



TUGAS AKHIR - MO234801

ANALISIS PEMASANGAN *UNDERWATER SILL* TERHADAP LAJU SEDIMENTASI PADA PLTU BANTEN 3 LONTAR

ARSYAD ABDUL AZIS
NRP. 5020201109

Dosen Pembimbing
Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197107231995121001
Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 1953202331005

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2024



TUGAS AKHIR - MO234801

**ANALISIS PEMASANGAN *UNDERWATER SILL* TERHADAP
LAJU SEDIMENTASI PADA PLTU BANTEN 3 LONTAR**

ARSYAD ABDUL AZIS
NRP. 5020201109

Dosen Pembimbing
Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197107231995121001
Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 1953202331005

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2024



FINAL PROJECT - MO234801

**ANALYSIS OF UNDERWATER SILL INSTALLMENT
ON SEDIMENTATION RATES AT BANTEN 3 LONTAR
POWER PLANT**

ARSYAD ABDUL AZIS
NRP. 5020201109

Advisor

Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197107231995121001

Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 1953202331005

Undergraduate Study Program of Ocean Engineering
Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2024



LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PEMASANGAN *UNDERWATER SILL* TERHADAP LAJU SEDIMENTASI PADA PLTU BANTEN 3 LONTAR

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik di
Program Studi Teknik Kelautan
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **ARSYAD ABDUL AZIS**

NRP. 5020201109

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir:

1. Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.  (Pembimbing I)
2. Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D.  (Pembimbing II)
3. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.  (Penguji I)
4. Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T.  (Penguji II)
5. Dr. Dendy Satrio, S.ST.  (Penguji III)



SURABAYA

JULI, 2024

APPROVAL SHEET

ANALYSIS OF UNDERWATER SILL INSTALLMENT ON SEDIMENTATION RATES AT BANTEN 3 LONTAR POWER PLANT

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree in Ocean Engineering at
Undergraduate Study Program of Ocean Engineering
Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: **ARSYAD ABDUL AZIS**

NRP. 5020201109

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. (Advisor I)
2. Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D. (Advisor II)
3. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D. (Examiner I)
4. Wimala Lalitya Dhanistha, S.T., M.T. (Examiner II)
5. Dr. Dendy Satrio, S.ST. (Examiner III)

SURABAYA

JULY, 2024

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Arsyad Abdul Azis / 5020201109

Departemen : Teknik Kelautan

Dosen pembimbing / NIP : Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

197107231995121001

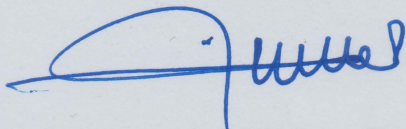
dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Analisis Pemasangan *Underwater Sill* Terhadap Laju Sedimentasi Pada PLTU Banten 3 Lontar“ adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 17 Juli 2024

Mengetahui

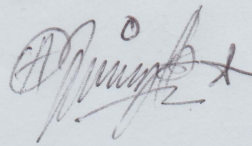
Dosen Pembimbing



(Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.)

NIP. 197107231995121001

Mahasiswa,



(Arsyad Abdul Azis)

NRP. 5020201109

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Arsyad Abdul Azis / 5020201109
Department : Ocean Engineering
Advisor / NIP : Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
197107231995121001

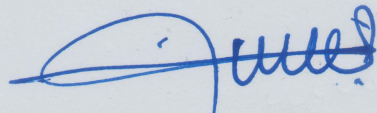
Hereby declare that the Final Project with the title of "Analysis of Underwater Sill Installment on Sedimentation Rates at Banten 3 Lontar Power Plant" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 17th 2024

Acknowledged

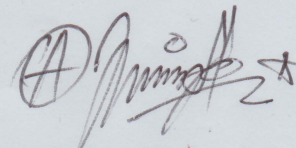
Advisor



(Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.)

NIP. 197107231995121001

Student,



(Arsyad Abdul Azis)

NRP. 5020201109

ANALISIS PEMASANGAN *UNDERWATER SILL* TERHADAP LAJU SEDIMENTASI PADA PLTU BANTEN 3 LONTAR

Nama / NRP : Arsyad Abdul Azis / 5020201109
Departemen : Teknik Kelautan FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

PLTU Banten 3 Lontar merupakan salah satu PLTU di Indonesia yang berada di bawah naungan PT. PLN Indonesia Power untuk menyuplai listrik di pulau Jawa-Bali. Salah satu permasalahan yang terjadi di PLTU Banten 3 Lontar adalah sedimentasi. Sedimentasi yang terjadi di alur pelayaran dalam kolam jetty dapat mengganggu proses bongkar muat batu bara. Oleh sebab itu, penulis melakukan penelitian tugas akhir ini untuk menganalisis pemasangan *underwater sill* untuk menghambat laju sedimentasi yang terjadi, sehingga kegiatan *maintenance dredging* tidak memerlukan biaya yang besar karena volume sedimen yang akan dikeruk berkurang. Penelitian ini menggunakan metode numerik dengan bantuan *software MIKE 21* untuk mengetahui kondisi hidrodinamika. Penelitian ini dilakukan dalam tiga kondisi yaitu kondisi eksisting sebelum ada bangunan *underwater sill*, kondisi setelah dibangun *underwater sill* dengan konfigurasi setengah lingkaran, serta kondisi setelah dibangun *underwater sill* dengan konfigurasi persegi panjang. Sebelum dilakukan pemodelan transport sedimen, dilakukan validasi data pasang surut dan arus menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan tingkat keakuratan yang baik. Hasilnya, apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting sebelum dibangun *underwater sill*, didapatkan penurunan volume sedimen sebesar 29.068,02 m³ dengan membangun *underwater sill* berkonfigurasi persegi panjang dengan panjang 300 m. Selain itu, biaya yang dikeluarkan untuk 20 tahun ke depan juga berkurang sebesar Rp 9.571.295.473.

Kata kunci : alur pelayaran, laju sedimentasi, *underwater sill*, *maintenance dredging*

ANALYSIS OF UNDERWATER SILL INSTALLMENT ON SEDIMENTATION RATES AT BANTEN 3 LONTAR POWER PLANT

Name / NRP : **Arsyad Abdul Azis / 5020201109**
Department : **Ocean Engineering**
Advisor : **Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.**
Prof. Ir. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Banten 3 Lontar Power Plant is one of the power plants in Indonesia under the management of PT. PLN Indonesia Power to supply electricity to the Java-Bali island. One of the problems that occur at Banten 3 Lontar Power Plant is sedimentation. Sedimentation in the navigation channel within the jetty basin can disrupt the coal loading and unloading process. Therefore, the author conducted this final project research to analyze the installation of an underwater sill to hinder the rate of sedimentation, thereby reducing the costs associated with maintenance dredging due to the decreased volume of sediment to be dredged. This research uses numerical methods with the help of MIKE 21 software to determine the hydrodynamic conditions. The research was conducted under three conditions: the existing condition before the underwater sill was built, the condition after the underwater sill was built with a semicircular configuration, and the condition after the underwater sill was built with a rectangular configuration. Before modeling sediment transport, data validation for tides and currents was performed using the Root Mean Square Error (RMSE) method with a high degree of accuracy. The results showed that, compared to the existing conditions before the underwater sill was built, there was a reduction in sediment volume of 29,068.02 m³ by constructing a rectangular underwater sill with a length of 300 m. Additionally, the costs incurred for the next 20 years were reduced by IDR 9.571.295.473.

Keyword : shipping channel, sedimentation rates, underwater sill, maintenance dredging

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa dipanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan nikmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Pemasangan *Underwater Sill* Terhadap Laju Sedimentasi Pada PLTU Banten 3 Lontar”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada program studi S-1 Teknik Kelautan serta untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Tugas Akhir ini membahas mengenai laju sedimentasi pada saat kondisi eksisting dan setelah dipasang variasi bangunan *Underwater Sill* pada PLTU Banten 3 Lontar serta memperkirakan kapan kegiatan *maintenance dredging* perlu dilakukan kembali menggunakan bantuan software MIKE21.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, terdapat kemungkinan adanya kesalahan. Oleh sebab itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan pada saat penulisan Tugas Akhir ini dan penulis juga menerima kritik dan saran agar menjadi pribadi yang lebih baik ke depannya.

Surabaya, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Arus.....	6
2.2.2 Pasang Surut	6
2.2.3 Gelombang.....	8
2.2.4 Sedimentasi.....	8
2.2.5 Transport Sedimen.....	10
2.2.6 Batimetri	12
2.2.7 Pengerukan	12
2.2.8 <i>Underwater Sill</i>	13
2.2.9 <i>MIKE</i>	15
2.2.10 RMSE	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Prosedur Penelitian	20
3.2.1 Studi Literatur.....	20
3.2.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data	21
3.2.3 Pemodelan Hidrodinamika	21
3.2.4 Validasi Data	21
3.2.5 Analisis Laju Sedimentasi pada Periode Pengerukan Sebelumnya.....	21
3.2.6 Pemodelan Transport Sedimen pada Kondisi Eksisting.....	21
3.2.7 Analisis Laju Sedimentasi pada Kondisi Eksisting	21
3.2.8 Perhitungan Nilai Ekonomi Sebelum dan Setelah Dipasang UWS.....	22
3.2.9 Kesimpulan dan Saran	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Lokasi Penelitian.....	23
4.2 Analisis Data	23

4.2.1	Gelombang.....	23
4.2.2	Batimetri	24
4.2.3	Pasang Surut	26
4.2.4	Sedimen	26
4.3	Pemodelan Hidrodinamika.....	27
4.3.1	Pembuatan <i>Boundary</i> dan <i>Mesh</i>	27
4.3.2	Persiapan Pemodelan	30
4.3.3	Hasil Pemodelan	30
4.4	Validasi Pemodelan Hidrodinamika	32
4.5	Pemodelan Transport Sedimen	34
4.5.1	Analisis Transport Sedimen pada Periode Pengerukan Sebelumnya	34
4.5.2	Pemodelan Transport Sedimen pada Kondisi Eksisting.....	35
4.5.3	Pemodelan Transport Sedimen dengan Variasi Bangunan <i>Underwater Sill</i>	36
4.6	Perbandingan Nilai Ekonomi Sebelum dan Setelah dibangun <i>Underwater Sill</i>	38
BAB V PENUTUP		42
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN A (VALIDASI PASANG SURUT)		47
LAMPIRAN B (PERHITUNGAN DESAIN BANGUNAN <i>UNDERWATER SILL</i>).....		56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi PLTU Banten 3 Lontar dan Alur Pelayaran.....	2
Gambar 2.1 Tipe Pasang Surut (Triatmodjo, 1999)	7
Gambar 2.2 Pergerakan Transport Sedimen. (A) Bed Load. (B) Wash Load. (C) Suspended Load (Fredsoe & Deigaard, 1992).....	10
Gambar 2.3 Bangunan UWS (Bhakty, 2015).....	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir	20
Gambar 4.1 Lokasi PLTU Banten 3 Lontar	23
Gambar 4.2 <i>Wave Rose</i> PLTU Lontar Tahun 2023 – 2024.....	24
Gambar 4.3 Peta Batimetri PLTU Lontar Tahun 2023	25
Gambar 4.4 Grafik Pasang Surut PLTU Lontar 19 Agustus – 3 September 2023	26
Gambar 4.5 Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen.....	27
Gambar 4.6 Hasil Pembuatan <i>Boundary</i>	28
Gambar 4.7 Pembagian <i>Boundary</i> Menjadi Beberapa Bagian	29
Gambar 4.8 Hasil Interpolasi Batimetri.....	29
Gambar 4.9 Tampilan MIKE 21 Flow Model FM	30
Gambar 4.10 Hasil Pemodelan Hidrodinamika 19 Agustus 2023.....	31
Gambar 4.11 Hasil Pemodelan Hidrodinamika 19 Februari 2024	31
Gambar 4.12 Lokasi Pengukuran Arus dan Pasang Surut.....	32
Gambar 4.13 Perbandingan Data Pasang Surut Hasil Pemodelan dengan Survei.....	33
Gambar 4.14 Perbandingan Data Kecepatan Arus Hasil Pemodelan dengan Survei.....	33
Gambar 4.15 Data Batimetri pada Tahun 2015 dan 2016	34
Gambar 4.16 Hasil Pemodelan Transport Sedimen pada Kondisi Eksisting	35
Gambar 4.17 Pola Pergerakan Sedimen pada Kondisi Eksisting	35
Gambar 4.18 Hasil Pemodelan Skenario 1	37
Gambar 4.19 Hasil Pemodelan Skenario 2.....	38
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Volume Sedimen Sebelum dan Setelah Dibangun <i>Underwater Sill</i>	40
Gambar 4.21 Grafik Biaya yang Harus Dikeluarkan Selama 20 Tahun Kedepan	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Ukuran Butiran Sedimen (Triatmodjo, 1999).....	9
Tabel 2.2 Tingkat Akurasi RMSE (Oke et al., 2020).....	18
Tabel 4. 1 Konstanta Harmonik Pasang Surut PLTU Lontar	26
Tabel 4.2 Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen	26
Tabel 4.3 Tabel Perhitungan Nilai Ekonomi Sebelum dan Setelah dibangun <i>Underwater Sill</i>	39
Tabel 4.4 Tabel Biaya Pembangunan <i>Underwater Sill</i> Pelabuhan Patimban (Suranto et al., 2021).....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pasokan listrik di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk serta berkembangnya teknologi dan informasi (Go, 2015). Di Indonesia, sebagian besar pembangkit listrik menggunakan tenaga uap dengan bahan bakar batu bara. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik di mana energi listrik dihasilkan dari generator yang diputar oleh turbin uap yang memanfaatkan tekanan uap hasil penguapan air yang dipanaskan oleh bahan bakar di dalam ruang bakar (boiler) (Satiti, 2015). Secara garis besar, PLTU membutuhkan bahan bakar yang umumnya berupa batu bara untuk operasinya. Oleh sebab itu, PLTU harus memiliki kemampuan kerja yang optimal serta mampu menjaga stok bahan bakarnya agar bisa beroperasi untuk mensuplai listrik.

PLTU Banten 3 Lontar merupakan salah satu PLTU di Indonesia di bawah naungan PT PLN Indonesia Power yang terletak di Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. PLTU Banten 3 Lontar memiliki 3 unit pembangkit dengan kapasitas total mencapai 945 MW (masing-masing pembangkit berkapasitas 315 MW) yang akan menyuplai listrik pada Pulau Jawa-Bali. PLTU ini juga merupakan salah satu pembangkit listrik yang masuk ke dalam program percepatan 10.000 MW di Jawa-Bali. Oleh sebab itu, peranan PLTU Banten 3 Lontar sangatlah penting dan harus dijaga kinerjanya agar tetap dapat menyuplai listrik di Pulau Jawa-Bali (Adlin, 2017).

Bukan hanya menyuplai listrik untuk masyarakat secara luas, PLTU juga harus memiliki sistem kinerja yang baik di dalamnya. Kinerja tersebut dapat dilihat dari berbagai sudut pandang, salah satunya adalah dari segi efektivitas (Setyobudhi, 2023). Efektivitas sebuah PLTU dapat dilihat dari banyaknya antrian barges/tongkang yang membawa batu bara sebagai bahan bakar utama bagi PLTU itu sendiri. Apabila terdapat banyak antrian tongkang yang membawa batu bara, maka akan mengganggu alur pelayaran di sekitar PLTU. Dalam tulisannya (Setyobudhi, 2023) juga menambahkan bahwa efektivitas sebuah infrastruktur bidang maritim dapat didukung dengan kegiatan perawatan (maintenance) untuk menjaga kinerja infrastruktur tersebut agar tetap optimal.



Gambar 1.1 Lokasi PLTU Banten 3 Lontar dan *Dredging Line*

Proses sedimentasi merupakan hal yang sering terjadi di area pantai, muara, sungai, alur pelayaran, dan kolam labuh suatu pelabuhan (Firmansyah, 2023). Sedimentasi terjadi karena terdapat suplai muatan sedimen yang cukup tinggi di lingkungan pantai secara terus menerus selama suplai muatan sedimen yang berasal dari daratan masih terus terjadi (Iskandar, 2018). Pada sebuah PLTU, umumnya, sedimentasi terjadi di bagian alur pelayaran, kolam putar, dan dermaga tempat loadout batu bara. Sedimentasi yang terjadi pada bagian dermaga loadout batu bara biasanya diperparah dengan adanya tumpahan batu bara pada saat proses loadout batu bara dari tongkang menuju conveyor belt. Terjadinya sedimentasi baik pada area alur, kolam putar, dan dermaga loadout batu bara akan mengganggu proses operasi PLTU karena apabila sedimentasi yang terjadi pada ketiga area tersebut tidak cepat ditanggulangi maka proses loadout batu bara akan terhambat karena tongkang tidak dapat sandar menuju dermaga karena draftnya tidak cukup dalam.

Banyak bentuk kegiatan perawatan yang dapat dilakukan guna menjaga kinerja PLTU agar tetap optimal. Beberapa contoh kegiatan perawatan pada area PLTU adalah antara lain studi keandalan sistem lalu lintas, pemantauan kondisi lingkungan di sekitar PLTU, dan yang terpenting adalah menjaga kedalaman pada area alur dan kolam PLTU agar tongkang yang membawa batu bara tidak karam dengan rutin melakukan survei batimetri dan maintenance

dredging. Maintenance dredging adalah kegiatan pengerukan yang dilakukan secara berkala pada sebuah infrastruktur maritim seperti pelabuhan, dermaga, dan lain sebagainya terutama di wilayah alur pelayaran guna memenuhi persyaratan navigasi (Raga, 2015). Sehingga, secara teknis, kegiatan pengerukan perawatan (*maintenance dredging*) adalah kegiatan yang merelokasi sedimen yang terdapat di dasar perairan untuk pembangunan dan pemeliharaan saluran air, tanggul dan prasarana transportasi laut, serta untuk perbaikan tanah atau reklamasi (Iskandar, 2018).

Kegiatan *maintenance dredging* yang dilakukan memerlukan biaya yang cukup besar, mengingat kegiatan ini dilakukan kurang lebih selama 4 – 5 bulan. Oleh sebab itu perlu adanya kajian lebih lanjut agar sedimentasi yang terjadi di area alur pelayaran dapat dihambat sehingga kegiatan *maintenance dredging* dapat dikurangi intensitasnya. Salah satu cara untuk menghambat laju sedimentasi tersebut adalah dengan membangun *Underwater Sill*. *Underwater Sill* merupakan sebuah struktur yang dirancang untuk menahan aliran material sedimen di dasar laut baik itu *bed load* maupun *suspended load*, sehingga dapat mereduksi pendangkalan yang terjadi akibat tumpukan sedimen (Marichi, 2017). Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis tentang laju sedimentasi pada kondisi sebelum dan sesudah pemasangan bangunan *Underwater Sill* di area alur pelayaran PLTU Banten 3 Lontar dengan menggunakan bantuan *software* MIKE21.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana laju sedimentasi yang terjadi di area alur pelayaran dalam kolam jetty PLTU Banten 3 Lontar pada periode sebelumnya?
2. Bagaimana perbandingan laju sedimentasi yang terjadi di area alur pelayaran dalam kolam jetty PLTU Banten 3 Lontar pada kondisi eksisting dan setelah dipasang variasi model bangunan *underwater sill*?
3. Bagaimana perbandingan nilai ekonomi kegiatan *maintenance dredging* sebelum dan sesudah dipasang variasi model bangunan *underwater sill*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis laju sedimentasi yang terjadi di area alur pelayaran dalam kolam jetty PLTU Banten 3 Lontar pada periode sebelumnya.
2. Menganalisis perbandingan laju sedimentasi yang terjadi di area alur pelayaran dalam kolam jetty PLTU Banten 3 Lontar pada kondisi eksisting dan setelah dipasang variasi model bangunan *Underwater Sill*.
3. Menganalisis perbandingan nilai ekonomi kegiatan *maintenance dredging* sebelum dan sesudah dipasang variasi model bangunan *Underwater Sill*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memberikan gambaran mengenai bagaimana laju sedimentasi yang terjadi di area alur pelayaran PLTU Banten 3 Lontar serta untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pemasangan *Underwater Sill* dalam menghambat pendangkalan pada area alur pelayaran serta mengetahui kapan kegiatan *maintenance dredging* perlu dilakukan kembali.

1.5 Batasan Masalah

Mengacu pada judul dalam Tugas Akhir ini, banyak yang harus ditinjau, oleh sebab itu perlu adanya batasan masalah. Batasan-batasan tersebut adalah:

1. Lokasi yang menjadi fokus penelitian ini adalah area alur pelayaran dalam kolam jetty PLTU Banten 3 Lontar.
2. Simulasi pemodelan hidrodinamika dan laju sedimentasi menggunakan bantuan *software* MIKE21 secara dua dimensi.
3. Penelitian ini dilakukan hanya untuk mengetahui laju sedimentasi sebelum dan sesudah pemasangan *underwater sill* serta kapan kegiatan *maintenance dredging* dilakukan kembali.
4. Penelitian ini tidak menganalisis detail bangunan *underwater sill* serta stabilitasnya. Analisis yang dilakukan hanya sebatas mencari dimensi yang cocok pada lokasi studi serta pengaruh variasi *layout underwater sill*.
5. Penentuan biaya pembangunan *underwater sill* didasarkan pada proyek yang telah ada sebelumnya, sehingga penelitian ini tidak menghitung rencana anggaran biaya dari awal.
6. Penentuan biaya pengerukan hanya berdasarkan volume sedimen yang akan dikeruk (per m³) tanpa menghitung biaya mob/demob dan biaya lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Alur pelayaran berfungsi sebagai sarana bagi kapal yang akan melakukan proses bongkar muat seperti pada pelabuhan dan PLTU. Alur pelayaran juga memiliki fungsi untuk mengatur laju lintas kapal yang akan keluar masuk agar tidak terjadi tabrakan antar kapal/tongkang. Oleh sebab itu, pemeliharaan kedalaman alur pelayaran menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan oleh *owner* atau pemilik infrastruktur terkait. Desain kedalaman, panjang, lebar, serta kemiringan (*slope*) alur pelayaran menjadi beberapa faktor penting karena harus menyesuaikan dengan dimensi kapal/tongkang yang sering melintas pada alur pelayaran tersebut, sehingga risiko terjadinya kapal tersangkut akibat sedimentasi dapat diminimalisir. Salah satu cara untuk menjaga kedalaman alur pelayaran adalah dengan melaksanakan kegiatan *maintenance dredging* atau pengerukan. Namun, kegiatan pengerukan ini memerlukan biaya yang cukup besar, mengingat area yang akan dikeruk juga luas mulai dari area kolam hingga alur pelayaran. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah solusi agar sedimentasi yang terjadi dapat dihambat, sehingga kegiatan *maintenance dredging* dapat dikurangi intensitasnya.

Dalam penelitian mengenai laju sedimentasi pada infrastruktur pantai telah banyak dilakukan, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Firmansyah, 2023) mengenai pemodelan laju sedimentasi serta desain pengerukan pada Alur Pelayaran Samarinda. Penelitian ini berfokus pada perubahan pola arus serta laju sedimentasi yang terjadi pada Alur Pelayaran Samarinda pada kondisi eksisting dan setelah dilakukan pengerukan. Pada tahun yang sama, (Setyobudhi, 2023) melakukan penelitian yang serupa pada Alur Pelayaran Pelabuhan Belinyu yakni menganalisis mengenai perubahan pola arus dan laju sedimentasi pada kondisi eksisting dan setelah dilakukan pengerukan dan pelurusan alur pelayaran. Sementara itu, (Suranto et al, 2021) melakukan penelitian mengenai studi keekonomian pemasangan *underwater sill* pada Alur Pelayaran Pelabuhan Patimban. Penelitian ini membahas mengenai biaya yang dibutuhkan untuk membangun *underwater sill* serta perbandingan biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan *maintenance dredging* sebelum adanya bangunan *underwater sill* dan setelah dibangunnya variasi *underwater sill*. Penelitian yang dilakukan (Marichi, 2017) di pelabuhan PT. Semen Gresik menganalisis mengenai pemanfaatan *underwater sill* dalam mengatasi pendangkalan

kolam labuh akibat sedimentasi. Pada penelitian ini pemasangan *underwater sill* diberi jarak sejauh 500 m dari garis pantai dan dapat mengurangi laju sedimen sebesar 29,13%.

Berdasarkan penelitian di atas, penulis akan melakukan sebuah pemodelan laju sedimentasi pada area Alur Pelayaran PLTU Banten 3 Lontar pada kondisi eksisting dan setelah dibangun variasi *underwater sill* dengan bantuan *software* MIKE21. Penulis juga akan menganalisis kapan kegiatan *maintenance dredging* perlu dilakukan sebelum adanya *underwater sill* dan juga menghitung nilai keekonomiannya.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Arus

Arus merupakan sebuah pergerakan air dari suatu wilayah ke wilayah lain yang disebabkan akibat adanya hembusan angin yang bertiup di permukaan air atau adanya pengaruh dari pasang surut. Pergerakan air ini dapat terjadi secara horizontal dan vertikal. Perpindahan atau pergerakan secara vertikal yang dimaksud adalah pergerakan air yang terjadi pada lapisan permukaan menuju ke lapisan dasar. Sementara itu, pergerakan atau perpindahan air secara horizontal dapat berupa pergerakan arus di bagian permukaan atau di bagian dasar (Marpaung, 2016).

Terdapat dua gaya yang memengaruhi dalam pergerakan arus yaitu gaya primer dan gaya sekunder. Gaya primer sangat berperan dalam pergerakan dan kecepatan arus. Gaya primer tersebut dapat berupa gaya gravitasi, hembusan angin, dan tekanan atmosfer. Sementara itu, gaya sekunder merupakan gaya yang memengaruhi pergerakan aliran arus. Adapun yang termasuk dalam gaya sekunder ini adalah gaya *coriolis* dan gaya gesek. Berdasarkan penjelasan di atas, maka arus dapat dikelompokkan berdasarkan pembangkitannya, yaitu:

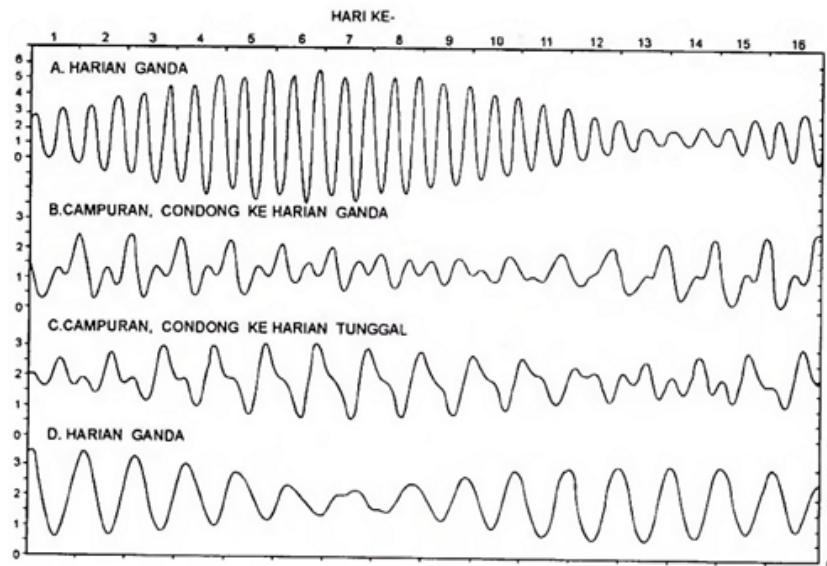
1. Arus yang dibangkitkan oleh hembusan angin di permukaan laut.
2. Arus yang dibangkitkan oleh pasang surut.
3. Arus yang dibangkitkan oleh adanya perbedaan massa jenis air antar lapisan.

2.2.2 Pasang Surut

Pasang-surut merupakan gejala alam yang tampak secara nyata di lautan, di mana fenomena ini membentuk gerak vertikal (naik turunnya air laut secara teratur dan berulang-ulang) dari seluruh partikel air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut (Setyobudhi, 2023). Gerakan pasang-surut air laut disebabkan oleh pengaruh gaya gravitasi

antara bumi dan bulan, bumi dan matahari, atau bumi dengan bulan dan matahari melawan rotasi bumi (Pratikto et al., 2014).

Menurut (Triatmodjo, 1999), secara umum, pasang surut di berbagai daerah perairan Indonesia dibedakan menjadi empat jenis yang dapat ditunjukkan pula secara grafik pada Gambar 2.1, yaitu:



Gambar 2.1 Tipe Pasang Surut (Triatmodjo, 1999)

1. Pasang Surut Harian Ganda (*Semi diurnal tide*)
Semi diurnal tide adalah ketika dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hamper sama dan kejadiannya terjadi secara berutan dan teratur. *Semi diurnal tide* memiliki periode pasang surut sekitar 12 jam 24 menit dan biasanya terjadi di Selat Malaka hingga Laut Andaman.
2. Pasang Surut Harian Tunggal (*Diurnal tide*)
Diurnal tide adalah ketika dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan periode pasang surut sekitar 24 jam 50 menit. Pasang surut jenis ini biasanya terjadi di perairan Selat Karimata.
3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed tide prevailing semi diurnal*)
Mixed tide prevailing semi diurnal adalah ketika dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, namun tinggi dan periode antara pasang surut yang pertama berbeda dengan pasang surut yang kedua. Pasang surut jenis ini biasanya terjadi di Perairan Indonesia Timur.

4. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal (*Mixed tide prevailing diurnal*)
Mixed tide prevailing diurnal adalah ketika dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, namun terkadang untuk sementara waktu dapat terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Umumnya, pasang surut jenis ini terjadi di Selat Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.

2.2.3 Gelombang

Gelombang merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam penentuan tata letak alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai, pelabuhan, dan sebagainya (Triatmodjo, 1999). Data gelombang bisa didapat dengan mengakses situs *European Centre of Medium-Range Weather Forecasts* atau lebih dikenal dengan ECMWF. ECMWF adalah organisasi internasional yang bergerak dalam penyediaan data prediksi jangka menengah hingga panjang untuk penelitian ilmiah. ECMWF juga menyediakan data meteorologi berdasarkan perhitungan metode numerik.

ECMWF menggunakan produk altimeter yang berfungsi sebagai radar untuk membantu dalam peramalan prakiraan cuaca. ECMWF juga didukung oleh 31 negara di benua Eropa dan beberapa organisasi meteorologi dunia seperti *World Meteorological Organization* (WMO), *European Space Agency* (ESA), dan beberapa organisasi lainnya.

2.2.4 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan sebuah proses pengendapan suatu materi yang biasanya dialirkan atau ditransportasikan melalui media air, angin, maupun gleyster pada suatu cekungan. Sama halnya dengan delta yang sering dijumpai di mulut-mulut sungai yang merupakan hasil dari proses pengendapan material yang diangkut oleh air sungai (Setyobudhi, 2023).

Sedimentasi merupakan suatu hal yang umum terjadi di area pantai, muara, sungai, alur pelayaran serta kolam labuh suatu infrastruktur maritim baik itu pelabuhan, PLTU, dan lain sebagainya. Sedimen dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis berdasarkan asalnya (Munandar, 2014).

1. Sedimen *Lithogenous*

Sedimen *lithogenous* merupakan jenis sedimen yang berasal dari sisa pelapukan batuan yang terdapat di daratan, termasuk yang berasal dari kegiatan vulkanik.

2. Sedimen *Biogenous*

Sedimen *biogenous* merupakan sedimen yang berasal dari sisa organisme laut yang telah punah, seperti tulang belulang, gigi, ataupun cangkang.

3. Sedimen *Hydrogenous*

Sedimen *hydrogenous* merupakan sedimen yang berasal dari komponen kimia air laut dengan tingkat konsentrasi yang sangat jenuh sehingga mengalami pengendapan di dasar laut.

4. Sedimen *Cosmogenous*

Sedimen *cosmogenous* merupakan sedimen yang berasal dari benda-benda luar angkasa yang mana partikel dari benda-benda angkasa ini ditemukan di dasar laut dan sebagian besar mengandung unsur besi.

(Triatmodjo, 1999) menjelaskan bahwa proses sedimentasi dapat terjadi akibat sifat dari partikel atau butiran sedimen itu sendiri. Sifat partikel atau butiran sedimen di antaranya berupa ukuran partikel sedimen, rapat massa, kecepatan endap, bentuk, serta tahanan terhadap pergerakan.

Ukuran sedimen dapat diklasifikasikan berdasarkan besar-kecil nya ukuran butirannya seperti batu, koral, pasir, lumpur, liat, dan lempung. (Triatmodjo, 1999) mengklasifikasikan ukuran sedimen berdasarkan diameternya sebagai berikut.

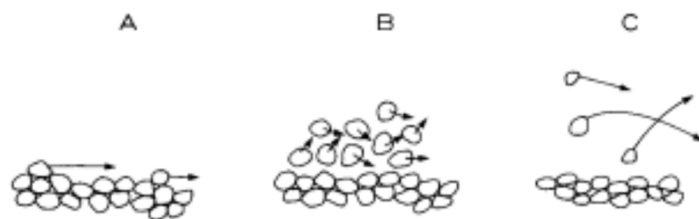
Tabel 2.1 Klasifikasi Ukuran Butiran Sedimen (Triatmodjo, 1999)

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan phi
Batu		256	-8
<i>Cobble</i>		128	-7
Koral	Besar	64	-6
	Sedang	32	-5
	Kecil	16	-4
	Sangat Kecil	8	-3
Kerikil		4	-2

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan phi
Pasir	Sangat Kasar	2	-1
	Kasar	1	0
	Sedang	0,5	1
	Halus	0,25	2
	Sangat Halus	0,125	3
Lumpur	Kasar	0,063	4
	Sedang	0,031	5
	Halus	0,015	6
	Sangat Halus	0,0075	7
Lempung	Kasar	0,0037	8
	Sedang	0,0018	9
	Halus	0,0009	10
	Sangat Halus	0,0005	11

2.2.5 Transport Sedimen

Sedimen yang terdapat di pesisir pantai berasal dari beberapa sumber yaitu dari erosi pantai itu sendiri, sedimen yang berasal dari sungai di sekitar wilayah tersebut, dan sedimen yang berasal dari laut dalam yang terbawa oleh arus dan gelombang. Terdapat tiga jenis pergerakan transport sedimen menurut (Fredsoe & Deigaard, 1992).



Gambar 2.2 Pergerakan Transport Sedimen. (A) Bed Load. (B) Wash Load. (C) Suspended Load (Fredsoe & Deigaard, 1992)

1. *Bed Load Transport*

Bed load merupakan material yang bergerak di dasar sungai. Gerakan material ini dapat berupa bergeser, menggelinding, dan meloncat, namun tidak akan pernah terlepas dari dasar sungai. Biasanya, material ini terdapat pada perairan yang mengalir secara lambat.

2. *Suspended Load Transport*

Suspended load adalah material dasar sungai yang mengambang dalam sebuah aliran, yang biasanya terdiri dari butiran pasir halus. Material ini terus-menerus akan melayang di atas dasar sungai karena adanya gaya dorong ke atas oleh turbulensi yang terjadi pada aliran sungai.

3. *Wash Load Transport*

Wash load merupakan material sedimen dengan partikel sangat halus seperti debu dan lempung yang terbawa oleh aliran sungai. Material ini berasal dari pelapukan lapisan batuan atau tanah yang terdapat di daerah aliran sungai.

Transport sedimen merupakan pergerakan sedimen yang disebabkan oleh gelombang dan arus (Triatmodjo, 1999). Terdapat dua jenis transport sedimen pada pantai, yaitu:

1. *Onshore-offshore transport*

Pada transport sedimen jenis ini, rata-rata pergerakan arahnya tegak lurus dengan garis pantai.

2. *Longshore transport*

Pada transport sedimen jenis ini, rata-rata pergerakan arahnya sejajar dengan garis pantai.

Menurut (Firmansyah, 2023), terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi laju transport sedimen, di antaranya:

1. Karakteristik Material Sedimen

Karakteristik yang dimaksud berupa distribusi butir sedimen, bentuk partikel, ukuran partikel, dan rapat massa sedimen. Karakteristik tersebut memengaruhi kemampuan sedimen mengalami perpindahan. Sedimen dengan bentuk yang bulat dan bertekstur halus cenderung lebih mudah terangkut dibandingkan dengan sedimen dengan bentuk yang tidak beraturan dan bertekstur kasar.

2. Karakteristik Gelombang dan Arus

Gelombang, arus, dan kecepatan serta arah angin sangat berperan dalam proses transport sedimen. Kecepatan pergerakan partikel air berbanding lurus dengan tinggi gelombang yang terbentuk, namun berbanding terbalik dengan kedalaman perairan. Semakin dangkal kedalaman suatu perairan maka akan mengurangi laju transport sedimen.

2.2.6 Batimetri

Batimetri merupakan ukuran tinggi atau rendahnya dasar laut yang umumnya berupa peta yang berisi informasi mengenai kedalaman dasar laut di suatu wilayah perairan. Informasi terkait batimetri suatu wilayah perairan memiliki fungsi sebagai dasar untuk mempelajari ekosistem dasar laut, misalnya informasi mengenai zona potensi wisata laut (Setyobudhi, 2023).

Peta batimetri, umumnya, menampilkan relief dasar laut dengan menggunakan garis kontur atau biasa disebut kontur kedalaman (*depth contours*). Peta batimetri sangat berguna, khususnya dalam bidang kelautan. Biasanya, peta batimetri digunakan untuk menentukan desain kedalaman sebuah alur pelayaran, perencanaan bangunan lepas pantai, perencanaan instalasi pipa bawah laut, pembangunan bangunan pelindung pantai, serta masih banyak lagi.

2.2.7 Pengerukan

Pengerukan merupakan sebuah kegiatan pengambilan material berupa sedimen yang mengendap di dasar perairan baik itu sungai, muara, danau, atau bahkan laut dan membuang/memindahkan hasil pengerukan tersebut ke tempat yang telah ditentukan. Pengerukan juga dapat didefinisikan sebagai sebuah pekerjaan yang merubah dasar suatu perairan untuk mendapatkan kedalaman yang telah didesain sebelumnya untuk keperluan tertentu.

Menurut (Raga, 2015), pekerjaan pengerukan dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

1. Capital Dredging

Capital Dredging merupakan kegiatan pengerukan yang pertama kali dilakukan di suatu wilayah perairan tertentu, biasanya *capital dredging* dilakukan dalam rangka pembangunan infrastruktur kelautan yang baru (dapat berupa pelabuhan, PLTU, dan sebagainya). *Capital dredging*, dalam pelaksanaannya, membutuhkan modal yang cukup besar karena banyak material yang harus dikeruk agar kedalamannya sesuai dengan kedalaman desain.

2. *Maintenance Dredging*

Maintenance dredging merupakan kegiatan pengerukan yang dilakukan pada sebuah infrastruktur kelautan yang telah beroperasi untuk menjaga kedalaman alur pelayaran agar sesuai dengan persyaratan navigasi. Kegiatan ini harus dilakukan karena adanya sedimentasi yang terjadi secara alami akan menyebabkan pendangkalan alur pelayaran.

3. *Rock Dredging*

Rock dredging merupakan kegiatan pengerukan khusus karena sedimen yang akan dikeruk berupa batuan. Oleh sebab itu, terdapat perbedaan metode pengerukan dalam proses pengerjaannya.

4. Reklamasi

Reklamasi bertujuan untuk memindahkan material hasil sedimentasi pada suatu wilayah pengerukan ke daerah timbunan dengan tujuan untuk menambah luas daerah timbunan tersebut untuk keperluan rekayasa wilayah.

2.2.8 *Underwater Sill*

Underwater Sill (UWS) adalah struktur/bangunan yang dibuat di bawah permukaan air yang berfungsi sebagai penahan aliran material sedimen di dasar air baik itu bed load maupun suspended load (Transport sedimen) yang mengalir masuk ke dalam kolam labuh sehingga dapat mengurangi pendangkalan yang diakibatkan oleh sedimentasi. UWS pada pengaplikasiannya dipasang di sekeliling kolam labuh dan alur pelayaran. Dengan adanya *Underwater Sill* (UWS) maka aliran sedimen setinggi mercu UWS dapat dibelokkan sehingga tidak mengalir ke kolam labuh dan alur pelayaran. Dampak positif penggunaan struktur *Underwater Sill* (UWS) pada kolam pelabuhan dan alur pelayaran adalah ramah lingkungan karena tidak memberikan dampak pada garis pantai karena angkutan suspended load di atas mercu UWS masih dapat mengalir melalui bangunan UWS. Selain ramah lingkungan, biaya pembangunan UWS relatif murah dibandingkan menggunakan *breakwater* atau sejenisnya.



Gambar 2.3 Bangunan UWS (Bhakty, 2015)

Dalam penelitian (Tsuruya et al, 1990) di Pelabuhan Kumamoto Jepang, diketahui untuk bangunan Underwater Sill (UWS) dengan tinggi 1 meter dapat mencegah pendangkalan kolam labuh di Pelabuhan Kumamoto Jepang sekitar 30% dari total sedimentasi tanpa menggunakan bangunan *Underwater Sill* (UWS).

Pendekatan yang dilakukan untuk menghasilkan bilangan tak berdimensi pada kasus aliran dengan UWS adalah dengan membandingkan debit aliran yang masuk setelah dibangun UWS (Q_1) dengan debit aliran sebelum dibangun UWS (Q_0) (Bhakty, 2015). Didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot f\left(\frac{B_{gap}}{B}\right) = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap} \dots\dots\dots 1$$

Nilai C_{gap} dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut (Bhakty, 2015)

$$C_{gap} = -3,036 \left(\frac{B_{gap}}{B}\right)^2 + 2,108 \left(\frac{B_{gap}}{B}\right) + 0,965 \dots\dots\dots 2$$

Dengan:

F = Jarak vertikal puncak UWS ke permukaan air (m)

B = Lebar Saluran (m)

B_{gap} = Jarak horizontal UWS dengan garis pantai (m)

C_{gap} = Konstanta pengaruh B_{gap}

- n' = Konstanta pengaruh *layout* UWS
- Q_0 = Debit sebelum dibangun UWS (m³/s)
- Q_1 = Debit setelah dibangun UWS (m³/s)

Adapun nilai koefisien n' tiap *layout* dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Nilai Koefisien n' Tiap *Layout* UWS (Bhakty, 2015)

Model UWS	n'	$\left(\frac{F}{d}\right)^{n'}$
Kotak	0,50	$\left(\frac{F}{d}\right)^{0,50}$
Trapeسيوم	0,67	$\left(\frac{F}{d}\right)^{0,67}$
Lengkung	0,80	$\left(\frac{F}{d}\right)^{0,80}$

2.2.9 MIKE

2.2.9.1 MIKE Zero

MIKE Zero atau yang lebih dikenal dengan Mike adalah salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh *DHI Software*. *Software* ini dapat menyimulasikan pemodelan hidrodinamik di daerah pesisir, sungai, muara, dan laut. *MIKE Zero* memiliki beberapa modul di dalamnya, salah satu modul yang digunakan pada pemodelan ini adalah *MIKE 21*. Di dalam *MIKE 21* ini terdapat modul-modul yang digunakan untuk pemodelan kali ini, yaitu modul hidrodinamik serta modul transport sedimen.

MIKE Zero juga menyediakan grafis antarmuka berbasis sistem operasi *Windows* untuk melakukan simulasi, analisis pra dan pasca proses, presentasi serta visualisasi pemodelan lingkungan.

2.2.9.2 MIKE21 Flow Model FM

MIKE 21 Flow Model FM adalah salah satu *software package* yang di dalamnya terdapat pemodelan 2 dimensi untuk aliran permukaan, seperti muara sungai, pesisir pantai, dan laut. *Software* ini juga mampu untuk melakukan pemodelan hidrolis terkait fenomena yang terjadi di danau, teluk, muara, pesisir, dan laut lepas.

2.2.9.3 Modul Hidrodinamika

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, bahwa di dalam *software MIKE 21* terdapat sebuah modul hidrodinamika yang digunakan untuk melakukan pemodelan arus di permukaan baik itu di danau, muara, pesisir, dan laut lepas. Model ini menyimulasikan arus *unsteady* secara dua dimensi dalam satu lapisan fluida. Adapun persamaan yang digunakan dalam modul hidrodinamika ini merupakan gabungan antara massa dengan momentum secara vertikal yang menggambarkan sebagai arus dan variasi permukaan air. Berikut merupakan persamaannya:

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta p}{\delta x} + \frac{\delta q}{\delta y} = \frac{\delta \zeta}{\delta t} \dots\dots\dots 3$$

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\delta \zeta}{\delta x} \dots\dots\dots 4$$

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\delta \zeta}{\delta x} \dots\dots\dots 5$$

Dengan:

- h (x, y, t) = kedalaman perairan ($\zeta - d, m$)
- d (x, y, t) = kedalaman perairan terhadap waktu (m)
- ζ (x, y, t) = ketinggian permukaan (m)
- p (x, y, t) = berat jenis flux dalam arah x ($m^3/s/m$)
- q (x, y, t) = berat jenis flux dalam arah y ($m^3/s/m$)
- g = percepatan gravitasi (m^2/s)
- x = koordinat jarak sumbu x (m)
- y = koordinat jarak sumbu y (m)
- t = waktu (s)

2.2.9.4 Modul Transport Sedimen

Modul *Mud Transport* (MT) yang terdapat dalam *MIKE 21* merupakan sebuah aplikasi model yang dapat digunakan untuk melakukan pemodelan transport sedimen yang bersifat kohesif. Modul ini terdapat pada sistem pemodelan *MIKE 21 Flow Model FM*, di mana *Flow Model FM* ini menggunakan pendekatan jaringan mesh yang cukup mudah untuk disesuaikan. *Flow Model FM* ini sangat cocok untuk pemodelan di wilayah pesisir pantai dan juga muara sungai.

Karena modul yang digunakan adalah untuk pemodelan transport sedimen kohesif, pendekatan formula yang digunakan di antaranya adalah model Engelund-Hansen, model Van Rijn, model Engelund-Fredsoe, dan model Meyer-Peter-Muller. Formula-formula tersebut menggabungkan pengaruh arus dan gelombang dalam pergerakan transport sedimen demi mendapatkan hasil pemodelan yang akurat. Persamaan yang digunakan dalam modul transport sedimen adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial z}{\partial t} = \frac{z(1+e^{-z})}{e^{z(z-1)+1}} \frac{1}{U_0} \frac{dU_0}{dt} + \frac{30K}{k} \frac{\sqrt{K^2 U_0^2 |z^2 U^2 f_0| 2Kz U_{f0} U_0 \cos \gamma}}{e^{z(z-1)+1}} \dots\dots\dots 6$$

Dengan:

K = konstanta Von Karman

t = waktu

z = ketebalan *boundary layer*

U_0 = kecepatan orbit dasar gelombang terdekat

U_{f0} = kecepatan geser arus dalam lapisan batas gelombang

γ = sudut antara arus dan gelombang

k = kekasaran dasar permukaan $2.5 d_{50}$ untuk lapisan *plane bed* dan $2.5 d_{50} + kR$ untuk *ripple covered bed*

d_{50} = rata-rata ukuran diameter sedimen

kr = *ripple* yang berhubungan dengan kekasaran

2.2.10 RMSE

Root Mean Square Error atau RMSE adalah nilai rata-rata kesalahan pada suatu sampel data yang terdapat pada sebuah pemodelan/eksperimen. RMSE merupakan sebuah cara untuk mengukur perbandingan antara data pengamatan di lapangan dengan data yang dihasilkan oleh pemodelan/eksperimen. RMSE juga telah banyak digunakan untuk membandingkan antara hasil suatu metode dengan metode lainnya, dengan kata lain, RMSE bisa digunakan untuk menentukan metode mana yang hasilnya paling akurat (Sanjaya et al. 2020). Adapun persamaan untuk menghitung nilai RMSE adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots 7$$

Dengan:

RMSE = root mean square error

n = banyak data

\hat{y}_i = data pemodelan

y_i = data pengamatan lapangan

Nilai yang dihasilkan RMSE merupakan nilai rata-rata kuadrat dari jumlah kesalahan/error antara data pemodelan dengan data pengamatan di lapangan. RMSE sering digunakan sebagai acuan untuk mengukur tampilan sebuah pemodelan dalam berbagai studi, misalnya dalam meteorologi, iklim, dan kualitas air (Draxler et al., 2014).

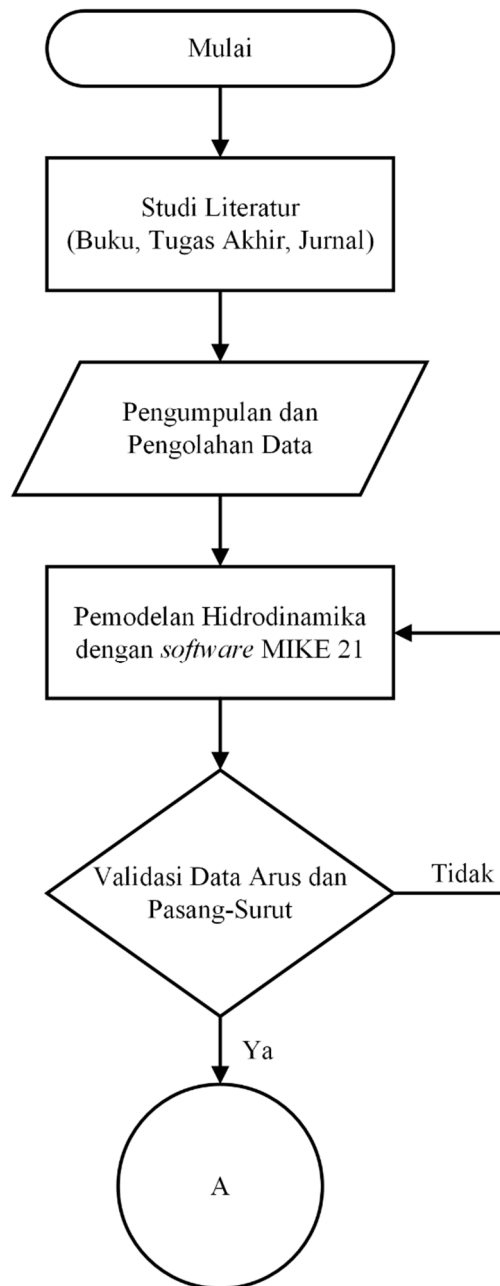
Tabel 2.3 Tingkat Akurasi RMSE (Oke et al., 2020)

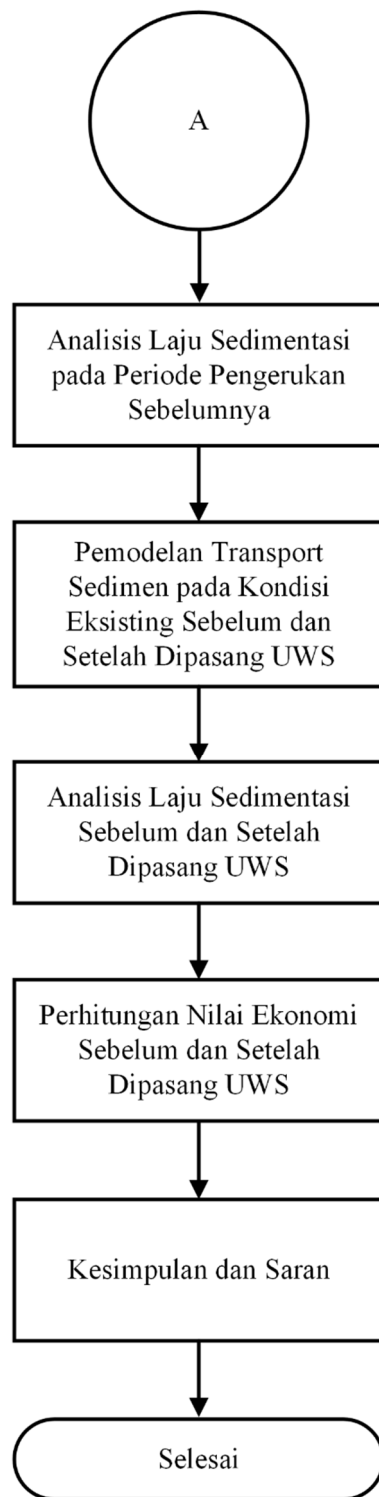
Persentase Nilai RMSE	Tingkat Keakuratan
< 1%	Prediksi Pemodelan Sangat Akurat
1% – 10%	Prediksi Pemodelan Baik
10% – 50%	Prediksi Pemodelan Wajar
> 50%	Prediksi Pemodelan Tidak Akurat

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam penyusunan tugas akhir ini, metode penelitian yang akan digunakan untuk mempermudah proses pengerjaan digambarkan dalam diagram alir berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan awal yang perlu dilakukan dalam melakukan penelitian. Kegiatan ini perlu dilakukan untuk memberikan pemahaman serta menambah

pengetahuan terhadap permasalahan yang akan dibahas. Umumnya, pada tahap ini, literatur yang dimaksud dapat berupa buku, laporan penelitian terdahulu, jurnal, *proceeding*, serta artikel ilmiah lainnya.

3.2.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan berupa gelombang signifikan yang diperoleh dari situs ECMWF, data kecepatan arus, data pasang surut, batimetri, serta sedimen. Pada tahap ini, data-data tersebut akan digunakan dalam pemodelan hidrodinamika dan transport sedimen dengan menggunakan bantuan *software* MIKE21.

3.2.3 Pemodelan Hidrodinamika

Pemodelan hidrodinamika dilakukan dengan membuat *mesh* serta menentukan *land boundary* pada area penelitian. Setelah *mesh* telah terbentuk langkah selanjutnya adalah dengan memasukkan data batimetri. Apabila semua data telah dimasukkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan dengan menentukan tanggal pemodelan yang sesuai dengan data yang telah didapatkan. Pada pemodelan ini, pasang-surut juga dapat di-*generate* sehingga data hasil pemodelan ini selanjutnya dapat divalidasi.

3.2.4 Validasi Data

Data hasil pemodelan yang telah didapatkan selanjutnya dibandingkan dengan data pasang surut yang diperoleh melalui hasil survei. Penentuan validasi data menggunakan metode RMSE (*Root Mean Square Error*). Apabila hasil dari RMSE mendekati nilai nol, maka data hasil pemodelan dinyatakan valid untuk digunakan dalam pemodelan selanjutnya.

3.2.5 Analisis Laju Sedimentasi pada Periode Pengerukan Sebelumnya

Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar laju sedimentasi pada periode pengerukan sebelumnya. Hasil analisis ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pemodelan transport sedimen pada kondisi eksisting.

3.2.6 Pemodelan Transport Sedimen pada Kondisi Eksisting

Setelah data hasil pemodelan hidrodinamika dinyatakan valid, langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan transport sedimen dengan menggunakan *mud transport module*. Pada pemodelan ini diperlukan data tambahan berupa *settling velocity*, *bed parameter*, data gelombang, serta beberapa parameter lainnya. Hasil dari pemodelan ini dapat berupa *total bed layer changes* yang mana merupakan representative dari laju sedimentasi.

3.2.7 Analisis Laju Sedimentasi pada Kondisi Eksisting

Setelah dilakukan pemodelan transport sedimen, hasil atau *output* pemodelan tersebut dapat dianalisis. *Output* hasil pemodelan tersebut dapat berupa laju sedimentasi, pola sebaran

sedimen, serta pola arusnya pada dua kondisi, yakni sebelum dipasang UWS dan setelah dipasang variasi bangunan UWS.

3.2.8 Perhitungan Nilai Ekonomi Sebelum dan Setelah Dipasang UWS

Setelah diketahui variasi bangunan UWS mana yang dapat menahan sedimen dengan cukup baik, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai ekonominya. Perhitungan nilai ekonomi menggunakan penyusutan metode garis lurus. Metode ini merupakan metode perhitungan nilai penyusutan sebuah aset yang cukup sederhana. Perhitungan nilai ekonomi sebelum dan setelah dipasang UWS adalah dengan melihat intensitas pengerukan dalam kurun waktu tertentu. Dari data tersebut nantinya akan dihitung variasi bangunan mana yang membuat intensitas pengerukan jadi lebih berkurang.

3.2.9 Kesimpulan dan Saran

Dari semua hasil analisis yang telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah menarik kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya. Selain itu, diberikan pula saran untuk penelitian dengan topik yang serupa.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi objek penelitian tugas akhir ini adalah PLTU Banten 3 Lontar yang terletak di Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. Secara geografis, PLTU Banten 3 Lontar terletak pada 662156.404 E dan 9330185.029 N.



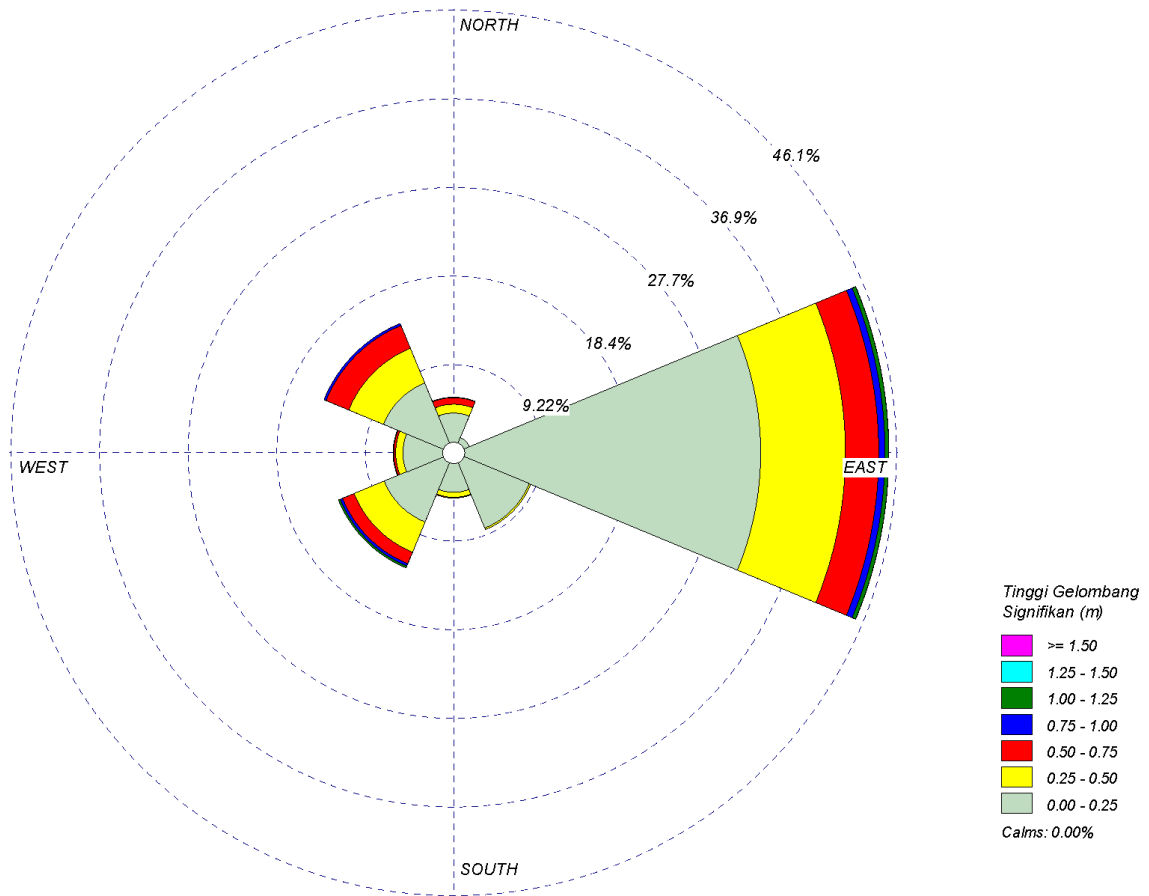
Gambar 4.1 Lokasi PLTU Banten 3 Lontar

4.2 Analisis Data

4.2.1 Gelombang

Data gelombang yang digunakan merupakan data sekunder yang didapatkan dari situs *European Centre of Medium-Range Weather Forecast (ECMWF)* pada lokasi PLTU Lontar mulai dari tahun 2023 – 2024. Setelah data gelombang berupa arah gelombang, tinggi gelombang signifikan, serta periode puncak gelombang didapatkan, langkah selanjutnya adalah memasukkan data-data tersebut ke dalam *software* WRPLOT. Adapun parameter yang perlu dimasukkan dalam *software* WRPLOT adalah tahun, bulan, hari, jam, tinggi gelombang, serta

arah datang gelombang (dalam derajat). Setelah parameter tersebut diolah, maka didapatkan *wave rose* seperti **Gambar 4.2** di bawah ini.

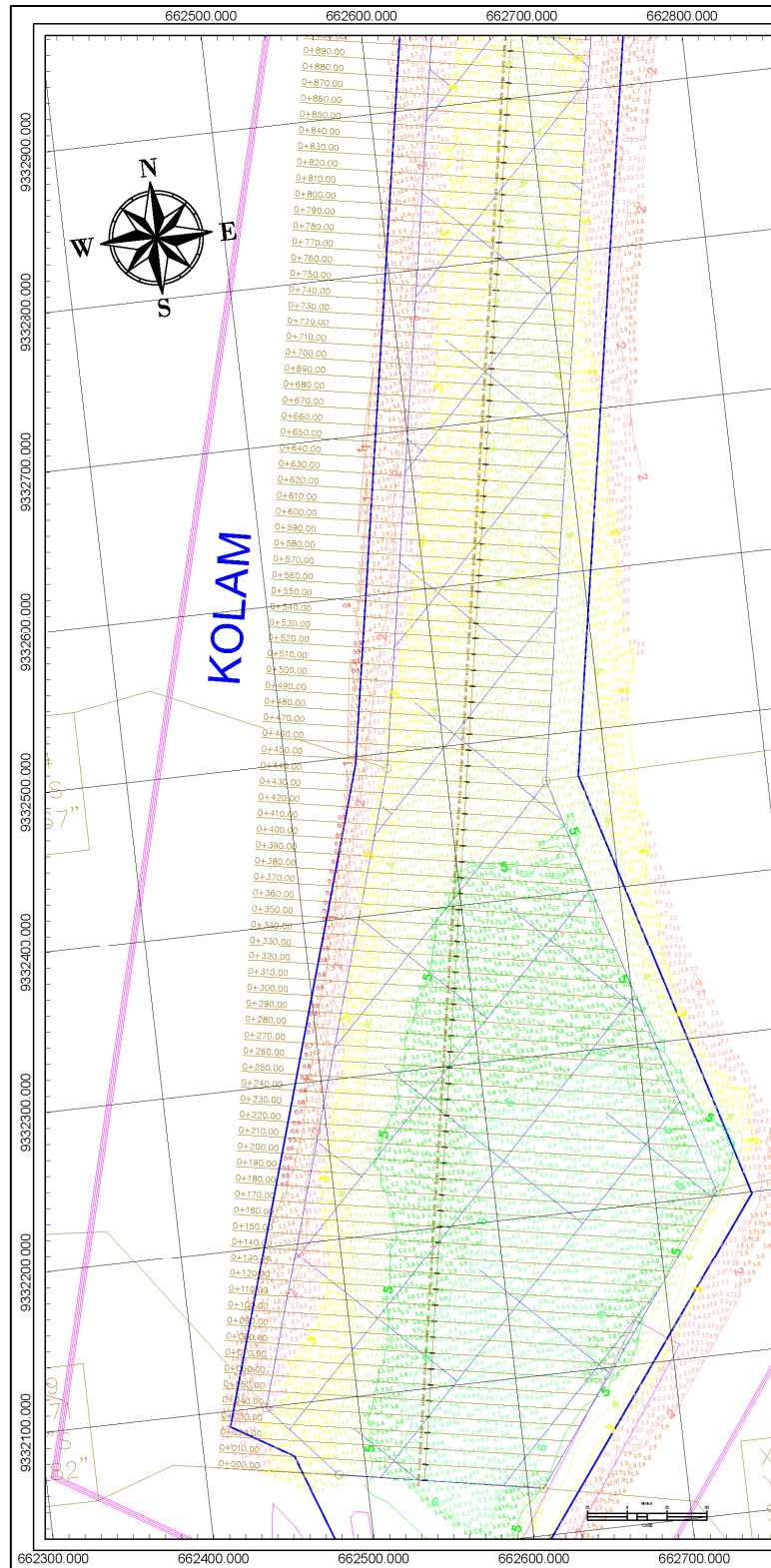


Gambar 4.2 *Wave Rose* PLTU Lontar Tahun 2023 – 2024

Berdasarkan **Gambar 4.2** yang telah didapatkan dari hasil pengolahan data menggunakan *software* WRPLOT, diketahui bahwa gelombang dominan datang dari arah timur atau pada arah 180°.

4.2.2 Batimetri

Data batimetri pada laporan Tugas Akhir ini merupakan data batimetri PLTU Lontar yang didapatkan dari hasil survei pada tahun 2023 menggunakan alat *Multibeam Echosounder*. Data batimetri ini merupakan data sekunder yang nantinya akan diolah dengan melakukan digitasi pada tiap kontur batimetri menjadi poin yang sesuai dengan koordinatnya. Data yang dihasilkan dari digitasi ini berupa koordinat *latitude* dan *longitude* beserta kedalamannya atau biasa dikenal dengan *file .xyz*. Acuan elevasi dari peta batimetri ini adalah LWS.

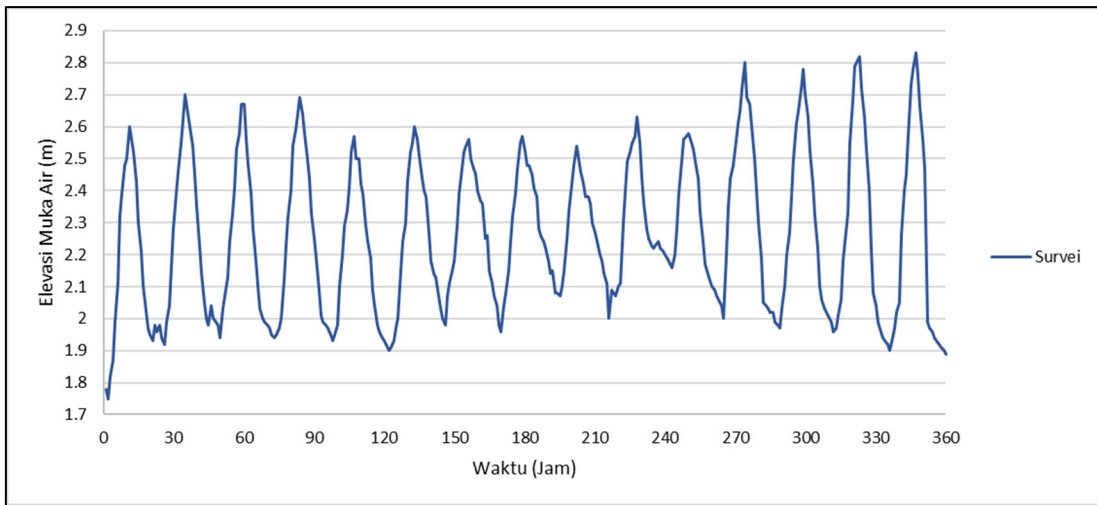


Gambar 4.3 Peta Batimetri PLTU Lontar Tahun 2023

Pada **Gambar 4.3** diketahui kedalaman area Kolam Jetty PLTU Banten 3 Lontar pada tahun 2023 berkisar antara -6 m hingga -3.7 m.

4.2.3 Pasang Surut

Data pasang surut yang nantinya akan dimasukkan kedalam pemodelan merupakan data sekunder hasil pengamatan selama 15 hari, mulai dari tanggal 19 Agustus 2023 pukul 00.00 WIB hingga 2 September 2023 pukul 23.00 WIB. Data pasang surut ini memiliki interval 60 menit sehingga terdapat 360 data. Data pasang surut ini selanjutnya diolah untuk mengetahui tipe pasang surut berdasarkan nilai *Formzhal*-nya, diketahui pasang surut yang terjadi di PLTU Banten 3 Lontar bertipe diurnal atau satu kali pasang satu kali surut.



Gambar 4.4 Grafik Pasang Surut PLTU Lontar 19 Agustus – 3 September 2023

Tabel 4. 1 Konstanta Harmonik Pasang Surut PLTU Lontar

A (cm)	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
	226	2	10	2	56	4	0	1	3	18
g°		85	306	145	131	169	179	340	306	131

4.2.4 Sedimen

Data sedimen yang digunakan pada laporan Tugas Akhir ini adalah data sekunder yang diambil bersamaan dengan pengukuran kecepatan arus di beberapa titik. Terdapat tiga titik pengambilan sampel sedimen yang disajikan dalam Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen

Titik	Koordinat	Gravel (%)	Sand (%)	Silt/Clay (%)
1	-6.034758 106.459058	0	3,93	96,07
2	-6.031300	0	1,55	98,45

	106.470403			
3	-6.040639	0	2,16	97,84
	106.468044			

Sampel sedimen yang telah diambil kemudian dibawa ke laboratorium untuk mengetahui *sediment properties*-nya. Setelah diolah di laboratorium, diketahui bahwa sedimen yang terdapat pada PLTU Lontar terdiri dari *sand* (pasir) dan juga *silt / clay*. Selain itu, sampel sedimen pada PLTU Lontar menunjukkan bahwa ukuran partikel sedimen atau D50 bernilai 0.03 mm.

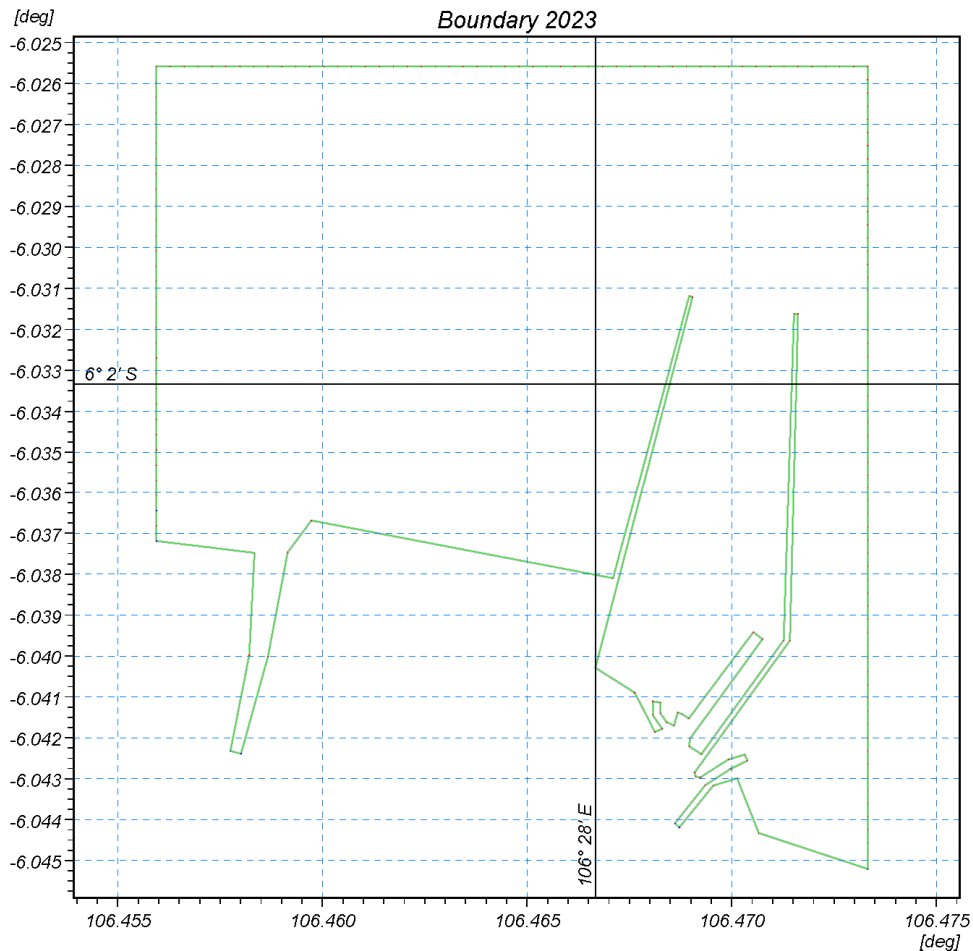


Gambar 4.5 Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen

4.3 Pemodelan Hidrodinamika

4.3.1 Pembuatan *Boundary* dan *Mesh*

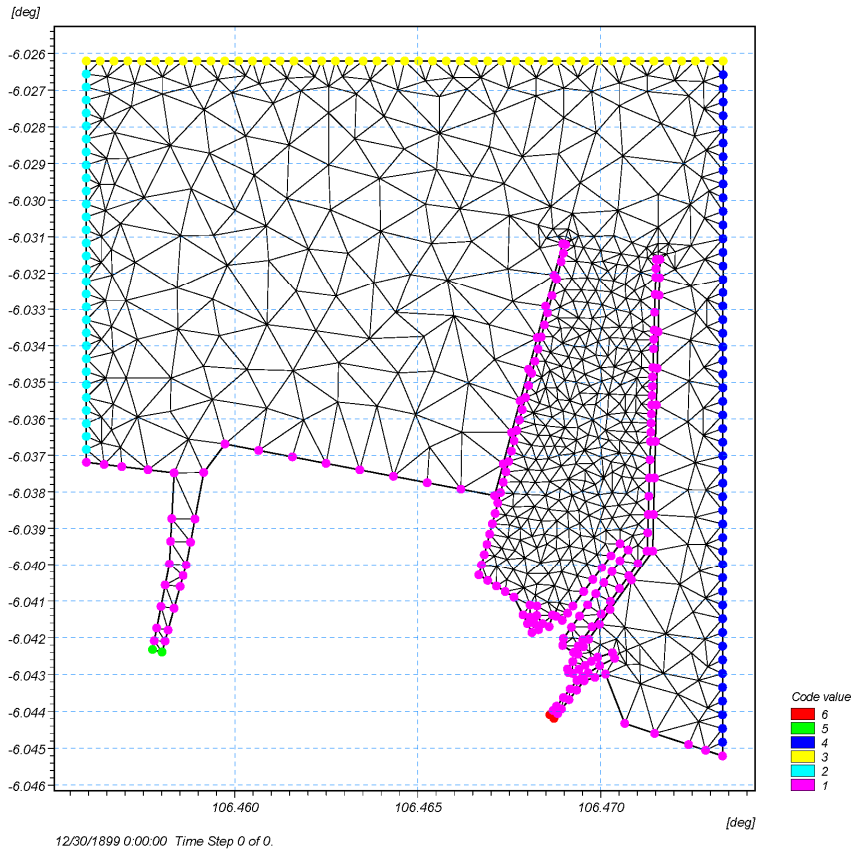
Boundary merupakan batas yang memisahkan wilayah perairan dan daratan. Pembuatan *boundary* menggunakan bantuan *software* Google Earth. Selanjutnya, data *boundary* berupa koordinat diekspor dan dimasukkan sebagai *input* pada modul *Mesh Generator software* MIKE 21.



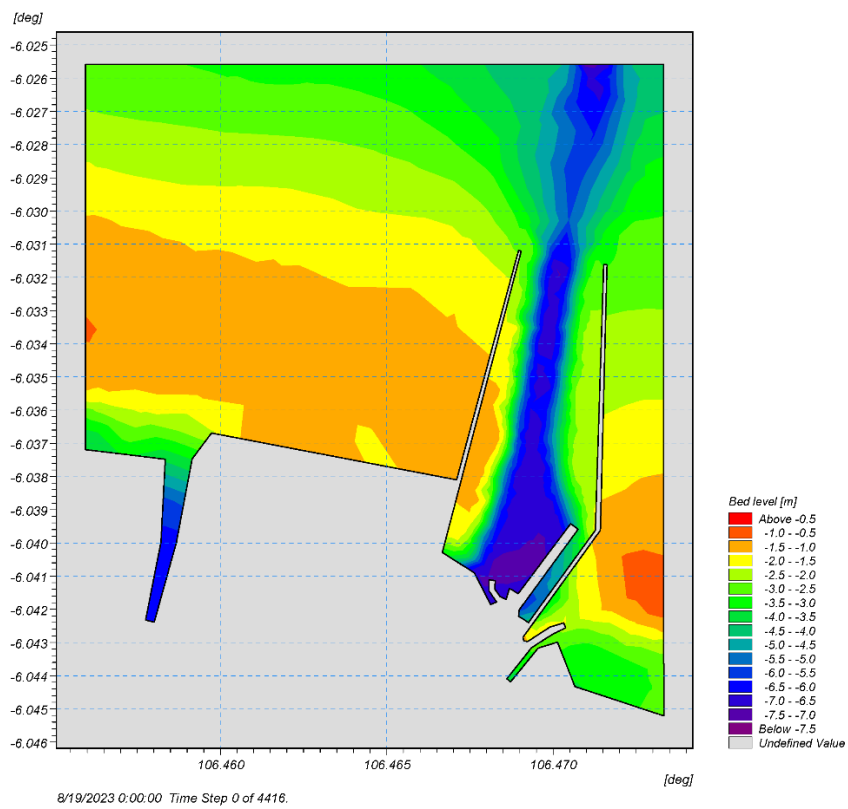
Gambar 4.6 Hasil Pembuatan *Boundary*

Boundary yang telah dibuat kemudian didefinisikan menjadi beberapa bagian. Pada penelitian ini, *boundary* dibagi menjadi lima bagian yaitu bagian utara, barat, timur, sungai, serta *outlet*. Untuk *boundary* bagian utara, barat, dan timur data yang dijadikan *input* adalah data pasang surut, sementara itu untuk *boundary* sungai dan *outlet* dimasukkan data *discharge* atau debit aliran.

Setelah didefinisikan menjadi beberapa bagian kemudian dimasukkan data batimetri. Pada penelitian ini data batimetri terdiri dari dua data yaitu data hasil survei pada area dalam kolam jetty dan area di sekitar PLTU Banten 3 Lontar. Data batimetri kemudian diinterpolasi dan diekspor berupa *file .mesh*.



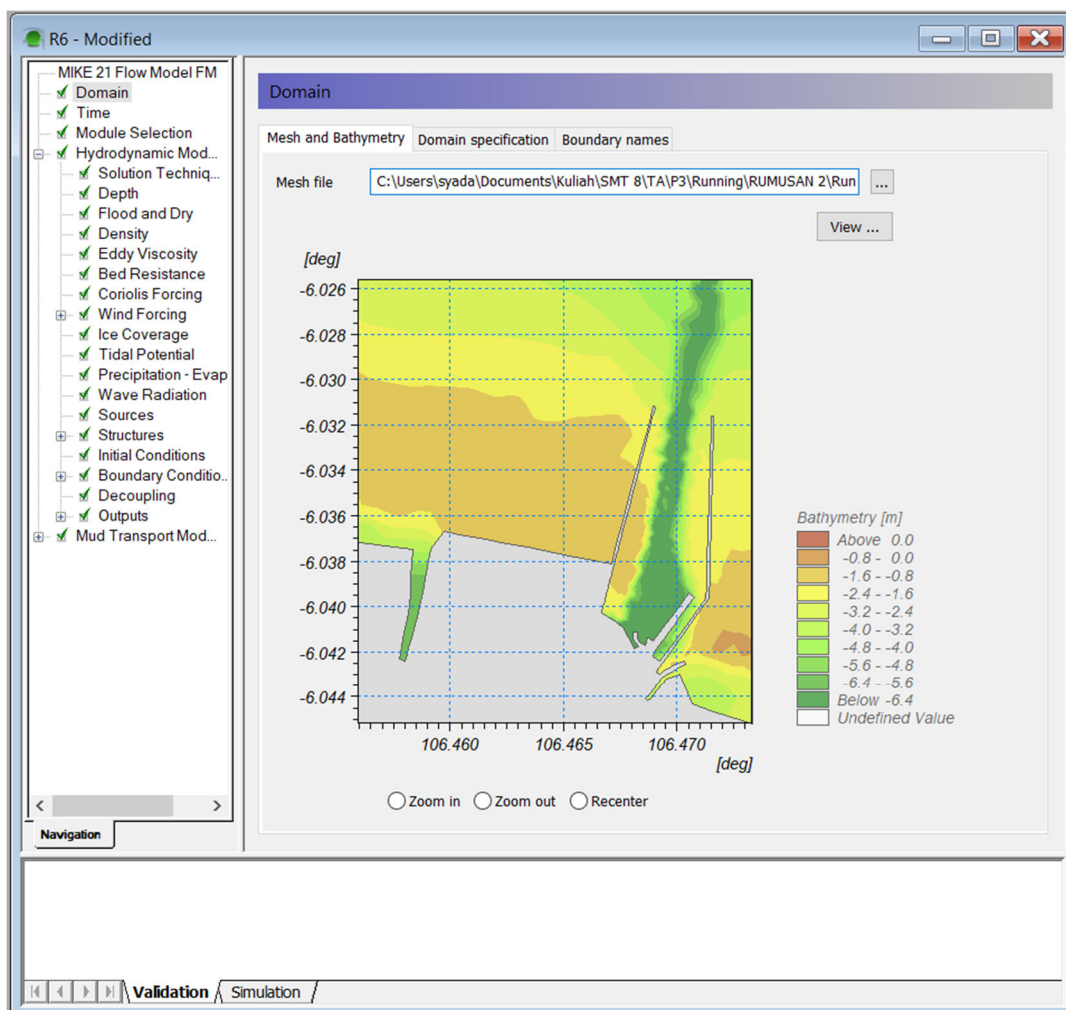
Gambar 4.7 Pembagian *Boundary* Menjadi Beberapa Bagian



Gambar 4.8 Hasil Interpolasi Batimetri

4.3.2 Persiapan Pemodelan

Pemodelan hidrodinamika menggunakan bantuan *software* MIKE 21 pada modul Flow Model FM. Adapun data yang perlu dimasukkan sebagai *input* pada modul ini adalah waktu pemodelan (mulai dan berakhir), *time steps* (interval pemodelan), *number of time steps* (banyaknya jumlah pemodelan), data angin berupa kecepatan dan arah, data gelombang berupa tinggi gelombang signifikan, periode puncak gelombang, arah gelombang, pasang surut, debit aliran sungai, serta *output* berupa titik maupun area untuk menunjukkan hasil simulasi. Setelah memasukkan semua *input* yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah melakukan *running* pemodelan.

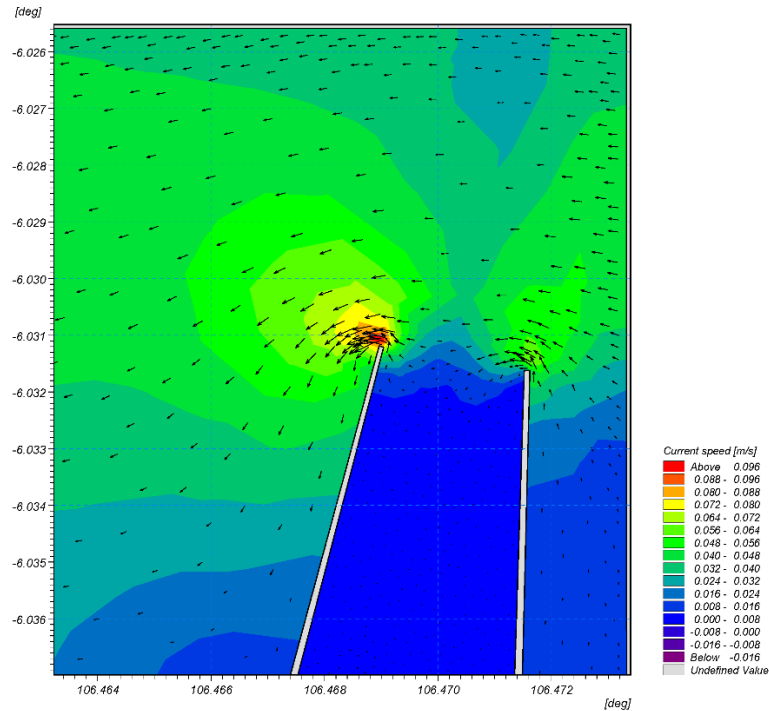


Gambar 4.9 Tampilan MIKE 21 Flow Model FM

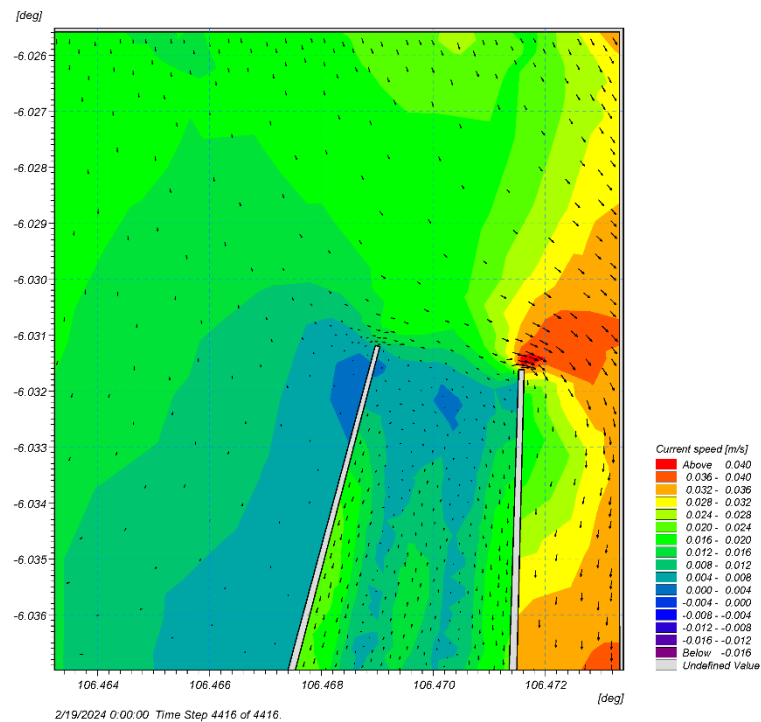
4.3.3 Hasil Pemodelan

Hasil dari pemodelan hidrodinamika dapat berupa titik maupun area. Pada pemodelan ini hasil atau *output* yang ditampilkan berupa titik dan area. Hasil pemodelan hidrodinamika pada tugas akhir ini berupa kecepatan arus, arah arus, serta elevasi muka air (*water level*). Apabila

pemodelan hidrodinamika ini telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan atau validasi dengan data hasil survei. Setelah dilakukan validasi, maka akan dilanjutkan dengan pemodelan transport sedimen. Berikut hasil pemodelan hidrodinamika pada tanggal 19 Agustus 2023 – 19 Februari 2024 di area depan kolam jetty.



Gambar 4.10 Hasil Pemodelan Hidrodinamika 19 Agustus 2023



Gambar 4.11 Hasil Pemodelan Hidrodinamika 19 Februari 2024

Dari hasil pemodelan yang telah dilakukan, diketahui rata-rata kecepatan arus yang memasuki area kolam jetty sebesar 0,046 m/s. Selain kecepatan arus, pemodelan hidrodinamika pada penelitian ini juga menampilkan elevasi muka air (*water level*). Apabila data kecepatan arus dan pasang surut hasil pemodelan mendekati data survei yang telah dilakukan sebelumnya, maka pemodelan transport sedimen bisa dilakukan.

4.4 Validasi Pemodelan Hidrodinamika

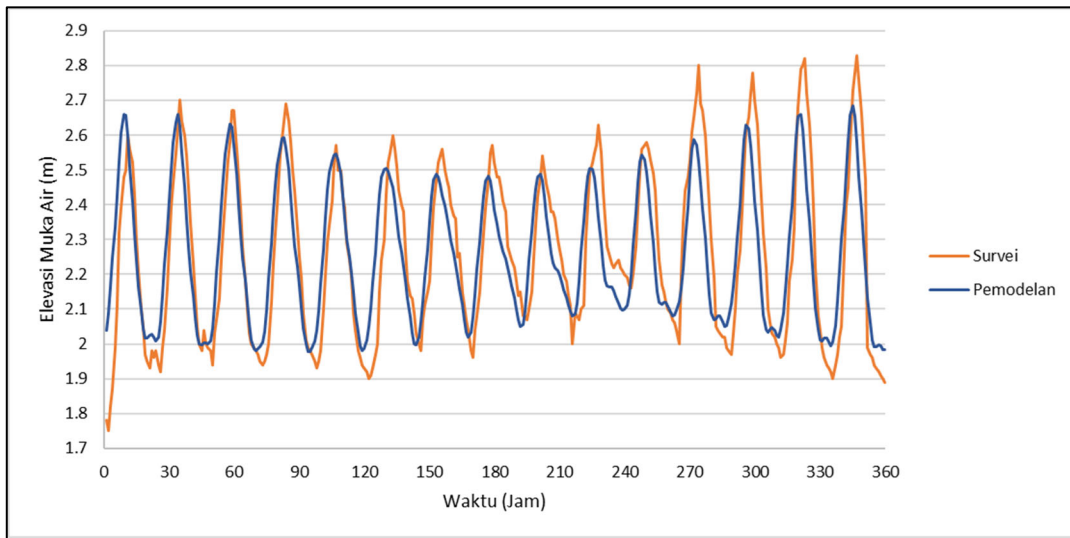
Validasi merupakan salah satu tahap penting dalam pemodelan numerik, selain itu validasi juga berfungsi untuk mengetahui apakah data yang dihasilkan dari pemodelan layak digunakan untuk pemodelan selanjutnya. Pada tugas akhir ini, data pasang surut dan arus divalidasi menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE).

Proses validasi dilakukan dengan membandingkan data hasil pemodelan dengan data survei di lapangan. Pada **Gambar 4.12** diketahui lokasi pengukuran arus terletak di depan kolam jetty, sementara untuk pengukuran pasang surut terletak di dalam kolam jetty, lebih tepatnya di sisi kiri dermaga utama. Pengukuran pasang surut yang dilakukan di sisi kiri dermaga utama bertujuan agar permukaan air selalu terbaca pada rambu ukur meskipun permukaan laut sedang mengalami surut. Berikut merupakan lokasi pengukuran kecepatan arus dan pasang surut.



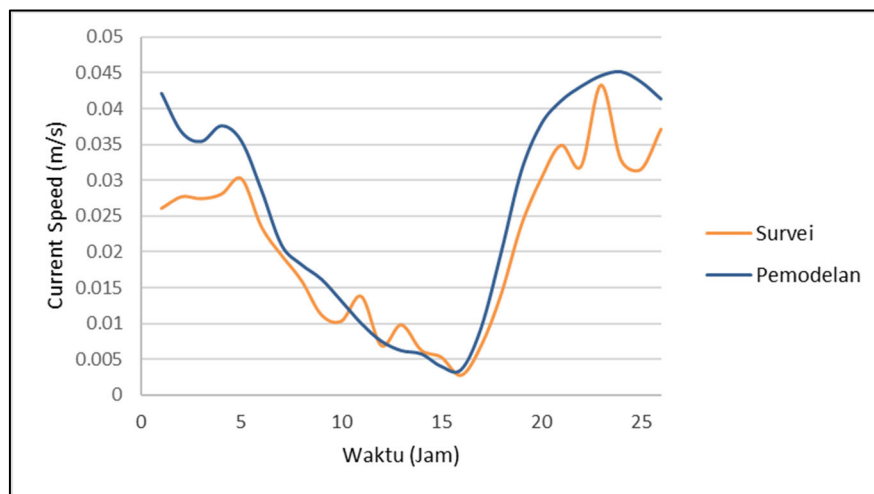
Gambar 4.12 Lokasi Pengukuran Arus dan Pasang Surut

Data pasang surut yang divalidasi merupakan data yang diperoleh mulai tanggal 19 Agustus – 2 September 2023 setiap jamnya, sehingga terdapat 360 data. Kemudian, untuk data arus diukur setiap satu jam mulai tanggal 20 Agustus pukul 08.00 hingga 21 Agustus pukul 09.00 sehingga terdapat 25 data. Berikut hasil perbandingan antara data pasang surut pemodelan dengan pasang surut hasil survei.



Gambar 4.13 Perbandingan Data Pasang Surut Hasil Pemodelan dengan Survei

Gambar 4.13 menunjukkan perbandingan data pasang surut hasil pemodelan yang berwarna biru dengan data pasang surut hasil survei yang berwarna oranye. Terdapat perbedaan grafik antara hasil pemodelan dengan data hasil survei di lapangan. Meskipun terdapat perbedaan, namun grafik di atas memiliki fase yang sama pada saat naik dan turun. Error yang dihasilkan dari grafik di atas menggunakan metode RMSE adalah sebesar 13,33%.



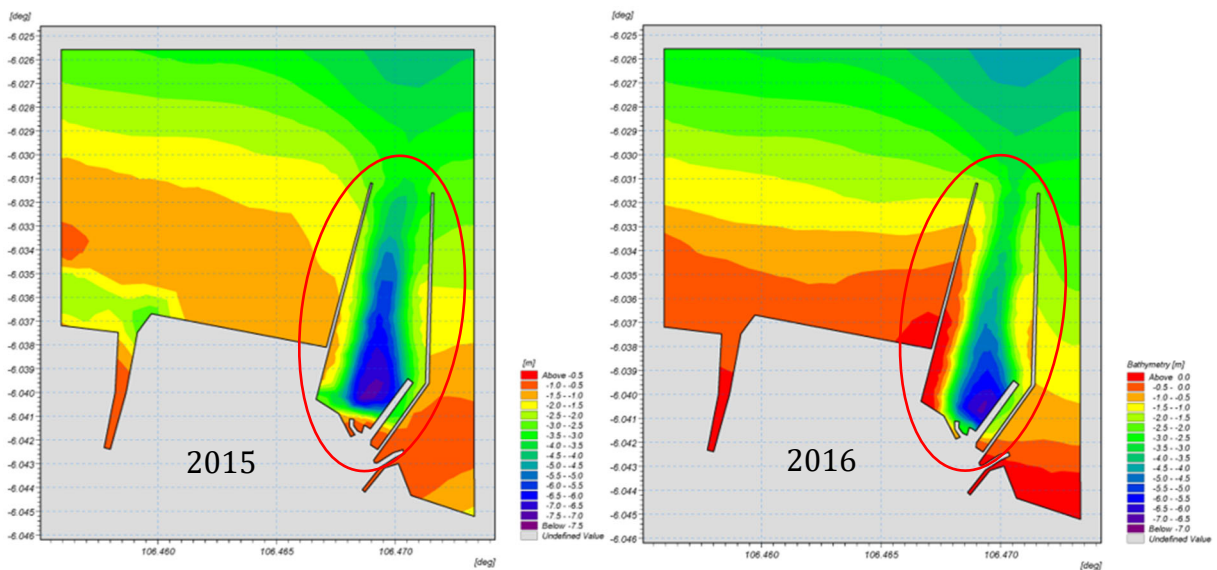
Gambar 4.14 Perbandingan Data Kecepatan Arus Hasil Pemodelan dengan Survei

Gambar 4.14 menunjukkan perbandingan kecepatan arus hasil pemodelan dengan kecepatan arus hasil survei yang terletak di depan kolam jetty. Dari kedua tersebut ditemukan error sebesar 8,37% menggunakan metode RMSE. Hasil validasi pasang surut dan arus dapat dinyatakan valid, sehingga dapat dilanjutkan untuk melakukan pemodelan transport sedimen.

4.5 Pemodelan Transport Sedimen

4.5.1 Analisis Transport Sedimen pada Periode Pengerukan Sebelumnya

Analisis transport sedimen pada periode pengerukan sebelumnya bertujuan untuk mengetahui seberapa besar laju sedimentasi tiap tahunnya. Selain itu, hasil analisis ini dapat dijadikan acuan dalam pemodelan transport sedimen pada kondisi eksisting. Analisis transport sedimen pada periode pengerukan sebelumnya menggunakan data survei batimetri pada tahun 2015 dan tahun 2016. Analisis ini dilakukan dengan bantuan *software* AutoCAD Civil 3D dengan metode *surface to surface*.



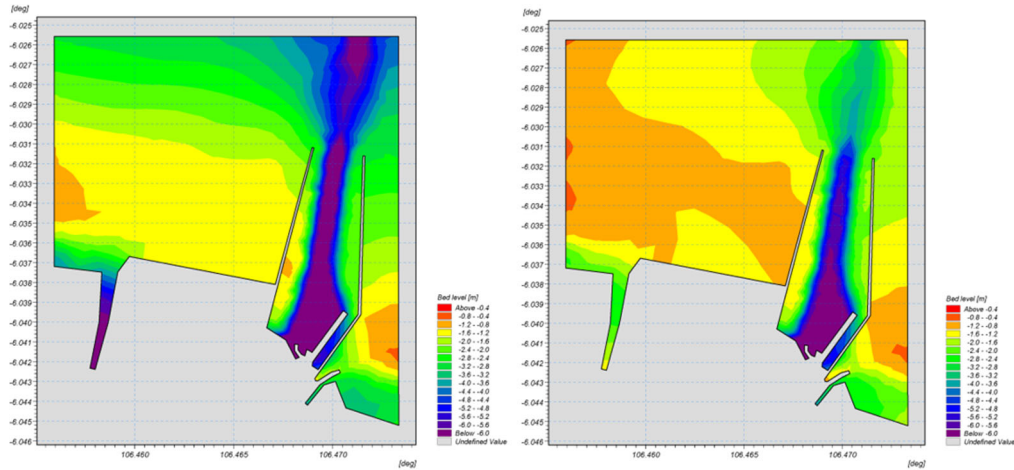
Gambar 4.15 Data Batimetri pada Tahun 2015 dan 2016

Setelah dilakukan analisis pada kedua batimetri tersebut, hasilnya menunjukkan adanya penumpukan volume sedimen di keseluruhan area dalam kolam jetty sebesar 501.433,12 m³ dengan luas area pengukuran sebesar 407.422,37 m².

Sedangkan, pada area alur pelayaran dalam kolam jetty, terjadi penumpukan volume sedimen sebesar 196.003,94 m³ dengan luas area pengukuran sebesar 147.607,23 m². Sehingga, laju sedimentasi pada area alur pelayaran dalam kolam jetty sebesar 1,33 m/tahun atau rata-rata laju sedimentasi tiap bulan sebesar 0,11 m/bulan.

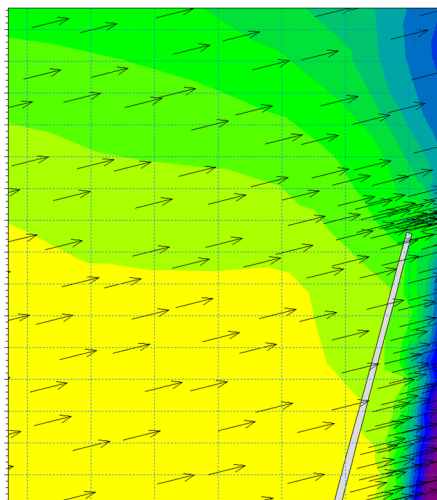
4.5.2 Pemodelan Transport Sedimen pada Kondisi Eksisting

Pemodelan transport sedimen pada penelitian ini menggunakan modul *Mud Transport* pada *software* MIKE 21. Pemodelan pada kondisi eksisting bertujuan untuk mengetahui arah datangnya sedimen. Pemodelan transport sedimen pada kondisi eksisting dilakukan pada tanggal 19 Agustus 2023 – 19 Februari 2024 atau selama 6 bulan. Berikut merupakan hasil pemodelan transport sedimen pada kondisi eksisting.



Gambar 4.16 Hasil Pemodelan Transport Sedimen pada Kondisi Eksisting

Pada hasil pemodelan transport sedimen kondisi eksisting selama 6 bulan, diketahui terdapat perubahan kedalaman alur pelayaran dalam kolam jetty PLTU Banten 3 Lontar. Pada kondisi eksisting ini diketahui volume sedimen yang masuk ke dalam area alur pelayaran dalam kolam jetty sebesar $102.503,36 \text{ m}^3$ dengan luasan area pengukuran sebesar $147.608,37 \text{ m}^2$. Selain itu, diketahui pula bahwa arah pergerakan sedimen berasal dari sungai Ci Manceuri di sebelah barat PLTU Banten 3 Lontar.



Gambar 4.17 Pola Pergerakan Sedimen pada Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting, rata-rata laju sedimentasi yang terjadi di area alur pelayaran dalam kolam jetty sebesar 0,16 m/bulan. Apabila sedimentasi yang terjadi diasumsikan linear, maka laju sedimentasi pada kondisi eksisting selama satu tahun adalah 1,39 m/tahun.

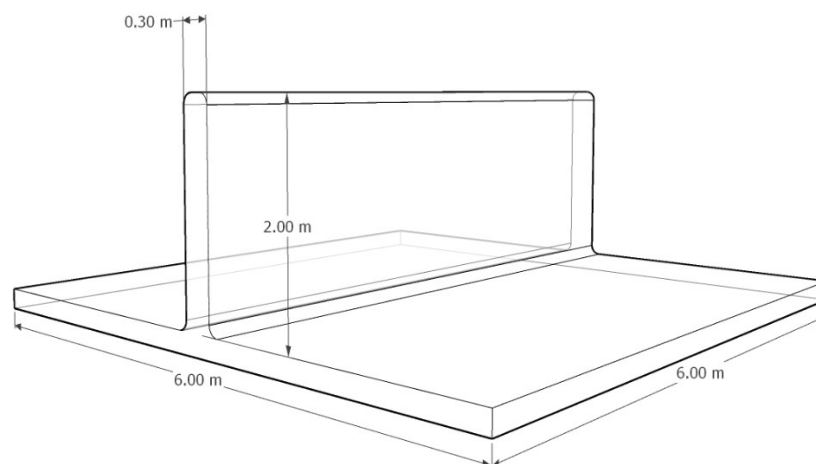
Oleh sebab itu, perlu dipasang *underwater sill* untuk menahan laju sedimentasi yang akan masuk ke dalam kolam jetty. Pada penelitian ini, variasi yang digunakan adalah konfigurasi dari bangunan *underwater sill*. Terdapat dua variasi pemasangan *underwater sill* yakni, *underwater sill* berkonfigurasi setengah lingkaran dengan panjang 300 m serta *underwater sill* berkonfigurasi persegi panjang. Dikarenakan penelitian ini bersifat dua dimensi, maka ketinggian *underwater sill* dianggap sebagai daratan (*land boundary*).

4.5.3 Pemodelan Transport Sedimen dengan Variasi Bangunan *Underwater Sill*

4.5.3.1 Perencanaan Desain Bangunan *Underwater Sill*

Pada penelitian ini, desain bangunan *underwater sill* direncanakan dalam berbagai ketinggian. Berdasarkan penelitian dan proyek yang telah ada, dimensi bangunan *underwater sill* memiliki panjang 5-6 meter, lebar dasar 6 meter, ketebalan dinding 20-30 cm. Penentuan tinggi *underwater sill* pada penelitian ini dilakukan dengan persamaan yang telah disebutkan sebelumnya dan dilakukan iterasi untuk mencari tinggi *underwater sill* yang efektif baik dari segi teknis dalam menghambat laju sedimentasi maupun dari segi ekonomi. Dalam penelitian ini terdapat dua skenario pembangunan *underwater sill*, yang pertama *underwater sill* dibangun dengan konfigurasi melengkung atau berbentuk menyerupai setengah lingkaran, serta untuk variasi 2 dibangun dengan konfigurasi persegi panjang.

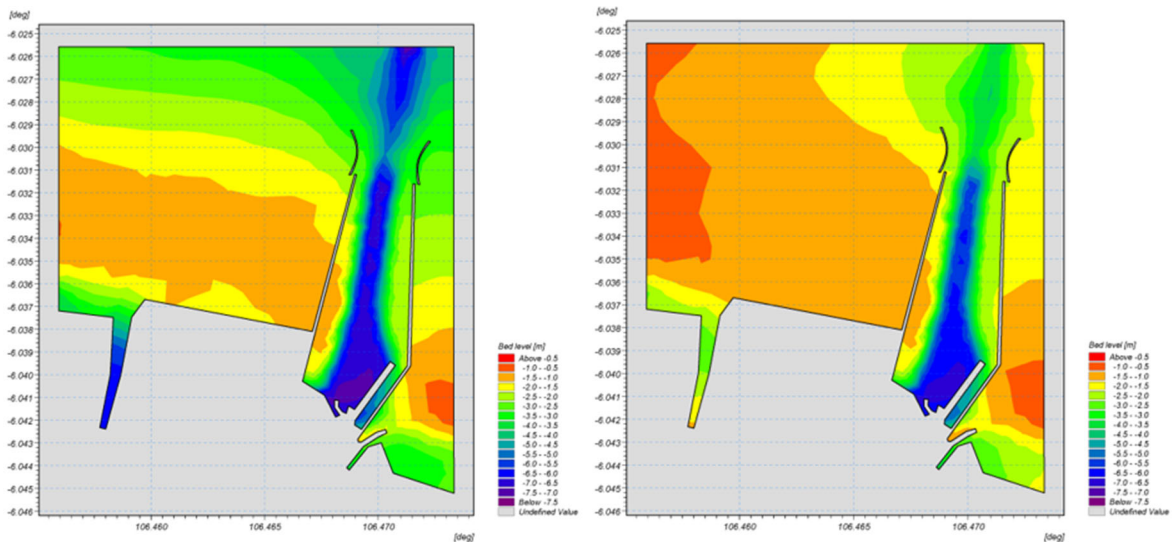
Perhitungan ketinggian *underwater sill* baik skenario 1 maupun skenario 2, terdapat pada **Lampiran B**.



Gambar 4.18 Desain Bangunan *Underwater Sill*

4.5.3.2 Pemodelan Variasi Bangunan *Underwater Sill* Skenario 1

Pada skenario 1, *underwater sill* dipasang di kedua sisi pintu kolam jetty dengan konfigurasi setengah lingkaran. *Underwater sill* pada skenario ini memiliki panjang melingkar sebesar 300 m. Pemodelan skenario 1 dilakukan selama 6 bulan untuk mengetahui apakah skenario 1 efektif untuk menahan laju sedimentasi. Berikut hasil pemodelan skenario 1.

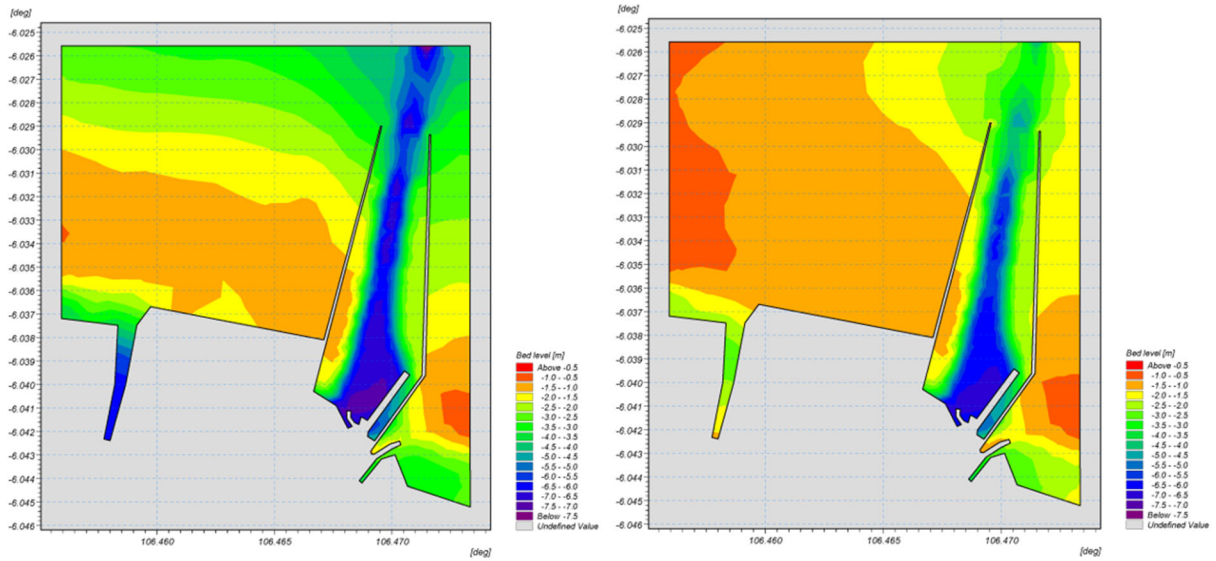


Gambar 4.19 Hasil Pemodelan Skenario 1

Dari hasil di atas, terlihat bahwa *underwater sill* dengan konfigurasi setengah lingkaran yang diletakkan di kedua sisi pintu kolam jetty berhasil menghambat sedimen yang masuk ke dalam kolam. Selain itu, setelah dilakukan perhitungan volume yang masuk ke dalam area alur pelayaran dalam kolam jetty, didapatkan bahwa skenario 1 berhasil menahan sedimen yang masuk sebesar 17.439,23 m³. Dengan kata lain, volume sedimen yang masuk ke dalam area alur pelayaran dalam kolam jetty sebesar 85.064,13 m³ dengan luas area pengukuran sebesar 147.608,37 m². Pada skenario 1 ini terjadi penurunan laju sedimentasi yang semula bernilai 0,16 m/bulan menjadi 0,096 m/bulan. Apabila sedimentasi yang terjadi diasumsikan linear, maka laju sedimentasi pada skenario 1 selama satu tahun adalah 1,15 m/tahun.

4.5.3.3 Pemodelan Variasi Bangunan *Underwater Sill* Skenario 2

Pada skenario 2, *underwater sill* dipasang di kedua sisi pintu kolam jetty dengan konfigurasi membentuk persegi panjang. Apabila dimodelkan dalam *software* MIKE 21, bangunan *underwater sill* terlihat seperti perpanjangan dari jetty. Panjang bangunan *underwater sill* pada skenario 2 adalah sebesar 250 m. Pada skenario 2, dilakukan pemodelan dengan konfigurasi jetty berbentuk persegi panjang selama 6 bulan. Berikut hasil pemodelan skenario 2.



Gambar 4.20 Hasil Pemodelan Skenario 2

Diketahui hasil pemodelan skenario 2, terlihat bahwa *underwater sill* dengan konfigurasi persegi panjang dengan panjang struktur sebesar 250 m berhasil menahan sedimen yang akan masuk ke area alur pelayaran dalam kolam jetty. Tidak seperti skenario 1 yang masih terdapat celah di antara *underwater sill* dengan jetty, skenario 2 menahan sedimen yang berasal dari sisi barat PLTU Banten 3 Lontar lebih efektif. Volume sedimen yang berhasil dihambat dengan melakukan pemodelan skenario 2 adalah sebesar 29.068,02 m³. Dengan kata lain, sedimen yang masuk ke dalam area alur pelayaran dalam kolam jetty sebesar 73.435,34 m³ dengan luas area pengukuran yang masih sama yaitu 147.608,37 m². Pada skenario 2, laju sedimentasi yang terjadi sebesar 0,083 m/bulan. Apabila sedimentasi yang terjadi diasumsikan linear, maka laju sedimentasi pada skenario 2 selama 1 tahun adalah 0,99 m/tahun.

4.6 Perbandingan Nilai Ekonomi Sebelum dan Setelah dibangun *Underwater Sill*

Perhitungan nilai ekonomi pada kondisi eksisting baik sebelum dan setelah dibangun *underwater sill* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perawatan pada PLTU Banten 3 Lontar dengan cara *maintenance dredging*. Seperti yang telah diketahui kegiatan *maintenance dredging* memerlukan biaya yang cukup besar, oleh sebab itu diperlukan upaya untuk mengurangi *cost* atau biaya *maintenance dredging*. Salah satu upaya tersebut adalah dengan membangun struktur *underwater sill*.

Perhitungan nilai ekonomi pada penelitian ini berdasarkan pada studi yang membahas mengenai studi kelayakan pembangunan *underwater sill* di Pelabuhan Patimban yang dilakukan oleh (Suranto et al, 2021). Namun, pada penelitian ini, biaya yang dijadikan acuan

merupakan biaya pada proyek yang telah dilakukan. Adapun perhitungan nilai ekonomi sebelum dan setelah dibangun *underwater sill* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Tabel Perhitungan Nilai Ekonomi Sebelum dan Setelah dibangun *Underwater Sill*

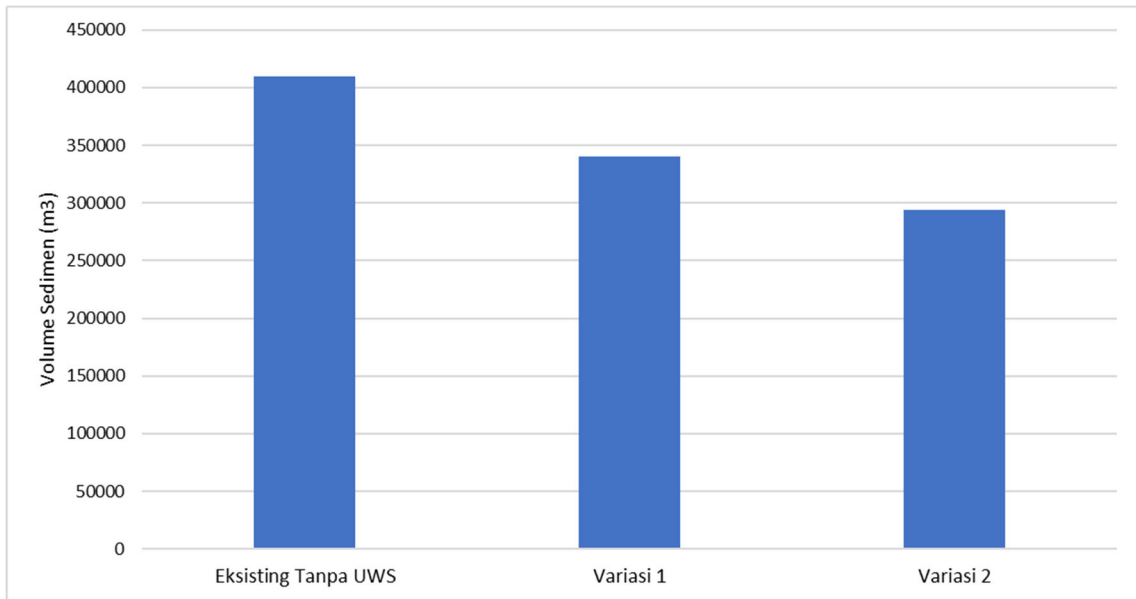
	Eksisting Tanpa <i>Underwater Sill</i>	Skenario 1	Skenario 2
Volume Sedimen (m ³)	410.013,44	340.256,52	293.741,36
Volume yang Direduksi UWS (m ³)	-	69.756,92	116.272,08
Intensitas Pengerukan	2 Tahun Sekali	2 Tahun Sekali	2 Tahun Sekali
Biaya Pengerukan	Rp 7.851.757.376	Rp 6.515.912.358	Rp 5.625.147.044
Total Biaya Pengerukan	Rp 78.517.573.760	Rp 65.159.123.580	Rp 56.251.470.440
Harga Bangunan	-	Rp 10.579.006.540	Rp 12.694.807.847
Grand Total	Rp 78.517.573.760	Rp 75.738.130.120	Rp 68.946.278.287

Penentuan intensitas pengerukan didasarkan pada laju sedimentasi yang terjadi pada tiap tahun. Berdasarkan data yang ada, pengerukan harus kembali dilakukan apabila kedalaman batimetri pada area alur pelayaran dalam kolam jetty mencapai -4.5 m. Hal ini dikarenakan tongkang yang membawa batu bara tidak dapat masuk ke dalam kolam jetty karena draft kapal yang tidak sesuai.

Pada kondisi eksisting, laju sedimentasi yang terjadi dalam satu tahun sebesar 1,39 m/tahun. Sehingga, dalam dua tahun, pada kondisi eksisting, kedalaman batimetri yang telah dilakukan pengerukan dengan kedalaman rata-rata mencapai -7 m akan mencapai -4,22 m. Oleh sebab itu, intensitas pengerukan pada kondisi eksisting menjadi dua tahun sekali. Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan intensitas pengerukan pada skenario 1 dan 2. Skenario 1 menghasilkan laju sedimentasi sebesar 1,15 m/tahun, sedangkan skenario 2 menghasilkan laju sedimentasi sebesar 0,99 m/tahun. Oleh sebab itu baik skenario 1 maupun 2, memiliki intensitas pengerukan yang sama, karena dalam dua tahun kedalaman batimetri akan berubah menjadi -4,69 m dan -5 m.

Sementara itu, volume pengerukan dihitung dengan mengurangi volume sedimentasi yang memiliki kedalaman -7 m dengan kedalaman tiap pemodelan, baik itu eksisting maupun

skenario 1 dan 2. Sehingga didapatkan volume yang harus dikeruk pada kondisi eksisting sebesar 410.013,44 m³, 340.256,52 m³ pada skenario 1, serta 293.741,36 m³ pada skenario 2.



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Volume Sedimen Sebelum dan Setelah Dibangun *Underwater Sill*

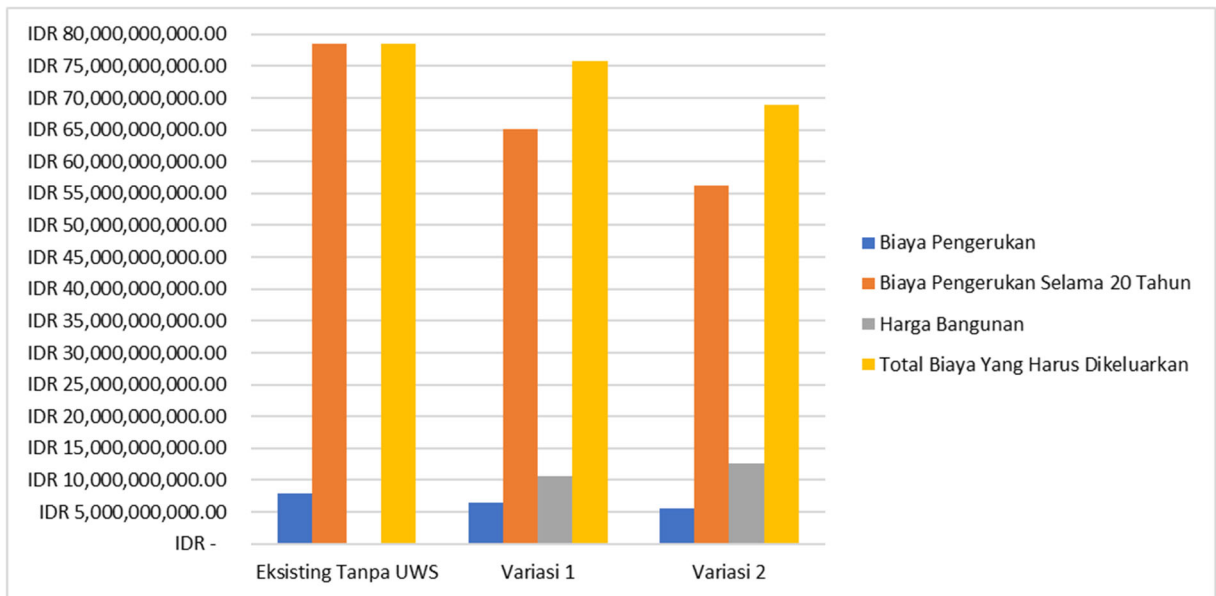
Penentuan harga pengerukan didasarkan pada harga per m³ pada proyek yang telah berjalan. Sehingga, pada kondisi eksisting, biaya pengerukan yang harus dibayarkan adalah sebesar Rp. 7,851,757,376. Sementara itu, pada variasi 1, biaya yang harus dibayarkan untuk melakukan pengerukan adalah sebesar Rp. 6,515,912,358. Pada variasi 2, biaya yang harus dibayarkan untuk melakukan satu kali pengerukan adalah sebesar Rp. 5,625,147,044. Total biaya pengerukan yang harus dikeluarkan pada tiap kondisi dikalikan sepuluh karena *design life* bangunan *underwater sill* direncanakan dapat bertahan selama 20 tahun. Sehingga, apabila intensitas pengerukan dilakukan sebanyak satu kali dalam 2 tahun, maka dalam 20 tahun perlu dilakukan sepuluh kali pengerukan.

Pada baris harga bangunan, harga bangunan didasarkan pada proyek pembangunan *underwater sill* yang telah dilakukan di Pelabuhan Patimban. Harga yang dipilih merupakan harga dari bangunan *underwater sill* dengan tinggi 2 m. Bangunan *underwater sill* dengan tinggi 2 m dipilih karena bangunan ini dinilai cukup efektif dan memiliki harga pembangunan yang tidak terlalu mahal. Berikut tabel biaya pembangunan *underwater sill* pada Pelabuhan Patimban.

Tabel 4.4 Tabel Biaya Pembangunan *Underwater Sill* Pelabuhan Patimban (Suranto et al., 2021)

Construction	1 m UWS	1.5 m UWS	2 m UWS	4 m UWS
Cost (Rp) Per m	24.628.445,90	27.053.876,79	42.316.026,15	63.310.532,50
Sedimentasi / Tahun	0,11	0,09	0,02	0,02

Sehingga, biaya total keseluruhan yang sangat efektif adalah dengan membangun *underwater sill* setinggi 2 m dengan panjang 300 m. Karena, selama 20 tahun ke depan, variasi 2 mengeluarkan biaya yang lebih sedikit dibandingkan variasi 1. Selain itu, dari segi teknis, variasi 2 menghambat laju sedimentasi lebih besar dibandingkan variasi 1.



Gambar 4.22 Grafik Biaya yang Harus Dikeluarkan Selama 20 Tahun Kedepan

Pada **Gambar 4.21** dapat dilihat bahwa pada kondisi eksisting, biaya yang perlu dikeluarkan selama 20 tahun kedepan sebesar Rp 78.517.573.760. Biaya ini hanya untuk melakukan kegiatan pengerukan tiap 2 tahun sekali. Sementara itu, pada variasi 1, total biaya yang dikeluarkan mengalami penurunan menjadi Rp 75.738.130.120 atau mengalami penurunan sebesar Rp 2.779.443.640. Sedangkan, pada variasi 2, biaya yang perlu dikeluarkan selama 20 tahun ke depan menjadi Rp 68.946.278.287. Tentu variasi 2 menjadi pilihan yang efektif baik dari segi ekonomi maupun teknis, karena perusahaan dapat menghemat anggaran sebesar Rp 9.571.295.473.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju sedimentasi yang terjadi di area alur pelayaran dalam kolam jetty PLTU Banten 3 Lontar dengan luas area sebesar 147.607,23 m² pada tahun 2015 hingga 2016 sebesar 1,33 m/tahun atau rata-rata laju sedimentasi tiap bulan sebesar 0,11 m/bulan dengan total volume di area alur pelayaran dalam kolam jetty sebesar 196.003,94 m³.
2. Pemodelan pada kondisi eksisting yang dilakukan pada 19 Agustus 2023 – 19 Februari 2024 menghasilkan volume sebesar 102.503,36 m³ selama 6 bulan atau rata-rata laju sedimentasi pada kondisi eksisting 0,16 m/bulan atau sekitar 1,39 m/tahun. Pada skenario 1, dilakukan pemodelan pada tanggal yang sama dan durasi yang sama, hasilnya terdapat volume sedimentasi pada area alur pelayaran dalam kolam jetty sebesar 85.064,13 m³ atau rata-rata laju sedimentasi sebesar 0,096m/bulan atau sekitar 1,15 m/tahun. Pada skenario 2, volume sedimentasi yang masuk ke dalam area alur pelayaran dalam kolam jetty sebesar 73.435,34 m³ atau rata-rata laju sedimentasi sebesar 0,083 m/bulan atau sekitar 0,99 m/tahun. Secara teknis, skenario 2 lebih efisien dalam menahan laju sedimentasi, karena laju sedimentasi per tahun pada skenario 2 lebih kecil dibandingkan skenario 1.
3. Sebelum dibangun *underwater sill* biaya yang perlu dikeluarkan untuk melakukan satu kali kegiatan *maintenance dredging* adalah sebesar Rp. 7,851,757,376. Apabila kegiatan pengerukan dilakukan selama 10 kali dalam 20 tahun, maka total biaya yang dikeluarkan mencapai Rp. 78.517.753.760. Sedangkan, apabila membangun *underwater sill* pada variasi 1, total biaya yang perlu dikeluarkan adalah sebesar Rp. 75.738.130.119 biaya ini sudah mencakup pengerjaan pengerukan serta pembangunan *underwater sill* dengan konfigurasi setengah lingkaran. Variasi 2 merupakan pilihan yang efektif karena biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perawatan pada area alur pelayaran kolam dalam jetty selama 20 tahun kedepan adalah sebesar Rp. 68.946.278.286. Selain efektif dari segi ekonomi, pembangunan

underwater sill variasi 2 juga efektif dari segi teknis karena mampu menahan volume sedimen yang masuk ke dalam area alur pelayaran kolam dalam jetty sebesar 29.068,02 m³.

5.2 Saran

Saran yang diberikan penulis untuk penelitian dengan topik yang serupa berikutnya adalah:

1. Pada penelitian berikutnya diharapkan melakukan pemodelan secara tiga dimensi, sehingga keakuratan hasil pemodelan lebih baik.
2. Pada penelitian berikutnya diharapkan melakukan perhitungan stabilitas lereng agar struktur *underwater sill* tidak mengalami kelongsoran.
3. Diharapkan pada penelitian berikutnya melakukan variasi konfigurasi *underwater sill*.
4. Diharapkan pada penelitian berikutnya melakukan perhitungan rencana anggaran biaya secara mendetail.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlin, I. 2017. “Analisa Pemilihan Metode Pengerukan di Area Tertutup Canal Water Intake PLTU Banten 3 Lontar”. **Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS**. Surabaya.
- Bhakty, T. E. 2015. “Kajian Bangunan Underwater Sill Sebagai Bangunan Pengendali Pola Aliran Dalam Rangka Mereduksi Sedimen Yang Masuk Kolam Labuh Dan Alur Pelayaran”. **Disertasi S3 Ilmu Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada**. Yogyakarta.
- Chai, T., and R. R. Draxler. 2014. “Root Mean Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE)? – Arguments Against Avoiding RMSE in The Literature”. **Journal of Geoscientific Model Development**, 7: 1247-1250
- E.O. Oke, O. Adeyi, B.I. Okolo, J.A. Adeyi, J. Ayanyemi, K.A. Osoh, T.S. Adegoke. 2020. “Phenolic Compound Extraction From Nigerian Azadirachta Indica Leaves: Response Surface and Neuro-Fuzzy Modelling Performance Evaluation With Cuckoo Search Multi-Objective Optimization”. **Journal of Results in Engineering**, 8: 100160
- Fahrudin, I. H. 2018. “Analisa Laju Sedimentasi di Dermaga Domesti PT. Terminal Petikemas Surabaya”. **Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS**. Surabaya.
- Firmansyah, A. 2023. “Analisis Pemodelan Laju Sedimentasi dan Desain Pengerukan Pada Alur Pelayaran (Studi Kasus: Alur Pelaran Samarinda)”. **Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS**. Surabaya.
- Go, Y. S. 2015. “Optimalisasi Performa PLTU Kapasitas 420 MW Menggunakan Variasi Pada Tekanan dan Massa Ekstraksi Turbin LP”. **Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin FTIRS-ITS**. Surabaya.
- Gurning, R. H., B. Rochaddi, dan S. Widada., 2016. “Pengaruh Arus Terhadap Muatan Padatan Tersuspensi di Muara Sungai dan Sekitar Perairan Kesunean, Cirebon”. **Jurnal Oseanografi Universitas Diponegoro**, 17 (4): 512-522
- Iskandar, I. I. 2018. “Analisa Penanggulangan Sedimentasi dengan Metode Sand Bypassing Studi Kasus Terminal Domestik PT TPS”. **Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS**. Surabaya.

- Karunia, N. 2023. "Pemodelan Numeris Pengaruh Konstruksi Breakwater di PPN Brondong". **Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS**. Surabaya.
- Kusuma, A. F. 2021. "Analisa Volume Pengerukan Sedimen Dasar Laut di Sekitar Perairan Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik". **Tugas Akhir Departemen Teknik Geomatika FTSPK-ITS**. Surabaya.
- Marichi, R. 2017. "Kajian Pemanfaatan Underwater Sill (Uws) Dalam Mengatasi Pendangkalan Kolam Labuh Studi Kasus: Pelabuhan Pt. Semen Gresik (Persero) Tbk. Di Tuban". **Tesis S2 Ilmu Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada**. Yogyakarta.
- Marpaung, B. L. 2016. "Studi Pengaruh Reklamasi Terhadap Pola Arus di Teluk Jakarta". **Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS**. Surabaya.
- Munandar, R. K., Muzahar, A. Pratomo. 2014. "Karakteristik Sedimen di Perairan Desa Tanjung Momong Kecamatan Siantan Kabupaten Kepulauan Anambas". **Jurnal Jurusan Ilmu Kelautan FIKP-Universitas Maritim Raja Ali Haji**.
- Pratikto, W. A., Suntoyo, Solikhin, dan K. Sambodho. 2014. **Struktur Pelindung Pantai**. PT. Mediatama Saptakarya. Jakarta
- Raga, P. 2015. "Dampak Pengerukan dan Reklamasi dalam Pembangunan Pengoperasian Pelabuhan di Indonesia". **Jurnal Penelitian Transportasi Laut**, 17 (4): 179-187
- Sanjaya, F. I., D. Heksaputra. 2020. "Prediksi Rerata Harga Beras Tingkat Grosir Indonesia dengan Long Short-Term Memory". **Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi Universitas Alma Ata**, 7 (2): 163-174
- Satiti, S. 2015. "Analisis Performa PLTU Versus Variasi Beban Pada Turbin Uap Menggunakan Software Cycle Tempo". **Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin FTIRS-ITS**. Surabaya.
- Setyobudhi, A. N. 2023. "Analisis Perubahan Pola Arus dan Laju Sedimentasi Akibat Pengerukan Alur Pelayaran Pelabuhan Belinyu". **Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS**. Surabaya.
- Suranto, Istiyanto D. C., Subarkah A., Widagdo A. B., Murtiaji C., Hamid A., Aziz S. A. dan Cholishoh E., 2021. "Study on the Economic Feasibility of an Underwater-Sill (UWS) Development for Sediment Countermeasure at Patimban Port's Navigation Channel" **IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.** 832

Triatmodjo, B. 1999. **Teknik Pantai**. Beta Offset. Yogyakarta.

Windriyani, Y. 2021. “Analisis Penerapan Metode Perhitungan Penyusutan Aktiva Tetap Dan Dampaknya Terhadap Laba Pada Pt Perkebunan Nusantara Iv Kebun Pasir Mandoge”. **Skripsi Akuntansi Syariah FEB-UIN Sumatera Utara**. Medan.

LAMPIRAN A
(VALIDASI PASANG SURUT DAN ARUS)

Tanggal	Jam	Prediksi	Survei	Error	Error^2	Sum	N	RMSE
19/8/2023	0	2.03796	1.78	0.25796	0.066543	6.334186	360	13.3%
19/8/2023	1	2.08816	1.75	0.33816	0.114352			
19/8/2023	2	2.1625	1.82	0.3425	0.117306			
19/8/2023	3	2.24691	1.87	0.37691	0.142061			
19/8/2023	4	2.33471	1.99	0.34471	0.118825			
19/8/2023	5	2.4271	2.11	0.3171	0.100552			
19/8/2023	6	2.52276	2.32	0.20276	0.041112			
19/8/2023	7	2.60803	2.39	0.21803	0.047537			
19/8/2023	8	2.65917	2.48	0.17917	0.032102			
19/8/2023	9	2.65664	2.5	0.15664	0.024536			
19/8/2023	10	2.59958	2.6	-0.00042	1.76E-07			
19/8/2023	11	2.50749	2.56	-0.05251	0.002757			
19/8/2023	12	2.40722	2.52	-0.11278	0.012719			
19/8/2023	13	2.31649	2.43	-0.11351	0.012885			
19/8/2023	14	2.23747	2.3	-0.06253	0.00391			
19/8/2023	15	2.16461	2.21	-0.04539	0.00206			
19/8/2023	16	2.09739	2.1	-0.00261	6.81E-06			
19/8/2023	17	2.04485	2.05	-0.00515	2.65E-05			
19/8/2023	18	2.01762	1.97	0.04762	0.002268			
19/8/2023	19	2.01575	1.95	0.06575	0.004323			
19/8/2023	20	2.02532	1.93	0.09532	0.009086			
19/8/2023	21	2.02854	1.98	0.04854	0.002356			
19/8/2023	22	2.01907	1.96	0.05907	0.003489			
19/8/2023	23	2.00861	1.98	0.02861	0.000819			
20/8/2023	0	2.01834	1.94	0.07834	0.006137			
20/8/2023	1	2.06264	1.92	0.14264	0.020346			
20/8/2023	2	2.13869	1.99	0.14869	0.022109			
20/8/2023	3	2.2308	2.04	0.1908	0.036405			
20/8/2023	4	2.32376	2.16	0.16376	0.026817			
20/8/2023	5	2.41231	2.28	0.13231	0.017506			
20/8/2023	6	2.49808	2.39	0.10808	0.011681			
20/8/2023	7	2.57823	2.46	0.11823	0.013978			
20/8/2023	8	2.63838	2.55	0.08838	0.007811			
20/8/2023	9	2.65825	2.62	0.03825	0.001463			
20/8/2023	10	2.62626	2.7	-0.07374	0.005438			
20/8/2023	11	2.55004	2.64	-0.08996	0.008093			
20/8/2023	12	2.45285	2.6	-0.14715	0.021653			
20/8/2023	13	2.35851	2.54	-0.18149	0.032939			
20/8/2023	14	2.2777	2.45	-0.1723	0.029687			
20/8/2023	15	2.2068	2.35	-0.1432	0.020506			
20/8/2023	16	2.13883	2.23	-0.09117	0.008312			
20/8/2023	17	2.07496	2.14	-0.06504	0.00423			
20/8/2023	18	2.02551	2.05	-0.02449	0.0006			
20/8/2023	19	1.99995	2	-5E-05	2.5E-09			

20/8/2023	20	1.99634	1.98	0.01634	0.000267			
20/8/2023	21	2.00151	2.04	-0.03849	0.001481			
20/8/2023	22	2.00265	2	0.00265	7.02E-06			
20/8/2023	23	1.99983	1.99	0.00983	9.66E-05			
21/8/2023	0	2.00768	1.98	0.02768	0.000766			
21/8/2023	1	2.04383	1.94	0.10383	0.010781			
21/8/2023	2	2.11436	2.03	0.08436	0.007117			
21/8/2023	3	2.20867	2.07	0.13867	0.019229			
21/8/2023	4	2.30778	2.13	0.17778	0.031606			
21/8/2023	5	2.39778	2.24	0.15778	0.024895			
21/8/2023	6	2.47594	2.33	0.14594	0.021298			
21/8/2023	7	2.54479	2.41	0.13479	0.018168			
21/8/2023	8	2.60121	2.53	0.07121	0.005071			
21/8/2023	9	2.63236	2.58	0.05236	0.002742			
21/8/2023	10	2.62348	2.67	-0.04652	0.002164			
21/8/2023	11	2.57086	2.67	-0.09914	0.009829			
21/8/2023	12	2.48765	2.56	-0.07235	0.005235			
21/8/2023	13	2.39653	2.48	-0.08347	0.006967			
21/8/2023	14	2.31512	2.39	-0.07488	0.005607			
21/8/2023	15	2.24666	2.28	-0.03334	0.001112			
21/8/2023	16	2.18358	2.18	0.00358	1.28E-05			
21/8/2023	17	2.11949	2.1	0.01949	0.00038			
21/8/2023	18	2.05812	2.03	0.02812	0.000791			
21/8/2023	19	2.01091	2	0.01091	0.000119			
21/8/2023	20	1.98632	1.99	-0.00368	1.35E-05			
21/8/2023	21	1.98179	1.98	0.00179	3.2E-06			
21/8/2023	22	1.98659	1.97	0.01659	0.000275			
21/8/2023	23	1.99298	1.95	0.04298	0.001847			
22/8/2023	0	2.00501	1.94	0.06501	0.004226			
22/8/2023	1	2.03628	1.95	0.08628	0.007444			
22/8/2023	2	2.0978	1.97	0.1278	0.016333			
22/8/2023	3	2.18715	2	0.18715	0.035025			
22/8/2023	4	2.28827	2.12	0.16827	0.028315			
22/8/2023	5	2.38199	2.23	0.15199	0.023101			
22/8/2023	6	2.45767	2.32	0.13767	0.018953			
22/8/2023	7	2.51578	2.4	0.11578	0.013405			
22/8/2023	8	2.56029	2.54	0.02029	0.000412			
22/8/2023	9	2.58916	2.59	-0.00084	7.06E-07			
22/8/2023	10	2.59292	2.64	-0.04708	0.002217			
22/8/2023	11	2.56288	2.69	-0.12712	0.016159			
22/8/2023	12	2.50117	2.64	-0.13883	0.019274			
22/8/2023	13	2.42244	2.58	-0.15756	0.024825			
22/8/2023	14	2.34509	2.5	-0.15491	0.023997			
22/8/2023	15	2.27928	2.44	-0.16072	0.025831			
22/8/2023	16	2.22233	2.33	-0.10767	0.011593			
22/8/2023	17	2.16524	2.25	-0.08476	0.007184			

22/8/2023	18	2.10396	2.19	-0.08604	0.007403			
22/8/2023	19	2.04495	2.09	-0.04505	0.00203			
22/8/2023	20	2.00044	2.01	-0.00956	9.14E-05			
22/8/2023	21	1.97834	1.99	-0.01166	0.000136			
22/8/2023	22	1.97667	1.98	-0.00333	1.11E-05			
22/8/2023	23	1.98767	1.97	0.01767	0.000312			
23/8/2023	0	2.00713	1.95	0.05713	0.003264			
23/8/2023	1	2.03967	1.93	0.10967	0.012028			
23/8/2023	2	2.09439	1.95	0.14439	0.020848			
23/8/2023	3	2.17458	1.98	0.19458	0.037861			
23/8/2023	4	2.2711	2.1	0.1711	0.029275			
23/8/2023	5	2.36584	2.2	0.16584	0.027503			
23/8/2023	6	2.44229	2.29	0.15229	0.023192			
23/8/2023	7	2.49435	2.34	0.15435	0.023824			
23/8/2023	8	2.52593	2.41	0.11593	0.01344			
23/8/2023	9	2.54289	2.52	0.02289	0.000524			
23/8/2023	10	2.54544	2.57	-0.02456	0.000603			
23/8/2023	11	2.52819	2.5	0.02819	0.000795			
23/8/2023	12	2.48737	2.5	-0.01263	0.00016			
23/8/2023	13	2.42764	2.42	0.00764	5.84E-05			
23/8/2023	14	2.36144	2.39	-0.02856	0.000816			
23/8/2023	15	2.30089	2.29	0.01089	0.000119			
23/8/2023	16	2.24947	2.24	0.00947	8.97E-05			
23/8/2023	17	2.20125	2.19	0.01125	0.000127			
23/8/2023	18	2.14833	2.09	0.05833	0.003402			
23/8/2023	19	2.08986	2.04	0.04986	0.002486			
23/8/2023	20	2.03468	1.98	0.05468	0.00299			
23/8/2023	21	1.99546	1.96	0.03546	0.001257			
23/8/2023	22	1.97996	1.94	0.03996	0.001597			
23/8/2023	23	1.98727	1.93	0.05727	0.00328			
24/8/2023	0	2.01168	1.92	0.09168	0.008405			
24/8/2023	1	2.04995	1.9	0.14995	0.022485			
24/8/2023	2	2.10386	1.91	0.19386	0.037582			
24/8/2023	3	2.17624	1.93	0.24624	0.060634			
24/8/2023	4	2.26371	1.97	0.29371	0.086266			
24/8/2023	5	2.35376	2	0.35376	0.125146			
24/8/2023	6	2.42969	2.15	0.27969	0.078226			
24/8/2023	7	2.47962	2.24	0.23962	0.057418			
24/8/2023	8	2.50227	2.3	0.20227	0.040913			
24/8/2023	9	2.50486	2.43	0.07486	0.005604			
24/8/2023	10	2.4956	2.52	-0.0244	0.000595			
24/8/2023	11	2.47749	2.55	-0.07251	0.005258			
24/8/2023	12	2.44866	2.6	-0.15134	0.022904			
24/8/2023	13	2.40769	2.56	-0.15231	0.023198			
24/8/2023	14	2.35827	2.51	-0.15173	0.023022			
24/8/2023	15	2.30808	2.44	-0.13192	0.017403			

24/8/2023	16	2.26306	2.4	-0.13694	0.018753			
24/8/2023	17	2.22254	2.38	-0.15746	0.024794			
24/8/2023	18	2.1803	2.27	-0.0897	0.008046			
24/8/2023	19	2.13116	2.18	-0.04884	0.002385			
24/8/2023	20	2.07737	2.14	-0.06263	0.003923			
24/8/2023	21	2.02933	2.13	-0.10067	0.010134			
24/8/2023	22	1.99983	2.09	-0.09017	0.008131			
24/8/2023	23	1.99668	2.03	-0.03332	0.00111			
25/8/2023	0	2.01956	2	0.01956	0.000383			
25/8/2023	1	2.06301	1.98	0.08301	0.006891			
25/8/2023	2	2.12148	2.07	0.05148	0.00265			
25/8/2023	3	2.19187	2.11	0.08187	0.006703			
25/8/2023	4	2.27114	2.15	0.12114	0.014675			
25/8/2023	5	2.35216	2.18	0.17216	0.029639			
25/8/2023	6	2.42286	2.29	0.13286	0.017652			
25/8/2023	7	2.47055	2.39	0.08055	0.006488			
25/8/2023	8	2.4887	2.47	0.0187	0.00035			
25/8/2023	9	2.48041	2.52	-0.03959	0.001567			
25/8/2023	10	2.45595	2.54	-0.08405	0.007064			
25/8/2023	11	2.42593	2.56	-0.13407	0.017975			
25/8/2023	12	2.39583	2.5	-0.10417	0.010851			
25/8/2023	13	2.36541	2.47	-0.10459	0.010939			
25/8/2023	14	2.33255	2.45	-0.11745	0.013795			
25/8/2023	15	2.29724	2.4	-0.10276	0.01056			
25/8/2023	16	2.26191	2.37	-0.10809	0.011683			
25/8/2023	17	2.22839	2.36	-0.13161	0.017321			
25/8/2023	18	2.19502	2.25	-0.05498	0.003023			
25/8/2023	19	2.1576	2.26	-0.1024	0.010486			
25/8/2023	20	2.11404	2.15	-0.03596	0.001293			
25/8/2023	21	2.06873	2.11	-0.04127	0.001703			
25/8/2023	22	2.03272	2.07	-0.03728	0.00139			
25/8/2023	23	2.0186	2.04	-0.0214	0.000458			
26/8/2023	0	2.03387	1.98	0.05387	0.002902			
26/8/2023	1	2.07755	1.96	0.11755	0.013818			
26/8/2023	2	2.14169	2.04	0.10169	0.010341			
26/8/2023	3	2.21633	2.08	0.13633	0.018586			
26/8/2023	4	2.29323	2.15	0.14323	0.020515			
26/8/2023	5	2.36588	2.24	0.12588	0.015846			
26/8/2023	6	2.42728	2.32	0.10728	0.011509			
26/8/2023	7	2.46893	2.39	0.07893	0.00623			
26/8/2023	8	2.48341	2.47	0.01341	0.00018			
26/8/2023	9	2.46901	2.55	-0.08099	0.006559			
26/8/2023	10	2.43239	2.57	-0.13761	0.018937			
26/8/2023	11	2.3864	2.52	-0.1336	0.017849			
26/8/2023	12	2.34379	2.48	-0.13621	0.018553			
26/8/2023	13	2.31114	2.48	-0.16886	0.028514			

26/8/2023	14	2.28727	2.45	-0.16273	0.026481			
26/8/2023	15	2.26667	2.41	-0.14333	0.020543			
26/8/2023	16	2.24464	2.38	-0.13536	0.018322			
26/8/2023	17	2.21988	2.28	-0.06012	0.003614			
26/8/2023	18	2.19328	2.26	-0.06672	0.004452			
26/8/2023	19	2.165	2.24	-0.075	0.005625			
26/8/2023	20	2.1338	2.22	-0.0862	0.00743			
26/8/2023	21	2.09979	2.18	-0.08021	0.006434			
26/8/2023	22	2.06816	2.14	-0.07184	0.005161			
26/8/2023	23	2.04974	2.15	-0.10026	0.010052			
27/8/2023	0	2.05658	2.08	-0.02342	0.000548			
27/8/2023	1	2.09497	2.08	0.01497	0.000224			
27/8/2023	2	2.1611	2.07	0.0911	0.008299			
27/8/2023	3	2.24248	2.1	0.14248	0.020301			
27/8/2023	4	2.32407	2.15	0.17407	0.0303			
27/8/2023	5	2.39433	2.25	0.14433	0.020831			
27/8/2023	6	2.44702	2.34	0.10702	0.011453			
27/8/2023	7	2.47884	2.42	0.05884	0.003462			
27/8/2023	8	2.48662	2.48	0.00662	4.38E-05			
27/8/2023	9	2.46782	2.54	-0.07218	0.00521			
27/8/2023	10	2.42429	2.5	-0.07571	0.005732			
27/8/2023	11	2.36529	2.46	-0.09471	0.00897			
27/8/2023	12	2.30578	2.42	-0.11422	0.013046			
27/8/2023	13	2.25962	2.38	-0.12038	0.014491			
27/8/2023	14	2.23246	2.38	-0.14754	0.021768			
27/8/2023	15	2.21968	2.36	-0.14032	0.01969			
27/8/2023	16	2.21096	2.3	-0.08904	0.007928			
27/8/2023	17	2.19787	2.27	-0.07213	0.005203			
27/8/2023	18	2.17844	2.24	-0.06156	0.00379			
27/8/2023	19	2.15577	2.2	-0.04423	0.001956			
27/8/2023	20	2.13335	2.18	-0.04665	0.002176			
27/8/2023	21	2.11227	2.14	-0.02773	0.000769			
27/8/2023	22	2.09316	2.11	-0.01684	0.000284			
27/8/2023	23	2.08066	2	0.08066	0.006506			
28/8/2023	0	2.08478	2.09	-0.00522	2.72E-05			
28/8/2023	1	2.11648	2.08	0.03648	0.001331			
28/8/2023	2	2.17937	2.07	0.10937	0.011962			
28/8/2023	3	2.26489	2.1	0.16489	0.027189			
28/8/2023	4	2.355	2.11	0.245	0.060025			
28/8/2023	5	2.43086	2.3	0.13086	0.017124			
28/8/2023	6	2.48111	2.4	0.08111	0.006579			
28/8/2023	7	2.50366	2.49	0.01366	0.000187			
28/8/2023	8	2.50115	2.52	-0.01885	0.000355			
28/8/2023	9	2.47564	2.55	-0.07436	0.005529			
28/8/2023	10	2.4279	2.57	-0.1421	0.020192			
28/8/2023	11	2.36181	2.63	-0.26819	0.071926			

28/8/2023	12	2.28847	2.55	-0.26153	0.068398			
28/8/2023	13	2.22418	2.44	-0.21582	0.046578			
28/8/2023	14	2.18246	2.36	-0.17754	0.03152			
28/8/2023	15	2.16575	2.28	-0.11425	0.013053			
28/8/2023	16	2.16428	2.25	-0.08572	0.007348			
28/8/2023	17	2.16335	2.23	-0.06665	0.004442			
28/8/2023	18	2.15352	2.22	-0.06648	0.00442			
28/8/2023	19	2.13552	2.23	-0.09448	0.008926			
28/8/2023	20	2.1168	2.24	-0.1232	0.015178			
28/8/2023	21	2.1039	2.22	-0.1161	0.013479			
28/8/2023	22	2.09836	2.21	-0.11164	0.012463			
28/8/2023	23	2.09949	2.2	-0.10051	0.010102			
28/8/2023	0	2.11046	2.19	-0.07954	0.006327			
28/8/2023	1	2.14024	2.17	-0.02976	0.000886			
28/8/2023	2	2.19767	2.16	0.03767	0.001419			
28/8/2023	3	2.28217	2.2	0.08217	0.006752			
28/8/2023	4	2.37924	2.28	0.09924	0.009849			
28/8/2023	5	2.46595	2.39	0.07595	0.005768			
28/8/2023	6	2.52273	2.49	0.03273	0.001071			
28/8/2023	7	2.54237	2.56	-0.01763	0.000311			
28/8/2023	8	2.52977	2.57	-0.04023	0.001618			
28/8/2023	9	2.49387	2.58	-0.08613	0.007418			
28/8/2023	10	2.44022	2.56	-0.11978	0.014347			
28/8/2023	11	2.37083	2.53	-0.15917	0.025335			
28/8/2023	12	2.29037	2.49	-0.19963	0.039852			
28/8/2023	13	2.21113	2.44	-0.22887	0.052381			
28/8/2023	14	2.14989	2.33	-0.18011	0.03244			
28/8/2023	15	2.11796	2.24	-0.12204	0.014894			
28/8/2023	16	2.11279	2.17	-0.05721	0.003273			
28/8/2023	17	2.11923	2.15	-0.03077	0.000947			
28/8/2023	18	2.12035	2.12	0.00035	1.23E-07			
28/8/2023	19	2.10917	2.1	0.00917	8.41E-05			
28/8/2023	20	2.09181	2.09	0.00181	3.28E-06			
28/8/2023	21	2.08036	2.07	0.01036	0.000107			
28/8/2023	22	2.08256	2.06	0.02256	0.000509			
28/8/2023	23	2.09799	2.04	0.05799	0.003363			
29/8/2023	0	2.12324	2	0.12324	0.015188			
29/8/2023	1	2.15976	2.2	-0.04024	0.001619			
29/8/2023	2	2.21514	2.35	-0.13486	0.018187			
29/8/2023	3	2.29524	2.44	-0.14476	0.020955			
29/8/2023	4	2.39399	2.48	-0.08601	0.007398			
29/8/2023	5	2.49109	2.53	-0.03891	0.001514			
29/8/2023	6	2.56114	2.61	-0.04886	0.002387			
29/8/2023	7	2.58775	2.65	-0.06225	0.003875			
29/8/2023	8	2.57131	2.72	-0.14869	0.022109			
29/8/2023	9	2.52465	2.8	-0.27535	0.075818			

29/8/2023	10	2.46134	2.69	-0.22866	0.052285			
29/8/2023	11	2.38781	2.67	-0.28219	0.079631			
29/8/2023	12	2.30535	2.6	-0.29465	0.086819			
29/8/2023	13	2.21877	2.5	-0.28123	0.07909			
29/8/2023	14	2.14115	2.4	-0.25885	0.067003			
29/8/2023	15	2.08857	2.3	-0.21143	0.044703			
29/8/2023	16	2.06843	2.19	-0.12157	0.014779			
29/8/2023	17	2.07237	2.05	0.02237	0.0005			
29/8/2023	18	2.0813	2.04	0.0413	0.001706			
29/8/2023	19	2.07934	2.03	0.04934	0.002434			
29/8/2023	20	2.06516	2.02	0.04516	0.002039			
29/8/2023	21	2.0513	2.02	0.0313	0.00098			
29/8/2023	22	2.05285	1.99	0.06285	0.00395			
29/8/2023	23	2.07589	1.98	0.09589	0.009195			
30/8/2023	0	2.11595	1.97	0.14595	0.021301			
30/8/2023	1	2.16646	2.03	0.13646	0.018621			
30/8/2023	2	2.22734	2.1	0.12734	0.016215			
30/8/2023	3	2.30458	2.2	0.10458	0.010937			
30/8/2023	4	2.40018	2.27	0.13018	0.016947			
30/8/2023	5	2.50233	2.38	0.12233	0.014965			
30/8/2023	6	2.58654	2.5	0.08654	0.007489			
30/8/2023	7	2.6285	2.61	0.0185	0.000342			
30/8/2023	8	2.61879	2.65	-0.03121	0.000974			
30/8/2023	9	2.56708	2.72	-0.15292	0.023385			
30/8/2023	10	2.49284	2.78	-0.28716	0.082461			
30/8/2023	11	2.41136	2.7	-0.28864	0.083313			
30/8/2023	12	2.32722	2.63	-0.30278	0.091676			
30/8/2023	13	2.23993	2.52	-0.28007	0.078439			
30/8/2023	14	2.15427	2.42	-0.26573	0.070612			
30/8/2023	15	2.08374	2.32	-0.23626	0.055819			
30/8/2023	16	2.04245	2.22	-0.17755	0.031524			
30/8/2023	17	2.03282	2.1	-0.06718	0.004513			
30/8/2023	18	2.0413	2.06	-0.0187	0.00035			
30/8/2023	19	2.04757	2.03	0.01757	0.000309			
30/8/2023	20	2.04016	2.02	0.02016	0.000406			
30/8/2023	21	2.02516	2	0.02516	0.000633			
30/8/2023	22	2.02052	1.99	0.03052	0.000931			
30/8/2023	23	2.04129	1.96	0.08129	0.006608			
31/8/2023	0	2.08908	1.97	0.11908	0.01418			
31/8/2023	1	2.15433	2.01	0.14433	0.020831			
31/8/2023	2	2.22763	2.06	0.16763	0.0281			
31/8/2023	3	2.30807	2.18	0.12807	0.016402			
31/8/2023	4	2.39988	2.24	0.15988	0.025562			
31/8/2023	5	2.50074	2.33	0.17074	0.029152			
31/8/2023	6	2.5939	2.55	0.0439	0.001927			
31/8/2023	7	2.65355	2.68	-0.02645	0.0007			

31/8/2023	8	2.66035	2.79	-0.12965	0.016809			
31/8/2023	9	2.61432	2.8	-0.18568	0.034477			
31/8/2023	10	2.53391	2.82	-0.28609	0.081847			
31/8/2023	11	2.44227	2.72	-0.27773	0.077134			
31/8/2023	12	2.35289	2.63	-0.27711	0.07679			
31/8/2023	13	2.26663	2.53	-0.26337	0.069364			
31/8/2023	14	2.18108	2.4	-0.21892	0.047926			
31/8/2023	15	2.10137	2.22	-0.11863	0.014073			
31/8/2023	16	2.04095	2.08	-0.03905	0.001525			
31/8/2023	17	2.01093	2.04	-0.02907	0.000845			
31/8/2023	18	2.00853	1.99	0.01853	0.000343			
31/8/2023	19	2.01681	1.96	0.05681	0.003227			
31/8/2023	20	2.01746	1.94	0.07746	0.006			
31/8/2023	21	2.00594	1.93	0.07594	0.005767			
31/8/2023	22	1.99561	1.92	0.07561	0.005717			
31/8/2023	23	2.00696	1.9	0.10696	0.01144			
09/01/2023	0	2.05156	1.94	0.11156	0.012446			
09/01/2023	1	2.12458	1.97	0.15458	0.023895			
09/01/2023	2	2.21157	2.02	0.19157	0.036699			
09/01/2023	3	2.30163	2.05	0.25163	0.063318			
09/01/2023	4	2.3937	2.26	0.1337	0.017876			
09/01/2023	5	2.49012	2.4	0.09012	0.008122			
09/01/2023	6	2.58451	2.45	0.13451	0.018093			
09/01/2023	7	2.65717	2.57	0.08717	0.007599			
09/01/2023	8	2.68444	2.73	-0.04556	0.002076			
09/01/2023	9	2.65497	2.78	-0.12503	0.015633			
09/01/2023	10	2.57866	2.83	-0.25134	0.063172			
09/01/2023	11	2.48017	2.76	-0.27983	0.078305			
09/01/2023	12	2.38239	2.66	-0.27761	0.077067			
09/01/2023	13	2.29419	2.56	-0.26581	0.070655			
09/01/2023	14	2.21215	2.47	-0.25785	0.066487			
09/01/2023	15	2.13267	1.99	0.14267	0.020355			
09/01/2023	16	2.06172	1.97	0.09172	0.008413			
09/01/2023	17	2.01214	1.96	0.05214	0.002719			
09/01/2023	18	1.9914	1.94	0.0514	0.002642			
09/01/2023	19	1.99242	1.93	0.06242	0.003896			
09/01/2023	20	1.99752	1.92	0.07752	0.006009			
09/01/2023	21	1.99316	1.91	0.08316	0.006916			
09/01/2023	22	1.98249	1.9	0.08249	0.006805			
09/01/2023	23	1.98393	1.89	0.09393	0.008823			

LAMPIRAN B
(PERHITUNGAN DESAIN BANGUNAN *UNDERWATER SILL*)

Perhitungan penentuan tinggi bangunan *underwater sill* menggunakan pendekatan persamaan berikut:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot f\left(\frac{B_{gap}}{B}\right) = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap} \dots\dots\dots 1$$

Nilai C_{gap} dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut (Bhakty, 2015)

$$C_{gap} = -3,036 \left(\frac{B_{gap}}{B}\right)^2 + 2,108 \left(\frac{B_{gap}}{B}\right) + 0,965 \dots\dots\dots 2$$

Dengan:

F = Jarak vertikal puncak UWS ke permukaan air (m)

B = Lebar Saluran (m)

B_{gap} = Jarak horizontal UWS dengan garis pantai (m)

C_{gap} = Konstanta pengaruh B_{gap}

n' = Konstanta pengaruh *layout* UWS

Q_0 = Debit sebelum dibangun UWS (m^3/s)

Q_1 = Debit setelah dibangun UWS (m^3/s)

Bangunan *underwater sill* yang akan dipasang, terletak pada kedalaman 3 meter yang berjarak 1.325 meter dari pantai. Pada penelitian ini akan dilakukan iterasi untuk mencari tinggi struktur *underwater sill* yang efektif dalam menahan laju sedimentasi. Selain itu, debit sebelum dibangun *underwater sill* menggunakan debit sedimen yang masuk ke dalam kolam jetty pada kondisi eksisting tahun 2023-2024 yaitu sebesar $102.503,36 m^3/6$ bulan.

- Diketahui:

Q_0 = $102.503,36 (m^3/s)$

B_{gap} = $1.325 m$

d = $3 m$

H = $1 - 2 m$

F = $2 - 3 m$

Untuk nilai B atau Lebar Saluran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan gelombang pecah. Dalam penelitian yang dilakukan (Bhakty, 2015), nilai B diasumsikan sebesar empat

kali jarak gelombang pecah. Adapun cara menghitung deformasi gelombang dapat dilihat dalam perhitungan excel di bawah.

DEFORMASI GELOMBANG

SHOALING DAN REFRAKSI

Formula :		Keterangan :	
$L_0 = 1,56 \times T^2$	(m)	d	kedalaman
$C_0 = L_0 / T$	(m/s)	T	Periode gelombang
$C = L / T$	(m/s)	H_0	tinggi gelombang laut dalam
$\sin a = (C / C_0) \times \sin a_0$	(m/s)	L_0	panjang gelombang laut dalam
$K_r = (\cos a_0 / \cos a)^{0,5}$		C_0	cepat rambat gelombang laut dalam
$H = (h_0 \times L_0 / n \times L)^{0,5}$	(m)	a_0	sudut datang gelombang laut dalam terhadap garis pantai
$K_r \times K_r \times H_0$	(m)	a	sudut datang gelombang pada kedalaman yang ditinjau
		C	cepat rambat gelombang pada kedalaman yang ditinjau
		L	panjang gelombang pada kedalaman yang ditinjau
		H_0	tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau akibat refraksi
		K_r	koefisien refraksi
		K	koefisien shoaling (pendangkalan)

L_0 (m)	C_0 (m/s)	H_0 (m)	T (s)	d (m)	d/L_0	d/L_0 Atas	d/L_0 Bawah	d/L Atas	d/L Bawah	d/L	L (m)	n_0	n	K_r	C (m/s)	a_0 (°)	$\sin a_0$	$\cos a_0$	$\sin a$	a (°)	$\cos a$	K_r	H_0 (m)	Hb (m)
28.84	6.71	1.94	4.30	7	0.2427	0.2420	0.2430	0.26094	0.26181	0.26153	26.77	0.6352	0.6252	1.048	6.22	35	0.57	0.82	0.53	32	0.85	0.984	1.91	1.42978
26.77	6.22	1.94	4.30	6	0.2242	0.2240	0.2250	0.24548	0.24633	0.24563	24.43	0.6232	0.6586	1.018	5.68	32	0.53	0.85	0.49	29	0.87	0.984	1.91	1.39203
24.43	5.68	1.94	4.30	5	0.2047	0.2040	0.2050	0.22849	0.22934	0.22907	21.83	0.6586	0.6752	1.045	5.08	29	0.49	0.87	0.43	26	0.90	0.985	1.91	1.35397
21.83	5.08	1.94	4.30	4	0.1833	0.1830	0.1840	0.21084	0.21168	0.21106	18.95	0.6752	0.6981	1.055	4.41	26	0.43	0.90	0.38	22	0.93	0.986	1.91	1.30516
18.95	4.41	1.94	4.30	3	0.1583	0.1580	0.1590	0.18997	0.19081	0.19022	15.77	0.6981	0.7278	1.074	3.67	22	0.38	0.93	0.31	18	0.95	0.988	1.92	1.24637
15.77	3.67	1.94	4.30	2	0.1268	0.1260	0.1270	0.16320	0.16404	0.16388	12.20	0.7278	0.7701	1.105	2.84	18	0.31	0.95	0.24	14	0.97	0.989	1.92	1.17366
12.20	2.84	1.94	4.30	1	0.0819	0.0810	0.0820	0.12412	0.12503	0.12498	8.00	0.7701	0.8431	1.180	1.86	14	0.24	0.97	0.16	9	0.99	0.991	1.92	1.07891

GELOMBANG PECAH

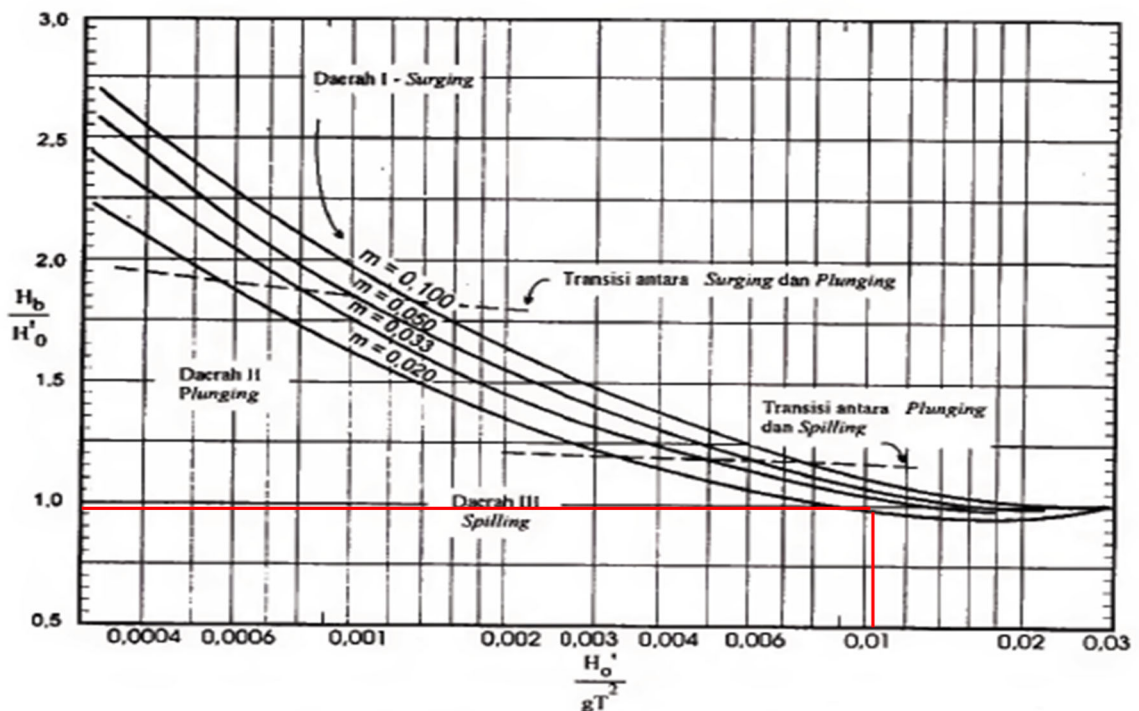
Formula :

$$C_b = (g \times db_{\min})^{0.5} \quad \text{cepat rambat gelombang pecah} \quad (\text{m/s})$$

Keterangan :

m	: slope (kemiringan dasar laut)	(m)
H'_0	: tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau akibat refraksi & shoaling	(m)
T	: periode gelombang	(s)
H_b	: tinggi gelombang pecah	(m)
db	: kedalaman gelombang pecah	(m)
C_b	: cepat rambat gelombang pecah	(m/s)
	: tinggi gelombang rencana	(m)

m	H'_0	H'_0/gT^2	H_b/H'_0	H_b	H_b/gT^2	a	b	db/H_b	db	C_b
	(m)			(m)					(m)	(m)
0.0014	1.91	0.010521	0.90	1.72	0.009469	1.15	0.79	1.28243	2.20	4.65



Gambar 3.13. Penentuan tinggi gelombang pecah

Setelah dilakukan perhitungan, diketahui gelombang pecah pada kedalaman 2,20 meter yang berjarak 1.182 meter dari pantai. Sehingga, perhitungan untuk mencari tinggi UWS yang ideal dapat dilanjutkan. Sesuai penelitian yang dilakukan (Bhakty, 2015), nilai B diasumsikan empat kali jarak gelombang pecah.

- Skenario 1

Skenario 1 apabila tinggi struktur *underwater sill* 1 meter.

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot f\left(\frac{B_{gap}}{B}\right) = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap}$$

$$Q_1 = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap} \cdot Q_0$$

$$Q_1 = \left(\frac{2}{3}\right)^{0.8} \cdot 1,31 \cdot 102.503,36$$

$$Q_1 = 97.474,23 \text{ m}^3/6 \text{ bulan}$$

Skenario 1 apabila tinggi struktur *underwater sill* 2 meter.

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot f\left(\frac{B_{gap}}{B}\right) = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap}$$

$$Q_1 = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap} \cdot Q_0$$

$$Q_1 = \left(\frac{1}{3}\right)^{0.8} \cdot 1,31 \cdot 102.503,36$$

$$Q_1 = 55.984,24 \text{ m}^3/6 \text{ bulan}$$

- Skenario 2

Skenario 2 apabila tinggi struktur *underwater sill* 1 meter

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot f\left(\frac{B_{gap}}{B}\right) = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap}$$

$$Q_1 = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap} \cdot Q_0$$

$$Q_1 = \left(\frac{2}{3}\right)^{0.5} \cdot 1,31 \cdot 102.503,36$$

$$Q_1 = 100.603,92 \text{ m}^3/6 \text{ bulan}$$

Skenario 2 apabila tinggi struktur *underwater sill* 2 meter

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot f\left(\frac{B_{gap}}{B}\right) = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap}$$

$$Q_1 = \left(\frac{F}{d}\right)^{n'} \cdot C_{gap} \cdot Q_0$$

$$Q_1 = \left(\frac{1}{3}\right)^{0.5} \cdot 1,20 \cdot 102.503,36$$

$$Q_1 = 77.839,89 \text{ m}^3/6 \text{ bulan}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan pendekatan persamaan di atas, maka diputuskan untuk membangun *underwater sill* dengan ketinggian 2 meter pada tiap skenario nya. Namun, akan terdapat perbedaan hasil volume sedimen yang masuk dikarenakan pemodelan pada penelitian ini bersifat dua dimensi, sehingga *underwater sill* yang dipasang didefinisikan sebagai *land boundary*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, baik dalam hal materi maupun moral. Adapun pihak-pihak tersebut adalah:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan, keselamatan, kesehatan, dan kasih sayang-Nya kepada penulis selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua, kakak, dan adik penulis yang selalu mendukung, memotivasi, serta mendoakan penulis pada setiap kegiatan yang penulis lakukan selama berkuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Dosen Pembimbing, Prof. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D dan Prof. W. Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D yang telah memberikan ilmu, motivasi, bimbingan, serta arahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Dosen Penguji Laboratorium Rekaya Hidro-Informatika Kelautan (Lab. OHI), Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D., Wimala L. Dhanista, S.T., M.T., dan Dr. Dendy Satrio, S.ST. atas kritik dan masukannya, sehingga penulis dapat memperbaiki kekurangan pada Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Dendy Satrio, S.ST., selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan motivasi, ilmu, serta pengalamannya selama penulis menuntut ilmu di Departemen Teknik Kelautan.
6. Seluruh Dosen dan Tenaga Pendidik Departemen Teknik Kelautan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan ilmu dan wawasannya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan mengimplementasikan ilmunya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh teman seperjuangan bimbingan Prof. Suntoyo yang senantiasa memberikan semangat serta bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini mulai dari P1 hingga P3.
8. Teman-teman Departemen Teknik Kelautan Angkatan 2020 “Wastrayaksa” yang membersamai penulis mulai dari mahasiswa baru hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Seluruh pihak yang telah membantu penulis selama pengerjaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

BIODATA PENULIS



Arsyad Abdul Azis adalah putra kedua dari tiga bersaudara yang lahir di Jakarta pada tanggal 15 April 2000. Penulis menjalani pendidikan formal di SDN Pondok Petir 01, SMPN 17 Kota Tangerang Selatan, SMAN 6 Kota Tangerang Selatan dan melanjutkan di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada perkuliahan ini, penulis mengambil bidang pantai dan pelabuhan, khususnya pada analisis sedimentasi dan pengerukan.

Selama berkuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan di kampus seperti pelatihan, kepanitiaan, dan organisasi. Penulis aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan pada tahun 2021 sebagai Staff divisi Fundraising pada acara OCEANO 2021. Lalu pada tahun 2022, penulis menjadi Expert Staff divisi Fundraising pada acara OCEANO 2022. Selanjutnya, pada tahun 2023, penulis menjadi Wakil Ketua Divisi Keprofesian Departemen Keprofesian dan Keilmiahian Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan.

Pada tahun 2023, penulis melaksanakan kegiatan Kerja Praktik pada periode Juli-September di PT. Samudera Atlantis International sebagai Site Engineer Intern pada proyek pengerukan PLTU Banten 3 Lontar. Oleh sebab itu, penulis mengambil judul “Analisis Pemasangan Underwater Sill Terhadap Laju Sedimentasi pada PLTU Banten 3 Lontar”. Penulis berharap adanya saran dan masukan terkait dengan analisis pada Tugas Akhir ini, yang dapat disampaikan pada email di bawah. Harapannya, Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk penelitian yang serupa kedepannya.

Email: arsyadd154@gmail.com