PEMODELAN SEDIMEN PADA KONDISI SEKARANG DAN MASTERPLAN *LAMONGAN OIL TANK TERMINAL* (LOTT) DI KECAMATAN BRONDONG KABUPATEN LAMONGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK *MIKE 21*

SKRIPSI

Disusun Oleh

ERHAN MUHTADIEN
NIM. H74216055

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ERHAN MUHTADIEN

NIM : H74216055

Program Studi : ILMU KELAUTAN

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PEMODELAN SEDIMEN PADA KONDISI SEKAANG DAN KONDIS MASTERPLAN *LAMONGAN OIL TANK TERMINAL* (LOTT) DI KECAMATAN BRONDONG KABUPATEN LAMONGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MIKE 21." Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 4 Februari 2021
Yang Menyatakan

(Erhan Muhtadien)
NIM. H74216055

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : Erhan Muhtadien

NIM : H74216055

Judul : Pemodelan Sedimen pada Kondisi Sekarang dan Masterplan Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan Menggunakan Perangkat Lunak Mike 21.

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan

Surabaya, 3 Februari 2021

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Rizqi Abdi Perdanawati, M.T)	(Asri Sawiji, M.T)
NIP. 198809262014032002	NIP. 198706262014032003

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ERHAN MUHTADIEN ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 4 Februari 2021

Menyatakan
Dosen Penguji

Penguji I

(Rizqi Abdi Perdanawati, M.T)
NIP. 198809262014032002

Penguji II

(Asri Sawiji, M.T)
NIP. 198706262014032003

Penguji III

(Misbahkhul Munir, M.Kes)
NIP. 198107252014031002

Penguji IV

(Dian Sari Maisaroh, M.Si)
NIP. 198908242018012001

Mengetahui
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

(Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag)
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama	: ERHAN MUHTADIEN
NIM	: H74216055
Fakultas/Jurusan	: SAINS DAN TEKNOLOGI/ILMU KELAUTAN
E-mail address	: kerhan535@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
Pemodelan Sedimen pada Kondisi Sekarang dan Masterplan *Lamongan Oil Tank* *Terminal* (Lott) di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan menggunakan Perangkat Lunak *Mike 21*

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 4 Februari 2021

Penulis

(ERHAN MUHTADIEN)

ABSTRAK

Kabupaten Lamongan merupakan salah satu wilayah yang memiliki banyak sumur minyak lepas pantai, sehingga diperlukan *Lamongan Oil Tank Terminal* (LOTT) untuk meningkat daya tampung minyak. Permasalahan dalam perencanaan pembangunan LOTT adalah memungkinkan terjadinya perubahan transport sedimen yang nantinya dapat menyebabkan abrasi, akresi dan pendangkalan. Prediksi transport sedimen sangat perlu dilakukan di wilayah pesisir yang mengalami pembangunan, sehingga perlu dilakukan pemodelan sedimen menggunakan perangkat lunak *mike 21* untuk mengetahui pemodelan sedimen dan perubahan batimetri di Perairan Sekitar LOTT. Pemodelan ini dilakukan dalam dua kondisi yang berbeda yaitu kondisi sekarang (tahap pembangunan 25%) dan kondisi masterplan, selain itu juga dilakukan dalam dua musim yaitu, Musim Barat dan Musim Timur. Data yang diperlukan dalam pemodelan ini yaitu, Data Masterplan LOTT, Data Pasut, Data Batimetri, Data Debit Sungai, Data Angin, Data Arus dan Data TSS. Hasil dari pemodelan sedimen yaitu terjadi peningkatan total SSC pada Kondisi Sekarang (tahap pembangunan 25%) dengan Kondisi Masterplan saat Musim Barat maupun Musim Timur. Sebaran Total SSC Musim Barat mengarah ke Barat-Utara dan Musim Timur mengarah Utara. Peningkatan juga terjadi pada nilai deposit sedimentasi yaitu antara kondisi sekarang (tahap pembangunan 25%) dengan kondisi masterplan. Lokasi deposit sedimentasi Musim Barat berada di sekitar koordinat 112.2517794º BT 6.856494433º LS dan Musim Timur berada di sekitar koordinat 112.252028º BT 6.859811º LS. Hasil perubahan batimetri menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai batimetri dikondisi awal masterplan dengan kondisi pasca 5 tahun berdirinya LOTT. Lokasi perubahan berada di sekitar koordinat 112.246899º BT 6.850406º LS hingga 112.255828º BT 6.86323º LS.

Kata Kunci: LOTT, *Mike 21*, Sedimen, Kecamatan Brondong

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

Lamongan Regency is one of the areas that has many offshore oil wells, so it needs a Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) to increase its oil capacity. The problem in LOTT development planning is that it allows changes in sediment transport which can later cause abrasion, accretion, and silting. Prediction of sediment transport is very necessary in coastal areas that are experiencing development, so it is necessary to do sediment modeling using the mike 21 software to determine sediment modeling and bathymetry changes in the waters around the LOTT.This modeling was carried out in two different conditions, namely the current condition (progress 25%) and the master plan condition. Besides that, it was also carried out in two seasons, the West Season and the East Season. The data needed in this modeling are LOTT Master Plan Data, Tide Data, Bathymetry Data, River Discharge Data, Wind Data, Current Data and TSS Data. The result of the sediment modeling was that there was an increase in the total SSC in the Present Condition (progress 25%) with the Master Plan Condition during the West and East monsoons. The distribution of the Total SSC West monsoon leads to West-North and East monsoons to North. An increase also occurred in the value of sedimentation deposits, namely between the current conditions (progress 25%) and the conditions of the master plan. The location of the West Season sedimentation deposits is in the vicinity of the coordinates112.2517794 ^{0} BT 6.856494433 ^{0} LS andEast Season is around the coordinates112.252028 ^{0} BT 6.859811 ^{0} LS. The results of the bathymetry changes show that There was a change in the bathymetry value in the initial condition of the master plan with the condition after 5 years of the establishment of LOTT. The location of the change is in the vicinity of the coordinates 112.246899^{o} BT 6.850406 LS^{o} to 112.255828^{o} BT 6.86323 LS^{o}.

Keywords: LOTT, Mike 21, Sediment, Brondong District

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **i**

PENGESAHAN TIM PENGUJI ..... **ii**

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **iii**

PERNTAAN PUBLIKASI ..... **iv**

ABSTRAK ..... **v**

ABSTRACT ..... **vi**

KATA PENGANTAR ..... **vii**

DAFTAR ISI ..... **ix**

DAFTAR TABEL ..... **xii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan 3

1.4 Manfaat 3

1.5 Batasan Masalah 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**

2.1 Penelitian Terdahulu 5

2.2 Pola Sebaran Sedimen 9

2.2.1 Muara 9

2.2.2 Arus 9

2.2.3 Angin Monsun 11

2.2.4 Pasang Surut 12

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.2.5 Debit Aliran 13
2.2.6 Sedimen 14
2.2.7 Laju Sedimentasi 15
2.3 Batimetri 16
2.4 Software Pemodelan Hidrodinamika 17
2.4.1 Mike 21 17
2.4.1 Delft 3D 19
2.4.2 CEDAS (Coastel Engineering Design and Analysis) 20
2.4.3 SMS (Surface Water Modeling System) 21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 23
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 23
3.2 Alat 25
3.3 Diagram Alir 26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 33
4.1 Hasil 33
4.1.1 Pasang Surut 33
4.1.2 Arus 35
4.1.3 Angin 35
4.1.4 Batimetri 37
4.1.5 Debit Sungai 38
4.1.6 Total Suspended Soil (TSS) 39
4.1.7 Kondisi LOTT Saat ini 39
4.1.8 Masterplan LOTT 40
BAB V PENUTUP 41
5.1 Kesimpulan 41

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.2 Saran 41

DAFTAR PUSTAKA 43

LAMPIRAN 47

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 5

Tabel 2.2 Kategori Kecepatan Arus 11

Tabel 2.3 Tipe Pasang Surut 13

Tabel 3.1 Koordinat Titik Pemantauan 24

Tabel 3.2 Alat Penelitian 25

Tabel 3.3 Koordinat Pengambilan sampel 28

Tabel 3.4 Sumber Data Sekunder..... 28

Tabel 4.1 Hasil Penyusunan Variabel A 33

Tabel 4.2 Nilai TSS Anakan Sungai Bengawan Solo 39

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 23

Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian..... 26

Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Sampe 27

Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data 29

Gambar 4.1 Grafik Peramalan Pasang Surut..... 34

Gambar 4.2 Arah dan Kecapatan Angin Musim Barat 36

Gambar 4.3 Arah dan Kecapatan Angin Musim Timur 36

Gambar 4.4 Arah dan Kecepatan Angin 5 Tahun Terakhir 37

Gambar 4.5 Batimetri di Peraian Sekitar LOTT 38

Gambar 4.6 Kondisi LOTT saat ini..... 40

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jawa Timur memiliki potensi yang sangat melimpah. Potensi tersebut terbagi dalam beberapa sektor, diantaranya sektor pertanian, sektor perikanan, sektor kehutanan, sektor pertambangan, dan masih banyak lagi. Potensi yang dimiliki sektor pertambangan salah satunya yaitu potensi minyak (Roosmawarni, 2017). Potensi minyak lepas pantai di Jawa Timur berada di pesisir bagian utara. Terdapat beberapa kabupaten atau kota di Pesisir Utara Jawa Timur, salah satunya adalah Kabupaten Lamongan. Kabupaten Lamongan merupakan salah satu wilayah yang memiliki banyak sumur minyak, sehingga diperlukan *Lamongan Oil Tank Terminal* (LOTT) untuk menampung minyak tersebut (VK, 2017).

LOTT merupakan salah satu proyek strategis yang diperuntukkan untuk meningkat daya tampung minyak. Kawasan LOTT ini akan memakan lahan seluas 27,6 Ha. Kawasan tersebut terdiri dari: Kawasan Dermaga, Kawasan Industri, Kawasan Infrastruktur dan Kawasan Bangunan Operasional (VK, 2017). Salah satu permasalahan dalam perencanaan pembanguan LOTT adalah memungkinkan terjadinya perubahan bentuk garis pantai sehingga akan merubah pola pergerakkan arus di wilayah tersebut. (Widada, 2015).

Semua bangunan lepas pantai yang menjorok ke laut pasti akan mengganggu keseimbangan transportasi sedimen, sehingga bangunan tersebut akan mengurangi dan menghambat pasokan sedimen di sepanjang pantai (Diposaptono, 2011). Transport sedimen sepanjang pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan, abrasi dan akresi (Wibowo, 2018). Hal ini sesuai dengan Qur'an Surat Ar-Rum ayat 41 yang menyatakan bahwa kerusakan yang terjadi di darat maupun di laut itu disebabkan oleh perbuatan manusia itu sendiri. Berikut merupakan QS. Ar-Rum ayat 41.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ظَهَرَ ٱلۡفَسَادُ فِي ٱلۡبَرِّ وَٱلۡبَحۡرِ بِمَا كَسَبَتۡ أَيۡدِي ٱلنَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعۡضَ ٱلَّذِي عَمِلُواْ لَعَلَّهُمۡ يَرۡجِعُونَ

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia, Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. Ar-Rum Ayat 41).

Salah satu pemasok sedimen di Kawasan Pesisir Kabupaten Lamongan berasal dari Muata Sungai Anakan Bengawan Solo (Ilahude dan Usman, 2007). Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terpanjang yang ada di Pulau Jawa dengan panjang kurang lebih 600 km (Widyastuti, Taufik, dan Santikayasa, 2017). Hal ini diduga sungai tersebut membawa material sedimen yang sangat melimpah. Material Sedimen tersebut nantinya akan bermuara ke laut. Salah satunya melalui Muara Sungai Anakan Bengawan Solo yang ada di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan. Prediksi transport sedimen sangat perlu dilakukan terutama di pesisir yang mengalami pembangunan. Prediksi transport sedimen di pesisir salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *mike 21*.

Perangkat lunak *mike 21* merupakan salah satu perangkat lunak pemodelan hidrodinamika yang paling lengkap dan paling stabil. Perangkat lunak ini menyediakan beberapa modul yang dapat digunakan untuk melakukan pemodelan sedimen. Modul tersebut adalah Modul Hidrodinamika (HD) dan Modul *Mud Transport* (MT) (Haerik, 2017). Modul HD ini menghitung aliran yang dihasilkan dari distribusi suhu dan salinitas diberbagai kondisi tekanan, selain itu modul HD ini juga menggunakan persamaan *Navier-Stokes* yang tidak dapat dimampatkan dengan kedalaman. Modul MT merupakan modul angkutan sedimen kohesif. Modul MT ini terdiri dari modul kolom air dan modul dasar perairan. Modul ini menghitung tegangan geser akibat adanya gelombang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan juga menghitung profil keseimbangan berdasarkan sifat sedimen dan hidrodinamika (Pradhan dkk, 2018).

Perangkat lunak *mike 21* memiliki spesifikasi yang cocok untuk digunakan melakukan pemodelan sedimen di Perairan sekitar LOTT. Pemodalan tersebut diperlukan untuk mengetahui pemodelan sedimen dan perubahan batimetri di lokasi LOTT dan sekitarnya. Pemodelan tersebut dapat digunakan sebagai informasi awal untuk mencegah terjadinya abrasi maupun akresi disekitar lokasi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1 Bagaimana pomodelan sedimen pada kondisi sekarang (tahap pembangunan 25%) dan masterplan di perairan sekitar LOTT di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan ketika Musim Barat dan Musim Timur?

2 Bagaimana perubahan batimetri di Sekitar Lokasi LOTT di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1 Mengetahui pemodelan sedimen pada kondisi sekarang (tahap pembangunan 25%) dan masterplan di perairan sekitar LOTT di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan ketika Musim Barat dan Musim Timur.

2 Mengetahui perubahan batimetri di Sekitar Lokasi LOTT di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan.

1.4 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sumber data terkait dengan dampak pembangunan LOTT.
2. Sebagai analisa pembangunan keberlanjutan di wilayah pesisir LOTT.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Lokasi penelitian hanya di sekitar kawasan LOTT dengan memperhatikan pengaruh Pelabuhan Sedayulawas karena lokasinya berdekatan dengan LOTT dan mengabaikan pengaruh Pelabuhan Nusantara yang terletak di Kecamatan Brondong karena lokasi berjauhan dengan LOTT.
2. Pengambilan sampel sedimen terlarut hanya sebatas sampel sedimen di permukaan Sungai Anakan Bengawan Solo
3. Pemodelan menggunakan perangkat lunak mike 21.
4. Kondisi sekarang yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu kondisi pada tahun 2020. Pembangunan pada saat itu masih mencapai tahap pembangunan 25% yang terdiri area *tank oil*, *breakwater* dan *causeway*.
5. Kondisi masterplan yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu ketika bangunan LOTT sudah berdiri 100%.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut tabel 2.1 merupakan tabel penelitian terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Perbandingan
1.	Pemodelan Angkutan Sedimen di Perairan Patimban untuk Rencana Pembangunan Pelabuhan (Mardi Wibowo, 2018)	Mengetahui pola sebaran sedimen dan daerah abrasi sekitar pelabuhan	Pemodelan transpor sedimen ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MIKE21 modul *Sand Transport (ST)* karena sedimen di daerah ini tergolong pasir. Data-data yang dibutuhkan adalah data batimetri, data tinggi muka air laut, data debit sungai dan data karakteristik sedimen yang ada. Pemodelan dilakukan pada musim barat dan musim timur	Pembangunan pelabuhan mempengaruhi kedalaman perairan di semua lokasi penelitian. Rata-rata perubahan kedalaman dasar perairan di area kolam labuh yaitu dari 12,7371 berkurang menjadi -0,3442 cm/th sedangkan rata-rata perubahan kedalaman dasar perairan di area alur pelayaran berkurang dari yang awal 14,4124 menjadi 6,0589 cm/th.	Penelitian Wibowo ini menggunakan modul snad transport (ST) sedangkan dalam penelitian yang dilakukan peniliti kali ini menggunakan modul Mud Transport.
2.	Pemodelan Hidrodinamika dan Transpor Sedimen di Perairan Pesisir Sekitar Tanjung Potang,	Membuktikan penelitian sebelumnya mengani analisis penginderaan jauh dengan citra satelit	Data yang digunakan dalam penelitian adalah data batimetri, data angin, data arus, data pasut	Penelitian ini telah berhasil membuktikan dan menjelaskan adanya indikasi abrasi dan	Peneliti menggunakan modul hidrodinamika dan modul mud transport.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Perbandingan
	Kabupaten Serang Banten (Joko Prihantono, Irfan Arif Fajrianto, dan Yessi Nirwana Kurniadi, 2018)	terhadap perubahan garis yang diakibatkan oleh abrasi pantai, sedimentasi dan kekeruhan di area sekitar tanjung potang.	dan data TSS. Pemodelan hidrodinamika menggunakan perangkat lunak mike 21. Mesh yang digunakan *Flow Model Fexible Mesk (Flow Model FM)*. Modul yang digunakan untuk menjalankan software mike 21 yaitu modul *Hydrodynamic Module (HD), Spectral Wave (SW), Sand Transport Module (ST),* dan *Mud Transport Module (MT)*	sedimentasi di sekitar Tanjung Potang. Transpor sedimen yang terkait dengan abrasi, sedimentasi dan kekeruhan di Sekitar Tanjung Potang berkaitan erat deng arus sejajar pantai *(Longshore current).* Parameter angin mempunyai peranan yang lebih dominan terutama saat musim barat. Analisis perubahan bad level menunjukkan adanya indikasi mengenai abrasi di Sekitar Tanjung Potang dan sedimentasi di Sungai Ciujung Baru. Kekeruhan di Kawasan tersebut disebabkan oleh tingginya sedimen di Sungai Ciujung Lama	

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Perbandingan
				yang terbawa oleh arus sejajar pantai	
3.	*Hydrodynamic and Cohesive Sediment Transport Modeling In Chilika Lagoon* (Pradhan dkk 2018)	Mengetahui pengendapan sedimen secara kohosif di Laguna Chilika. Sebagai data manajemen lingkungan, sebagai data studi pengerukkan dan data studi kenaikan permukaan air laut.	Penelitian ini menggunakan software mike 21 dengan menggunakan modul mud transport dan modul hidrodinamika.	Aliran sedimen 13 juta ton per tahun melalui drainase tanah dan waktu. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya pendangkalan. Masalah pendangkalan lebih utama terletak di Sektor Utara karena sebagian besar sedimen berasal dari sungai Mahanadi. Selain di utara ada juga di wilayah saluran Luar.	Pengambilan sampel TSS pada penelitian Pradhan, dkk yaiu menggunakan data sekunder sedangkan di penelitian peneliti pengambilan sampel TSS menggunakan data primer dengan menggunakan metode gravimetri
4.	Pemodelan Sedimentasi Pasca Reklamasi dan Masterplan di Teluk Jakarta Menggunakan Perangkat Lunak Mike 21 (Rahmat Agung Saputra, 2018)	Mengetahui perubahan pola arus dan pola sebaran sedimentasi sebelum dan sesudah adanya pulau reklamasi. Mengetahui perubahan batimetri akibat adanya pulau reklamasi.	Software pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan mike 21 dengan menggunakan modul hidrodinamika dan modul *mud transport*. Penelitian ini dibagi menjadi 3 kawasan	Kecepatan arus saat pasca reklamasi lebih besar dibandingkan saat kondisi masterplan. Kecepatan tersebut berlaku di tiga kawasan penelitian saat musim barat dan musim timur.	Subjek penelitian Rachmat Agung menggunakan pulau reklamasi sedangkan subjek peneliti menggunakan Pelabuhan sehingga diperkirakan dampaknya tidak terlalu besar seperti

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Perbandingan
		Mengetahui volume pengerukkan akibat adanya pulau reklamasi.	penelitian dengan bebearapa titik pengamatan yaitu, kawasan wisata bahari, kawasan pelabuhan dan kawasan biota laut.	Total SSC dan deposit di tiga kawasan penilitian meningkat dari pasca reklamasi ke maserplan. Total konsentrasi sedimen tersuspnsi di kawasan biota laut lebih besar daripada kawasan pelabuhan dan kawasan wisata bahari. Deposit kawasan pelabuhan lebih besar ketimbang kawasan biota laut dan kawasan wisata bahari. Perubahan kedalaman batimetri terlihat di sepanjang utara pulau reklamasi. Total volume pengerukkan akibat adanya reklamasi di Teluk Jakarta sebesar 449643,13 m^3/th. Pengerukkan tersebut	pulau reklamasi. Penelitian Rachmat Agung terdapat biaya pengerukkan sedimen yang mengendap

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Perbandingan
				memakan waktu 178 hari dengan menggunakan tiga set kapa dengan biaya sebesar Rp 40.860.000,-.	

2.2 Pola Sebaran Sedimen

2.2.1 Muara

Muara dapat disebut juga estuary merupakan tempat terakhir aliran sungai yang berbatasan langsung dengan laut. Siklus aliran di muara dipengaruhi oleh karakteristik morfologi muara sungai. Terdapat tiga faktor yang mempengaruhi karakteristik morfologi muara sungai, yaitu gelombang, debit sungai dan pasang surut. (Anasiru, 2005).

Pasang surut merupakan parameter terpenting pola sirkulasi disuatu muara. Saat periode pasang kecepatan aliran sungai di muara realtif kecil. Hal ini dikarenakan terjadinya proses pembendungan didepan muara oleh air pasang, sehingga memungkinkan terjadinya *backwater* atau aliran balik. Proses tersebut mengakibatkan arus sungai tidak bias mengalir ke laut. Sebaliknya ketika periode surut, aliran sungai akan langsung menuju ke laut tanpa ada yang membendungnya. Hal ini mengakibatkan kecepatan aliran sungai akan semakin besar (Anasiru, 2005).

2.2.2 Arus

Arus laut merupakan gerakan suatu massa air dari suatu tempat ke tempat lain yang terjadi di setiap lautan (Aziz, 2006). Gerakan tersebut dipengaruhi oleh tiupan angin dan perbedaan densistas. Arus laut dapat dipengaruhi beberapa faktor diantaranya, angin, perbedaan tekanan air, perbedaan densitas air, *upwelling* dan d*ownwelling* (Irawan, Fahmi, dan Roziqin, 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menurut sudarto (1993) terdapat tiga jenis arus yaitu:

1. Arus Pasang Surut

   Arus pasang surut merupakan arus yang diakibatkan oleh perubahan tinggi permukaan air laut. Perubahan tersebut terjadi karena adanya gaya gravitasi bulan dan gaya gravitasi matahari. Karakteristik arus pasang surut ini yaitu mempunyai periode tetap dan mengikuti pola serta tipe pasang surut yang terjadi di suatu perairan.

2. Arus Permukaan dan Arus Kedalaman.

   Arus permukaan terjadi karena adanya tiupan angin yang berhembus. Pergerakan angin dapat dipengarui oleh musim, misalnya musim angin barat dan angin musim timur. Arus kedalaman merupakan arus yang terjadi karena perbedaan tekanan di dalam lautan. Menurut Aziz (2006) kecepatan arus dipermukaan lebih cepat dibandingkan dengan arus di kedalaman. Hal ini dapat terjadi karena pergerakan arus dipermukaan dipengaruhi oleh angin sehingga energ dari angin itulah yang yang menggerakkan massa air laut sedangkan saat dikedalaman kecepatan arus akan semakin berkurang karena terjadinya gesekan di setiap lapisan kedalaman dan terjadi gesekan pula dengan sedimen di dasar perairan.

3. Arus Perbedaan Densitas

   Arus perbedaan densitas ini dapat terjadi karena perbedaan salinitas air. Jenis arus ini biasanya terdapat di muara sungai. Muara merupakan pertemuan antara air tawar dengan air laut sehingga salinitasnya juga berbeda. Hal inilaha yang menyebabkan terjadinya intrusi air laut ke sungai.

Menurut Tambunan, Sutrisno, dan Purwaweni (2013) kecepatan arus dikelompokkan menjadi beberapa kategori berdasarkan lambat cepatnya arus. Berikut tabel 2.2 merupakan tabel kategori kecepatan arus.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.2 Kategori Kecepatan Arus

No.	Kecepatan	Kategori
1.	0 – 0.25 m/s	Pelan
2.	0.25 – 0.5 m/s	Sedang
3.	0.5 – 1 m/s	Cepat
4.	> 1 m/s	Sangat Cepat

(Sumber :Tambunan, Sutrisno, dan Purwaweni, 2013)

Diketahui dari tabel 2.2 kategori kecepatan arus pelan berkisar 0 – 0.25 m/s. Kategori arus sedang kecepatan arus sedang berkisar 0.25 – 0.5 m/s. Kecepatan arus cepat berkisar 0.5 – 1 m/s. Sedangkan kategori kecepaan arus sangat cepat lebih dari 1 m/s (> 1 m/s).

2.2.3 Angin Monsun

Arus yang disebabkan oleh angin pada umumnya bersifat musiman. Dimana pada satu musim arus mengalir ke satu arah dengan tetap. Namun, pada musim yang lainnya akan berubah sesuai dengan perubahan arah angin yang sedang terjadi. Salah satu angin yang mempengaruhi musim di Indonesia adalah angin monsun (Tanto, 2017).

Angin Monsun oleh Masyarakat Indonesia dikenal dengan angina muson. Angin muson merupakan pola angin yang berhembus secara periodik (minimal 3 bulan) dan di antara periode satu dengan periode lain memiliki pola angin yang berlawanan dan berganti arah secara berlawanan setiap setengah tahun (Shalihah, 2020). Angin Muson dibagi menjadi 2, yaitu angin muson Barat yang terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari, dan maksimal pada bulan Januari, dan angin muson Timur yang terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, dan maksimal pada bulan Juli. Disamping itu terdapat masa peralihan yakni masa perubahan dari angin muson Barat ke angin muson Timur atau sebaliknya. Biasanya bertiup antara Maret-Mei dan September-November (Daruwedhi, Bandi, dan Fauzi, 2016).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.2.4 Pasang Surut

Pasang surut (Pasut) merupakan merupakan gerakan naik turunnya air laut yang diakibatkan oleh gaya gravitasi matahari dan gaya gravitasi bulan. Pengaruh benda astronomi lainnya dapat diabaikan karena jaraknya yang sangat jauh. Terdapat dua periode dalam pasut yaitu pasang tinggi yang terjadi ketika puncak gelombang dan surut rendah yang terjadi ketika lembah gelombang (Musrifin, 2011).

Pengamatan pasut sangat penting untuk dilakukan karena untuk mengetahui nilai nol ketinggian permukaan air laut atau lebih dikenal dengan istilah MSL (*Mean Sea Level*). Selain itu juga digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut di suatu perairan. (Qhomariyah & Yuwono, 2016).

Perhitungan data pasang surut menggunakan metode British Admiralty. Metode tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai konstanta harmonik dari data pasang surut yang keluarannya berupa grafis sinusoidal, tipe pasang surut, Pengukuran tinggi pasang surut merujuk dengan ramalan pasang surut. Berikut formulasi perhitungannya (Musrifin, 2011):

$$F = \frac{A\ (K1) + A\ (O1)}{A\ (M2) + A\ (S2)}$$

Keterangan :

F = Bilangan Formzhal

O_1 = Amplitudo yang disebabkan oleh deklinasi bulan

K_1 = Amplitudo yang disebabkan oleh deklinasi bulan dan matahari

M_2 = Amplitudo yang disebabkan oleh bulan

S_2 = Amplitudo yang disebabkan oleh matahari

Berikut tabel 2.3 merupakan tabel kriteria tipe pasang surut berdasarkan bilangan formzhal:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.3 Tipe Pasang Surut

Nilai Formzhal	Tipe Pasang Surut
0 < 0,25	Harian Ganda Beraturan
0,25 < 1,50	Campuran Condong ke Harian Ganda
1,50 < 3,00	Campuran Condong ke Harian Tunggal
3,00 < ~	Harian Tunggal Beraturan

(Sumber : Musrifin, 2011)

Tipe pasang surut ditentukan melalui frekeunsi pasut setiap hari. Hal itu disebabkan oleh adanya perbedaan respon di setiap lokasi perairan terhadap gaya yang ditimbulkan oleh pasut itu sendiri sehingga dapat mengakibatkan tipe pasut yang berbeda di tiap pesisir (Wirayuda, 2017). Menurut Wirayuda (2017), terdapat empat tipe pasang surut, yaitu:

1. Pasang surut harian tunggal *(diurnal tide)* terjadi apabila suatu perairan mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari.
2. Pasang surut harian ganda *(Semi Diurnal Tide)* terjadi apabila suatu perairan mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari dengan ketinggian pasut yang hampir sama.
3. Pasang surut campuran condong harian tunggal *(Mixed Tide Prevailing Diurnal)* terjadi apabila suatu perairan mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari. Namun terkadang dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan perbedaan tinggi dan waktu.
4. Pasang surut campuran condong harian ganda *(Mixed Tide Prevailing Semi Diurnal)* terjadi apabila suatu perairan mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari. Namun terkadang dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan perbedaan tinggi dan waktu.

2.2.5 Debit Aliran

Aliran air merupakan pergerakkan air di saluran terbuka atau sungai. Debit merupakan volume air yang mengalir di suatu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penampang melintang saluran atau sungai per satuan waktu (DPU, 2009). Debit aliran merupakan laju aliran air dalam satuan waktu. Satuan debit aliran dalam Standar Internasional (SI) adalah m^3/dt (Asdak, 2010).

Data debit aliran sungai sangat diperlukan untuk pengelolaan sumberdaya air di sekitar airan sungai. Ketika debit air berada dipuncak maka sangat perlu pembuatan bangunan untuk pengendalian banjir. Sementara ketika data debit air sangat minim/kecil maka perlu dilakukan alokasi pemanfaatan air untuk berbagai keperluan terutama saat musim kemarau (Hidayat, 2010).

Aliran debit dapat diperoleh dengan cara mengalikan luas penampang sungai dengan kecepatan arus sungai. Luas penampang sungai didapat dari tinggi air sungai dan elevasi dasar sungai. Sedangkan kecepatan arus sungai didapat dengan pengukuran menggunakan *current meter* (Afdhaliah, Faridah, dan Munir, 2017).

Berikut ini merupakan rumus menghitung debit aliran sungai menurut Afdhaliah, Faridah, dan Munir (2017),

$$Q = A \times v$$

Keterangan:

Q = Debit Aliran (m^3/s)

A = Luas Penampang Sungai (m^2)

v = Kecepatan arus (m/s)

2.2.6 Sedimen

Sedimen merupakan pecahan-pecahan material batuan secara fisik maupun secara kimiawi. Pecahan tersebut mempunyai ukuran dari yang kecil hingga yang besar dengan tekstur yang halus sampai kasar dan memiliki beragam bentuk dari yang bulat, lonjong, oval, sampai tidak beraturan. Sedimen biasa diendapkan oleh media perantara berupa udara, angin, es, dan air. Media tersebut berfungsi sebagai alat pengangkut sedimen. Proses Pengendapan sedimen inilah yang disebut dengan sedimentasi (Usman, 2014).

Sedimentasi merupakan suatu proses pengendapan material yang ditranportasikan melalui media air, media es, dan media angin.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pembentukan delta yang berada di mulut sungai merupakan proses sedimentasi yang diangkut oleh media air sungai, sedangkan bukit pasir yang terdapat di gurun dan di tepi pantai merupakan proses sedimentasi yang diangkut oleh media angin (Usman, 2014).

2.2.7 Laju Sedimentasi

Laju sedimentasi merupakan jumlah hasil sedimen per satuan luas aliran sungai per satuan waktu dengan satuan ton/ha/th atau ton/th atau m^3/th (Tjakrawarsa, Adi, dan Supangat, 2014). Adapun faktor yang mempengaruhi besar kecilnya laju sedimentasi di aliran sungai menurut Tjakrawarsa, Adi, dan Supangat (2014) sebagi berikut:

1. Jumlah dan Intensitas hujan di daerah sekitar aliran sungai
2. Tipe tanah serta formasi geologi disekitar sungai
3. Penutupan tanah
4. Penggunaan lahan
5. Topografi
6. Kondisi drainase alami yang meliputi bentuk, jaringan, kerapatan, gradien, ukaran dan arah
7. Runoff
8. Karakteristik sedimen
9. Karakteristik sungai

Berikut merupakan rumus konsentrasi sedimen yang terangkut dalam air dan rumus laju sedimentasi (Tjakrawarsa, Adi, dan Supangat, 2014), sebagai berikut:

1. Rumus Konsentrasi Sedimen Terangkut

$$Cs = \frac{\mathrm{b} - \mathrm{a}}{\mathrm{v}}$$

Keterangan Rumus Konsentrasi Sedimen Terangkut:

Cs = Konsetrasi sedimen terangkut (mg)

b = Berat kertas saring terisi sedimen (mg/l)

a = Berat kertas saring kosong (mg/l)

v = Volume air (l)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Rumus Laju Sedimentasi

$$Qs = Cs \times Q$$

Keterangan:

Qs = Laju Sedimentasi (kg m^3/s)

Cs = Konsetrasi sedimen terangkut (kg)

Q = Debit Air Sungai (m^3/s)

2.3 Batimetri

Istilah batimetri *(bathymetry)* berasal dari bahasa yunani yang didefisinikan sebagai pengukuran dan pemetaan topografi dasar laut. Batimetri adalah proses penggambaran dasar perairan sejak pengukuran, pengolahan, hingga visualisasinya. (Mustary, 2013).

Informasi mengenai batimetri sangat penting untuk dasar penelitian, seperti pada dinamika pantai, sebagai operasi kelautan seperti kabel komunikasi bawah laut, atau untuk menyediakan peta navigasi yang akurat untuk keselamatan pelayaran. Salah satu pengukuran penting yang diperlukan untuk menentukan batimetri secara akurat adalah rerata muka air laut atau MSL *(mean sea level)* yang digunakan sebagai referensi 0 meter dan digunakan juga untuk topografi. Pemeruman dilakukan dengan membuat profil pengukuran kedalaman. Lajur perum dapat berbentuk garis-garis lurus, lingkaran-lingkaran konsentrik, atau lainnya sesuai metode yang digunakan untuk penentuan posisi titik-titik tempat perumnya dan harus memperhatikan kecenderungan bentuk dan topografi pantai sekitar perairan yang akan disurvey (Kusumawati, Handoyo, & Hariadi, 2015).

Survei batimetri merupakan suatu kegiatan untuk memperoleh data kedalaman dan kondisi topografi dasar laut, juga lokasi objek-objek yang berpotensi menimbulkan bahaya. Pemetaan batimetri merupakan kebutuhan dasar dalam penyediaan informasi spasial dalam perencanaan, kegiatan dan pengambilan keputusan terkait informasi di bidang kelautan. Peta kelerengan atau kemiringan lahan merupakan peta yang menampilkan perbandingan antara beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mendatarnya. Besar kemiringan lereng dapat dinyatakan dengan beberapa satuan, diantaranya dalam persen ataupun derajat (Akbar, 2017)

2.4 Software Pemodelan Hidrodinamika

2.4.1 Mike 21

Mike 21 merupakan rekayasa perangkat lunak yang berisi system pemodelan yang digunakan untuk program komputer 2D *Free Surface Flows.* Program Mike 21 dikembangkan oleh DHI Water and Enviromental. Program ini dapat digunakan untuk mensimulasikan hidrolika serta fenomena-fenomena yang terkait sungai, danau, estuari, pantai, teluk dan laut. Fonomena tersebut dapat berupa arus, gelombang, sedimentasi, dll. Softwara mike 21 dilengkapi dengan beberapa modul di dalam *software*-nya. Modul tersebut diantaranya, modul hidrodinamika, modul *spectral wave*, modul *sand transport (ST)* dan modul *mud transport (MT)* (Putra, 2016).

2.4.1.1 Modul Hidrodinamika

Mike 21 *hydrodinamic module (HD)* adalah model matematik untuk menghitung dan memodelkan hidrodinamika perairan terhadap suata gaya yang mempengaruhi proses pergerakan hidrodinamika perairan seperti angin. Modul ini mensimulasikan muka air dan arus dalam menghadapi berbagai gaya di estuati, sungai, danau mapun di laut (Putra, 2016).

Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan dalam perhitungan modul hidrodinamika (DHI Mike, Flow Model FM, 2014):

$$\frac{\partial h}{\partial} + \frac{\partial hu^{\varpi}}{\partial} + \frac{\partial hv^{\varpi}}{\partial} = 0$$

$$\frac{\partial hu^{\varpi}}{\partial} + u\frac{\partial u^{\varpi}}{\partial} + v\frac{\partial u^{\varpi}}{\partial} = Fv^{\varpi}h - gh\frac{\partial}{\partial} - \frac{n}{\rho_u}\frac{\partial}{\partial} - \frac{gh^2\sigma}{2\rho_u}\frac{\partial}{\partial} + \frac{\tau_s}{\rho_u} - \frac{\tau_b}{\rho_u} + \frac{1}{\rho_u}\left(\frac{\partial s_x}{\partial} + \frac{\partial s_x}{\partial}\right) + \frac{\partial}{\partial}(hT_x) + \frac{\partial}{\partial}(hT_x)hu_s s$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$\frac{\partial hv^{\varpi}}{\partial} + u\frac{\partial v^{\varpi}}{\partial} + v\frac{\partial v^{\varpi}}{\partial}$$

$$= fu^{\varpi}h - gh\frac{\partial}{\partial} - \frac{n}{\rho_u}\frac{\partial}{\partial} - \frac{gh^2\sigma}{2\rho_u}\frac{\partial}{\partial} + \frac{\tau_s}{\rho_u} - \frac{\tau_b}{\rho_u}$$

$$+ \frac{1}{\rho_u}\left(\frac{\partial s_y}{\partial} + \frac{\partial s_y}{\partial}\right) + \frac{\partial}{\partial}(hT_x) + \frac{\partial}{\partial}(hT_x)hv_s$$

$$hu^{\varpi} = \int_{-d}^{n} udz$$

$$hv^{\varpi} = \int_{-d}^{n} vdz$$

Keterangan:

H (x, y, t)	= kedalaman air(=ζ –d, m)
d (x, y, t)	= kedalaman air dalam berbagai waktu (m)
ζx, y, t	= elevasi permukaan (m)
p, q (x, y, t)	= *flux density* dalam arah x dan y (m^3/s/m)
(uh, vh); (u, v)	= *depth averaged velocity* dalam arah x dan y
Cx, y	= tahanan Chezy (m/s)
g	= kecepatan gravitasi (m/s)
f (V)	= faktor gesekan angin
V, Vx, Vyx, y, t	= kecapatan angin dalam arah x dan y (m/s)
Ω (x, y)	= parameter Coriolis (s)
pa (x, y, t)	= tekanan atmosfer (kg/m/s)
ρw	= berat jenis air (kg/m)

2.4.1.2 Modul *Mud Transport*

Modul Mike 21 *Mud Transport (MT)* digunakan untuk perhitungan erosi maupun transport sedimen. Sedimen yang digunakan dalam modul ini yaitu sedimen tipe lumpur maupun sedimen tipe lumpur berpasir (lumpur yang tercampur dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pasir). Modul ini menitik beratkan pada perhitungan dari tipe sedimen jenis lumpur (Putra, 2016).

Berikut persamaan yang digunakan dalam perhitungan model mud transport (DHI Mike, 2014):

1. *Adversi-Dipersi*

$$\frac{\partial c}{\partial} + u\frac{\partial c}{\partial x} + v\frac{\partial c}{\partial} = \frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial x}\left(hD_x\frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial y}\left(hD_y\frac{\partial c}{\partial y}\right)Q_L C_l\frac{1}{h} - S$$

Keterangan:

C = Konsetrasi rata-rata kedalaman (gr/m^3)

u, v = Kecepatan rata-arat kedalaman (m/s)

D_x,D_yL= Koefisien disperse (m^2/s)

h = Kedalaman (m)

S = Endapan/erosi (gr/m^3/s)

Q_L = Sumber debit per unit horzintal (m^3/s/m^2)

C_L = konsentrasi sumber debit (gr/m^3)

2. Laju Endapan

$$S_D = w_s c_b p_d$$

$$p_d = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}} = \tau_b \leq \tau_{cd}$$

Keterangan:

W_s = Kecepatan endapan (m/s)

C_b = Konsentrasi dekat dasar (kg/m^3)

p_d = Kemungkinan Pengendapan

τ_b = Gesekan dasar (N/m^2)

τ_{cd} = Gesekan dasar kritis untuk endapan (N/m^2)

2.4.1 Delft 3D

Delft 3D merupakan program pemodelan hidrodinamika yang dalam tampilannya dapat berbentuk dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D). Program ini dapat mensimulasikan gelombang, arus, sedimen, kualitas air dan analisis ekologi di sekitar pantai. Modul utama dalam software delft 3D yaitu, *flow module*. Modul ini berfungsi untuk menghitung kondisi hidrodinamika di suatu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

perairan. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan Navier-Stokes dengan menggunakan asumsi Boussineq (Hidayah, 2017).

Selain Delft 3D flow terdapat modul lainnya di dalam software delft 3D. Berikut beberapa modul didalam delft 3D yaitu (Hafli, 2014):

- Delft 3D – FLOW digunakan untuk memodelkan tsunami, pasut, aliran sungai dan banjir.
- Delft 3D – WAVE digunakan untuk memodelkan cepat rambat gelombang
- Delft 3D – PART digunakan untuk memodelkan kualitas suatu perairan
- Delft 3D – ECO digunakan untuk memodelkan ekologi
- Delft 3D – SED digunakan untuk memodelkan transport sedimen

2.4.2 CEDAS (Coastel Engineering Design and Analysis)

CEDAS *(Coastal Engineering Design & Analysis)* merupakan salah satu software pemodelan yang di dalamnya didukung oleh beberapa modul, diantaranya (Yulius, 2013):

- Genesis *(Generalized Model for Simulating Shoreline Change)* merupakan model matematik untuk menghitung perubahan garis pantai yang diakibatkan oleh adanya terjangan gelombang, adanya bangunan pantai seperti pelabuhan, breakwater, dan lain-lain.
- GRID-GEN *(Grid Generator)* merupakan sub modul yang terdapat dalam modul NEMOS. Sub modul ini digunakan spasial domain dari wilayah kajian yang diteliti.
- STWAVE *(Steady-State Spectral Wave)* merupakan sub modul yang digunakan untuk tranformasi dan membangun spektrum gelombang steady-state.
- RCPWAVE *(Regional Coastal Processes Wave)* merupakan model matematik yang digunakan untuk memodelkan cepat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

rambat gelombang dan perubahan yang terjadi pada gelombang akibat dari perubahan kontur dasar perairan.

- WSAV *(Wave Station Analysis and Visualization)* merupakan sub modul yang digunakan untuk analisis dari data gelombang. Tampilan dalam sub modul ini berbentuk grafik.
- WISPH3 *(Wave Information Study Phase 3)* merupakan sub modul yang digunakan untuk transformasi spektral data gelombang.
- SPECGEN *(Spectrum Generator)* merupakan sub modul yang digunakan untuk import data dalam membangun dan menampilkan spekturm gelombang STWAVE.
- WWWL Data *(Waves, Winds and Water Level)* digunakan untuk meng-edit data gelombang, data angina dan tinggi muka suatu perairan.
- WMV *(Wave Model Visualization)* merupakan modul yang digunakan untuk menampilkan hasil dari modeling kedalam suatu gambar maupun suatu grafik.

Selain modul tersebut, terdapat satu buah modul lagi dalam Software CEDAS ini yaitu NEMOS *(Nearshore Evolution Modeling System).* NEMOS merupakan sautu modul yang digunakan untuk memodelkan perubahan suatu pantai dalam jangka panjang akibat adanya pemabungan di sekitar perairan (Yasin, 2017) .

2.4.3 SMS (Surface Water Modeling System)

SMS *(Surface Water Modeling System)* merupakan *software* yang cukup lengkap untuk mensimulasikan model permukaan perairan. *Software* ini menggunakan perhitungan secara numerik untuk wilayah perairan sungai, teluk, danau dan laut (Franchitika, 2017). Kegunaan software ini adalah untuk menganalisis aliran sungai, sedimentasi, banjir di pedesaan dan di perkotaan, muara, pemodelan di teluk tertentu, sirkulasi yang berada dipesisir dan memodelkan gelombang (Pratama, Muliati, dan Madrapriya, 2016).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Analisis kegunaan software SMS dilakukan berdasarkan modul. Beberapa modul tersebut yaitu (Dain, 2005):

- RMA2, HIVEL2D dan Flow2ds berguna untuk memodelkan sirkulasi arus di sungai dan muara dalam bentuk dua dimensi (2D).
- ADCIRC dan M2D berguna untuk memodelkan arus di pantai.
- CGWAVE, STWAVE dan BOUSS2D berguna untuk memodelkan gelombang.
- RMA4 SED2D-WES berguna untuk memodelkan sedimentasi.
- HEC-RAS berguna untuk memodelkan sungai dalam bentuk satu dimensi (1D).

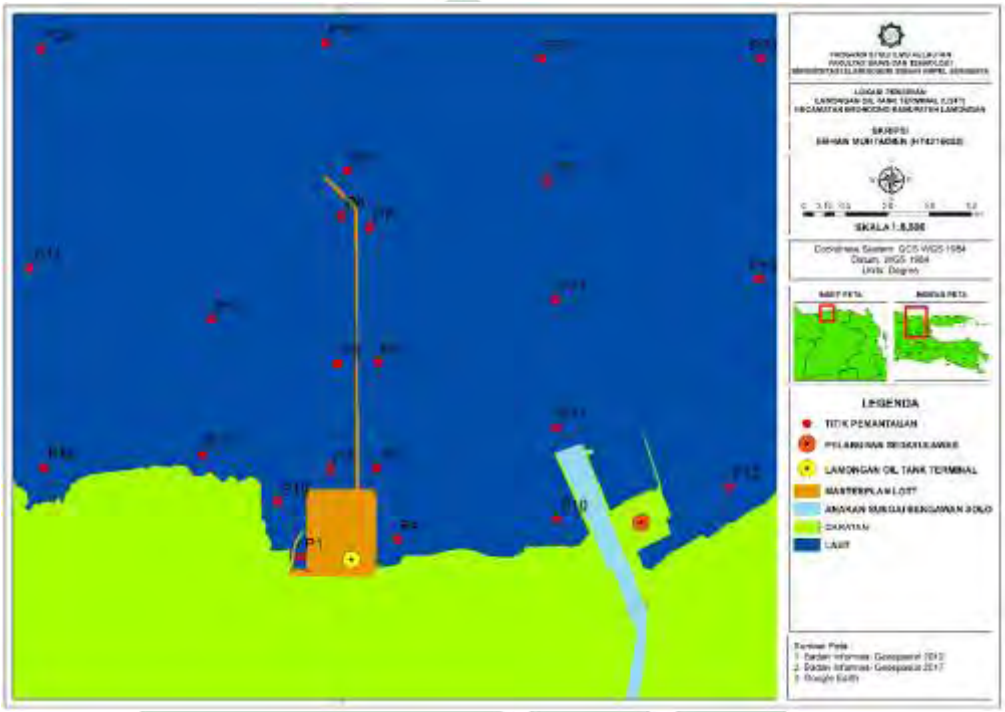
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian kali ini dilakukan di *Lamongan Oil Tank Terminal* (LOTT). LOTT terletak di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan Provinsi Jawa Timur. Berikut gambar 3.1 merupakan gambar peta lokasi penelitian.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Dilihat pada gambar 3.1 warna hijau menunjukkan daratan, warna biru muda menunjukkan Sungai Anakan Bengawan Solo dan warna biru menunjukkan laut. Simbol bulat warna kuning dengan titik hitam ditengahnya menunjukkan lokasi *Lamongan Oil Tank Terminal* (LOTT). Sedangkan simbol bulat warna merah dengan titik hitam ditengahnya menunjukkan lokasi dari Pelabuhan Sedayulawas. Letak koordinat LOTT berada pada 6.877992º LS dan 112.250435º BT. Simbol warna oranye merupakan rencana masterplan LOTT yang saat ini belum dibangun. Sedangkan simbol titik warna merah menunjukkan titik pemantauan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Titik pemantauan tersebut berfungsi untuk melihat seberan sedimen yang mewakili lokasi penelitian tersebut. Koordinat titik pemantauan dapat dilihat pada tabel 3.1, sebagai berikut

Tabel 3.1 Koordinat Titik Pemantauan

Titik Pemantauan	Koordinat X	Koordinat Y
P1	112.2473662	-6.87757601
P2	112.2492437	-6.872022442
P3	112.2522371	-6.8719289
P4	112.2535467	-6.876418927
P5	112.2497114	-6.86519386
P6	112.2523306	-6.865100318
P7	112.2517694	-6.856494433
P8	112.2499921	-6.855746095
P9	112.2503662	-6.852846286
P10	112.2637428	-6.875109336
P11	112.2637428	-6.869309718
P12	112.2747807	-6.873051407
P13	112.2767451	-6.859768411
P14	112.2300676	-6.859113615
P15	112.2411055	-6.870993478
P16	112.2309094	-6.871835358
P17	112.2416668	-6.862387593
P18	112.245891	-6.874061664
P19	112.2489074	-6.844651555
P20	112.2768093	-6.84568845
P21	112.2637067	-6.861053346
P22	112.2631411	-6.853512293
P23	112.2627641	-6.84568845
P24	112.2307146	-6.845028608

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.2 Alat

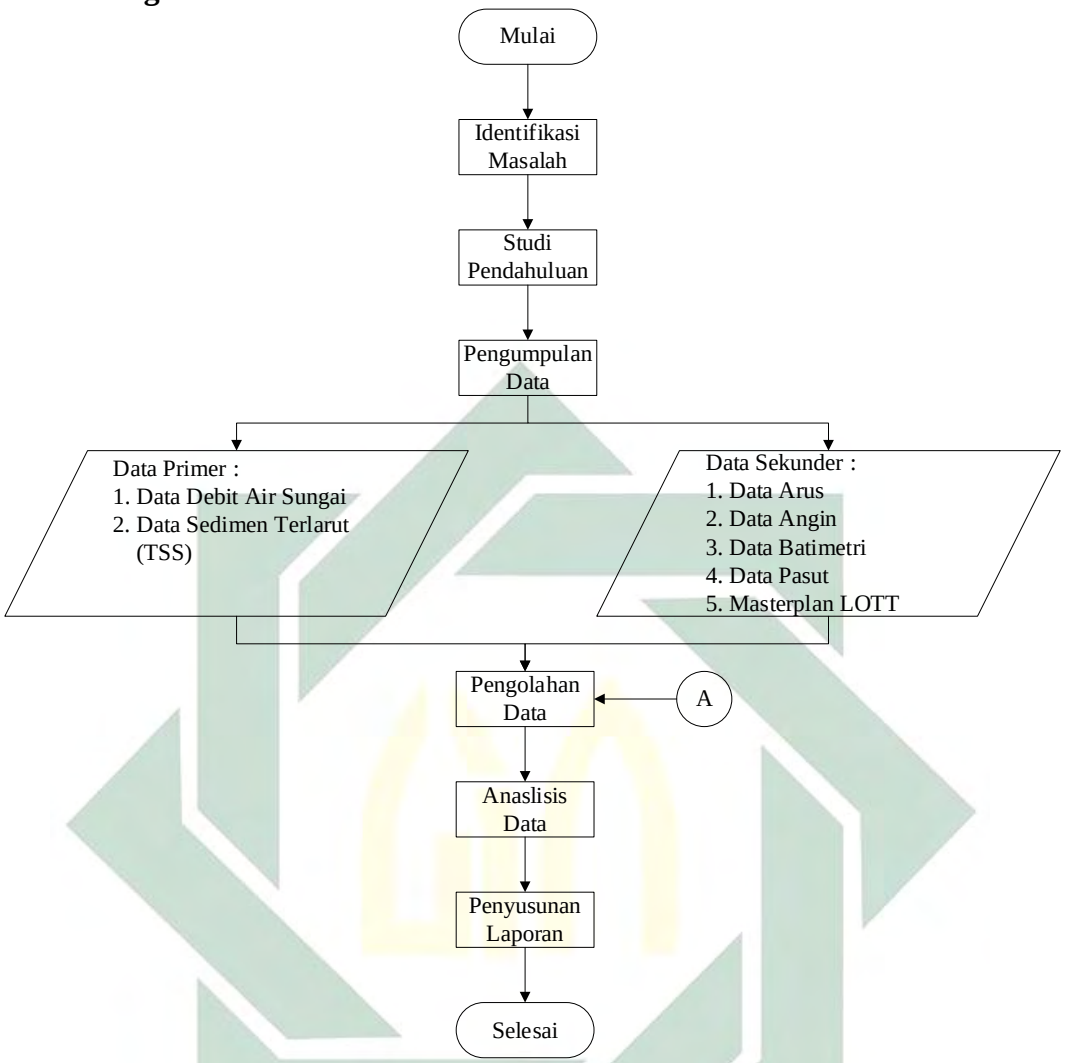
Alat yang digunakan dalam penelitian ini tertera pada tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Alat Penelitian

No.	Alat	Fungsi
1.	*Current meter*	Berfungsi untuk mengukur kecepatan arus
2.	Kertas Saring *(wattman 2.5 µm)*	Berfungsi untuk menyarig sedimen terlarut
3.	Alat Tulis	Berfungsi untuk mencatat data
4.	Timbangan analitik	Berfungsi untuk mengukur berat sedimen
5.	Oven	Berfungsi untuk mengeringkan sedimen
6.	Botol 600 ml	Berfungsi untuk mengambil sampel sedimen terlarut.
7.	Kapal	Berfungsi sebagai tranportasi dalam pengambilan sampel arus dan sampel sedimen.
8.	*AndroidTS*	Berfungsi sebagai aplikasi untuk mengambil titik koordinat.
9.	*Handphone*	Berfungsi untuk mendokumentasikan.
10.	Laptop	Berfungsi untuk menjalankan perangkat lunak.
11.	*Mike 21*	Berfungsi untuk memodelkan arus dan sedimentasi
12.	*ArcGIS 10.5*	Berfungsi untuk digitasi dan pembuatan peta.
13.	*Ms. Excel*	Berfungsi untuk mengolah data angin
14.	*AutoCAD 2020*	Berfungsi untuk mengedit data Masterplan LOTT
15.	*WRPlot*	Berfungsi untuk mengolah data arah dan kecepatan angin

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Deskripsi Diagram Alir Penelitian pada gambar 3.2, sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

   Identifikasi masalah merupakan tahap awal yang melatar belakangi penelitian ini dilakukan. Tahap ini peneliti merumuskan masalah, tujuan, manfaat serta batasan masalah diadakannya penelitian tersebut.

2. Studi Pendahuluan

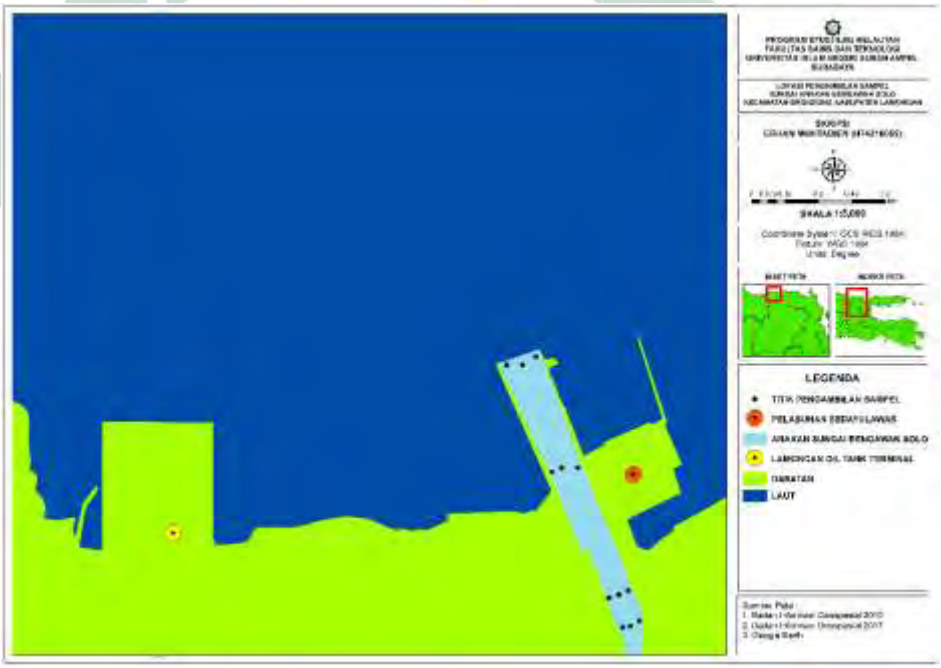
   Studi Pendahuluan merupakan tahap mencari referensi terkait permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Referensi tersebut dapat berupa jurnal, berita, koran, konferensi resmi, publikasi media dan lain-lain.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Pengambilan Data

a. Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data debit air sungai dan data TSS. Semua data tersebut diambil di Anakan Sungai Bengawan Solo. Data TSS diambil sebanyak 12 titik (3 titik diambil di sebelah selatan jembatan, 3 titik diambil di sebelah utara jembatan, 3 titik didekat Pelabuhan Sedayulawas dan 3 titik tepat di muara sungai). Tiga titik yang diambil dimasing-masing lokasi tersebut mewakili tepi kiri, tengah dan tepi kanan Anakan Sungai Bengawan Solo. Masing-masing titik dilakukan pengulangan pengambilan sampel sebanyak dua kali. Gambar lokasi pengambilan sampel dan koordinat pengambilan sampel masing-masing dapat dilihat pada gambar 3.4 dan tabel 3.3. merupakan lokasi pengambilan sampel sedimen:



Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Dilihat dari gambar 3.3 lokasi pengambilan sampel ditunjukkan dengan simbol titik waran hitam.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 3.3 Koordinat Pengambilan sampel

No.	Titik Pengambilan	Koordinat X	Koordinat Y
1	Titik 1	112°15'50.74"E	6°52'15.50"S
2	Titik 2	112°15'52.91"E	6°52'15.46"S
3	Titik 3	112°15'54.85"E	6°52'14.27"S
4	Titik 4	112°15'57.18"E	6°52'31.00"S
5	Titik 5	112°15'58.59"E	6°52'30.41"S
6	Titik 6	112°16'0.90"E	6°52'30.38"S
7	Titik 7	112°16'5.48"E	6°52'49.26"S
8	Titik 8	112°16'6.87"E	6°52'48.79"S
9	Titik 9	112°16'8.22"E	6°52'48.20"S
10	Titik 10	112°16'7.43"E	6°52'53.53"S
11	Titik 11	112°16'8.55"E	6°52'53.39"S
12	Titik 12	112°16'9.84"E	6°52'52.61"S

b. Data Sekunder

Data Sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, data arus, data batimetri, data pasang surut, data angin, dan data masterplan LOTT. Berikut tabel 3.3 merupakan tabel data sekunder beserta sumber datanya:

Tabel 3.4 Sumber Data Sekunder

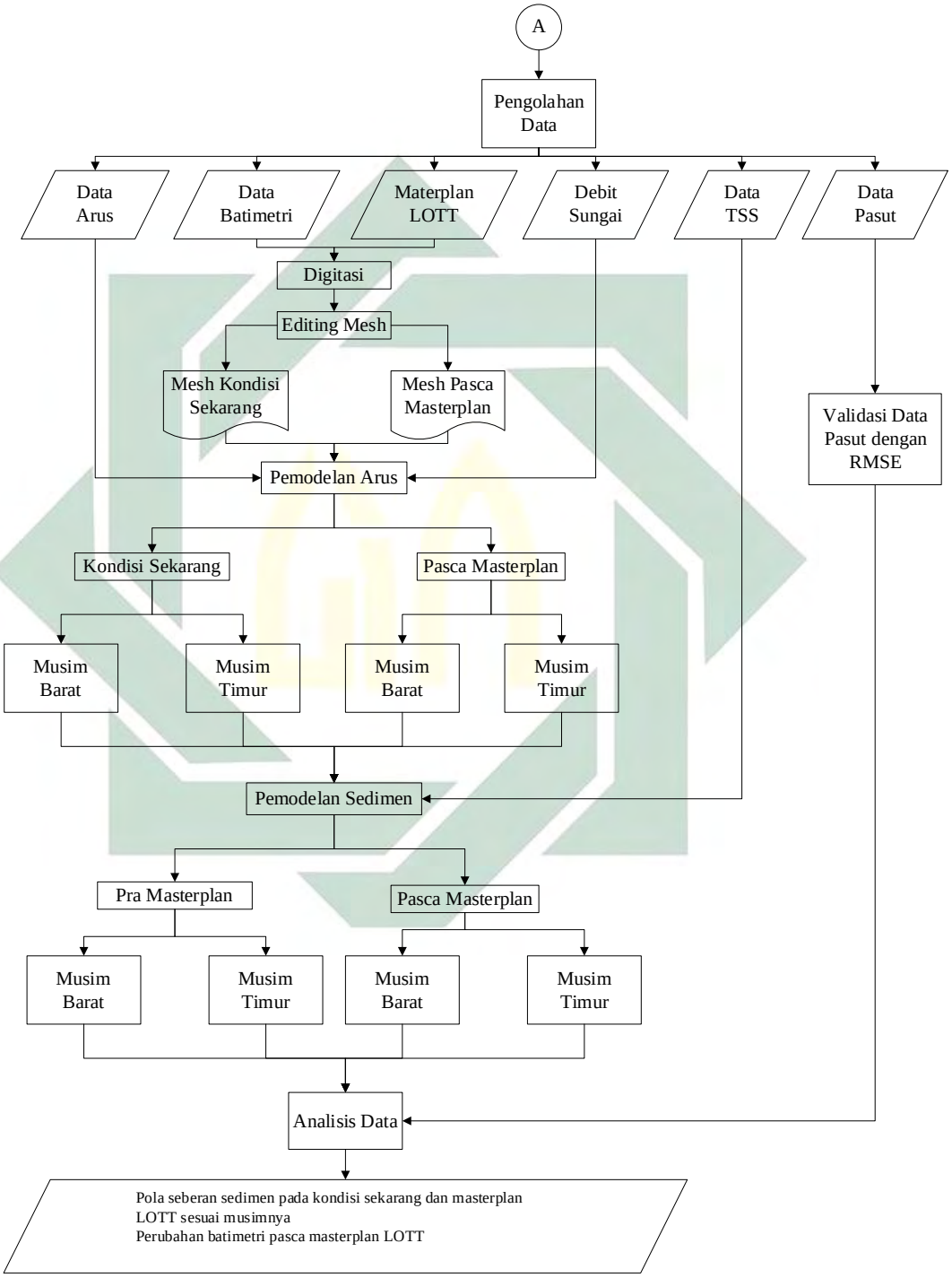
No.	Data	Sumber Data
1.	Pasang Surut	PT. Virama Karya Cabang Jawa Timur dan BIG
2.	Batimetri	BATNAS
3.	Arus	PT. Virama Karya Cabang Jawa Timur
4.	Masterplan LOTT	PT. Virama Karya Cabang Jawa Timur
5.	Data Angin	BMKG Surabaya

4. Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian kali ini menggunakan software mike 21. Hal ini dikarenakan jika dibandingkan dengan *software CEDAS-GENESIS*,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

software mike 21 telah dilengkapi dengan fitur *running mode* untuk memodelkan pola sebaran arus dan sedimen. Jika dibandingkan dengan *software* SMS, mike 21 ini memiliki *graphic interface* yang lebih baik. Berikut gambar 3.5 merupakan gambar diagram alir pengolahan data:



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut penjelasan diagram alir pengolahan data pada gambar 3.5 pengolahan data:

a. Data
   - Data Arus berguna untuk menentukan arah sebaran sedimen.
   - Data angin berguna untuk memvalidasi data arus. Validasi tersebut berupa kesesuaian arah arus terhadap arah angin.
   - Data batimetri berguna untuk menentukan wilayah modeling sedimen.
   - Data masterplan LOTT sebagai analisa perubahan pola sebaran sedimen.
   - Data pasut berguna untuk mengetahui elevasi tinggi air laut.
   - Data debit sungai berguna untuk menentukan nilai besar laju sedimentasi.
   - Data TSS dihitung dengan menggunakan metode gravimetri. Metode tersebut dilakukan dengan cara menyaring sedimen dengan menggunakan kertas saring wattman, kemudian dikeringkan dan diukur berat akhir sedimen kering (Rinawati dkk, 2016). Data tersebut berguna untuk mengetahui konsentrasi sedimen di Perairan Anakan Sungai Bengawan Solo

b. Digitasi

   Tahap digitasi memerlukan data batimetri dan masterplan Lamongan Oil Tank. Proses digitasi disini menggunakan software ArcGIS. Data batimetri berguna untuk memisahkan badan air dengan daratan. Selain itu juga berguna untuk membuat garis pantai. Digitasi pada masterplan adalah tahap memasukkan koordinat masterplan dan perubahan garis pantai akibat adanya masterplan LOTT

c. Editing mesh

   Editing mesh disini meggunakan model mesh yang berbentuk segitiga dengan minimal sudut segitiga 28°. Semakin kecil ukuran segitiga dan semakin rapat segitiga maka ketelitian mesh akan semakin tinggi juga.

d. Pemodelan Arus

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Data yang diperlukan dalam pemodelan arus yaitu data arus, data debit sungai dan data pasut. Data tersebut merupakan yang mempengaruhi pergerakkan arah arus. Hasil dari pemodelan arus adalah arah dan kecepatan arus pra dan pasca masterplan LOTT di musim barat dan musim timur

e. Pemodelan Sedimen

Hasil dari pemodelan arus kemudian dilakukan pemodelan sedimentasi dengan menggunakan tambahan data TSS. Hasil dari pemodelan sedimentasi berupa sebaran total *Suspended Sediment Concentration (SSC)* dan sebaran deposit sedimen di sekitar Perairan LOTT. Hasil dari pemodelan *mud transport* di Mike 21 berupa data SSC. Menurut Selbig dan Bannerman (2015) metode SSC memiliki nilai bias yang sangat tinggi apabila digunakan untuk menentukan partikel dengan ukuran lebih dari 250 µm. Agar mengurangi nilai bias tersebut maka harus menghilangkan partikel yang memiliki ukuran lebih dari 250 µm. Oleh karena itu dalam menentukan nilai sedimen terlarut, peneliti menggunakan metode TSS yang memiliki nilai bias lebih kecil ketimbang metode SSC. Istilah SSC ini hanya digunakan untuk menyebut sedimen terlarut di software mike 21.

5. Analisis Data

Tahap analisis data merupakan tahap menganalisis hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis tersebut berupa:

1. Validasi Data

Validasi yang digunakan dalam Penelitian ini menggunakan data pasang surut. Pasang surut yang digunakan dalam validasi yaitu pasang surut prediksi dari mike 21 dengan data pasang surut yang diperoleh dari Virama Karya. Metode validasi yang digunakan yaitu menggunaka rumus *Root Mean Square Erro (RMSE).* Berikut rumus RMSE menurut Pardede (2016):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{a=1}^{x}(y1-y2)^2}{X}}$$ ..... Rumus 3.1

Keterangan:

x = Data ke – x

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

y1 = Data pengamatan

y2 = Data prediksi

X = Jumlah data

2. Analisis perbandingan pola seberan sedimen pada kondisi sekarang dan masterplan LOTT sesuai musimnya
3. Analisis perubahan batimetri pasca masterplan LOTT

6. Penyusunan Laporan

Penyusunan Laporan merupakan tahap akhir dari penelitian ini. Tahap ini berupa penggabungan dari tahap awal identifikasi masalah sampai tahap terakhir analisis data. Nantinya pada tahap ini akan diperoleh sebuah kesimpulan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Pasang Surut

Data pasang surut pada penelitian kali ini membutuhkan data bantuan peramalan pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Hal itu dikarenakan data yang diperoleh dari Virama Karya hanya berupa nilai pasang tertinggi, nilai surut terendah, nilai rata-rata pasang, nilai rata-rata surut, dan nilai *Mean Sea Level* (MSL). Data tersebut belum termasuk data tipe pasang surut yang ada di Perairan sekitar LOTT.

Data peramalan yang diambil dari BIG adalah selama 29 hari atau 29 piantan. Pengambilan data peramalan dilakukan pada Musim Barat yaitu dimulai dari tanggal tangal 11 Desember 2019 dan berakhir tanggal 8 Januari 2020. Data tersebut kemudian diolah menggunakan metode admiralty.

Metode admiralty membutuhkan 8 skema kerja agar menghasilkan nilai A. Nilai A itulah yang digunakan untuk menghitung nilai Fromzhal (F). Berikut ini tabel 4.1 merupakan tabel nilai A hasil dari pengerjaan metode admiralty:

Tabel 4.1 Hasil Penyusunan Variabel A

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	-23,786	5,405	2,976	0,814	44,506	20,107	0,195	0,362	0,804	14,687

Diketahui dari tabel 4.1 dapat diketahui bahwa nilai A untuk S0 adalah -23.786, A untuk M2 adalah 5,405, A untuk S2 adalah 2,976, A untuk N2 adalah 0,814, A untuk K1 adalah 44,506, A untuk O1 adalah 20,107, A untuk M4 adalah 0,195, A untuk MS4 adalah 0,362, A untuk K2 adalah 0,804 dan A untuk P1 adalah 14,687. Setelah nilai A pada masing-masing variabel ditemukan, maka nilai F dapat dicari dengan formulasi perhitungan nilai fromzhal.

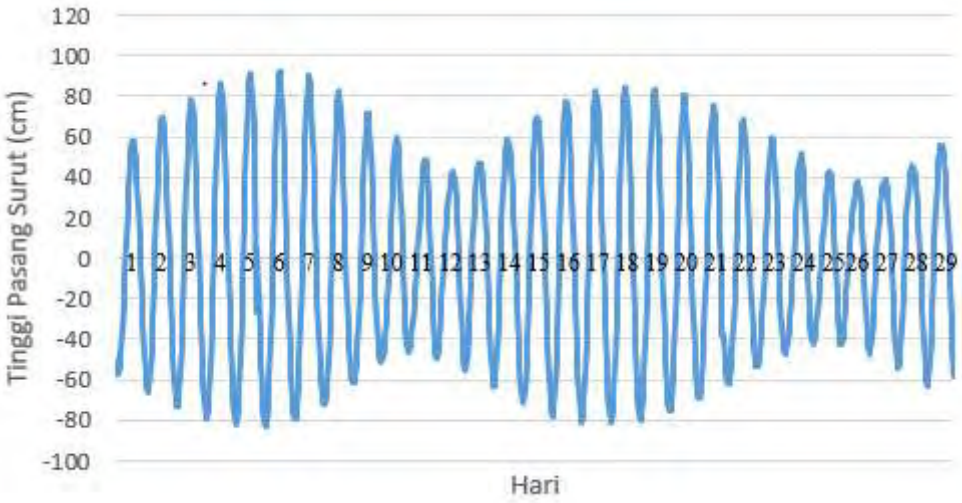
Hasil perhitungan nilai Formzhal adalah 7,71. Sesaui dengan tabel 2.1 maka kategori pasang surut yang ada di Perairan sekitar LOTT

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

adalah pasang surut harian tunggal. Hal itu dikarenakan nilai Fromzhal lebih dari 3 (F>3). Menurut Kahar (2008) dalam Wirayuda (2017) pasang surut harian tunggal *(diurnal tide)* terjadi apabila suatu perairan mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari.

Tipe pasang surut tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Aris pada tahun 2017. Penelitian tersebut mengakatan bahwa tipe pasang surut di Perairan Brondong Kabupaten Lamongan memiliki tipe pasang surut harian tunggal (diurnal tide) dengan nilai Formzhal 6.96 (Aris, 2017).

Hasil peramalan pasang surut juga dapat digunakan untuk melihat pasang tertinggi maupun terendah selama 1 bulan. Berikut ini gambar 4.2 merupakan grafik peramalan pasang surut di Perairan Sekitar LOTT selama 29 piantan:



Gambar 4.1 Grafik Peramalan Pasang Surut

Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pasang tertinggi yang terjadi di Perairan Sekitar LOTT berada dikisaran 80 cm sampai 100 cm DPL. Sedangkan surut terendah berada dikisaran -80 cm sampai dengan -100 cm DPL. Grafik peramalan pasang surut diperoleh dari metode admiralty skema 1.

Terdapat perbedaan nilai pasang tertinggi dan nilai surut terendah antara data dari PT. Virama Karya dengan data dari Peramalan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pasang Surut yang diperoleh dari BIG. Hal itu dapat terjadi dikarenakan perbedaan pengambilan titik koordinat dalam pengamatan pasang surut.

Hasil perhitungan validasi pasang surut menggunakan rumus 3.1 yaitu rumus *Root Mean Square Error* (RMSE) menunjukkan nilai 0.236. Menurut Rodhita, Limantara, dan Dermawan (2012) mengatakan bahwa semakin kecil nilai RMSE suatu model maka semakin akurat model tersebut.

4.1.2 Arus

Data arus didapatkan dari PT. Virama Karya. Hasil pengukuran arus yang dilakukan oleh PT tersebut menunjukkan bahwa kecepatan arus minimum di Daerah Brondong dan sekitarnya yaitu sebesar 0.01 m/s. Sedangkan kecepatan arus maksimum di daerah tersebut sebesar 0.3 m/s. Saat kondisi pasang arah arus lebih bergerak menuju kearah tenggara selatan dengan derajat135°-180°. Begitu juga sebaliknya, saat kondisi surut arah lebih condong bergerak menuju kearah barat laut-utara dengan arah derajat 315°-355°.

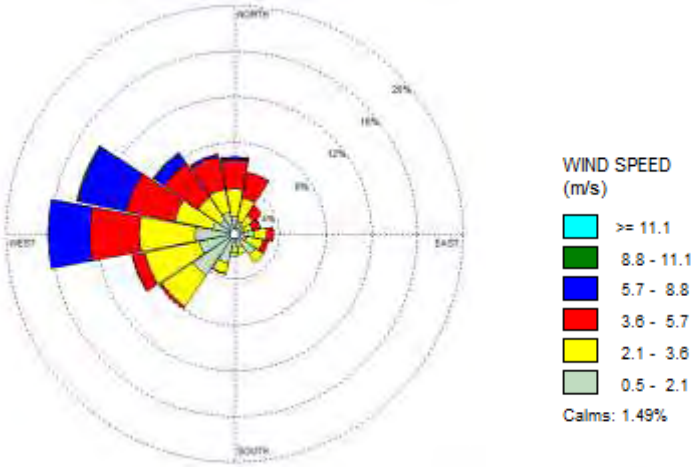
4.1.3 Angin

Data arah dan kecapatan angin pada penilitian kali ini diperolah dari BMKG Surabaya. Data angin diolah menggunakan *Software WRPlot* berdasarkan musimnya yaitu musim barat yang terjadi pada Bulan Desember hinggga Februari dan Musim Timur yang terjadi pada Bulan Juni hingga Agustus.

1. Angin Musim Barat

   Arah angin saat musim barat di Perairan LOTT dan sekitarnya lebih dominan dari arah timur menuju ke arah barat. Arah angin saat musim barat dapat dilihat pada gambar 4.3. Berikut gambar 4.3 merupakan gambar arah dan kecapatan angin saat musim barat di Perairan LOTT dan sekitarnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

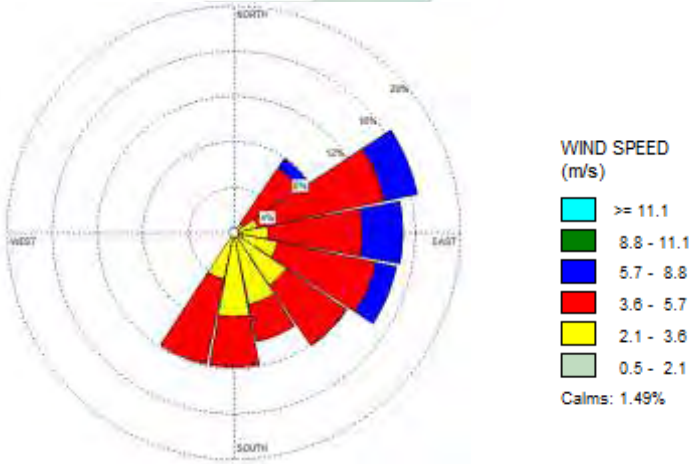


Gambar 4.2 Arah dan Kecapatan Angin Musim Barat

Dilihat dari gambar 4.3 kecepatan angin saat musim barat di Perairan LOTT dan sekitarnya didominasi oleh warna merah dan kuning. Warna tersebut menunjukkan kecapatan angin yang berkisar antara 2.1 – 5.7 m/s. Sedangkan kecepatan angin rata-rata saat musim barat diperairan tersebut adalah 3.06 m/s.

2. Angin Musim Timur

Arah angin saat musim timur di Perairan LOTT dan sekitarnya lebih dominan dari arah barat menuju ke arah timur. Arah angin saat musim timur dapat dilihat pada gambar 4.4. Berikut gambar 4.4 merupakan gambar arah dan kecapatan angin saat musim barat di Perairan LOTT dan sekitarnya.



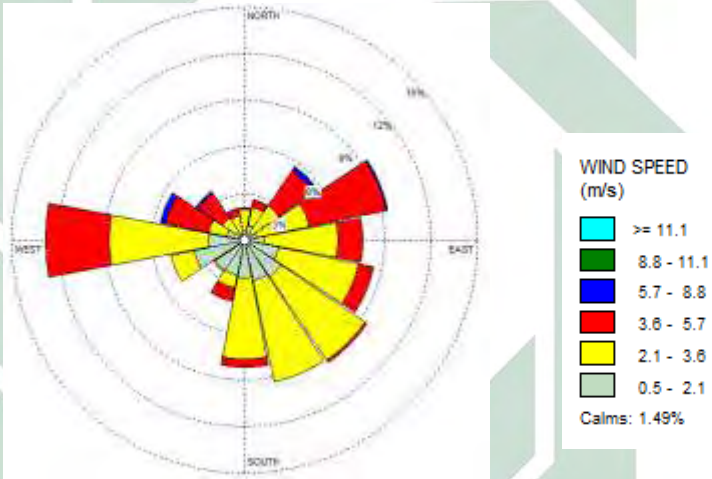
Gambar 4.3 Arah dan Kecapatan Angin Musim Timur

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dilihat dari gambar 4.4 kecapatan angin saat musim timur di Perairan LOTT dan sekitarnya didominasi oleh warna merah. Warna tersebut menunjukkan kecapatan angin yang berkisar antara 3.6 – 5.7 m/s. Sedangkan kecepatan angin rata-rata saat musim timur diperairan tersebut adalah 4.06 m/s.

3. Angin 5 Tahun Terakhir

Arah angin dalam 5 tahun terakhir di Perairan LOTT dan sekitarnya lebih dominan dari arah barat menuju ke arah timur. Arah angin saat musim timur dapat dilihat pada gambar 4.5. Berikut gambar 4.4 merupakan gambar arah dan kecapatan angin saat musim barat di Perairan LOTT dan sekitarnya.



Gambar 4.4 Arah dan Kecepatan Angin 5 Tahun Terakhir

Dilihat dari gambar 4.5 kecapatan angin 5 tahun teakhir di Perairan LOTT dan sekitarnya didominasi oleh warna kuning. Warna tersebut menunjukkan kecapatan angin yang berkisar antara 2.1 – 3.6 m/s. Sedangkan kecepatan rata-rata angin 5 tahun terakhir di perairan tersebut adalah 2.74 m/s.

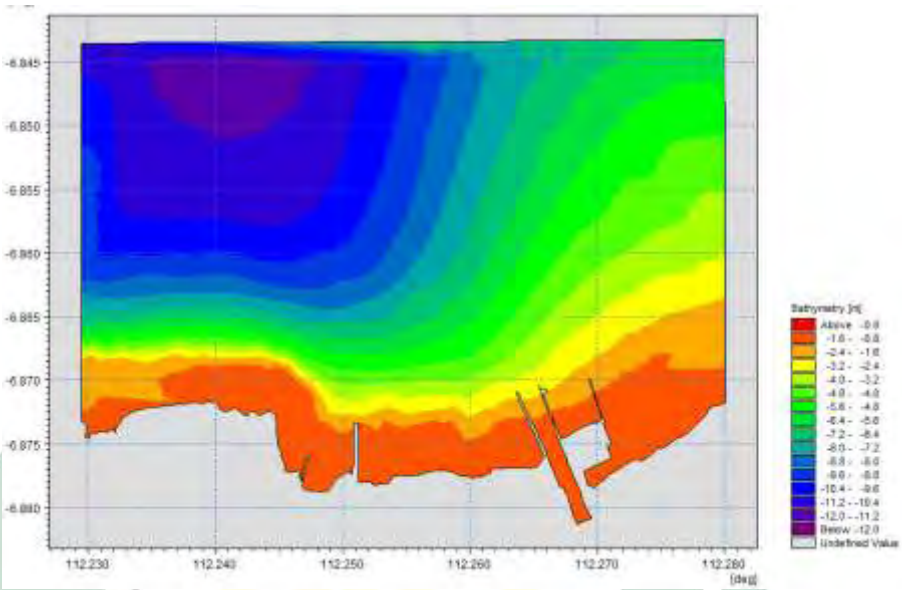
4.1.4 Batimetri

Data batimetri pada penelitian kali ini diperolah dari BATNAS salah satu data batimetri yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk perairan Indonesia. Data tersebut berupa data

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kontur batimetri. Data tersebut kemudian diolah menggukan software *ArcGIS*.

Kedalaman perairan sekitar LOTT mencapai 12 m. Kedalaman terendah ditunjukkan oleh waran merah. Sedangkan kedalaman teringgi ditunjukkan oleh warna ungu. Profil kedalaman perairan di Sekitar LOTT dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.5 Batimetri di Peraian Sekitar LOTT

4.1.5 Debit Sungai

Debit merupakan volume air yang mengalir di suatu penampang melintang saluran atau sungai per satuan waktu (DPU, 2009). Debit sungai dapat dihitung dengan cara mengalikan luas penampang sungai dengan kecepatan arus sungai (Afdhaliah, Faridah, & Munir, 2017). Berdasarkan data yang didapatkan diperoleh kecepatan arus rata-rata sebesar 0.1 m/s dan menurut Patriadi (2015) kedalaman Sungai Ankan Bengawan Solo memiliki rata-rata kedalaman sebesar 5.6 - 6.2 m. Sehingga didapatkan nilai debit Sungai Anakan Bengawan Solo sebesar 116 m^3/s. Hasil yang didapatkan dapat digunakan sebagai data perhitungan laju TSS. Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian Sarwono dkk tahun (2012) yang menyebutkan bahwa nilai rata-rata debit Anakan Sungai Bengawan Solo Sebesar 131 m3/s.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.1.6 Total Suspended Soil (TSS)

Data Sedimen Terlarut (TSS) didapatkan dari pengukuran secara langsung di Anakan Sungai Bengawan Solo. Pengukuran tersebut diambil sebanyak 12 titik dengan dua kali perulangan. Hasil nilai TSS dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Nilai TSS Anakan Sungai Bengawan Solo

Stasiun	volume	Berat	Konsentrasi	Konsentrasi
	(l)	(mg)	TSS (mg/l)	TSS (g/l)
1	0.6	67	111.667	0.112
2	0.6	56	93.333	0.093
3	0.6	53	88.333	0.088
4	0.6	63	105.000	0.105
5	0.6	49	81.667	0.082
6	0.6	53	88.333	0.088
7	0.6	68	113.333	0.113
8	0.6	59	98.333	0.098
9	0.6	49	81.667	0.082
10	0.6	51	85.000	0.085
11	0.6	57	95.000	0.095
12	0.6	66	110.000	0.110
Total		**691**	**1151.667**	**1.152**
Rata-Rata		**58**	**95.972**	**0.096**

Diketahui dari tabel 4.2 nilai TSS di Anakan Sungai Bengawan Solo berkisar 0.082 - 0113 g/l dengan rata-rata 0.96 g/l. Nilai tersebut diperoleh dari volume sampel air sebanyak 600 ml (0.6 L) dan berat sedimen kering dengan rata-rata 58 mg.

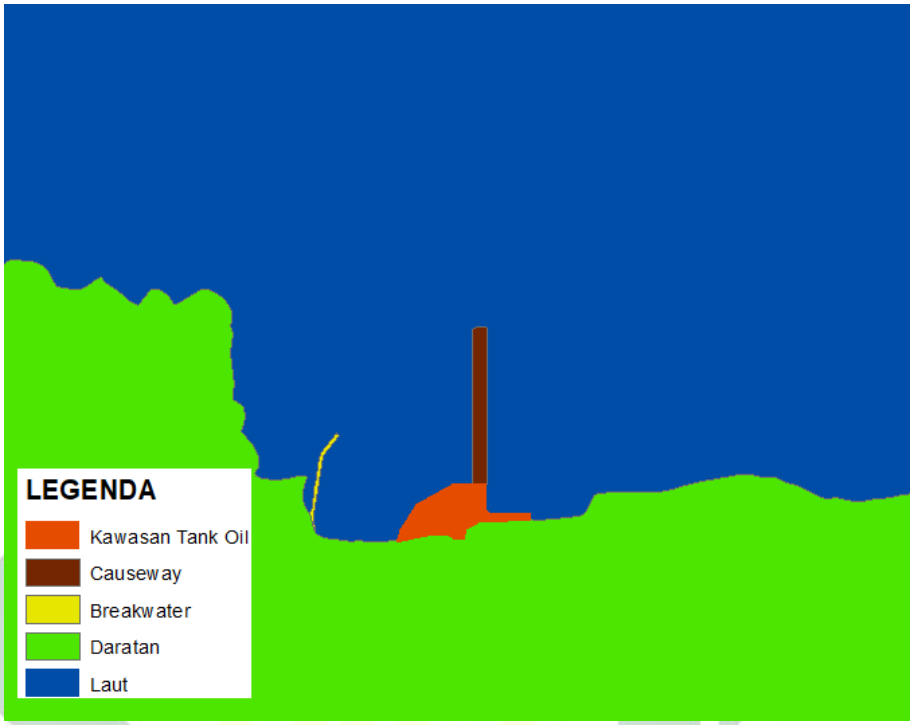
4.1.7 Kondisi LOTT Saat ini

Pembangunan yang terjadi di Masterplan LOTT pada saat ini telah mencapai 25%. Pembangunan tersebut telah sampai pada tank oil atau penyimpanan minyak dengan kapasitas tangki 1500 Kiloliter (KL)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan 2500 KL. Selain itu juga sudah terdapatn causeway sepanjang 500 m dan juga terdapat breakwater.

Berikut ini gambar 4.7 merupakan gambar tahapan pembangunan LOTT yang telah mencapai 25%.



Gambar 4.6 Kondisi LOTT saat ini

Diketahui dari gambar 4.7 bahwa warna merah menunjukkan Kawasan tank oil, warna coklat menunjukkan jalan causeway, warna kuning menunjukkan breakwater, waran hijau menunjukkan daratan dan warna biru merupakan laut.

4.1.8 Masterplan LOTT

Data masterplan LOTT diperoleh dari PT. Virama Karya Cabang Surabaya. Data masterplan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *breakwater*, area reklamasi dan jembatan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Peningkatan total SSC pada Kondisi Sekarang (tahap pembangunan 25%) dengan Kondisi Masterplan saat Musim Barat maupun Musim Timur. Sebaran Total SSC Musim Barat mengarah ke Barat-Utara dan Musim Timur mengarah Utara. Peningkatan juga terjadi pada nilai deposit sedimentasi yaitu antara kondisi sekarang (tahap pembangunan 25%) dengan kondisi masterplan. Lokasi deposit sedimentasi Musim Barat berada di sekitar koordinat 112.2517794º BT 6.856494433º LS dan Musim Timur berada di sekitar koordinat 112.252028º BT 6.859811º LS.
2. Perubahan batimetri menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai batimetri dikondisi awal masterplan dengan kondisi pasca 5 tahun berdirinya LOTT. Lokasi perubahan berada di sekitar koordinat 112.246899 BT 6.850406 LS hingga 112.255828 BT 6.86323 LS.

5.2 Saran

Diharapkan untuk penelitian lebih lanjut mengenai tipe arus yang mendominasi di Perairan *Lamongan Oil Tank Terminal* (LOTT) dan sekitarnya, serta simulasi pemodelan tumpahan minyak dan upaya penanganan lebih lanjut.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Afdhaliah, N., Faridah, & Munir, A. (2017). Analisis Perhitungan Debit Muatan Sedimen (Suspended Load) pada Daerah Irigasi Lekopancing Kabupaten Maros. *Jurnal Agri Techno*, Vol. 10 No. 2 :167-169.

Akbar, A. F. (2017). Pemetaan Batimetri dan Klasifikasi Profil Dasar Laut Menggunakan Data Multibeam Echosounder. *Skripsi.* Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Anasiru, T. (2005). Analisis Perubahan Kecapatan Aliran pada Muara Sungai Palu. *Smartek*, 101-112.

Aris, T. (2017). Analisis Tipe Pasang Surut di Peraiaran Utara Jawa Timur. *Skripsi*. Malang: Program Studi Ilmu Kelautan Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan Fakultas Perikanan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Asdak, C. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Aziz, M. F. (2006). Gerak Air Laut. *Oseana*, 9-21.

Dain, R. (2005). *Tutorial SMS RMA2 dan SED2D Versi 8.1.*

Daruwedhi, H., Bandi, S., & Fauzi, J. (2016). Analisis Pola Arus Laut Permukaan Perairan Indonesia dengan Menggunakan Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2010-2014. *Jurnal Geodesi Undip*, 145-58.

DHI Mike. (2014). *Flow Model FM.* DHI Software.

DHI Mike. (2014). *Mud Transport.* DHI Software.

Diposaptono, S. (2011). *Sebuah Kumpulan PemikiranMitigasi Bencana dan Adaptasi Perubahan Iklim.* Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.

DPU. (2009). *Prosedur dan Intruksi Kerja Pengukuran Debit Sungai dan Saluran Terbuka.* Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

Franchitika, R. (2017). Tutorial Penggunaan Software SMS 11.1 Modul RMA2 untuk Menganalisa Pola Pergerakkan Arus di Pelabuhan Belawan. *Jurnal Education Building*, 73-83.

Haerik, M. I. (2017). Penentuan Pola Transport Sedimen dengan Mike 21 (Contoh Kasus Pantai Lampu Satu Kabupaten Merauke Papua). 1-17.

Hafli, T. M. (2014). Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Konstruksi Jetty pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft 3D. *Tugas Akhir.* Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hidayah, M. I. (2017). Dampak Pengembangan Reklamasi terhadap Laju Sedimentasi dan Pola Arus di Kawasan Pantai Timur Surabaya (PAMURBAYA). *Tugas Akhir*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Hidayat, R. (2010). Kajian Debit dan Kualitas Air Sungai di Berbagai Kawasan Kabupaten Pakpak Bharat. *Skripsi*. Medan: Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara.

Ilahude, D., & Usman, E. (2007). Ketidakstabilan Pantai sebagai Pengembangan Daerah Peruntukan di Perairan Lasem Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Kelautan*, 16-24.

Irawan, S., Fahmi, R., & Roziqin , A. (2018). Kondisi Hidro-Oseanografi (Pasang Surut, Arus Laut, Dan Gelombang) Perairan Nongsa Batam. *Jurnal Kelautan*, 56-58.

Joko, P., Fajrianto, I., & Kurniadi, Y. (2018). Pemodelan Hidrodinamika dan Transpor Sedimen di Perairan Pesisir Sekitar Tanjung Potang, Kabupaten Serang Banten. *Jurnal Kelautan Nasional*, 75-88.

Kusumawati, E. D., Handoyo, G., & Hariadi. (2015). Pemetaan Batimetri untuk Mendukung Alur Pelayaran di Perairan Banjarmasin, Kalimantan Selatan. *Jurnal Oseanografi*, 706-712.

Martono. (2017). Karakteristik Angin Zonal Selama Upwelling di Perairan Selatan Jawa Pada Kondisi Normal dan Enso. *Jurnal Meterorologi dan Geofisika*, 125-132.

Miftachurrazaq, I. (2017). Pemodelan Pola Sebaran Sedimen Untuk Analisis. *Tugas AKhir*. Surabaya: DepartermenTeknik Geomatika. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut.

Muhazzir, Sugeng, W., & Ismunarti, D. (2012). Kajian Pola Arus Laut Sebelum dan Sesudah Pembangunan Pelabuhan Khusus Pabrikasi Baja di Perairan Paciran, Kabupaten Lamongan. *Jurnal Of Oceanography*, 69-77.

Musrifin. (2011). Analisis Pasang Surut Perairan Muara Sungai Mesjid Dumai. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 48-55.

Mustary, L. O. (2013). Pemetaan Batimetri Perairan Laut Dangkal di Gugusan Pulau Tiga, Kabupaten Natuna dengan Menggunakan Citra ALOS AVNIR-2. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Pardede, F. (2016). Pangaruh Fenomena La Nina terhadap Konsentrasi Klorofil-A dengan Menggunakan Citra Aqua Modis (Studi Kasus : Perairan Selatan Kabupaten Malang). 1-6.

Patriadi, A. (2015). Rekayasa Percabangan Sungai Bengawan Solo dengan Model Numerik Dua DImensi untuk Optimalisasi ke Floodway Plangwot. *Thesis*. Surabaya: Program Magister Bidang Keahlian Manajemen dan Sumber Daya Air Jurusan Teknik SIpil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pradhan, S., & dkk. (2018). Hydrodinamic and Cohesive Sediment Transport Modeling In Chilaka Lagoon. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 141-149.

Pratama, A., Muliati, Y., & Madrapriya, F. (2016). Analisis Hidrodinamika Menggunakan So f t ware SMS 8.1 dalam Rangka Pengembangan Pelabuhan Penyeberangan Kaledupa, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 124-135.

Putra, D. A. (2016). Pemodelan Perubahan Morfologi Estuari Sungai Wonokromo, Surabaya. *Tugas Akhir*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November .

Qhomariyah, L., & Yuwono. (2016). Analisa Hubungan antara Pasang Surut Air Laut dengan Sedimentasi yang Terbentuk (Studi Kasus : Dermaga Pelabuhan Petikemas Surabaya) . *Jurnal Teknik ITS*, F1-F3.

Rinawati, d. (2016). Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid dan Total Suspended Solid) di Perairan Teluk Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*, 36-46.

Rodhita, M., Limantara, L., & Dermawan, V. (2012). Rasionalisasi Jaring Penangkar Hujan di DAS Kedungsoko Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Teknik Pengairan*, 185-194.

Roosmawarni, A. (2017). Model Pengembangan dan Pemetaan Potensi Jawa Timur Melalui Peranan Key Sector kota/Kabupaten. *Majalah Ekonomi*, 33-43.

Saputra, R. A. (2018). Pemodelan Sedimentasi Pasca Reklamasi dan Masterplan di Teluk Jakarta Menggunakan Perangkat Lunak Mike 21. *Skripsi*. Surabaya: Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.

Sarwono, Harianto, & Suprianto, I. (2012). Analisis Angkutan Sedimen Floodway Sedayu Lawas di Bengawan Solo 10 Tahun Pasca Pelaksanaan. *Jurnal Teknik Hidraulik*, Vol. 3 No. 2 : 183-196 .

Selbig, W., & Bannerman, R. (2015). Ratios of Total Suspendended Solid to Suspended Sediment Concentration by Particle Size. *Jurnal of Enviromental Engineering*, 1075-1081.

Shalihah, N. (2020, Januari 10). *Mengenal Angin Monsun, Siklus hingga Dampaknya*. Retrieved from Kompas.com: https://www.kompas.com/tren/read/2020/01/10/150500265/mengenal-angin-monsun-siklus-hingga-dampaknya?page=all

Tambunan, J., Sutrisno, A., & Purwaweni, H. (2013). Kajian Kualitas Lingkungan dan Kesusaian Wisata Pantai Tanjung Pesono Kabupaten Bangka. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* (pp. 356-362). Semarang: Universitas Diponogoro.

Tanto, T. A. (2017). Karakteristik Arus Laut Perairan Teluk Benoa. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 37-48.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tjakrawarsa, G., Adi, R., & Supangat, A. (2014). *Teknik Pengukuran Hasil Sedimen.* Solo: Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Kementerian Lingungan Hidup dan Kehutanan.

Usman, K. O. (2014). Analisis Sedimentasi pada Muara Sungai Komering Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 209-215.

VK. (2017, Mei 4). *Ground Breaking Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) Project*. Retrieved from PT Virama Karya (Persero): http://www.bumn.go.id/viramakarya/berita/2-GROUND-BREAKING-LAMONGAN-OIL-TANK-TERMINAL-LOTT-PROJECT

Wibowo, M. (2018). Pemodelan Angkutan Sedimen di Perairan Patimban untuk Rencana Pembangunan Pelabuhan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 27-38.

Widada, S. (2015). Prediksi Perubahan Arus Akibat Reklamasi pada Pangkal Breakwater Barat Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dengan Pendekatan Model Matemati. *Jurnal Kelautan Tropis*, 147-153.

Widyastuti, M., Taufik, M., & Santikayasa, I. (2017). Prediksi Debit Jangka Panjang untuk Sungai Bengawan Solo. *Jurnal Geografi*, 71-82.

Wirayuda, A. (2017). Pasang Surut Air Laut Sebagai Metode Penetuan Awal Bulan Islam Menurut Jamaah An-Nadzir Kecamatan Bontomarannu Kabupaten Gowa Perspektif Ilmu Falak dan Oseanografi. *Skripsi.* Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Yasin, H. (2017). Perubahan Garis Pantai Akobat Pengaruh Penggunaan Geobag dengan Aplikasi CEDAS. *Tugas AKhir*. Gowa: Universitas Hasanuddin.

Yulius, E. (2013). Kajian Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan Software Cedas (Coastal Engineering Design Analysis System) (Studi Kasus pada Kawasan Pantai Parupuk Tabing). *Jurnal Bentang*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id