momentum dispersion
- sources and sinks
- evaporation
- flooding and drying
- wave radiation stresses

Pola arus di suatu perairan sangat penting untuk dipahami karena sangat berpengaruh pada transportasi sedimennya. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang baik mengenai dinamika pergerakan arus ini.

Simulasi aliran air beserta variasi elevasinya sejatinya dapat disimulasikan dengan beberapa persamaan. Persamaan umum yang bisa digunakan untuk mensimulasikan aliran air dan variasi elevasinya untuk perairan estuari, teluk dan daerah pantai antara lain persamaan kontinuitas dan momentum dalam pemodelan hidrodinamika.

Persamaan-persamaan ini merupakan persamaan hidrodinamika sebagai aliran *unsteady* 2D dalam satu *layer* yang dianggap sama secara vertikal. Prinsip-prinsip dasar persamaan konservasi masa dan momentum yang meliputi persamaan kontinuitas, momentum dan persamaan dispersi-adveksi yang diintegrasikan secara vertikal dapat menjelaskan aliran fluida dalam variasi kedalaman (Abbott et al., 1978).

Persamaan Kontinuitas:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots(2.6)$$

Persamaan Momentum Sumbu-X:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2.h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \dots\dots\dots (2.7)$$

Persamaan Momentum Sumbu-Y:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{c^2.h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

x,y = koordinat (m).

t = waktu (s).

ξ (x,y,t) = elevasi permukaan (m).

p,q (x,y,t) = densitas fluks dalam arah sumbu x, y.

τ_{xx},τ_{xy},τ_{yy} = komponen tegangan geser dasar akibat turbulen dan viskositas.

Bed shear stress pada arah x dan y dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Melor, 1998):

$$\tau_{bx} = \rho c_f U \sqrt{U^2 + V^2} \left[1 + \left(\frac{\partial z_b}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z_b}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\tau_{by} = \rho c_f V \sqrt{U^2 + V^2} \left[1 + \left(\frac{\partial z_b}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z_b}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana c_f adalah koefisien gesekan.

b. Persamaan *Sediment Transport*

Formulasi transportasi sedimen dikembangkan dengan menggunakan modul persamaan dispersi-adveksi seperti diberikan pada Persamaan 2.11 berikut ini:

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} \left(h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} \left(h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + Q_L C_L \frac{1}{h} - S \dots\dots (2.11)$$

Dimana:

- h*** = kedalaman perairan (m).
- c*** = konsentrasi masa yang dirata-ratakan terhadap kedalaman (kg /m³).
- t*** = waktu (detik).
- u, v*** = komponen kecepatan yang dirata-ratakan terhadap kedalaman (m/s).
- D_x D_y*** = koefisien dispersi dalam arah *x* dan *y*.
- S*** = istilah sumber (erosi) dan sink (deposisi) (m²/detik).
- Q_L*** = source discharge persatuan luasan (m³/(sm²)).
- C_L*** = konsentrasi source discharge (kg/m³).

Untuk tegangan geser dasar, τ_b (N/m²) dapat dihitung terhadap interaksi arus dan gelombang dengan menggunakan Persamaan (2.12):

$$\tau_c = \frac{1}{2} \rho f_w (U_b^2 + U_\delta^2 + 2U_b U_\delta \cos \beta) \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk Formulasi *sediment deposition* menggunakan persamaan yang diusulkan oleh Krone (1962) sebagai berikut:

$$S_D = w_s C_b P_D \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan:

- S_D*** = laju deposisi.
- w_s*** = kecepatan jatuh.
- C_b*** = konsentrasi didekat dasar.

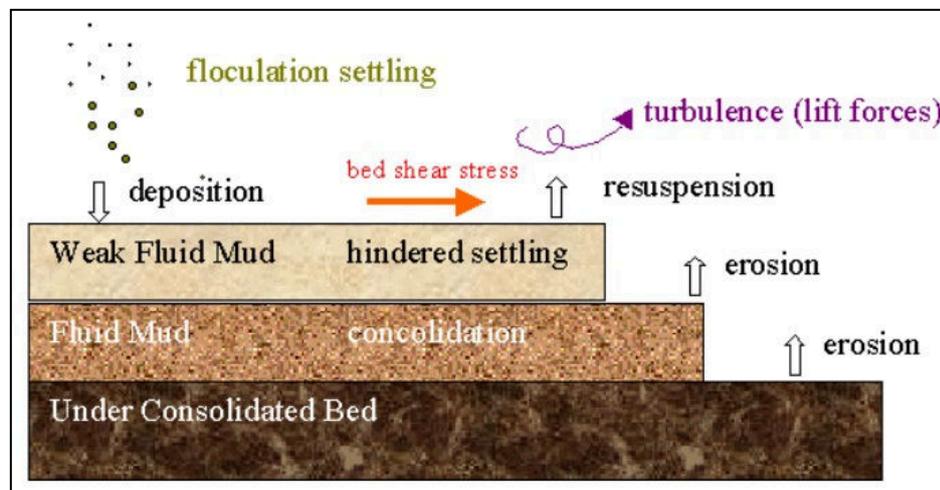
Sedangkan untuk formulasi erosi dijelaskan sebagai sedimen yang terkonsolidasi (Mehta et al., 1989), sebagai berikut:

$$S_E = E \exp \left[\alpha (\tau_b - \tau_{ce})^{\frac{1}{2}} \right], \tau_b > \tau_{ce} \dots\dots\dots (2.14)$$

c. Software Mike

Untuk mempermudah dalam memprediksi perubahan morfologi dasar permukaan laut biasanya digunakan bantuan dari software numerik. Sudah banyak terdapat software-software untuk pemodelan, salah satunya adalah pemodelan menggunakan software MIKE 21 pada modul *Mud Transport* (MT). Modul *Mud Transport* (MT) merupakan aplikasi model dari angkutan sedimen kohesif. MIKE 21 Flow Model FM (DHI, 2007) adalah satu sistem modeling berbasis pada satu pendekatan *mesh fleksibel*. Dikembangkan untuk aplikasi di dalam *oceanographic*, rekayasa pantai dan alam lingkungan muara sungai. *Mud Transport Module* menghitung hasil dari pergerakan material kohesif berdasarkan kondisi aliran di dalam modul hidrodinamik serta kondisi gelombang dari perhitungan gelombang (*modul spectral wave*).

Secara *physical processes*, transportasi sedimen kohesif ini memadukan antara pergerakan sedimen kohesif (*mud*) dalam aliran dengan interaksi antara sedimen dan dasar laut seperti yang dimodelkan pada Gambar 3.1.



Gambar 2.4 Model *Physical Processes* Transportasi Sedimen Kohesif

Pendekatan formula yang digunakan dalam transportasi sedimen di modul ini merupakan pengembangan dari Teisson (1991). Persamaan yang digunakan dalam modul ini adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial c^i}{\partial t} + \frac{\partial uc^i}{\partial x} + \frac{\partial vc^i}{\partial y} + \frac{\partial wc^i}{\partial z} - \frac{\partial w_s c^i}{\partial z} =$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_{Tx}}{\sigma_{Tx}^i} \frac{\partial c^i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_{Ty}}{\sigma_{Ty}^i} \frac{\partial c^i}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_{Tz}}{\sigma_{Tz}^i} \frac{\partial c^i}{\partial z} \right) + S^i \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

dengan:

t = waktu.

x, y, z = koordinat kartesius.

u, v, w = komponen kecepatan aliran.

D_v = koefisien *vertical turbulent (eddy) diffusion*.

c^i = komponen *i'th scalar* (berfungsi sebagai konsentrasi massa).

w_s^i = *fall velocity*.

σ_{Tx}^i = angka *turbulent Schmidt*.

ν_{Tx} = *anisotropic eddy viscosity*.

S^i = *source term*.

Beberapa item *output* yang dihasilkan dari Modul *Mud Transport* (MT) (DHI, 2007) ini antara lain:

- *Suspended Sediment Concentration* (SSC) dalam area dan waktu.
- Sedimen pada *bed layers* baik massa maupun ketebalan.
- *Net sedimentation rates*.
- *Bed shear stress*.
- *Settling velocity*.

Setelah kita dapatkan model transport sedimen, maka langkah selanjutnya adalah memodelkan perubahan morfologi dasar laut. Evolusi dasar laut dimodelkan dengan menggunakan persamaan konservasi sedimen (2.16):

$$\frac{\partial d(x,t)}{\partial t} = (1 + p) \frac{\partial \tilde{q}_t(x,t)}{\partial x} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

$\tilde{q}_t(x, t)$ = total sediment flux.

p = porositas dasar (*bed porosity*).

Dua kontribusi diperhitungkan untuk menghitung fluks sedimen total, $\tilde{q}_t(x)$: fluks *bedload* $\tilde{q}_b(x)$ disebabkan oleh tegangan geser dasar gelombang dan flux suspensi $\tilde{q}_s(x)$ yang berhubungan dengan arus yang disebabkan gelombang, konsentrasi sedimen dan tegangan geser dasar.

2.2.6 Validasi

Untuk melihat tingkat keakurasian dari simulasi model, maka perlu dilihat suatu ukuran dari kesalahan simulasi, yaitu perbedaan/selisih dari besaran hasil simulasi dengan besaran yang benar – benar terjadi. Hal ini bisa dilakukan dengan membandingkan besaran hasil simulasi dengan besaran hasil observasi langsung. Persamaan yang digunakan untuk melihat tingkat kesalahan dari hasil simulasi dengan hasil observasi adalah MAPE (*Mean Absolut Presentage Error*) dengan rumus

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left[\frac{|actual-forecast|}{actual} \right] \times 100\%$$

Dengan

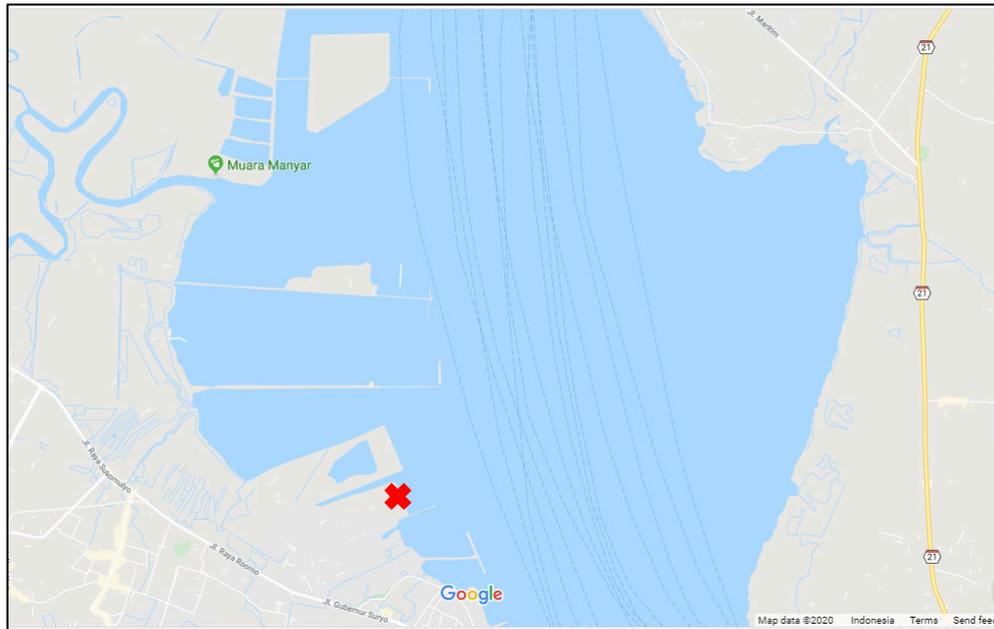
Actual : Data pengukuran

Forecast : Data pemodelan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi objek studi dari penelitian tugas akhir ini adalah kolam labuh Dermaga C PT. Petrokimia Gresik yang terletak di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Dermaga C terletak di daerah Selat Madura yang secara geografis terletak di $7^{\circ} 8'13.46''S$ dan $112^{\circ}39'0.71''T$.



Gambar 3.1 Lokasi Studi Via Google Maps
(Sumber: www.google.co.id/maps)



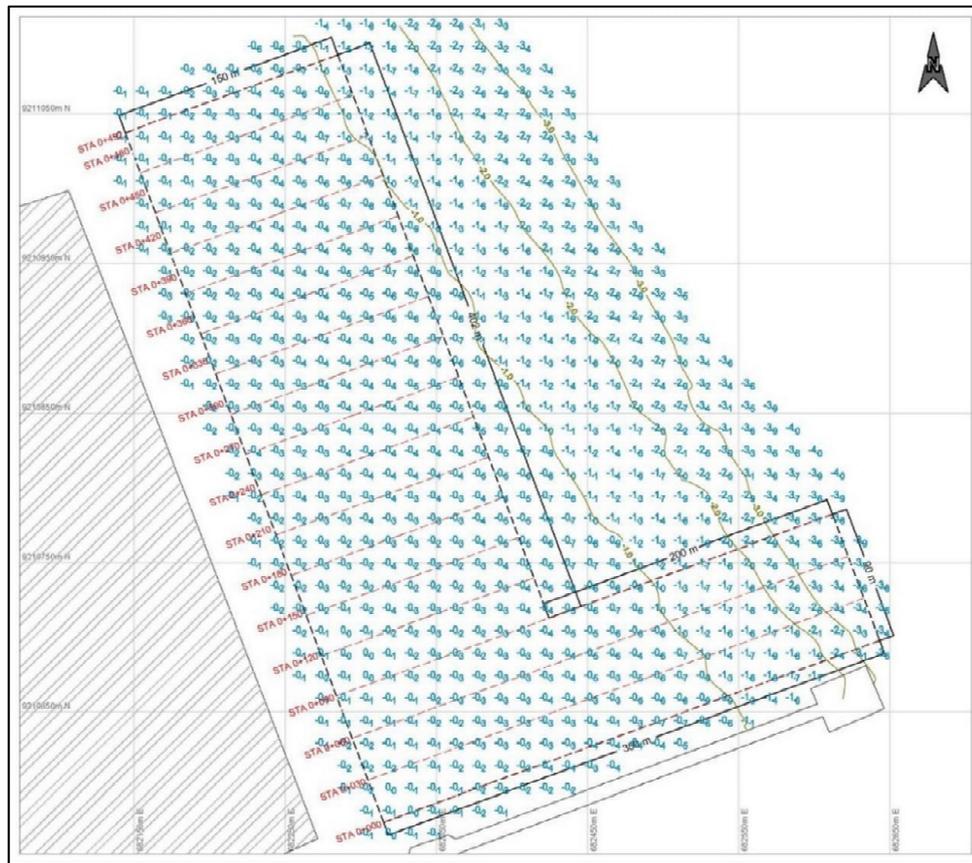
Gambar 3.2 Lokasi Studi via Google Earth
(Sumber: www.google.co.id/maps)

3.2 Data

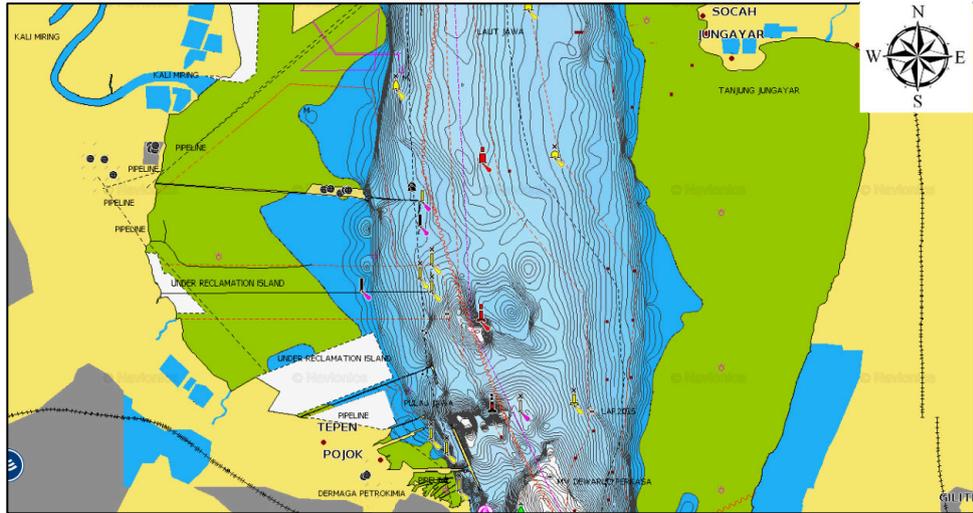
Berikut adalah data yang digunakan dalam penelitian ini

3.2.1 Peta Batimetri

Peta batimetri yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang merupakan hasil pengukuran dari PT. Adhi Karya namun hanya sebatas pada kolam labuh Dermaga C, dan data pelengkap batimetri didapatkan dari web *navionics.com* yang berbentuk gambar dari web pada daerah sekitar Dermaga C, periode batimetri pada kolam labuh yang didapatkan adalah bulan November tahun 2018. Berikut merupakan format batimetri yang didapatkan untuk digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini.



Gambar 3.3 Peta Batimetri Kolam Labuh Dermaga C
(sumber : PT. Adhi Karya Persero)



Gambar 3.4 Peta Batimetri daerah Dermaga C
(sumber : *navionics.com*)

3.2.2 Data Arus

Data arus yang diperoleh dari Final Report Pengukuran Kedalaman dan Penyelidikan Masalah Pendangkalan di Pelabuhan Petrokimia Gresik tahun 1989. Data sekunder tersebut diambil di koordinat $7^{\circ} 8' \text{ LS}$ dan $112^{\circ} 39' \text{ BT}$, terletak di sebelah utara Dermaga C PT. Petrokimia Gresik. Berikut lokasi data arus yang digunakan sebagai validasi hasil pemodelan numeris pola arus Mike 21.



Gambar 3.5 Lokasi Data Arus
(Sumber: www.google.co.id/maps)

3.2.3 Data Pasang Surut

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, data pasang surut yang digunakan berasal dari Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia Tahun 2018 yang dikeluarkan oleh Dinas Hidro-Oseanografi (Dishidros) TNI AL. Data pasang surut yang digunakan adalah data pasang surut yang mengacu pada daerah Tanjung Perak Surabaya dan APBS (Alur Pelayaran Barat Surabaya) pada bulan Agustus (untuk musim timur) dan bulan Nopember (untuk musim barat). Lokasi data pasang surut dapat dilihat seperti pada gambar 4.7.



Gambar 3.6 Lokasi Data Pasang Surut

3.2.4 Data Butiran Tanah

Data butiran sedimen yang dipakai dalam input software pada pengerjaan penelitian ini didapatkan dari jurnal yang berjudul “**Simulasi Numeris Perubahan Morfologi Dasar Laut Pada Desain Pelabuhan di Kabupaten Gresik, Indonesia**” dengan penulis Sebrian Mirdeklis Beselly Putra, Agus Suharyanto, Alwafi Pujiraharjo yang berasal dari Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Berikut data yang didapatkan

Tabel 3.1 Data Butiran Sedimen

No.	Geographic		UTM		Diameter (mm)	
	S	E	X	Y	d50	d90
1	07 07 11.2	112 38 02.0	680442	9212691	0.002	0.02
2	07 07 18.6	112 38 05.0	680533	9212464	0.002	0.022
3	07 07 33.9	112 37 44.2	679893	9211996	0.001	0.03
4	07 07 19	112 37 44.5	679905	9212454	0.001	0.06
5	07 05 59.1	112 37 54.3	680214	9214907	0.003	0.1
6	07 06 52.3	112 38 10.6	680708	9213271	0.001	0.1
7	07 06 47.1	112 37 46.7	679975	9213434	0.001	0.08
8	07 06 31.4	112 37 39.6	679759	9213916	0.001	0.07
9	07 06 01.1	112 38 11.8	680750	9214843	0.001	0.1
10	07 05 56.6	112 37 32.3	679539	9214986	0.001	0.1
11	07 05 44.6	112 37 58.8	680353	9215352	0.003	0.1
12	07 05 44.0	112 38 09.1	680669	9215369	0.003	0.1
13	07 06 28.6	112 38 05.6	680557	9214000	0.001	0.1
14	07 06 42.9	112 38 07.8	680623	9213560	0.007	0.09

Dari data persebaran sedimen diatas, telah dipilih untuk menggunakan data dengan koordinat UTM x : 679893 dan y : 9211996 dikarenakan paling dekat dengan lokasi penelitian dengan jarak sekitar 2.6 km.

3.2.5 Data Angin

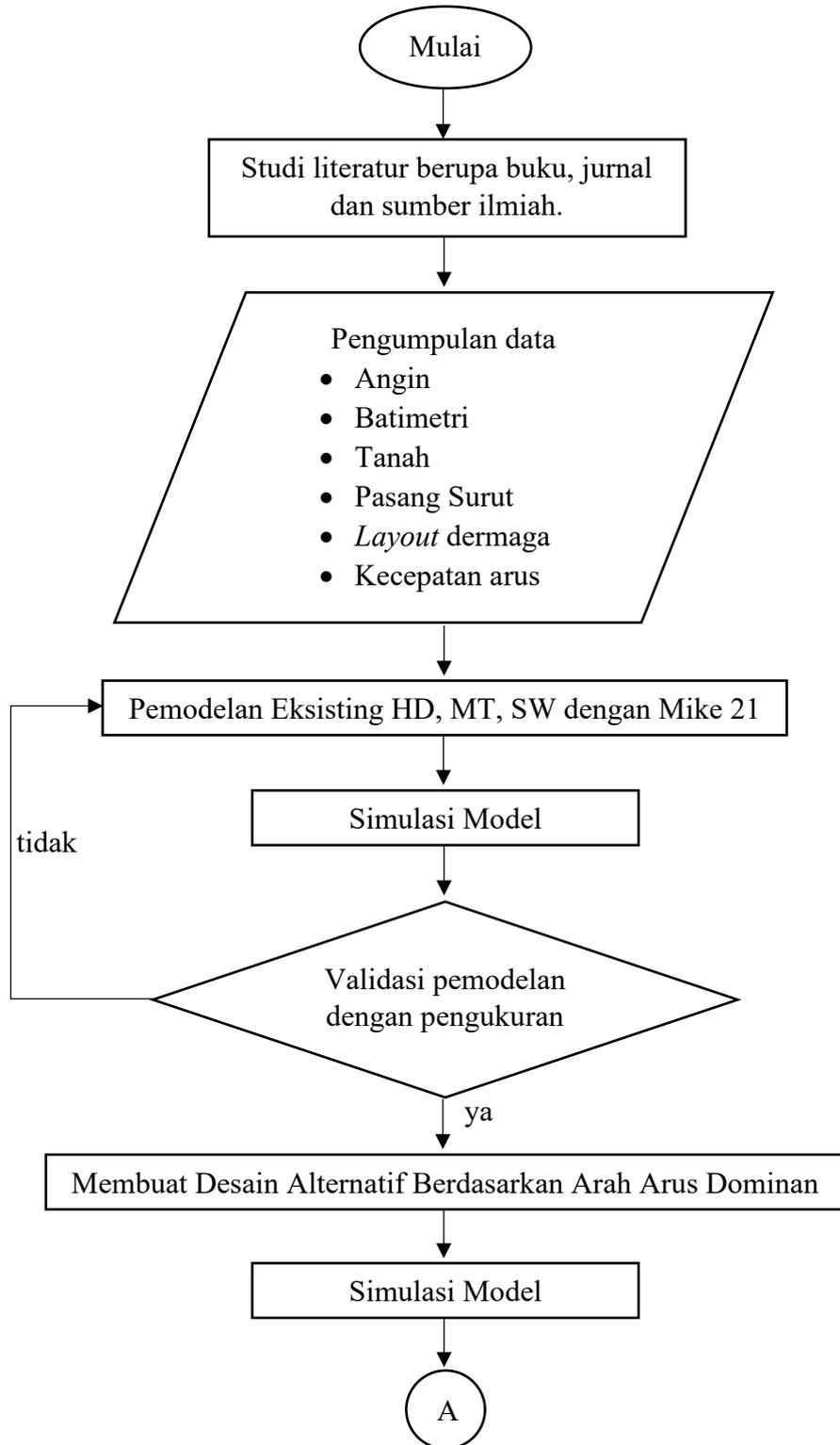
Adapun data angin yang diperoleh dari data sekunder adalah data angin selama 5 tahun dari tahun 2014 hingga tahun 2018.

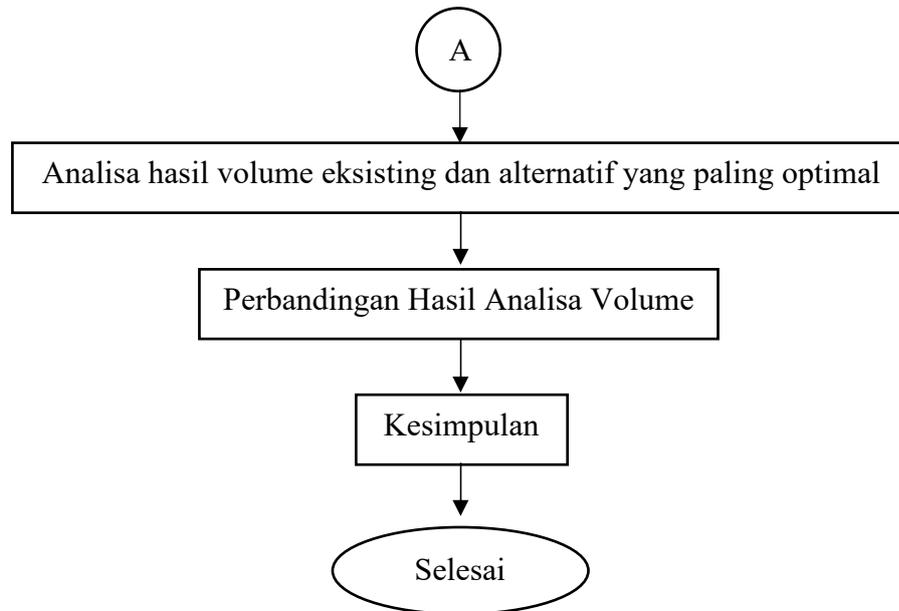
3.2.6 Data TSS (*Total Suspended Solid*)

Perolehan data TSS didapatkan dari Jurnal berjudul “**Analisa Sebaran TSS (*Total Suspended Solid*) Dengan Menggunakan Citra Satelit Aqua Modis Tahun 2005-2011**” dengan penulis saudara Trismono Candra Krisna, Agung Budi Cahyono, Khomsin. Lokasi data TSS yang digunakan adalah $x = 704782$, $y = 9168932$ dengan jumlah TSS lapangan 31.9 mg/l.

3.3 Diagram Alir

Langkah-langkah rangkaian rencana penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir (flowchart) seperti dibawah ini:





Gambar 3.7 Diagram Alir (*flowchart*) pengerjaan tugas akhir

3.4 Prosedur Penelitian

Berikut ini merupakan penjelasan dari langkah-langkah rencana penelitian yang digambarkan dalam diagram alir (*flowchart*) pada gambar 3.1:

1. Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini berupa buku, jurnal, sumber ilmiah lainnya yang membahas tentang permasalahan yang sama atau mendekati dalam tugas akhir ini. Tujuan dari studi literatur untuk digunakan sebagai acuan dalam mengerjakan tugas ini.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk memenuhi semua data yang dibutuhkan dalam menyelesaikan tugas ini. Data yang digunakan dalam tugas ini yaitu data primer berupa peta batimetri dan data tanah, untuk data sekunder berupa data angin, gelombang, peta bathymetri dan data sedimen. Dimana data-data ini didapatkan dari dinas terkait ataupun dari data penelitian sebelumnya.

3. Analisa Data dan Pengolahan Data

Analisa dan pengolahan dilakukan dengan tujuan agar mempermudah dalam melakukan perhitungan data-data yang akan digunakan.

Data yang telah dikumpulkan kemudian menjadi bahan untuk analisa yang nantinya akan digunakan dalam ;

- a. Menentukan lingkungan model yang nantinya akan dimasukkan ke dalam Mike 21, meliputi data angin, pasang surut dan batimetry.
- b. Menentukan penggambaran topografi dasar laut yang diperoleh dari data survey sebelumnya.

- c. Menentukan batasan model yang meliputi lokasi penelitian, luar perairan yang akan diteliti, posisi dermaga.

4. Pemodelan pola arus, laju sedimentasi, dan alternatif layout dengan *Mike21*

Setelah data dianalisa, maka selanjutnya adalah pemodelan dari data yang telah diolah sebelumnya. Data – data tersebut kemudian dimasukkan kedalam software Mike 21, dan dijalankan dengan berbagai macam variasi model yaitu eksisting dan alternatif layout untuk menemukan hasil yang terbaik dalam sedimentasi pada kolam labuh Dermaga C. Modul yang dipakai dalam *software MIKE 21* yaitu Hidrodinamika (HD), Mud Transport (MT), dan Spectral Wave (SW).

5. Analisa pola arus

Setelah menjalankan simulasi program dengan data tadi, maka akan keluar hasil berupa secara numerik dan gambar animasi hasil dari data yang dimodelkan. Data berupa gambar animasi tersebut akan dapat dijelaskan lebih detail dengan melihat data numerik yang ada. Pola arus yang terjadi ini nantinya menjadi dasar dalam menganalisa pemodelan pola sedimentasi yang terjadi.

6. Analisa pola sedimentasi

Analisa pola sedimentasi hasil penjalanan simulasi program dapat dilakukan dengan melihat hasil numerik yang ada dan juga dengan melihat hasil gambar animasi yang ditampilkan dari luaran program yang dijalankan untuk menjelaskan secara visual. Pemodelan tersebut memberikan informasi daerah yang mengalami sedimentasi dan juga daerah yang mengalami erosi.

7. Validasi pemodelan

Tahapan ini merupakan tahapan untuk membandingkan analisa dengan menggunakan hasil data keluaran software dengan data yang didapat.

8. Analisa Volume Sedimentasi

Analisa volume dilakukan pada kondisi eksisting dan alternatif beberapa layout Dermaga C dengan hasil yang dipilih berupa layout alternatif yang memiliki pengendapan minimum.

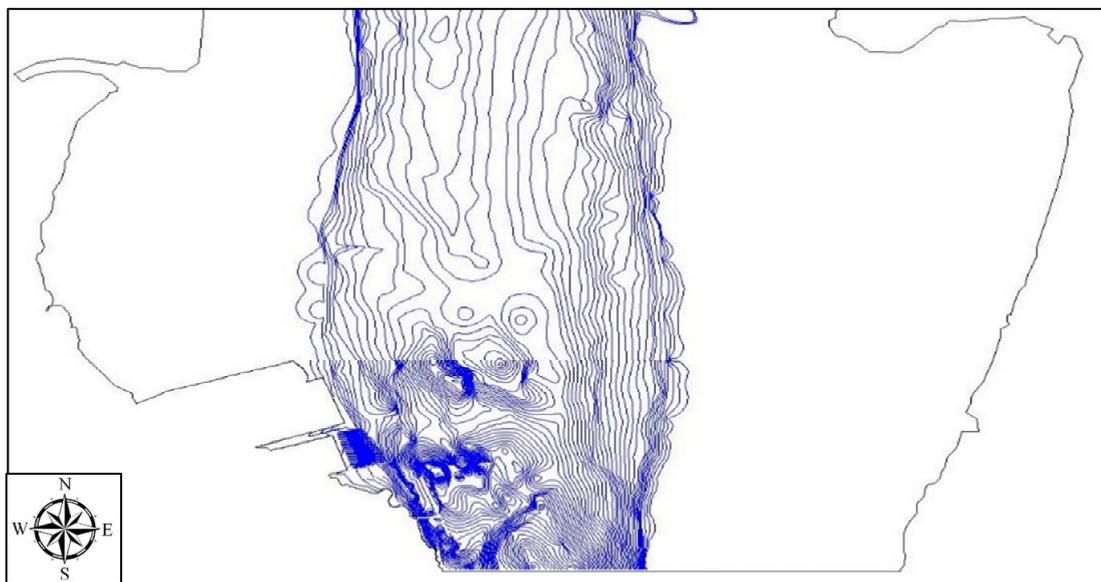
9. Membuat kesimpulan dari penelitian dan memulai menyusun laporan

Semua hasil yang telah didapat dari analisa hasil penjalanan program dengan menagacu pada tujuan yang telah dicapai. Dalam tahap ini akan ditampilkan hasil akhir analisa yang juga menjadi tujuan dilakukannya penelitian ini dan juga ada saran untuk penelitian kedepannya.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Digitasi Peta Batimetri

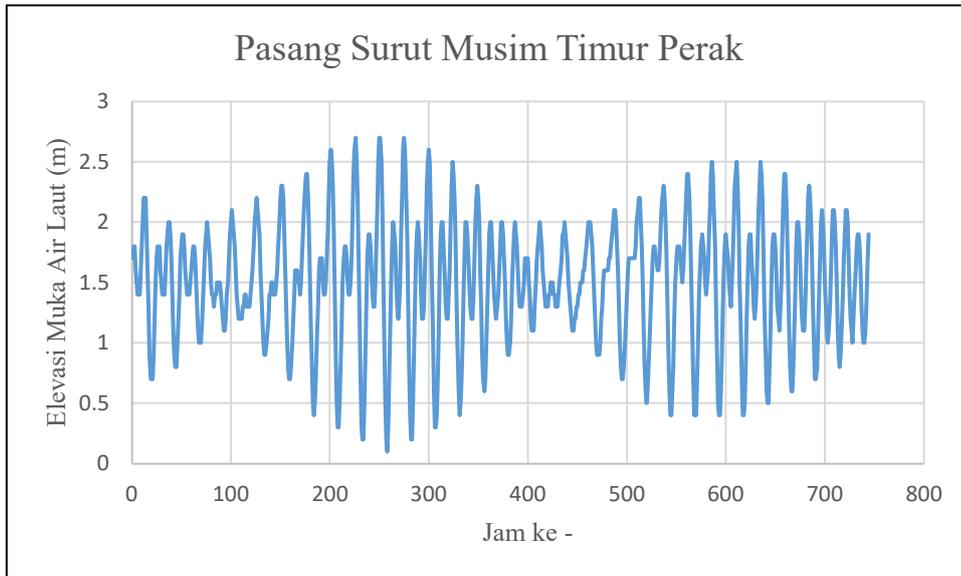
Dalam pengerjaan penelitian ini langkah pertama yg dilakukan adalah digitasi peta batimetri primer dan sekunder di *Autocad* agar batimetri bisa menyatu dan berkoordinat sesuai dengan lapangan. Berikut adalah hasil digitasi *Autocad* peta batimetri.



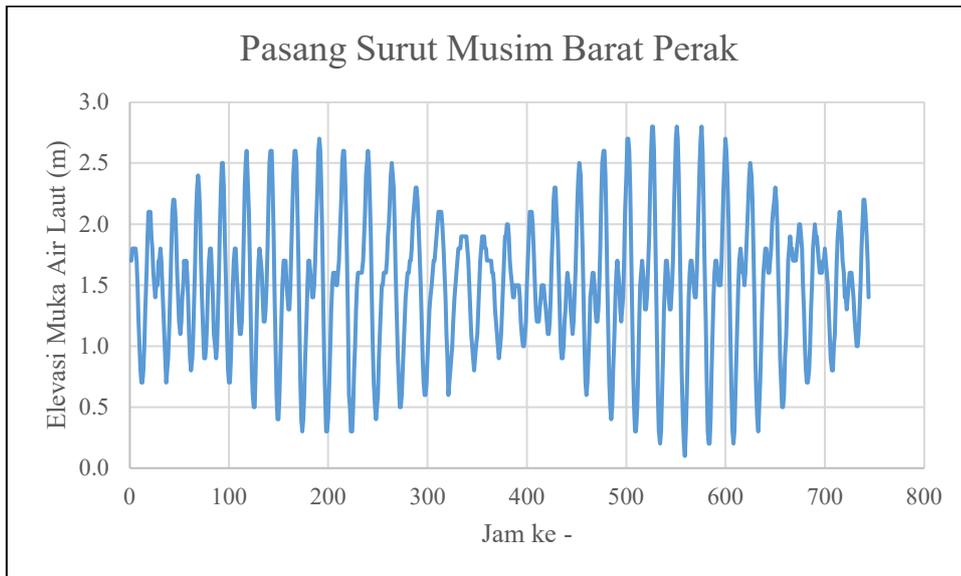
Gambar 4.1 Peta batimetri hasil digitasi Autocad

4.2 Pasang Surut

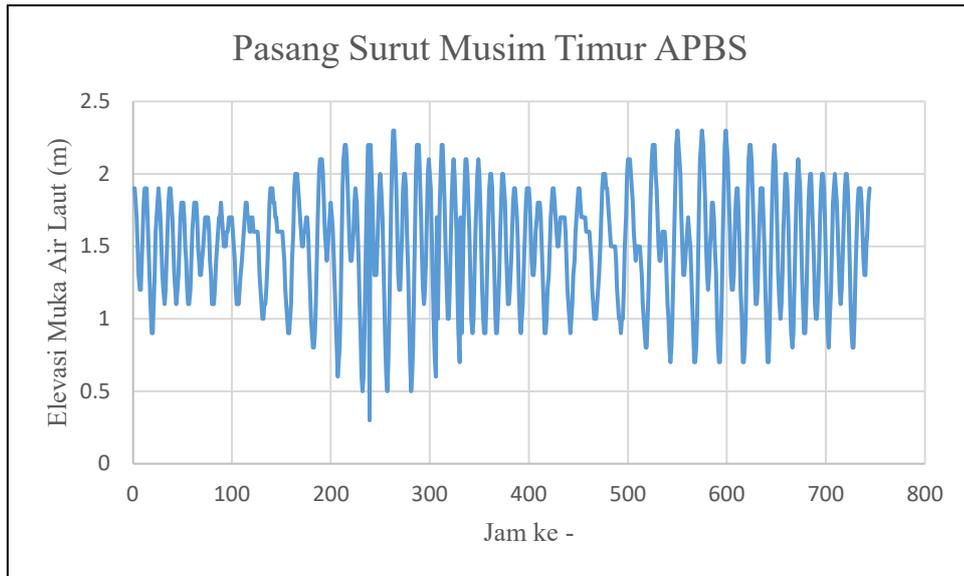
Berdasarkan data yang telah didapatkan dari DISHIDROS maka dilakukan pembuatan grafik agar mengetahui jenis pasang surut yang terdapat pada daerah yang diteliti.



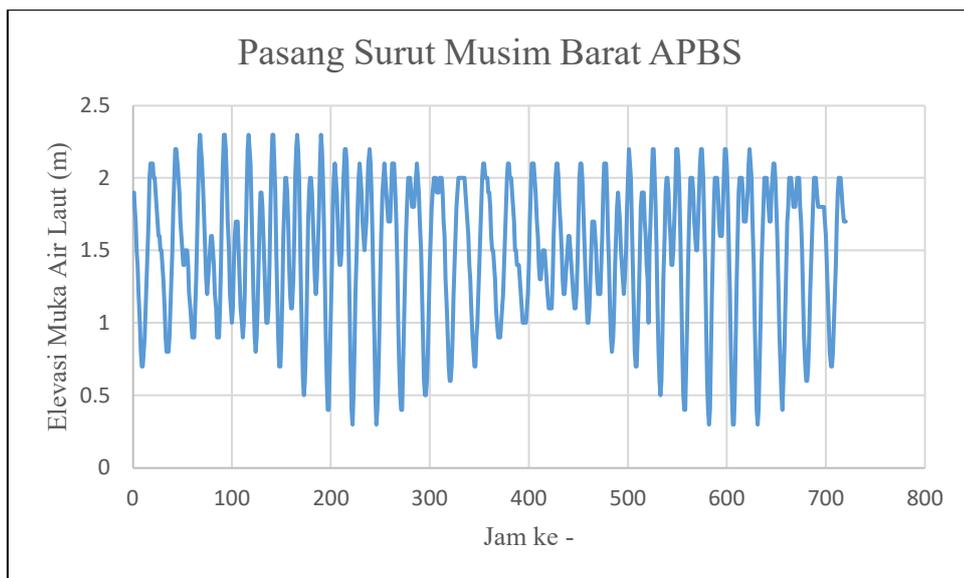
Gambar 4.2 Grafik Pasang Surut Perak Musim Timur.



Gambar 4.3 Grafik Pasang Surut Perak Musim Barat.



Gambar 4.4 Grafik Pasang Surut APBS Musim Timur

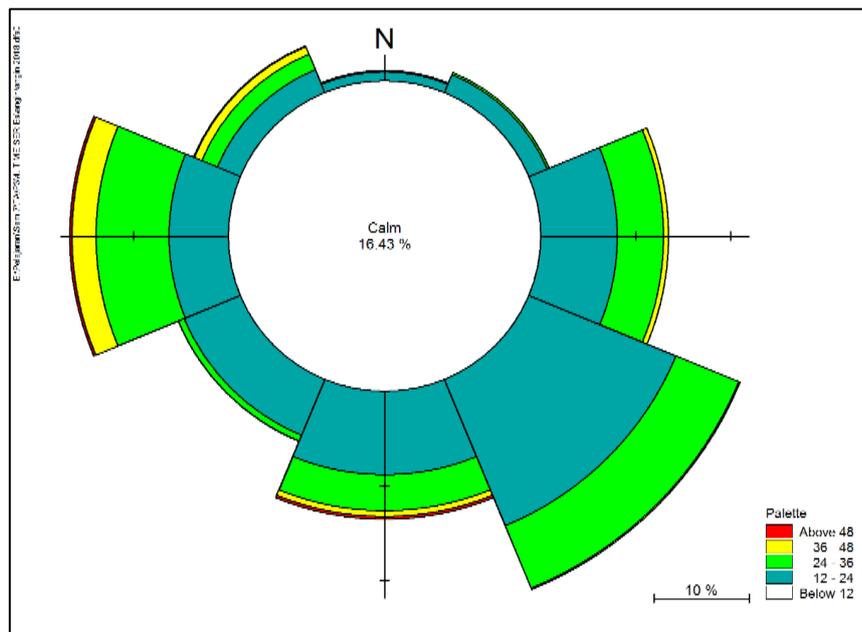


Gambar 4.5 Grafik Pasang Surut APBS Musim Barat

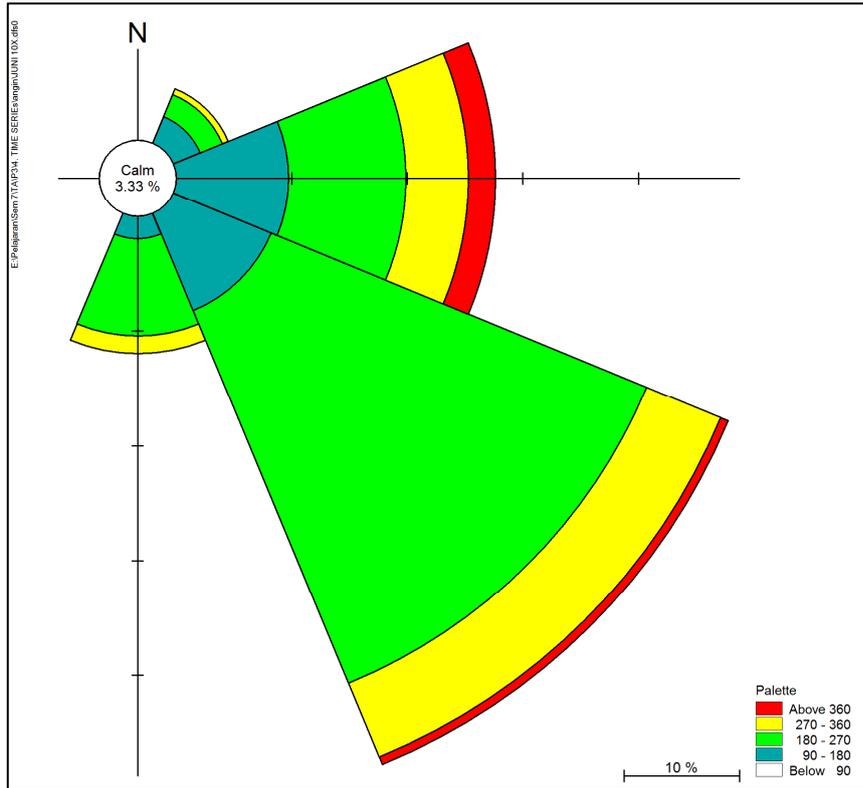
Berdasarkan grafik pasang surut 4.2 – 4.5 dapat diketahui jika ternyata daerah perairan tersebut memiliki tipe pasang surut semidiurnal. Data pasang surut ini akan digunakan sebagai input data boundary condition dalam modul hidrodinamika program Mike 21 untuk memperoleh model pola arus serta sedimentasi yang terjadi.

4.3 Data Angin

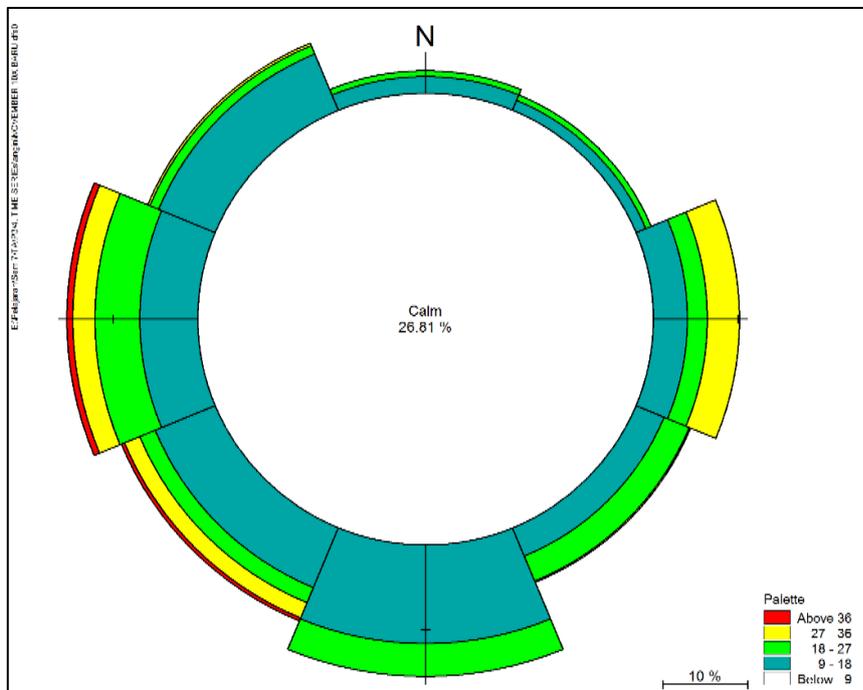
Salah satu faktor yang mempengaruhi arus adalah faktor angin. Dalam program Mike 21, data angin berperan dalam inputan data *wind forcing* yang terdapat pada modul hidrodinamika. Selain mempengaruhi pola pergerakan arus, angin juga mempengaruhi pembangkitan gelombang, sehingga nantinya angin ini juga akan berpengaruh terhadap pola pergerakan dari transpor sedimen yang dipengaruhi oleh arus dan gelombang. Namun untuk input data yang dilakukan hanya menggunakan data angin pada Agustus dan Nopember 2018. Input data ini sesuai dengan time step dan waktu simulasi pemodelan yang dilakukan. Diagram mawar angin berikut menunjukkan apabila arah dominan angin berasal dari barat laut menuju ke tenggara



Gambar 4.6 Diagram Mawar Angin tahun 2018



Gambar 4.7 Diagram Mawar Angin bulan Agustus tahun 2018



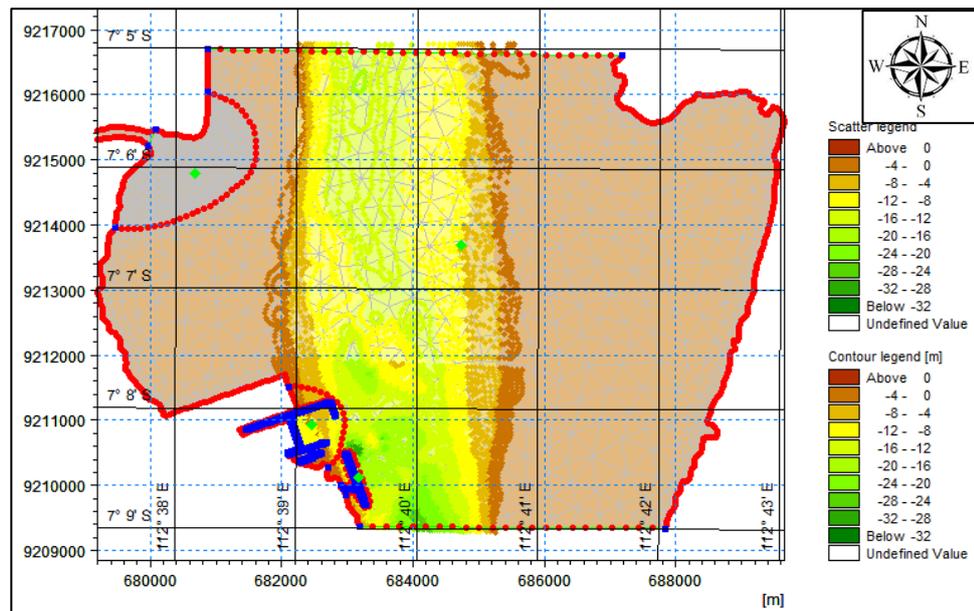
Gambar 4.8 Diagram Mawar Angin bulan Nopember tahun 2018

4.4 Pemodelan Dermaga C dengan *Software Mike 21*

Secara garis besar pemodelan dengan menggunakan program Mike 21 pada tugas akhir ini dibagi menjadi tiga tahapan. Tahapan tersebut antara lain adalah meshing dengan menggunakan program mesh generator (.mdf), input data dengan memasukkan data melalui bantuan program Time Series (.dfs0), dan simulasi hidrodinamika serta simulasi sedimen dalam modul HD, MT, dan SW.

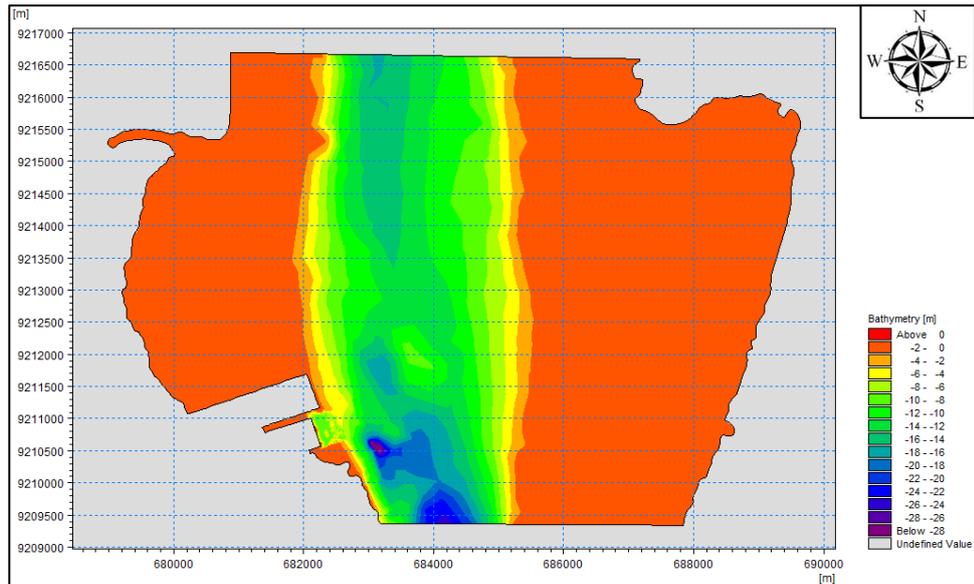
4.4.1 Meshing Lokasi Studi

Langkah awal dalam pemodelan adalah mengkonversi layout batimetri *autocad* menjadi format xyz dengan bantuan *software notepad++* dan *dxf to xyz*. File input untuk *software Mike 21* adalah *boundary* daratan dan perairan. Berikut adalah tampilan hasil pemodelan input file xyz ke dalam *software Mike21* setelah di *meshing*.



Gambar 4.9 Tampilan file *meshing* lokasi studi (kondisi eksisting).

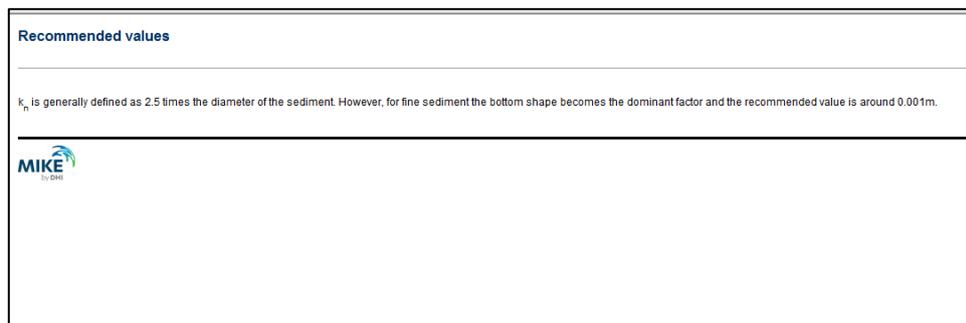
Kondisi batas yang diberikan pada peta batimetri disesuaikan dengan lokasi yang ingin dikaji pola arus dan sedimentasinya. Hasil keluaran dari program pemodelan Mesh Generator adalah berupa file geometri dengan ekstensi (*.mesh) yang digunakan sebagai domain yang dibutuhkan oleh Coupled Model CM (.m21fm) untuk melakukan simulasi hidrodinamika dan sedimentasi.



Gambar 4.10 Tampilan kontur kedalaman lokasi studi (kondisi eksisting)

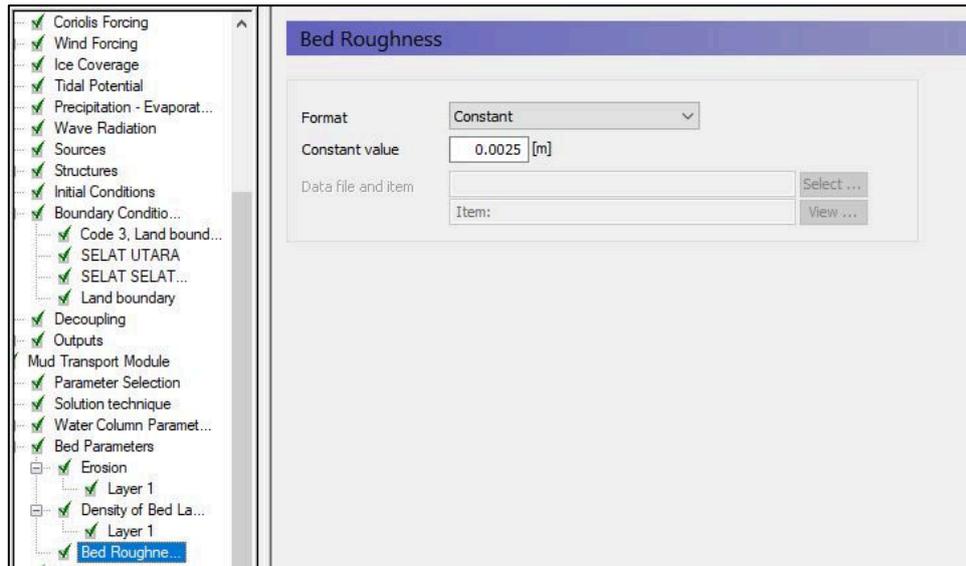
4.4.2 Input Data Sedimen

Dalam simulasi menggunakan *software Mike 21* beberapa parameter yang dijadikan input dalam modul *mud transport* (MT) antara lain kekasaran dasar dan TSS. Berikut tampilan input parameter dalam Mike.

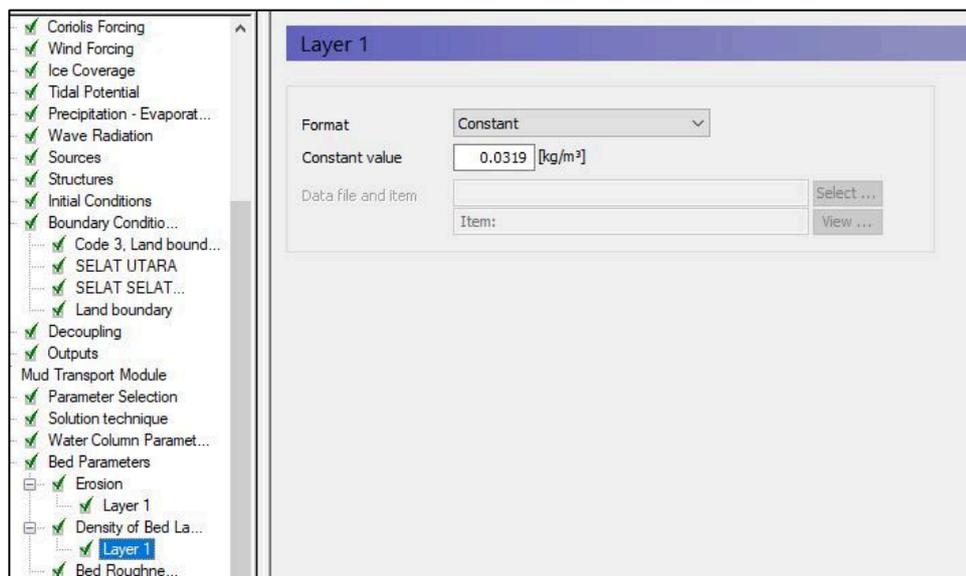


Gambar 4.11 Tampilan nilai rekomendasi kekasaran dasar

Berdasarkan gambar 4.11 dapat diinputkan parameter *bed roughness* pada *software MIKE 21* adalah sebesar 2.5 kali dari butiran sedimen di lokasi. Jadi nilai kekasaran dasar yang dijadikan input dalam program adalah sebesar 0.0025.



Gambar 4.12 Tampilan input data butiran tanah pada modul MT



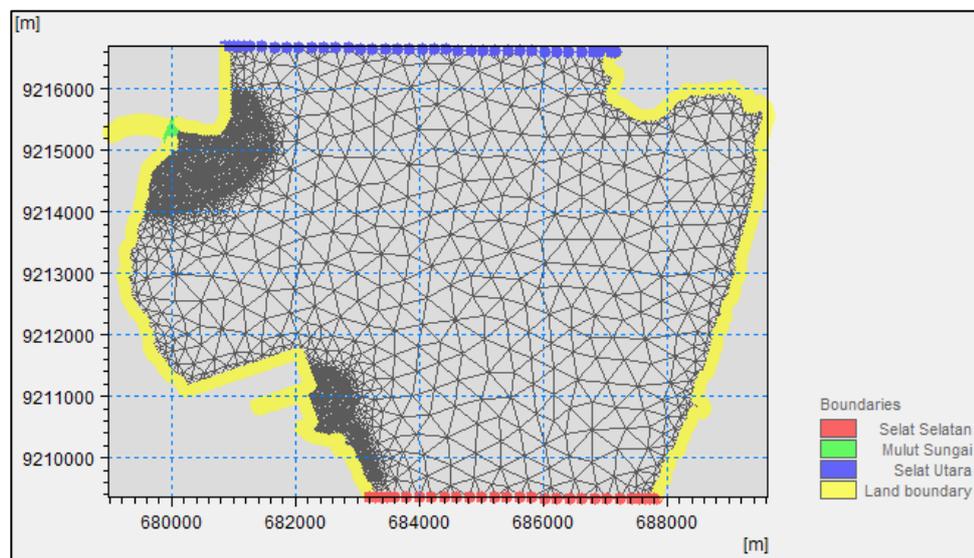
Gambar 4.13 Tampilan input data TSS pada modul MT

4.4.3 Kondisi Batas Lingkungan

Modul yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah tiga modul dengan dua modul pokok. Modul hidrodinamika dan modul mud transport merupakan modul pokok yang akan dianalisa hasil simulasinya, sedangkan modul spektral gelombang digunakan sebagai modul penunjang untuk menambahkan aspek gelombang dalam melakukan simulasi modul mud transport. Pemrosesan simulasi yang dilakukan membutuhkan masukan/input data sesuai dengan kondisi yang diinginkan atau dibutuhkan. Tugas akhir ini menggunakan data input angin, gelombang, butiran sedimen, debit sungai,

serta pasang surut yang dijadikan sebagai kondisi batas lingkungan dan dimasukkan kedalam pilihan input data yang beresesuaian.

Data angin dan pasang surut digunakan untuk masukan data lingkungan modul hidrodinamika. Pada modul hidrodinamika ini, data pasang surut dan debit sungai dimasukkan kedalam boundary condition, sedangkan data angin dimasukkan kedalam wind forcing. Boundary condition yang diberikan pada modul hidrodinamika mencakup empat kondisi batas yaitu selat bagian utara, selat bagian selatan, mulut sungai, serta darat. Adapun gambar dari kondisi batas lingkungan hidrodinamika dapat dilihat pada gambar 4.14.

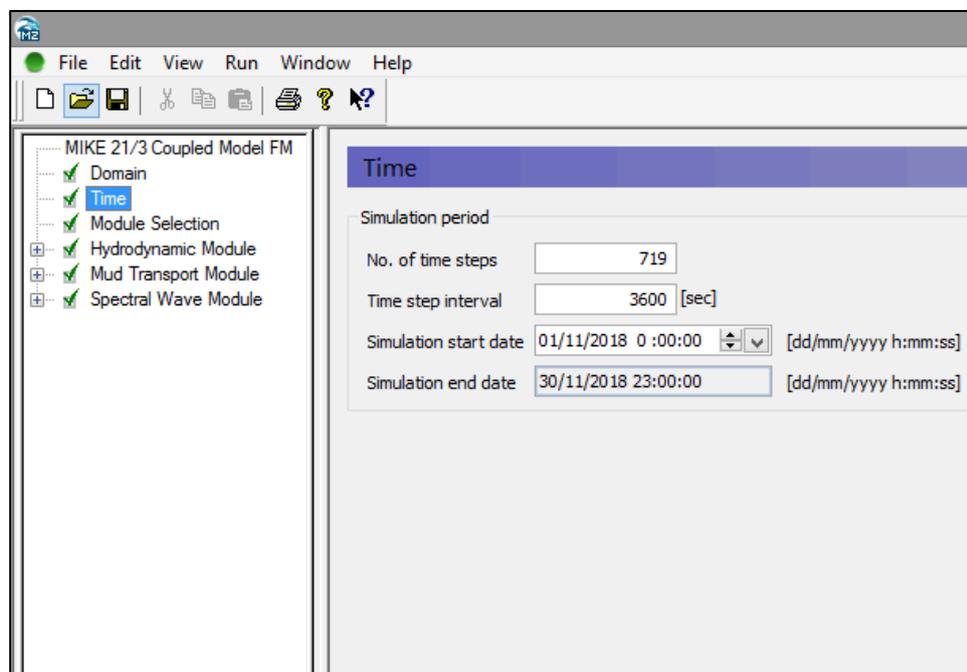


Gambar 4.14 Tampilan *boundary condition* lokasi studi kondisi eksisting.

Kondisi batas selat bagian utara dan diberikan input specified level berupa data pasang surut stasiun APBS (Alur Pelayaran Barat Surabaya) sesuai musim yang terjadi. Untuk selat bagian selatan dan diberikan input specified level berupa data pasang surut stasiun Tanjung Perak. Untuk boundary condition mulut sungai diberikan input specified discharge. Sedangkan untuk kondisi batas daratan diberikan boundary data berupa land (zero normal velocity).

4.4.4 Simulasi Model

Tugas akhir ini mengambil sampel pemodelan musim timur dan musim barat, masing-masing musim dilakukan simulasi pemodelan 30 hari. Untuk Musim barat dimulai pada tanggal 1 Nopember 2018 pukul 00.00 dan diakhiri pada tanggal 30 Nopember 2018 pukul 23.00, sedangkan untuk Musim timur dimulai pada tanggal 1 Agustus 2018 pukul 00.00 dan diakhiri pada tanggal 30 Agustus pukul 23.00. Interval waktu tiap time step diambil 3600 detik atau tiap 1 jam sehingga simulasi dilakukan sebanyak 719 time step. Tampilan input waktu simulasi dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Tampilan input time step pada simulasi

4.4.5 Validasi Model

Setelah melakukan simulasi model, kemudian dilakukan validasi data untuk mengetahui keakuratan dari model yang telah dibuat. Validasi model dilakukan dengan membandingkan data arus dan pasang surut dari data sekunder yang telah ada dan dengan data hasil simulasi pemodelan. Elemen kecepatan arus dan elevasi muka air yang berguna untuk validasi data, didapatkan dengan menggunakan program data extraction (.dxfm). Adapun titik lokasi yang divalidasi kecepatannya yaitu di koordinat $x = 682240$ dan $y = 9211180$. Dengan menggunakan rumus dibawah ini didapatkan

persentase error kecepatan arus rata-rata antara data sekunder dengan hasil pemodelan.

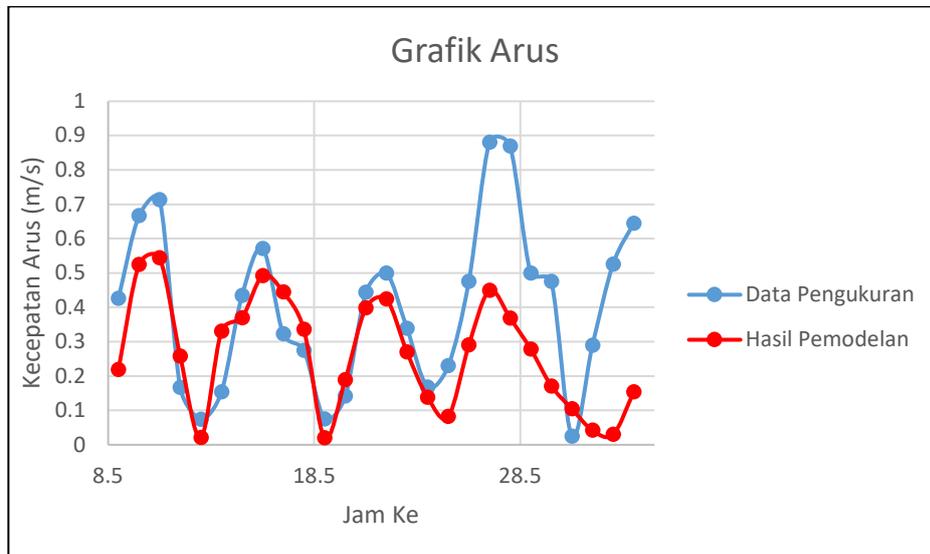
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left[\frac{|actual - forecast|}{actual} \right] \times 100\%$$

Rumus MAPE memiliki kriteria sebagai berikut

Tabel 4.1 Kriteria MAPE

MAPE	Interpretasi
<10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup
>50%	Buruk

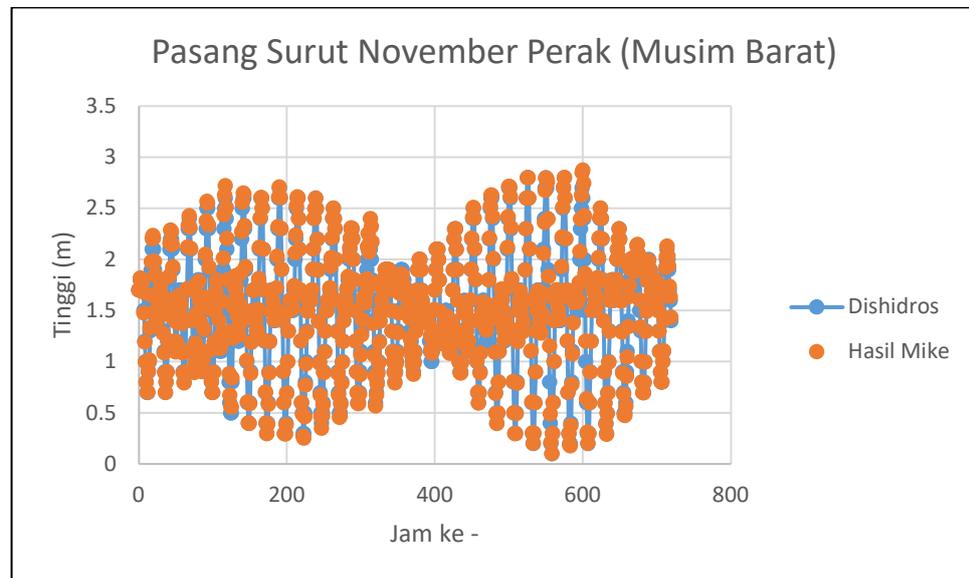
Dengan menggunakan rumus error diatas kemudian diperoleh nilai error sebesar 34.93 % Untuk grafik perbandingan kecepatan arus rata-rata dari data sekunder dan hasil pemodelan dapat dilihat seperti dibawah ini:



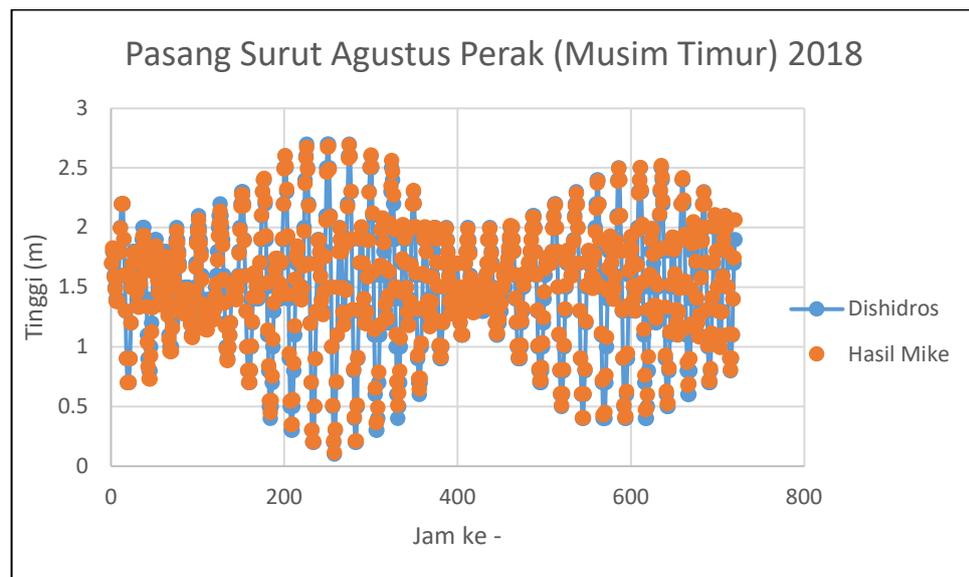
Gambar 4.16 Grafik perbandingan kecepatan arus.

Terkait dengan data pasang surut dari data sekunder (Dishidros) dan hasil pemodelan Mike 21 juga dilakukan validasi pemodelan menggunakan rumus diatas. Untuk validasi pasang surut masing - masing dilakukan 30 hari. Hasil dari validasi pasang surut pada Tanjung Perak Musim Barat (November) didapatkan error sebesar 2.11%, sedangkan pada Musim Timur

(Agustus) didapatkan error sebesar 1.88 %. Grafik perbandingan pasang surut dapat dilihat pada gambar 4.17 dan 4.18.



Gambar 4.17 Grafik perbandingan pasang surut November.



Gambar 4.18 Grafik perbandingan pasang surut Agustus.

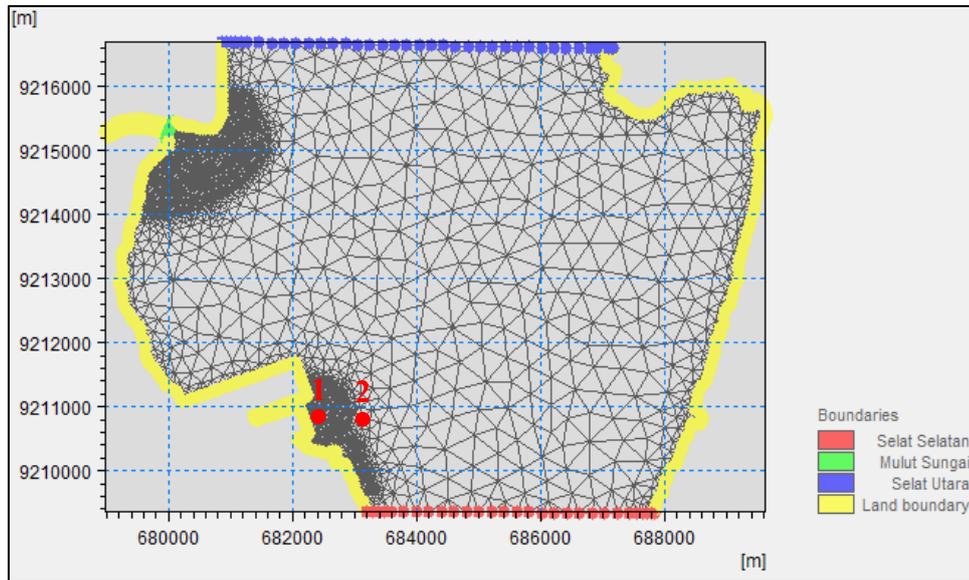
4.5 Hasil Simulasi Model

Hasil simulasi pemodelan hidrodinamika adalah berupa model pasang surut, kecepatan arus, serta pola pergerakan arus, pasang surut maksimum, dan tinggi gelombang. Dari pola pergerakan arus inilah kemungkinan pola pergerakan sedimen dapat diketahui, sehingga dapat dijadikan pertimbangan untuk perencanaan alternatif layout desain jetty. Untuk lokasi pengamatan hasil simulasi

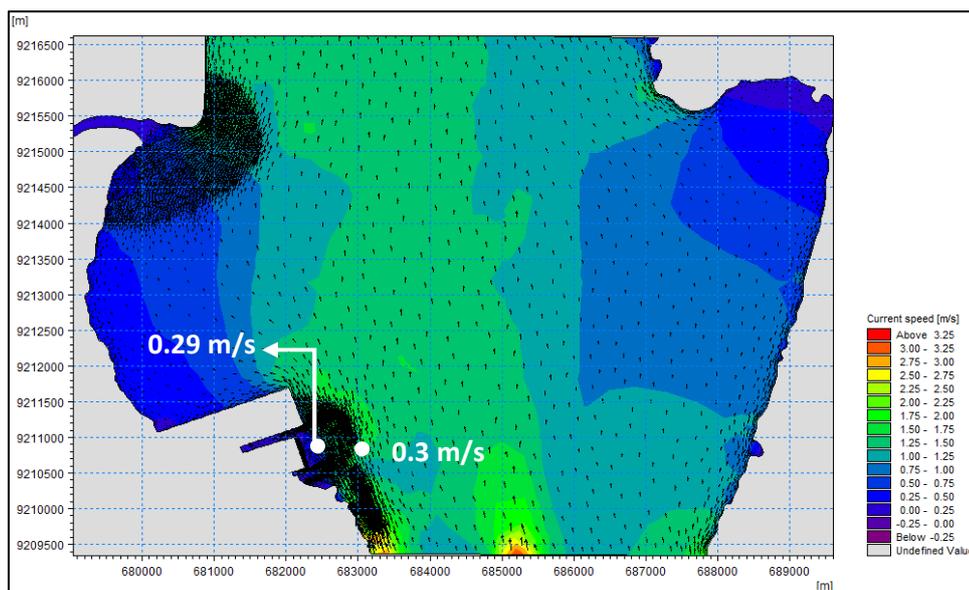
dilakukan di 2 titik yaitu di dermaga dan alur masuk dermaga. Koordinat lokasi adalah sebagai berikut

Tabel 4.2 Koordinat Lokasi Hasil Simulasi

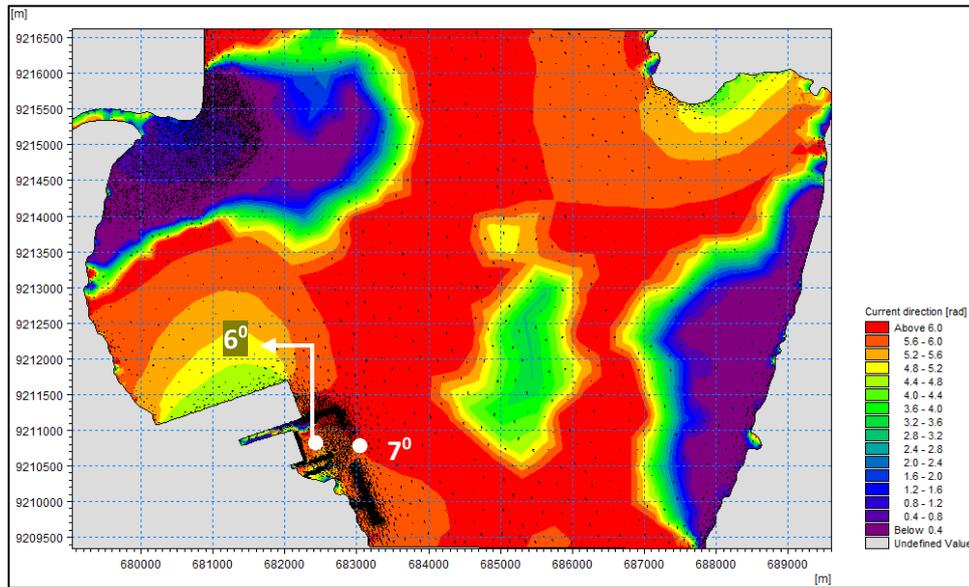
	X	Y
Dermaga (1)	682237.88	9210789.26
Alur Masuk Dermaga (2)	682848.78	9210827.77



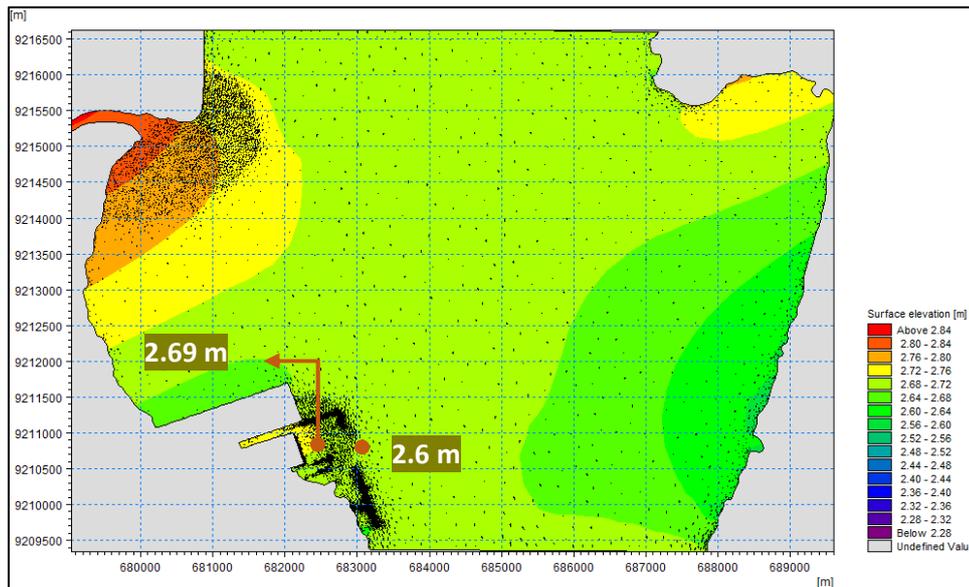
Gambar 4.19 Lokasi pengamatan hasil simulasi



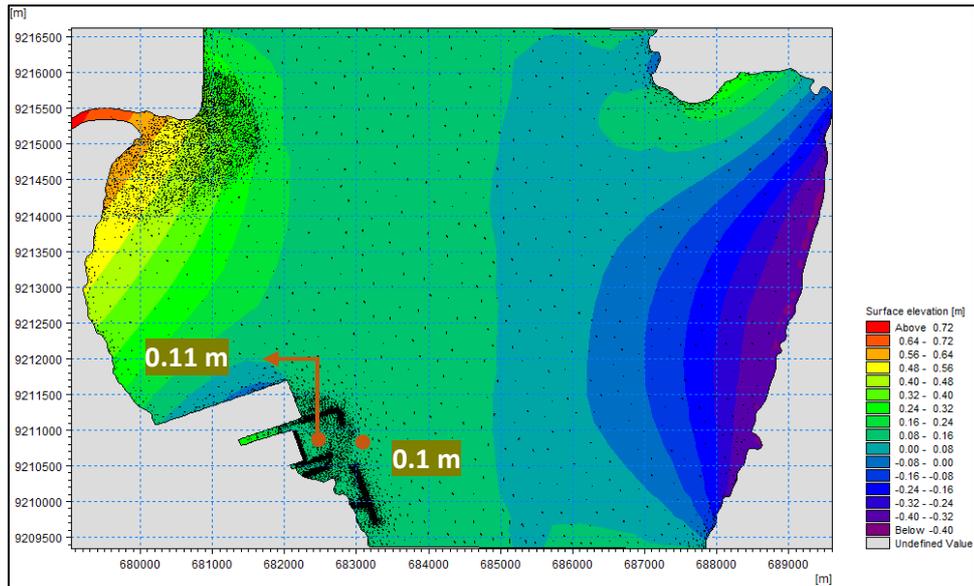
Gambar 4.20 Tampilan hasil current speed pada Musim Timur



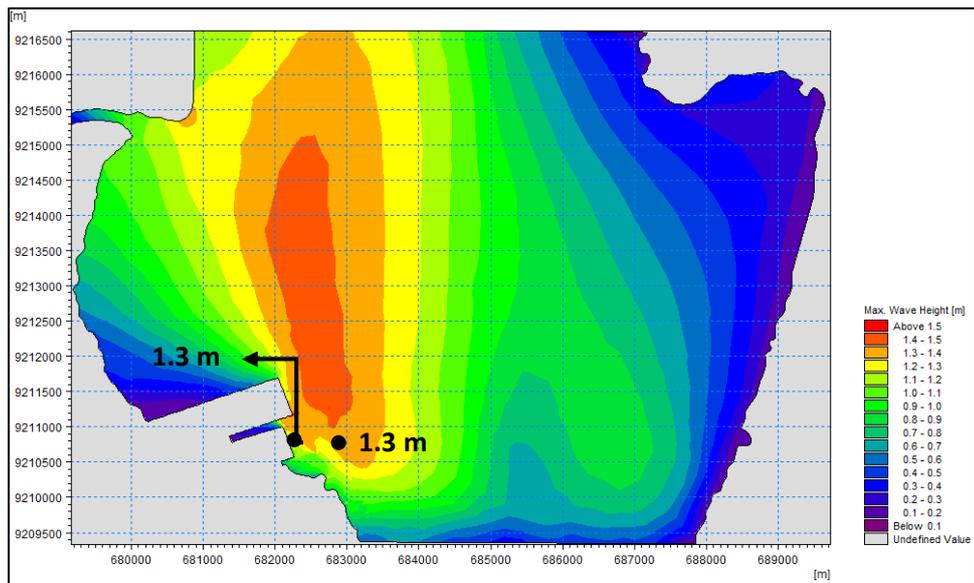
Gambar 4.21 Tampilan hasil current direction pada Musim Timur



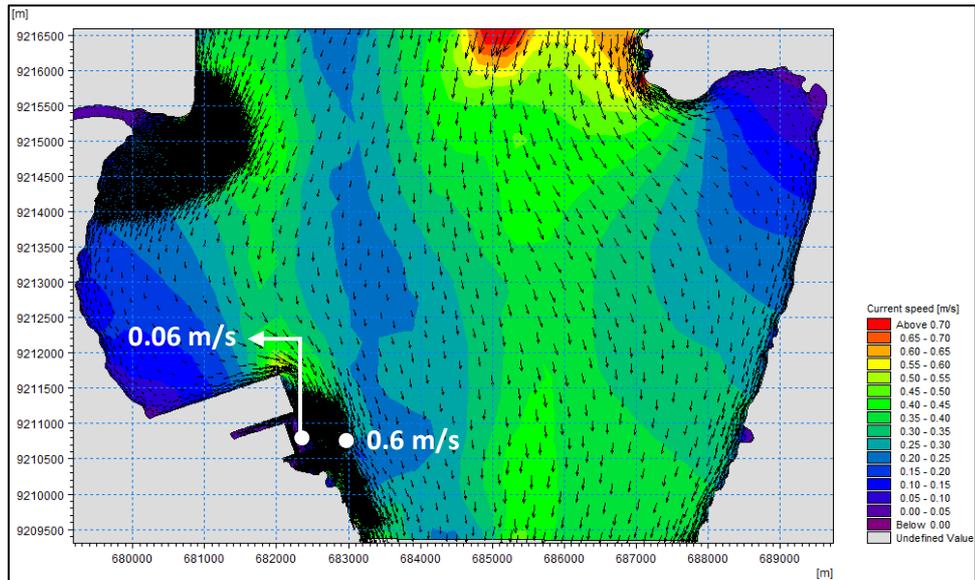
Gambar 4.22 Tampilan hasil pasang maksimum pada Musim Timur



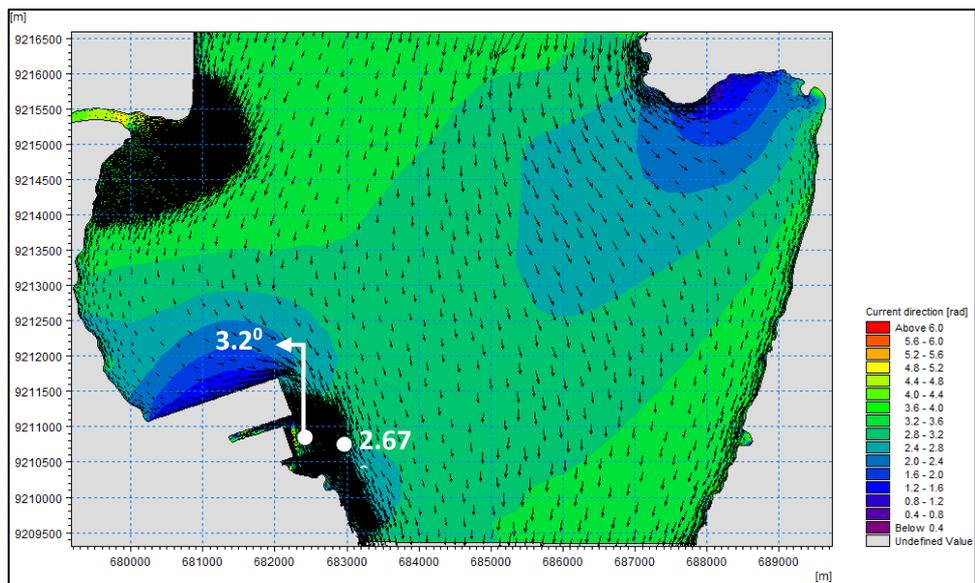
Gambar 4.23 Tampilan hasil surut maksimum pada Musim Timur



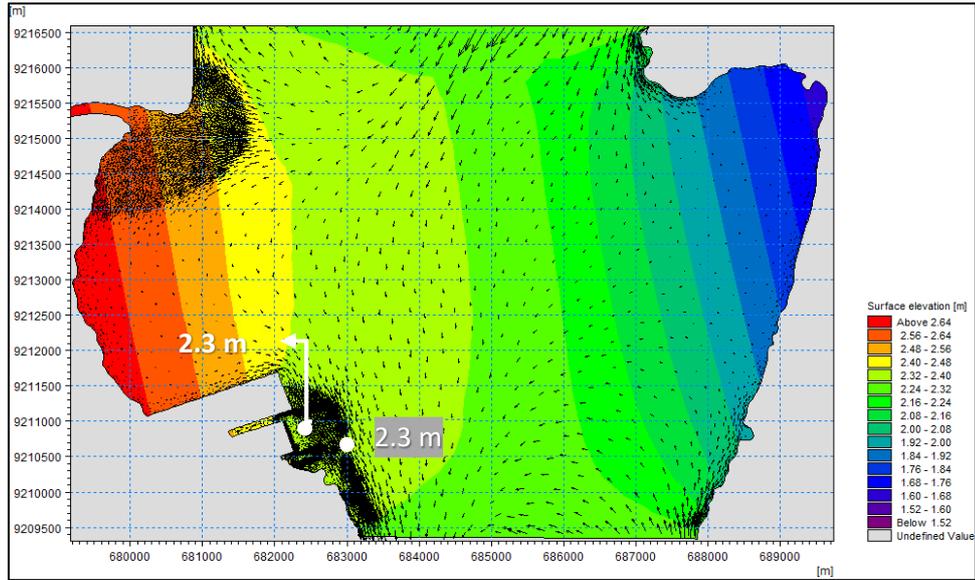
Gambar 4.24 Tinggi gelombang maksimum pada Musim Timur



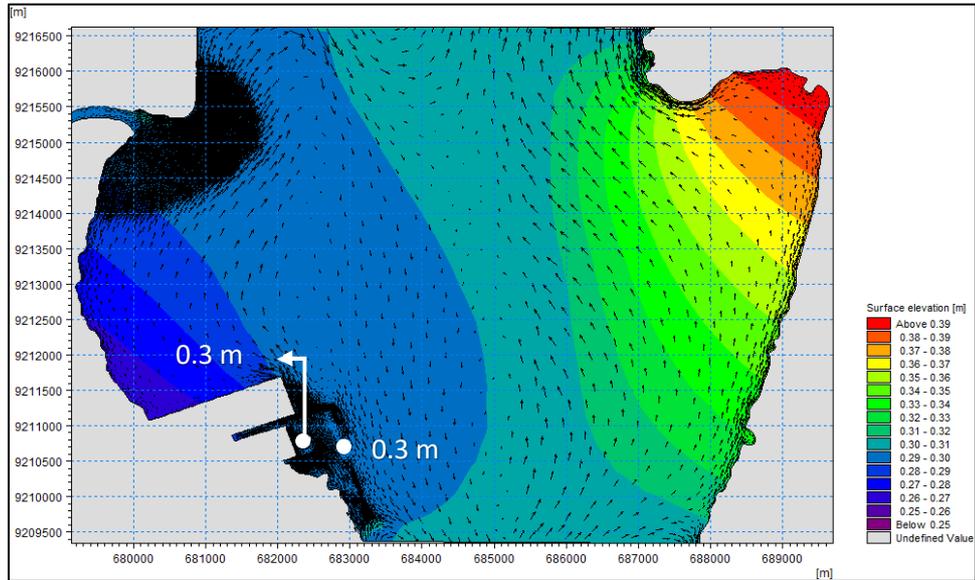
Gambar 4.25 Tampilan hasil current speed pada Musim Barat



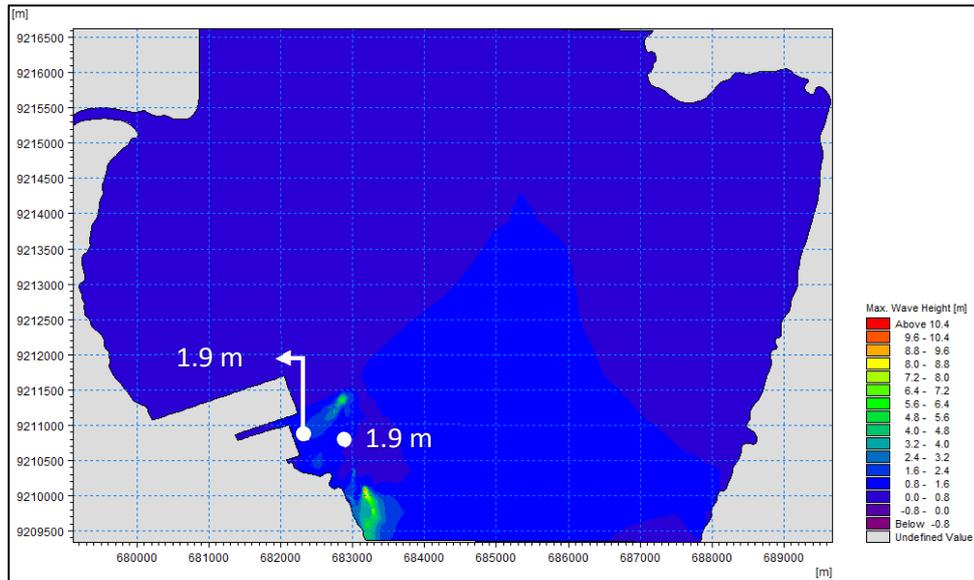
Gambar 4.26 Tampilan hasil current direction pada Musim Barat



Gambar 4.27 Tampilan hasil pasang maksimum pada Musim Barat



Gambar 4.28 Tampilan hasil surut maksimum pada Musim Barat



Gambar 4.29 Tampilan hasil tinggi gelombang maksimum pada Musim Barat

Dari hasil simulasi pengaruh yang paling dominan adalah arah datangnya arus, dikarenakan arus adalah faktor dominan yang mempengaruhi laju sedimentasi.

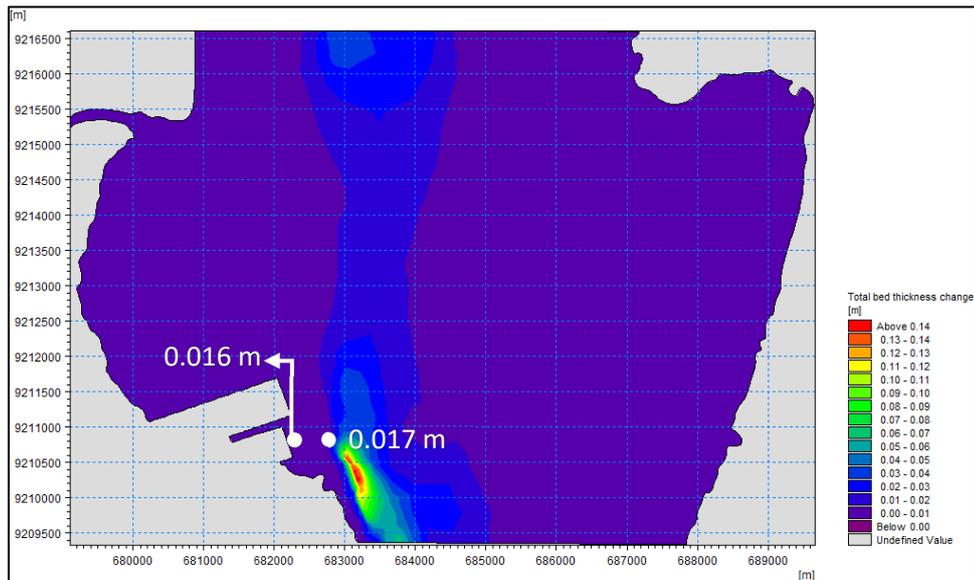
4.6 Analisa Hasil Pemodelan Eksisting

Berdasarkan hasil pemodelan hidrodinamika diketahui apabila arah arus yang terjadi di sekitar lokasi studi berasal dari arah barat laut menuju tenggara. Arah arus tersebut dapat mempengaruhi sedimentasi yang terjadi di kolam labuh Dermaga C, karena sedimen di Dermaga C terbawa arus dan gelombang. Pola pergerakan arus dan kecepatan arus dari hasil pemodelan hidrodinamika mempengaruhi perubahan morfologi dasar laut yang berguna untuk mengetahui adanya sedimen yang tererosi ataupun terendap. Setelah mengetahui model hidrodinamikanya, kemudian dilihat hasil simulasi model sedimentasinya dari modul mud transport.

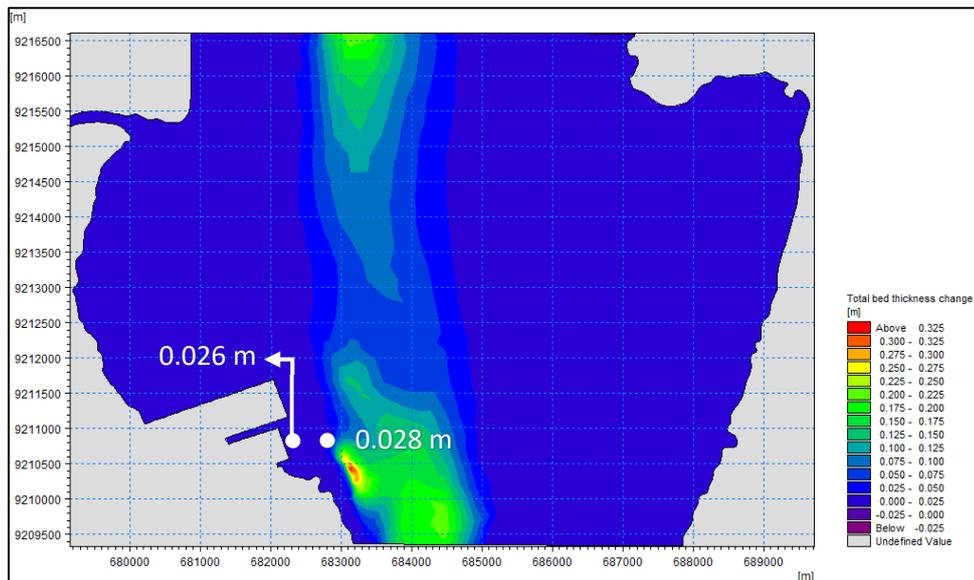
Dalam Pemodelan modul Mud Transport (MT) parameter yang digunakan merupakan data sedimen dan gelombang yang berasal dari simulasi spectral wave (SW). Pemodelan mud transport ini bertujuan untuk mengetahui perubahan profil dasar perairan yang terjadi akibat adanya sedimen yang terbawa oleh arus dan gelombang. Dari hasil simulasi sedimentasi inilah akan diketahui perubahan profil dasar perairan (bed thickness change) dari daerah lokasi studi yang kemudian akan

dianalisa perubahan sedimen dasarnya dan dihitung perubahan volume sedimennya dengan menggunakan bantuan software *Surfer*.

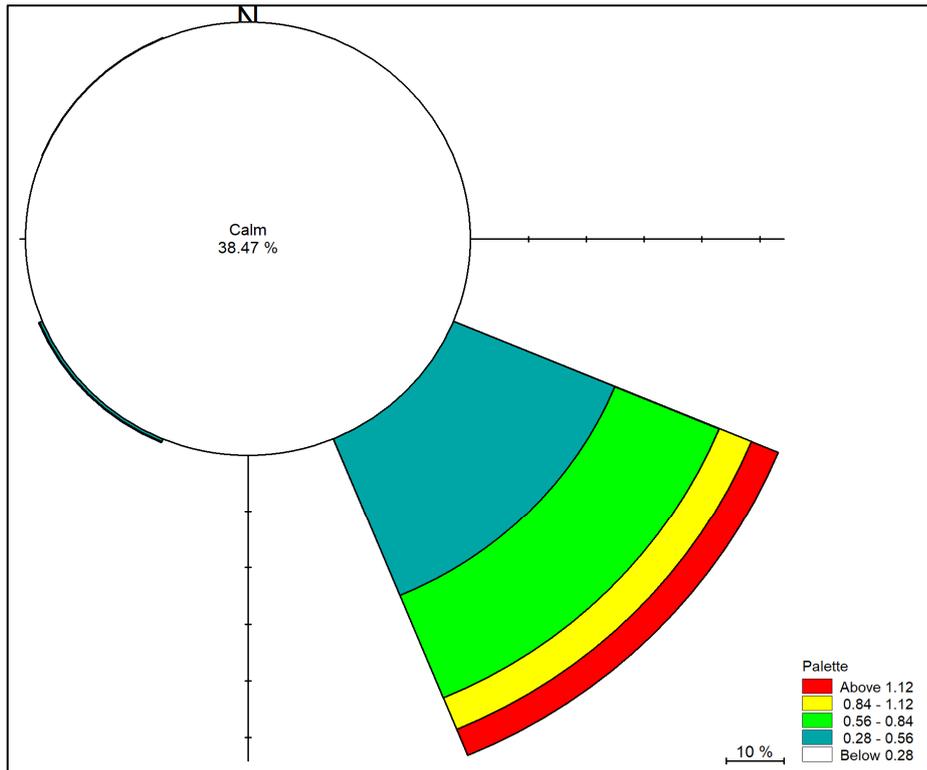
Dari hasil simulasi pemodelan mud transport diketahui terdapat perbedaan profil dasar perairan (*bed thickness*) dari sebelum dilakukan pemodelan dan sesudah dilakukan pemodelan. Ini berarti terjadi perubahan kontur batimetri selama kurun waktu simulasi 30 hari. Perubahan tersebut dapat dilihat seperti berikut.



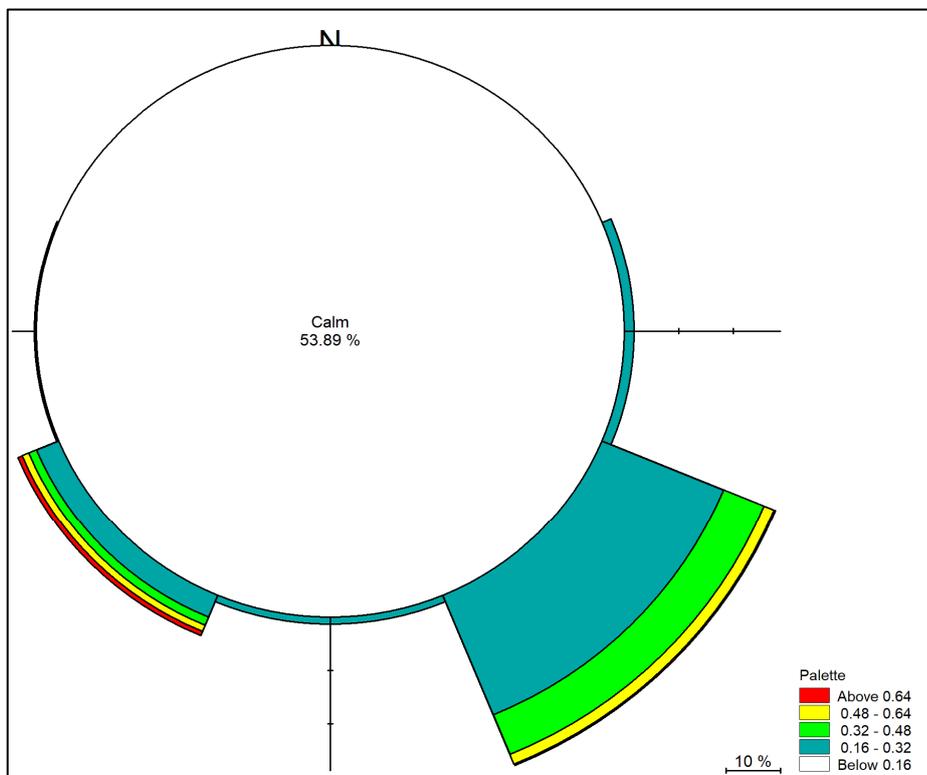
Gambar 4.30 Tampilan hasil *bed thickness change* Musim Timur



Gambar 4.31 Tampilan hasil *bed thickness change* pada Musim Barat



Gambar 4.32 *Current rose* pada Musim Timur



Gambar 4.33 *Current rose* pada Musim Barat

Perubahan profil dasar kolam labuh terjadi diakibatkan karena adanya proses sedimentasi atau pendangkalan. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pendangkalan tersebut diantaranya adalah arus, gelombang dan pasang surut serta tiang pancang pada dermaga. Pada penelitian ini perubahan sedimen diamati berdasarkan perubahan profil dasar perairan (total bed thickness change) yang terletak di wilayah kolam labuh Dermaga C. Pengamatan dilakukan dengan melihat perubahan profil dasar perairan setelah dilakukan simulasi pemodelan selama 30 hari dengan time step 719.

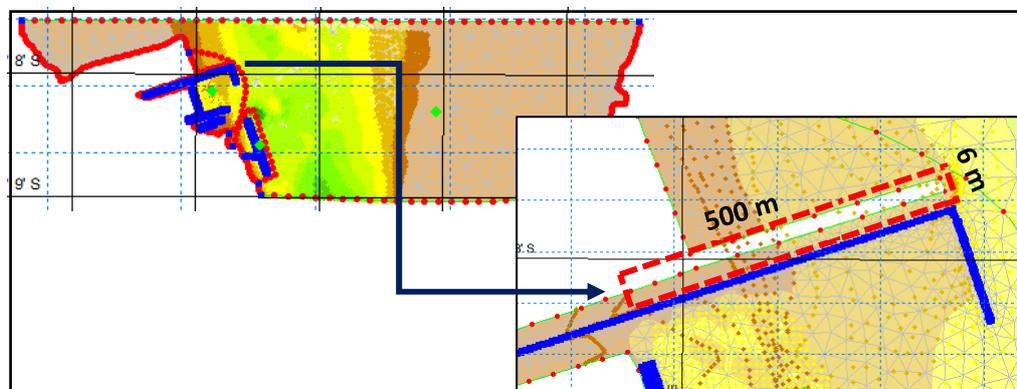
4.7 Model Desain Dermaga Alternatif

Berdasarkan hasil pemodelan jetty kondisi eksisting diatas didapatkan pola arah arus dominan berasal dari barat laut ke tenggara kemudian dibuat beberapa alternatif desain jetty yang diasumsikan mampu mengurangi dampak sedimen yang terbawa arus dan gelombang.

4.7.1 Dermaga Alternatif 1

Untuk desain dermaga 1, diberikan modifikasi berupa penambahan jetty di sisi sebelah utara Dermaga C . Penambahan jetty ini dibuat dengan posisi tegak dengan tujuan untuk mereduksi sedimen yang terbawa dari arus dominan dari arah barat laut ke tenggara, sehingga sedimen tidak masuk kedalam kolam labuh Dermaga C.

Pada jetty tambahan di sebelah utara diberikan penambahan jetty yang lurus dengan panjang sekitar 500 m dan lebar 6 m dari garis pantai. Desain alternatif 1 pada Dermaga C dapat dilihat pada gambar 4.31 dibawah ini

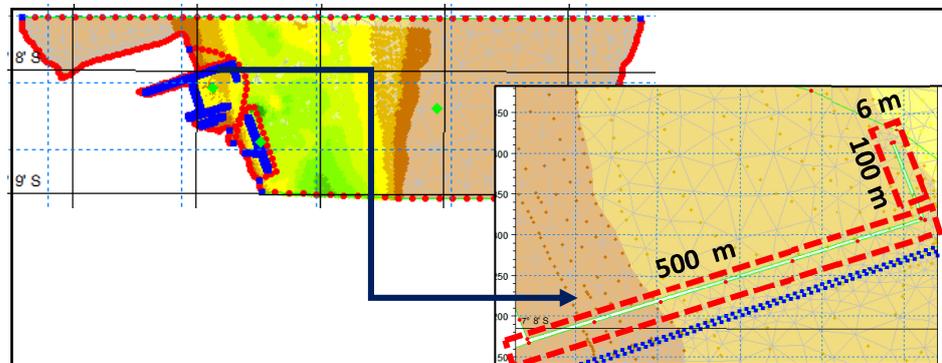


Gambar 4.34 Desain Alternatif 1 pada Dermaga C

4.7.2 Dermaga Alternatif 2

Untuk desain dermaga 2, diberikan modifikasi berupa penambahan jetty di sisi sebelah utara Dermaga C. Penambahan jetty ini dibuat posisi tegak dengan tambahan jetty tegak lurus ke arah utara dengan tujuan untuk mereduksi sedimen yang terbawa dari arus dominan dari arah barat laut ke tenggara, sehingga sedimen tidak masuk kedalam kolam labuh Dermaga C.

Pada jetty tambahan di sebelah utara diberikan penambahan jetty lurus dengan panjang sekitar 500 m dan lebar 6 m dari garis pantai serta penambahan terhadap jetty lurus dengan panjang 100 m dengan lebar 6 m. Desain alternatif 2 pada Dermaga C dapat dilihat pada gambar 4.32

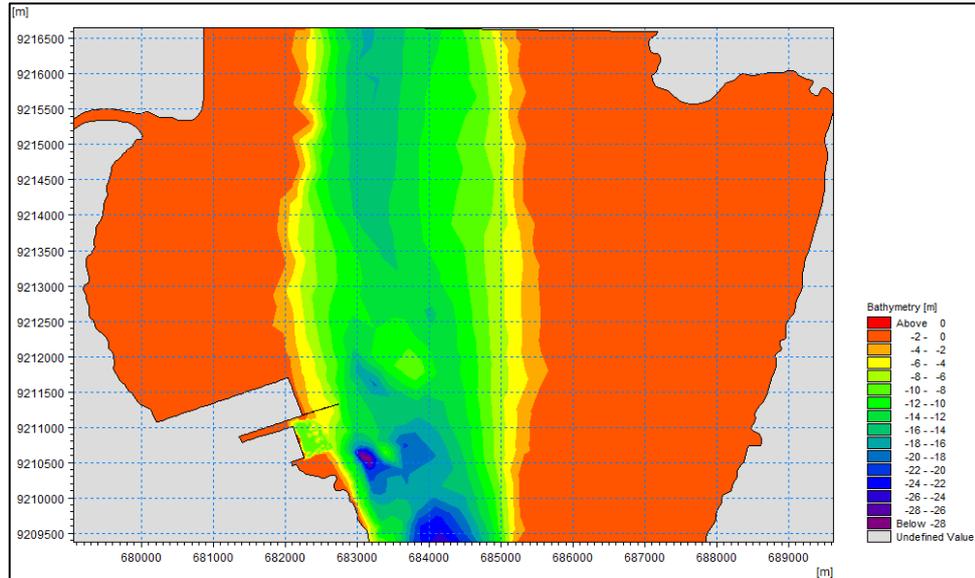


Gambar 4.35 Desain Alternatif 2 pada Dermaga C

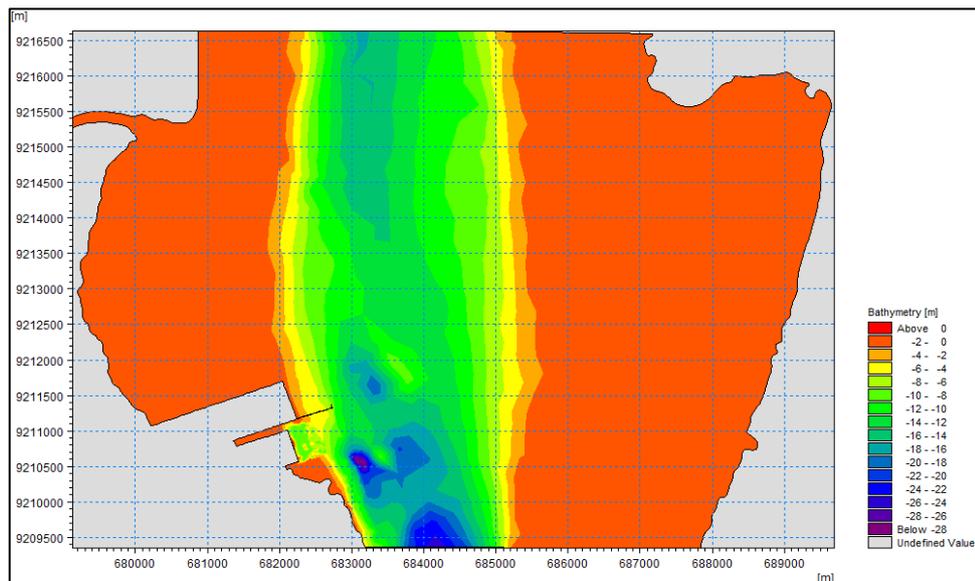
4.8 Pemodelan Dermaga Alternatif dengan Mike 21

4.8.1 Pemodelan Alternatif

Berdasarkan beberapa gambar desain jetty alternatif tersebut, kemudian dibuat meshing batimetri untuk dapat dilakukan simulasi pemodelan hidrodinamika dan sedimentasi. Model geometri desain tersebut diolah dengan menggunakan program mesh generator dan dibuat boundary condition untuk menentukan batasan pemodelannya. Model meshing dan kontur batimetri kedua desain alternatif dapat dilihat pada gambar 4.36 dan 4.37 :



Gambar 4.36 Model Meshing Alternatif 1 pada Dermaga C

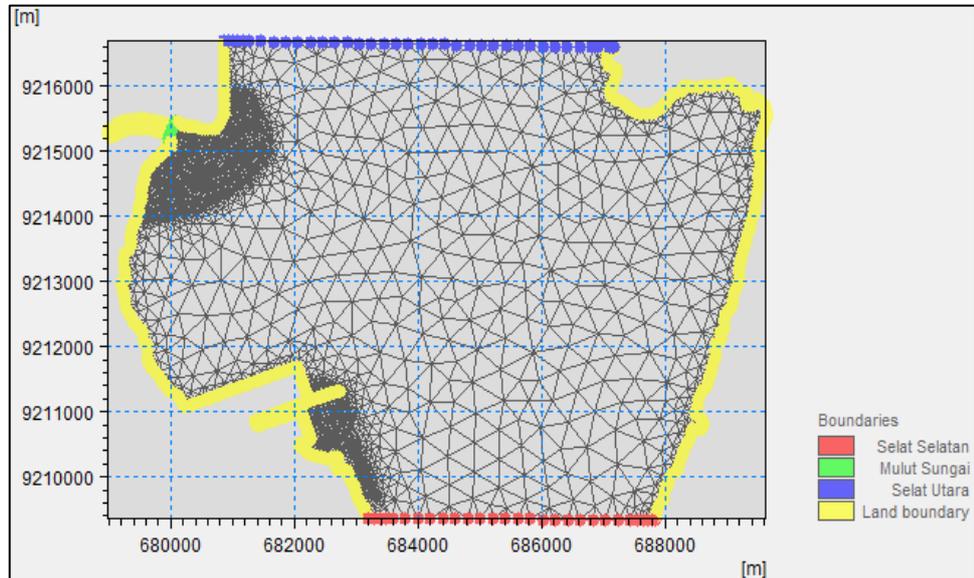


Gambar 4.37 Model Meshing Alternatif 2 pada Dermaga C

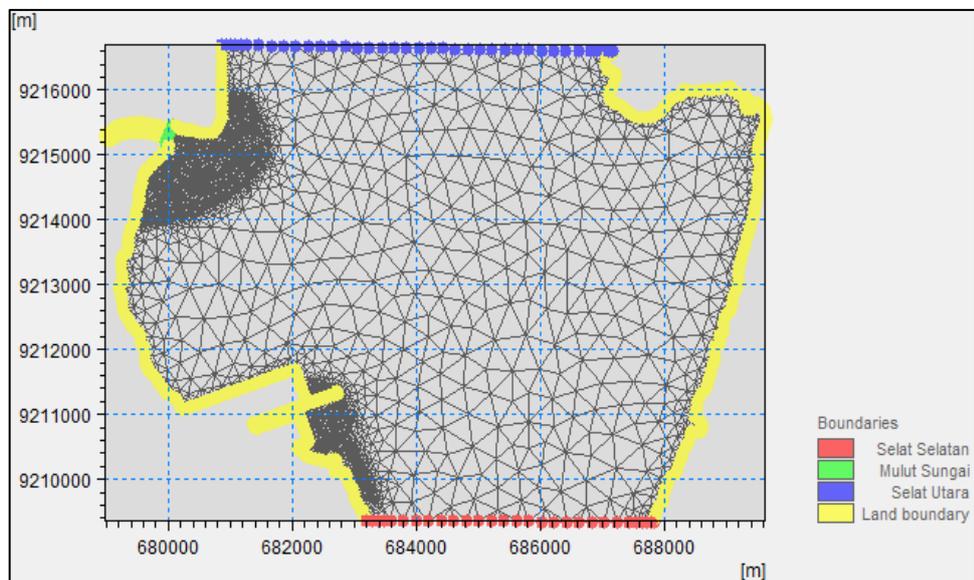
4.8.2 Kondisi Batas Model Dermaga Alternatif

Untuk kondisi batas lingkungan yang diberikan sama dengan kondisi batas lingkungan yang berlaku pada pemodelan eksisting. Hal ini bertujuan agar dapat hasil pemodelan antara kondisi eksisting dengan alternatif dapat dibandingkan. Data input yang diberikan antara lain angin, gelombang, sedimen, serta pasang surut yang dijadikan sebagai kondisi batas lingkungan dan dimasukkan kedalam pilihan input data yang sesuai. Modul

hidrodinamika diberikan boundary condition meliputi tiga kondisi batas yang sama seperti pada kondisi eksisting yaitu selat bagian utara, selat bagian selatan dan daratan.



Gambar 4.38 Kondisi Batas Lingkungan Desain Alternatif 1 pada Dermaga C



Gambar 4.39 Kondisi Batas Lingkungan Desain Alternatif 2 pada Dermaga C

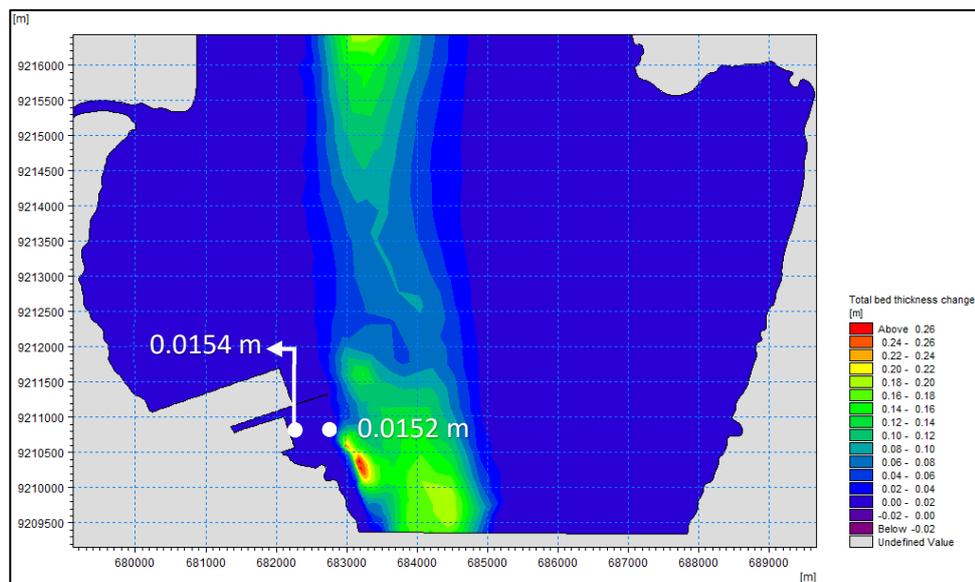
Sama seperti kondisi eksisting untuk kondisi batas selat bagian utara diberikan input specified level berupa data pasang surut APBS sesuai musim yang terjadi. Untuk batas selat bagian selatan diberikan input pasang surut

Tanjung Perak. Untuk mulut sungai diberikan input specified discharge sesuai dengan debit sungai. Sedangkan untuk kondisi batas daratan diberikan boundary data berupa land (zero normal velocity).

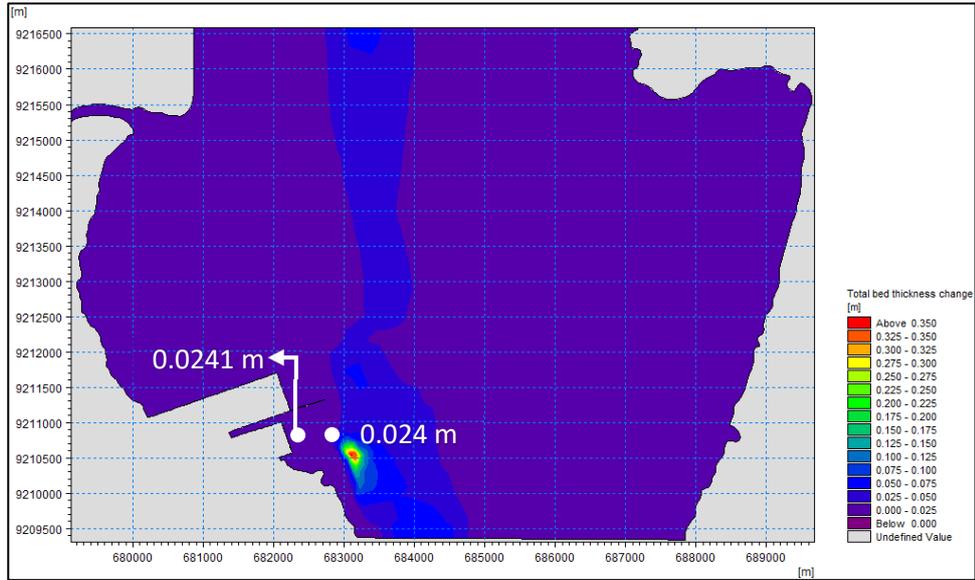
Simulasi dilakukan dengan menggunakan program Mike 21 Coupled Model dimana diberlakukan modul spectral wave untuk melakukan pemodelan gelombang. Model definition dari modul mud transport diberikan tipe model wave and current. Untuk modul spectral wave, specified level dari kondisi batas lingkungan yang diberikan merupakan data gelombang.

4.9 Analisa Hasil Pemodelan Alternatif

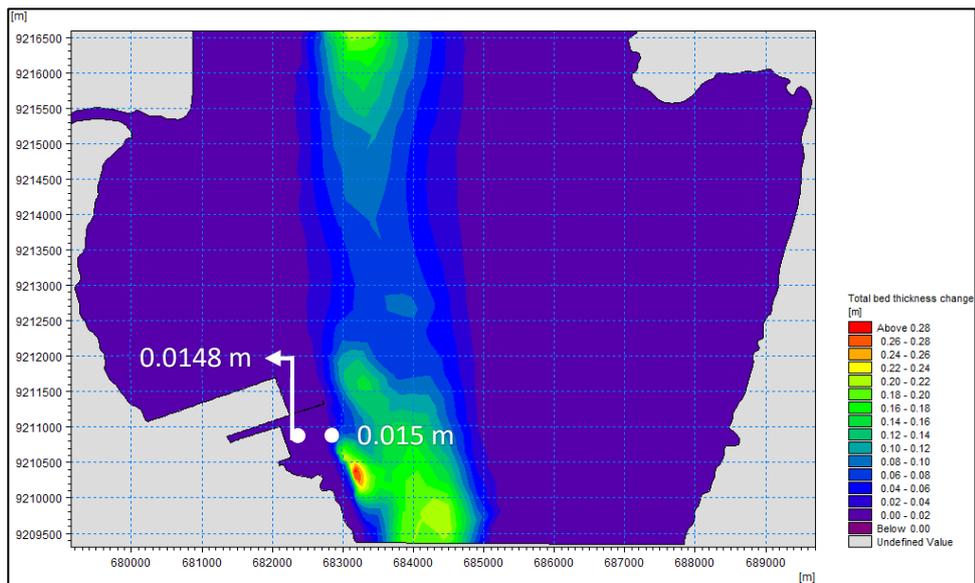
Dari hasil simulasi pemodelan mud transport diketahui terdapat perbedaan profil dasar perairan (bed level) dari sebelum dilakukan pemodelan dan sesudah dilakukan pemodelan. Ini berarti terjadi perubahan kontur batimetri selama kurun waktu simulasi 30 hari. Perubahan tersebut dapat dilihat seperti berikut.



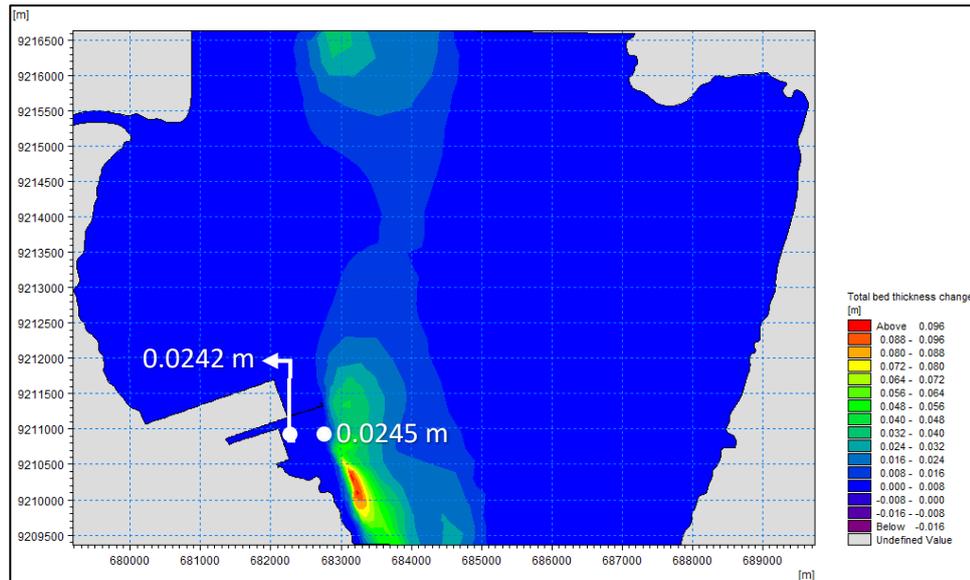
Gambar 4.40 Tampilan hasil *bed thickness change* alt 1 pada Musim Timur



Gambar 4.41 Tampilan hasil *bed thickness change* alt 1 pada Musim Barat



Gambar 4.42 Tampilan hasil *bed thickness change* alt 2 pada Musim Timur



Gambar 4.43 Tampilan hasil *bed thickness change* alt 2 pada Musim Timur

4.10 Volume Sedimentasi pada Dermaga C Eksisting

Untuk mengetahui besarnya laju volume sedimentasi, dilakukan perhitungan volume sedimentasi dengan menggunakan software Surfer 16. Perhitungan volume sedimen yang tertampung didalam kolam labuh dengan luas area ini bertujuan untuk mengetahui estimasi waktu pengerukan yang harus dilakukan agar kapal tetap bisa beroperasi.

Dalam perhitungan volume dengan menggunakan Surfer 16, digunakan data *bed thickness change* dari hasil pemodelan Mike 21 mud transport yang kemudian dimodelkan dengan metode integrasi volume cut and fill sehingga volume sedimen (net volume) dapat diketahui.

Tabel 4.3 Grid Volume Report Surfer 16 untuk Eksisting

Volume Report	Volume Musim Barat (m ³)	Volume Musim Timur (m ³)
Total Volumes by:		
Trapezoidal Rule	2276.84	1163.44
Simpson's Rule	2237.35	1164.78
Simpson's 3/8 Rule	2258.74	1164.93
Cut & Fill Volumes		
Positive Volume [Cut]	2354.24	1172.61
Negative Volume [Fill]	77.41	9.16
Net Volume [Cut-Fill]	2276.83	1163.45

Berdasarkan tabel 4.3 , dapat diketahui apabila volume sedimen selama 30 hari pada musim timur adalah sebesar 1163.45 m³ , sedangkan pada musim barat adalah 2276.83 m³. Dari perolehan perhitungan sedimen selama 30 hari di musim timur dan musim barat kemudian dicari rata-ratanya dan dilinearisasi untuk mendapatkan nilai volume sedimen selama 12 bulan, yang dapat mencirikan sedimentasi yang terjadi dalam kurun waktu satu tahun. Perhitungan linearisasi sedimen selama 12 bulan dibawah ini menghasilkan akumulasi volume sedimentasi yang terjadi di dalam kolam labuh kondisi eksisting dalam 1 bulan sebesar 2276.83 m³ pada musim barat yaitu (Oktober – April), dan 1 bulan sebesar 1163.45 m³, musim timur yaitu (April - Oktober), dan akumulasi selama 12 bulan antara musim timur dan barat adalah sebesar 20641.68 m³ .

Tabel 4.4 Akumulasi Volume Sedimen Eksisting Kolam Labuh Dermaga C

Bulan ke	Akumulasi Volume Musim Barat (m³)	Akumulasi Volume Musim Timur (m³)
1	2276.83	1163.45
2	4553.66	2326.9
3	6830.49	3490.35
4	9107.32	4653.8
5	11384.15	5817.25
6	13660.98	6980.7
Jumlah	20641.68 m³	

4.11 Volume Sedimentasi pada Dermaga C Alternatif

Pada subbab 4.14. diatas telah dilakukan perhitungan volume sedimentasi dan didapatkan hasil volume akumulasi sedimentasi selama 12 bulan sebesar 20641.68 m³. Volume sedimentasi selama 12 bulan tersebut diasumsikan dapat digunakan sebagai acuan laju volume sedimentasi selama 12 bulan di kolam labuh Dermaga C. Setelah mendapatkan nilai volume sedimentasi selama 12 bulan pada kondisi eksisting, kemudian dilakukan perhitungan volume sedimentasi selama 12 bulan yang terjadi pada jetty alternatif. Perhitungan volume sedimentasi ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil volume sedimentasinya terhadap volume sedimentasi kondisi eksisting.

Tabel 4.5 Grid Volume Report Surfer 16 untuk Alternatif 1

Volume Report	Volume Musim Barat (m ³)	Volume Musim Timur (m ³)
Total Volumes by:		
Trapezoidal Rule	1271.77	610.52
Simpson's Rule	1270.23	610.57
Simpson's 3/8 Rule	1276.06	611.85
Cut & Fill Volumes		
Positive Volume [Cut]	1360.11	624.66
Negative Volume [Fill]	88.346	14.15
Net Volume [Cut-Fill]	1271.75	610.51

Tabel 4.6 Grid Volume Report Surfer 16 untuk Alternatif 2

Volume Report	Volume Musim Barat (m ³)	Volume Musim Timur (m ³)
Total Volumes by:		
Trapezoidal Rule	944.67	293.03
Simpson's Rule	940.65	286.31
Simpson's 3/8 Rule	952.21	293.20
Cut & Fill Volumes		
Positive Volume [Cut]	2844.57	2349.75
Negative Volume [Fill]	1899.89	2056.72
Net Volume [Cut-Fill]	944.67	293.03

Berdasarkan tabel 4.5 dan 4.6 , dapat diketahui apabila volume sedimen alternatif 1 selama 30 hari pada musim timur adalah sebesar 610.51 m³ , sedangkan pada musim barat adalah 1271.75 m³. Sedangkan untuk alternatif 2 selama 30 hari pada musim timur adalah sebesar 293.03 m³ , sedangkan pada musim barat adalah 944.67 m³

Tabel 4.7 Akumulasi Volume Sedimen Alt 1 Kolam Labuh Dermaga C

Bulan ke	Akumulasi Volume Musim Barat (m ³)	Akumulasi Volume Musim Timur (m ³)
1	1271.75	610.51
2	2543.5	1221.02
3	3815.25	1831.53
4	5087	2442.04
5	6358.75	3052.55
6	7630.5	3663.06
Jumlah	11293.56 m³	

Perhitungan linearisasi sedimen selama 12 bulan pada table 4.7 menghasilkan akumulasi volume sedimentasi yang terjadi di dalam kolam labuh kondisi alternative 1 dalam 1 bulan sebesar 1271.75 m³ pada musim barat yaitu (Oktober – April), dan 1 bulan sebesar 610.51 m³, musim timur yaitu (April - Oktober), dan akumulasi selama 12 bulan antara musim timur dan barat adalah sebesar 11293.56 m³ .

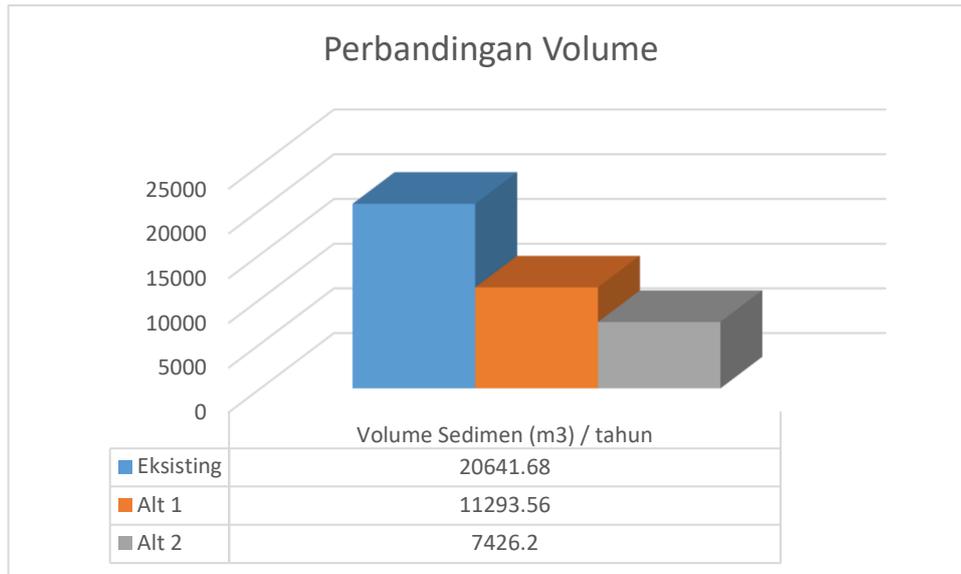
Tabel 4.8 Akumulasi Volume Sedimen Alt 2 Kolam Labuh Dermaga C

Bulan ke	Akumulasi Volume Musim Barat (m³)	Akumulasi Volume Musim Timur (m³)
1	944.67	293.03
2	1889.34	586.06
3	2834.01	879.09
4	3778.68	1172.12
5	4723.35	1465.15
6	5668.02	1758.18
Jumlah	7426.2 m³	

Perhitungan linearisasi sedimen selama 12 bulan pada table 4.8 menghasilkan akumulasi volume sedimentasi yang terjadi di dalam kolam labuh kondisi alternatif 2 dalam 1 bulan sebesar 944.67 m³ pada musim barat yaitu (Oktober – April), dan 1 bulan sebesar 293.03 m³, musim timur yaitu (April - Oktober), dan akumulasi selama 12 bulan antara musim timur dan barat adalah sebesar 7426.2 m³ .

4.12 Perbandingan Hasil Volume Sedimentasi

Berdasarkan hasil perhitungan volume sedimen pada tiap kondisi jetty alternatif selama 12 bulan, kemudian jumlah volume sedimen yang terakumulasi selama 12 bulan dikelompokkan dalam grafik agar terlihat alternatif manakah yang lebih optimal untuk meminimalkan sedimentasi yang terjadi di wilayah dalam kolam labuh Dermaga C.



Gambar 4.44 Perbandingan volume sedimentasi

Setelah hasil volume sedimentasi yang terjadi pada jetty kondisi alternatif selama 12 bulan diplot dalam grafik, kemudian dicari perbedaan selisih volume sedimentasi yang terjadi antara jetty eksisting dengan jetty alternatif. Tabel dibawah ini menunjukkan perbandingan volume sedimentasi yang terjadi pada jetty alternatif, serta selisih volume sedimentasinya terhadap jetty eksisting.

Tabel 4.9 Selisih Volume antara eksisting dengan alternatif

Kondisi Jetty	Akumulasi volume pada bulan ke 12 (m ³)	Selisih Volume (m ³)
Alternatif 1	20641.68	9348.12
Alternatif 2	11293.56	13215.48

Pada penelitian ini, jetty alternatif yang dipilih merupakan jetty alternatif yang paling optimal untuk mengurangi laju sedimentasi di wilayah kolam labuh. Pemilihan jetty alternatif yang paling optimal mengurangi laju sedimentasi ini berdasarkan jetty alternatif yang memiliki laju volume paling minimum selama 12 bulan dan memiliki selisih volume paling besar terhadap volume jetty kondisi eksisting. Berdasarkan kedua grafik diatas terlihat apabila volume

sedimentasi yang terakumulasi selama 12 bulan pada jetty alternatif kedua memiliki jumlah volume yang paling minimum dan memiliki selisih perbandingan volume paling banyak terhadap volume sedimentasi pada jetty eksisting.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tugas akhir ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Arah arus dominan hasil simulasi adalah berasal dari barat laut menuju tenggara.
2. Akumulasi volume yang terjadi pada bulan ke 12 pada kondisi eksisting sebesar 20641.68 m³, pada kondisi alternatif 1 sebesar 11293.56 m³, pada kondisi alternatif 2 sebesar 7426.2 m³
3. Dari 2 desain alternatif yang diberikan, desain alternatif kedua merupakan yang paling optimal karena mampu mereduksi laju sedimentasi sebanyak 13215.48 m³.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Diusahakan saat input data ke software menggunakan data pengukuran yang paling terbaru, sesuai dengan kondisi saat ini.
2. Perlu dilakukan meshing lebih rapat pada area lokasi yang ditinjau agar hasil lebih akurat.

Daftar Pustaka

- Achmad, Zuriati. 2011. **Analisa Pola Arus dan Laju Sedimentasi Terhadap Perubahan Batimetri di Perairan Teluk Tomini Gorontalo**. Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- Atikasari, Titis Julaikha. 2016 **Studi Modifikasi Jetty Sebagai Alternatif Penanganan Sedimentasi di Kanal Water Intake PLTGU Grati**. Tugas Akhir. Surabaya : Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- Coastal Engineering Research Center (CERC). 1984. **Shore Protection Manual Volume I and II**. US Army Engineering Waterways Experiment Station. Washington DC, USA.
- Fredsoe, Deigaard. 1992. **Mechanics of Coastal Sediment Transport**. Advanced Series on Ocean Engineering – Volume 3. Singapura.
- Fahmi, Muhammad Baharudin. 2015 **Analisa Laju Sedimentasi Akibat Reklamasi di Teluk Segendis Bontang**. Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- Fuada, Robij Ali. 2012. **Studi Pola Arus dan Sedimentasi di Kawasan Pantai Ujung Piring Bangkalan, Madura**. Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- Gross, M. Grant and Elizabeth Gross. 1996. **Oceanography—A View of Earth. 7th Edition. Upper Saddle River, New Jersey**: Prentice Hall..
- Krisna, Trismono Candra *et al.* 2005. **Analisa Sebaran TSS (Total Suspended Solid) Dengan Menggunakan Citra Satelit Aqua Modis Tahun 2005-2011**. Surabaya: Departemen Teknik Geofisika ITS.
- Nontji, A. 1987. **Laut Nusantara**. Jakarta.
- Mitchell, S.B., Burgess, H.M., Pope, D.J. 2006. **Stratification and fine sediment transport mechanisms in a semi-enclosed tidal lagoon (Pagham Harbour, West Sussex)**. Water and Environment Journal, 20(4), 248-255.
- Novianto, Indra Maulana. 2009. **Analisa Sedimentasi di Dermaga Domestik Terminal Petikemas Surabaya (TPS)**. Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
- PT. Petrokimia. 2018. **Profil Perusahaan**. Gresik.
- Putra, Sebrian, MBP *et al.* **Simulasi Numeris Perubahan Morfologi Dasar Laut Pada Desain Pelabuhan Di Kabupaten Gresik, Indonesia**. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Triatmodjo,B. 2010. **Perencanaan Pelabuhan**. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo,B. 2016. **Teknik Pantai**. Beta Offset. Yogyakarta.

Wibowo, Andy. 2014. **Studi Pola Arus dan Sedimentasi di Sungai Kalimas.**
Tugas Akhir. Surabaya: Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.

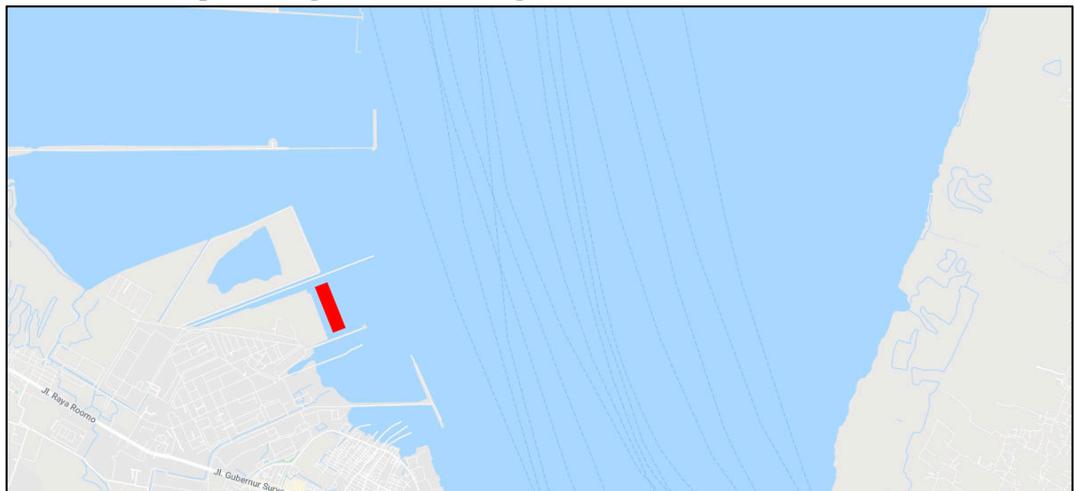
Widjojo JB, Sunardi.2010.**Transport Sedimen oleh Kombinasi Aliran
Permanen**

LAMPIRAN I
LOKASI STUDI

1. Lokasi Studi (sumber Google Earth 2020)



2. Lokasi Daerah perhitungan volume dengan luas area 86800 m²



LAMPIRAN II
DATA ARUS DAN PASANG SURUT

1. Data Pasang Surut Dishidros Perak 2018

		AGUSTUS 2018																									
J	T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	1	1.7	1.8	*1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	*1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.2	*2.2	1.9	1.6	1.3	0.9	0.7	0.7	*0.7	0.9	1.2	1.5	1	1
2	2	1.7	1.8	1.8	*1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	*1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	*2.0	1.9	1.7	1.4	1.1	0.9	0.8	*0.8	1.0	1.2	1.4	2	2
3	3	1.7	1.8	1.9	*1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	*1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	*1.8	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0	*1.0	1.2	1.4	3	3
4	4	1.6	1.8	1.9	2.0	*1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	*1.4	1.4	1.5	1.5	*1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	*1.1	1.2	1.4	4	4
5	5	1.5	1.7	1.9	2.0	*2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	*1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	*1.4	1.3	1.3	1.3	*1.3	1.4	5	5
6	6	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	*2.1	2.0	1.9	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9	*1.0	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5	*1.5	1.4	1.4	6	6
7	7	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.3	*2.3	2.2	1.9	1.6	1.3	1.0	0.8	0.7	*0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	*1.6	1.5	7	7
8	8	1.5	1.4	*1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.4	*2.4	2.2	1.9	1.5	1.1	0.8	0.5	0.4	*0.5	0.7	1.0	1.3	1.6	1.7	1.7	*1.7	8	8
9	9	1.5	1.4	1.4	*1.5	1.7	1.9	2.2	2.5	2.6	*2.5	2.3	1.9	1.4	0.9	0.5	0.3	0.3	*0.5	0.8	1.1	1.5	1.7	1.8	*0.0	9	9
10	10	1.7	*1.5	1.4	1.4	*1.5	1.7	2.0	2.4	2.6	2.7	*2.5	2.2	1.7	1.2	0.7	0.3	0.2	*0.2	0.5	0.9	1.3	1.7	1.9	1.9	10	10
11	11	1.8	1.6	1.4	1.3	*1.3	1.5	1.8	2.1	2.5	2.7	*2.5	2.1	1.5	1.0	0.5	0.2	0.1	*0.3	0.7	1.1	1.5	1.8	2.0	*1.1	11	11
12	12	1.9	1.8	1.5	1.3	1.2	*1.3	1.5	1.9	2.2	2.6	2.7	*2.6	2.3	1.9	1.3	0.8	0.4	0.2	*0.2	0.5	0.9	1.3	1.7	1.9	12	12
13	13	2.0	*1.9	1.7	1.4	1.2	1.2	*1.3	1.6	1.9	2.3	2.5	2.6	*2.5	2.1	1.6	1.1	0.6	0.3	0.3	*0.4	0.7	1.1	1.6	1.9	13	13
14	14	2.0	*2.0	1.8	1.6	1.3	1.2	*1.2	1.4	1.6	2.0	2.3	2.5	*2.4	2.2	1.9	1.4	1.0	0.6	0.4	*0.5	0.7	1.0	1.4	1.7	14	14
15	15	2.0	2.0	*1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	*1.2	1.4	1.7	2.0	2.2	2.3	*2.2	2.0	1.6	1.3	0.9	0.7	0.6	*0.7	1.0	1.3	1.6	15	15
16	16	1.9	2.0	*2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	*1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.0	*1.9	1.7	1.5	1.2	1.0	0.9	*0.9	1.0	1.2	1.5	16	16
17	17	1.9	2.0	*1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	*1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	*1.1	1.3	1.5	1.7	17	17
18	18	1.7	1.8	1.9	2.0	*1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	*1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	*1.3	1.4	1.5	18	18
19	19	1.6	1.7	1.9	1.9	2.0	*1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	*1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	19	19
20	20	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	*2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9	*0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	*1.6	1.6	20	20
21	21	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	*2.1	2.0	1.8	1.6	1.3	1.0	0.8	0.7	0.7	*0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	1.7	*1.7	21	21
22	22	1.7	1.7	*1.7	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	*2.2	2.0	1.8	1.5	1.1	0.8	0.6	0.5	*0.6	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7	1.8	*1.8	22	22
23	23	1.7	1.7	1.6	*1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	*2.2	2.0	1.7	1.3	0.9	0.6	0.4	0.4	*0.6	0.8	1.2	1.5	1.7	1.8	*1.8	23	23
24	24	1.8	1.7	1.6	1.5	*1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.4	*2.2	1.9	1.5	1.1	0.7	0.4	0.4	*0.4	0.7	1.0	1.4	1.6	1.8	1.9	24	24
25	25	1.8	1.7	1.5	1.4	*1.5	1.6	1.9	2.1	2.4	2.5	*2.4	2.1	1.8	1.3	0.9	0.5	0.4	*0.4	0.6	0.9	1.3	1.6	1.8	1.9	25	25
26	26	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	*1.5	1.7	2.0	2.3	2.4	2.5	*2.3	2.0	1.5	1.1	0.7	0.4	0.4	*0.5	0.8	1.2	1.5	1.8	1.9	26	26
27	27	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	*1.3	1.5	1.8	2.1	2.3	2.5	*2.4	2.2	1.8	1.3	0.9	0.6	0.5	*0.5	0.8	1.1	1.5	1.8	1.9	27	27
28	28	1.9	1.8	1.6	1.3	1.2	1.1	*1.3	1.5	1.9	2.2	2.4	2.4	*2.2	1.9	1.5	1.1	0.8	0.6	*0.6	0.8	1.1	1.4	1.8	2.0	28	28
29	29	2.0	*1.9	1.7	1.4	1.2	1.1	*1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.3	*2.2	2.0	1.7	1.3	1.0	0.7	0.7	*0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	29	29
30	30	2.1	*2.0	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	*1.1	1.3	1.6	1.9	2.1	2.1	*2.0	1.8	1.5	1.1	0.9	0.8	*0.9	1.1	1.4	1.7	1.9	30	30
31	31	2.1	2.1	*2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	*1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	*1.9	1.8	1.6	1.3	1.1	1.0	*1.0	1.1	1.3	1.6	1.9	31	31

		NOPEMBER 2018																									
		KETINGGIAN DALAM METER																									
		07° 11' 54.28" S - 112° 43' 11.70" T																									
		Waktu : G.M.T. + 07.00																									
J	T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	1	2.0	2.0	2.1	*2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.1	0.9	0.7	0.6	*0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	*1.9	1.8	1.8	1	1
2	2	1.7	*1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	*1.9	1.7	1.5	1.2	0.9	0.7	0.6	*0.8	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.0	2.1	*2.0	1.9	1.7	2	2
3	3	1.6	1.5	*1.5	1.6	1.7	1.9	1.9	*1.9	1.8	1.5	1.2	0.9	0.7	0.6	*0.6	0.8	1.1	1.5	1.8	2.1	2.2	*2.2	2.0	1.8	3	3
4	4	1.5	1.3	1.2	*1.3	1.4	1.7	1.9	2.0	*2.0	1.8	1.6	1.2	0.9	0.7	0.6	0.7	1.0	1.3	1.8	2.1	2.3	2.3	*2.2	1.9	4	4
5	5	1.5	1.2	1.0	1.0	*1.1	1.3	1.6	1.9	2.0	*2.0	1.8	1.5	1.2	0.9	0.7	0.7	*0.9	1.2	1.6	2.0	2.3	2.4	*2.3	2.1	5	5
6	6	1.7	1.3	1.0	0.8	*0.8	1.0	1.3	1.7	1.9	2.1	*2.0	1.8	1.5	1.1	0.9	0.8	*0.8	1.1	1.5	1.9	2.3	2.5	*2.5	2.2	6	6
7	7	1.9	1.4	1.0	0.7	0.6	*0.7	1.0	1.3	1.7	1.9	2.0	*1.9	1.7	1.4	1.1	0.9	0.9	*1.1	1.4	1.8	2.2	2.5	*2.5	2.4	7	7
8	8	2.1	1.6	1.1	0.7	0.5	0.5	*0.7	1.0	1.4	1.7	1.9	1.9	*1.8	1.6	1.3	1.1	1.1	*1.2	1.4	1.8	2.1	2.4	2.6	*2.5	8	8
9	9	2.2	1.8	1.3	0.9	0.6	0.4	*0.5	0.7	1.1	1.4	1.7	1.8	*1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	*1.3	1.4	1.7	2.1	2.4	2.5	*2.5	9	9
10	10	2.4	2.0	1.6	1.1	0.7	0.5	0.4	*0.5	0.8	1.1	1.4	1.6	1.7	*1.7	1.6	1.5	1.4	*1.4	1.5	1.7	2.0	2.3	2.5	*2.5	10	10
11	11	2.4	2.2	1.8	1.3	0.9	0.6	0.5	*0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.5	1.6	*1.6	1.5	1.5	*1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	*2.5	11	11
12	12	2.4	2.2	1.9	1.6	1.2	0.9	0.6	0.5	*0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	12	12
13	13	2.4	2.3	2.0	1.7	1.4	1.1	0.8	0.7	0.6	*0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	13	13
14	14	2.3	*2.2	2.1	1.8	1.6	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	14	14
15	15	2.1	*2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	0.8	0.8	*0.8	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	15	15
16	16	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	*0.8	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	16	16
17	17	1.8	1.7	1.7	*1.7	*1.7	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	*0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	17	17
18	18	1.6	1.5	1.5	*1.5	1.6	1.6	1.7	*1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8	*0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.1	2.1	2.1	1.9	18	18
19	19	1.5	1.3	1.2	*1.3	1.3	1.5	1.6	1.7	*1.7	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9	*1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.3	2.2	2.1	1.8	19	19
20	20	1.5	1.2	1.0	1.0	*1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	*1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	*1.0	1.2	1.6	1.9	2.2	2.4	2.4	2.2	1.9	20	20
21	21	1.5	1.2	0.9	0.8	*0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.8	*1.7	1.6	1.3	1.1	1.0	*1.0	1.2	1.5	1.9	2.2	2.5	2.5	2.4	2.1</		

3. Data Pasang Surut Dishidros APBS 2018

		AGUSTUS 2018																											
J	T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T		
1	1.9	* 1.9	1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	*	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	*	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	*	0.9	1.1	1.3	1.6	1.7	1	1
2	1.8	1.9	* 1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	*	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	*	1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	*	1.2	1.3	1.5	1.7	2	2
3	1.8	1.8	* 1.8	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	*	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	*	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	3	3
4	1.7	1.7	* 1.7	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	*	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	*	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	4	4	
5	1.7	1.7	* 1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	*	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	*	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	5	5	
6	1.7	1.6	1.6	* 1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	*	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	6	6		
7	1.7	1.6	1.6	1.6	* 1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	*	1.0	1.1	1.4	1.6	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	7	7		
8	1.7	1.6	1.5	1.5	* 1.6	1.6	1.7	* 1.7	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	8	8		
9	1.8	1.6	1.5	1.4	*	1.5	1.6	1.7	1.8	*	1.7	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.7	0.8	1.1	1.5	1.9	2.1	2.2	2.0	9	9		
10	1.9	* 1.7	1.5	1.4	1.4	*	1.5	1.6	1.8	1.9	*	1.8	1.6	1.4	1.1	0.9	0.6	0.5	0.6	0.9	1.3	1.7	2.0	2.2	2.3	2.2	10	10	
11	2.0	1.8	1.5	1.3	1.3	*	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	*	1.9	1.7	1.4	1.1	0.8	0.6	0.5	0.7	1.0	1.4	1.8	2.1	2.3	2.3	11	11	
12	2.1	1.9	1.6	1.3	1.2	*	1.2	1.4	1.6	1.9	2.0	*	1.9	1.6	1.3	1.0	0.7	0.5	0.6	0.8	1.2	1.6	2.0	2.2	2.2	12	12		
13	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	*	1.2	1.4	1.7	2.0	2.1	*	2.0	1.9	1.6	1.3	0.9	0.7	0.6	0.7	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2	13	13	
14	2.2	2.0	1.8	1.5	1.2	1.0	*	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.1	*	2.0	1.8	1.6	1.2	0.9	0.7	0.7	0.9	1.2	1.6	1.9	2.1	14	14	
15	2.1	* 2.0	1.8	1.6	1.3	1.0	0.9	*	1.0	1.3	1.6	1.8	2.0	2.1	*	2.0	1.8	1.5	1.2	1.0	0.9	0.9	1.1	1.4	1.7	1.9	15	15	
16	2.0	* 2.0	1.9	1.6	1.4	1.1	0.9	*	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.0	*	1.9	1.8	1.5	1.3	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	16	16	
17	1.9	1.9	* 1.8	1.7	1.5	1.2	1.0	0.9	*	1.0	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	*	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.6	1.7	17	17	
18	1.8	1.8	* 1.8	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.9	*	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	18	18	
19	1.7	1.7	* 1.7	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	*	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	19	19	
20	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	*	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	20	20		
21	1.7	1.6	1.5	1.5	* 1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	*	1.0	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	21	21		
22	1.8	1.6	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	*	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.2	2.2	2.2	2.0	2.2	22	22		
23	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	*	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.3	2.2	2.1	23	23		
24	2.0	1.7	1.5	1.3	1.3	*	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.7	0.8	1.0	1.4	1.8	2.1	2.2	2.3	2.2	24	24		
25	2.0	1.8	1.5	1.3	1.2	*	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.7	0.8	1.0	1.4	1.8	2.1	2.2	2.3	2.2	25	25	
26	2.1	1.8	1.6	1.3	1.2	*	1.2	1.3	1.6	1.8	1.8	1.8	1.7	1.5	1.3	1.0	0.8	0.7	0.7	0.9	1.2	1.6	1.9	2.2	2.3	2.2	26	26	
27	2.1	1.9	1.6	1.3	1.1	1.1	*	1.2	1.5	1.7	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.2	0.9	0.7	0.7	0.9	1.3	1.6	1.9	2.1	2.2	2.2	27	27	
28	2.1	1.9	1.6	1.3	1.1	1.0	*	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.0	1.9	1.7	1.4	1.1	0.9	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8	2.0	2.1	2.2	28	28	
29	2.0	1.9	1.6	1.3	1.1	0.9	0.9	1.1	1.4	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.1	1.0	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.0	2.1	29	29		
30	2.0	1.9	1.7	1.4	1.1	0.9	0.8	*	1.0	1.2	1.5	1.8	1.9	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1.2	1.4	1.7	1.9	2.0	30	30		
31	2.0	1.9	1.7	1.4	1.1	0.9	0.8	*	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	31	31		

		37. ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA																										
		KETINGGIAN DALAM METER																										
		06° 55' 45.85" S - 112° 43' 40.66" T																										
		NOPEMBER 2018																										
		Waktu : G.M.T. + 07.00																										
J	T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T	
1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	* 0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	2.1	2.1	*	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	1	1	
2	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	*	2.1	2.0	1.9	1.7	2	2	
3	1.6	1.5	1.4	1.4	* 1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	* 0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.3	*	2.2	2.1	1.9	1.7	3	3	
4	1.5	1.3	1.2	* 1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	* 1.5	1.4	1.2	1.1	0.9	0.9	* 0.9	1.1	1.4	1.8	2.1	2.3	2.3	*	2.2	2.0	1.7	4	4	
5	1.5	1.2	1.1	1.0	* 1.1	1.4	1.6	1.7	1.7	* 1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	1.0	1.2	1.6	1.9	2.2	2.3	*	2.2	2.1	1.8	5	5	
6	1.5	1.2	0.9	0.8	0.9	1.1	1.4	1.7	1.9	1.9	* 1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.1	1.4	1.8	2.1	2.3	2.3	*	2.1	1.9	6	6	
7	1.5	1.2	0.9	0.7	* 0.7	0.9	1.2	1.6	1.8	2.0	* 2.0	1.9	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.3	1.6	2.0	2.2	2.3	*	2.2	2.0	7	7	
8	1.6	1.2	0.9	0.6	0.5	0.6	0.9	1.3	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.3	1.5	1.8	2.1	2.3	*	2.2	2.0	8	8	
9	1.7	1.3	0.9	0.6	0.4	* 0.4	0.7	1.0	1.4	1.8	2.0	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	*	2.1	9	9	
10	1.8	1.5	1.1	0.7	0.4	0.3	* 0.5	0.8	1.2	1.5	1.8	2.0	2.1	* 2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	*	2.1	10	10	
11	1.9	1.6	1.2	0.9	0.5	0.3	* 0.4	0.6	0.9	1.3	1.6	1.9	2.0	2.1	*	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7	1.9	2.1	2.1	*	2.1	11	11
12	1.9	1.7	1.4	1.0	0.7	0.5	0.4	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	1.8	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	*	2.0	12	12
13	1.9	1.7	1.5	1.2	0.9	0.6	0.5	0.5	* 0.6	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	13	13	
14	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6	* 0.6	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	14	14	
15	1.8	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	* 0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	15	15	
16	1.8	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	16	16	
17	1.7	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	17	17	
18	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.1	2.1	2.0	1.8	1.7	18	18	
19	1.5	1.3	1.2	1.2	* 1.3	1.4	1.5	1.6	* 1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.4	1.7	2.0	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	19	19		
20	1.4	1.2	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.7	* 1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.1	2.1	1.9	1.6	20	20		
21	1.4	1.1	0.9	0.8	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	* 1.8	1.7	1.5															

4. Data Pengukuran Arus Lapangan tahun 1989 (Paulus Febrianto, 2000)

Jam	Pengukuran Arus		Tanggal
	0.2d		1-2-11-1989
	Arah terhadap utara (deg)	Kecepatan (m/s)	
9	338	0.426	
10	344	0.667	
11	340	0.714	
12	352	0.167	
13	180	0.074	
14	143	0.154	
15	154	0.435	
16	138	0.571	
17	170	0.323	
18	130	0.275	
19	340	0.075	
20	328	0.142	
21	340	0.444	
22	326	0.5	
23	327	0.339	
24	328	0.168	
1	160	0.23	
2	160	0.476	
3	160	0.881	
4	172	0.87	
5	168	0.5	
6	164	0.476	
7	220	0.025	
8	324	0.29	
9	350	0.526	
10	340	0.645	



LAMPIRAN III
PERHITUNGAN VOLUME

5. Hasil Perhitungan Volume Eksisting Musim Barat

Grid Volume Computations	
Thu Jan 2 07:18:41 2020	
Upper Surface	
Grid File Name:	E:\Pelajaran\Sem 7\TA\IP3\3. HASIL RUNNING FIX\EKSISTING\NOVEMBER\awal.grd
Grid Size:	100 rows x 65 columns
X Minimum:	682129.79
X Maximum:	682433.283
X Spacing:	4.7420781250003
Y Minimum:	9210566.864
Y Maximum:	9211039.82
Y Spacing:	4.7773333333357
Z Minimum:	-0.051622991392825
Z Maximum:	3.3949873328993
Lower Surface	
Level Surface defined by Z = 0	
Volumes	
Z Scale Factor:	1
Total Volumes by:	
Trapezoidal Rule:	2276.8357747853
Simpson's Rule:	2237.3461906845
Simpson's 3/8 Rule:	2258.7355411764
Cut & Fill Volumes	
Positive Volume [Cut]:	2354.2415779081
Negative Volume [Fill]:	77.405803122705
Net Volume [Cut-Fill]:	2276.8357747854

6. Hasil Perhitungan Volume Eksisting Musim Timur

Grid Volume Computations

Thu Jan 2 07:06:52 2020

Upper Surface

Grid File Name:	E:\Pelajaran\Sem 7\TA\P3\3. HASIL RUNNING FIX\EKSISTING\JUN\awal.grd
Grid Size:	100 rows x 68 columns
X Minimum:	682129.79
X Maximum:	682433.283
X Spacing:	4.529746268657
Y Minimum:	9210591.976
Y Maximum:	9211039.82
Y Spacing:	4.5236767676819
Z Minimum:	-0.046481220230158
Z Maximum:	0.031008688300515

Lower Surface

Level Surface defined by Z = 0

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule:	1163.4439468887
Simpson's Rule:	1164.7838649545
Simpson's 3/8 Rule:	1164.9295275755

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]:	1172.6061276582
Negative Volume [Fill]:	9.1621807695149
Net Volume [Cut-Fill]:	1163.4439468887

7. Hasil Perhitungan Volume Alt 1 Musim Timur

Grid Volume Computations	
Tue Jan 7 09:18:38 2020	
Upper Surface	
Grid File Name:	E:\Pelajaran\Sem 7\TA\IP3\3. HASIL RUNNING FIX\2. ALT 1\MARET\ALT 1 JUNI.grd
Grid Size:	100 rows x 64 columns
X Minimum:	682130.2643
X Maximum:	682423.5965
X Spacing:	4.6560666666658
Y Minimum:	9210582.099
Y Maximum:	9211040.43
Y Spacing:	4.6296060606085
Z Minimum:	-0.049740609713457
Z Maximum:	0.24153029083892
Lower Surface	
Level Surface defined by Z = 0	
Volumes	
Z Scale Factor:	1
Total Volumes by:	
Trapezoidal Rule:	610.51512815602
Simpson's Rule:	610.57415851006
Simpson's 3/8 Rule:	611.85155922862
Cut & Fill Volumes	
Positive Volume [Cut]:	624.66043998133
Negative Volume [Fill]:	14.145311825304
Net Volume [Cut-Fill]:	610.51512815603

8. Hasil Perhitungan Volume Alt 1 Musim Barat

Grid Volume Computations	
Tue Jan 7 09:12:23 2020	
Upper Surface	
Grid File Name:	E:\Pelajaran\Sem 7\TA\IP3\3. HASIL RUNNING FIX\2. ALT 1\NOVEMBER\ALT 1 NOVEMBER.grd
Grid Size:	100 rows x 69 columns
X Minimum:	682130.2643
X Maximum:	682446.8548
X Spacing:	4.6557426470578
Y Minimum:	9210582.099
Y Maximum:	9211040.43
Y Spacing:	4.6296060606085
Z Minimum:	-0.074013822942738
Z Maximum:	1.6840474231381
Lower Surface	
Level Surface defined by Z = 0	
Volumes	
Z Scale Factor:	1
Total Volumes by:	
Trapezoidal Rule:	1271.7655655464
Simpson's Rule:	1270.230325251
Simpson's 3/8 Rule:	1276.0647241302
Cut & Fill Volumes	
Positive Volume [Cut]:	1360.1119881104
Negative Volume [Fill]:	88.34642256401
Net Volume [Cut-Fill]:	1271.7655655464

9. Hasil Perhitungan Volume Alt 2 Musim Timur

Grid Volume Computations	
Wed Jan 8 16:01:34 2020	
Upper Surface	
Grid File Name:	E:\Pelajaran\Sem 7\TA\IP3\3. HASIL RUNNING FIX\3. ALT 2\ALT 2 JUNI 7
JAN\coba.grd	
Grid Size:	93 rows x 100 columns
X Minimum:	682180.3543
X Maximum:	682779.1209
X Spacing:	6.0481474747472
Y Minimum:	9210611.668
Y Maximum:	9211169.776
Y Spacing:	6.066391304358
Z Minimum:	-0.099132421339604
Z Maximum:	0.047671941735567
Lower Surface	
Level Surface defined by Z = 0	
Volumes	
Z Scale Factor:	1
Total Volumes by:	
Trapezoidal Rule:	293.03397050357
Simpson's Rule:	286.31414312837
Simpson's 3/8 Rule:	293.20464346062
Cut & Fill Volumes	
Positive Volume [Cut]:	2349.7591277529
Negative Volume [Fill]:	2056.7251572494
Net Volume [Cut-Fill]:	293.03397050357

10. Hasil Perhitungan Volume Alt 2 Musim Barat

Grid Volume Computations

Wed Jan 8 16:33:28 2020

Upper Surface

Grid File Name:	E:\Pelajaran\Sem 7\TAIP3\3. HASIL RUNNING FIX\3. ALT 2\ALT 2 NOV\alt 2 november.grd
Grid Size:	85 rows x 100 columns
X Minimum:	682194.4538
X Maximum:	682881.1748
X Spacing:	6.936575757576
Y Minimum:	9210624.168
Y Maximum:	9211206.517
Y Spacing:	6.932726190492
Z Minimum:	-0.096714929554049
Z Maximum:	0.049083985789224

Lower Surface

Level Surface defined by Z = 0

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule:	944.67649611832
Simpson's Rule:	940.65462141004
Simpson's 3/8 Rule:	952.21420684003

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]:	2844.5730774931
Negative Volume [Fill]:	1899.8965813748
Net Volume [Cut-Fill]:	944.67649611832

LAMPIRAN III
PERHITUNGAN VOLUME

1. Lisensi Software Mike 21



KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN BADAN RISET DAN SUMBER DAYA MANUSIA KELAUTAN DAN PERIKANAN

KOMPLEKS BINA SAMUDERA JALAN PASIR PUTIH I ANCOL TIMUR LANTAI IV JAKARTA 14430
TELEPON : (021) 64700755 EXT. 3120 FAKSIMILE : (021) 64711654
LAMAN : www.kkp.go.id SURAT ELEKTRONIK : pusniskel@kkp.go.id

Jakarta, 12 November 2019

Nomor : 2019/BRSDM.2/TU.210/XI/2019
Hal : Permohonan Ijin Penggunaan *Software MIKE 21/3 HD* Untuk Tugas Akhir dan Tesis

Yth. Kepala Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
DI Surabaya

Bedasarkan surat Kepala Departemen Teknik Kelautan Nomor : 87127/IT2.VI.6.3/PP.05.02/2019 tanggal 22 Oktober 2019 perihal Permohonan Ijin penggunaan *Software* untuk Tugas Akhir, bersama ini dapat disampaikan bahwa pada prinsipnya kami menyetujui pelaksanaan pengolahan data terbatas dengan menggunakan *Software MIKE 21/3 Hydrodynamic (HD)* milik Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Agency for Marine and Fisheries Research and Development, Jln. Pasir Putih 1 Jakarta Utara Indonesia untuk keperluan Tugas Akhir (Mahasiswa S1) dan Tesis (Mahasiswa S2) atas nama sebagai berikut :

No	Nama	NRP	Judul Tugas Akhir
1.	Muhammad Arrozikul R.S.	04311540000070	Analisa Dampak Pembangunan Jetty Terhadap Laju Sedimentasi dan Pola Arus di Kawasan Open Crude Access PT. Pertamina RU III Plaju.
2.	Rendatiyarso Laksono	04311640000018	Analisa Pola Arus Dan Laju Sedimentasi Di Dermaga C Pt. Petrokimia Gresik Dengan Menggunakan <i>Software Mike 21</i>
3.	Muhammad Ilham Maulana	04311640000039	Studi Laju Sedimentasi PLTU Pulang Pisau Akibat Modifikasi Jetty Dalam Upaya Peningkatan Kapasitas Produksi.

4.	Muhammad Yasril Mumtaz	04311640000131	Estimasi Potensi Energi Di Pantai Selatan Banyuwangi.
5.	Ilham Cahya	04311850010005	Pemodelan Banjir dan Sedimentasi di Muara Sungai Welang Pasuruan.
6.	Imayatul Lailiyah	04311850010007	Pemodelan Dinamika Estuari Sungai Welang Pasuruan.
7.	Indri Ika Widyastuti	04311850010010	Pemodelan Kualitas Air dan Upaya Pengendalian Pencemaran di Muara Welang Pasuruan.
8.	Abiyani Choirul Huda	04311850012001	Valuation Economic of Reclamation in Teluk Lamong.

Adapun waktu pelaksanaan pengolahan data sebagaimana dimaksud diatas berlaku sejak dikeluarkan surat ini hingga selesainya masa studi yang tersebut di atas. Untuk mendukung kelancaran selama publikasi paper/ jurnal dimohon untuk mencantumkan nama personal dari Instansi Pusat Riset Kelautan, Badan Riset Sumber Manusia, Kemeterian Kelautan dan Perikanan.

Demikian disampaikan dan atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih.



Pusat Riset Kelautan,

Tembusan :

- Sekretaris BRSDM KP

BIODATA PENULIS



Rendatiyarso Laksono lahir di Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah pada tanggal 23 September 1998. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal SDN 3 Balun, SMPN 2 Cepu, SMAN 1 Cepu. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan jenjang pendidikan ke S1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menjalani perkuliahan selama 7 semester, penulis aktif dalam UKM Maritime Challenge, Forum Daerah SUCCESS, dan Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA) dan juga berbagai kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat. Dalam UKM MC penulis

pernah menjadi Kepala Divisi Produksi, Perbaikan, dan Perawatan Kapal, dalam Forda SUCCESS penulis pernah menjadi ketua pada periode 2018 – 2019. Juga pada HIMATEKLA penulis pernah menjadi anggota Divisi Oil Rig Club dan Divisi Keprofesional. Dalam kegiatan penelitian penulis pernah terlibat dalam assessment sedimentasi di PLTU Adipala Cilacap, serta penelitian terhadap stabilitas pipa di Selat Madura terhadap beban lingkungan dan jangkar. Pada kegiatan pengabdian masyarakat penulis pernah terlibat dalam kegiatan penilaian reklamasi Teluk Lamong berdasarkan perspektif UU. No 27 Tahun 2007. Penulis juga pernah menjadi *presenter* pada seminar ISOCEEN 2019. Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PT. Adhi Karya selama 2 bulan, dan setelah kerja praktik penulis mendapatkan topik untuk dilanjutkan menjadi tugas akhir yang berjudul “Analisa Pola Arus dan Laju Sedimentasi di Dermaga C PT. Petrokimia Gresik”. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Apabila ada saran maupun kritik dapat disampaikan melalui email : rtyarso@gmail.com