



TUGAS AKHIR (MO 184804)

**STUDI LAJU SEDIMENTASI PLTU PULANG PISAU
AKIBAT MODIFIKASI JETTY DALAM UPAYA
PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI**

**MUHAMMAD ILHAM MAULANA
NRP. 0431164000039**

DOSEN PEMBIMBING:

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D

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

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



FINAL PROJECT (MO 184804)

**STUDY SEDIMENTATION RATE OF PLTU PULANG
PISAU DUE TO JETTY MODIFICATION IN EFFORTS
TO IMPROVE PRODUCTION CAPACITY**

MUHAMMAD ILHAM MAULANA

NRP. 04311640000039

SUPERVISORS:

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D

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

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN
STUDI LAJU SEDIMENTASI PLTU PULANG PISAU AKIBAT
MODIFIKASI JETTY DALAM USAHA PENINGKATAN
KAPASITAS PRODUKSI

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 :

MUHAMMAD ILHAM MAULANA

NRP. 04311640000039

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. (Dosen Pembimbing I)



2. Prof. Ir. Widi Agoes Pratiko, M.Sc., Ph.D. (Dosen Pembimbing II)

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

4. Sholihin, S.T., M.T. (Dosen Penguji II)

Surabaya, Januari 2020

**STUDI LAJU SEDIMENTASI PLTU PULANG PISAU
AKIBAT MODIFIKASI JETTY DALAM UPAYA
PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI**

Nama Mahasiswa : Muhammad Ilham Maulana

NRP : 0431164000039

Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS

Dosen Pembimbing : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

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

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Pulang Pisau merupakan salah satu pembangkit yang difungsikan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di Provinsi Kalimantan Tengah. Dengan menggunakan bahan bakar batu bara sebagai sumber penghasil uap tercatat PLTU Pulang Pisau mempunyai kapasitas hingga 2 x 60 MW. Pertumbuhan penduduk yang begitu besar tidak dapat dihindari dan dipungkiri oleh karena itu PLTU Pulang Pisau dirasa membutuhkan penambahan kapasitas produksi yang dihasilkan. Salah satu alternatif yang dapat diberikan yaitu dengan menambah jumlah kapasitas bahan bakar yaitu batu bara yang mampu diakomodasi. Dengan cara merubah desain jetty *existing* diharapkan kapal dengan kapasitas yang lebih besar dapat bersandar di kolam labuh PLTU Pulang Pisau. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa laju volume sedimen pada jetty kondisi eksisting dan dua jetty alternatif di area aliran sungai PLTU, dimana pemodelan dilakukan dengan menggunakan MIKE21. Hasil pemodelan jetty eksisting menunjukkan volume sedimentasi yang dilinierisasikan selama 12 bulan sebesar 9550.017 m³, sedangkan volume sedimentasi dari jetty alternatif 1 dan 2 yang dihasilkan selama 12 bulan secara berturut-turut adalah 917.444 m³ dan 8616.040 m³. 3. Jetty alternatif kedua merupakan desain yang paling optimal karena memiliki nilai selisih antara kontur dasar sungai dengan draft kapal paling besar yaitu 2.9 m. Desain alternatif ini juga dapat meningkatkan kapasitas batu-bara yang dapat diakomodasi dermaga hingga 10.000 DWT.

Kata Kunci: Kapasitas Produksi, Modifikasi Jetty, Laju Sedimentasi.

**STUDY SEDIMENTATION RATE OF PLTU PULANG PISAU
DUE TO JETTY MODIFICATION IN EFFORTS
TO IMPROVE PRODUCTION CAPACITY**

Student Name : Muhammad Ilham Maulana
Reg. Number : 0431164000039
Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS
Supervisors : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

Pulang Pisau Steam Power Plant (PLTU) is one of the plants that is used to fulfill the electricity needs of the people in Central Kalimantan Province. By using coal as a source of steam producing, the Pulang Pisau PLTU has a capacity of up to 2 x 60 MW. Such a large population growth cannot be avoided and it is therefore denied that the Pulang Pisau PLTU is deemed to require additional production capacity. One alternative that can be given is to increase the amount of fuel capacity, namely coal that can be accommodated. By changing the design of the *existing* jetty, it is expected that ships with larger capacities can lean on the Pulang Pisau power plant pond. In this study, an analysis of sediment volume rate in the *existing* condition jetty and two alternative jetties in the PLTU river basin area, where the modeling is done using MIKE21. The results of the *existing* jetty modeling show the sedimentation volume that was line up for 12 months at 9550.017 m³, while the sedimentation volume of alternative jetty 1 and 2 produced for 12 months respectively were 917.444 m³ dan 8616.040 m³. The second alternative jetty is the most optimal design because it has the value of the difference between the river bed contour and the largest draft boat, which is 2.9 m. This alternative design can also increase the capacity of coal that can be accommodated by the pier up to 10,000 DWT.

Keywords: Production Capacity, Jetty Modification, Sedimentation Rate.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Laju Sedimentasi PLTU Pulang Pisau Akibat Modifikasi Jetty Dalam Upaya Peningkatan Kapasitas Produksi” dengan baik dan tepat waktu.

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 penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Maka dari itu saran dan masukan sangat diharapkan oleh penulis untuk membangun dan menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini. Disusnya Laporan Tugas akhir ini diharapkan juga dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi perkembangan teknologi di bidang rekaya kelautan.

Surabaya, 24 Januari 2020

Muhammad Ilham Maulana

UCAPAN TERIMAKASIH

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

1. Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya yang telah meridhai penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Idil Khoiri dan Mariyah Ulfah yang senantiasa selalu mendoakan, dan memberikan motivasi, serta dukungan secara moral maupun material kepada penulis agar penulis mampu menyelesaikan perkuliahan tahap sarjana serta Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Bapak Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc., selaku dosen wali penulis yang telah membimbing dan memberikan motivasi serta dukungan kepada penulis dari semester 1 hingga selesai disusunnya laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Suntoyo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 1 penulis yang berkenan meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam penyelesaian masa studi dan Tugas Akhir.
5. Bapak Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing penulis dalam pembentukan karakter juga meluangkan waktu untuk memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
6. Keluarga Besar Angkatan 2016 (ADHIWAMASTYA) Teknik Kelautan FTK-ITS atas kebersamaan dalam segala canda, tawa, tangis, susah, dan senang yang telah dilalui bersama dalam masa perkuliahan.
7. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS, serta para dosen dan karyawan Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS yang telah membantu jalannya aktifitas perkuliahan penulis.
8. Seluruh warga Teknik Kelautan FTK-ITS, dan seluruh pihak yang telah membantu.

Tanpa mereka semua Tugas Akhir ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Terimakasih dan mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan penulis selama ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Sungai.....	8
2.2.2 Sedimentasi.....	8

2.2.3 Transport Sedimen	9
2.2.4 Pengendapan (deposition) dan Erosi (erosion).....	13
2.2.5 MIKE21	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Prosedur Penelitian.....	18
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Lokasi Penelitian	21
4.2 Peta Batimetri	21
4.3 Data Angin	23
4.4 Data Iklim & Cuaca.....	24
4.5 Debit Aliran Sungai.....	26
4.6 Data Arus.....	27
4.7 Data Sedimen	28
4.8 Data Pasang Surut	28
4.9 Pemodelan Jetty Eksisting dengan Progam MIKE 21	30
4.9.1 Meshing Lokasi Studi.....	30
4.9.2 <i>Flow Model Module</i>	32
4.9.3 Simulasi Model	34
4.9.4 Validasi Pemodelan	35
4.9.5 Hasil Simulasi Model	40
4.10 Desain Alternatif Jetty	44
4.10.1 Desain Alternatif 1.....	44

4.10.2 Desain Alternatif 2.....	47
4.10.3 Simulasi Model	49
4.10.4 Analisa Hasil Pemodelan	49
4.10.5 Volume Sedimentasi	57
4.10.6 Perbandingan Hasil Volume Sedimentasi	61
4.10.6 Perbandingan Jarak Kontur Dasar Laut dengan Draft Kapal	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN I	
LAMPIRAN II	
LAMPIRAN III	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi PLTU Pulang Pisau 2x60 MW	1
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	18
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian PLTU Pulang Pisau.....	21
Gambar 4.2 Peta Batimetri Sungai PLTU Pulang Pisau	22
Gambar 4.3 Diagram Mawar Angin PLTU Pulang Pisau 2014-2019.....	23
Gambar 4.4 Diagram Mawar Angin PLTU Pulang Pisau Juni 2012	24
Gambar 4.5 Grafik <i>Plotting</i> Intensitas Hujan 2014-2019	25
Gambar 4.6 Grafik <i>Plotting</i> Intensitas Hujan Juni 2012	25
Gambar 4.7 Grafik Regresi Linear Debit Sungai Kahayan.....	26
Gambar 4.8 Lokasi Data Arus yang Digunakan Validasi	27
Gambar 4.9 Data Pasut Sungai Barito 1-30 Juni 2018.....	28
Gambar 4.10 Data Pasut Sungai Barito 1-30 November 2018.....	29
Gambar 4.11 Data Pasut Sungai Barito 1-30 Juni 2012	29
Gambar 4.12 Asumsi Tiang Pancang Yang Digunakan.....	31
Gambar 4.13 Meshing pada Lokasi Studi (Jetty Kondisi Eksisting)	31
Gambar 4.14 Kontur Kedalaman Lokasi Studi Kondisi Eksisting.....	32
Gambar 4.15 Boundary Condition Kondisi Existing	34
Gambar 4.16 Indikator Keakuratan Menggunakan Formula MAPE	36
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus pada Lokasi 1.....	37

Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus pada Lokasi 2.....	37
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus pada Lokasi 3.....	38
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus pada Lokasi 4.....	38
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Pasang Surut Musim Timur 1-30 Juni	40
Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Pasang Surut Musim Barat.....	40
Gambar 4.23 Elevasi Muka Air pemodelan musim timur - <i>Time step</i> 40.....	41
Gambar 4.24 Kecepatan Arus pemodelan musim timur - <i>Time step</i> 40.....	41
Gambar 4.25 Arah Arus pemodelan musim timur - <i>Time step</i> 40.....	42
Gambar 4.26 Elevasi Muka Air pemodelan musim barat - <i>Time step</i> 40.....	42
Gambar 4.27 Kecepatan Arus pemodelan musim Barat - <i>Time step</i> 40.....	43
Gambar 4.28 Arah Arus pemodelan musim barat - <i>Time step</i> 21	43
Gambar 4.29 Kondisi Batas Alternatif 1 Jetty PLTU Pulang Pisau.....	45
Gambar 4.30 Desain Alternatif 1 Jetty PLTU Pulang Pisau	46
Gambar 4.31 Kondisi Batas Alternatif 2 Jetty PLTU Pulang Pisau.....	47
Gambar 4.32 Desain Alternatif 2 Jetty PLTU Pulang Pisau	48
Gambar 4.33 Kecepatan dan Pola Arus Kondisi Existing – <i>Time Step</i> 50.....	50
Gambar 4.34 Kecepatan dan Pola Arus Kondisi Existing – <i>Time Step</i> 50.....	50
Gambar 4.35 Kecepatan dan Pola Arus Kondisi Existing – <i>Time Step</i> 50.....	51
Gambar 4.36 Kontur Bed level pada Jetty Eksisting Awal.....	52
Gambar 4.37 Perubahan Kontur Bed level pada Jetty Eksisting.....	53

Gambar 4.38 Perubahan Kontur Bed level pada Jetty Eksisting.....	53
Gambar 4.39 Kontur Bed level pada Jetty Alternatif 1 Awal	54
Gambar 4.40 Perubahan Kontur Bed level Jetty Alternatif 1 – Musim Timur .	54
Gambar 4.41 Perubahan Kontur Bed level Jetty Alternatif 1 – Musim Barat...	55
Gambar 4.42 Kontur Bed level pada Jetty Alternatif 2 Awal	55
Gambar 4.43 Perubahan Kontur Bed level Jetty Alternatif 2 – Musim Timur .	56
Gambar 4.44 Perubahan Kontur Bed level Jetty Alternatif 2 – Musim Barat...	56
Gambar 4.45 Luasan Yang Ditinjau Dalam Penentuan Volume Sedimen.....	58
Gambar 4.46 3D Surface Kontur Dasar Sungai Jetty Eksisting Musim Timur.	62
Gambar 4.47 3D Surface Kontur Dasar Sungai Jetty Eksisting Musim Barat..	63
Gambar 4.48 3D Kontur Dasar Sungai Jetty Alternatif 1 Musim Timur	63
Gambar 4.49 3D Kontur Dasar Sungai Jetty Alternatif 1 Musim Barat	64
Gambar 4.50 3D Kontur Dasar Sungai Jetty Alternatif 2 Musim Timur	64
Gambar 4.51 3D Kontur Dasar Sungai Jetty Alternatif 2 Musim Barat	65

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Debit Sungai PLTU Pulang Pisau	26
Tabel 4.2 Tabel Data Arus Rata-Rata PLTU Pulang Pisau.....	27
Tabel 4.3 Validasi Arus Pemodelan	39
Tabel 4.4 <i>Grid Volume Report</i> untuk Jetty Existing	58
Tabel 4.5 <i>Grid Volume Report</i> untuk Jetty Alternatif 1	59
Tabel 4.6 <i>Grid Volume Report</i> untuk Jetty Alternatif 2	59
Tabel 4.7 Akumulasi Volume Sedimen untuk Jetty <i>Existing</i>	60
Tabel 4.8 Akumulasi Volume Sedimen untuk Jetty Alternatif 1	60
Tabel 4.9 Akumulasi Volume Sedimen untuk Jetty Alternatif 2	60
Tabel 4.10 Akumulasi Volume Beberapa Kondisi Jetty Dalam 12 Bulan.....	61
Tabel 4.11 Akumulasi Tinggi Sedimen Pada Jetty Kondisi Eksisting.....	62
Tabel 4.12 Akumulasi Tinggi Sedimen Pada Jetty Kondisi Alternatif 1	66
Tabel 4.13 Akumulasi Tinggi Sedimen Pada Jetty Kondisi Alternatif 2	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik adalah salah satu energi yang penting dan dibutuhkan oleh kehidupan manusia. Pertumbuhan penduduk dan ekonomi membuat permintaan pasokan listrik terus meningkat. Demi mencukupi kebutuhan listrik yang semakin meningkat tersebut usaha yang telah dilakukan oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah dengan dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di beberapa lokasi di seluruh wilayah Indonesia. Salah satunya yaitu pembangunan PLTU Pulang Pisau.

PLTU Pulang Pisau merupakan salah satu pembangkit listrik masyarakat di provinsi Kalimantan Tengah yang sangat penting keberadaannya. Terletak di koordinat $2^{\circ}49'15.17''S$ dan $114^{\circ}12'23.41''E$, Desa Buntoi, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Kuala Kapuas, Kalimantan Tengah. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang telah dibangun ini mempunyai kapasitas yaitu 2x60 MW berbahan bakar menggunakan batu bara yang pendistribusiannya didapatkan melalui transportasi air yaitu kapal tongkang/*barge*.



Gambar 1.1 Lokasi PLTU Pulang Pisau 2x60 MW
(Sumber: Google Earth,2018)

Kebutuhan listrik di setiap daerah tiap tahunnya sangat bergantung pada pertumbuhan penduduk oleh karena itu butuh penanganan yang tepat agar dampak buruk dapat dihindarkan dari masyarakat. Seperti halnya di Kalimantan Tengah, penambahan penduduk tidak diimbangi dengan penambahan pembangkit listrik baru yang dapat beroperasi. Sehingga penambahan kapasitas produksi listrik sangat diperlukan demi mencukupi kebutuhan listrik masyarakat setempat. Salah satu alternatif yang ditawarkan yaitu merubah dermaga *existing* dengan cara memodifikasi jetty. Diharapkan dengan memodifikasi jetty *existing* dapat menambah jumlah bahan baku yang dapat diakomodasi sehingga kapal dengan kapasitas yang besar dapat berlabuh di kolam labu PLTU.

Tentunya dalam memodifikasi dermaga harus memperhatikan kedalaman dasar laut dan sarat / *draft* kapal sehingga kapal yang berlabuh dapat bersandar dipelabuhan. Pada umumnya permasalahan yang akan dijumpai dalam memodifikasi dermaga yaitu terkait sedimentasi yang terjadi. Secara sederhana proses sedimentasi disebabkan oleh angin dan air yang bergerak dari suatu tempat ke tempat lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya di suatu tempat secara kontinyu. Proses sedimentasi bergantung pada bentuk pola aliran, morfologi, salinitas dan density, debit, elevasi air, suhu dan faktor lain (Wibowo,2009).

Seperti halnya PLTU Pulang Pisau, dermaga yang akan dimodifikasi juga akan berpotensi terjadinya perubahan struktur dasar tanah di area kolam labu PLTU dalam kurun waktu tertentu. Oleh karena itu penting dilakukannya analisa sedimen untuk mencegah dan meminimalisir proses terjadinya sedimentasi ataupun abrasi. Dalam tugas akhir ini, dengan bantuan perangkat lunak yaitu MIKE21 akan dilakukan pemodelan mengenai laju sedimentasi di daerah PLTU tersebut. Penelitian ini akan membandingkan volume dan selisi antara jarak draft kapal dan kontur dasar tanah pada jetty kondisi *existing* dan dua alternatif desain jetty akibat dari arus dan gelombang yang terjadi. Hasil dari penelitian ini yaitu menentukan desain manakah yang paling sesuai dengan kebutuhan PLTU Pulang Pisau dalam upaya meningkatkan kapasitas produksi dan meminimalisir laju sedimentasi yang terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang diambil dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana laju sedimentasi yang terjadi di Kawasan PLTU Pulang Pisau dalam kondisi *Existing Jetty*?
2. Bagaimana perubahan volume sedimentasi yang terjadi pada beberapa variasi alternatif jetty yang diberikan?
3. Alternatif Jetty manakah yang paling optimal dalam peningkatan kapasitas produksi PLTU Pulang Pisau kaitannya dengan sedimentasi yang terjadi?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir yang ingin dicapai adalah:

1. Mengetahui pola arus dan volume sedimentasi yang terjadi di Kawasan PLTU Pulang Pisau dalam kondisi *Existing Jetty*.
2. Mengetahui perubahan volume sedimentasi yang terjadi pada beberapa variasi alternatif jetty yang diberikan.
3. Mengetahui alternatif Jetty manakah yang paling optimal dalam peningkatan kapasitas produksi PLTU Pulang Pisau kaitannya dengan sedimentasi yang terjadi.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Bagi akademisi (perguruan tinggi)
 - a. Memperoleh informasi mengenai pola arus dan sedimentasi di kawasan PLTU Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah.
 - b. Memperoleh topik permasalahan baru yang dapat dikembangkan dalam pengerjaan tugas akhir dengan bidang *coastal engineering*.
2. Bagi sosial masyarakat (warga sekitar dan pemerintah setempat)

Diharapkan dapat memberikan informasi yang dapat di jadikan referensi berupa model alternatif jetty yang optimal dalam meningkatkan kapasitas produksi kaitannya dengan volume sedimen yang mengendap disekitar kolam labu PLTU Pulang Pisau.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini :

1. Daerah studi hanya di kawasan peta batimetri PLTU Pulang Pisau Kalimantan Tengah.
2. Data lingkungan yang digunakan adalah data sekunder pada tahun 2014-2018 dan untuk validasi digunakan data lingkungan pada tahun 2012.
3. Tidak mempertimbangkan efektifitas penggunaan bahan material konstruksi jetty
4. Studi ini mempertimbangkan masalah teknis dan perubahan morfologi yang terjadi dikawasan PLTU, tidak membahas masalah ekonomi.
5. Tidak membahas detail efektifitas penambahan kapasitas produksi kaitannya dengan besarnya daya yang mampu dihasilkan
6. Dalam pemodelan diasumsikan bahwa poin-poin pada tiang pancang yaitu daratan.
7. Pemodelan pola arus dan sedimentasi menggunakan bantuan *software* MIKE21 dan untuk perhitungan volume menggunakan Surfer 16.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dilakukan dalam tugas ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi acuan yang menjadi dasar dalam analisis berupa dasar-dasar teori dan rumus- rumus yang digunakan dalam penelitian.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang akan dilakukan dalam mengerjakan tugas akhir ini yang digambarkan dalam diagram alir penelitian yang disusun secara sistematis.

4. BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan dilakukan analisa terkait hasil penelitian yang telah dilakukan kemudian diuraikan dalam sebuah paragraf pembahasan hasil dari analisa yang telah dilakukan.

5. BAB V KESIMPULAN

Bab ini akan menjawab rumusan masalah yang telah diajukan pada pendahuluan. Disampaikan dalam beberapa poin-poin penting terkait tujuan dari tugas akhir ini.

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penggerusan tanah dan pengendapan tanah erat kaitannya dengan negara kepulauan. Wilayah Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar dengan panjang garis pantai terpanjang ketiga di dunia. Kondisi geografis inilah yang menjadikan Indonesia rawan akan fenomena penggerusan tanah dan pengendapan tanah (Fahmi,2015). Penggerusan dan pengendapan tanah dapat terjadi pada pesisir pantai atau bantaran sungai. Fenomena penggerusan tanah biasanya disebut erosi dan proses pengendapan tanah biasanya disebut sedimentasi. Kedua fenomena ini sangatlah merugikan bagi ekosistem lingkungan maupun bagi masyarakat. Novrianto (2009), Prakoso (2015), dan Wahyuni (2014) dalam studi kasus yang telah diambil pada tugas akhirnya menjelaskan bahwa sedimentasi dapat menyebabkan kerugian ekonomi dikarenakan pada kasus ini sedimentasi yang terjadi pada pelabuhan dapat menghambat aktifitas perekonomian.

Luhwahyudin (2012) menjelaskan dalam analisisnya, Sedimentasi dapat berdampak pada perubahan garis pantai, dan secara sederhana proses sedimentasi tersebut disebabkan oleh angin dan air yang bergerak dari suatu tempat ke tempat lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya di suatu tempat secara kontinyu. Proses sedimentasi bergantung pada bentuk pola aliran, morfologi, salinitas dan densitas, debit air, fluktuasi muka air, suhu dan beberapa faktor lain (Wibowo,2009).

Permasalahan pengendapan dan penggerusan tanah tentunya sering dijumpai dalam setiap bangunan dermaga tepatnya yaitu pada kolam labuh. Efektifitas bongkar muat kapal akan menurun apabila di dermaga tersebut terdapat volume sedimen yang begitu besar. Salah satunya yaitu di PLTU Pulang Pisau, kaitannya dalam menambah kapasitas produksi maka diperlukan fasilitas dermaga yang baik dan tepat. Memodifikasi struktur jetty *existing* yang berada di kawasan PLTU tersebut satu dari sekian cara yang dapat dilakukan. Kapal dengan DWT besar yang otomatis memiliki sarat yang tinggi akan mampu masuk kolam labuh PLTU. Diharapkan dengan memodifikasi jetty dapat meningkatkan kapasitas bahan baku dan aktifitas lainnya dalam proses bongkar muat kapal. Oleh karena itu modifikasi struktur jetty ini juga diharapkan mampu mengatasi sedimen yang terjadi sehingga tidak mengganggu aktifitas bongkar muat kapal di kawasan PLTU.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sungai

Sungai merupakan alur atau wadah air alami berupa jaringan pengaliran air mulai dari hulu sampai muara di laut dengan dibatasi tebing kanan dan kiri sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan (PP No 38 Tahun 2011). Setiap sungai memiliki kondisi geometri, jenis, dan perilaku dengan segala aspek pembahasannya yang berbeda menyangkut sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling berkaitan. Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk daerah aliran sungai (DAS), kemiringan sungai, pengaruh waktu ke waktu, pergerakan air yang membawa endapan maupun puing-puing (debris), dan pengaruh fenomena alam.

Karakteristik sungai sebagai acuan dalam perencanaan bangunan dan pekerjaan sipil menjadi sangat penting dengan tujuan pemanfaatan air sungai maupun sungainya sendiri seperti perbaikan dan pengaturan sungai, pemanfaatan air sungai untuk berbagai tujuan, pengembangan wilayah sungai, perbaikan, dan pelestarian lingkungan sungai dan navigasi.

Setiap sungai memiliki karakter yang berbeda, maka desain dan metode pelaksanaan pekerjaan mungkin akan berbeda antara sungai yang satu dengan yang lainnya. Demikian pula dalam penanganan perbaikan atau pengembangan sungai, metode yang diterapkan di bagian hulu akan berbeda di bagian hilir, bahkan perbaikan tebing kiri dan tebing kanan dapat berbeda.

2.2.2 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan suatu proses pengendapan material yang dipindah oleh media air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan. Sedimen secara umum sebagai sekumpulan rombakan material (batuan, mineral dan bahan organik) yang mempunyai ukuran butir tertentu. Sedimentasi dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (suspensi) atau mengendapnya material fragmentasi oleh air. Sedimentasi biasanya terjadi pada bagian downstream. Menurut Arbimusa (2016) Sedimentasi merupakan akibat adanya erosi dan memberi banyak dampak yaitu:

- a. Di sungai dapat menyebabkan pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya permukaan air sehingga mengakibatkan banjir.

- b. Di saluran dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan sedimen dari dasar saluran dan sudah tentu diperlukan biaya yang cukup besar untuk pengerukan sedimen tersebut.
- c. Pengendapan sedimen di waduk-waduk akan mengurangi volume efektif.
- d. Di bendung atau pintu-pintu air menyebabkan kesulitan dalam mengoperasikan pintu-pintu tersebut juga karena pembentukan pulau-pulau pasir (sand bars) disebelah hulu bendung atau pintu air akan mengganggu aliran yang melalui bendung dan pintu air. Disisi lain akan terjadi bahaya penggerusan terhadap bagian hilir bangunan.

Sedimentasi dapat pula berasal dari erosi yang berasal pada luar sungai. Sedimen tersangkut oleh aliran sungai pada saat debitnya meningkat dari bagian hulu dan kemudian diendapkan pada alur sungai yang landai atau pada ruas sungai yang melebar. Selanjutnya pada saat debitnya mengecil, maka sedimen yang mengendap tersebut secara berangsur-angsur terbawa hanyut lagi dan dasar sungai akan berangsur turun kembali. Dari beberapa pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa sedimentasi adalah suatu proses pengangkutan, melayangnya atau mengendapnya material fragmental oleh air yang diakibatkan oleh erosi.

Sedimentasi di Pantai timbul karena adanya sedimen yang mengendap secara cepat dan terus menerus sehingga mengakibatkan berubahnya bentuk garis pantai. Sedimen Pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang terbawa oleh aliran sungai dan bermuara di pantai. Oleh karena itu di pantai yang banyak terdapat muara sungainya akan lebih mudah mengalami proses sedimentasi. Selain itu, daerah dengan gelombang yang tidak terlalu besar juga akan mempercepat proses sedimentasi (Triatmodjo, 1999). Mempelajari proses sedimentasi sangat penting untuk mengetahui sifat-sifat dari sedimen itu sendiri. Beberapa sifat sedimen adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk dan kecepatan sedimen, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya. Distribusi ukuran butir adalah yang paling penting. Sedimen pantai diklasifikasikan berdasar ukuran butir menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, coral (pebble), cobble, dan batu (boulder) (Triatmodjo, 1999).

2.2.3 Transport Sedimen

Pergerakan/pola sedimen meliputi pengangkatan (entrainment), transport sedimen dan pengendapan (settling). Ketiga proses ini bekerja pada waktu yang bersamaan dan dapat saling berinteraksi. Laju pergerakan sedimen dapat didefinisikan sebagai konsentrasi sedimen perunit waktu yang melewati sebuah bidang vertikal dengan unit lebar yang tegak

lurus dengan arah aliran (Van Rijn,1993). Transpor sedimen adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen dapat dibedakan menjadi dua, yaitu transport sedimen menuju dan meninggalkan pantai (onshore – offshore transport) yang memiliki arah rata rata tegak lurus pantai dan transport sepanjang pantai (longshore transport) yang memiliki arah rata rata sejajar pantai. Transpor sedimen tegak lurus pantai dapat dilihat pada kemiringan pantai dan bentuk dasar lautnya. Proses transpor sedimen tegak lurus biasanya terjadi pada daerah teluk dan pantai pantai yang memiliki gelombang yang relative tenang (Triatmodjo,1996). Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi pola sedimentasi, yakni:

a. Angin

Angin dapat terjadi jika pada suatu saat terjadi perbedaan tekanan udara pada arah mendatar, maka akan terjadi gerakan perpindahan masa udara dari tempat dengan tekanan udara yang tinggi ke tempat dengan tekanan udara yang rendah. Gerakan arus angin jarang sekali dapat berlangsung dalam keadaan rata atau halus, tetapi umumnya terganggu oleh adanya turbulensi dalam berbagai bentuk dan ukuran yang berkembang dan saling mengganggu dengan arah dan gerakannya. Arah angin adalah arah darimana angin berhembus atau darimana arus angin datang dan dinyatakan dalam derajat yang ditentukan dengan arah perputaran jarum jam dan dimulai dari titik utara bumi dengan kata lain sesuai dengan titik kompas.

Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan air, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus, akhirnya terbentuk gelombang. Data angin yang digunakan untuk peramalan adalah data dipermukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data angin dapat diperoleh dari pencatatan di permukaan laut dengan menggunakan kapal yang sedang berlayar atau pengukuran di darat yang biasanya di bandara. Pengukuran data angin dipermukaan laut adalah yang paling sesuai untuk peramalan gelombang.

b. Pasang Surut

Pasang surut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan air laut yang terjadi secara periodik yang diakibatkan oleh hubungan gravitasional antara matahari, bulan dan bumi. Selain faktor tersebut pasang-surut juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti angin, curah hujan dan iklim, faktor ini juga

menentukan ketinggian tambahan pada permukaan laut dan fluktuasinya sepanjang masa (Pariwono, 1989). Pasang surut memiliki komponen – komponen pembangkit pasang surut serta bersifat periodik, oleh karena itu nilai elevasi pasang surut permukaan air laut pada suatu tempat dapat diramalkan. Peramalan pasang surut bertujuan untuk mengetahui atau memprediksi nilai elevasi pasang surut untuk beberapa tahun kedepan.

Faktor yang menyebabkan terjadinya pasang surut berdasarkan teori kesetimbangan adalah rotasi bumi pada sumbunya, revolusi bulan terhadap matahari, revolusi bumi terhadap matahari. Berdasarkan teori dinamis adalah kedalaman dan luas perairan, pengaruh rotasi bumi (gaya coriolis), dan gesekan dasar. Selain itu juga terdapat beberapa faktor lokal yang dapat mempengaruhi pasut disuatu perairan seperti, topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk, dan sebagainya, sehingga berbagai lokasi memiliki ciri pasang surut yang berlainan (Diposaptono 2007).

Tipe pasang surut ditentukan oleh frekuensi air pasang dan surut setiap harinya. Hal ini disebabkan karena perbedaan respon setiap lokal terhadap gaya pembangkit pasang surut. Sehingga terjadi tipe pasut yang berlainan di sepanjang pesisir. klasifikasi-nya, yaitu:

1. Pasang surut harian tunggal (diurnal tide) yaitu bila dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Biasanya terjadi di laut sekitar katulistiwa. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
2. Pasang surut harian ganda (Semi Diurnal Tide) yaitu bila dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang hampir sama tingginya
3. Pasang surut campuran condong harian tunggal (Mixed Tide Prevailing Diurnal) merupakan pasut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktu.
4. Pasang surut campuran condong harian ganda (Mixed Tide Prevailing Semi Diurnal) merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda.

c. Curah Hujan

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) millimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter (BMKG, 2015).

d. Debit Sungai

Debit sungai juga mempengaruhi sebaran sedimen yang dikeluarkan oleh sungai atau muara tersebut. Besar dan kecilnya debit dipengaruhi oleh luas dan arus di muara atau sungai tersebut.

e. Konsentrasi TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid adalah zat padat yang berada dalam suspensi, menurut ukurannya dibedakan menjadi partikel Koloid dan partikel suspensi biasa. Terjadinya peningkatan konsentrasi TSS akan meningkatkan tingkat kekeruhan pada perairan, setelah itu akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom perairan. Sebaran TSS (Total Suspended Solid) di perairan dipengaruhi oleh pasang surut, angin, arus laut, aktivitas manusia. Debit sungai juga memiliki pengaruh sebagai pemasok material sedimen ke hilir. Asupan material yang terbawa melalui aliran sungai adalah penyebab tingginya konsentrasi TSS, selain itu adanya reklamasi juga memberikan pengaruh kekeruhan (Winnarsih, 2016).

f. Arus

Arus adalah gerakan massa air laut dari suatu tempat ke tempat yang lain, dimana gerakan ini secara mendatar ataupun horizontal yang berupa arus permukaan atau arus dasar, dan dapat juga berupa gerakan massa air secara vertikal dari lapisan air bagian bawah ke lapisan atas atau sebaliknya. Pada arus, terdapat dua gaya yang berperan yaitu gaya primer dan gaya sekunder. Gaya primer berperan untuk menggerakkan arus dan menentukan kecepatannya. Gaya primer terdiri dari gravitasi, gesekan angin (wind stress), gaya dorong keatas dan kebawah (bouyancy), tekanan atmosfer. Sedangkan gaya sekunder mempengaruhi arah gerakan dan kondisi aliran arus, gaya sekunder meliputi gaya Coriolis dan gesekan air laut itu sendiri (Kurniawati, 2017).

2.2.4 Pengendapan (deposition) dan Erosi (erosion)

Pengendapan dan resuspensi sedimen halus selama siklus pasut merupakan karakteristik penting dari transport sedimen kohesif di estuari. Hal tersebut sangat diperlukan dalam memodelkan dinamika sedimen untuk memperoleh informasi secara kuantitatif proses perubahan didasar, yaitu pengendapan dan erosi (Dronkers dan Van Leussen, 1988). Pengendapan merupakan suatu peristiwa dimana material sedimen tersuspensi (partikel, agregat atau floc) jatuh ke dasar perairan dan menjadi sedimen dasar. Pada peristiwa ini arus sudah tidak mampu lagi mengangkat atau mempertahankan partikel sedimen berada dalam kolam air (Aprilia, 2016).

Sedangkan peristiwa tergerus atau terangkatnya sedimen dari dasar perairan ke dalam kolam perairan menjadi sedimen tersuspensi disebut dengan erosi. Kecepatan erosi didefinisikan sebagai jumlah massa sedimen yang tererosi per satuan waktu. Partikel sedimen, gumpalan (flocs) atau bongkahan (lumps) dipermukaan dasar akan tererosi jika tegangan geser dasar yang ditimbulkan oleh arus dan gelombang melebihi tegangan geser kritis erosi. Hal ini tergantung pada karakteristik material dasar (komposisi mineral, material organik, salinitas, densitas, dan lainlain) atau struktur dasar (Van Rijn, 1993).

2.2.5 MIKE21

MIKE21 adalah suatu perangkat lunak atau *software* rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program komputer untuk aliran permukaan dan kolom suatu perairan. MIKE21 terdiri dari beberapa modul, diantaranya adalah sebagai berikut (DHI Mike, 2014):

a. Modul Hidrodinamika

MIKE21 hydrodynamic (HD) module adalah model matematik untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya. Hydrodynamic module mensimulasi perbedaan muka air dan arus dalam menghadapi berbagai fungsi gaya di berbagai lokasi. fasilitas yang termasuk di dalamnya yaitu (DHI Mike, 2014):

- bottom shear stress
- wind shear stress
- barometric pressure
- 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:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots (2.1)$$

Persamaan Momentum Sumbu-X:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

Persamaan Momentum Sumbu-Y:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- xy = koordinat (m).
- t = waktu (s).
- $\partial (x, y, t)$ = elevasi permukaan (m).
- $p, q (x, y, t)$ = densiti fluks dalam arah sumbu x, y.
- $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ = komponen tegangan geser dasar akibat turbulen dan viskositas.

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

$$\tau_{bx} = \rho c_f U \sqrt{U^2 + V^2} \left[1 + \left(\frac{\partial z_b}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z_b}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\tau_{by} = \rho c_f V \sqrt{U^2 + V^2} \left[1 + \left(\frac{\partial z_b}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z_b}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana c_f adalah koefisien gesekan.

b. Modul *Mud transport*

Pada modul *mud transport* ini bertujuan untuk memodelkan transportasi sedimen kohesif. Pada modul ini juga mendeskripsikan erosi, transport, dan endapan dari lumpur, pasir atau campuran lumpur akibat adanya arus dan gelombang. Modul ini dapat diterapkan pada studi kasus teknik seperti:

- studi transportasi sedimen untuk bahan kohesif halus atau campuran pasir / lumpur di muara dan daerah pesisir dimana aspek lingkungan dilibatkan dan degradasi kualitas air dapat terjadi.
- Lumpur di pelabuhan, navigasi jalur pelayaran, kanal, sungai, dan waduk.
- Studi pengerukan

Persamaan yang digunakan dalam modul *Mud transport*

Van Rijn (1984) menghasilkan rumusan tentang perhitungan sedimen dasar dan sedimen layang yang digunakan dalam *software* ini yaitu:

$$q_t = q_b + q_s \dots\dots\dots (2.6)$$

Perhitungan sedimen dasar dirumuskan sebagai berikut:

$$q_b = 0.053 (s-1)^{0.5} g^{0.5} d_{50}^{1.5} D^{*-0.3} T^{2.1} \dots\dots\dots (2.7)$$

persamaan ini digunakan untuk sedimen dengan ukuran partikel 200 - 2000 μm .

$$D * = \left[(s - 1) \frac{g}{v^2} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan:

q_b = sedimen dasar (m^2/s)

T = dimensionless density untuk material dasar

s = relative density untuk material dasar

D^* = parameter dimensi partikel

h = percepatan gravitasi (m^2/s)

ν = koefisien viskositas kinematik (m^3/s)

d_{50} = diameter partikel dengan

Perhitungan sedimen layang dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{q_{s,c}}{\bar{u}h} = 0.012 \left(\frac{\bar{u} - \bar{u}_{cr}}{(s-1)g (d_{50})^{0.5}} \right)^{2.4} \left(\frac{d_{50}}{h} \right) \left(\frac{1}{D^*} \right)^{0.6} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\bar{u}_{cr} = (d_{50})^{0.6} \log \left(\frac{12h}{3d_{90}} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan:

$q_{s,c}$ = sedimen layang (m^2/s)

D^* = parameter dimensi partikel

g = percepatan gravitasi (m^2/s)

\bar{u} = kecepatan kedalaman rata-rata

h = kedalaman air (m)

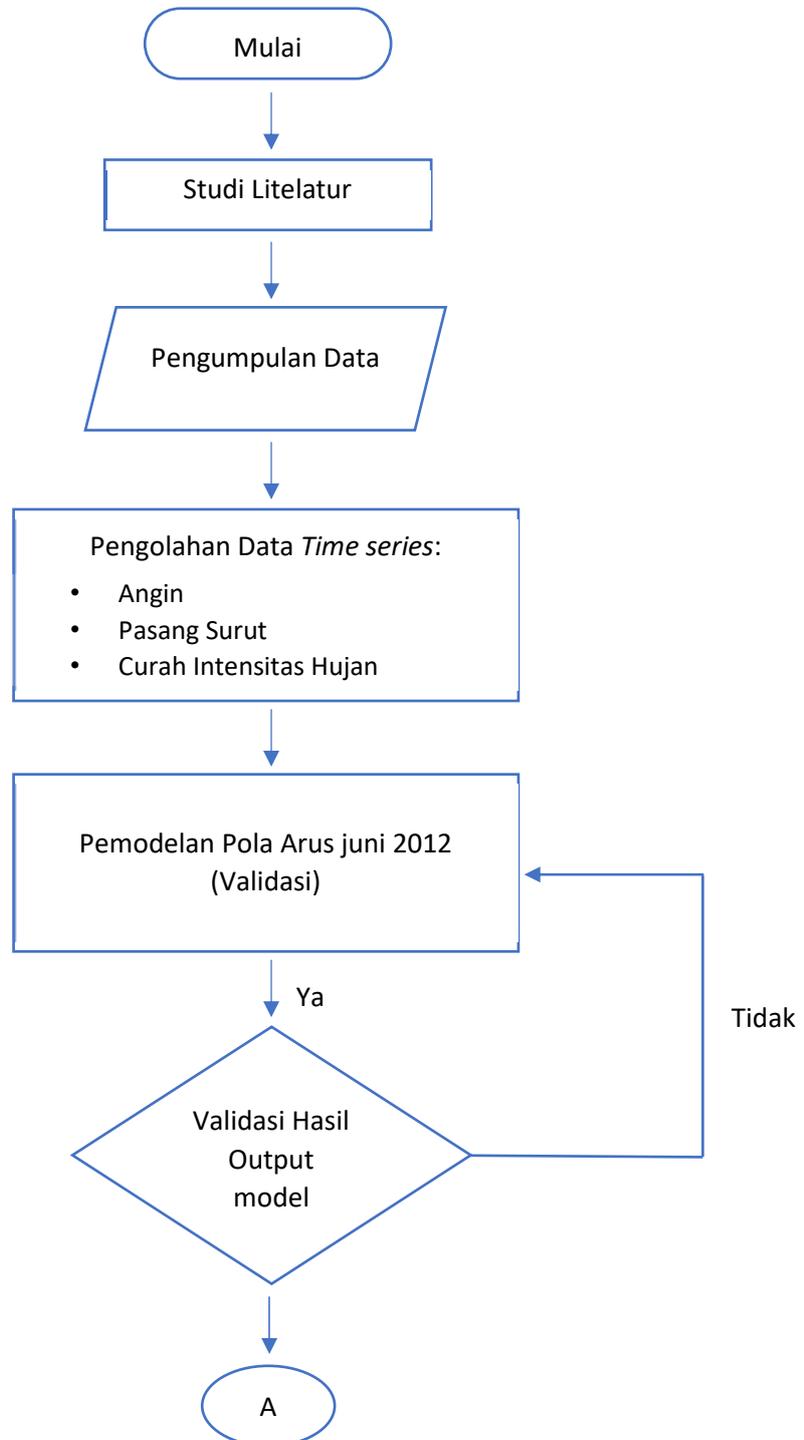
\bar{u}_{cr} = kecepatan kritis kedalaman rata-rata

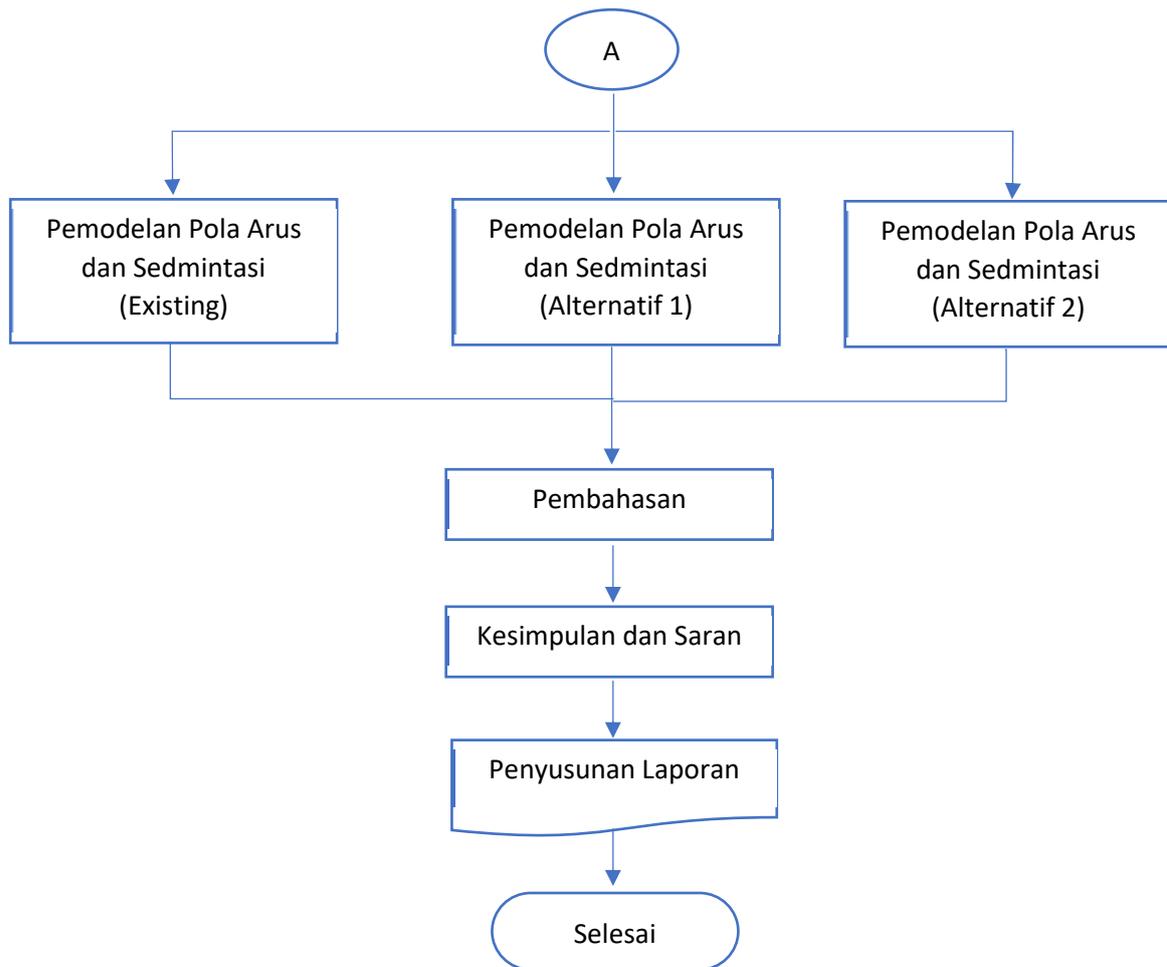
d_{50} = diameter partikel

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan gambar diagram alir dari metodologi penelitian:





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian dalam diagram alir diatas dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh referensi yang berkaitan dengan topik pembahasan sehingga dalam pengerjaan tugas akhir dapat mempunyai pandangan sebelum melakukan analisa. Studi literatur dapat di peroleh dari buku, jurnal maupun internet yang berkaitan dengan sedimentasi. Selain itu *software* Mike21 juga di pelajari untuk melakukan permodelan di tempat studi.

3.2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam tugas ini yaitu data sekunder berupa:

- a. Peta Batimetri
- b. Data Angin
- c. Data Tanah
- d. Data Curah Hujan
- e. Data Pasang Surut
- f. Data Kecepatan Arus

3.2.3 Pengolahan Data

Data yang telah di peroleh di olah terlebih dahulu sebelum nantinya di *inputkan* dalam *software* Mike21. Data yang harus di olah menjadi *Time series* yaitu seperti data angin, data iklim dan cuaca, data pasang-surut. Data tersebut dimasukkan kedalam paramater pemodelan menggunakan MIKE21.

3.2.4 Pemodelan dengan *Software* Mike21

Dalam pemodelan dibutuhkan simulasi (domain) yang menunjukkan daerah yang dihitung dan batasan daerah hitungan untuk dimasukan dalam *Software* MIKE21. Kemudian *menginput* parameter yang ditentukan dan menentukan jumlah *time step* simulasi yang akan dimodelkan.

3.2.5 Validasi

Validasi dilakukan untuk mencocokkan hasil output dari permodelan dengan data pasang surut. Tujuan dari validasi ini yaitu agar mmengetahui berapa nilai *error* yang terjadi ketika dilakukan pemodelan. Setelah valid tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi aliran dan simulasi sedimen.

3.2.6 Pembahasan

Dalam pembahasan akan dilakukan beberapa analisa yaitu perbandingan output running *software* mike21 berupa volume sedimentasi yang terjadi antara jetty kondisi *existing* dan juga dari dua opsi jetty modifikasi. Juga dilakukan analisa dari kedua desain modifikasi, yaitu desain manakah yang paling tepat dan optimal untuk mengatasi sedimentasi kaitannya dalam peningkatan kapasitas produksi.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan berdasarkan pada rumusan masalah yang telah dibuat dan pemberian saran dilakukan agar penelitian selanjutnya dapat dilakukan lebih baik dari penelitian sebelumnya.

3.2.8 Penyusunan Laporan

Melakukan penyusunan laporan secara keseluruhan.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

PLTU Pulang Pisau Terletak di koordinat $2^{\circ}49'15.17''S$ dan $114^{\circ}12'23.41''E$, Desa Buntoi, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Kuala Kapuas, Kalimantan Tengah. Lokasi penelitian Tugas Akhir ditampilkan pada gambar dibawah diperoleh dengan mengutip citra satelit dari Google Earth pada tahun 2019. Dimana wilayah pengamatan merupakan muara Sungai yang berada di kawasan Jl. Tingang Menteng, Mintin, Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah 74873.

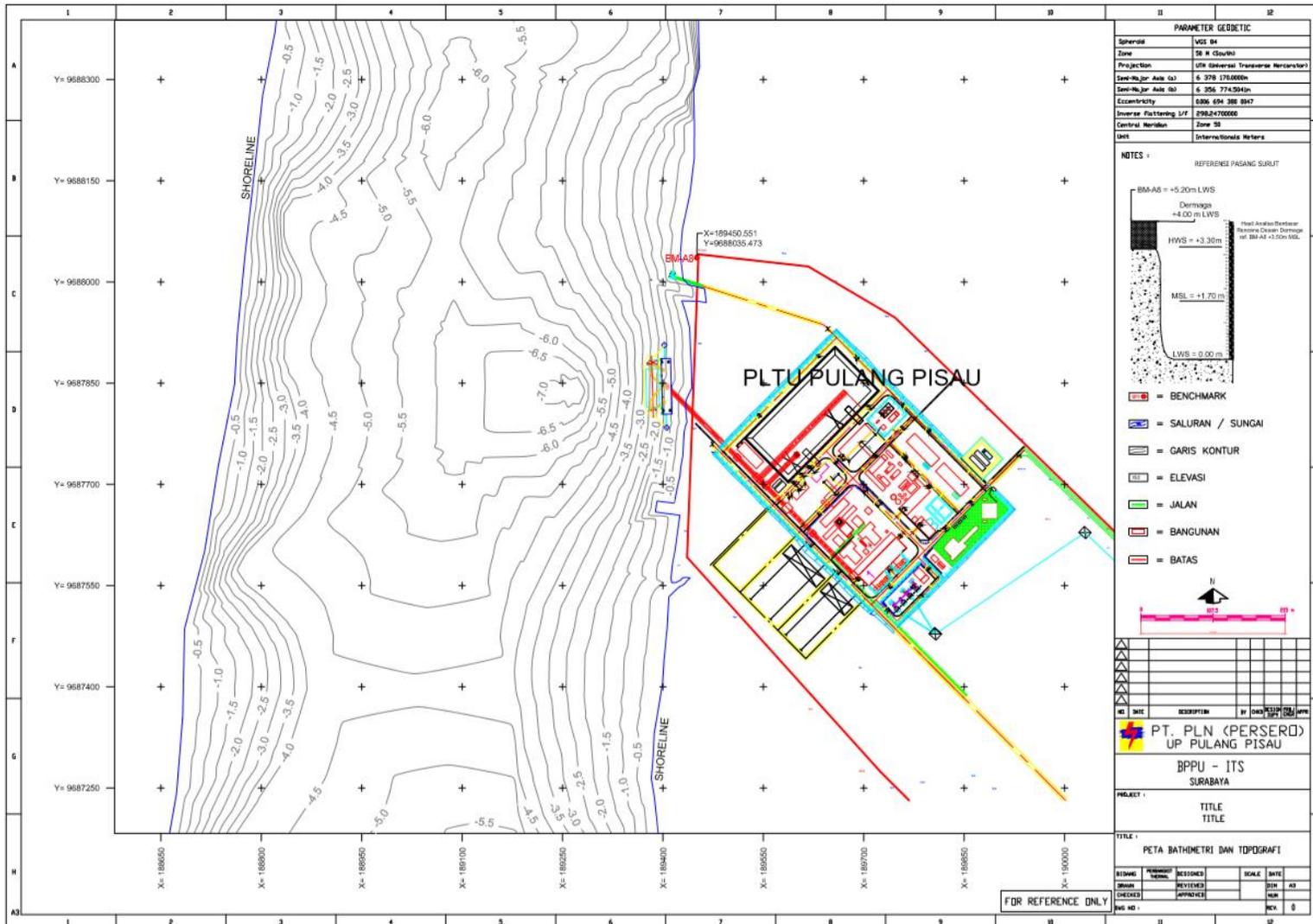


Gambar 4.1 Lokasi Penelitian PLTU Pulang Pisau

(Sumber : Google Maps 2019)

4.2 Peta Batimetri

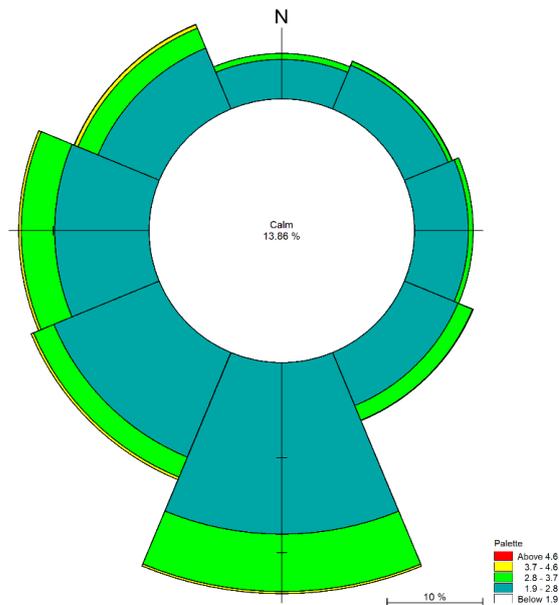
Peta batimetri yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini berasal dari data sekunder yang merupakan peta topografi batimetri bulan September 2019. Peta batimetri hasil pengukuran akan disajikan dengan skala 1:749 m (A3), dengan interval kontur 0.5 meter. Berdasarkan peta batimetri tersebut, diketahui kedalaman perairan pada area dermaga kapal pengangkut batu bara mencapai kedalaman ± 1.5 meter. Data batimetri ini digunakan sebagai *input* meshing kontur layout jetty pada saat pemodelan.



Gambar 4.2 Peta Batimetri Sungai PLTU Pulang Pisau

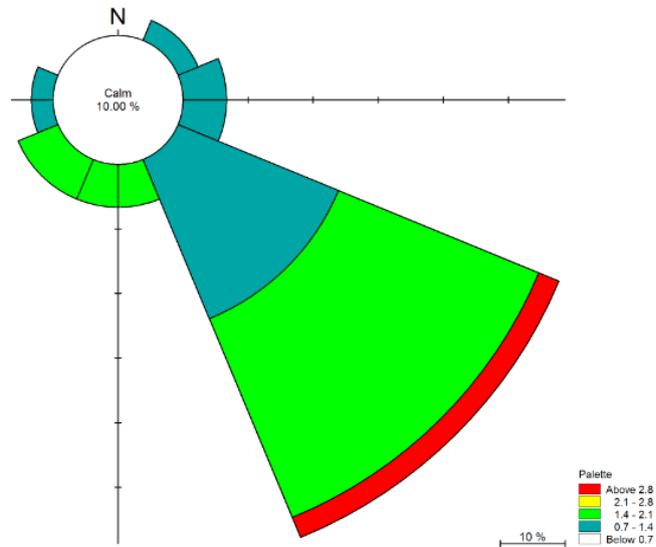
4.3 Data Angin

Salah satu faktor yang pola arus adalah faktor angin. Dalam program MIKE21, data angin berperan dalam *input data wind forcing* yang terdapat pada modul hidrodinamika. Selain mempengaruhi pola pergerakan arus, angin juga mempengaruhi pembangkitan gelombang jika daerah tersebut dipengaruhi gelombang, sehingga nantinya angin ini juga akan berpengaruh terhadap pola pergerakan dari transpor sedimen yang dipengaruhi oleh arus dan gelombang. Adapun data angin yang diperoleh dari data sekunder adalah data angin selama 5 tahun dari tanggal 01 Januari 2014 hingga 30 September 2019 berasal dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Di Stasiun Tjilik Riwut. Dalam data angin yang digunakan adalah data rata-rata harian mempunyai time interval yaitu pada setiap 24 jam.



Gambar 4.3 Diagram Mawar Angin PLTU Pulang Pisau 2014-2019

Berdasarkan pada gambar diketahui kecepatan dan arah angin di PLTU Pulang Pisau pada tahun 2014-2019. Arah angin dominan yaitu pada arah Selatan dengan frekuensi $\pm 26\%$. Kemudian frekuensi angin terkecil yaitu pada arah utara dengan nilai kurang lebih $\pm 6\%$. Kecepatan angin rata-rata antara 2014 - 2019 yakni 2.06 m/s.

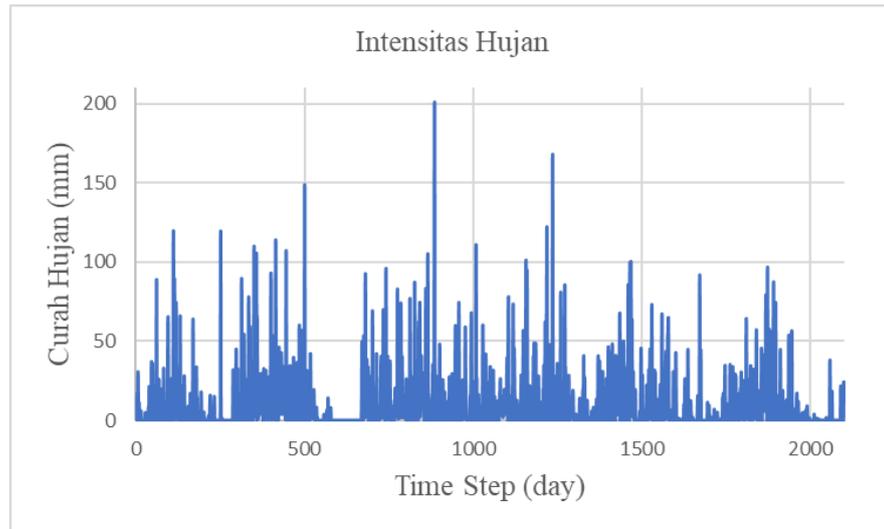


Gambar 4.4 Diagram Mawar Angin PLTU Pulang Pisau Juni 2012

Data angin pada bulan Juni 2012 juga dibutuhkan dalam proses validasi data arus karena nilai arus yang diperoleh berdasarkan data sekunder pada tanggal 14-18 Juni tahun 2012. Berdasarkan diagram pada bulan Juni 2012 dapat diketahui Arah angin dominan yaitu pada arah tenggara yang memiliki frekuensi $\pm 58\%$. Kecepatan angin rata-rata pada bulan juni 2012 yakni 1.43 m/s.

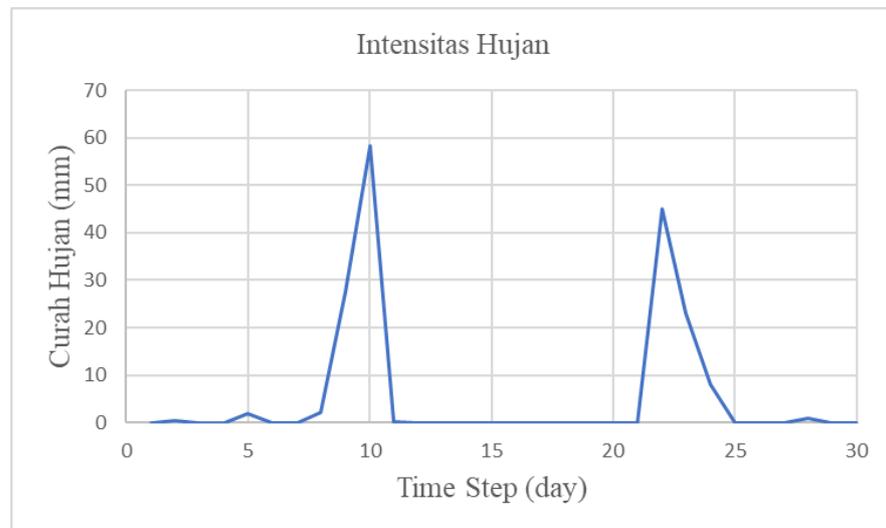
4.4 Data Iklim & Cuaca

Iklim dan cuaca dapat mempengaruhi elevasi muka air sungai yang ditinjau sehingga parameter Iklim dan cuaca ikut dipertimbangkan dalam analisa pemodelan menggunakan *software* MIKE21. Data iklim & cuaca yang digunakan yaitu data intensitas hujan pada daerah yang ditinjau. Data yang diperoleh adalah dari data sekunder selama 5 tahun dari tanggal 01 Januari 2014 hingga tahun 30 September 2019 berasal dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Di Stasiun Tjilik Riwut. Interval pada data intensitas hujan adalah 24 jam yaitu data rata-rata intensitas hujan harian.



Gambar 4.5 Grafik *Plotting* Intensitas Hujan 2014-2019

Berdasarkan pada gambar grafik diketahui Intensitas hujan rata-rata adalah 9.32 mm. Juga diketahui perkenaan intensitas hujan maksimum terjadi pada 04 Juni 2016 dengan curah hujan sebesar 200 mm.



Gambar 4.6 Grafik *Plotting* Intensitas Hujan Juni 2012

Data curah hujan bulan Juni tahun 2012 juga dibutuhkan untuk validasi pola arus yang didapatkan dalam penelitian. Berdasarkan pada gambar grafik diketahui intensitas hujan rata-rata Juli 2012 adalah 4.55 mm. Juga diketahui perkenaan intensitas hujan maksimum terjadi pada 10 Juni 2012 dengan curah hujan sebesar 58.4 mm.

4.5 Debit Aliran Sungai

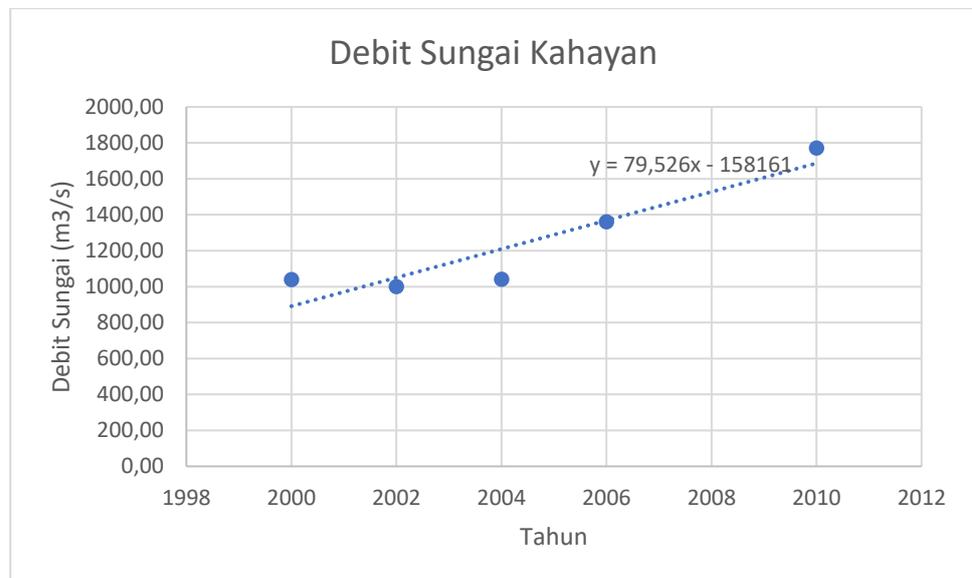
Debit merupakan satuan volume persatuan waktu dengan kata lain yaitu volume aliran sungai yang mampu mengalir dalam tiap satuan waktu. Debit sungai dapat berpengaruh dalam menentukan berapa besar sedimen yang terangkut dalam aliran sungai tersebut.

Tabel 4.1 Debit Sungai PLTU Pulang Pisau

Sumber : BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika)

Muara	Tahun				
	2000	2002	2004	2006	2010
	(m ³ /s)				
Sungai Kahayan	1037.71	998.55	1040	1359	1770

Pemodelan yang dilakukan yaitu pada tahun 2018 bulan Juni dan November. Oleh karena keterbatasan data yang tersedia maka dengan menggunakan metode regresi linear akan diketahui berapa debit sungai kahayan pada tahun 2018.

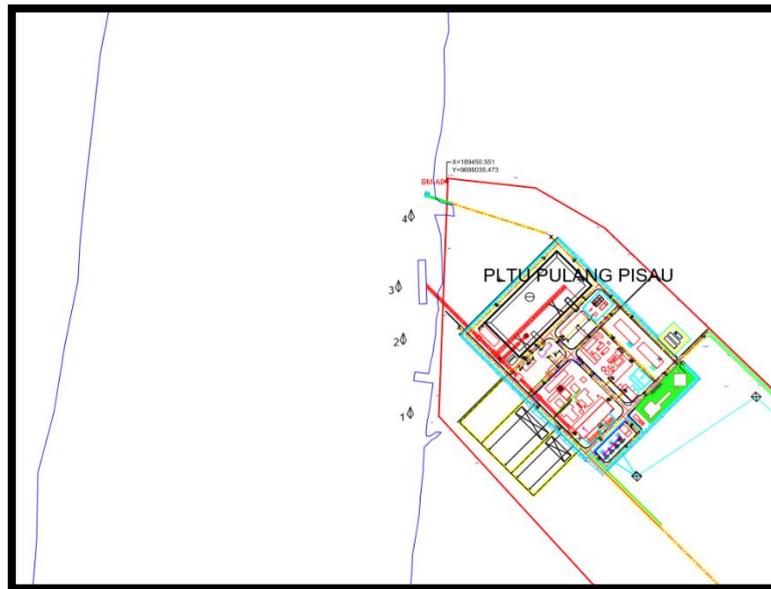


Gambar 4.7 Grafik Regresi Linear Debit Sungai Kahayan

Dengan memasukkan nilai variabel x pada persamaan hasil regresi linear, maka didapatkan debit sungai pada tahun 2018 yaitu 2322.47 m³/s. Kemudian data debit tersebut digunakan untuk *input* pemodelan menggunakan MIKE21.

4.6 Data Arus

Data arus yang diperoleh berasal dari data sekunder, menunjukkan jika pengambilan data arus dilakukan pada empat titik lokasi di bantaran Sungai Kahayan pada tahun 2012 dan dilakukan selama 4 hari yaitu 14-17 Juni. Keempat titik tersebut berada di sekitar area sungai PLTU Pulang Pisau. Data ini nantinya digunakan untuk validasi hasil pemodelan.



Gambar 4.8 Lokasi Data Arus yang Digunakan Validasi

Tabel 4.2 Tabel Data Arus Sungai Kahayan

Sumber : (Setyawan,2012)

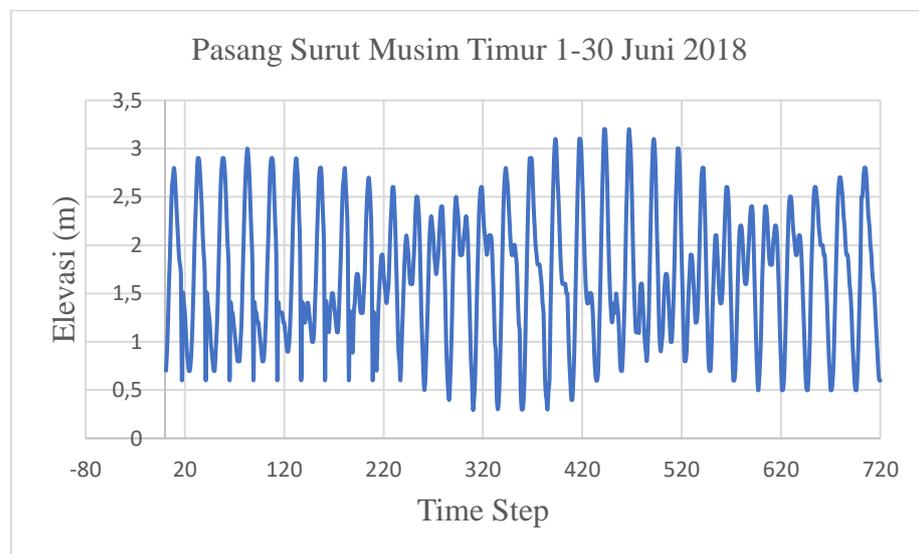
Lokasi	Koordinat	Waktu	Tanggal	Kecepatan Arus (m/s)
Titik 1	x = 189357.84	09.00	14 Juni	0.54
	y = 9687610.82	12.00	14 Juni	0.52
		15.00	14 Juni	0.44
Titik 2	x = 189361.4	09.00	15 Juni	0.57
	y = 9687733.19	12.00	15 Juni	0.56
		15.00	15 Juni	0.55
Titik 3	x = 189359.79	09.00	16 Juni	0.38
	y = 9687823.35	12.00	16 Juni	0.39
		15.00	16 Juni	0.39
Titik 4	x = 189392.33	09.00	17 Juni	0.61
	y = 9687965.04	12.00	17 Juni	0.55
		15.00	17 Juni	0.48

4.7 Data Sedimen

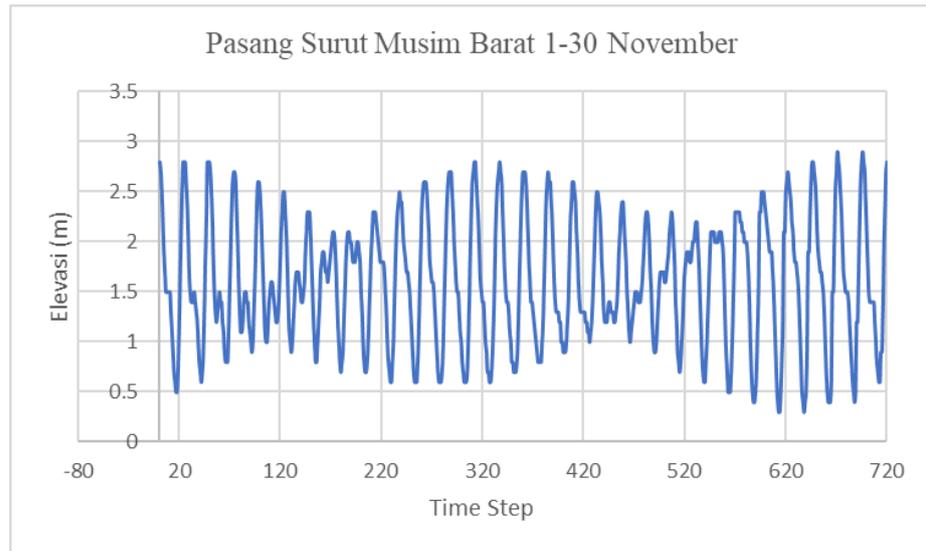
Dalam melakukan pemodelan sedimen dengan program MIKE21, data sedimen dimasukkan dalam *input* data analisa sedimentasi pada daerah pemodelan *Mud Transport*. Data sedimen meliputi ukuran diameter butiran rata-rata dan jenis tanah. Data sedimen diketahui melalui uji tes data tanah yang dilakukan oleh PT. Kalimantan Soil Engineering pada 4 titik lokasi pengeboran. Dari keempat lokasi didapatkan diameter rata-rata butiran (D_{50}) adalah < 0.075 mm dan jenis tanah yaitu *Silt High plasticity* (Lanau).

4.8 Data Pasang Surut

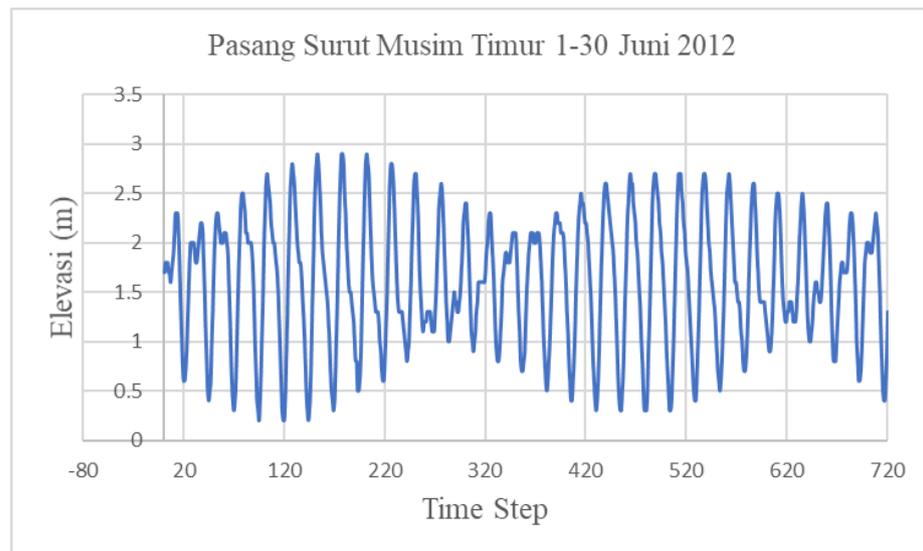
Dalam tugas akhir ini, data pasang surut yang digunakan berasal dari Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia Tahun 2018 dan 2012 (Validasi) yang dikeluarkan oleh Dinas Hidro-Oseanografi (Dishidros) TNI AL. Data pasang surut yang digunakan adalah data pasang surut yang mengacu pada daerah muara sungai barito pada tanggal 1-30 Juni (untuk musim timur) dan 1-30 November (untuk musim barat).



Gambar 4.9 Data Pasut Sungai Barito 1-30 Juni 2018



Gambar 4.10 Data Pasut Sungai Barito 1-30 November 2018



Gambar 4.11 Data Pasut Sungai Barito 1-30 Juni 2012

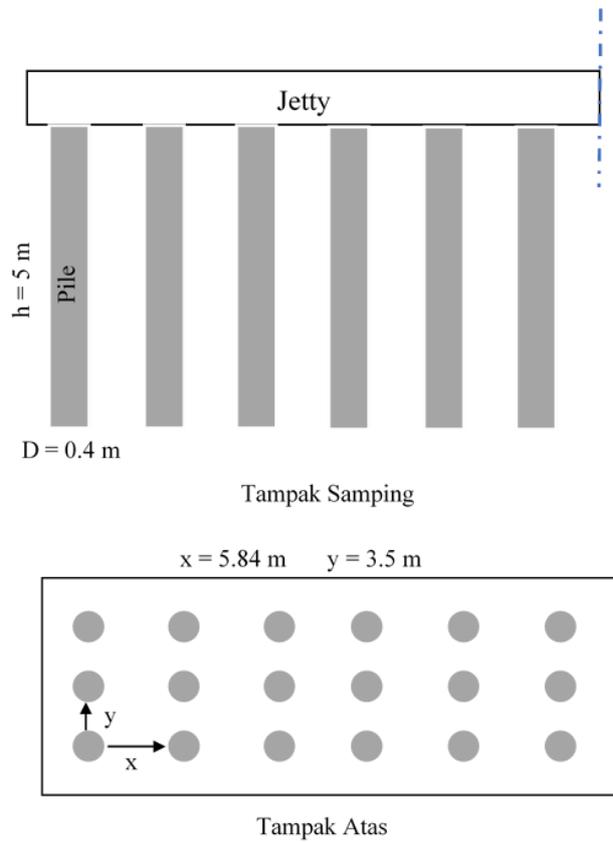
Berdasarkan tiga grafik pasang surut diatas, dapat diketahui jika daerah perairan tersebut memiliki tipe pasang-surut semidiurnal pada bulan Juni dan November. Data pasang surut ini akan digunakan sebagai *input* data boundary condition dalam modul hidrodinamika dan *mud transport* program MIKE21 untuk memperoleh model pola arus serta sedimentasi yang terjadi.

4.9 Pemodelan Jetty Eksisting dengan Program MIKE21

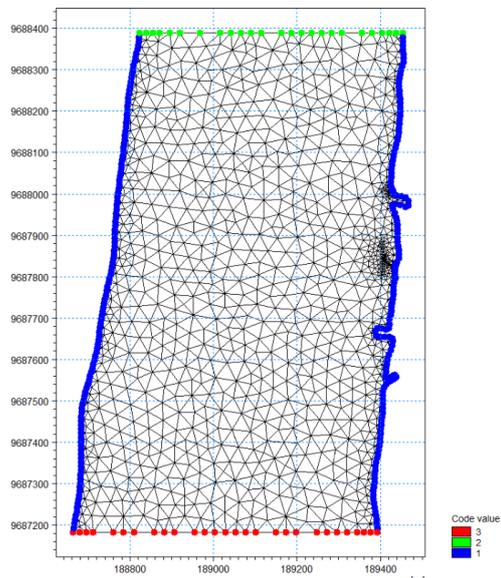
Secara garis besar pemodelan dengan menggunakan program MIKE21 pada tugas akhir ini dibagi menjadi tiga tahapan. Tahapan tersebut antara lain adalah meshing dengan menggunakan program *mesh generator* (.mdf), *input* data dengan memasukkan data melalui bantuan program *Time series* (.dfs0), dan simulasi hidrodinamika serta simulasi sedimen dalam modul *Flow Model FM* (.m21fm).

4.9.1 Meshing Lokasi Studi

Dalam pemodelan hidrodinamika dapat diselesaikan apabila telah melakukan pembuatan model geometri berupa peta kontur batimetri pada daerah lokasi studi dalam bentuk Autocad dan sudah dalam satuan dan koordinat aslinya Universal Transverse Mercator (UTM). Letak lokasi studi dalam koordinat UTM adalah pada zona 50S. Kemudian data peta batimetri yang telah diperoleh digunakan untuk membuat model geometri kondisi *existing* dalam *software* Mike21. Namun peta batimetri tersebut diubah terlebih dahulu menjadi file berekstensi (*.dxf format tahun 2000) pada program Autocad. Setelah diubah menjadi *file* berekstensi (*.dxf) kemudian peta batimetri tersebut didigitasi untuk mendapatkan koordinat X, Y, dan Z. Agar mempercepat maka digunakan *software* DWG to XYZ. Exe untuk dilakukan *exporting* pada aplikasi tersebut output dari aplikasi tersebut adalah XYZ file yang langsung bisa *diinputkan* kedalam *software* MIKE21. Data yang dimasukkan ke dalam *software* Mike21 adalah file *xyz Boundary Condition* dan *Scatter Data Batimetri*. Dalam pembuatan meshing diasumsikan *pile* merupakan poin-poin berupa daratan dengan spesifikasi seperti gambar 4.12. Kemudian pembuatan meshing dan penentuan boundary condition di sungai kawasan PLTU Pulang Pisau pada kondisi eksisting dapat dilihat dalam gambar 4.13 dibawah ini.

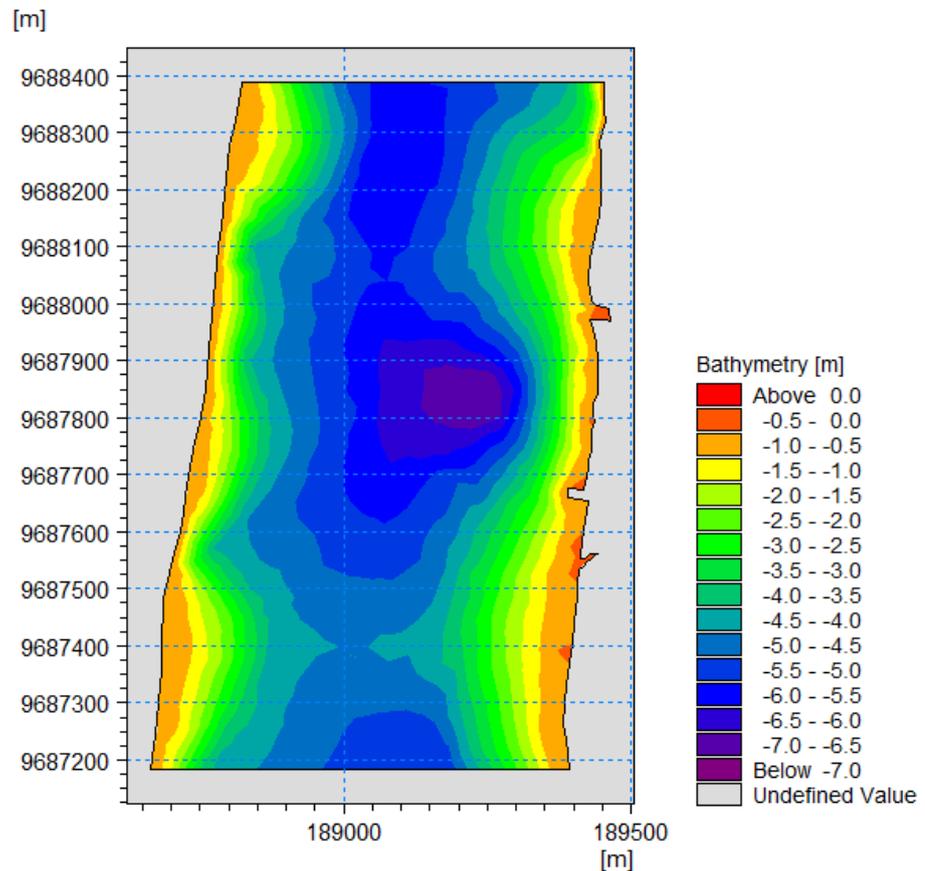


Gambar 4.12 Asumsi Tiang Pancang Yang Digunakan



Gambar 4.13 Meshing pada Lokasi Studi (Jetty Kondisi Eksisting)

Dalam gambar 4.13 *code value* merupakan kondisi batas dalam pemodelan yang akan dilakukan. Kondisi batas yang diberikan pada peta batimetri disesuaikan dengan lokasi yang ingin dikaji pola arus dan sedimentasinya. Selain menentukan kondisi batas pada area studi Mesh generator juga melakukan interpolasi untuk menentukan kontur batimetri disetiap area yang akan ditinjau (gambar 4.14). Hasil keluaran dari program pemodelan Mesh Generator adalah berupa file geometri dengan ekstensi (*.mesh) yang digunakan sebagai domain yang dibutuhkan oleh *Flow Model Module* (.m21fm) untuk melakukan simulasi hidrodinamika dan sedimentasi yang terjadi.



Gambar 4.14 Kontur Kedalaman Lokasi Studi Kondisi Eksisting

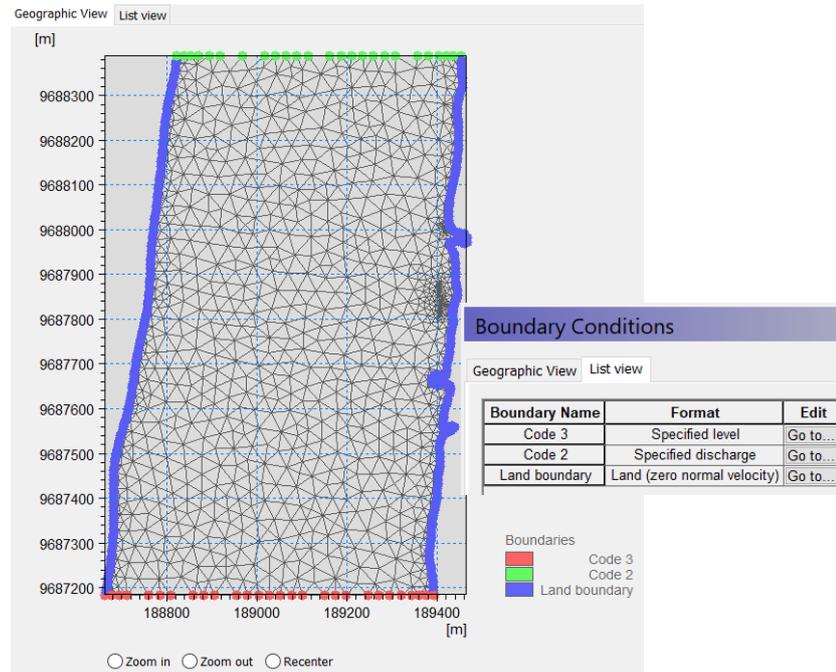
4.9.2 *Flow Model Module*

Dalam modul *Flow Model* (.m21fm) terdiri dari beberapa operasi numerik untuk menentukan dan menyelesaikan berbagai permasalahan, diantaranya yaitu analisa pola arus (Hidrodinamik) dan sedimen

transport (*Mud transport*). Dalam pemodelan ini tidak digunakan modul spektral gelombang karena pada aliran sungai pergerakan sedimen minim dipengaruhi oleh gelombang. Pemrosesan simulasi yang dilakukan membutuhkan masukan/*input* data sesuai dengan parameter yang diinginkan atau dibutuhkan. Tugas akhir ini menggunakan data *input* yaitu berupa data angin, data sedimen, data intensitas hujan serta data pasang surut yang dijadikan sebagai kondisi batas lingkungan dan dimasukkan kedalam pilihan *input* parameter yang tersedia.

Pada modul *Flow Model* terdapat beberapa pilihan opsi untuk analisa numerik berupa pemodelan yang akan diselesaikan. Dalam modul hidrodinamik akan tersedia beberapa parameter yang harus diisi sesuai dengan kondisi lingkungan. Parameter *Wind Forcing* merupakan parameter angin yang nantinya akan diisi dengan data angin yang telah tersedia. *Precipitation* dan *evaporation* merupakan parameter intensitas hujan dalam satuan mm/day yang nantinya akan dimasukkan data intensitas hujan. Kemudian *Boundary Condition* pada masing-masing garis pembatas yang menunjukkan daerah yang akan dianalisa. Terdapat 3 kode (Gambar 4.15) yang diberikan dalam *Boundary condition layout* pada daerah lokasi studi:

- a. Code 1 yaitu sebagai *Land Boundary* yaitu menunjukkan bahwa garis tersebut merupakan pembatas daratan pada daerah studi yang ditinjau.
- b. Code 2 yaitu batasan atas (masuknya aliran) terdapat beberapa opsi batasan lingkungan yang tersedia. Salah satu opsinya yaitu *Spesified Discharge* yaitu debit aliran sungai yang mengalir.
- c. Code 3 yaitu batasan bawah (keluarnya aliran) terdapat beberapa opsi batasan lingkungan yang tersedia. Salah satu opsinya yaitu *Spesified Level* yaitu kondisi pasang surut aliran tersebut.



Gambar 4.15 Boundary Condition Kondisi *Existing*

Dalam modul sedimen transport terdapat dua opsi yaitu *Sand Transport* atau *Mud transport*. Butiran rata-rata sedimen mempengaruhi jenis modul mana yang akan digunakan. Ada tiga kelompok populasi sedimen yaitu *gravel* (kerikil) terdiri dari partikel tunggal seperti *boulder*, *cobble* dan *pebble*; *sand* (pasir) terdiri dari pasir sangat kasar, kasar, medium, halus dan sangat halus; serta *mud* (lumpur) terdiri dari *clay* dan *slit*. Ukuran butir partikel sedimen adalah salah satu faktor yang mengontrol proses pengendapan sedimen di perairan, semakin kecil ukuran butir semakin lama partikel tersebut dalam kolom air dan semakin jauh diendapkan dari sumbernya, begitu juga sebaliknya. Karena hasil pengujian tanah didapatkan bahwa tanah pada daerah studi sebagian besar merupakan tanah lanau/silt oleh karena itu *Mud transport* dalam pemodelan sedimen transport.

4.9.3 Simulasi Model

Analisa pemodelan dalam tugas akhir ini mengambil sampel pemodelan musim timur dan musim barat, masing-masing musim dilakukan simulasi pemodelan 30 hari. Untuk Musim timur dimulai pada tanggal 01 Juni 2018 pukul 00.00 dan diakhiri pada tanggal 30

Juni 2018 pukul 00.00, sedangkan untuk Musim barat dimulai pada tanggal 01 November 2018 pukul 00.00 dan diakhiri pada tanggal 30 November 2018 pukul 00.00. Interval waktu tiap *time step* diambil 3600 detik atau tiap 1 jam sehingga simulasi dilakukan sebanyak 719 *time step*. Namun untuk validasi kecepatan arus dilakukan pemodelan lagi pada tanggal 1-30 Juni 2012 dengan interval 1 jam.

4.9.4 Validasi Pemodelan

Setelah dilakukan simulasi pemodelan, agar pemodelan dirasa mampu mewakili kondisi lingkungan sebenarnya maka 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 pemodelan yang telah dilakukan menggunakan *software* Mike21. Elemen kecepatan arus dan elevasi muka air yang berguna untuk validasi data, dapat diketahui dengan menggunakan program data extraction (.dxfm). dengan cara menginput koordinat titik yang akan ditinjau, kemudian data arus dan pasang surut akan keluar sesuai dengan *time step* yang telah ditetapkan. Adapun titik lokasi yang divalidasi kecepatannya meliputi empat titik lokasi yang didapatkan dari data sekunder di sekitar PLTU.

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. X = 189377.84 | 3. X = 189359.79 |
| Y = 9687610.82 | Y = 9687823.35 |
| 2. X = 189361.4 | 4. X = 189372.33 |
| Y = 9687733.19 | Y = 9687965.04 |

Formula keakuratan dibutuhkan dalam validasi pola arus dan pasang surut tujuannya yaitu agar margin *error* yang terjadi dapat dikontrol dan dapat diterima.. Dalam hal ini formula MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan RMSE (*Root Mean Square Error*) digunakan dalam tugas akhir ini. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian, merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut.

Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata. Dengan menggunakan rumus dibawah ini didapatkan persentase *error* kecepatan arus rata-rata antara data sekunder dengan hasil pemodelan.

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum \frac{|\text{Actual} - \text{Forecast}|}{|\text{Actual}|} \right) \times 100\%$$

- Dimana : n = Jumlah data
 Actual = Nilai aktual pada saat periode t
 Forecast = Nilai forecast/pemodelan pada periode t

Formula MAPE mempunyai rentang klasifikasi yaitu indikasi keakuratan data pemodelan menggunakan hasil presentasi *error* yang didapatkan dari formula tersebut (Gambar 4.16).

<i>MAPE</i>	Forecasting power
<10%	Highly accurate forecasting
10%~20%	Good forecasting
20%~50%	Reasonable forecasting
>50%	Weak and inaccurate forecasting

Source: Lewis (1982)

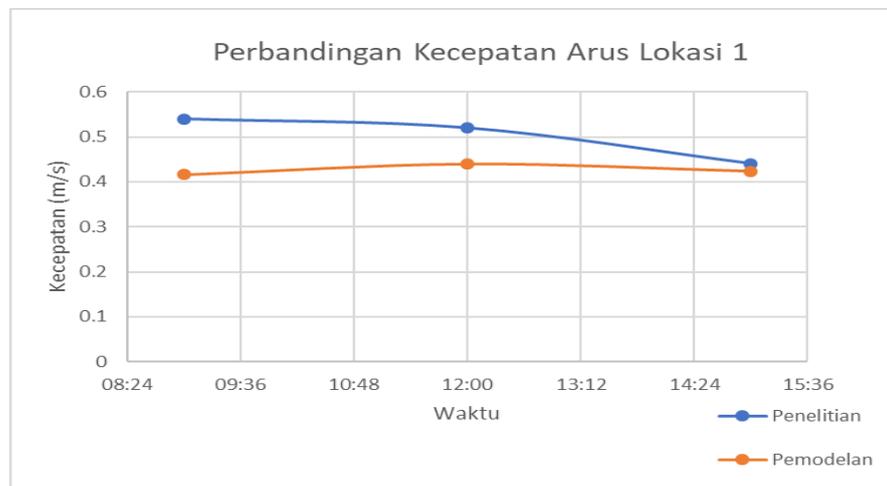
Gambar 4.16 Indikator Keakuratan Menggunakan Formula MAPE

Untuk mengetahui seberapa besar nilai *error* yang terjadi maka diperlukan formula simpangan *error* yaitu *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Formula yang digunakan yaitu :

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum (\text{Forecast} - \text{Actual})^2 \right)}$$

Dimana : n = Jumlah data
 Actual = Nilai aktual pada saat periode t
 Forecast = Nilai forecast/pemodelan pada periode t

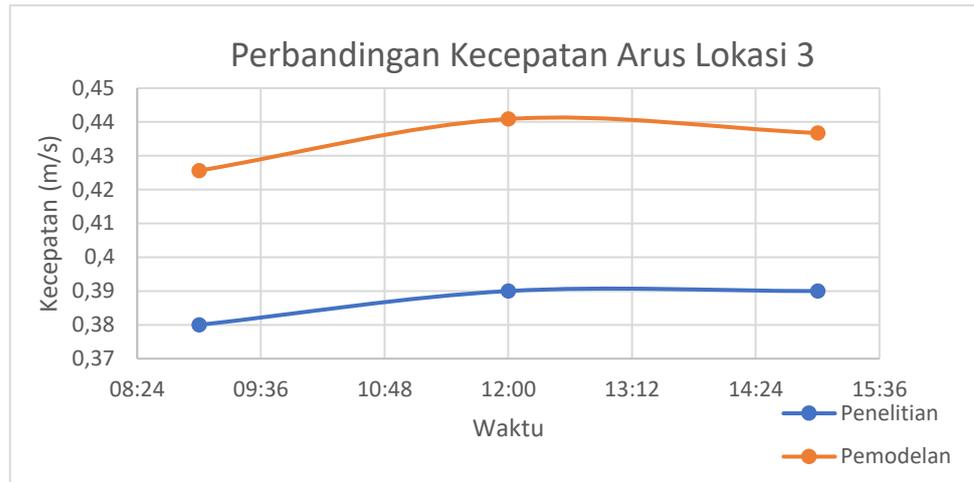
Dalam validasi arus dengan menggunakan rumus presentase *error* dan besaran *error* diatas kemudian diperoleh nilainya yaitu sebesar 15.82% (*Good Forecasting*) dan besaran nilai *error* 0.096 m/s. Untuk grafik dan tabel perbandingan kecepatan arus rata-rata dari data sekunder dan hasil pemodelan dapat dilihat seperti dibawah ini :



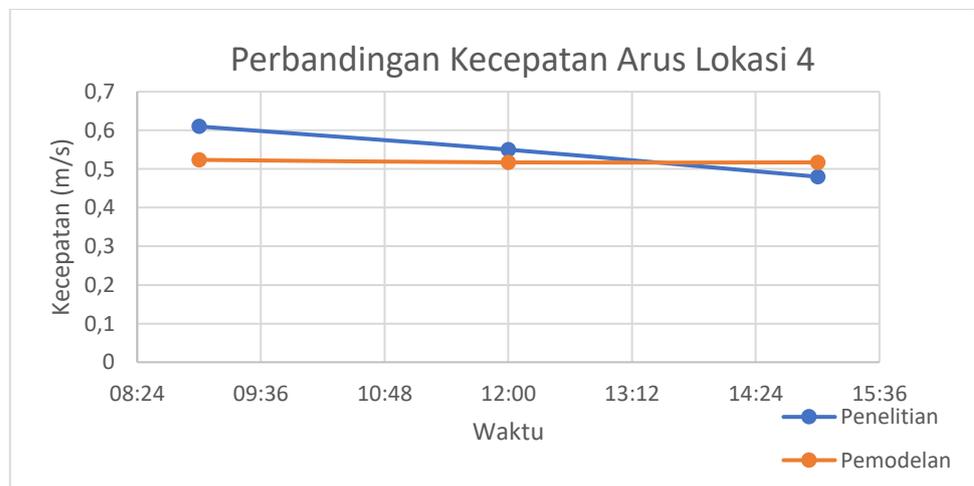
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus pada Lokasi 1



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus pada Lokasi 2



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus pada Lokasi 3

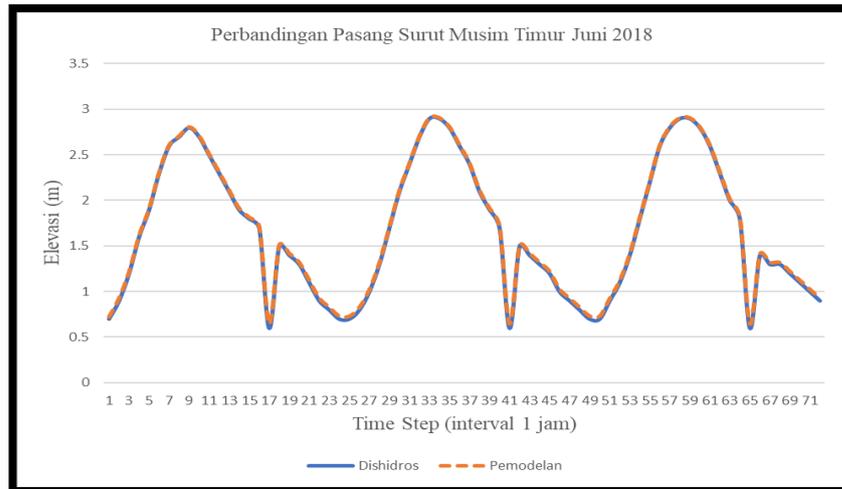


Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus pada Lokasi 4

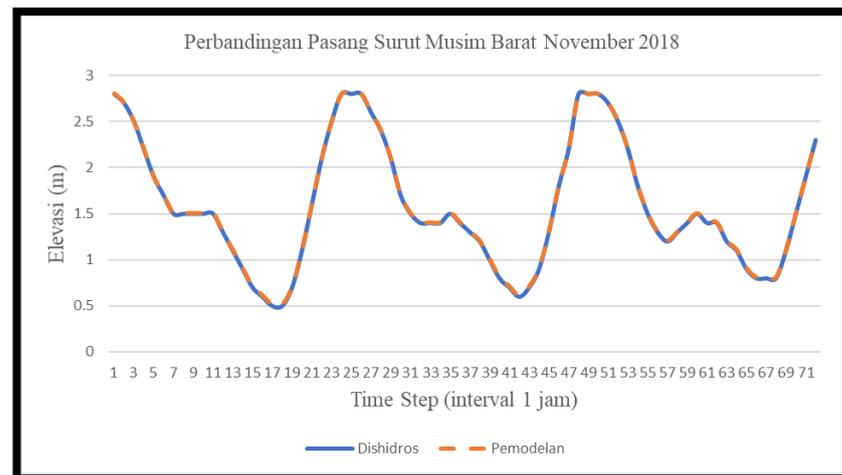
Tabel 4.3 Validasi Arus Pemodelan

Validasi Pemodelan						
Dilakukan di tanggal 14-17 2012 juni pada pukul 09.00 selisi 3 jam hingga pukul 15.00						
Lokasi	Penelitian(m/s)	Pemodelan (m/s)	Waktu	tanggal	Presentase Error	Besaran Error
Titik 1	0.54	0.42	09:00	14	0.23	0.02
	0.52	0.44	12:00	14	0.15	0.01
	0.44	0.42	15:00	14	0.04	0.00
Titik 2	0.57	0.42	09:00	15	0.26	0.02
	0.56	0.39	12:00	15	0.30	0.03
	0.55	0.40	15:00	15	0.27	0.02
Titik 3	0.38	0.43	09:00	16	0.12	0.00
	0.39	0.44	12:00	16	0.13	0.00
	0.39	0.44	15:00	16	0.12	0.00
Titik 4	0.61	0.52	09:00	17	0.14	0.01
	0.55	0.52	12:00	17	0.06	0.00
	0.48	0.52	15:00	17	0.08	0.00
Rata rata	0.50	0.45			15.82	0.096
					MAPE	RMSE

Pasang surut dari data sekunder (DISHIDROS) dan hasil pemodelan dengan MIKE21 juga dilakukan validasi sehingga keakuratan bisa diterima mendekati kondisi aliran sungai kenyataan pada lokasi studi. Cara melakukan validasi pasang surut sama dengan cara validasi kecepatan arus diatas. Untuk validasi pasang surut dilakukan hanya pada sampel selama tiga hari saja. Dengan rumus *error* yang sama diperoleh nilai presentasi *error* sebesar 1.02 % (*Highly Accurate Forecasting*) untuk pasang surut pada musim timur selama tiga hari dan nilai *error* sebesar 1.66 % (*Highly Accurate Forecasting*) untuk pasang surut pada musim barat selama tiga hari. Grafik perbandingan pasang surut dari data Dishidros dan hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar berikut (Gambar 4.21 – 4.22).



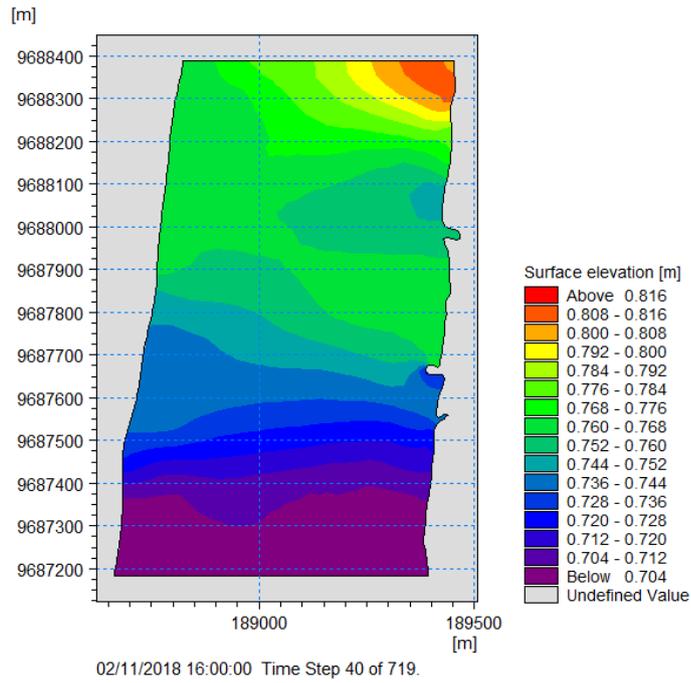
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Pasut Musim Timur – Juni 2018



Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Pasut Musim Barat – November 2018

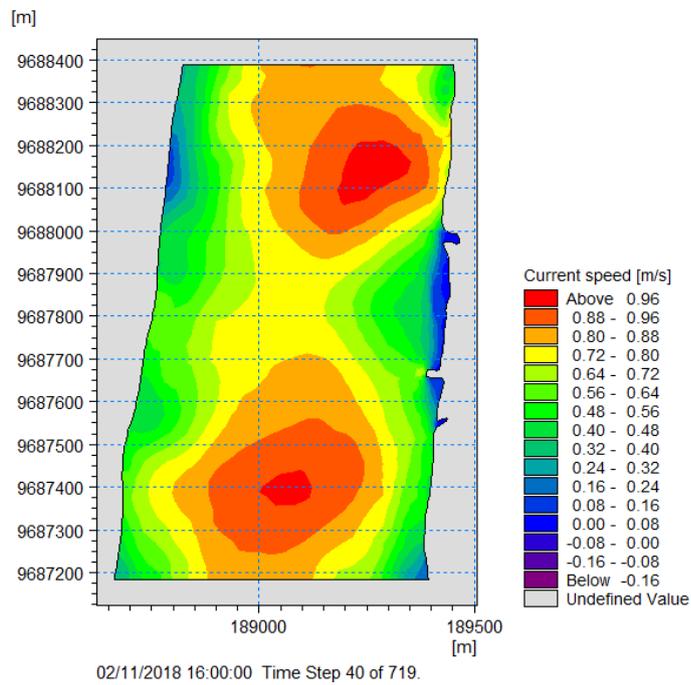
4.9.5 Hasil Simulasi Model

Hasil output dari simulasi pemodelan yang telah dilakukan yaitu berupa nilai pasang surut, kecepatan arus, serta pola pergerakan arus pada setiap koordinat dan sejumlah *time step* yang dimasukkan. Dari pola pergerakan arus inilah kemungkinan pola pergerakan sedimen dapat diketahui, sehingga dapat dijadikan pertimbangan untuk merencanakan layout desain bangunan pantai. Berikut berupa hasil pemodelan yang telah dilakukan (Gambar 4.23-4.27).

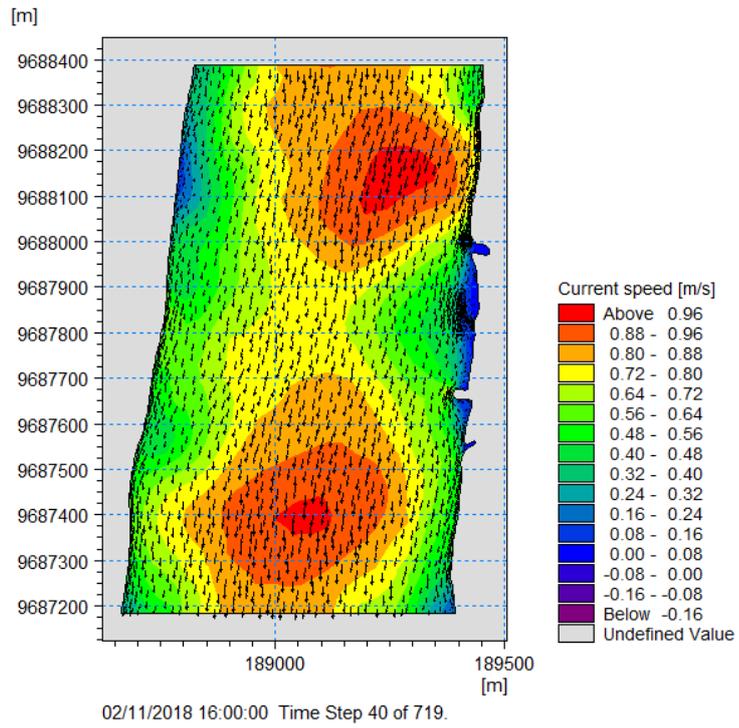


Gambar 4.23 Elevasi Muka Air pemodelan musim timur - *Time step*

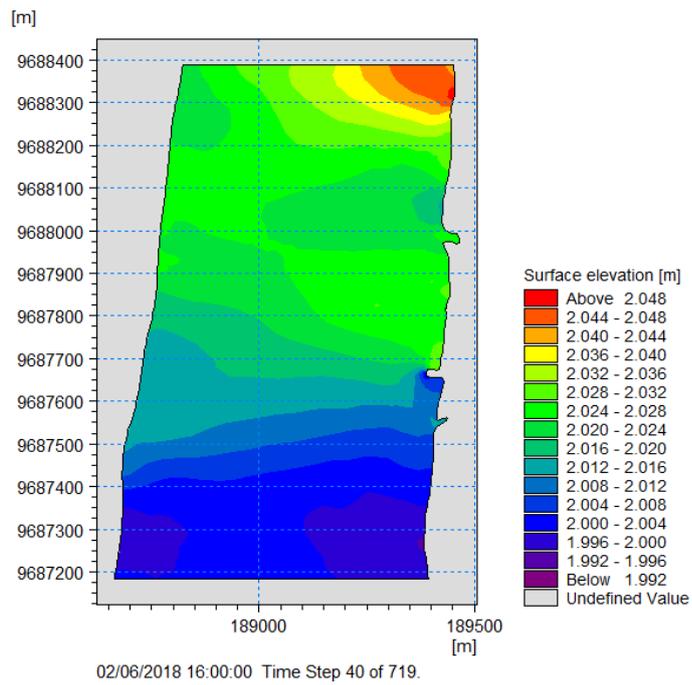
40



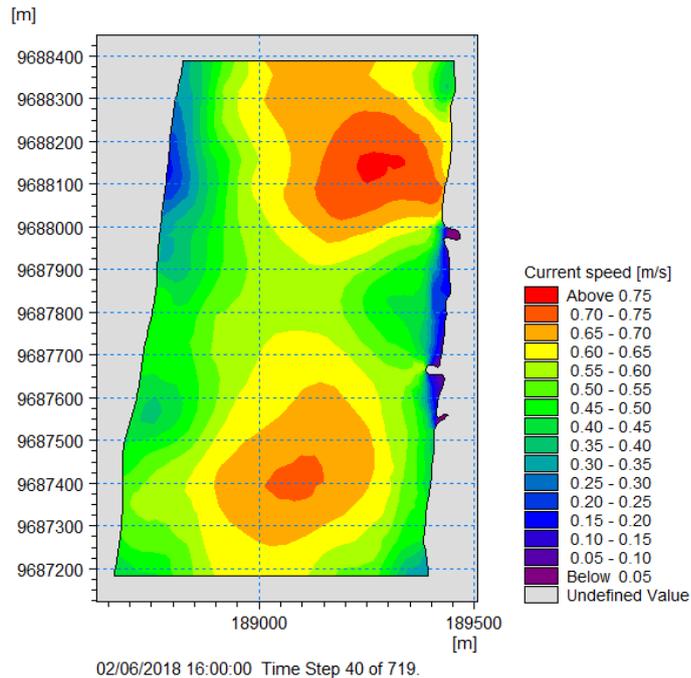
Gambar 4.24 Kecepatan Arus pemodelan musim timur - *Time step* 40



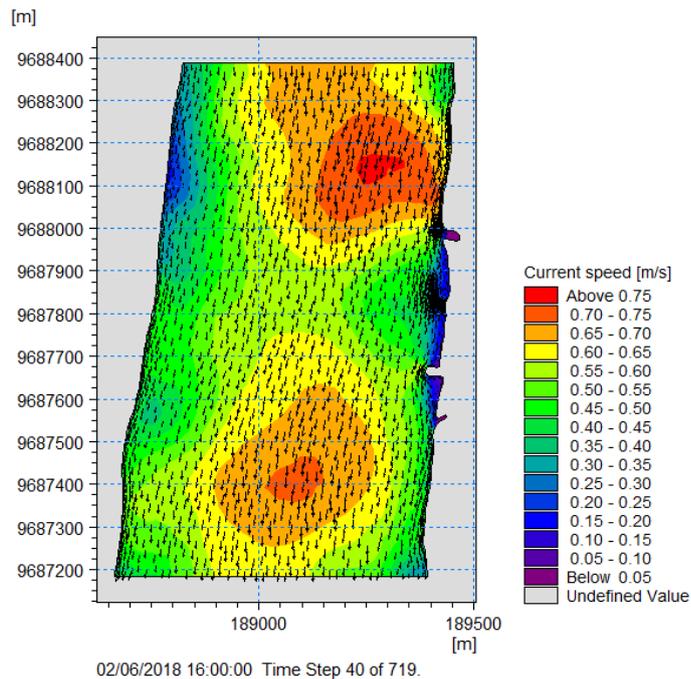
Gambar 4.25 Arah Arus pemodelan musim timur - *Time step 40*



Gambar 4.26 Elevasi Muka Air pemodelan musim barat - *Time step 40*



Gambar 4.27 Kecepatan Arus pemodelan musim Barat - *Time step 40*



Gambar 4.28 Arah Arus pemodelan musim barat - *Time step 40*

Dari hasil pemodelan pasang surut dan pola kecepatan arus pada musim timur dan musim barat diatas, dapat dianalisa jika pergerakan arus dominan berasal dari arah utara menuju selatan. Pola pergerakan arus tersebut kemudian dapat dijadikan acuan dalam pembuatan desain jetty alternatif untuk mengurangi dampak sedimentasi yang terjadi.

4.10 Desain Alternatif Jetty

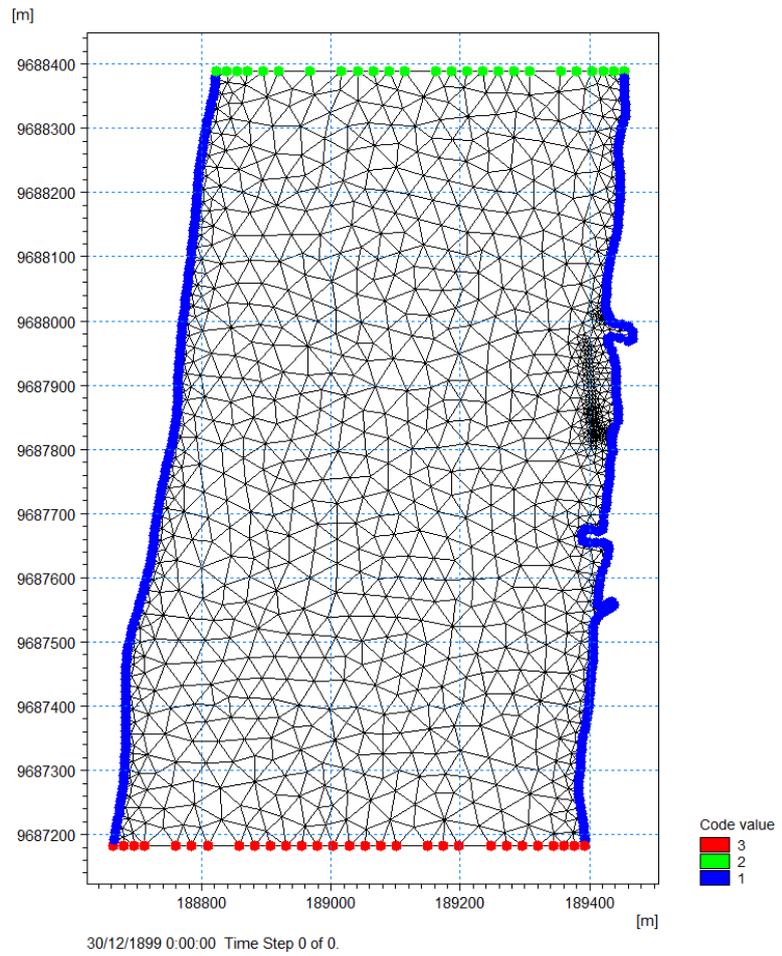
Berdasarkan hasil dari pemodelan arus pada kondisi *existing* diatas, kemudian akan dibuat dua desain alternatif jetty yang diasumsikan dapat menambah kapasitas produksi dan desain yang mampu membawa dampak sedimen yang paling minimum sehingga dapat dinilai desain yang paling optimal. Untuk parameter kondisi batas pada desain alternatif yaitu sama dengan kondisi desain *existing*. Sehingga antara dua alternatif desain yang diajukan dapat dibandingkan keoptimalannya.

4.10.1 Desain Alternatif 1

Pada desain jetty alternatif pertama, diberikan modifikasi berupa penambahan panjang bangunan pada jetty. Penambahan panjang bangunan ini dibuat dengan posisi sejajar dengan jetty utama. Dengan desain ini, dimaksudkan untuk memperbesar kapasitas produksi distribusi batu bara yang mampu diakomodasi. Total panjang jetty yang ditambahkan yaitu sepanjang 82.5 m dari jetty utama. Setelah dimodifikasi jetty mempunyai area sandar kapal sepanjang 165 m sehingga mampu untuk dimuat ± 2 kali kapal lebih banyak dari kapasitas sebelumnya. Kapal yang digunakan yaitu kapal dengan *draft* yang sama yaitu kapal yang mempunyai *draft* setinggi 1 – 2 meter. Sebagai acuan, terdapat kapal tongkang *Flattop Barge* (Poland) dengan spesifikasi :

- LOA = 30.15 m
- Lebar = 7.78 m
- Sarat = 1.45 m
- Kapasitas = 250 DWT

Sehingga apabila panjang jetty 165 m dan panjang kapal total yaitu 30.15 meter. Maka jumlah kapal yang mampu ditampung yaitu 4 kapal. Maka total batu bara yang mampu diakomodasi yaitu 10.000 DWT jumlah tersebut 2 kali lebih besar dari jumlah sebelumnya. Dimensi dari desain alternatif 1 dapat dilihat seperti gambar berikut.



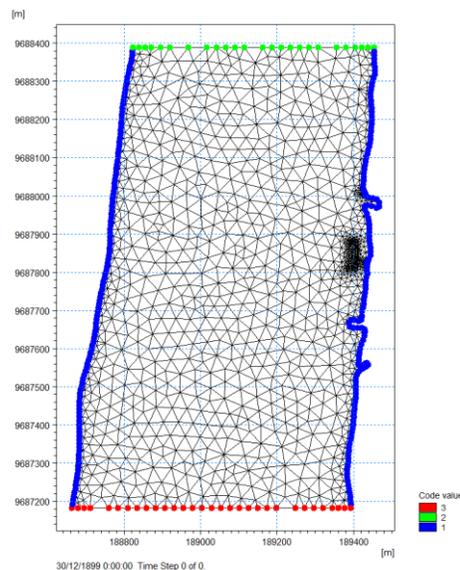
Gambar 4.29 Kondisi Batas Alternatif 1 Jetty PLTU Pulang Pisau

4.10.2 Desain Alternatif 2

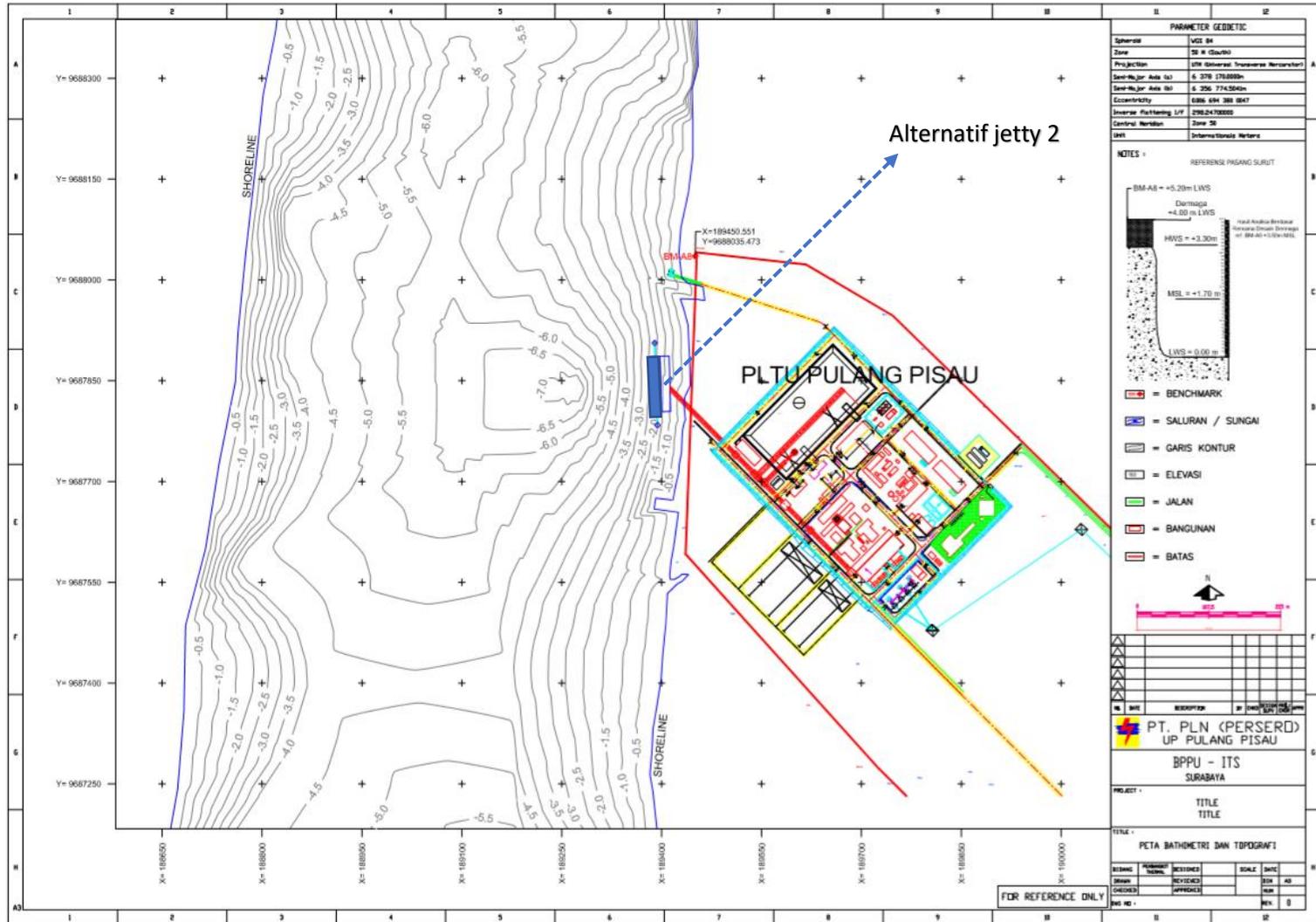
Pada desain jetty alternatif kedua, diberikan modifikasi berupa penambahan lebar pada bangunan jetty. Penambahan lebar bangunan ini diposisikan kearah sungai. Dengan desain ini, dimaksudkan untuk memperbesar kapasitas produksi distribusi batu bara yang mampu diakomodasi dengan cara memperdalam *draft* kapal sehingga otomatis kapal dengan *draft* yang besar akan mempunyai DWT yang lebih besar. Total lebar jetty yang ditambahkan yaitu sepanjang 14 m dari jetty utama. Setelah jetty dimodifikasi, kapal yang akan mampu untuk bersandar yaitu kapal yang memiliki *draft* 2 – 3.5 meter. Sebagai acuan, kapal tongkang *Flat Top Barge* (Istanbul, Turkey) dengan spesifikasi :

- LOA = 35 m
- Lebar = 12 m
- Sarat = 2 m
- Kapasitas = 500 DWT

Sehingga apabila panjang jetty 82.5 m dan panjang kapal total yaitu 35 meter. Maka jumlah kapal yang mampu ditampung yaitu 2 kapal. Maka total batu bara yang mampu diakomodasi yaitu 10.000 DWT jumlah tersebut 2 kali dari jumlah sebelumnya. Dimensi dari desain alternatif 2 dapat dilihat seperti gambar berikut (gambar 4.31 - 4.32).



Gambar 4.31 Kondisi Batas Alternatif 2 Jetty PLTU Pulang Pisau



Gambar 4.32 Desain Alternatif 2 Jetty PLTU Pulang Pisau

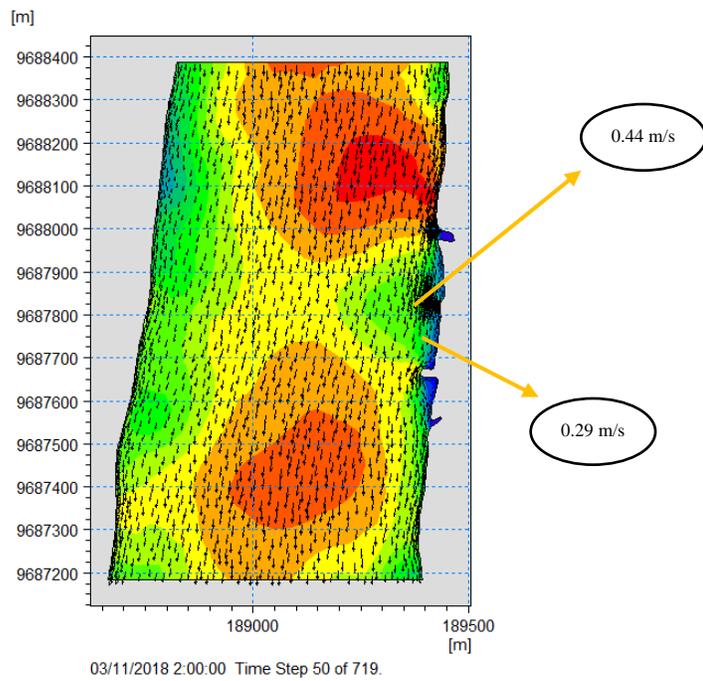
4.10.3 Simulasi Model

Simulasi pemodelan dilakukan selama 30 hari pada musim timur dan musim barat. Untuk musim barat dimulai pada tanggal 1 November 2018 pukul 00.00 dan diakhiri pada tanggal 30 November 2018 pukul 00.00, sedangkan untuk musim timur dimulai pada tanggal 1 Juni 2018 pukul 00.00 dan diakhiri pada tanggal 30 Juni 2018 pukul 00.00. Interval waktu tiap *time step* diambil 3600 detik atau tiap 1 jam sehingga simulasi dilakukan sebanyak 720 *time step*.

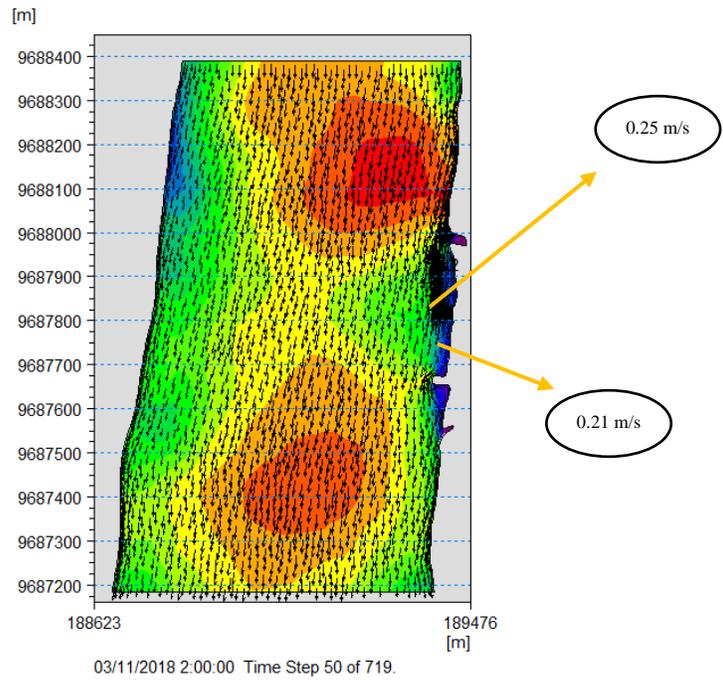
4.10.4 Analisa Hasil Pemodelan

Pola arus dapat mempengaruhi sedimentasi yang terjadi di dermaga bongkar muat kapal, karena sedimen di sekitar dermaga terbawa oleh arus akibat aliran debit sungai. Pola pergerakan arus dan kecepatan arus dari hasil pemodelan hidrodinamika mempengaruhi perubahan morfologi dasar laut. Pengaruh dari jetty alternatif juga dapat dianalisa melalui hasil hidrodinamika. Apabila terjadi perubahan kecepatan arus sesudah dan sebelum jetty dimodifikasi maka jetty dapat diindikasikan mengalami perubahan laju sedimentasi yang dapat mempengaruhi morfologi pada kontur dasar laut di sekitar dermaga (Gambar 4.33 – 4.35) . Berikut koordinat kecepatan arus yang ditinjau pada masing masing kondisi jetty.

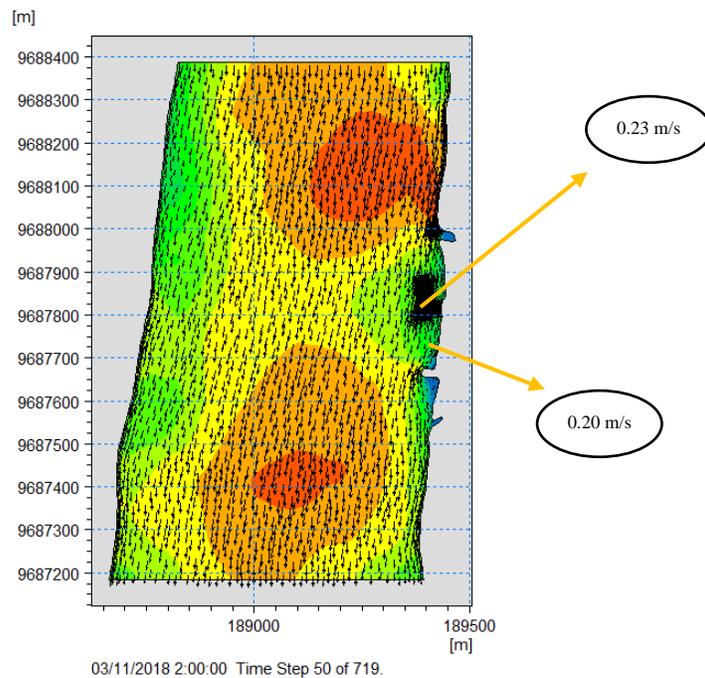
1. $X = 189399.859012$ (Disekitar Jetty)
 $Y = 9687841.33440$
2. $X = 189396.963872$ (Setelah melewati jetty)
 $Y = 9687730.94159$



Gambar 4.33 Kecepatan dan Pola Arus Kondisi Existing – *Time Step 50*



Gambar 4.34 Kecepatan dan Pola Arus Kondisi Alternatif 1 – *Time Step 50*



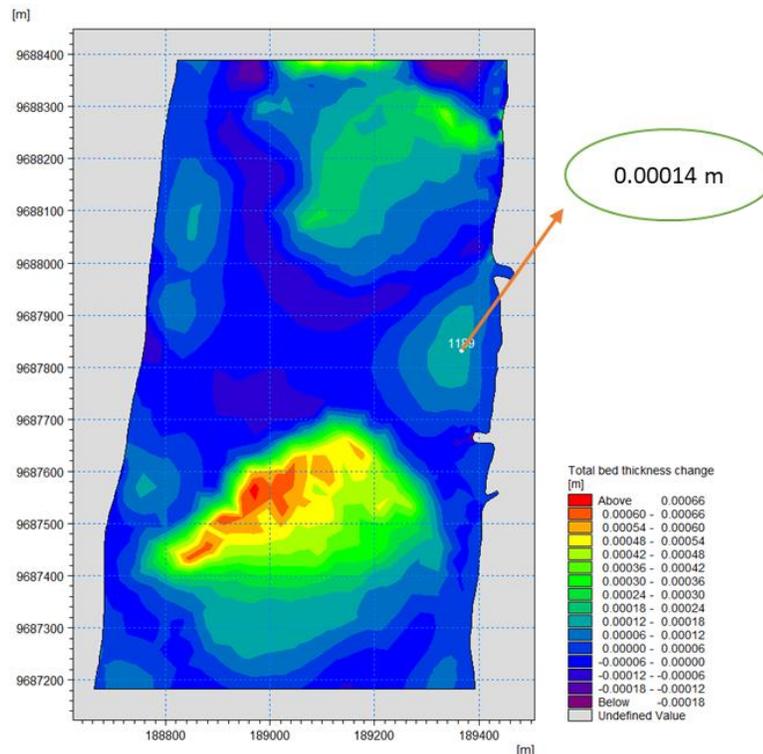
Gambar 4.35 Kecepatan dan Pola Arus Kondisi Alternatif 2 – *Time Step 50*

Dari hasil pemodelan hidrodinamika kemudian dapat dilihat bahwa hasil simulasi pola arus mengalami perubahan kecepatan pada titik-titik lokasi yang ditinjau. hal ini mengindikasikan bahwa dermaga mengalami pengaruh laju sedimentasi terhadap modifikasi jetty yang telah disimulasikan. Turunnya kecepatan antara jetty kondisi *existing* dan jetty alternatif dapat diartikan apabila laju sedimentasi yang terjadi di sekitar kawasan dermaga menurun dari pada sebelumnya.

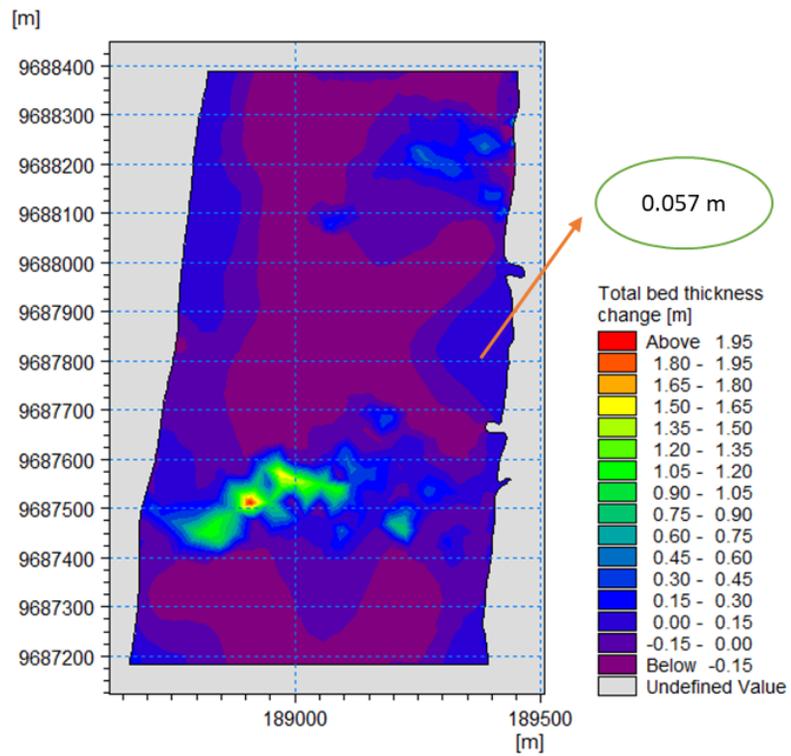
Kemudian laju sedimen di daerah studi dapat diketahui melalui simulasi *Mud Transport*. Pemodelan *mud transport* ini bertujuan untuk mengetahui perubahan profil dasar perairan yang terjadi akibat adanya sedimen yang terbawa oleh arus. Dari hasil simulasi sedimentasi inilah akan diketahui perubahan profil dasar perairan (*bed level change*) dari daerah lokasi studi yang kemudian akan dianalisa perubahan sedimen dasarnya dan dihitung perubahan volume sedimennya dengan menggunakan bantuan *software* Surfer 16.

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 4.36 – 4.44)

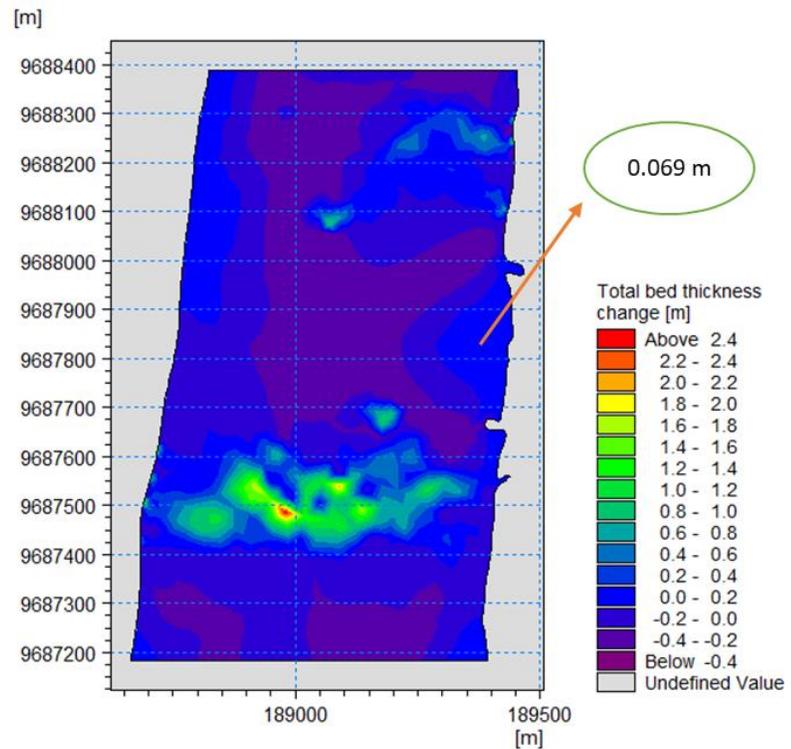
a. Jetty Kondisi *Existing*



Gambar 4.36 Kontur *Bed level* pada Jetty Eksisting Awal

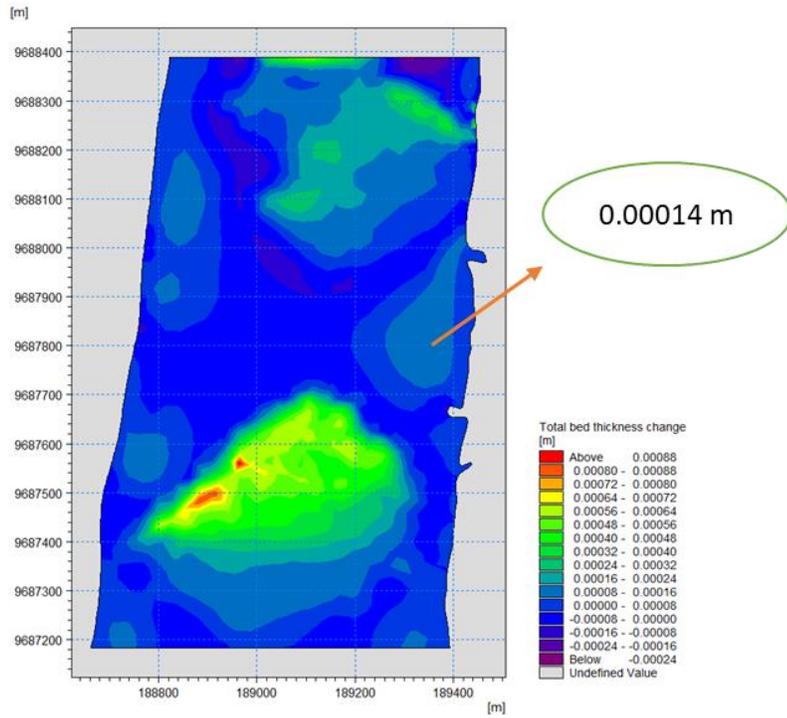


Gambar 4.37 Perubahan Kontur *Bed level* pada Jetty Eksisting – Musim Timur

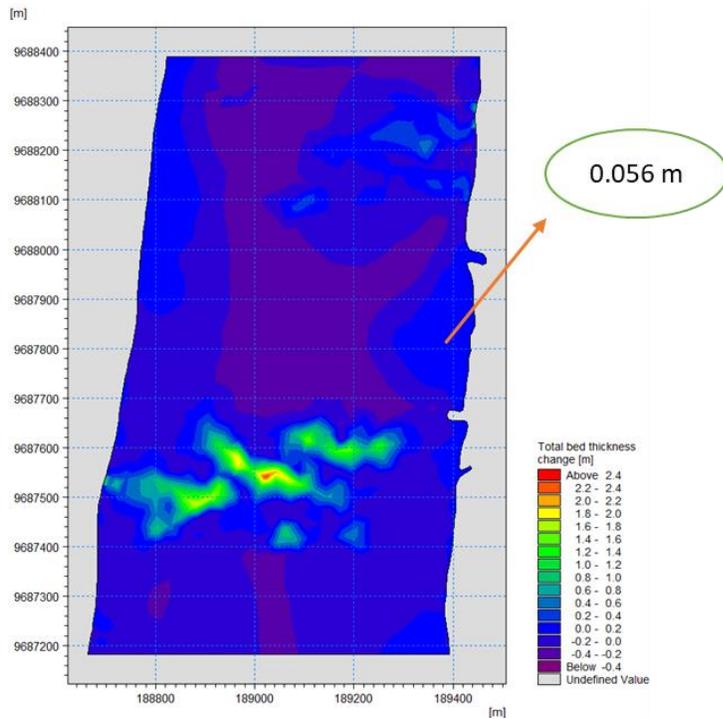


Gambar 4.38 Perubahan Kontur *Bed level* pada Jetty Eksisting – Musim Barat

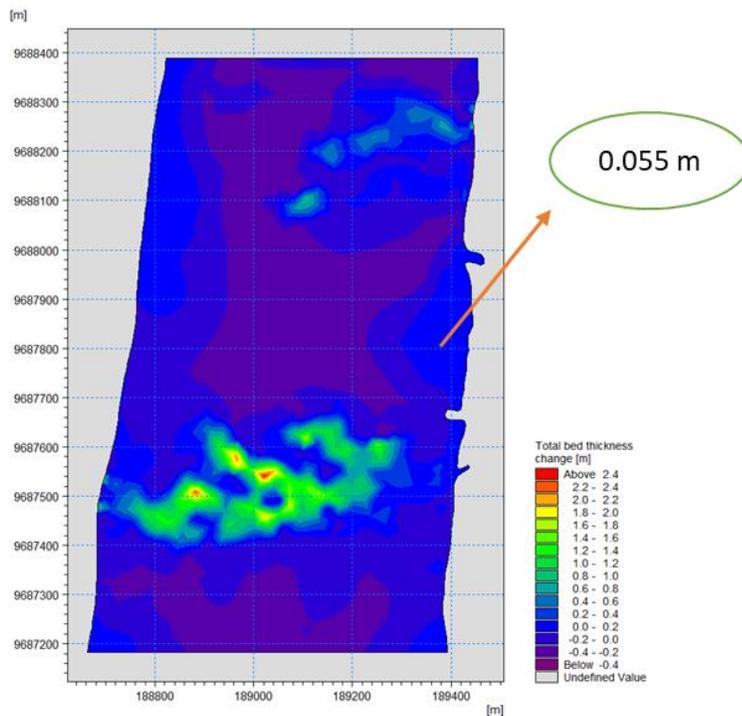
b. Jetty Alternatif 1



Gambar 4.39 Kontur *Bed level* pada Jetty Alternatif 1 Awal

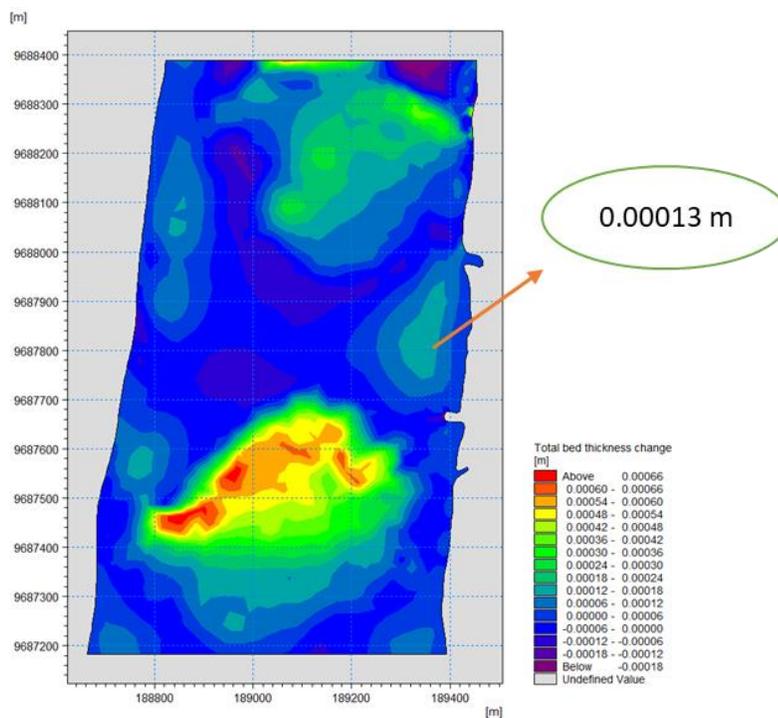


Gambar 4.40 Perubahan Kontur *Bed level* Jetty Alternatif 1 – Musim Timur

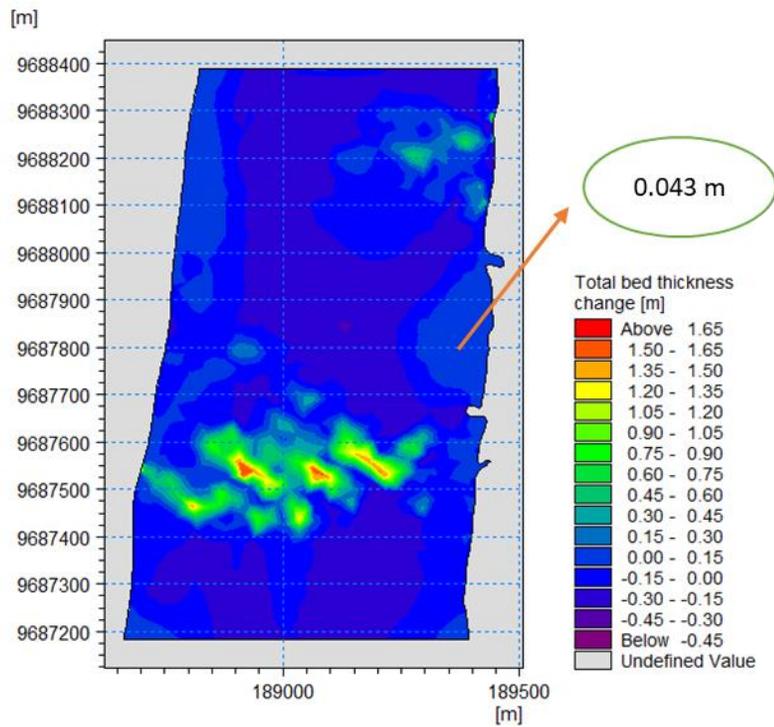


Gambar 4.41 Perubahan Kontur *Bed level* Jetty Alternatif 1 – Musim Barat

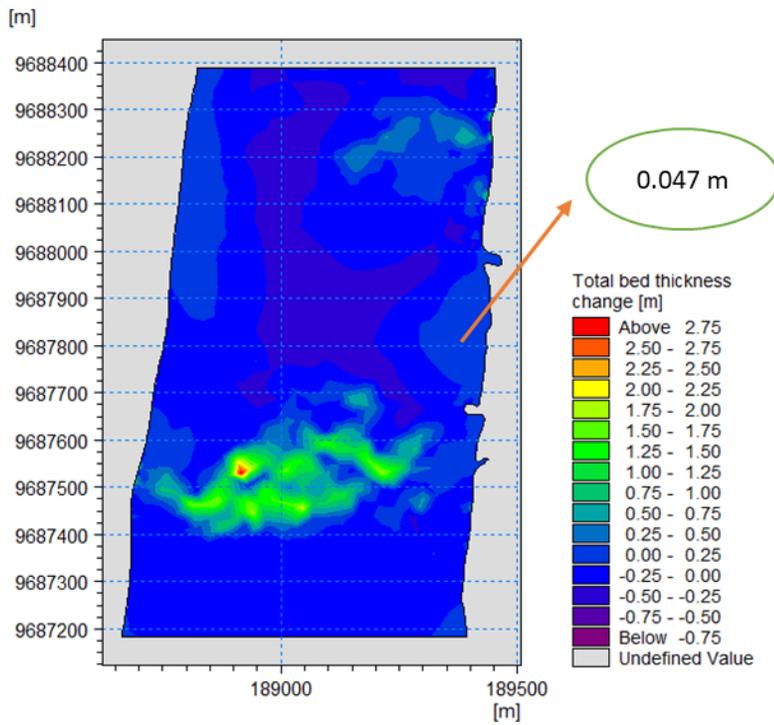
c. Jetty Alternatif 2



Gambar 4.42 Kontur *Bed level* pada Jetty Alternatif 2 Awal



Gambar 4.43 Perubahan Kontur *Bed level* Jetty Alternatif 2 – Musim Timur



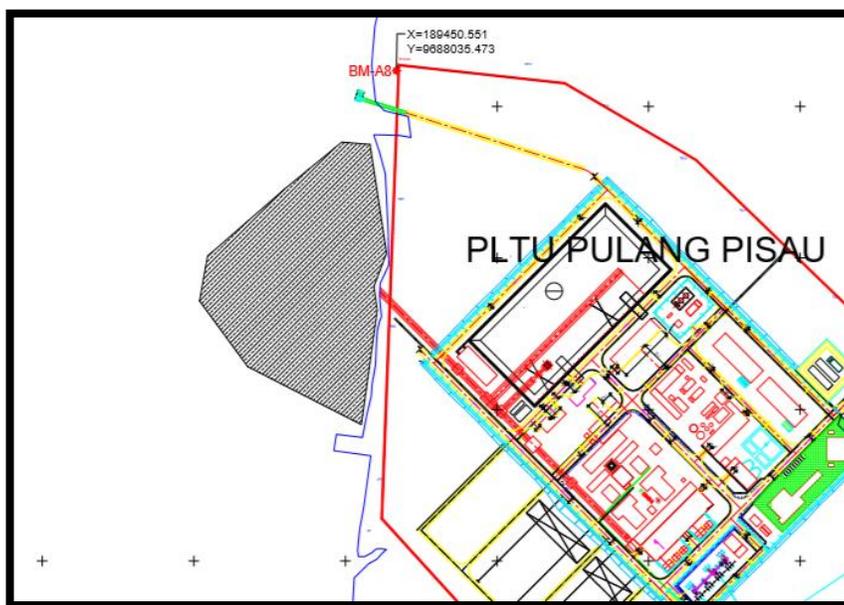
Gambar 4.44 Perubahan Kontur *Bed level* Jetty Alternatif 2 – Musim Barat

Dalam gambar kontur dasar pada masing-masing kondisi, dapat dilihat bahwa lokasi studi mengalami perubahan profil dasar perairan. Perubahan profil dasar perairan dapat terjadi akibat adanya proses pendangkalan (sedimentasi) ataupun akibat penggerusan (erosi). Faktor yang mempengaruhi proses sedimentasi ataupun pendangkalan tersebut diantaranya adalah pergerakan arus & pasang surut. Pada penelitian ini perubahan sedimen diamati berdasarkan perubahan profil dasar perairan (*bed level change*) yang terletak di sekitar jetty lokasi studi. Pengamatan dilakukan dengan membandingkan perubahan profil dasar perairan setelah dilakukan simulasi pemodelan selama 30 hari dengan objek penelitian jetty kondisi eksisting dan dua alternatif jetty yang telah dijelaskan diatas.

4.10.5 Volume Sedimentasi

Dalam menentukan besarnya laju volume sedimentasi yang terjadi, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk melakukan perhitungan tersebut karena kontur dasar perairan tidak berbentuk simetris yang perhitungannya didapatkan melalui metode integrasi numerik yaitu *simpson* dan *trapezoidal*. Surfer 16 merupakan aplikasi yang akan digunakan dalam menentukan besarnya volume yang terjadi pada kawasan PLTU Pulang Pisau tersebut. Perhitungan volume sedimen ini bertujuan untuk mengetahui bentuk jetty manakah yang lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas produksi juga meminimalisir besarnya sedimen yang diangkut oleh arus.

Dalam perhitungan volume dengan menggunakan Surfer 12, *Input* dari *software* ini yaitu berupa koordinat x (*Easting*), y (*Northing*), dan z (*Elevasi*). Koordinat tersebut didapatkan dari data *bed level change* dari hasil pemodelan MIKE21 *mud transport* yang kemudian dimodelkan dengan metode integrasi volume *cut and fill* sehingga volume sedimen dapat diketahui. Luasan koordinat yang dipakai untuk perhitungan volume yaitu seperti gambar 4.41.



Gambar 4.45 Luasan Yang Ditinjau Dalam Penentuan Volume Sedimen

Berikut ini adalah hasil perhitungan volume sedimentasi selama waktu simulasi, yaitu selama 30 hari di bulan Juni dan November 2018, yang dilakukan pada jetty kondisi *existing* dan pada dua jetty kondisi alternatif. Adapun perhitungan dari volume sedimen yang ditunjukkan pada Tabel *Grid Volume Report* dibawah ini adalah dengan menggunakan bantuan *software* Surfer 16. (Tabel 4.4 – 4.6)

Tabel 4.4 *Grid Volume Report* untuk Jetty *Existing*

<i>Volume Report</i>	Musim Timur (m ³)	Musim Barat (m ³)
<i>Total Volume Method</i>		
Trapezoidal Rule:	911.6962449	680.0419515
Simpson's Rule:	911.8104046	680.6970008
Simpson's 3/8 Rule:	911.9925316	680.1991368
<i>Cut & Fill Volumes</i>		
Positive Volume [Cut]:	1134.184106	1123.824585
Negative Volume [Fill]:	222.5137638	443.8254215
Net Volume [Cut-Fill]:	911.6703425	679.9991631

Tabel 4.5 *Grid Volume Report* untuk Jetty Alternatif 1

<i>Volume Report</i>	Musim Timur (m³)	Musim Barat (m³)
<i>Total Volume Method</i>		
Trapezoidal Rule:	531.9812767	-378.984161
Simpson's Rule:	532.0568	-378.630969
Simpson's 3/8 Rule:	532.035477	-379.160407
<i>Cut & Fill Volumes</i>		
Positive Volume [Cut]:	1142.379795	1009.236406
Negative Volume [Fill]:	610.4379546	1388.270833
Net Volume [Cut-Fill]:	531.9418409	-379.034427

Tabel 4.6 *Grid Volume Report* untuk Jetty Alternatif 2

<i>Volume Report</i>	Musim Timur (m³)	Musim Barat (m³)
<i>Total Volume Method</i>		
Trapezoidal Rule:	1084.541252	351.4831071
Simpson's Rule:	1084.672141	351.7222634
Simpson's 3/8 Rule:	1084.53186	351.5439369
<i>Cut & Fill Volumes</i>		
Positive Volume [Cut]:	1133.80879	1071.762234
Negative Volume [Fill]:	49.2749648	720.2893806
Net Volume [Cut-Fill]:	1084.533825	351.4728536

Setelah diketahui volume sedimentasi selama 30 hari pada kondisi jetty *existing* dan beberapa jetty alternatif yang diberikan, kemudian hasil volume dilinearisasikan selama 6 bulan pada 2 musim yang ada di Indonesia, setelah itu dijumlahkan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan akumulasi volume sedimentasi yang terjadi selama 12 bulan. Akumulasi volume selama 12 bulan ini kemudian diasumsikan dapat mencirikan laju sedimentasi yang terjadi selama satu tahun di lokasi studi. Linierisasi volume sedimentasi dapat dilihat pada tabel berikut. (Tabel 4.8-4.9)

Tabel 4.7 Akumulasi Volume Sedimen untuk Jetty *Existing*

Jetty Existing		
Bulan Ke -	Akumulasi Volume Musim Timur (m ³)	Akumulasi Volume Musim Barat (m ³)
1	911.670	679.999
2	1823.341	1359.998
3	2735.011	2039.997
4	3646.681	2719.997
5	4558.352	3399.996
6	5470.022	4079.995
Total 12 bulan		9550.017

Tabel 4.8 Akumulasi Volume Sedimen untuk Jetty Alternatif 1

Jetty Alternatif 1		
Bulan Ke -	Akumulasi Volume Musim Timur (m ³)	Akumulasi Volume Musim Barat (m ³)
1	531.942	-379.034
2	1063.884	-758.069
3	1595.826	-1137.103
4	2127.767	-1516.138
5	2659.709	-1895.172
6	3191.651	-2274.207
Total 12 bulan		917.444

Tabel 4.9 Akumulasi Volume Sedimen untuk Jetty Alternatif 2

Jetty Alternatif 2		
Bulan Ke -	Akumulasi Volume Musim Timur (m ³)	Akumulasi Volume Musim Barat (m ³)
1	1084.534	351.473
2	2169.068	702.946
3	3253.601	1054.419
4	4338.135	1405.891
5	5422.669	1757.364
6	6507.203	2108.837
Total 12 bulan		8616.040

4.10.6 Perbandingan Hasil Volume Sedimentasi

Setelah dilakukan perhitungan volume sedimen maka dilakukan perbandingan antar desain alternatif. Tujuan dilakukannya perbandingan antar desain alternatif jetty yaitu untuk menentukan desain manakah yang paling optimal untuk meminimalkan sedimentasi yang terjadi di lokasi studi yaitu PLTU Pulang Pisau juga kaitannya dengan meningkatkan kapasitas produksi.

Tabel 4.10 Akumulasi Volume Untuk Beberapa Kondisi Dalam 12 Bulan

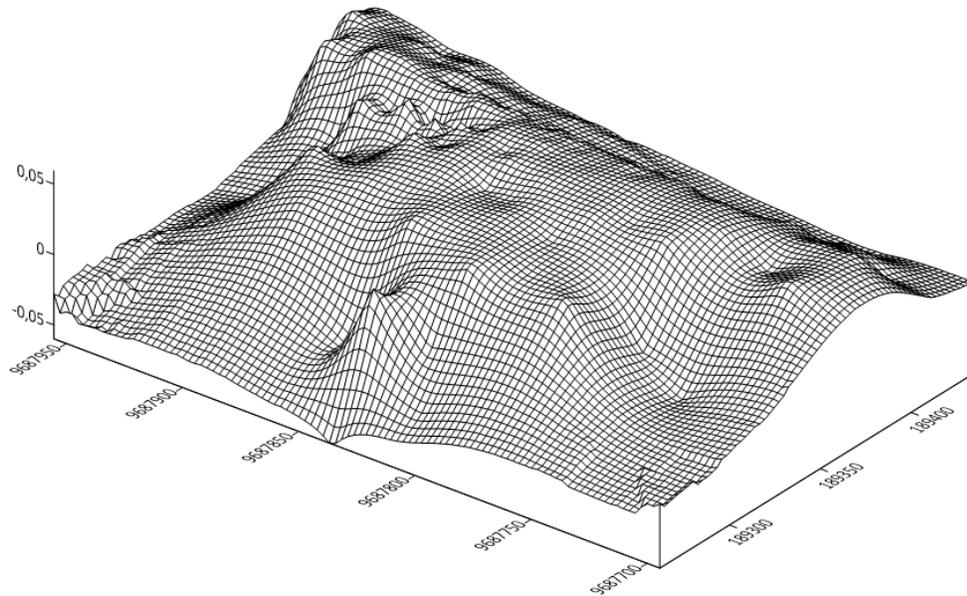
No.	Kondisi Jetty	Akumulasi Volume (m ³)	Dominan
1	Eksisting	9550.017	Sedimentasi
2	Alternatif 1	917.444	Sedimentasi
3	Alternatif 2	8616.040	Sedimentasi

Pada penelitian ini, jetty alternatif yang dipilih merupakan jetty alternatif yang paling optimal untuk mengurangi laju sedimentasi di lokasi studi yang ditinjau dari pemodelan selama 1 bulan dan dilinearisasikan hingga 12 bulan. Berdasarkan tabel di atas terlihat apabila volume sedimentasi yang terakumulasi selama 12 bulan pada jetty alternatif pertama memiliki jumlah volume yang minimum.

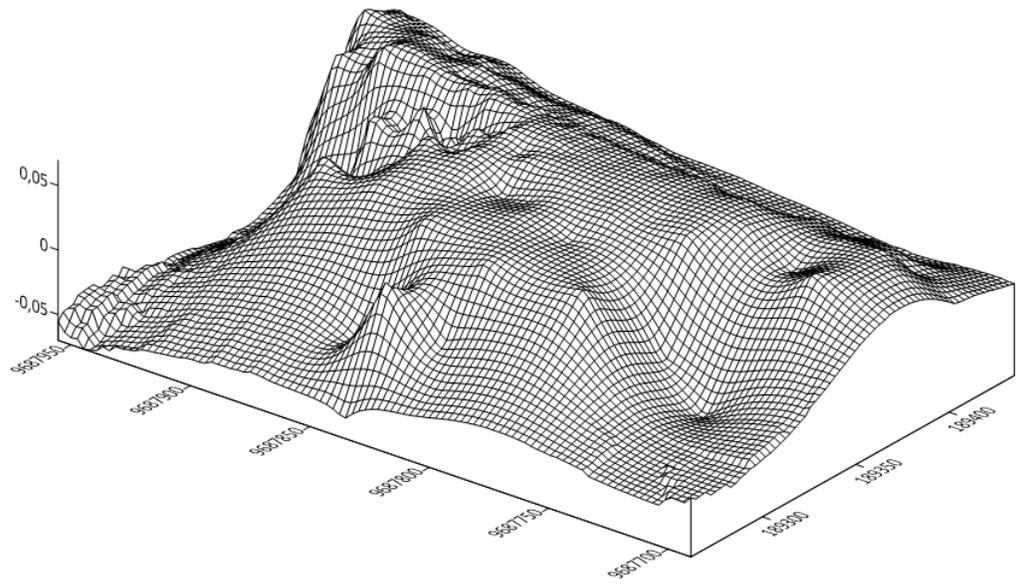
4.10.7 Perbandingan Jarak Kontur Dasar Sungai Dengan Draft Kapal

Dalam menentukan desain alternatif jetty yang paling optimal, hal yang paling penting tidak hanya dilakukan perbandingan volume sedimen pada tiap-tiap kondisi jetty saja. Namun juga kemampuan jetty dalam mempertahankan kontur dasar tanah terhadap tinggi draft pada kapal yang akan berlabu. Sehingga meskipun volume sedimen pada jetty alternatif kecil namun apabila draft kapal tidak dapat berlabu maka desain tersebut tidak dapat dikatakan optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa perbandingan antara jarak kontur dasar sungai dengan draft kapal yang

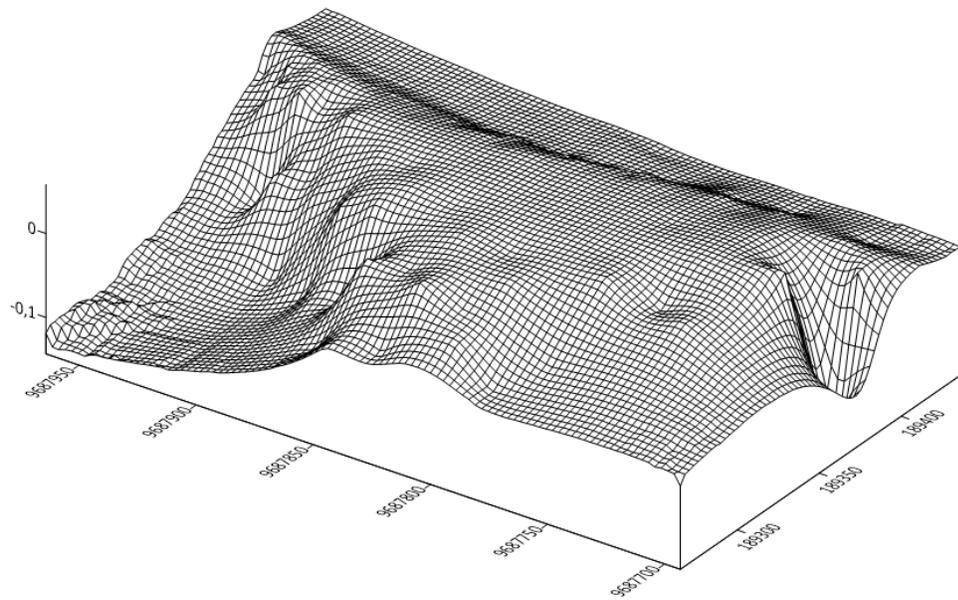
akan berlabu. Metode yang digunakan dalam menentukan perbandingan ini yaitu dengan bantuan *Software* Surfer 16. Menggunakan koordinat *Bed Level Change* dan koordinat lokasi yang ditinjau pada **gambar 4.44** maka kontur dasar laut dapat di *plot* sehingga kondisi dasar sungai dapat ditampilkan secara 3 dimensi. Dari hasil *plot* inilah akan diketahui daerah mana saja yang akan mengalami penurunan/penambahan elevasi dasar tanah. Dari hasil tersebut dapat diketahui perbandingan penambahan kontur tanah tertinggi dengan draft kapal yang berlabu. Berikut hasil dari perbandingan tersebut.



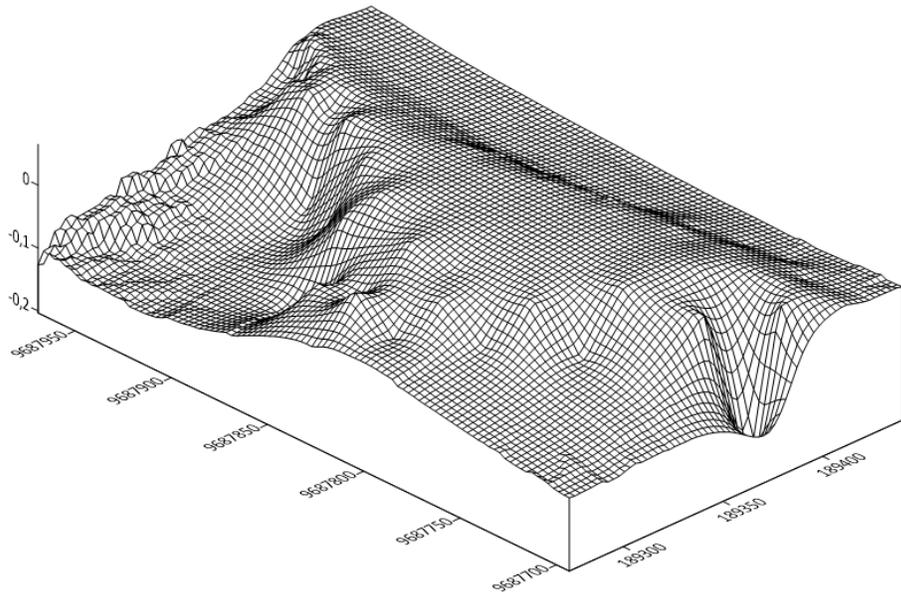
Gambar 4.46 3D Surface Kontur Dasar Sungai Jetty Eksisting Musim Timur



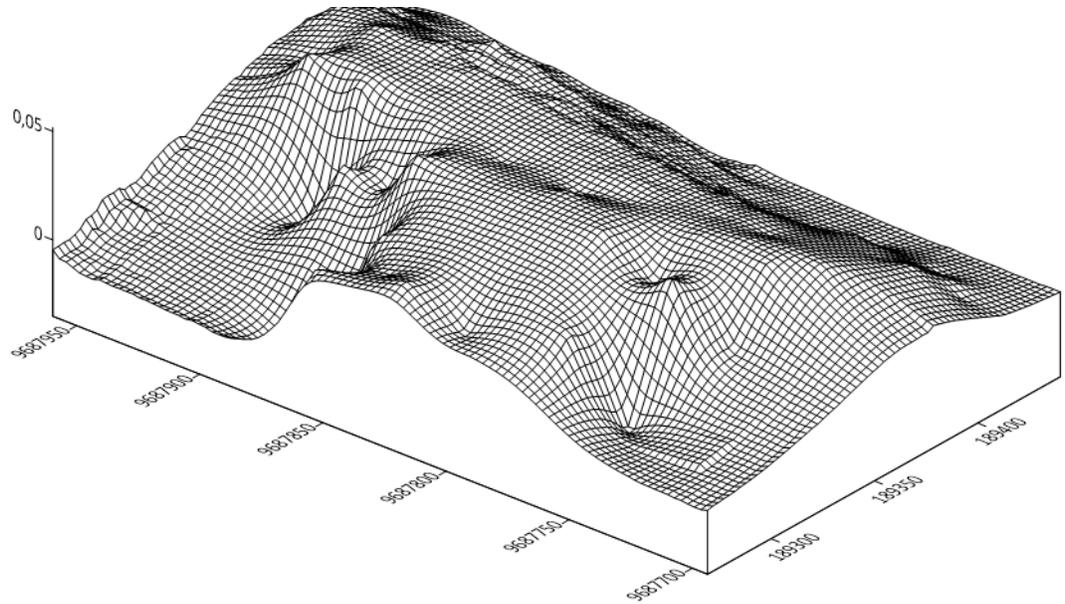
Gambar 4.47 3D Surface Kontur Dasar Sungai Jetty Eksisting Musim Barat



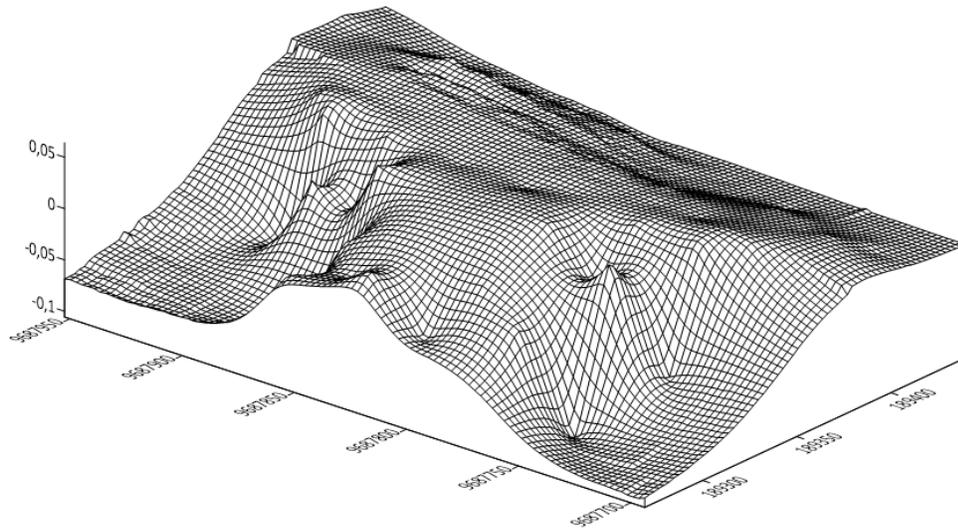
Gambar 4.48 3D Surface Kontur Dasar Sungai Jetty Alternatif 1 Musim Timur



Gambar 4.49 3D Surface Kontur Dasar Sungai Jetty Alternatif 1 Musim Barat



Gambar 4.50 3D Surface Kontur Dasar Sungai Jetty Alternatif 2 Musim Timur



Gambar 4.51 3D Surface Kontur Dasar Sungai Jetty Alternatif 2 Musim Barat

Pada daerah sandar kapal dicari berapa nilai penambahan sedimen tertinggi kemudian dilinearisasikan sebanyak 6 bulan untuk musim timur dan musim barat. Hasil dari perhitungan tersebut berupa tinggi sedimen maksimum pada dermaga dalam waktu setahun dan hasil inilah yang nantinya akan dibandingkan selisih antara draft kapal dan juga kontur dasar sungai yang telah diketahui. Hasil akumulasi tinggi sedimen tahunan dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 4.11 Akumulasi Tinggi Sedimen Pada Jetty Kondisi Eksisting

Eksisting		
Bulan Ke -	Penambahan Maksimum Kontur Dasar Tanah - Musim Timur (m)	Penambahan Maksimum Kontur Dasar Tanah - Musim Barat (m)
1	0.0598	0.0645389
2	0.1196	0.1291
3	0.1794	0.1936
4	0.2393	0.2582
5	0.2991	0.3227
6	0.3589	0.3872
Total 12 bulan (m)		0.7461

Tabel 4.12 Akumulasi Tinggi Sedimen Pada Jetty Kondisi Alternatif 1

Alternatif 1		
Bulan Ke -	Penambahan Maksimum Kontur Dasar Tanah - Musim Timur (m)	Penambahan Maksimum Kontur Dasar Tanah - Musim Barat (m)
1	0.0579	0.0641199
2	0.1159	0.1282
3	0.1738	0.1924
4	0.2318	0.2565
5	0.2897	0.3206
6	0.3476	0.3847
Total 12 bulan (m)		0.7323

Tabel 4.13 Akumulasi Tinggi Sedimen Pada Jetty Kondisi Alternatif 2

Alternatif 2		
Bulan Ke -	Penambahan Maksimum Kontur Dasar Tanah - Musim Timur (m)	Penambahan Maksimum Kontur Dasar Tanah - Musim Barat (m)
1	0.0500	0.057
2	0.1000	0.1143
3	0.1500	0.1715
4	0.2000	0.2286
5	0.2500	0.2858
6	0.3000	0.3429
Total 12 bulan (m)		0.6429

Dari gambar 4.11 – 4.13, diketahui draft kapal pada desain alternatif 1 yang mampu diakomodasi yaitu setinggi 1.45 m dengan kedalam kolam labu yaitu 1-2 m. Apabila menggunakan desain alternatif 1, sedimen di area kolam labu pada tiap tahunnya akan bertambah tinggi sekitar 0.7 m. Selisih antara kontur dasar sungai dengan draft kapal yaitu -0.15 m. Sehingga pada desain alternatif 1 setidaknya dalam tiap tahun akan melakukan pengerukan untuk mempertahankan draft kapal yang masuk ke kolam labu.

Pada desain alternatif 2 draft kapal yang mampu diakomodasi yaitu setinggi 2 m dengan kedalaman kolam labu yaitu 2-3.5 m. Apabila desain alternatif 2 digunakan maka tinggi sedimen pada kolam labu dalam kurun waktu 1 tahun bertambah tinggi sekitar 0.6 m. Selisih antara kontur dasar sungai dengan draft kapal yaitu 2.9 m. Sehingga pada desain alternatif 2 setidaknya dalam 2 tahun akan dilakukan pengerukan untuk mempertahankan draft kapal untuk masuk ke kolam labu PLTU Pulang Pisau. Dari hasil perbandingan selisih antara draft kapal dengan kontur dasar tanah sungai maka alternatif 2 lebih optimal dalam mempertahankan draft kapal yang masuk ke kolam labu.

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Pada jetty kondisi eksisting PLTU Pulang Pisau, Prediksi akumulasi volume sedimentasi yang terjadi pada bulan ke-12 disekitar lokasi studi mencapai 9550.017 m^3 .
2. Pada jetty alternatif 1 dan 2, prediksi akumulasi volume sedimentasi yang terjadi pada bulan ke-12 disekitar lokasi studi yaitu berturut-turut sebesar 917.444 m^3 dan 8616.40 m^3 .
3. Dari dua desain alternatif yang diberikan, jetty alternatif kedua merupakan desain alternatif yang paling optimal karena memiliki nilai selisih antara kontur dasar sungai (setelah penambahan sedimen) dan draft kapal paling besar yaitu 2.9 m. Juga mempunyai jumlah akumulasi volume sedimen setahun yaitu sebesar 8616.04 m^3 . Desain alternatif ini juga dapat meningkatkan kapasitas batu-bara yang dapat diakomodasi dermaga hingga 10.000 DWT.

5.2 Saran

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

1. Perlu adanya analisis rencana anggaran biaya dan analisis dampak resiko yang terjadi akibat perubahan desain jetty yang diberikan.
2. Perlu adanya analisa besarnya produksi listrik yang dihasilkan akibat dari perubahan desain jetty yang diberikan

(Halaman Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Zuriati. 2011. **Analisa Pola Arus dan Laju Sedimentasi Terhadap Perubahan Batimetri di Perairan Teluk Tomini Gorontalo**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Andrianto, Pipin. 2012. **Analisa Perubahan Garis Pantai di Kawasan Pesisir Pantai Gresik Akibat Kenaikan Muka Air Laut**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Atikasari, Titis Julaikha. 2016. **Studi Modifikasi Jetty Sebagai Alternatif Penanganan Sedimentasi di Kanal *Water Intake* PLTGU Grati**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Fahmi, Muhammad Baharudin. 2015 **Analisa Laju Sedimentasi Akibat Reklamasi di Teluk Segendis Bontang**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Fuada, Robij Ali. 2012. **Studi Pola Arus dan Sedimentasi di Kawasan Pantai Ujung Piring Bangkalan, Madura**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Kurniawan, Yusak. 2016. **Analisa Laju Sedimentasi di Area BP Tangguh**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Luhwahyuddin, Muhammad. 2012. **Analisa Perubahan Garis Pantai Dengan Menggunakan *Empirical Orthogonal Function* (EOF)**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Novianto, Indra Maulana. 2009. **Analisa Sedimentasi di Dermaga Domestik Terminal Petikemas Surabaya (TPS)**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Pradipta, Palupi Rayi. 2014. **Studi Pengaruh Jetty Terhadap Sedimentasi Muara Sungai Kecamatan Lekok, Grati-Pasuruan**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.

- Prakoso, Andre. 2015. **Analisa Laju Sedimentasi Pada Alur Pelayaran Timur Pelabuhan Tanjung Priok**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Prasetyo, Roby. 2009. **Studi Penanganan Sedimentasi di Pelabuhan Pendaratan Ikan Larangan Tegal**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Saputra, Raindiza. 2014. **Pengaruh Padang Lamun Terhadap Laju Sedimen Transpor dan Perubahan Garis Pantai di Pantai Gemicik, Kabupaten Gianyar, Bali**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Wahyuni, Nurul. 2015. **Analisa Laju Volume Sedimentasi di Alur Pelayaran Barat Surabaya**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Wibowo, Andy. 2014. **Studi Pola Arus dan Sedimentasi di Sungai Kalimas**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Wicaksono, Fiqyh Trisnawan. 2014. **Studi Laju Sedimentasi Akibat Dampak Reklamasi di Teluk Lamong Gresik**. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Surabaya.
- Saputra, Rachmat Agung. 2018. **Pemodelan Sedimentasi Pasca Reklamasi Dan Masterplan Di Teluk Jakarta Menggunakan Perangkat Lunak MIKE21**. Tugas Akhir Progam Studi Ilmu Kelautan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel. Surabaya.
- Budiman, Rizki. 2018. **Simulasi Transpor Sedimen Sungai Progo Di Sekitar Intake Kamijoro**. Tugas Akhir Progam Studi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN I
LOKASI STUDI

1. Lokasi Studi (sumber Google Maps, 2019)



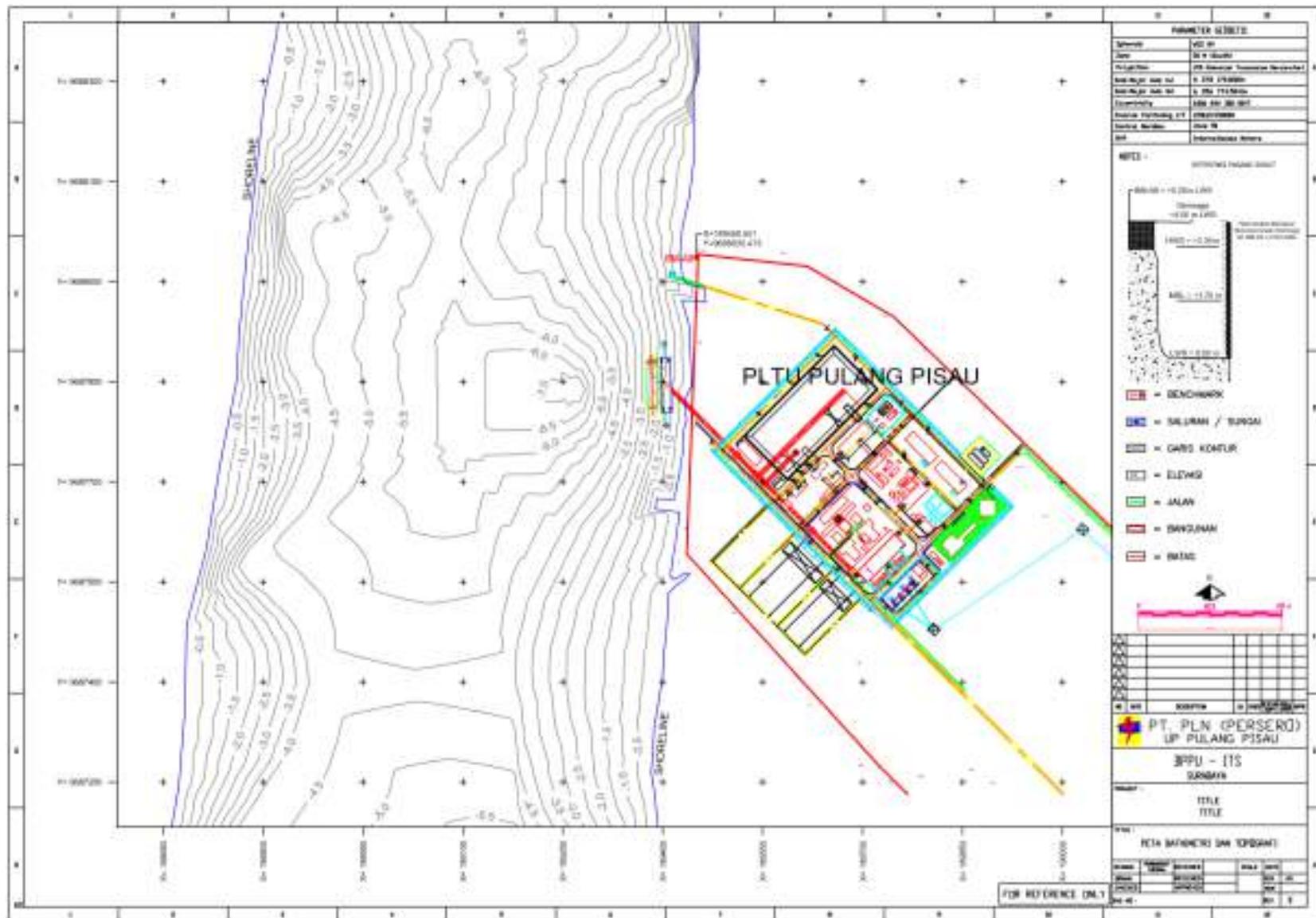
2. Lokasi Studi Tampak Atas (sumber Google Earth, 2019)



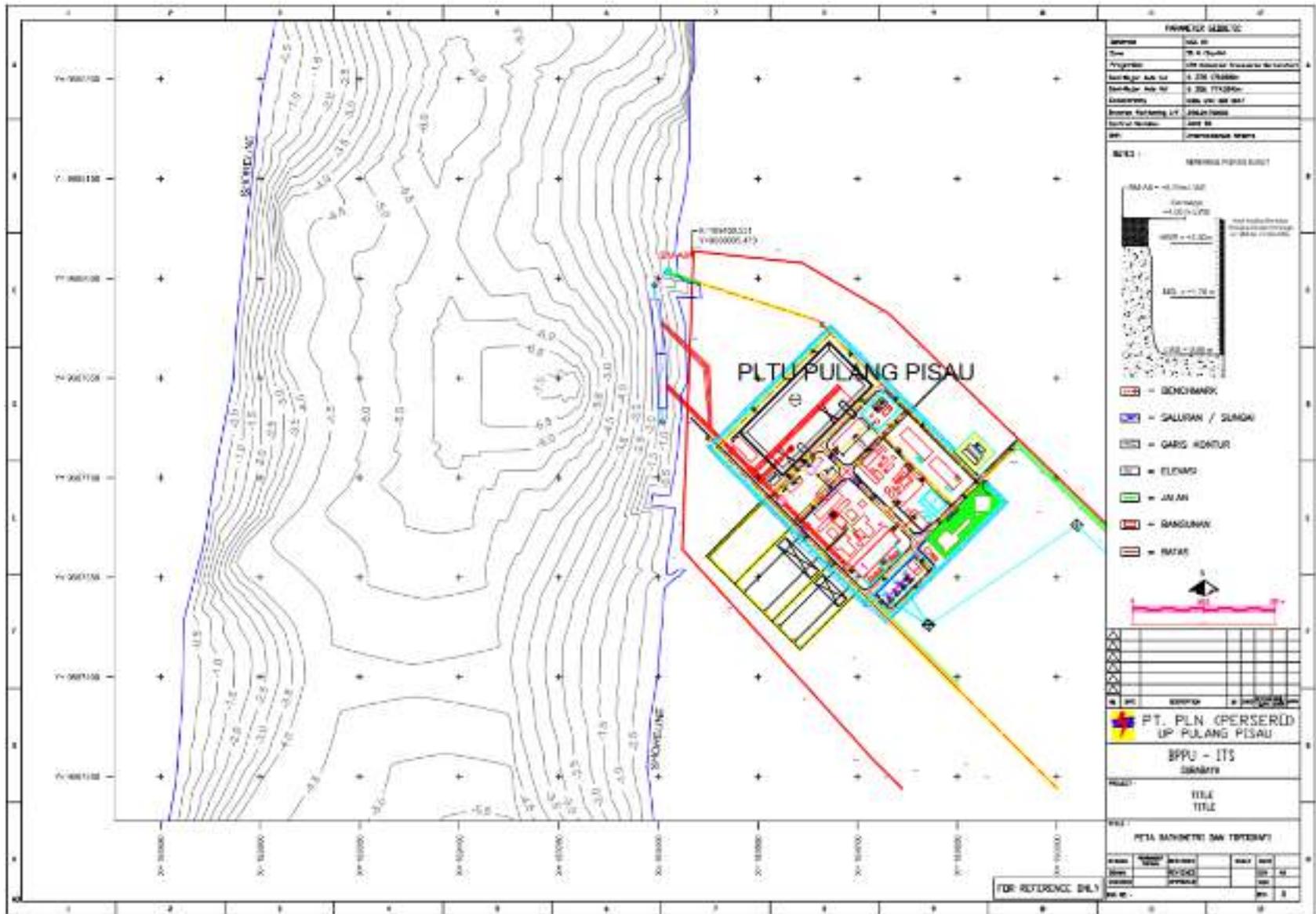
3. Aliran Sungai Kahayan (sumber Google Earth, 2019)



4. Peta Layout dan Batimetri PLTU Pulang Pisau



5. Peta Layout dan Batimetri PLTU Pulang Pisau alternatif 1



6. Peta Layout dan Batimetri PLTU Pulang Pisau alternatif 2



7. Luasan perhitungan volume daerah yang ditinjau

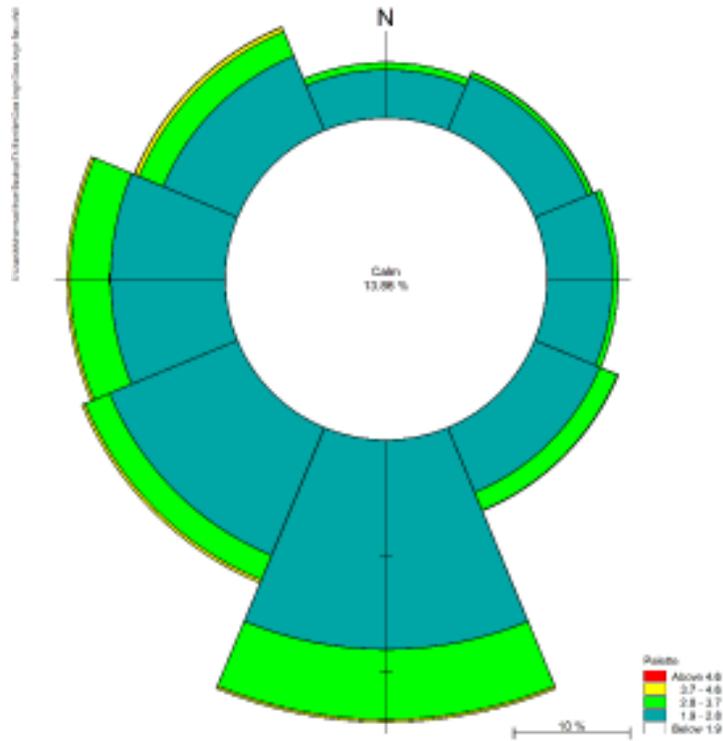


(Halaman Sengaja Dikосongkan)

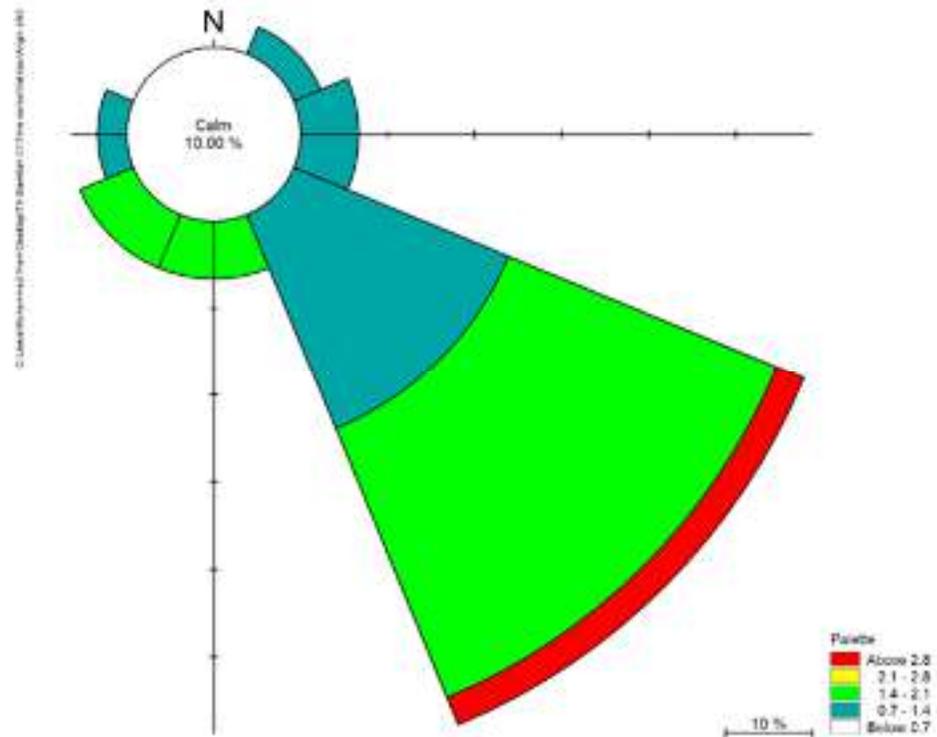
LAMPIRAN II
DATA ANGIN & ARUS

1. Data Angin (Windrose)

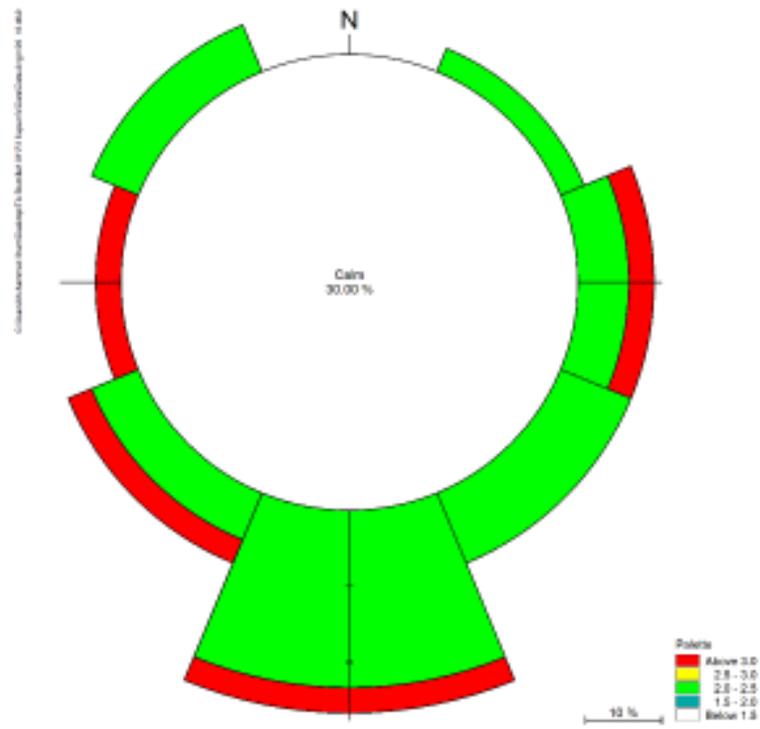
a. Diagram Angin 5 Tahun (2014-2019)



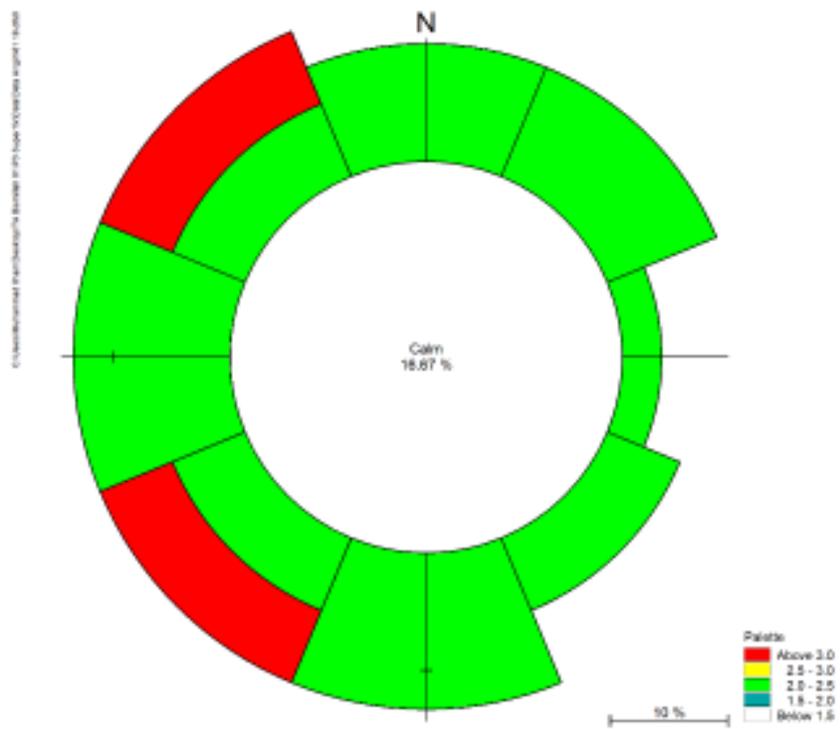
b. Diagram Angin 1-30 Juni 2012



c. Diagram Angin 1-30 Juni 2018



d. Diagram Angin 1-30 Juni 2018

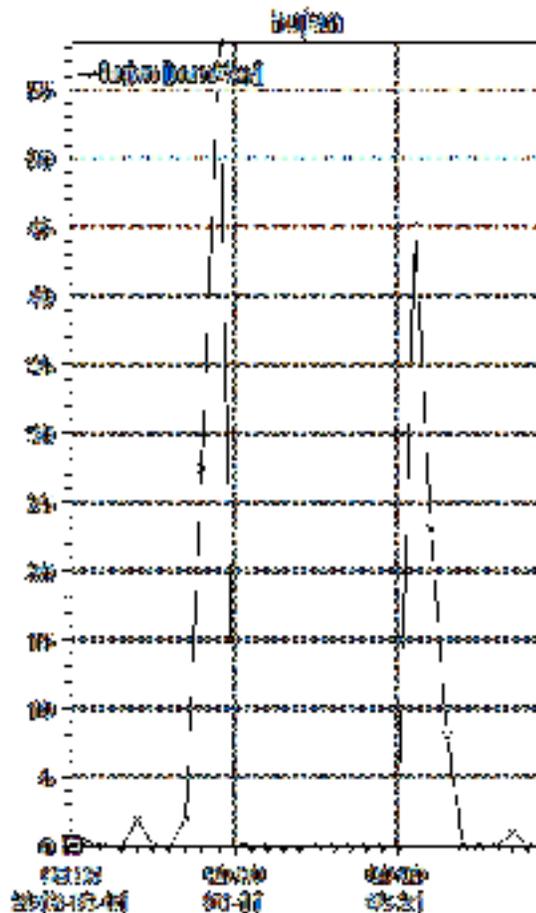


2. Data Arus (Cuplikan Data Pengukuran Setyawan,2012)

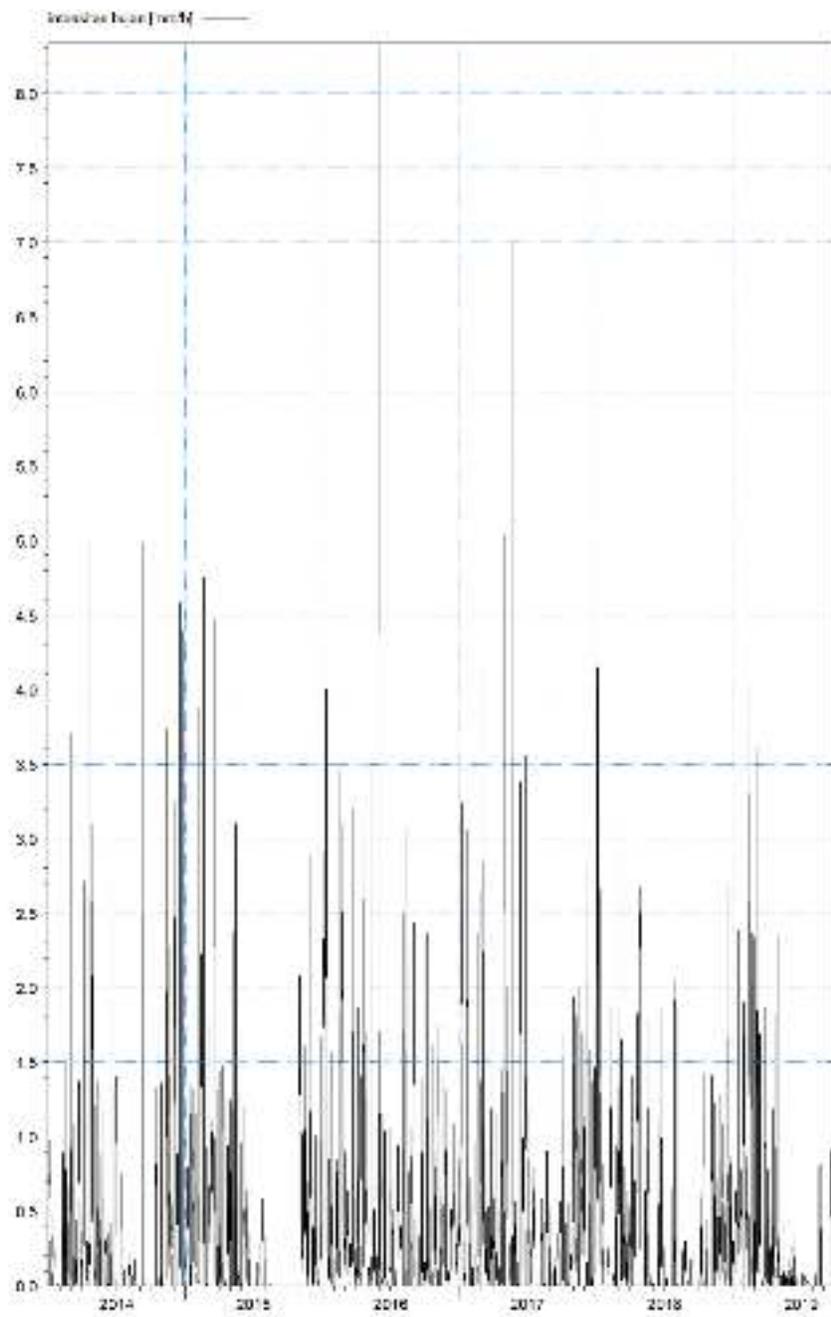
Lokasi	Poin	Waktu	Tanggal	Kecepatan Arus (m/s)
Titik 1	x = 189357.84	09.00	14 Juni	0.54
	y = 9687610.82	12.00	14 Juni	0.52
		15.00	14 Juni	0.44
Titik 2	x = 189361.4	09.00	15 Juni	0.57
	y = 9687733.19	12.00	15 Juni	0.56
		15.00	15 Juni	0.55
Titik 3	x = 189359.79	09.00	16 Juni	0.38
	y = 9687823.35	12.00	16 Juni	0.39
		15.00	16 Juni	0.39
Titik 4	x = 189392.33	09.00	17 Juni	0.61
	y = 9687965.04	12.00	17 Juni	0.55
		15.00	17 Juni	0.48

3. Data Iklim & Cuaca

a. Intensitas Hujan 2012



b. Intensitas Hujan 2014-2019



2014 2015 2016 2017 2018 2019

\

LAMPIRAN III
HASIL PERHITUNGAN
VOLUME SEDIMEN

1. Jetty Eksisiting Musim Timur

Grid Volume Computations

Mon Jan 18 22:13:16 2020

Upper Surface

Grid File Name: C:\Users\Muhammad Ilham\Desktop\TA Bismillah 01\Volume\Ilham Juni.grd
Grid Size: 100 rows x 67 columns

X Minimum: 189261.6722
X Maximum: 189434.9639
X Spacing: 2.6256318181818

Y Minimum: 9687694.545
Y Maximum: 9687955.332
Y Spacing: 2.6342121212169

Z Minimum: -0.05985842599862
Z Maximum: 0.059444807565867

Lower Surface

Level Surface defined by Z = 0

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 911.69624486729
Simpson's Rule: 911.81040459762
Simpson's 3/8 Rule: 911.99253157837

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1134.1841082789
Negative Volume [Fill]: 222.51376377652
Net Volume [Cut-Fill]: 911.67034250236

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 32819.800096093
Negative Planar Area [Fill]: 12372.42247189
NoData Planar Area: 0
Total Planar Area: 45192.222567983

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 32819.828971519
Negative Surface Area [Fill]: 12372.433939812

2. Jetty Eksisiting Musim Barat

Grid Volume Computations

Mon Jan 6 22:15:39 2020

Upper Surface

Grid File Name: C:\Users\Muhammad Ilham\Desktop\TA Bismillah 01\Volume\Ilham
November.grd
Grid Size: 100 rows x 66 columns

X Minimum: 189261.6722
X Maximum: 189434.9639
X Spacing: 2.6660261538462

Y Minimum: 9687890.467
Y Maximum: 9687955.332
Y Spacing: 2.6754040404063

Z Minimum: -0.070012926690824
Z Maximum: 0.069711767556267

Lower Surface

Level Surface defined by Z = 0

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:
Trapezoidal Rule: 680.0419514758
Simpson's Rule: 680.69700080937
Simpson's 3/8 Rule: 680.19913679018

Cut & Fill Volumes
Positive Volume [Cut]: 1123.824584582
Negative Volume [Fill]: 443.82542146657
Net Volume [Cut-Fill]: 679.99916311544

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 30433.543879487
Negative Planar Area [Fill]: 15465.382241052
NoData Planar Area: 0
Total Planar Area: 45898.906120539

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 30433.587841663
Negative Surface Area [Fill]: 15465.385294395

3. Jetty Alternatif 1 Musim Timur

Grid Volume Computations

Tue Jan 6 | 17:15:37 2020

Upper Surface

Grid File Name: C:\Users\Muhammad Ilham\Desktop\TA Bismillah 01\Volume\coba
coba.grd
Grid Size: 100 rows x 63 columns

X Minimum: 189265.3832
X Maximum: 189435.9817
X Spacing: 2.7515887096773

Y Minimum: 9687693.294
Y Maximum: 9687964.132
Y Spacing: 2.7357373737326

Z Minimum: -0.14334364337439
Z Maximum: 0.058358922304387

Lower Surface

Level Surface defined by Z = 0

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 531.9812767474
Simpson's Rule: 532.05679998376
Simpson's 3/8 Rule: 532.03547699837

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1142.3797954932
Negative Volume [Fill]: 610.4379545637
Net Volume [Cut-Fill]: 531.94184092953

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 32144.275509226
Negative Planar Area [Fill]: 14060.281033691
NoData Planar Area: 0
Total Planar Area: 46204.556542917

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 32144.312845634
Negative Surface Area [Fill]: 14060.334227807

4. Jetty Alternatif 1 Musim Barat

Grid Volume Computations

Mon Jan 6 23:06:40 2020

Upper Surface

Grid File Name: C:\Users\Muhammad Ilham\Desktop\TA Bismillah 01\Volume\ilham 21
November.grd
Grid Size: 100 rows x 65 columns

X Minimum: 189265.3832
X Maximum: 189439.6738
X Spacing: 2.7232675

Y Minimum: 9687693.294
Y Maximum: 9687962.45
Y Spacing: 2.7187474747424

Z Minimum: -0.20228308777775
Z Maximum: 0.065132368029294

Lower Surface

Level Surface defined by Z = 0

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: -378.98416126813
Simpson's Rule: -378.83096851396
Simpson's 3/8 Rule: -379.16040697461

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1009.2384058552
Negative Volume [Fill]: 1388.2708331575
Net Volume [Cut-Fill]: -379.03442730237

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 27749.841397293
Negative Planar Area [Fill]: 19181.465505018
NoData Planar Area: 0
Total Planar Area: 46911.306902311

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 27749.889575314
Negative Surface Area [Fill]: 19181.588940195

5. Jetty Alternatif 2 Musim Timur

Grid Volume Computations

Mon Jan 08 22:33:29 2020

Upper Surface

Grid File Name: C:\Users\Muhammad Ilham\Desktop\TA Bismillah 01\Volume\ilham 2b
Juni.grd
Grid Size: 100 rows x 65 columns

X Minimum: 189269.3004
X Maximum: 189440.0015
X Spacing: 2.6872046875001

Y Minimum: 9687693.806
Y Maximum: 9687959.65
Y Spacing: 2.685292929298

Z Minimum: -0.035142718037942
Z Maximum: 0.051749093654446

Lower Surface

Level Surface defined by $Z = 0$

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1084.5412521495
Simpson's Rule: 1084.6721413579
Simpson's 3/8 Rule: 1084.5318596125

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1133.8087896617
Negative Volume [Fill]: 49.274964799185
Net Volume [Cut-Fill]: 1084.5338248625

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 38981.832828197
Negative Planar Area [Fill]: 6398.030400291
NoData Planar Area: 0
Total Planar Area: 45379.863228488

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 38981.849157891
Negative Surface Area [Fill]: 6398.0339568863

6. Jetty Alternatif 2 Musim Barat

Grid Volume Computations

Mon Jan 8 22:38:16 2020

Upper Surface

Grid File Name: C:\Users\Muhammad Ilham\Desktop\TA Bismillah 01\Volume\Ilham 2b November.grd
Grid Size: 100 rows x 66 columns

X Minimum: 189269.3004
X Maximum: 189440.0015
X Spacing: 2.6261707692309

Y Minimum: 9687893.808
Y Maximum: 9687952.4
Y Spacing: 2.6120606080657

Z Minimum: -0.10565806491119
Z Maximum: 0.06420939533853

Lower Surface

Level Surface defined by Z = 0

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:
Trapezoidal Rule: 351.48310714087
Simpson's Rule: 351.72226336998
Simpson's 3/8 Rule: 351.54393691924

Cut & Fill Volumes
Positive Volume [Cut]: 1071.7622342739
Negative Volume [Fill]: 720.28938063137
Net Volume [Cut-Fill]: 351.47285364253

Areas

Planar Areas
Positive Planar Area [Cut]: 30805.218402511
Negative Planar Area [Fill]: 13337.061850977
NoData Planar Area: 0
Total Planar Area: 44142.280253488

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 30805.250420604
Negative Surface Area [Fill]: 13337.10667404

LAMPIRAN IV
LISENSI *SOFTWARE*

a. 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
LAMAM : www.kkp.go.id SURAT ELEKTRONIK : pusriskel@kkp.go.id

Jakarta, 12 November 2019

Nomor : 2015/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* Hidrodinamic (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 Yasyril 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,

Riyanto Basuki

Tembusan :

- Sekretaris BRSDM KP

- b. Software Surfer 16 (Trial Version 3 days)
- c. Autocad 15 (Student Version)
- d. Microsoft Office (Akun Mahasiswa ITS)

BIODATA PENULIS



Muhammad Ilham Maulana lahir di Lumajang, 16 November 1998. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dibesarkan di Desa Keloposepuluh RT. 04 RW. 01, Kecamatan Sukodono, Sidoarjo, Jawa Timur. Sebelum menempuh jenjang pendidikan tingkat sarjana, penulis menyelesaikan pendidikan wajib 12 tahun di Kecamatan Sukodono, Sidoarjo. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat SMA di SMA Negeri 1 Taman pada Tahun 2016, pada tahun sama penulis melanjutkan pendidikan tingkat sarjana di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya. Di Jurusan Teknik Kelautan inilah, penulis menyelesaikan masa pendidikan strata satu dalam kurun waktu 7 semester dengan mengambil Bidang Keahlian Rekayasa Pantai.

Di tahun pertama perkuliahan, penulis sempat mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) ITS yaitu Cinta Rebana (CR) selama 2 tahun. Dalam periode yang hampir bersamaan juga yaitu pada tahun kedua penulis menjabat sebagai wakil ketua Karang Taruna Desa Keloposepuluh. Setelah itu pada semester enam penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA) menjabat sebagai Tim Kesekretariatan Himpunan. Penulis aktif mengikuti berbagai pelatihan dan seminar, terutama yang berhubungan dengan lingkup bidang teknologi kelautan. Kepanitiaan kepanitiaan tingkat jurusan dan kepanitiaan tingkat desa pernah diikuti oleh penulis. Dan pada semester 7 penulis juga pernah menjadi anggota penelitian dan pengabdian masyarakat dosen DTK yang saat itu menjadi pengalaman berharga yang patut diambil sisi positifnya dan segala pelajaran yang telah diberikan oleh dosen pembimbing.

