

TESIS

**EVALUASI PENYEBAB SEDIMENTASI
DAN METODE OPERASIONAL PEMELIHARAAN
MUARA SUNGAI**

**(Studi Kasus Muara Sungai Serang Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah
Kab. Kulonprogo Yogyakarta)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Strata Dua (S2) Magister Teknik Sipil**



Disusun Oleh :

MUHAMMAD FAHRUROYI

NIM : 14914013

**KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI
PROGRAM PASCA SARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

**EVALUASI PENYEBAB SEDIMENTASI
DAN METODE OPERASIONAL PEMELIHARAAN
MUARA SUNGAI**

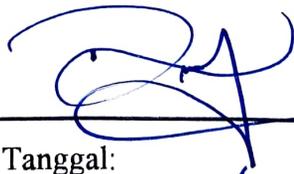
**(Studi Kasus Muara Sungai Serang Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah
Kab. Kulonprogo Yogyakarta)**



Diperiksa dan disetujui oleh:

Dr. Ir. Ruzardi, MS

Dosen Pembimbing I


Tanggal:

Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing II

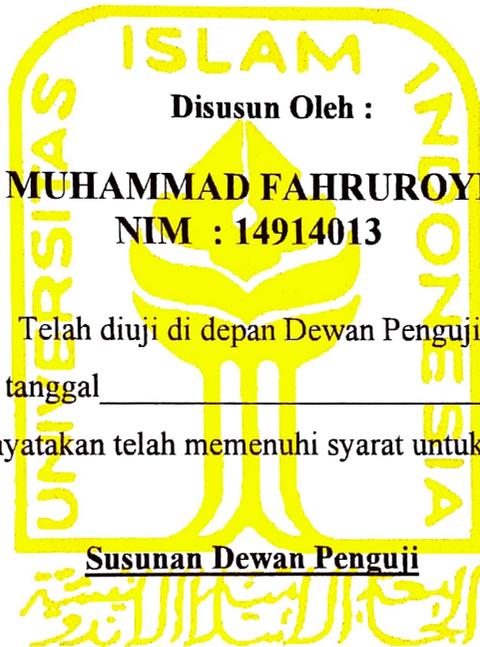

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**EVALUASI PENYEBAB SEDIMENTASI
DAN METODE OPERASIONAL PEMELIHARAAN
MUARA SUNGAI**

(Studi Kasus Muara Sungai Serang Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah
Kab. Kulonprogo Yogyakarta)



Dosen Pembimbing I,

Dr. Ir. Ruzardi, MS

Dosen Pembimbing II,

Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D.

Dosen Penguji,

Ir. Faisol AM., MS.

Yogyakarta, _____
Universitas Islam Indonesia
Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil
Ketua Program,

Fitri Nugraheni, ST., MT., Ph.D.

NIP: 005110101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program “*Software*” komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, April 2019
Penulis,



MUHAMMAD FAHRUROYI
NIM : 14914013

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT sehingga tesis yang berjudul *Evaluasi Penyebab Sedimentasi dan Metode Operasional Pemeliharaan Muara Sungai* dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam memperoleh derajat sarjana strata dua di Jurusan Magister Teknik Sipil, Konsentrasi Manajemen Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan secara material maupun spiritual sehingga tesis ini dapat terselesaikan, untuk itu pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. Ruzardi, MS**, selaku dosen pembimbing I tesis, terima kasih atas bimbingan, nasehat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini hingga terselesaikan.
2. Ibu **Fitri Nugraheni ST., MT., Ph.D**, selaku dosen pembimbing II tesis, terima kasih banyak atas bimbingan, nasehat dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
3. Ibu **Dr. Ir. Tuti Sumarningsih, ST., MT**, selaku dosen penguji selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII
4. Seluruh keluarga yang selalu mendukung, menyemangati serta mendoakan segala kegiatanku.
5. Seluruh teman-teman seperjuangan Magister Teknik Sipil UII, khususnya konsentrasi Manajemen konstruksi angkatan 2014. Terima kasih atas bantuan dan doanya dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekurangannya, karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan Tesis ini sangat diharapkan.

Akhir kata semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa UII Jurusan Teknik Sipil khususnya dan para pembaca pada umumnya. Tidak lupa permohonan maaf yang sebesar-besarnya atas kurang sempurna tesis ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, April 2019
Penulis,

MUHAMMAD FAHRUROYI
NIM : 14914013



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.2 Penelitian dengan Topik Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang	4
2.2.1. Evaluasi Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pantai Glagah, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta	4
2.2.2. Perencanaan Stabilitas Lapis Lindung Tertapod Pada Pemecah Gelombang Di Pantai Glagah Kulon Progo	5
2.2.3. Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto	7
2.2.4. Data Pengukuran Pasang Surut Gelombang Pantai Glagah	8
2.2.5. Data Gelombang Rencana Bangunan Pantai Glagah oleh U.S. Navy Marine Climate Atlas of The World dan diolah oleh JICA (1989) dan data gelombang yang diukur oleh BCOM (1993) di sekitar muara Tipar, Timur Cilacap	9
2.3 Penelitian dengan Topik Sedimentasi muara sungai dan pengendalian sedimentasi	10

2.3.1 Analisis Transpor Sedimen Menyusur Pantai dengan Menggunakan Metode Grafis pada Pelabuhan Tanjung Adikarto	10
2.3.1 Kajian Teknologi <i>Sand by Passing</i> Penanggulangan Sedimentasi dan Erosi Pantai Bengkulu (Pelabuhan Pulau Baai)	11
2.4 Penelitian dengan Topik Metode Perbaikan Muara Sungai	13
2.4.1 Konstruksi Jetty Medium Sebagai Alternatif Perbaikan Muara Sungai Tipar	13
2.4.2 Metode Pelaksanaan Pembangunan Pengaman Pantai Malalayang Kota Manado dan Pantai Girian Bawah Kota Bitung Sulawesi Utara	15
2.5 Penelitian yang Berkaitan dengan Biaya Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Pengendalian Sedimen Pantai dan Estimasi Biaya Operasi dan Pemeliharaan pada Muara Sungai	17
2.5.1 Pengerukan di Muara Sungai Glagah	17
2.5.2 Studi Kelayakan Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto	18
2.6 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya	18
BAB III LANDASAN TEORI	20
3.1 Penyebab Sedimentasi Muara Sungai	20
3.1.1 Sedimentasi Muara Sungai Akibat Morfologi Muara Sungai	20
3.1.2 Sedimentasi Muara Sungai Akibat Arus Pantai	23
3.1.3 Transpor Sedimen Pantai	24
3.2 Bangunan Pengendali Sedimentasi Muara Sungai	29
3.2.1. Jetty	30
3.2.2. Groin	31
3.3 Perhitungan Estimasi Volume Sedimen Terkendali	41
3.4 Metode Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai	42
3.5 Biaya Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai	45
3.6 Biaya Investasi Pekerjaan Bangunan Pantai	46
3.6.1 Analisis Kelayakan Proyek	46
3.6.2 Analisis Investasi	47
BAB IV METODE PENELITIAN	49
4.1 Pengumpulan Data	49

4.2 Analisis dan Pembahasan	50
4.2.1 Metode Alternatif Pengendalian Sedimentasi Muara Sungai	50
4.2.2 Perencanaan Alternatif Terpilih	50
4.3 Perhitungan estimasi volume sedimen terkendali	53
4.4 Metode Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai	53
4.5 Evaluasi Efisiensi Biaya Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai	54
4.6 Kesimpulan dan Saran	54
4.7 Bagan Alir Penelitian	55
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	57
5.1 Permasalahan pada Muara Sungai Serang	57
5.2 Analisis Volume dan Arah Transport Sedimen Sejajar Pantai	59
5.3 Metode Alternatif Pengendalian Sedimentasi Muara Sungai	62
5.3.1 Data pengukuran gelombang di pantai Tipar oleh Puslitbang Air	62
5.4 Perencanaan Alternatif Terpilih	69
5.4.1 Pasang Surut	69
5.4.2 Penentuan Elevasi puncak Pemecah Gelombang	71
5.4.3 Penentuan berat lapis lindung	72
5.4.4 Penentuan Lebar puncak bangunan pemecah gelombang	73
5.4.5 Penentuan Jarak Bangunan Groin	75
5.5 Perhitungan Estimasi Volume Sedimen Terkendali	77
5.6 Metode Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai	80
5.7 Efisiensi Biaya Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai	82
5.8 Biaya Konstruksi Groin dan Pemeliharaan Groin	93
5.9 Nilai Benefit Pembangunan Groin	93
5.10 Analisis Investasi Pekerjaan Pembangunan Groin	95
5.11 Analisis Benefit Cost Ratio (BCR)	96
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	97
6.1 Kesimpulan	97
6.2 Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Pelabuhan Tanjung Adikarto Glagah Kulonprogo	2
Gambar 2.1	Terjadi abrasi pada tetrapod bangunan jetty dengan mutu beton K-400	7
Gambar 2.2	Pelabuhan pada saat kondisi normal	12
Gambar 2.3	Pengerukan Sedimentasi Pelabuhan Pulau Baai dengan teknologi <i>Sand by Passing</i>	13
Gambar 2.4	Desain alternatif tampang lintang jetty	14
Gambar 2.5	Desain alternatif struktur bangunan jetty untuk perbaikan sungai Tipar	14
Gambar 2.6	Tipikal bentuk bangunan groin pantai	15
Gambar 2.7	Tipe I pengaman pantai Malalayang di Kota Manado	16
Gambar 2.8	Tipe II pengaman pantai Malalayang Kota Manado	16
Gambar 2.9	Tipe pengaman pantai Girian Bawah	17
Gambar 3.1	Pola sedimentasi muara sungai yang di dominasi gelombang	21
Gambar 3.2	Pola sedimentasi muara sungai yang didominasi oleh pasang surut	22
Gambar 3.3	Arus dekat pantai	23
Gambar 3.4	Transpor sedimen sepanjang pantai	26
Gambar 3.5	Konsentrasi sedimen, arus dan transpor sepanjang pantai	27
Gambar 3.6	Skema perhitungan transport sedimen menyusur pantai Glagah	28
Gambar 3.7	Zona pergerakan material sedimen	29
Gambar 3.8	Jetty dan dampak yang ditimbulkan	31
Gambar 3.9	Fungsi groin dan dampak yang ditimbulkan	32
Gambar 3.10	Sistem rangkaian seri bangunan groin dan dampak perubahan pada garis pantai	33
Gambar 3.11	Bentuk dan tipe groin	33
Gambar 3.12	Mawar gelombang Pantai Selatan Jawa Tengah	36
Gambar 3.13	Probability of Wave Occurance	37
Gambar 3.14	Perkiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global	38

Gambar 3.15 Estimasi kondisi tampungan penuh	42
Gambar 3.16 Proses pengerukan endapan sedimen pada muara sungai dengan alat berat	44
Gambar 3.17 Kapal keruk	44
Gambar 3.18 Sistem Echo Sounder untuk mengetahui kondisi dasar laut	45
Gambar 4.1 Bagan alir penelitian	56
Gambar 5. 1 Muara sungai Serang Tahun 2007 (sebelum ada bangunan jetty/pemecah gelombang)	57
Gambar 5.2 Sedimentasi muara Sungai Serang	58
Gambar 5.3 Kondisi jetty/pemecah gelombang terhadap arus sejajar pantai	61
Gambar 5.4 Grafik volume angkutan sedimen sejajar pantai	62
Gambar 5.5 Prinsip pengendalian sedimen dengan bangunan groin	63
Gambar 5.6 Kondisi bathimetri area pelabuhan Tanjung Adikarto Kulonprogo	64
Gambar 5.7 Probability of Wave Occurance	67
Gambar 5.8 Grafik penentuan tinggi gelombang desain	69
Gambar 5.9 Hasil pengukuran pasang surut di Pantai Glagah	70
Gambar 5.10 Perkiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global	71
Gambar 5.11 Skenario desain perletakan groin di sisi sebelah timur	76
Gambar 5.12 Desain tampang groin	77
Gambar 5.13 Estimasi kondisi tampungan	77
Gambar 5.14 Bentuk tampungan groin 1 dan 2	78
Gambar 5.15 Kondisi tampungan groin 3	79
Gambar 5.16 Tampungan sedimen pada groin	80
Gambar 5.17 Analisis sedimentasi berdasarkan peta bathimetri	81
Gambar 5.18 Kapal keruk tipe CSD 250	83
Gambar 5.19 Bagian - bagian alat pengeruk sedimen pada kapal keruk tipe CSD 250	84
Gambar 5.20 Profil bangunan groin	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel data pasang surut Pantai Glagah	8
Tabel 2.2 Hasil analisis data gelombang berdasarkan Proyek Bali	9
Tabel 2.3 Kala ulang gelombang signifikan di proyek Bali (JICA, 1989) dan Tipar (BCOM, 1993)	10
Tabel 3.1 Koefisien stabilitas lapis lindung	40
Tabel 3.2 Koefisien Lapis Batu Pelindung	40
Tabel 5.1 Hasil analisis angkutan sedimen sejajar pantai	60
Tabel 5.2 Perhitungan transpor sedimen menyusur Pantai Glagah	60
Tabel 5.3 Tinggi Gelombang di Samudera Indonesia	65
Tabel 5.4 Frekuensi Gelombang di Tipar	66
Tabel 5.5 Kala ulang gelombang signifikan berdasarkan pengamatan diberbagai tempat	67
Tabel 5.6 Hasil analisis tinggi gelombang ekuivalen (H_o') dan tinggi gelombang pecah (H_b)	68
Tabel 5.7 Koefisien stabilitas lapis lindung	72
Tabel 5.8 Koefisien Lapis Batu Pelindung	74
Tabel 5.9 Desain bangunan groin	76
Tabel 5.10 Estimasi kapasitas tampung bangunan groin	79
Tabel 5.11 Tabel spesifikasi kapal keruk tipe CSD	82
Tabel 5.12 Analisa kebutuhan peralatan pengerukan sedimen pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah	83
Tabel 5.13 Perbandingan Biaya Skenario Pengendalian Sedimentasi Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah	91
Tabel 5.14 Biaya konstruksi Groin dan Pemeliharaan Groin	92
Tabel 5.15 Produksi Ikan	93
Tabel 5.16 Benefit Penangkapan dan Jasa effect multiplayer "PPP Tanjung Adikarto"	94
Tabel 5.17 Nilai investasi pada pekerjaan pembangunan Groin	94
Tabel 5.18 Nilai BCR ($i=8\%$) Pembangunan Groin	96

ABSTRAK

Lokasi penelitian berada di Muara Sungai Serang, Pelabuhan Tanjung Adikarto, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi tersebut dimanfaatkan sebagai alur pelayaran dari dan menuju pelabuhan. Pada musim kemarau atau saat bertiunya angin muson timur, mulut sungai Serang selalu terjadi sedimentasi akibat tertutup oleh endapan pasir (*sand dunes*) atau sering disebut lidah pasir (*Sand Spit*). Meski telah dibangun jetty di lokasi penelitian, namun hingga saat ini masih terjadi sedimentasi di muara sungai. Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui estimasi volume sedimen terkendali dengan metode pengendalian sedimentasi terpilih serta metode operasi dan pemeliharaan yang efektif dalam upaya memberikan fungsi dari area pelabuhan.

Metodologi yang digunakan adalah, pengumpulan data yaitu data sekunder yang dikumpulkan dari instansi terkait meliputi data tinggi gelombang, sudut arah datang gelombang, periode gelombang, probabilitas gelombang, kemiringan pantai. Dari data tersebut dapat diketahui kondisi ekisting, penyebab sedimentasi, net transport sedimen, arus sejajar pantai. Tahap berikutnya adalah analisis dan pembahasan bertujuan untuk mengetahui metode pengendalian sedimentasi yang sesuai, estimasi volume sedimen terkendai, serta metode Operasional dan Pemeliharaan yang tepat dan murah. Perhitungan biaya OP menggunakan 4 Skenario dimana akan dipilih 1 skenario yang paling efektif dan murah.

Net Transport sedimen yang berpotensi menjadi endapan adalah sebesar $293,3 \times 103 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Metode Operasional dan Pemeliharaan untuk pengendalian sedimentasi adalah membangun groin dan dengan pengerukan sedimen dengan kapal keruk. Dari hasil analisa perbandingan biaya Operasional Pemeliharaan, pada skenario 4 (bangunan 3 groin pantai) adalah skenario dengan biaya paling rendah yaitu mengurangi biaya OP sebesar 59% atau Rp 321,472,480,942.00 (tiga ratus dua puluh satu miliar empat ratus tujuh puluh dua juta empat ratus delapan puluh ribu sembilan ratus empat puluh dua rupiah)

Kata kunci : Glagah, Groin, Tanjung Adikarto

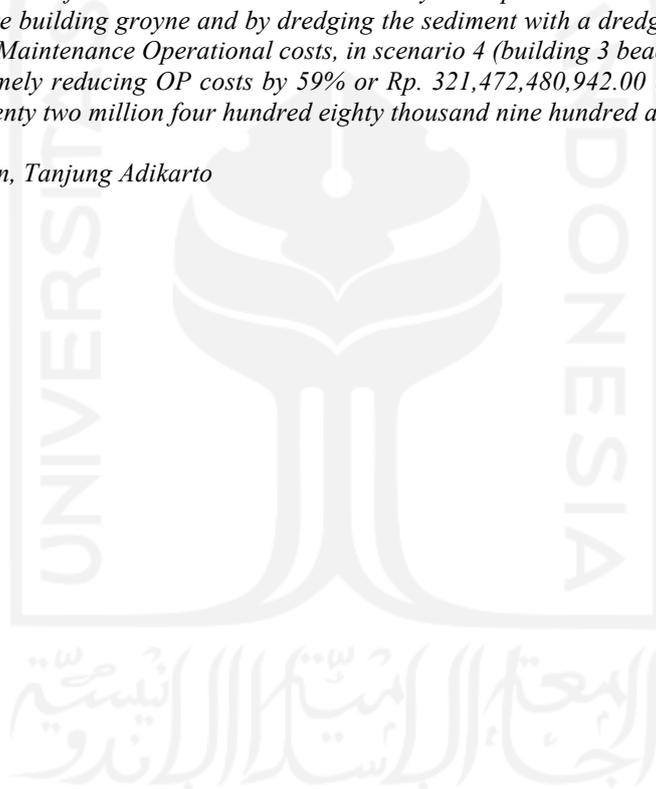
ABSTRACT

The research location is in Serang River Estuary, Tanjung Adikarto Harbor, Kulon Progo Regency, Special Region of Yogyakarta. This location is used as a shipping channel to and from the port. During the dry season or when the east monsoon winds, the mouth of the Serang river always occurs sedimentation due to being covered by sand dunes or often called sand spits. Even though a jetty has been built at the research location, sedimentation still occurs at the river mouth. The aims and objectives of this study are to determine the estimated volume of controlled sediment using the selected sedimentation control methods and cost-effective operation and maintenance methods in an effort to provide a function for the port area.

The methodology used is data collection, namely secondary data collected from related agencies including wave height data, wave incidence angle, wave period, wave probability, beach slope. From the data, it can be seen that the existing conditions, the causes of sedimentation, net sediment transport, and longshore currents. The next stage is analysis and discussion aimed to determine suitable sedimentation control methods, estimated volume of sediment controlled, as well as appropriate and inexpensive methods of Operation and Maintenance. The OP cost calculation uses 4 scenarios where one scenario will be selected the most effective and inexpensive.

The net transport potential for sediment is $293.3 \times 10^3 \text{ m}^3 / \text{year}$. Operational and Maintenance methods for sedimentation control are building groyne and by dredging the sediment with a dredger. From the results of the comparative analysis of Maintenance Operational costs, in scenario 4 (building 3 beach groynes) is the scenario with the lowest cost, namely reducing OP costs by 59% or Rp. 321,472,480,942.00 (three hundred twenty one billion four hundred seventy two million four hundred eighty thousand nine hundred and forty two rupiah)

Keywords: Serang, Groin, Tanjung Adikarto



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pantai Glagah mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai pelabuhan perikanan. Lokasi tersebut didukung oleh aksesibilitas yang mudah, daerah pengaruh (*hinterland*) yang baik yaitu dekat dengan kota-kota di sekitarnya (Wates, Yogya, Bantul, Purworejo, Magelang, Kebumen). Ketersediaan lahan di sepanjang pantai cukup luas, dan fasilitas pendukung seperti listrik dan air bersih. Lokasi pantai Glagah tersebut terbuka ke Samudra Indonesia dengan gelombang besar, sehingga perlu dibangun pemecah gelombang untuk melindungi alur pelayaran dan kolam pelabuhan.

Di pantai Glagah, bermuara sungai Serang. Muara sungai Serang dapat dimanfaatkan sebagai alur pelayaran dan untuk melindungi alur pelayaran tersebut perlu dibangun pemecah gelombang yang ditempatkan di kedua sisi mulut sungai. Pekerjaan pemecah gelombang pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah di Kulon Progo dilaksanakan mulai tahun 2005 sampai dengan tahun 2013 dengan 7 tahapan berdasarkan anggaran yang tersedia dari APBN Pemerintah. Diharapkan pembangunan pemecah gelombang yang memakan biaya yang sangat besar akan dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perencanaan.

Pada musim kemarau, mulut sungai Serang selalu tertutup oleh endapan pasir (*sand dunes*) atau sering disebut lidah pasir (*Sand Spit*). Pada musim penghujan, endapan tersebut mengganggu kelancaran pembuangan debit banjir ke laut, sehingga menyebabkan terjadinya banjir di daerah hulu. Pembangunan pemecah gelombang di kedua sisi mulut Sungai Serang diharapkan dapat mencegah terjadinya endapan di mulut sungai, sehingga dapat mendukung pengendalian banjir di Sungai Serang.



Gambar 1. 1 Lokasi Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah, Kulonprogo

Sumber : Google Earth, 2018

Selain itu bangunan pemecah gelombang yang dibangun pada muara Sungai Glagah juga berfungsi sebagai peredam energi gelombang laut yang akan masuk ke area Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah. Namun hingga saat ini masih terjadi penutupan oleh lidah pasir (*Sand Spit*) di muara Sungai Serang.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apakah penyebab sedimentasi muara Sungai Serang ?
2. Berapa estimasi volume transport sedimen sejajar pantai yang terjadi pada muara Sungai Serang, dan dari manakah arah dominan transport sedimen tersebut ?
3. Bagaimana metode pengendalian sedimentasi untuk meminimalkan jumlah sedimen yang masuk ke dalam alur lalulintas kapal yang akan keluar masuk ke pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah ?
4. Berapa Estimasi Volume Sedimen Terkendali setelah adanya metode pengendalian sedimentasi muara sungai?
5. Bagaimana metode operasi dan pemeliharaan yang harus dilakukan dalam upaya memberikan fungsi dari area pelabuhan agar tetap terjaga secara optimal dan tidak mengganggu kegiatan dari pelabuhan itu sendiri?

6. Berapa Efisiensi Biaya Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai Serang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui penyebab mulut muara masih terjadi sedimentasi dan menutup alur pelayaran.
2. Untuk mengetahui estimasi volume transport sedimen arus sejajar pantai dan arah dominan transport sedimen.
3. Untuk mendapatkan solusi pengendalian sedimentasi muara Sungai Serang yang sesuai
4. Untuk mengetahui estimasi volume sedimen terkendali setelah adanya metode pengendalian sedimentasi muara sungai
5. Untuk membuat rekomendasi metode operasional dan pemeliharaan jalur lalu lintas kapal pada Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah, Kab Kulon Progo.
6. Untuk mengetahui Efisiensi Biaya Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai Serang

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini agar tidak terlalu meluas, maka di dalam kajian ini perlu adanya pembatasan masalah tentang obyek yang diteliti. Penelitian terbatas pada tinjauan metode operasi dan pemeliharaan yang tepat di lokasi penelitian sehingga meminimalkan biaya Operasi dan Pemeliharaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam melakukan penelitian ini, perlu didukung dengan penelitian – penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, dalam tinjauan pustaka ini ditampilkan beberapa penelitian – penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi dan panduan dalam metode penelitian, analisis data maupun pengumpulan data yang dapat digunakan untuk keperluan analisis data. Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu terkait dengan permasalahan sedimentasi muara sungai dan pengendalian sedimentasi pada alur lalulintas pelabuhan.

2.2 Penelitian dengan Topik Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang

2.2.1 Evaluasi Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pantai Glagah, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta

Khosi'in (2013) mengkaji tentang Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pantai Glagah, Kabupaten Kulonprogo. Propinsi DIY mempunyai Samudra Indonesia sepanjang kurang lebih 110 km yang mempunyai potensi sumberdaya perikanan sangat besar, namun potensi lestari sumberdaya ikan saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Usaha penangkapan ikan masih menggunakan kapal-kapal kecil dengan motor tempel, yang hanya beroperasi di wilayah pantai, belum mencapai daerah lepas pantai dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE). Untuk dapat meningkatkan hasil tangkapan diperlukan kapal besar yang dapat beroperasi di lepas pantai dan ZEE. Penggunaan kapal-kapal besar tersebut memerlukan adanya pelabuhan besar. Muara Sungai Serang di Pantai Glagah Kulonprogo DI.Yogyakarta mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai pelabuhan perikanan.

Data evaluasi perencanaan diambil dari Proyek Bali oleh JICA, 1989 berupa data mawar gelombang laut dalam dan tinggi gelombang signifikan untuk kala ulang perencanaan 50 tahun, dan juga dari Departemen Pekerjaan Umum (PU) DI. Yogyakarta berupa data topografi dan bathimetri pantai Glagah, Kulonprogo, DI. Yogyakarta Berdasarkan hasil evaluasi didapatkan panjang pemecah gelombang sisi timur sebesar 360 m pada kedalaman -15,5 m dan sisi barat sebesar 315 m pada kedalaman -10,8 m. Untuk berat tetrapod pada bagian ujung sebesar 11,23 ton pada bagian lengan sebesar 9 ton dan pada bagian pangkal sebesar 6 ton. Pemecah gelombang direncanakan pada muka air laut rencana (DWL) sebesar + 3,3393 m dan untuk elevasi puncak pemecah gelombang direncanakan sebesar + 8,83 m. lebar Pemecah gelombang sebesar 7 m pada bagian ujung dan berangsur mengecil ke bagian pangkal yaitu sebesar 3 m. dan lebar alur pelayaran yang digunakan sebesar 40 m dengan kedalaman alur pelayaran sebesar 3,0 m. Dari hasil evaluasi perencanaan gelombang dapat disimpulkan bahwa desain pemecah gelombang hasil evaluasi ini dapat digunakan sebagai alternatif penentuan kebijakan bagi pemerintah setempat dalam pengembangan pemecah gelombang Pantai Glagah di masa yang akan datang

2.2.2 Perencanaan Stabilitas Lapis Lindung Tertapod Pada Pemecah Gelombang Di Pantai Glagah Kulon Progo.

Aqil et al (2018) mengkaji tentang Perencanaan Stabilitas Lapis Lindung Tertapod Pada Pemecah Gelombang Di Pantai Glagah Kulon Progo. Lokasi pembangunan pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah terbuka ke laut dengan gelombang besar. Persyaratan penting dari suatu pelabuhan adalah adanya daerah perairan yang tenang dan terlindung terhadap gangguan gelombang, sehingga kapal dapat berlabuh untuk melakukan kegiatan menurunkan hasil tangkapan ikan. Untuk itu pelabuhan harus

dilindungi terhadap gangguan gelombang dengan membuat pemecah gelombang.

Untuk merencanakan sebuah lapis lindung pemecah gelombang yang harus dilakukan mengetahui ketersediaan material yang akan digunakan, tinggi gelombang yang akan direncanakan sesuai dengan kondisi gelombang, dan kemiringan pemecah gelombang tersebut. Dari hasil perhitungan terhadap ketinggian gelombang yang berbeda dapat digambarkan berat dari lapis lindung pemecah gelombang juga berbeda, dan dengan kemiringan tertentu lapis lindung pemecah gelombang akan semakin berat ataupun sebaliknya. Dalam perencanaan ini penulis dapat mengetahui cara untuk merencanakan sebuah lapis lindung pemecah gelombang.

Secara umum lapis lindung pemecah gelombang dengan tinggi gelombang yang tertinggi akan mempunyai berat lapis lindung tetrapond yang berat, dan pada kemiringan pemecah gelombang lebih besar berpengaruh terhadap berat dari lapis lindung pemecah gelombang akan semakin ringan.

Dalam merencanakan pemecah gelombang beberapa variabel yang harus diketahui adalah tinggi gelombang, berat jenis air laut, berat jenis material, nilai koefisien stabilitas lapis lindung dan sudut kemiringan pemecah gelombang. Semakin tinggi gelombang rencana yang digunakan akan semakin berat lapis lindung pemecah gelombang yang digunakan. Seperti hasil perhitungan pada data gelombang bulan Maret 2017 pada tinggi gelombang 1,77 meter, berat lapis lindung yang digunakan adalah 0,539 ton dan tinggi gelombang 1,87 meter, berat lapis lindung yang digunakan adalah 0,635ton.

2.2.3 Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto.

Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT - UGM) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (2013) melakukan kajian terhadap bangunan jetty pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah, dimana permasalahan yang terjadi pada pelabuhan tersebut adalah terjadinya sedimentasi yang cukup tinggi pada area alur lalu lintas pelabuhan. Kondisi tersebut mengakibatkan tidak berfungsinya secara efektif alur lalu lintas pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah sebagai jalan keluar masuk kapal.

Proses review desain dilakukan dengan cara meninjau secara langsung kondisi bangunan pemecah gelombang dan melakukan pengukuran bathimetri di areal pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah.



Gambar 2.1 Terjadi abrasi pada tetrapod bangunan jetty dengan mutu beton K-400
Sumber : PSIT-UGM, 2013

Berdasarkan hasil tinjauan langsung ke lapangan dapat diketahui permasalahan – permasalahan yang terjadi yang menyebabkan kestabilan bangunan pemecah gelombang dan alur lalu lintas pelabuhan terganggu. Diantaranya adalah :

- a. Panjang pemecah gelombang masih belum sesuai dengan rencana
- b. Terjadi pendangkalan dan gangguan terhadap alur pelayaran di antara dua jetty (pemecah gelombang).

- c. Pemasangan beberapa tetrapod belum sesuai dengan standar dan pedoman (dua lapis, dan sampai mercu pemecah gelombang).
- d. Ukuran batu lapis bawah tetrapod masih terlalu kecil.

Dari hasil pemetaan bathimetri, dapat diketahui pola sedimentasi yang terjadi di muara Serang. Hal tersebut disebabkan karena kurang panjangnya bangunan pemecah gelombang (jetty). Sedangkan gangguan terhadap stabilitas bangunan pemecah gelombang, diakibatkan karena hantaman gelombang pantai yang melebihi dari gelombang rencana, dan tidak kuatnya struktur pendukung atau ukuran batu lapis bawah yang masih terlalu kecil

2.2.4 Data Pengukuran Pasang Surut Gelombang Pantai Glagah CV. KARSA PRAWIRA

Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT - UGM) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta melakukan kajian terhadap pasang surut gelombang pada Pantai Glagah. Analisa pasang surut gelombang pantai Glagah ini untuk mengetahui karakteristik pasang surut gelombang pada Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah.

Analisa pasang surut gelombang dilakukan dengan cara pengukuran langsung di lokasi Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah. Hasil pengukuran pasang surut gelombang dibandingkan dengan data sekunder hasil dari pengukuran yang telah dilakukan oleh CV. KARSA PRAWIRA pada tahun 2008.

Tabel 2.1 Tabel data pasang surut Pantai Glagah

ELEVASI PENTING	ELEVASI PASANG SURUT (m)		
	CV.KARSA PRAWIRA (2008)	PSIT UGM (2011)	YANG DIPAKAI DLM PERENCANAAN
<i>HHWL</i>	+ 2.16	+ 1.92	+ 2.16
<i>MSL</i>	+ 1.08	+ 0.96	+ 1.08
<i>LLWL</i>	+ 0.00	+ 0.00	+ 0.00

Sumber : PSIT UGM, 2013

Dari hasil pengukuran terdapat perbedaan sedikit dengan hasil pengukuran yang dilakukan oleh studi terdahulu, namun hal tersebut dapat ditolerir mengingat pengukuran gelombang pasang surut pada pantai tidak mudah. Sedangkan untuk data gelombang dipakai data sekunder.

2.2.5 Data Gelombang Rencana Bangunan Pantai Glagah oleh U.S. Navy Marine Climate Atlas of The World dan diolah oleh JICA (1989) dan data gelombang yang diukur oleh BCOM (1993) di sekitar muara Tipar, Timur Cilacap.

Gelombang rencana digunakan untuk menentukan dimensi bangunan pantai Glagah. Dibutuhkan data pengukuran gelombang yang cukup banyak sehingga dapat diketahui probabilitas kejadian gelombang baik dari tinggi dan sudut arah datang gelombang.

Berikut ini hasil pengolahan data gelombang yang dilakukan oleh JICA (1989) di Proyek Bali seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil analisis data gelombang berdasarkan Proyek Bali

Tinggi Gelombang	PRESENTASI KEJADIAN (%)								
	H (m)	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut
0-1	0,50	2,50	4,29	4,67	3,30	2,54	0,60	0,50	18,90
1-2	0,30	0,80	7,86	9,89	20,27	7,79	4,64	1,43	52,98
2-3	-	-	3,66	4,48	7,54	5,07	2,46	0,97	24,18
>3	-	-	-	0,56	1,89	1,50	-	-	3,95
Total	0,80	3,30	15,80	19,60	33,00	16,90	7,70	2,90	100,00

Sumber: JICA, 1989

Berdasarkan hasil analisa data gelombang, dipakai ketinggian gelombang rencana (HD) dengan kala ulang 100 tahun yaitu setinggi 5,8 meter dalam merencanakan bangunan pantai Glagah

Tabel 2. 3 Kala ulang gelombang signifikan di proyek Bali (JICA, 1989) dan Tipar (BCOM, 1993)

Kala ulang (tahun)	Pengamatan di Pantai Kuta, Bali (m)	Analisis Statistik Data US Navy, Bali (m)	Pengamatan di Muara Tipar (m)
1	3,03	-	3,00
5	4,13	2,70	3,80
10	4,53	3,40	4,10
30	5,16	4,50	-
50	5,44	4,95	4,90
100	5,80	5,40	5,30
120	5,89	5,70	-

Sumber : BBWS SO, 2013

Penetapan tinggi gelombang rencana tersebut juga didasarkan terhadap penggunaan tinggi gelombang rencana pada perencanaan bangunan pemecah gelombang di beberapa tempat yaitu perencanaan pemecah gelombang pada Pelabuhan Batubara PLTU Cilacap HD = 4,86 meter (Cheng Da – Wika, 2005) dan Pelabuhan Perikanan Pasir HD = 4,50 meter (PSIT – UGM). Skema perhitungan transport sedimen dilakukan dengan beberapa kondisi sudut arah datang gelombang ke arah pelabuhan, tinggi gelombang, dan prosentase kejadian gelombang.

2.3 Penelitian dengan Topik Sedimentasi Muara Sungai dan Pengendalian Sedimentasi.

2.3.1 Analisis Transpor Sedimen Menyusur Pantai dengan Menggunakan Metode Grafis pada Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarta.

Pakpahan (2013) mengkaji tentang permasalahan Sedimen Menyusur Pantai Dengan Menggunakan Metode Grafis Pada Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto. Secara umum kondisi Glagah adalah serupa dengan pantai selatan Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta bagian barat, yaitu pantai berpasir dengan gelombang besar. Gelombang besar dan angin menyebabkan terjadinya gundukan

pasir (sand dunes) di sepanjang pantai dan angkutan sedimen menyusur pantai (littoral drift). Transpor sedimen yang besar dan sand dunes menyebabkan tertutupnya muara-muara sungai terutama pada sungai-sungai kecil, termasuk Sungai Serang. Pantai Glagah berjarak sekitar 10 km sebelah barat kota Wates. Di pantai ini bermuara Sungai Serang, yang mempunyai panjang 33,5 km dan luas daerah pengaliran sungai (DAS) \pm 235 km². Di bagian hulu sungai Serang terdapat Waduk Sermo. Di sepanjang pantai terdapat gumpukan pasir (sand dunes) dengan lebar sekitar 1 km dan tinggi 2-3 m di atas muka air laut. Gumpukan pasir tersebut memisahkan antara daerah daratan dan lautan.

Dalam perhitungan transpor sedimen menyusur pantai, diperlukan data tinggi dan periode gelombang, peluang kejadian, data bathimetri dan arah datang gelombang terhadap garis pantai. Sebagai pendekatan arah datang gelombang terhadap lokasi studi.

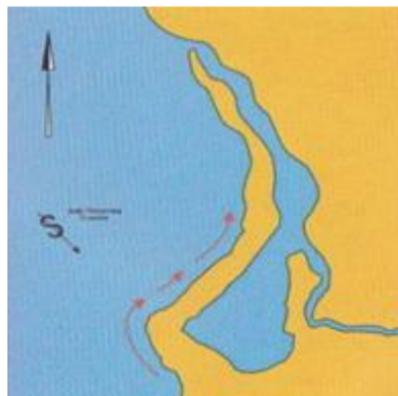
Berdasarkan hasil perhitungan transpor sedimen dengan metode grafis diperoleh transpor sedimen (Q) ke arah barat sebesar 1.054.325,12 m³/tahun, transpor sedimen (Q) ke arah timur sebesar 766.696,88 m³/tahun dan Qnettosebesar 287.728,34 m³/tahun ke arah barat. Debit total transpor sedimen cara grafis lebih besar dibandingkan dengan cara analisis sehingga diperkirakan pemecah gelombang barat dan pemecah gelombang timur mampu menampung jumlah sedimen yang bergerak dari timur ke barat demikian pula transpor sedimen yang bergerak dari barat ke timur.

2.3.2 Kajian Teknologi *Sand by Passing* Penanggulangan Sedimentasi dan Erosi Pantai Bengkulu (Pelabuhan Pulau Baai).

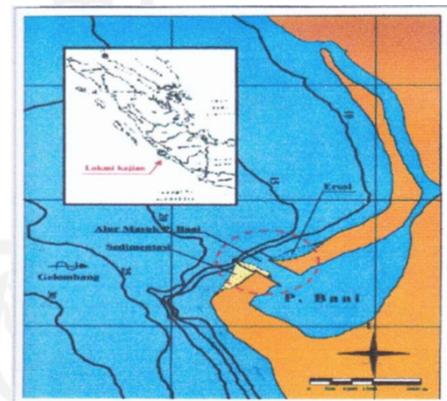
Hamdani (2013) mengkaji tentang permasalahan sedimentasi pada alur keluar masuk kapal pada pelabuhan Pulau Baai yang berdampak terhadap terganggunya kapal – kapal yang berukuran besar yang akan berlabuh di pelabuhan tersebut. Morfologi dari Pulau Baai sebelum pelabuhan dibangun adalah suatu kolam yang terbentuk oleh lidah pasir

yang membujur dari arah selatan ke arah utara. Lidah pasir tersebut terbentuk akibat angkutan pasir pantai (*littoral sand drift*) yang berasal dari sebelah hulu (*updrift*). Angkutan sedimen / pasir pantai ini lama kelamaan membentuk kolam lidah pasir dimana kondisi tersebut sangat ideal untuk digunakan kolam pelabuhan. Namun kondisi tersebut tak lepas dari permasalahan yang sering terjadi di pelabuhan tersebut, yaitu sedimentasi akibat angkutan sedimen yang disebabkan oleh arus sejajar pantai.

Pada penelitian ini digunakan metode analisis laboratorium teknik, dimana peneliti melakukan pendekatan analisis angkutan sedimen sejajar pantai berdasarkan data angin, gelombang, pasang surut, dan kondisi batimetri pada lokasi pantai. Dengan analisis angkutan sedimen tersebut maka dapat diketahui besaran volume sedimen yang menyebabkan terjadinya sedimentasi pada alur keluar masuk kapal pelabuhan Pulau Baai Bengkulu. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai perancangan dasar teknologi *sand by passing* untuk penanggulangan sedimentasi dan erosi.



Pelabuhan Pulau Baai sebelum ada breakwater

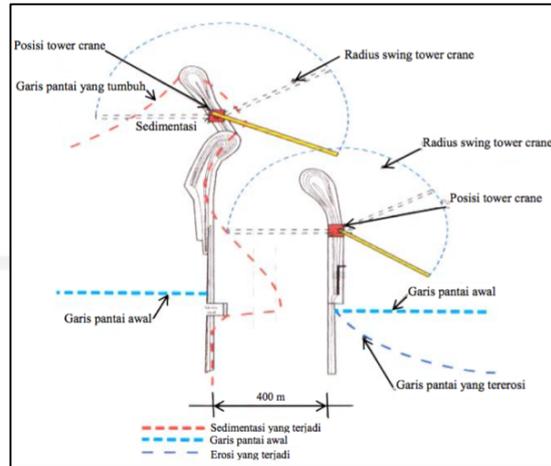


Pelabuhan Pulau Baai setelah ada breakwater

Gambar 2. 2 Pelabuhan pada saat kondisi normal
Sumber:Hamdani, 2013

Dari hasil analisis angkutan sedimen sejajar pantai didapatkan total angkutan sedimen (Q_s) sebesar $601,576.20 \text{ m}^3/\text{tahun}$, sedangkan volume angkutan sedimen yang sangat berkontribusi terhadap sedimentasi pada alur

pelabuhan adalah sebesar 573,916.72 m³/tahun yang berasal dari arah barat (arah paling dominan).



Gambar 2.3 Pengerukan Sedimentasi Pelabuhan Pulau Baai dengan teknologi Sand by Passing

Sumber: Hamdani, 2013

Teknologi *sand by passing* digunakan dengan menggunakan tower crane, dimana metode dari teknologi ini adalah mengeruk sedimen penyebab pendangkalan pada alur pelabuhan dan memindahkannya ke *dumping area* atau area pembuangan material sedimen. Tower crane berfungsi untuk mengeruk sedimen yang berada pada alur pendangkalan, dan memindahkan ke *dumping area*.

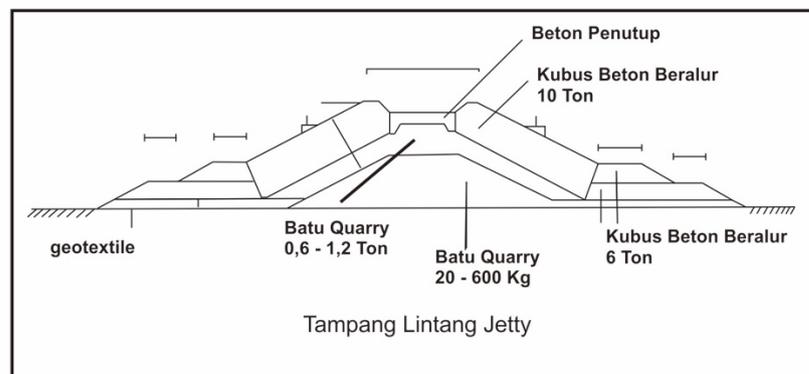
2.4 Penelitian dengan Topik Metode Perbaikan Muara Sungai

2.4.1 Konstruksi Jetty Medium Sebagai Alternatif Perbaikan Muara Sungai Tipar.

Yuwono (1997) dalam penelitiannya Konstruksi Jetty Medium Sebagai Alternatif Untuk Perbaikan Muara Sungai Tipar, membahas tentang alternatif pengendalian sedimen dan permasalahan penutupan muara Sungai Tipar. Kondisi muara sungai Tipar yang sering berpindah, dan sering tertutup oleh lidah pasir menyebabkan aliran air sungai terutama pada saat banjir tidak lancar dan menyebabkan genangan atau banjir di daerah hulu (up-stream).

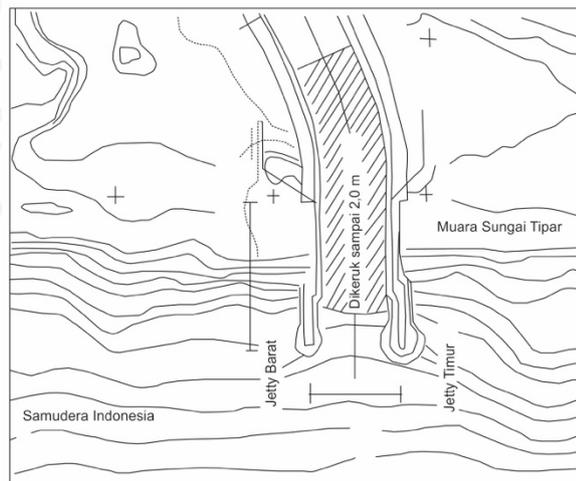
Dengan berdasarkan data – data hidrologi (data pasang surut, data gelombang, dan kecepatan arus sejajar pantai) hasil pengukuran Puslitbang Air, maka dilakukan analisis tingkat kestabilan muara sungai Tipar.

Dari hasil penelitian didapatkan tingkat kestabilan muara sungai Tipar yang jauh dari kondisi normal / bagus. Sehingga diperlukan alternatif perbaikan muara sungai Tipar dengan bangunan jetty. Desain alternatif bangunan jetty yang digunakan sebagai pengendalian sedimen dan perbaikan muara sungai yang diharapkan mampu mengatasi penutupan muara sungai pada saat debit kecil.



Gambar 2. 4 Desain alternatif tampang lintang jetty

Sumber : Yuwono, 1997

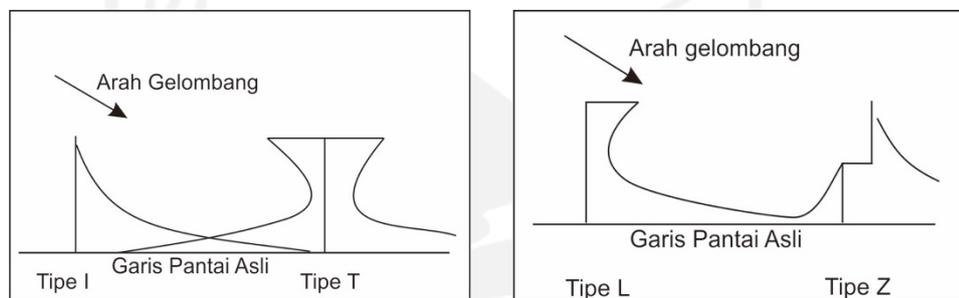


Gambar 2.5 Desain alternatif struktur bangunan jetty untuk perbaikan sungai Tipar

Sumber : Yuwono, 1997

2.4.2 Metode Pelaksanaan Pembangunan Pengaman Pantai Malalayang Kota Manado dan Pantai Girian Bawah Kota Bitung Sulawesi Utara

Tawas (2011) membahas tentang bangunan groin, baik dari segi fungsi, tipe bangunan groin, dan dasar – dasar perencanaan bangunan groin yang meliputi desain dimensi panjang, dimensi tinggi, dan jarak antar bangunan groin. Penelitian bertujuan untuk memberikan alternatif pengendalian erosi pantai guna melindungi fasilitas – fasilitas untuk kepentingan manusia seperti sarana transportasi, daerah industri, pemukiman penduduk dan lain sebagainya.

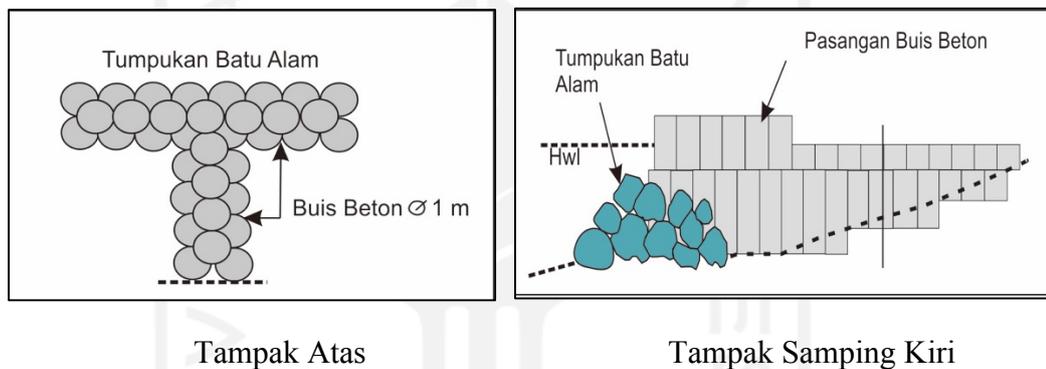


Gambar 2. 6 Tipikal bentuk bangunan groin pantai

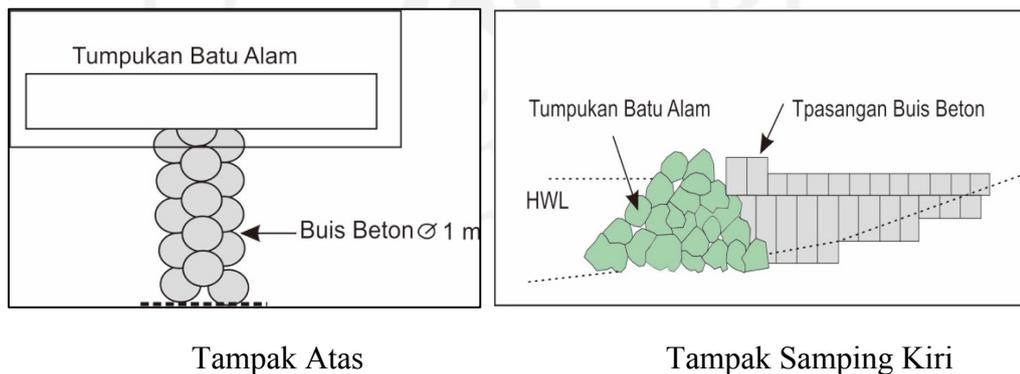
Sumber : Tawas, 2011

Contoh pembangunan bangunan pengaman pantai groin ini adalah pelaksanaan groin di Pantai Malalayang Kota Manado dan Kota Pantai Girian Bawah Kota Bitung. Dari penelitian ini telah di jelaskan tentang bentuk tipe groin yang terdiri dari tipe I, tipe L, tipe T, tipe Z, tipe permeable, dan tipe Groin Vertikal. Perencanaan dimensi groin meliputi panjang groin, jarak groin, tinggi groin, tipe groin, dan cara pembangunan groin. Panjang groin ditentukan berdasarkan batas bawah dari Lower Water Neap Tide (LWNT), tinggi groin menurut Thorn dan Roberts berkisar antara 50 – 60 cm di atas elevasi rencana, sedangkan berdasarkan Muir Wood dan Fleming antara 0,5 – 1,0 meter diatas elevasi rencana, jarak groin (B) ditentukan berdasarkan panjang groin (L), sudut datangnya gelombang, selisih pasang surut, material pantai, dan kemiringan pantai.

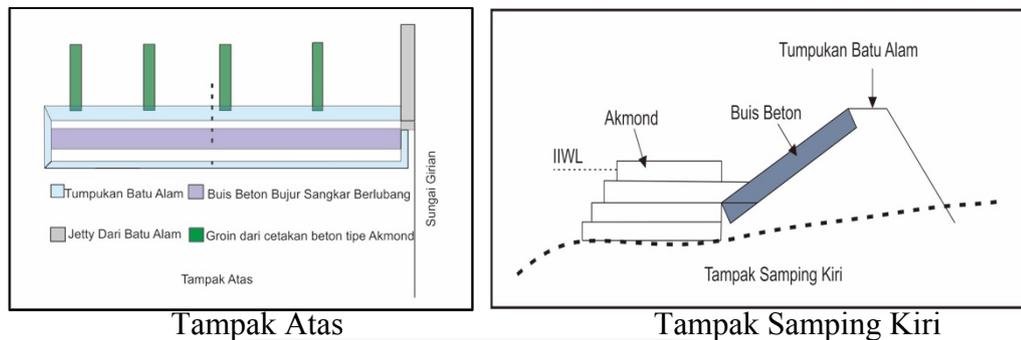
Material pembentuk dari bahan cetakan beton mempunyai beberapa bentuk seperti akmond, kubus beton, dolos, tetrapod dan quadripod, tribar, dan lain sebagainya. Sedangkan pembangunan konstruksi pengaman pantai di pantai Kota Manado dan Kota Bitung menggunakan material kombinasi antara batu alam dan bahan cetakan beton. Sedangkan di Kota Bitung yang berlokasi di kelurahan Girian bawah dibangun bangunan pengaman pantai dengan tipe I. Penggunaan material pembentuk groin di pantai Malalayang Kota Manado dengan bahan cetakan buis beton bulat dengan diameter 1 meter dan tumpukan batu alam, sedangkan di Kota Bitung terbuat dari cetakan beton dengan bentuk tipe Akmond.



Gambar 2. 7 Tipe I pengaman pantai Malalayang di Kota Manado
 Sumber : Tawas, 2011



Gambar 2. 8 Tipe II pengaman pantai Malalayang Kota Manado
 Sumber : Tawas, 2011



Gambar 2. 9 Tipe pengaman pantai Girian Bawah
 Sumber : Tawas, 2011

2.5 Penelitian yang Berkaitan dengan Biaya Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Pengendalian Sedimen Pantai dan Estimasi Biaya Operasi dan Pemeliharaan pada Muara Sungai

2.5.1 Pengerukan di Muara Sungai Glagah

BBWS Serayu Opak (2013) dalam Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto, menjelaskan bahwa Pantai Glagah mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai pelabuhan perikanan. Namun lokasi tersebut terbuka ke Samudra Indonesia dengan gelombang besar. Pembangunan Kolam labuh sangat diperlukan sehingga kapal-kapal nelayan aman dapat ditempatkan pada kolam-kolam pelabuhan.

Perhitungan biaya pengerukan sedimentasi berdasarkan dari biaya sewa kapal beserta peralatan dredging dan untuk pengambilan dasar harga satuan berdasarkan survey dari beberapa penyedia kapal.

PT Adhi karya pada tahun 2013 melakukan pengerukan di muara sungai Glagah. Data ini digunakan sebagai dasar perhitungan estimasi biaya operasi dan pemeliharaan dengan metode pengerukan di muara sungai Glagah. Dari hasil analisa di atas maka dapat diketahui biaya sewa kapal keruk adalah Rp. 10.108.000,-/jam.

2.5.2 Studi kelayakan Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto.

BBWS Serayu Opak (2013) dalam Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto, menjelaskan bahwa Sumberdaya ikan di samudera Hindia sangat besar dan belum dimanfaatkan secara optimal. Jenis ikan yang ada sangat beragam dan sebagian besar mempunyai nilai ekonomi sangat tinggi terutama tuna, cakalang, udang dan lobster. Secara rinci potensi sumberdaya ikan dan tingkat pemanfaatan di Samudera Hindia Selatan Jawa.

Analisis menggunakan hitungan secara kuantitatif kelayakan dari pembangunan pelabuhan Glagah menggunakan hitungan BCR dan IRR. Meskipun sifatnya adalah perkiraan, akan tetapi hasil hitungan ini dapat memberikan gambaran kuantitatif tinjauan tentang kelayakan dibangunnya pelabuhan. Hitungan BCR dan IRR didasarkan pada alternatif kedalaman alur pelayaran pelabuhan yaitu -4,5 m dan dilanjutkan dengan review design konstruksi 2013.

Hasil analisis kelayakan menunjukkan nilai BCR dengan menggunakan tingkat bunga yang berlaku 8 % ($i=8\%$) belum memberikan manfaat ($BCR < 1$) yaitu mulai tahun ke 1-5 produktifitasnya 20 % dan sampai tahun ke 6-10 produktifitasnya 30 %, sedangkan mulai tahun ke 11- 15 dengan produktifitasnya 40% menunjukkan BCR 1,26 sampai dengan 1,44 ($BCR > 1$) yang berarti mulai tahun tersebut sudah memberikan manfaat dimana nilainya lebih besar dari satu. Hasil analisis IRR pada tahun ke 15 menunjukkan hasil lebih besar dari tingkat bunga yang berlaku ($i=8\%$) dengan IRR adalah 9,1 % dan meningkat sampai tahun ke- 50 nilai BCR adalah 4,66 dengan nilai IRR adalah 14,4 %.

2.6 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya.

Dalam penelitian angkutan sedimen menyusur pantai atau sejajar pantai digunakan berdasarkan hasil studi literatur. Besarnya angkutan sedimen menyusur

pantai yang dipakai adalah hasil dari perhitungan dari tim PSIT-UGM dan BBWS-SO dalam kegiatan Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomi Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto. Dari penelitian atau studi terdahulu belum ditemukan metode pengendalian sedimentasi muara sungai yang sesuai serta metode operasi pemeliharaan yang efisien pada pelabuhan tanjung Adikarto, Glagah Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Penyebab Sedimentasi Muara Sungai

Sedimentasi muara sungai disebabkan oleh beberapa faktor baik dari sungai maupun dari laut. Pengaruh yang berasal dari sungai biasanya disebabkan oleh faktor geometri sungai pada kawasan hilir yang cenderung melebar dan memiliki kemiringan yang relatif datar. Sedangkan faktor yang ditimbulkan dari laut biasanya terjadi akibat pengaruh dari pasang surut air laut dan arus sejajar pantai. Karena keterbatasan data sedimentasi pada muara sungai Serang, maka kajian ini difokuskan pada sedimentasi yang berasal dari laut.

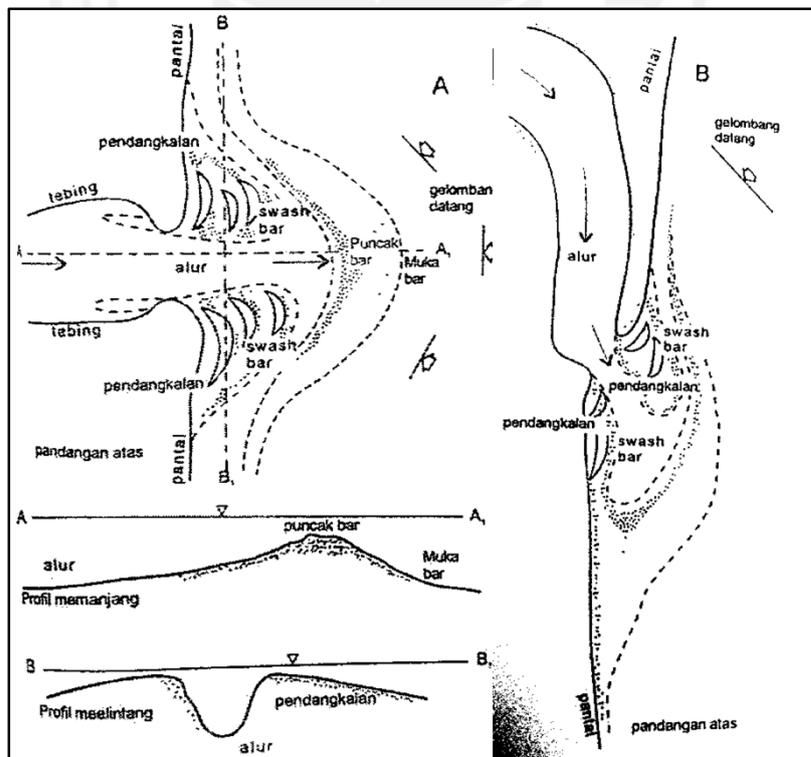
3.1.1 Sedimentasi Muara Sungai Akibat Morfologi Muara Sungai

Sedimentasi muara sungai sangat erat kaitannya dengan kondisi morfologi sungai. Muara sungai merupakan batas sungai yang berada paling hilir dan bertemu langsung dengan perairan lepas / laut. Pada muara sungai terdapat daerah estuari, yaitu mulut sungai yang bertemu langsung dengan laut. Batas estuari sungai sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Pengaruh pasang surut terhadap sirkulasi aliran (kecepatan/debit, profil muka air, intrusi air asin) di estuari dapat sampai jauh ke hulu sungai, yang tergantung pada tinggi pasang surut, debit sungai dan karakteristik estuari (tampang aliran, kekasaran dinding, dan sebagainya) (Triatmodjo, 2012).

Permasalahan sungai dapat ditinjau di bagian mulut sungai (*river mouth*) dan estuari. Kondisi muara sungai berfungsi untuk melewatkan debit aliran sungai yang berasal dari hulu, terutama pada saat terjadi banjir, muara sungai harus mampu melewatkan debit banjir tersebut agar tidak terjadi banjir di bagian hulu. Permasalahan yang sering terjadi pada bagian muara sungai (estuari) adalah terjadinya sedimentasi yang mengakibatkan debit air dari sungai susah untuk mengalir ke laut dan terjadinya efek pembendungan Akibat kondisi tersebut muka

air di daerah muara sungai akan naik dan berdampak terjadinya banjir saat musim penghujan.

Muara sungai dapat dibedakan dalam tiga kelompok, yang tergantung pada faktor dominan yang mempengaruhinya. Ketiga faktor dominan tersebut adalah gelombang, debit sungai, dan pasang surut (Nur Yuwono, 1994). Gelombang besar yang terjadi pada pantai berpasir sangat berpotensi terjadinya angkutan sedimen (*transport sediment*) baik secara tegak lurus maupun sejajar / sepanjang pantai. Transpor sedimen yang terjadi di sepanjang pantai dapat bergerak masuk ke muara sungai dan menyebabkan terjadinya sedimentasi di muara sungai. Hal tersebut terjadi karena di daerah muara sungai kondisi gelombang sudah tenang, sehingga sedimen akan mudah mengendap di daerah muara sungai tersebut. Berikut ini merupakan skema sedimentasi muara sungai yang diakibatkan oleh gelombang pada pantai.

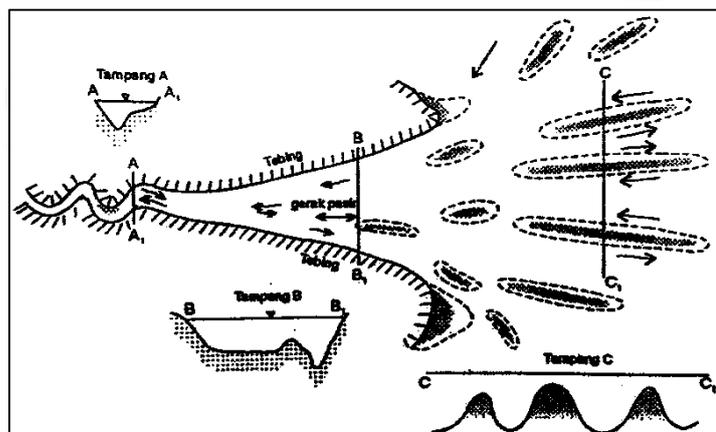


Gambar 3.1 Pola sedimentasi muara sungai yang di dominasi gelombang (Sumber: Nur Yuwono, 1994)

Sedimentasi pada muara sungai lama kelamaan akan menutupi bagian muara sungai, sehingga akan menyebabkan terjadinya pembelokan alur sungai di bagian hilir, karena alir air akan mencari daerah yang lebih rendah. Sedimen yang mengendap di muara sungai biasanya akan tererosi oleh aliran air sungai, namun apabila debit aliran sungai kecil kecepatan arus tidak mampu mengerosi (menggelontor) endapan tersebut, sehingga muara sungai dapat benar – benar tertutup oleh sedimen. Berikut ini menunjukkan pola sedimentasi muara sungai yang didominasi oleh gelombang laut.

Muara sungai yang didominasi oleh debit sungai merupakan kondisi sungai dimana debit sungai lebih mendominasi daripada gelombang laut yang terjadi. Namun pada muara sungai yang didominasi oleh debit sungai akan membawa angkutan sedimen dari hulu sungai yang cukup besar.

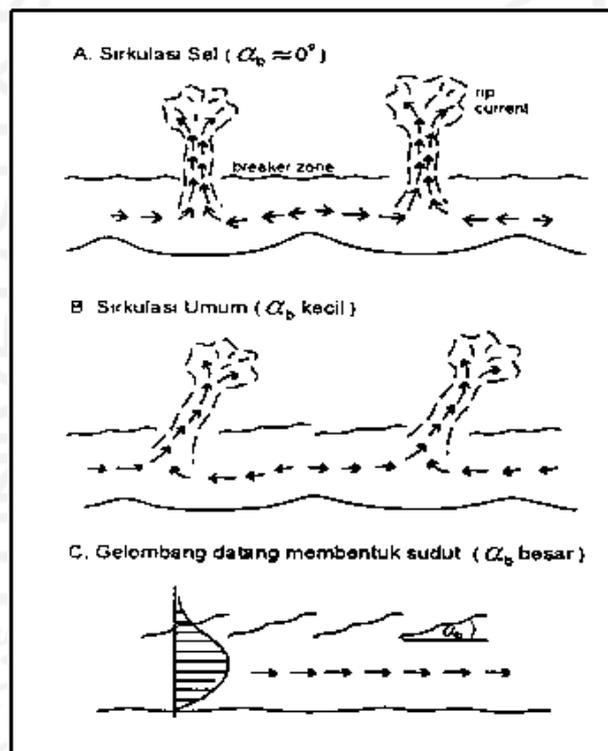
Muara sungai yang didominasi oleh pasang surut merupakan kondisi muara sungai yang apabila tinggi pasang surut cukup besar, volume air pasang yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu air surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut (Triatmodjo, 2012). Angkutan sedimen yang terjadi berasal dari sungai dan laut yang menyebabkan terjadinya beberapa endapan di muara sungai. Muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut cenderung berbentuk seperti corong atau lonceng.



Gambar 3.2 Pola sedimentasi muara sungai yang didominasi oleh pasang surut
(Sumber: Triatmodjo, 2012)

3.1.2 Sedimentasi Muara Sungai Akibat Arus Pantai

Sedimentasi yang terjadi pada muara sungai juga dipengaruhi oleh arus pantai, baik itu berupa gelombang pantai maupun arus sejajar pantai. Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkan berbeda – beda. Daerah yang dilintasi gelombang tersebut adalah daerah lepas pantai (*offshore zone*), daerah antara gelombang pecah (*surf zone*), dan *swash zone*. (Triatmodjo, 2012).



Gambar 3.3 Arus dekat pantai

Sumber: Triatmodjo, 2013

Berdasarkan gambar 3.3, apabila garis puncak gelombang sejajar dengan garis pantai, maka akan terjadi arus dominan dipantai berupa sirkulasi sel dengan rip current yang menuju ke laut. Kejadian ekstrim lainnya terjadi apabila gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai ($\alpha_b > 5^\circ$), yang akan menimbulkan arus sejajar pantai di sepanjang pantai. Sedangkan yang biasanya terjadi adalah kombinasi dari kedua kondisi tersebut.

Arus sepanjang pantai (*longshore current*) merupakan arus yang ditimbulkan oleh adanya gelombang pecah (*rip current*) yang membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus sepanjang pantai yang membentuk sudut dibangkitkan oleh momentum yang dibawa oleh gelombang. Parameter yang digunakan dalam menentukan kecepatan arus sepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah. Pendekatan teoritik yang digunakan untuk memperhitungkan arus sepanjang pantai adalah dengan menggunakan persamaan Longuet – Higgins sebagai berikut (Triatmodjo, 2012):

$$V_{asp} = 1,17(g \cdot H_{rc})^{1/2} \cdot \sin \alpha_{rc} \cdot \cos \alpha_{rc} \quad (3.1)$$

dimana V_{asp} adalah kecepatan arus sejajar pantai (m/det), H_{rc} merupakan tinggi gelombang pecah (m), α_{rc} adalah sudut datang gelombang pecah, dan g adalah percepatan gravitasi. Distribusi kecepatan arus sepanjang pantai di tunjukan oleh gambar 3.3 dimana kecepatan arus sepanjang pantai di garis pantai adalah 0, sedangkan menuju daerah surf zone merupakan kecepatan maksimum, dan kembali berkurang saat melampaui daerah gelombang pecah (*rip current*).

3.1.3 Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya (Triatmodjo, 2012). Angkutan sedimen / transpor sedimen pantai dibedakan menjadi 2, yaitu transpor sedimen menuju - meninggalkan pantai (*onshore – offshore transport*) dan transport sedimen sepanjang pantai / sejajar pantai (*longshore transport*).

- a) Angkutan sedimen menuju – meninggalkan pantai (*onshore – offshore transport*)

Dalam Triatmodjo (2012), menjelaskan bahwa gerak air di dekat dasar menimbulkan tegangan geser dasar τ_b lebih besar dari tegangan kritik erosi τ_{bc} , partikel sedimen mulai bergerak. Kondisi tersebutlah yang

mengakibatkan terjadinya angkutan sedimen menuju dan meninggalkan pantai. Dengan menganggap bahwa berat terendam partikel sedimen yang bergerak tiap satuan luas adalah sebanding dengan tegangan geser, maka jumlah transpor sedimen tiap satuan lebar (i_s) dalam arah kecepatan dasar (u_b) diperhitungkan dengan persamaan (Triatmodjo, 2012):

$$i_s = N \frac{\pi}{6} (\rho_s - \rho) g D^3 k_2 u_b = k_1 k_2 \tau_b u_b \quad (3.2)$$

dengan nilai N adalah jumlah partikel yang bergerak tiap satuan luas, ρ_s adalah rapat massa partikel, D adalah diameter partikel, ρ adalah rapat massa air, g adalah percepatan gravitasi, sedangkan k_1 dan k_2 adalah konstanta tak berdimensi. Dari persamaan 3.2 dapat diperhitungkan volume transpor sedimen (q_s) yang menuju-meninggalkan pantai dengan memasukan koefisien gesekan f dan kecepatan geser u^* .

$$q_s = \frac{k_3}{\sqrt{2f}} \frac{u^{*3}}{sg} \quad (3.3)$$

sedangkan kecepatan geser u^* diperhitungkan dengan persamaan berdasarkan hubungan antara tegangan geser dasar (τ_b) dan kecepatan geser u^* (Triatmodjo, 2012):

$$\tau_b = \rho u^{*2} \quad (3.4)$$

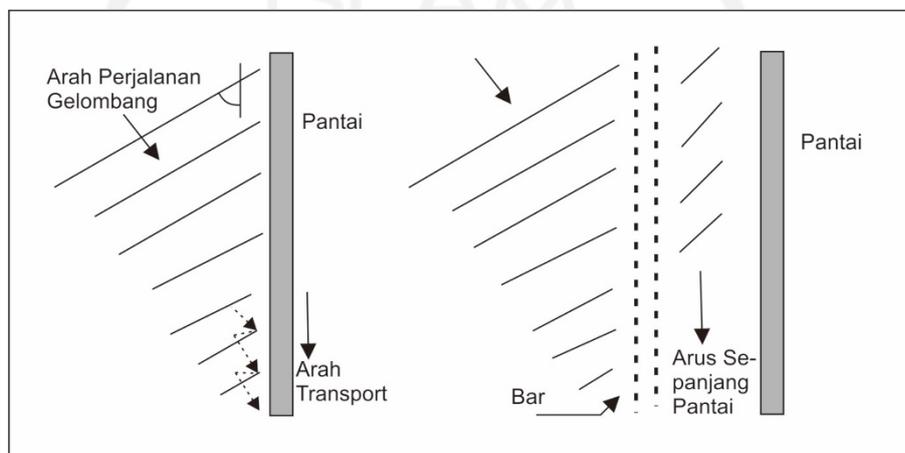
dengan,

$$u^* = \sqrt{\frac{f}{2}} \cdot u_b \quad (3.5)$$

kecepatan partikel air di dekat dasar atau yang dinyatakan dalam bentuk tegangan geser tersebut berusaha untuk menarik sedimen dasar. Sementara itu sedimen dasar memberikan tahanan yang dinyatakan dalam bentuk kecepatan kritik erosi u_{bc} atau tegangan kritik erosi τ_{cc} (Triatmodjo, 2012).

b) Angkutan sedimen sepanjang / sejajar pantai (*longshore transport*)

Transport sedimen sepanjang pantai terdiri dari dua komponen utama, yaitu transpor sedimen dalam bentuk mata gergaji di garis pantai dan transpor sepanjang pantai di *surf zone*, dan arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah (Triatmodjo, 2012). Disebut seperti mata gergaji karena pola arus air yang terjadi di sepanjang pantai tersebut bergerak seperti mata gergaji. Gerak air yang membentuk pola gergaji tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen dalam arah sepanjang pantai.

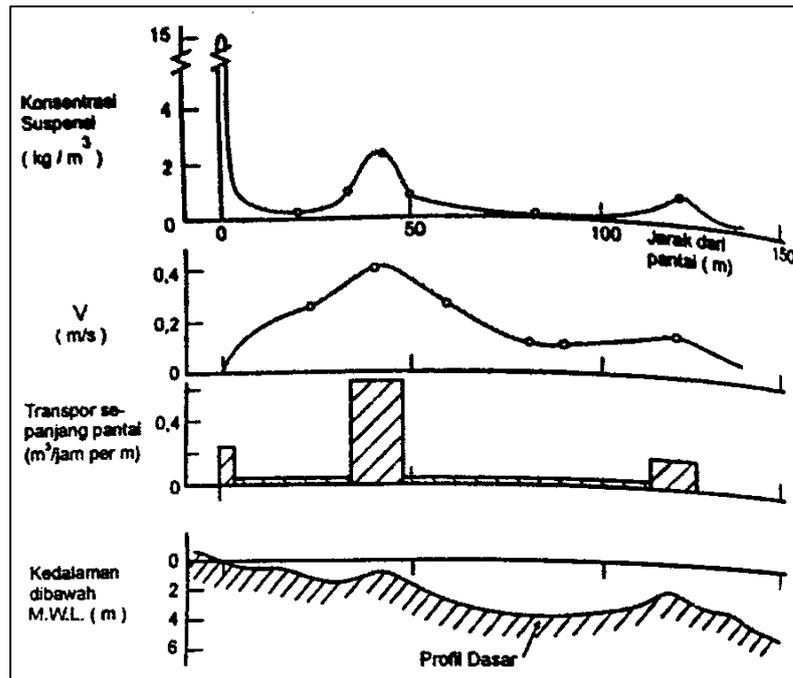


Gambar 3.4 Transpor sedimen sepanjang pantai

Sumber: Triatmodjo, 2012

Dalam Triatmodjo (2012) juga menjelaskan bahwa transpor sedimen sepanjang pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya. Oleh karena itu prediksi transpor sedimen sepanjang pantai sangat penting dalam merencanakan bangunan – bangunan pantai.

Zenkovitch (dalam Triatmodjo, 2012) melakukan pengukuran transpor sedimen sepanjang pantai. Berdasarkan hasil pengukuran terdapat dua puncak konsentrasi konsentrasi sedimen suspensi yang ditimbulkan oleh gelombang pecah di sekitar lokasi gelombang pecah dan di garis pantai. Konsentrasi tinggi di dekat garis pantai disebabkan oleh gerak air berbentuk gergaji. Berikut ini merupakan histogram hasil pengukuran sedimen sepanjang pantai yang dilakukan oleh Zenkovich (dalam Triatmodjo, 2012):



Gambar 3.5 Konsentrasi sedimen, arus dan transpor sepanjang pantai
 Sumber: Triatmodjo, 2012

Beberapa cara yang digunakan dalam memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 2012):

- 1) Mengukur debit sedimen di lokasi yang ditinjau
- 2) Peta atau pengukuran dasar yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam suatu periode tertentu dapat memberikan petunjuk tentang angkutan sedimen.
- 3) Rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau.

Memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai dengan persamaan empiris didasarkan terhadap kondisi dan data pengukuran model dan prototip pada pantai berpasir. Rumus – rumus yang digunakan dalam memperhitungkan prediksi transpor sedimen sepanjang pantai merupakan hubungan yang sederhana antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dalam bentuk persamaan (Triatmodjo, 2012):

$$S = p A H_o^2 C_o \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (3.6)$$

dimana

S : angkutan sedimen sepanjang pantai ($m^3/tahun$)

p : prosentase kejadian gelombang pada tinggi tertentu dan arah tertentu (%)

A : koefisien CERC (orisinal) = 0.44 106

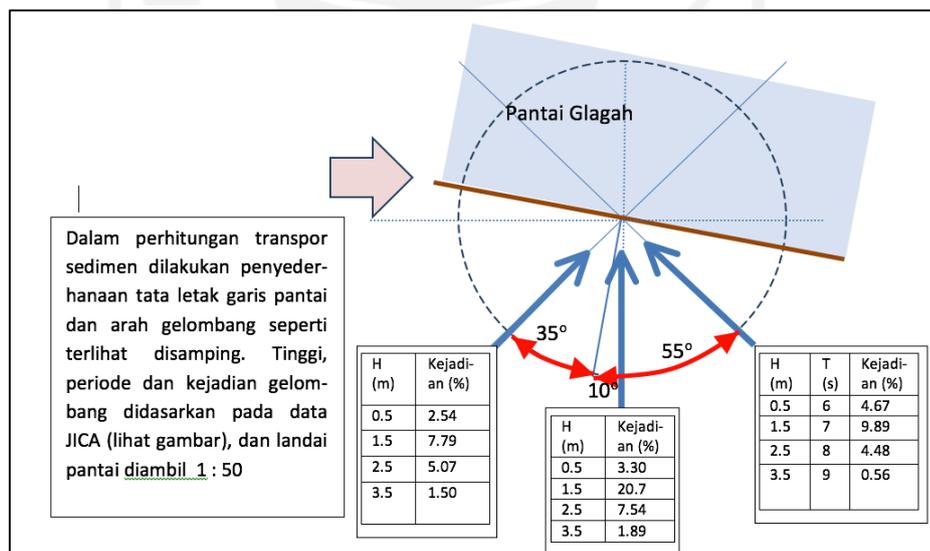
H_o : tinggi gelombang pecah (m)

C_o : cepat rambat gelombang pecah (m/d) = $\sqrt{g d_{rc}}$

α_b : sudut datang gelombang pecah

K_{br} : koefisien refraksi pada zona gelombang pecah

Dalam memperhitungkan besaran transpor sedimen sejajar pantai maka dibutuhkan data – data pengukuran gelombang pantai. Dalam PSIT-UGM (2013), skema perhitungan transport sedimen dilakukan dengan beberapa kondisi sudut arah datang gelombang ke arah pelabuhan, tinggi gelombang, dan prosentase kejadian gelombang.



Gambar 3.6 Skema perhitungan transport sedimen menyusur pantai Glagah
Sumber: PSIT-UGM, 2013

Kondisi dasar pantai juga mempengaruhi terhadap proses terjadinya transport sedimen sejajar pantai. garis kontur dianggap sejajar dengan garis pantai. Kedalaman laut menuju ke pantai secara gradual dengan sudut kemiringan sekitar 1:50. Sedangkan zona pergerakan material dasar laut diprediksi dengan

menggunakan persamaan Hallenmeier (1978). Persamaan Hallenmeier (1978) dalam memprediksi zona pergerakan material dasar laut :

$$d_1 = 1,75 (H_s)_{0,137} = 1,75 \times 3,5 = 6,15 \text{ m} \quad (3.7)$$

$$d_2 = 3,50 (H_s)_{0,137} = 2 d_1 = 2 \times 6,15 = 12,30 \text{ m} \quad (3.8)$$

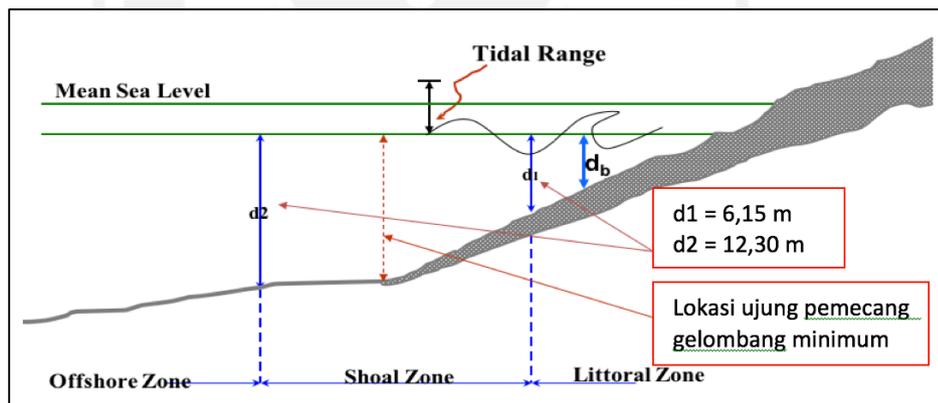
$$d_b \approx 1,3 H_D = 1,3 \times 5,0 = 6,50 \text{ m} \quad (3.9)$$

Keterangan:

d_1 = kedalaman dimana terjadi peralihan dari “littoral zone” ke “zoal zone”,

d_2 = kedalaman dimana terjadi peralihan dari “zoal zone” ke “offshore zone”

$(H_s)_{0,137}$ = tinggi gelombang signifikan yang terjadi 2 tahunan $\approx 3,50 \text{ m}$



Gambar 3.7 Zona pergerakan material sedimen

Sumber: Hallenmeier, 1978, dalam BBWS-SO, 2013

3.2 Bangunan Pengendali Sedimentasi Muara Sungai

Dalam Triatmodjo (2012) menjelaskan bahwa bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai, yaitu:

- 1) Memperkuat / melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang,
- 2) Mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai,
- 3) Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai,
- 4) Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai atau dengan cara lain

Pengendalian sedimentasi muara sungai dapat dilakukan dengan menggunakan bangunan – bangunan pengendali sedimentasi baik itu di pantai maupun di bagian alur sungai tergantung darimana sumber sedimen dominan berasal. Berikut ini merupakan beberapa bangunan yang dapat digunakan untuk pengendalian sedimentasi muara sungai.

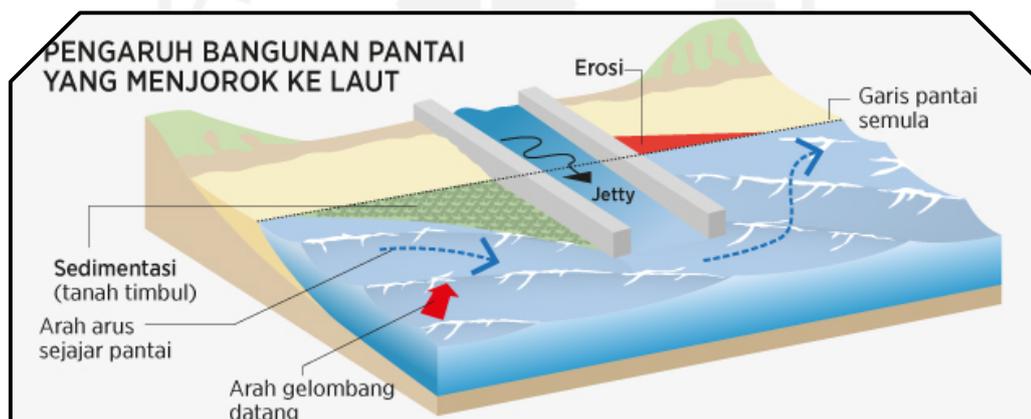
3.2.1. Jetty

Jetty merupakan bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai (Triatmodjo, 2012). Jetty sering kali digunakan untuk mengurangi laju transpor sedimen pada bagian muara sungai yang akan digunakan untuk pelabuhan. Pendangkalan muara sungai akibat sedimen yang terjadi akan mengganggu lalu lintas kapal yang akan berlabuh. Bangunan jetty biasanya memiliki panjang hingga ujungnya diluar daerah gelombang pecah. Dengan adanya bangunan jetty yang panjang, maka transpor sedimen sepanjang pantai dapat tertahan, dan pada alur pelayaran kondisi gelombang tidak pecah sehingga memungkinkan kapal untuk masuk ke muara sungai.

Muara sungai yang digunakan untuk pelabuhan / lalu lintas kapal, maka pendangkalan pada muara harus di minimalkan atau di hindari. Proses pendangkalan akan berdampak terhadap terganggunya lalu lintas kapal. Oleh karena itu kondisi mulut sungai harus terbuka atau terbebas dari sedimentasi. Oleh karena itu bangunan jetty harus dibuat memanjang dan menyorok ke laut hingga pada lokasi kedalaman dimana pergerakan sedimen sudah tidak memungkinkan. Lokasi kedalaman dimana sudah tidak memungkinkan terjadinya pergerakan sedimen adalah pada lokasi di luar gelombang pecah. Sedangkan lokasi gelombang pecah akan selalu berubah – ubah karena sangat dipengaruhi oleh pasang surut. Penentuan panjang jetty didasarkan terhadap tingginya muka air pada saat pasang surt, sedangkan tinggi gelombang didasarkan terhadap gelombang rencana.

Dengan adanya bangunan jetty pada pantai, akan berdampak terhadap terjadinya erosi pantai. Erosi pantai diakibatkan oleh terhalangnya proses transpor

sedimen sejajar pantai oleh bangunan jetty. Pada lokasi hulu jetty dimana arah arus sejajar pantai datang akan terjadi proses sedimentasi (akresi), sedangkan di bagian hilir jetty akan terjadi erosi pantai karena suplay sedimen yang berkurang. Kedua peristiwa tersebut akan mengakibatkan terjadinya perubahan garis pantai. Untuk menghindari hal tersebut maka diperlukan bangunan – bangunan pengendali erosi pantai seperti *revetmen*, pemecah gelombang, ataupun groin. Oleh karena itu pembangunan jetty memerlukan studi kelayakan karena biaya yang dibutuhkan sangat besar. Pengendapan sedimen pada muara sungai masih mungkin terjadi, apabila perubahan garis pantai sudah mencapai ujung jetty, sehingga transport sedimen dapat melimpas pada bangunan jetty dan masuk ke muara sungai (Triatmodjo, 2012).



Gambar 3.8 Jetty dan dampak yang ditimbulkan
 Sumber: <http://tataruangpertanahan.com>

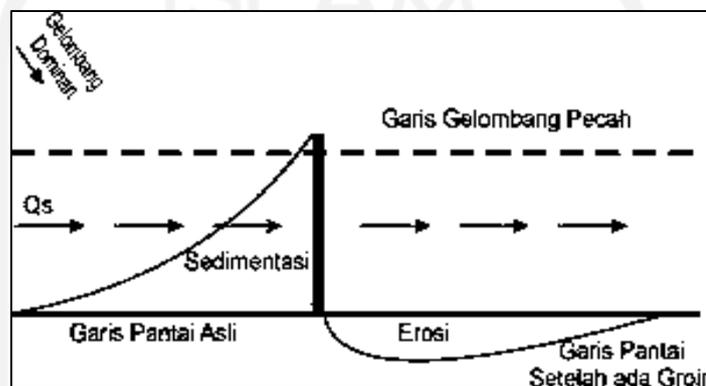
3.2.2. Groin

Groin merupakan bangunan pelindung pantai yang dibuat tegak lurus terhadap garis pantai. Fungsi bangunan groin digunakan untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai, sehingga dapat mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi pada pantai (Triatmodjo, 2012). Dengan adanya bangunan groin maka proses sedimentasi pada muara sungai akan di reduksi, karena sedimen yang terbawa oleh arus sejajar pantai akan tertahan di bangunan groin.

Terdapat 2 tipe bangunan groin sebagai pengendali erosi pantai, yaitu tipe celah dan tipe tertutup. Bangunan groin tipe celah masih memungkinkan sedimen

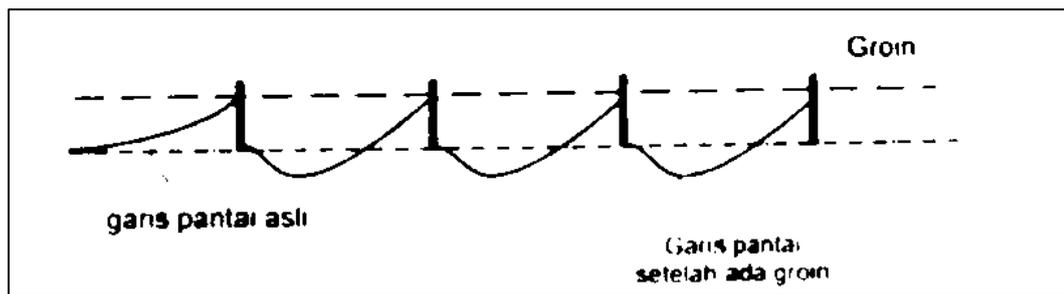
lolos melalui celah – celah groin. Tipe celah biasanya dibangun dengan menggunakan tiang pancang. Sedangkan tipe tertutup dibangun dengan menggunakan material batu maupun blok beton.

Groin memiliki fungsi sebagai penahan erosi pantai, dimana butiran hasil erosi akan menjadi angkutan sedimen yang terbawa oleh arus sejajar pantai. Kondisi ini lah yang mengakibatkan butiran sedimen terangkut masuk kedalam area pelabuhan dan mengakibatkan pendangkalan pada jalur lalu lintas kapal.



Gambar 3.9 Fungsi groin dan dampak yang ditimbulkan
Sumber : Triatmodjo, 2012

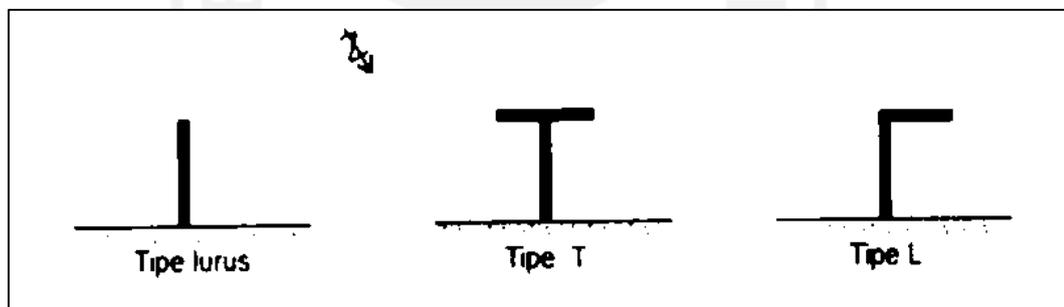
Perlindungan pantai dengan menggunakan satu buah groin tidak akan efektif, biasanya perlindungan pantai dilakukan dengan membuat suatu seri bangunan yang terdiri dari beberapa bangunan groin yang ditempatkan dengan jarak tertentu (Triatmodjo, 2012). Dengan menggunakan beberapa susunan bangunan groin pada tepi pantai (sistem seri) maka akan mereduksi perubahan garis pantai.



Gambar 3.10 Sistem rangkaian seri bangunan groin dan dampak perubahan pada garis pantai

Sumber : Triatmodjo, 2012

Horikawa (1978) (dalam Triatmodjo, 2012) menjelaskan bahwa panjang groin adalah 40 % sampai 60% dari lebar rerata *surf zone*, dan jarak antar groin adalah satu sampai tiga kali panjang groin. Pembangunan bangunan groin hendaknya juga memperhitungkan suplay sedimen ke daerah hilir untuk mereduksi perubahan garis pantai secara mendadak karena terhambatnya proses imbalanced sedimen. Tipe groin dibedakan berdasarkan bentuknya. Beberapa tipe groin yaitu tipe lurus, tipe *T*, dan tipe *L* (Triatmodjo, 2012).



Gambar 3 . 10 Bentuk dan tipe groin

Sumber : Triatmodjo, 2012

Sedangkan berdasarkan konstruksinya bangunan groin dapat berupa tumpukan batu, caison beton, turap, tiang yang dipancang secara berjajar dengan jarak tertentu. Untuk tetap menjaga agar suplay sedimen ke hilir tetap terjaga, maka dapat digunakan bangunan groin yang *permeable*/ celah. Bangunan groin tipe permeabel dibuat dengan menggunakan konstruksi tiang pancang yang dipancang secara berjajar dengan jarak tertentu. Tipe permeabel dimaksudkan agar sebagian sedimen tetap dapat mengalir melalui lubang celah – celah antara tiang pancang.

Berikut merupakan data perencanaan bangunan pemecah gelombang berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa studi terdahulu yang terkait dengan pekerjaan detail desain pelabuhan Tanjung Adikarto yang akan digunakan sebagai acuan dalam desain bangunan Groin.

1. Bathimetri dan topografi

Peta bathimetri dimaksudkan untuk membuat peta kedalaman pantai/laut. Pengukuran dilakukan sampai kedalaman - 30 meter. Dari Hasil pengukuran topografi dapat diketahui elevasi kedalaman laut yang merupakan dasar untuk penentuan elevasi bangunan groin. Peta Bathimetri dimaksudkan untuk mendapatkan kedalaman laut/pantai. Dalam pekerjaan Detail Desain Pelabuhan Glagah (2003), pengukuran dilakukan di sekitar rencana pemecah gelombang sampai kedalaman -30 m. Pengukuran dilakukan dalam pekerjaan Detail Desain Pelabuhan Glagah (2003).

2. Angin

Data angin yang dipakai untuk desain groin yaitu data angin dari pengukuran oleh US Navy dalam JICA (1989) di pantai selatan Jawa Tengah. Data angin tersebut dipakai karena tidak tersedianya data primer, selain itu letak dari pantai sejajar dengan pantai Glagah.

3. Gelombang

Sebagai dasar perencanaan bangunan pantai, maka data gelombang (tinggi, periode, arahnya) memegang peran penting. Data gelombang dapat diperoleh melalui beberapa cara:

a. Peramalan gelombang berdasarkan data angin.

Peramalan gelombang dilakukan apabila pengukuran gelombang tidak dilakukan. Peramalan gelombang berdasarkan data angin yang terjadi pada daerah pembangkit. Ketelitian cara ini sangat tergantung pada data angin yang diperoleh meliputi durasi angin bertiup, kecepatan angin dan panjang fetch.

b. Penggunaan data sekunder hasil pengukuran

Data sekunder gelombang pada lokasi yang dekat dan atau sama kondisi oseanografinya dengan lokasi yang ditinjau maka data tersebut dapat digunakan. Bahkan lokasi yang agak berbeda pun seorang ahli dapat menentukan suatu koefisien konversi sehingga data sekunder gelombang tersebut dapat disesuaikan. Misalnya pendekatan kondisi pantai, kedalaman titik yang ditinjau dan bentuk garis pantai.

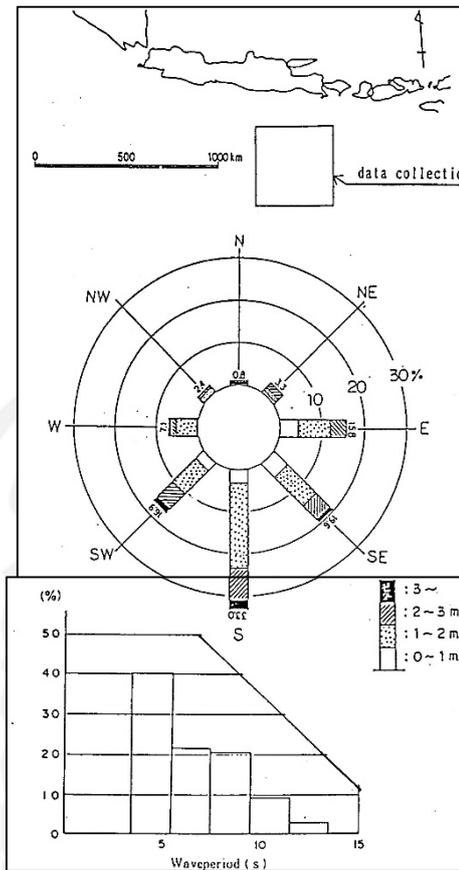
Pengukuran gelombang pada pekerjaan detail desain perbaikan muara sungai Serang, tidak terdapat item pekerjaan pengukuran gelombang, sehingga jelas cara pertama tidak dapat dilakukan. Seperti diketahui pantai selatan pulau Jawa berhadapan langsung dengan samudera Hindia dan gelombang yang sampai ke pantai adalah gelombang *swell* yang dibangkitkan di tengah Samudera. Dengan demikian peramalan gelombang dari data angin tidak dapat dilakukan.

Dari uraian di atas, maka jelaslah bahwa penentuan tinggi, periode, dan arah gelombang desain perbaikan muara sungai Serang ini hanya dapat mengandalkan data sekunder hasil pengukuran yang ada di sekitarnya, sama dengan sebagian besar proyek yang telah dilaksanakan di sepanjang pantai selatan Jawa, Sumatra dan Bali.

Terdapat data sekunder hasil pengukuran yang disamping lokasinya dekat, juga mempunyai kemiripan kondisi oseanografi dengan pantai Glagah. Data-data tersebut adalah:

c. Mawar Gelombang Pantai Selatan Jawa Tengah.

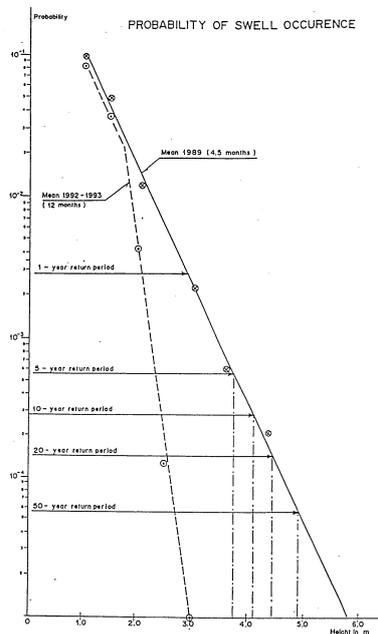
Untuk perencanaan bangunan groin salah satu data gelombang yang dipertimbangkan untuk digunakan adalah mawar gelombang pantai selatan Jawa Tengah. Mawar gelombang tersebut dibuat berdasar data gelombang yang dikumpulkan selama 120 tahun.



Gambar 3.12. Mawar gelombang Pantai Selatan Jawa Tengah
 Sumber : PIST UGM, 2013

d. Data pengukuran gelombang di pantai Tipar oleh Puslitbang Air

Pengukuran dilakukan 2 kali yaitu pada tahun 1989 dilakukan selama 4.5 bulan, dan tahun 1992 selama satu tahun yaitu pada bulan Maret 1992 sampai dengan Februari 1993. Tinggi gelombang yang terukur adalah bukan tinggi gelombang laut dalam (H_o) melainkan tinggi gelombang yang sudah di daerah peralihan/dangkal. Tinggi gelombang ini sudah dipengaruhi oleh refraksi dan shoaling sehingga tinggi yang teramati lebih besar dari H_o .



Gambar 3.13. Probability of Wave Occurance
 Sumber: BCOM, 1993

Dari Gambar 3.13 gelombang dengan kala ulang 50 tahun mempunyai tinggi gelombang 5,00 m. Tinggi gelombang ini dipengaruhi oleh bentuk bathimetri dasar perairan di kawasan pantai Tipar dan merupakan tinggi gelombang sebelum pecah. Angka probabilitas kejadiannya yang sangat kecil yaitu berkisar di bawah 0,01%, maka dapat dikatakan tidak signifikan dan tidak bisa dipakai sebagai tinggi gelombang desain.

4. Pasang surut

Data pasang surut ini penting untuk menentukan dimensi dan elevasi puncak pemecah gelombang. Pasang surut akan mempengaruhi tinggi gelombang yang terjadi dilokasi bangunan. Pada waktu air surut dimana kedalaman air dilokasi bangunan kecil, gelombang yang terjadi juga kecil dan sebaliknya pada waktu air pasang gelombang yang terjadi juga akan besar.

Berdasarkan yang ada, data pasang surut diperoleh dari pengukuran di muara Sungai Serang dan pengamatan AWLR (Automatic Water Level

Recorder) di Pelabuhan Sadeng. Superposisi dari kedua pengukuran tersebut menghasilkan kurva pasang surut yang cukup lengkap di Pantai Glagah.

Data pasang surut ini penting untuk menentukan dimensi dan elevasi puncak groin. Dari hasil pengukuran diperoleh data bahwa tipe pasang surut adalah harian ganda.

Tinggi muka air rencana dihitung berdasar pasang surut, *wave setup* dan pemanasan global.

a. Pasang surut.

Data pasang surut diperoleh beberapa elevasi muka air, yaitu :

HWL, MSL, LWL

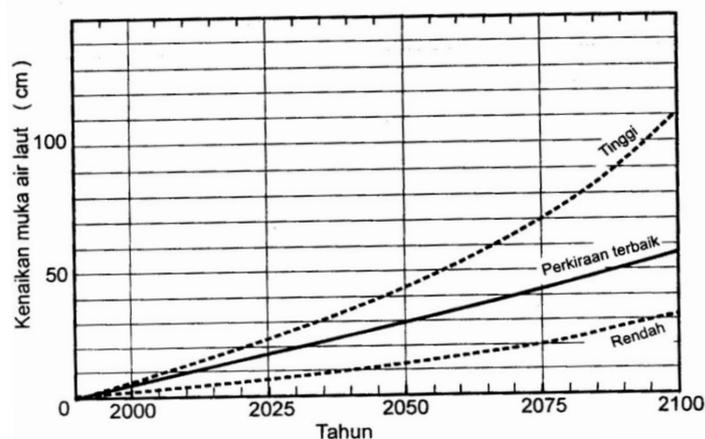
b. Wave setup

Setup gelombang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gt^2}} \right] H_b \quad (3.13)$$

c. Kenaikan Muka air laut

Kenaikan muka air laut karena pemanasan global (*sea level rise, SLR*) besar kenaikan muka air laut bisa diperkirakan dengan gambar 3.14 dimulai dari tahun perencanaan dan umur bangunan rencana



Gambar 3.14. Perkiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global

Sumber : Triatmodjo, 2003

Elevasi muka air rencana (*design water level*, DWL) ditetapkan berdasar ketiga faktor tersebut, sehingga berdasar HWL dari persamaan 3.14:

$$DWL = HWL + S_w + SLR \quad (3.14)$$

5. Penentuan Elevasi puncak Pemecah Gelombang

Elevasi puncak jetty ditetapkan dengan menggunakan persamaan 3.15 dibawah ini.

$$\text{Elevasi Puncak} = DWL + R_U + \text{Tinggi Jagaan.} \quad (3.15)$$

DWL adalah *desain water level* (Elevasi muka air rencana) dan R_U adalah runup gelombang yang dihitung dengan menggunakan.

Dari Grafik Iribaren di dapatkan nilai R_U dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{R_u}{H} = 0,8 \Rightarrow R_u = 0,8 \times 5,00 = 4,00m \quad (3.16)$$

Rumus untuk menentukan elevasi puncak bangunan Groin

$$\text{Elevasi Puncak} = DWL + R_U + \text{Tinggi Jagaan} \quad (3.17)$$

6. Penentuan berat lapis lindung

Berat batu lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson. Ditentukan berdasar persamaan 3.18 dan persamaan 3.19 dibawah ini sehingga berat batu dapat ditentukan.

Berdasarkan persamaan 3.18 ditentukan berat butir batu pelindung adalah

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (3.18)$$

Berdasarkan persamaan 3.19 ditentukan berat jenis batu pelindung dengan rumus

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (3.19)$$

Tabel 3.1. Koefisien stabilitas lapis lindung

NO	JENIS MATERIAL	M (min)	CARA PENEMPATAN BATU ARMOR	LENGAN PEMECAH		UJUNG PEMECAH		SUDUT STRUKTUR
				GELOMBANG PECAH	GEL TIDAK PECAH	GELOMBANG PECAH	GEL TIDAK PECAH	
1	Batu Quarry kasar bersudut	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
						1,6	2,8	2,0
						1,3	2,3	3,0
2	Tetrapode, Quadripode	2	Acak	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
						4,5	5,5	2,0
						3,5	4,4	3,0
3	Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
						7,0	14,0	3,0
4	Tribar	2	Acak	9,0	10,0	8,30	9,00	1,50
						7,80	8,50	2,00
						6,00	6,50	3,00
5	Kubus modifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	2,0

Sumber : Triatmodjo, 2003

7. Penentuan Lebar puncak bangunan pemecah gelombang

Puncak bangunan pemecah gelombang terbuat dari lapis beton yang dicor di tempat. Lapis beton ini mempunyai tiga fungsi yaitu:

- Memperkuat puncak bangunan,
- Menambah tinggi puncak bangunan,
- Sebagai jalan untuk perawatan.

Tabel 3.2. Koefisien Lapis Batu Pelindung

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef. Lapis (k_s)	Porositas P (%)
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1,02	38
Batu alam (kasar)	2	random (acak)	1,15	37
Batu alam (kasar)	>3	random (acak)	1,10	40
Kubus	2	random (acak)	1,10	47
Tetrapod	2	random (acak)	1,04	50
Quadripod	2	random (acak)	0,95	49
Hexapod	2	random (acak)	1,15	47
Tribard	2	random (acak)	1,02	54
Dolos	2	random (acak)	1,00	63
Tribar	2	Seragam	1,13	47
Batu alam	1	random (acak)		37

Sumber : Triatmodjo, 2003

Lebar puncak bangunan pemecah geombang dengan lapis lindung batu pecah dan tetrapod dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$B = nK\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.20)$$

Dengan:

- B = Lebar puncak
- n = jumlah butir batu
- $K\Delta$ = koefisien lapis (tabel 3.2)
- W = berat butir batu pelindung (ton)
- γ_r = berat jenis batu pelindung (ton/m^3)

3.3 Perhitungan Estimasi Volume Sedimen Terkendali

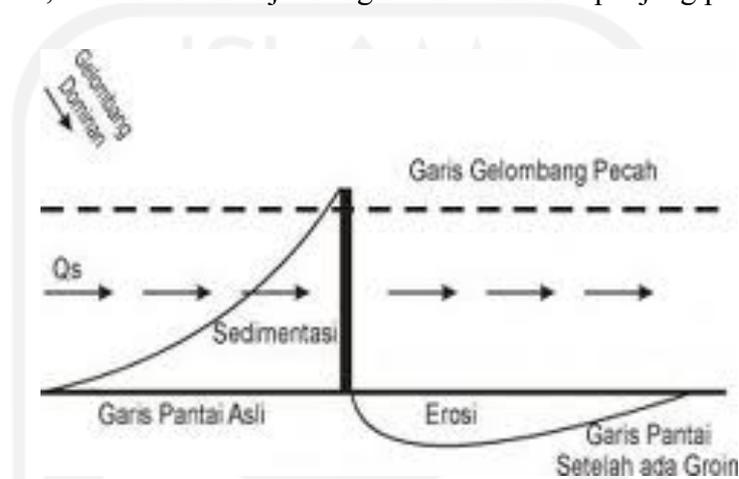
Groin berfungsi untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai. Bentuk garis pantai tergantung pada besar dan arah transport sedimen sepanjang pantai. Transpor sedimen ini akan tertahan pada sisi hulu groin, sedangkan pada sisi hilir akan terarah transpor sedimen tergantung arah dan sudut gelombang pecah dominan. Apabila gelombang datang dengan sudut tegak lurus garis pantai, maka laju transpor sedimen adalah nol. Sedimentasi dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain oleh gelombang, arus, ukuran butiran, kemiringan pantai. Apabila salah satu dari faktor-faktor tersebut berubah, maka profil juga akan berubah. Perubahan ini merupakan erosi di foreshore, akresi didaerah dekat pantai (nearshore), atau keduanya, untuk akhirnya mencapai keseimbangan.

Air yang didorong oleh gelombang masuk kedalam daerah anantara groin kadang akan kembali kearah laut sepanjang sisi groin. Arus balik ini dapat menyebabkan transpor sedimen kearah laut.

Jumlah transpor sedimen sepanjang pantai yang melewati groin tergantung pada dimensi groin, volume endapan di hulu groin, elevasi muka air, dan gelombang.

Pemasangan groin menginterupsi aliran arus pantai sehingga pasir terperangkap pada “upcurrent side,” sedangkan pada “downcurrent side” terjadi

erosi, karena pergerakan arus pantai yang berlanjut. Groyne yang ditempatkan dipantai akan menahan gerak sedimen tersebut, sehingga sedimen mengendap disisi sebelah hulu disebelah hilir groyne angkutan sedimen masih tetap terjadi. Keadaan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai yang akan terus berlangsung sampai dicapai suatu keseimbangan baru. Keseimbangan baru tersebut tercapai pada saat sudut yang dibentuk oleh gelombang pecah terhadap garis pantai baru adalah nol, dimana tidak terjadi angkutan sedimen sepanjang pantai.



Gambar 3.15 Estimasi kondisi tampungan penuh

Sumber : <http://resashogi.blogspot.com>

3.4 Metode Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai

Metode Operasional dan Pemeliharaan pada kawasan muara sungai (jalur lalu lintas keluar masuk kapal) dan bangunan groyne bertujuan untuk tetap menjaga jalur lalu lintas keluar masuk kapal terhindar dari pendangkalan akibat sedimentasi. Meskipun sudah dibangun bangunan pengendali sedimen arus sejajar pantai, namun sedimentasi pada muara sungai Serang diprediksi tetap akan terjadi, meskipun intensitas nya tidak terlalu besar. Metode operasional dan pemeliharaan berfungsi untuk tetap menjaga fungsi dan durabilitas dari bangunan pengendali sedimen pantai.

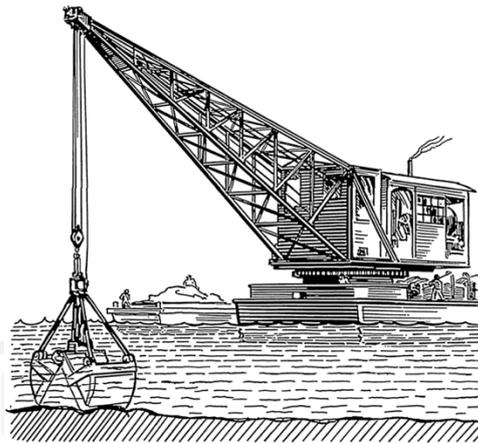
Metode operasional pemeliharaan yang dimaksud adalah metode operasional kegiatan pengerukan sedimen yang berada pada jalur lalu lintas kapal

dan sedimen yang telah mengendap pada sela – sela bangunan jetty/pemecah gelombang. Dalam hal ini metode operasional pemeliharaan mencakup jenis alat yang digunakan dan kapasitas alat dalam mengurangi jumlah volume sedimen. Menurut Dirjen Perhubungan Laut pemilihan jenis alat pengeruk sedimen pada pantai/muara sungai ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya adalah:

- 1). Memperhatikan keadaan cuaca:
 - a) Gelombang
 - b) Angin
 - c) Pasang Surut
 - d) Daerah teduh
- 2). Volume kerukan dan kedalaman maksimum
- 3). Luas daerah kerukan
- 4). Tempat berlindung alat keruk dan fasilitas perbaikan
- 5). Perlengkapan daya dan fasilitas penjangkaran
- 6). Gaya penjangkaran
- 7). Akomodasi untuk alat keruk dan kapal pendukung
- 8). Memperhatikan jenis material dasar

Pekerjaan pengerukan (*dredging*) adalah proses pengambilan material sedimen yang berada di dasar sungai atau laut dan kemudian memindahkannya ke daratan dengan alat atau mesin *dredging*. Pengerukan sedimen pada muara sungai bertujuan untuk memperlancar aliran air pada saat musim hujan agar tidak terjadi banjir. Selain itu pengerukan sedimen pada muara sungai yang berfungsi sebagai lalu lintas kapal juga bertujuan untuk memperlancar lalu lintas kapal yang akan masuk ke muara sungai.

Pengerukan endapan pada mulut sungai merupakan alternatif penanganan masalah sedimentasi muara yang murah dan sederhana. Namun kekurangan pada alternatif ini adalah akan tertutupnya kembali pada mulut sungai oleh sedimen yang berasal dari sungai maupun dari laut, sehingga perlu kegiatan pengerukan yang sangat rutin agar tetap menjaga muara sungai tetap normal dan tidak mengganggu lalu lintas kapal.



Gambar 3.16 Proses pengerukan endapan sedimen pada muara sungai dengan alat berat

Sumber: <https://en.wikipedia.org>

Dengan adanya bangunan pengendali sedimentasi muara sungai, maka jumlah sedimen yang masuk / mengendap pada mulut sungai dapat direduksi, sehingga pekerjaan pengerukan endapan sungai atau normalisasi muara sungai dapat di kurangi jumlah rentang waktunya. Pekerjaan pengerukan (*dredging*) tetap akan dibutuhkan sebagai pekerjaan pemeliharaan kawasan muara sungai meskipun sudah terdapat bangunan – bangunan pengendali sedimentasi muara, karena sedimen tetap akan ada yang mengendap baik itu yang berasal dari sungai maupun dari arus sejajar pantai.

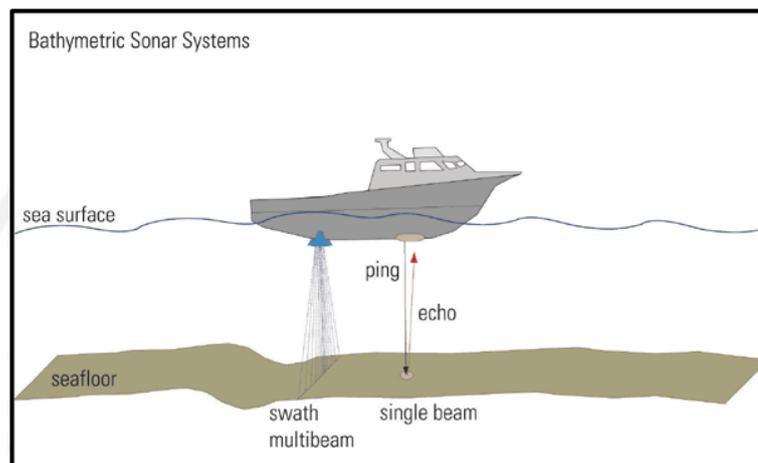


Gambar 3.17 Kapal keruk

Sumber: <https://en.wikipedia.org>

Pada saat dilaksanakan kegiatan pengerukan, untuk mengetahui kondisi endapan sedimen di alur pelayaran terhadap yang akan dikeruk, maka diperlukan pengukuran atau sering disebut kegiatan pemeruman. Selain untuk mengetahui

kondisi sedimen pada alur pelayaran, kegiatan pemeruman juga digunakan untuk mengetahui volume sedimen yang akan dikeruk menggunakan *Echo Sounder* dengan frekuensi antara 200 KHz - 210 KHz (Dirjen Perhubungan Laut, 2006).



Gambar 3.18 Sistem *Echo Sounder* untuk mengetahui kondisi dasar laut
Sumber : website usgs.gov

3.5 Biaya Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai

Untuk memperhitungkan besarnya biaya operasional pemeliharaan maka perlu diketahui kebutuhan peralatan mekanis yang akan digunakan untuk pekerjaan pengerukan sedimen dan jumlah estimasi volume sedimen yang akan dikeruk. Pemilihan jenis kapal keruk didasarkan terhadap kapasitas produksi kapal dan kondisi dari sedimen yang akan dikeruk.

Selanjutnya adalah memperhitungkan volume sedimen yang akan dikeruk pada areal pelabuhan Glagah. Volume sedimen yang akan dikeruk pada areal pelabuhan Glagah dalam penelitian ini mengacu pada volume angkutan sedimen sejajar pantai yang diperhitungkan melalui pendekatan teoritis dalam penelitian yang dilakukan oleh BBWS SO yang bekerja sama dengan PSIT UGM. Berdasarkan hasil analisa dari PSIT UGM diperoleh volume angkutan sedimen netto yang akan berpotensi masuk ke areal pelabuhan Glagah, sehingga dengan menggunakan hasil analisa tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam memperhitungkan prediksi volume sedimen yang akan dikeruk.

3.6 Biaya Investasi Pekerjaan Bangunan Pantai

Besarnya investasi untuk pembangunan pelabuhan akan mempengaruhi kepada besarnya tarif jasa yang dijual dan biaya pemeliharaan pelabuhan akan mempengaruhi terhadap kelangsungan operasi pelabuhan dan pengembalian dari biaya investasi pembangunan. Estimasi terhadap biaya pembangunan pelabuhan dijadikan acuan dalam penentuan kelayakan dari perancangan dan perencanaan pelabuhan tersebut. Pembangunan pelabuhan terdiri dari beberapa tahapan, salah satunya adalah pembangunan pemecah gelombang dan bangunan pendukungnya seperti bangunan groin.

Bangunan pemecah gelombang dan bangunan groin merupakan fasilitas utama dalam pelabuhan yang memiliki proporsi biaya besar terhadap biaya total pembangunan pelabuhan. Besarnya biaya pembangunan pemecah gelombang dan bangunan groin terkadang lebih besar dari jumlah biaya pelabuhan itu sendiri. Besarnya biaya yang dikeluarkan dari pembangunan pemecah gelombang dan bangunan groin dijadikan acuan kelayakan dalam pembangunan pelabuhan tersebut.

3.6.1 Analisis Kelayakan Proyek

Proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan mengelola sumber daya dengan rencana waktu dan sejumlah biaya sehingga dapat menghasilkan suatu benefit. Maka dari itu diperlukan suatu evaluasi baik mengenai yang memperhitungkan waktu, biaya, dan benefit baik ketika sebelum proyek berjalan maupun setelah proyek berjalan. Sedangkan pengertian evaluasi proyek merupakan suatu kumpulan kriteria untuk menganalisa dan membantu memutuskan pemilihan investasi dari berbagai alternatif yang didapatkan.

Jenis Analisa suatu proyek dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu Analisa Finansial yaitu analisa yang dilakukan untuk kepentingan individu atau lembaga yang menanamkan modal dalam suatu proyek/usaha dan Analisis Ekonomi yaitu

analisis yang dilakukan untuk mengetahui apakah perekonomian masyarakat luas juga mendapatkan manfaat suatu proyek.

3.6.2 Analisis Investasi

Metode yang dapat dipakai untuk menganalisa biasa disebut Kriteria Investasi. Kriteria Investasi terdiri dari NPV (Net Present Value) , Net B/C (Benefit/Cost), , IRR dan Payback Period.

A. NPV (Net Present Value)

Net Present Value adalah Nilai uang mendatang yang ditimbulkan oleh penanaman modal. NPV ini merupakan pengurangan pendapatan oleh biaya yang nantinya dikalikan dengan Discount Factor tahun tertentu. Secara Matematis NPV dapat dihitung menggunakan rumus:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (3.21)$$

Keterangan:

NPV = Net Present Value (Rp)

B_t = Benefit atau manfaat pada tahun ke-t

C_t = Cost atau biaya pada tahun ke-t

i = suku bunga yang digunakan

t = tahun ke-t

Indikator sebuah proyek itu layak adalah apabila NPV bernilai positif ($NPV > 0$) maka layak untuk dijalankan. Apabila bernilai negatif ($NPV < 0$) maka proyek tidak layak untuk dijalankan. NPV lebih dari 0 disini berarti jumlah benefit yang kita dapatkan pada saat yang akan mendatang ialah positif (atau untung) bukan impas maupun rugi.

B. Benefit Cost Ratio (BCR)

Benefit Cost Ratio adalah Rasio yang diperoleh dari perbandingan benefit dan cost, yang tujuannya ialah mengetahui perbandingan antara jumlah biaya yang dikeluarkan pada suatu usaha terhadap manfaat yang akan diterima. Hitungan BCR dilakukan dengan menganggap bunga bank tidak berubah, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{BCR} = \frac{\text{FV}(\text{benefit})}{\text{FV}(\text{cost})} \quad (3.21)$$

Dimana FV (benefit) adalah keuntungan yang diperoleh sampai n tahun setelah konstruksi, sedangkan FV (cost) adalah biaya yang dikeluarkan, yang dihitung n tahun setelah konstruksi dengan memperhitungkan bunga sebesar $i\%$. Kedua FV (Final Value) tersebut dihitung sebagai berikut :

$$\text{FV}(\text{benefit}) = \text{Benefit} \frac{[(1+i)^n - 1]}{i} \quad (3.22)$$

$$\text{FV}(\text{cost}) = \text{PV} \frac{[(1+i)^n - 1]}{i} + \text{AC} \frac{[(1+i)^n - 1]}{i} \quad (3.23)$$

$$\text{Future value} = \text{PV} \times [1 + (i \times n)] \quad (3.24)$$

PV : Present value, uang yang di investasikan saat ini

i : suku bunga

n : jangka waktu/periode

Indikator suatu proyek layak ialah Benefit Cost Ratio adalah rasio yang diperoleh sebesar lebih dari 1, sebaliknya apabila rasio lebih kecil dari pada 1 maka usaha/proyek tersebut tidak layak digunakan. Jika hasil Benefit Cost Ratio lebih dari 1 maka bisa dikatakan bahwa kita mendapatkan benefit lebih dari 1 apabila mengeluarkan 1 Cost, maka apabila kurang dari 1 atau 0 usaha tidak menimbulkan benefit.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penyusunan tesis ini adalah pengumpulan data, pengolahan data, perhitungan dan analisis data, serta kesimpulan dan saran.

4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang dikumpulkan dari instansi terkait dengan pengelolaan sungai Serang dan pembangunan pemecah gelombang pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah diantaranya yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, Pustek Kelautan UGM, PSIT UGM dan laporan-laporan konsultan. Data-data yang disiapkan dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Data tinggi gelombang
- 2) Sudut arah datang gelombang
- 3) Periode gelombang
- 4) Probabilitas gelombang
- 5) Kemiringan pantai

Dari data-data tersebut di atas maka diperoleh hasil yaitu:

- a) Kondisi Existing (saat ini) pada lokasi penelitian yaitu penumpukan sedimen yang berasal dari pengaruh gelombang laut menutup mulut sungai. Hal ini dapat menyebabkan terhambatnya jalur lalu lintas kapal dari dan menuju pelabuhan tanjung adikarto
- b) Penyebab dari sedimentasi tersebut
- c) Diperoleh nilai net transport sedimen pada lokasi penelitan
- d) Diperoleh arah gelombang yang menyebabkan terjadinya sedimentasi muara sungai

4.2 Analisis dan Pembahasan (Pengolahan Data)

4.2.1 Metode Alternatif Pengendalian Sedimentasi Muara Sungai

Alternatif penanganan muara sungai diantaranya adalah berupa pembangunan konstruksi Jetty, baik berupa jetty pendek, jetty sedang, jetty panjang, atau pembuatan bangunan pada salah satu sisi muara sungai, atau dapat pula dilakukan pengerukan biasa secara berkala. Dengan melihat letak daripada lokasi muara sungai, dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian memiliki peranan penting dalam jalur lalu lintas kapal pada pelabuhan Tanjung Adikarto pada muara Sungai Serang, sehingga muara sungai harus berfungsi optimal sebagai sistem pembuangan air yang berasal dari aliran sungai dan tidak boleh terjadi penutupan oleh sedimentasi yang dapat mengakibatkan terhambatnya lalu lintas kapal. Sehingga dibutuhkan konstruksi pengaman muara sungai yang mampu menahan terjadinya sedimentasi sepanjang pantai.

Rekomendasi yang akan digunakan sebagai pengendalian sedimentasi muara sungai adalah dengan menggunakan bangunan pantai yakni groin tipe tertutup.

4.2.2 Perencanaan Alternatif Terpilih

Rekomendasi pengendalian meliputi rencana jumlah bangunan groin yang akan digunakan sebagai alternatif pengendalian sedimentasi muara sungai dan peletakan bangunan groin, sehingga dengan demikian dapat diperhitungkan kapasitas bangunan groin dalam mengendalikan angkutan sedimen arus sejajar pantai. Perencanaan dimensi bangunan groin meliputi :

4.2.2.1 Perhitungan Panjang Dan Jarak Groin

Panjang bangunan groin sangat tergantung dari jenis pantai, selain itu juga ditentukan berdasarkan lokasi gelombang pecah yang terjadi pada pantai tersebut dan harus dibawah dari Lower Water Neap Tide (LWNT). Dalam perencanaan panjang groin tergantung pada kedalaman gelombang pecah (db). Horikawa (1978) menyarankan panjang Groin adalah antara 40% sampai 60% dari lebar surf zone. Surf zone adalah daerah antara lokasi gelombang pecah dengan garis pantai.

$$L_g = 0,4 L_s \text{ sampai } 0,6 L_s \quad (4.1)$$

Dimana :

L_g : Panjang Groin

L_s : Lebar Surf Zone

Penggunaan bangunan groin secara seri sebagai pengaman pantai bertujuan untuk mencegah erosi yang terlalu besar pada hilir bangunan groin. Jarak groin ditentukan berdasarkan dari panjang groin dan jenis pantainya.

Jarak antara groin X_g adalah antara 1 s/d 3 x panjang groin (Horikawa 1978):

X_g : Jarak antar groin.

$$X_g = 1 L_g \text{ sampai } 3 L_g$$

Jarak groin (B) merupakan fungsi dari panjang groin, sudut datangnya gelombang, selisih pasang surut, material, dan kemiringan pantai (Tawas, 2001).

Jarak groin pada Shingle beach (pantai kerikil) diambil:

$$B = (1 \text{ s/d } 2) L$$

sedangkan untuk pantai pasir (Sand beach) diambil :

$$B = (2/4) L$$

Jarak groin yang terlalu dekat akan menghasilkan konstruksi yang sangat mahal, sedangkan jarak yang terlalu jauh akan menghasilkan groin yang tidak efektif sehingga proses erosi tetap berlanjut.

(4.2)

4.2.2.2 Perhitungan Elevasi Puncak Groin

Elevasi muka air merupakan parameter yang sangat penting didalam perencanaan bangunan pantai. Beberapa proses alam yang terjadi dalam waktu yang bersamaan membentuk variasi muka air laut dengan periode panjang. Proses alam tersebut meliputi pasang surut, tsunami, gelombang badai (storm surge), kenaikan muka air karena gelombang (wave set-up), kenaikan muka air karena perubahan suhu global.

Beberapa proses fluktuasi muka air karena badai dan tsunami (gempa) tidak dapat (diprediksi) kapan terjadinya. Sedangkan pasang surut mudah diprediksi dan diukur baik besar maupun waktu terjadinya. Namun parameter yang digunakan hanya pasang surut dan pemanasan global (SLR). Sementara itu perkiraan terendah pemanasan global (SLR) selama 50 tahun umur rencana konstruksi menurut grafik yang ditampilkan dalam buku “(Bambang Triatmodjo, 2011, hal 99) adalah sebesar 12 cm = 0,12 m.

Perhitungan elevasi dan puncak groin menggunakan rumus sebagai berikut:

$$HWL = El.HWL - El. Db \quad (4.3)$$

$$DWL = HWL + SLR \quad (4.4)$$

Elevasi Groin dihitung dengan persamaan :

$$\text{Elevasi Groin} = DWL + Ru + Fb \quad (4.5)$$

$$\text{Tinggi Groin (H groin)} = Db + Ru + Fb \quad (4.6)$$

Dimana :

DWL : Elevasi Muka Air Rencana

HWL : High Water Level

SLR : Faktor Pemanasan Global

Db : Kedalaman Gelombang pecah

Ru : Run Up gelombang

Fb : Free Board (tinggi kebebasan), 0,5 – 1 Meter

Perhitungan Run Up Gelombang adalah sebagai berikut:

Kemiringan sisi Groin direncanakan 1:2

Panjang Gelombang di laut dalam

Bilangan Iribaren diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$I_r = \frac{tg\theta}{(H/L_0)^{0,5}} \quad (4.7)$$

Dimana Ir : bilangan Iribaren

Tg θ : kemiringan dasar bangunan

H : tinggi gelombang di lokasi bangunan

L0 : panjang gelombang di laut dalam

4.2.2.3 Tinggi Bangunan Groin

Tinggi bangunan groin dan kemiringan tubuh groin menyesuaikan terhadap desain bangunan jetty yang sudah ada

Tinggi rencana bangunan Groin Direncanakan berdasarkan rumus:

HBangunan = Elevasi Puncak Bangunan – Elevasi Dasar laut

4.3 Perhitungan Estimasi Volume Sedimen Terkendali

Perhitungan kapasitas tampung bangunan groin dalam mengendalikan volume angkutan sedimen sejajar pantai didasarkan terhadap karakteristik kemiringan dasar pantai. Mengacu pada karakteristik tampungan sedimen bangunan pemecah gelombang (Jetty) pada muara Sungai Serang (BBWS Serayu Opak, 2013).

Dari hasil perencanaan bangunan groin dapat diperhitungkan estimasi kapasitas tampung sedimen pada setiap bangunan groin. Dengan desain panjang bangunan groin yang sama. Maka dapat di tentukan kapasitas tampung material sedimen pada masing – masing groin.

4.4 Metode Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai

Untuk tetap menjaga fungsi dan durabilitas dari bangunan pengendali sedimen pada muara sungai dalam hal ini maka diperlukan kegiatan operasi dan pemeliharaan pada Jalur Pelabuhan Tanjung Adikarto Glagah. Dengan adanya alternative pemilihan pengendalian sedimen muara sungai maka dapat dipilih metode operasional dan pemeliharaannya. Berdasarkan areal potensi sedimentasi yang ada, maka dapat ditentukan alur pengerukan yang harus segera dilakukan pada Pelabuhan Tanjung Adikarto Glagah. Metode pengerukan dapat dilakukan dengan menggunakan kapal dredger atau kapal keruk, yang dimana fungsinya adalah untuk mengeruk sedimen.

4.5 Evaluasi Efisiensi Biaya Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai

Data yang digunakan dalam analisis ini mengacu hasil kajian PT Adhi karya tahun 2013. Dalam menghitung biaya Operasional dan Pemeliharaan dilakukan dengan 4 skenario. Adapun Skenario tersebut adalah:

1. Skenario 1

Skenario 1 adalah perhitungan biaya Operasional dan pemeliharaan muara sungai tanpa adanya bangunan groin

2. Skenario 2

Skenario 2 adalah perhitungan biaya Operasional dan pemeliharaan muara sungai dengan adanya 1 (satu) bangunan Groin

3. Skenario 3

Skenario 3 adalah perhitungan biaya Operasional dan pemeliharaan muara sungai dengan adanya 2 (Dua) bangunan Groin

4. Skenario 4

Skenario 4 adalah perhitungan biaya Operasional dan pemeliharaan muara sungai dengan adanya 3 (Tiga) bangunan Groin

Dari ke 4 skenario itu dipilih 1 skenario dengan nilai Operasional dan Pemeliharaan paling minimal (efisien). Hal tersebut dihitung dengan mempertimbangkan:

1. Biaya Pembangunan bangunan Groin terhadap umur layanan dari bangunan tersebut. Umur layanan diasumsikan selama 50 tahun (berdasarkan umur rencana bangunan pantai)
2. Biaya Operasional dan Pemeliharaan (pengerukan) berkala

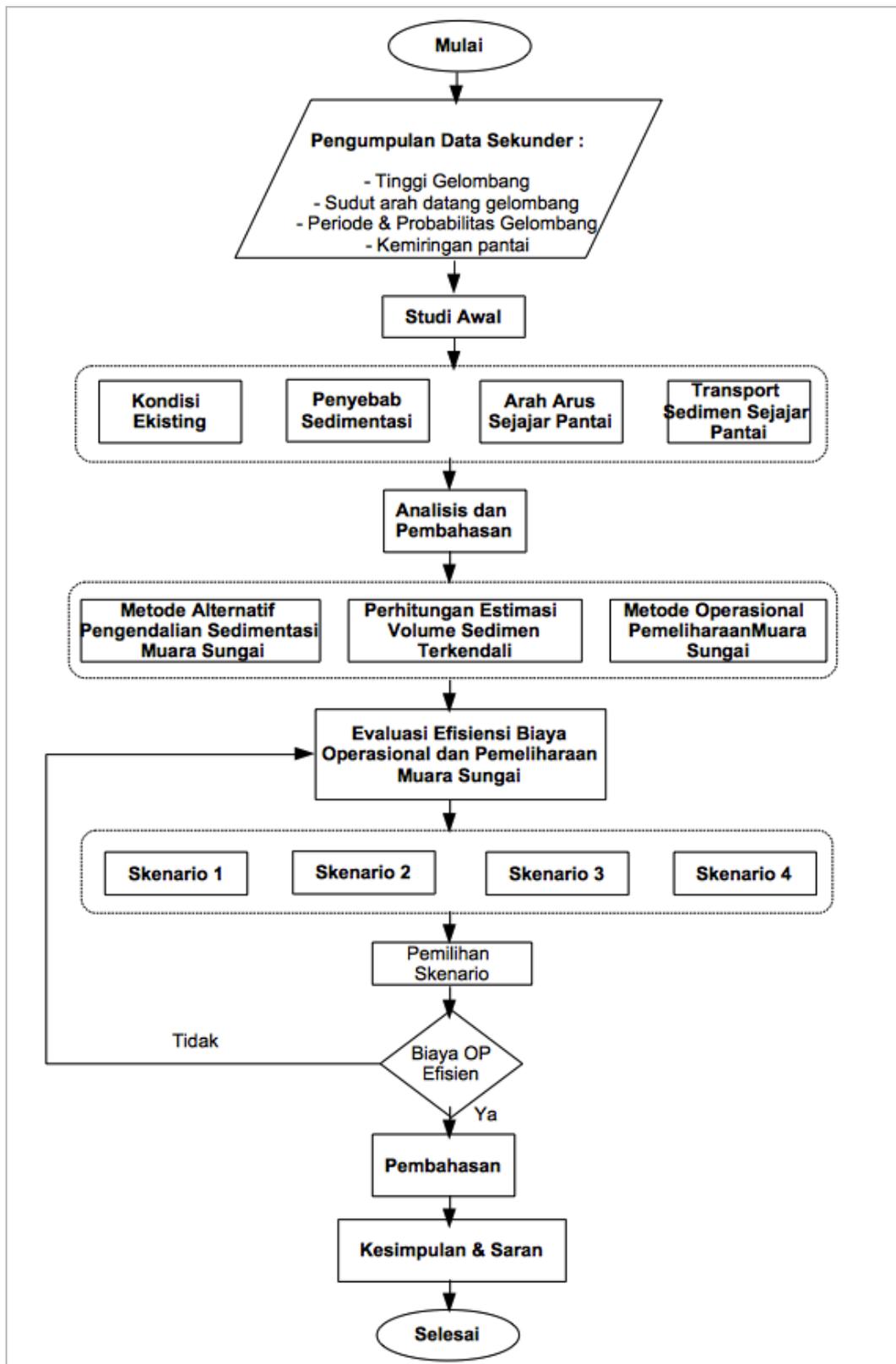
4.6 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan dari pengumpulan data serta analisis data maka diperoleh alternative metode Operasional dan Pemeliharaan paling efektif dan efisien.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian merupakan susunan dari tahapan kegiatan penelitian yang terdiri dari tahap awal hingga penelitian selesai dilakukan. Berikut ini merupakan bagan alir yang akan digunakan dalam penelitian ini :





Gambar 4. 1 Bagan alir penelitian
Sumber: Hasil Analisis

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

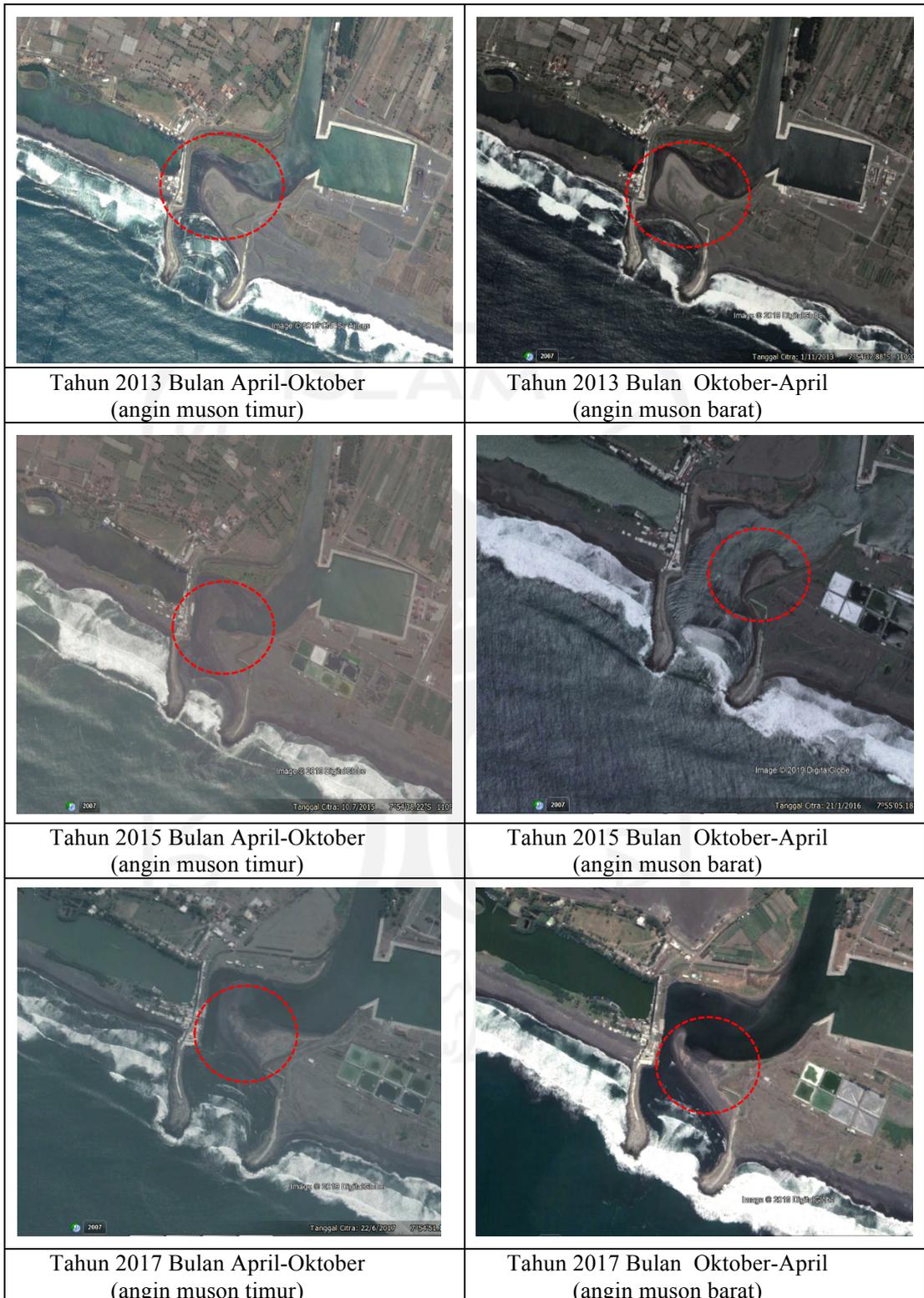
5.1 Permasalahan pada Muara Sungai Serang

Sedimentasi masih terjadi di daerah lalu lintas kapal meskipun telah dibangun bangunan Jetty/bangunan pemecah gelombang. Dari hasil Gambar 5.1 menunjukkan kondisi Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah dari tahun 2007 dimana sebelum dibangun bangunan Jetty/bangunan pemecah gelombang kondisi muara Sungai Serang tertutup oleh lidah pasir (*sand spit*) pada saat musim kemarau. Sedimentasi muara sungai Serang terjadi pada saat musim kemarau atau pada saat terjadi pada angin muson timur. Proses terjadinya sedimentasi muara sungai Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah disebabkan oleh penumpukan sedimen yang tidak mampu di gelontorkan keluar muara. Hal tersebut terjadi karena debit yang mengalir dari Muara Sungai Serang sangat kecil pada saat musim kemarau atau angin muson timur.



Gambar 5.1. Muara sungai Serang Tahun 2007 (sebelum ada bangunan jetty/pemecah gelombang)

Sumber : Google Map, 2007



Gambar 5.2. Sedimentasi muara Sungai Serang
Sumber : Google Map, 2013-2017

Berdasarkan kondisi muara sungai Serang sebelum ada Jetty/pemecah gelombang (2007) terjadi penutupan sedimen muara sungai dan pengerukan sedimen hanya dilakukan oleh masyarakat sekitar dengan menggunakan alat manual.

Pada tahun 2013 hingga tahun 2017 (setelah ada bangunan jetty/pemecah gelombang) dapat dilihat bahwa pada alur lalu lintas kapal pelabuhan masih terjadi penutupan oleh sedimen yang cukup besar. Pengerukan alur telah dilakukan pada tahun 2015, namun hingga saat ini masih tetap terjadi sedimentasi dalam beberapa tahun setelah dibangunnya Jetty. Sedimen menumpuk pada muara sungai di sisi timur bangunan existing (gambar 5.2).

5.2 Analisis Volume dan Arah Transport Sedimen Sejajar Pantai

Angkutan sedimen sejajar pantai disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah akibat sudut datang gelombang, tinggi gelombang datang, periode gelombang, probabilitas gelombang dan kemiringan dasar pantai. Faktor – faktor tersebut merupakan data teknis yang diperlukan dalam tahapan - tahapan perhitungan volume angkutan sedimen sejajar pantai, yang dimana data – data tersebut di dapatkan dari hasil pengukuran langsung kondisi gelombang dan bathimetri pada lokasi Pantai Glagah. Data teknis tersebut diperoleh dari instansi pemerintah yang bekerja sama dengan perguruan tinggi dalam hal ini adalah Kementerian PU (BBWS SO) dan Pusat Studi Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dalam kegiatan ” Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang Dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto”.

Penyebab sedimentasi muara sungai dimungkinkan karena arus sejajar pantai yang membawa angkutan sedimen masuk kedalam area pelabuhan. Hal tersebut juga sangat dipengaruhi oleh material pasir pantai yang berupa material pasir lepas, sehingga dengan kondisi tersebut akan mudah terangkut oleh arus air yang menyusur pantai. Besar angkutan sedimen yang berpengaruh signifikan terhadap sedimentasi pada alur Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah adalah angkutan sedimen menyusur pantai yang berasal dari arah Timur atau mengalir ke arah Barat.

Dari beberapa data sudut arah datang gelombang, diperhitungkan masing – masing volume angkutan sedimen sejajar pantai.

Tabel 5.1. Hasil analisis angkutan sedimen sejajar pantai

Jenis Data	Nilai Data		
Sudut Datang Gelombang (α°)	55	10	35
Tinggi Gelombang (meter)	1.5	1.5	1.5
Periode Gelombang Datang (detik)	7	7	7
Probabilitas Kejadian Gelombang (%)	9.89	20.7	7.79
Kemiringan Dasar Pantai	1:50		

Sumber: PSIT-UGM, 2013

BBWS-SO (2013) bekerja sama dengan Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT - UGM) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta melakukan kajian terhadap angkutan sedimen sejajar pantai. Kajian ini sebagai tindak lanjut terhadap penyebab sedimentasi pada alur lalulintas kapal di Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah.

Tabel 5. 2. Perhitungan transpor sedimen menyusur Pantai Glagah

ARAH DATANG GELOMBANG	TINGGI GELOMBANG (M)	TRANSPOR SEDIMEN ($10^3\text{M}^3/\text{TH}$)	TOTAL TRANSPOR SEDIMEN ($10^3\text{M}^3/\text{TH}$)	ARAH GERAK SEDIMEN
TENGGARA	0.5	5.2		
	1.5	184.6		
	2.5	298		
	3.5	87.2		
			575	Ke Barat
SELATAN	0.5	1.4		
	1.5	147.7		
	2.5	189.2		
	3.5	111.0		
			449.3	Ke Barat
	TOTAL SEDIMEN KE BARAT		1024.3	Ke Barat
BARAT DAYA	0.5	5.1		
	1.5	148.4		
	2.5	340.5		
	3.5	237.0		
			731.0	Ke Timur
	TOTAL SEDIMEN KE TIMUR		731.0	Ke Timur
	NET TRANSPOR		293.3	Ke Barat

Sumber : PSIT-UGM, 2013

Prediksi angkutan sedimen sejajar pantai dilakukan dengan pendekatan analitis dan berdasarkan data – data Hidro-oseanografi. Data Hidro-

oseanografi meliputi data pasang surut dan data gelombang. penyederhanaan tinggi gelombang dan arah datang gelombang, yaitu sekitar 3,0 sampai dengan 3,5 meter dari arah Tenggara dan Barat Daya, dan sudut arah datang gelombang adalah 45° terhadap garis tegak lurus pantai, sedangkan gelombang yang berasal dari arah selatan dianggap tegak lurus pantai, sehingga tidak memberikan transport sedimen menyusur pantai. Perhitungan angkutan sedimen menyusur pantai menggunakan rumus *Coastal Engineering Research Center* (CERC). Formula transport sedimen menyusur pantai berdasar CERC :

Dari hasil perhitungan transport sedimen menyusur pantai pada Tabel 5.2 diperoleh bahwa angkutan sedimen menyusur pantai ke arah barat sebesar $= 1024 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$, sedangkan ke arah timur $= 731 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan net transport sedimen sebesar $= 264,9 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Net Transport sedimen yang akan berpotensi menjadi endapan adalah sebesar $293,3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$ yang akan mengalir ke arah barat.

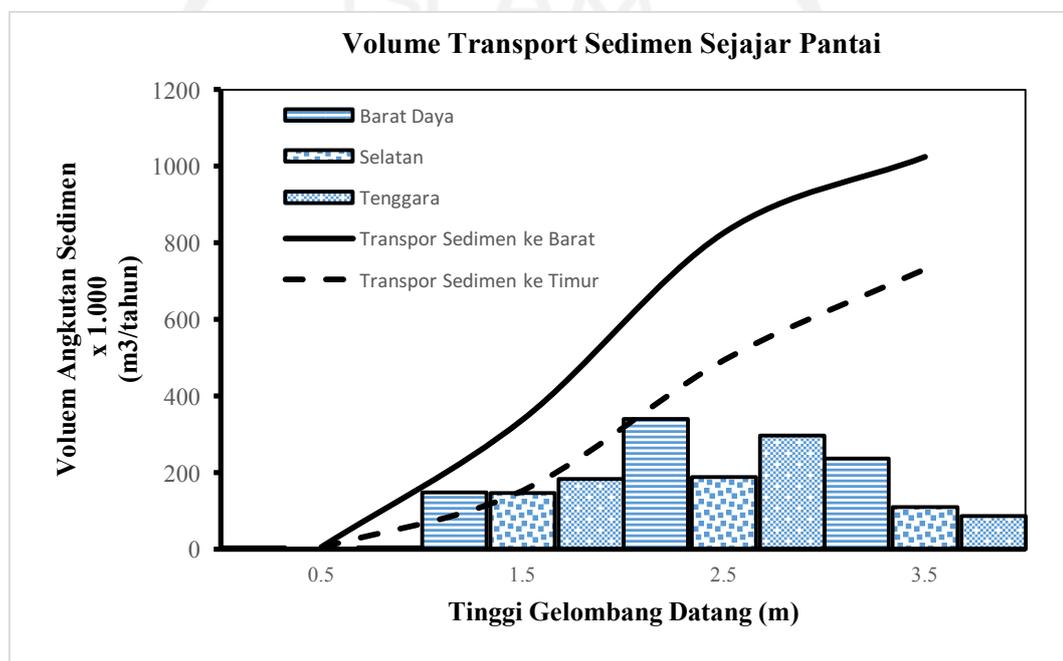


Gambar 5. 3. Kondisi jetty/pemecah gelombang terhadap arus sejajar pantai

Sumber : Google Map, 2008

Berdasarkan analisa dari gambar 5.3. tersebut masih terjadi arus gelombang pada mulut pelabuhan yang masuk menuju areal jalur lalu lintas kapal ke pelabuhan. Kondisi inilah dimana dimungkinkannya sedimen yang berasal dari arus sejajar

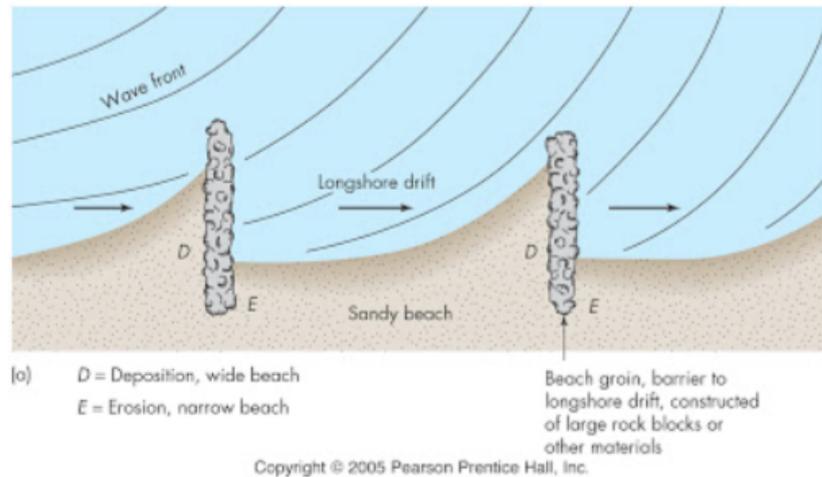
pantai terdorong masuk ke areal lalu lintas kapal, dan menyebabkan terjadinya sedimentasi pada lokasi tersebut, ditambah lagi arus dari sungai yang tidak mampu menggelontorkan sedimen keluar dari pelabuhan. Sedangkan ditinjau dari segi fungsinya bangunan jetty yang telah dibangun tersebut belum mampu mereduksi energi gelombang yang datang dari arah laut dan masuk ke areal pelabuhan. Kondisi inilah yang menyebabkan terjadinya sedimentasi akibat dorongan energi gelombang yang masuk ke areal alur lalulintas pelabuhan.



Gambar 5. 4. Grafik volume angkutan sedimen sejajar pantai
 Sumber : BBWS SO, 2013

5.3 Metode Alternatif Pengendalian Sedimentasi Muara Sungai

Dengan melihat kondisi seperti yang telah dijelaskan di atas, pengendalian angkutan sedimen oleh arus sejajar pantai sangat diperlukan guna meminimalisir angkutan sedimen yang masuk ke dalam areal pelabuhan. Dengan metode perangkap sedimen pada area arus sejajar pantai, maka volume angkutan sedimen yang terjadi dapat diminimalisir.



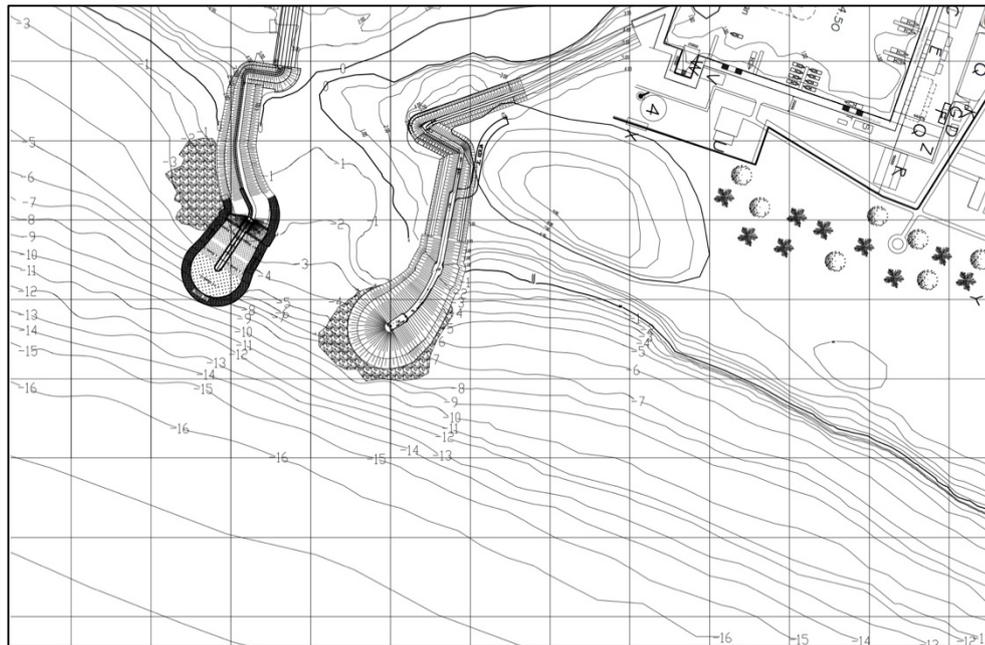
Gambar 5. 5. Prinsip pengendalian sedimen dengan bangunan groin

Sumber : Ken Galli, 2015

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk pengendalian angkutan sedimen sejajar pantai dengan metode perangkap sedimen adalah dengan menggunakan bangunan groin pantai. Bangunan groin merupakan bangunan menjorok ke pantai yang berfungsi untuk mengamankan bibir pantai dari erosi pantai. Terdapat 2 tipe bangunan groin sebagai pengendali erosi pantai, yaitu tipe celah dan tipe tertutup. Bangunan groin tipe celah masih memungkinkan sedimen lolos melalui celah – celah groin. Tipe celah biasanya dibangun dengan menggunakan tiang pancang. Sedangkan tipe tertutup dibangun dengan menggunakan material batu maupun blok beton.

Groin memiliki fungsi sebagai penahan erosi pantai, dimana butiran hasil erosi akan menjadi angkutan sedimen yang terbawa oleh arus sejajar pantai. Kondisi ini lah yang mengakibatkan butiran sedimen terangkut masuk kedalam area pelabuhan dan mengakibatkan pendangkalan pada jalur lalu lintas kapal.

Volume sedimen yang akan dikendalikan dapat diperhitungkan berdasarkan dimensi panjang dan tinggi dari bangunan groin. Panjang bangunan groin ditentukan berdasarkan lokasi / jarak panjang gelombang pecah dari bibir pantai. Sedangkan tinggi bangunan groin ditentukan berdasarkan kondisi batimetri pada area pantai, ketinggian muka air laut dan ketinggian gelombang datang. Data – data yang diperlukan telah diperhitungkan dan disajikan pada Tabel 5.2, sedangkan data bathimetri disajikan pada Gambar 5.6.



Gambar 5. 6. Kondisi bathimetri area pelabuhan Tanjung Adikarto Kulonprogo

Sumber : Kementerian PU, Dirjen SDA BBWS SO, 2013

Desain bangunan groin pada penelitian ini hanya meliputi dimensi panjang dan tinggi bangunan groin, tidak memperhitungkan desain stabilitas dari bangunan groin. Sedangkan dimensi groin dari pangkal hingga ujung groin menggunakan dimensi yang seragam.

Tinggi bangunan groin dan kemiringan tubuh groin menyesuaikan terhadap desain bangunan jetty/pemecah gelombang yang sudah ada. Panjang bangunan groin ditentukan berdasarkan hasil perhitungan jarak gelombang pecah dari bibir pantai (L_b) dapat dilihat pada gambar 5.6. Sedangkan penentuan panjang bangunan groin sepanjang 140 meter dari bibir pantai, berdasarkan panjang bangunan jetty/pemecah gelombang yang telah dibangun dengan anggapan bahwa dengan panjang tersebut bangunan groin sudah melampaui area gelombang pecah dan mampu mengendalikan angkutan sedimen sejajar pantai.

Perhitungan bangunan groin berdasarkan data perencanaan diperoleh dari beberapa studi terdahulu yang terkait dengan pekerjaan detail desain pelabuhan Tanjung Adikarto. Dalam pekerjaan Detail Desain Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah (2003), pengukuran dilakukan bathimetri dan topografi di sekitar rencana

pemecah gelombang sampai kedalaman -30 m. Data angin yang dipakai untuk desain groin yaitu data angin dari pengukuran oleh US Navy dalam JICA (1989) di pantai selatan Jawa Tengah. Data angin tersebut dipakai karena tidak tersedianya data primer, selain itu letak dari pantai sejajar dengan pantai Glagah. Penggunaan data sekunder hasil pengukuran gelombang pada lokasi yang dekat dan atau sama kondisi oseanografinya dengan lokasi yang ditinjau maka data tersebut dapat digunakan.

Dari uraian di atas, maka penentuan tinggi, periode, dan arah gelombang desain perbaikan muara sungai Serang ini menggunakan data sekunder hasil pengukuran yang ada di sekitarnya, sama dengan sebagian besar proyek yang telah dilaksanakan di sepanjang pantai selatan Jawa, Sumatra dan Bali.

Terdapat data sekunder hasil pengukuran yang disamping lokasinya dekat, juga mempunyai kemiripan kondisi oseanografi dengan pantai Glagah. Data-data tersebut adalah: Mawar Gelombang Pantai Selatan Jawa Tengah. Mawar gelombang tersebut menunjukkan tinggi gelombang berdasar data gelombang yang dikumpulkan selama 120 tahun di Samudera Indonesia. Tabel tinggi gelombang di samudera Indonesia di tunjukkan dalam tabel 5.3.

Tabel 5.3. Tinggi Gelombang di Samudera Indonesia

Tinggi Gelombang	PRESENTASI KEJADIAN (%)								
	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut	Total
0-1	0,50	2,50	4,29	4,67	3,30	2,54	0,60	0,50	18,90
1-2	0,30	0,80	7,86	9,89	20,27	7,79	4,64	1,43	52,98
2-3	-	-	3,66	4,48	7,54	5,07	2,46	0,97	24,18
>3	-	-	-	0,56	1,89	1,50	-	-	3,95
Total	0,80	3,30	15,80	19,60	33,00	16,90	7,70	2,90	100,00

Sumber : U.S. Navy Marine Climate Atlas of the World (data 120 th)

Dari Tabel 5.3 di atas terlihat bahwa gelombang dengan tinggi (H) > 3 m mempunyai frekuensi kejadian yang cukup kecil dalam kurung waktu 120 tahun yaitu 0,56 % dari arah Tenggara, 1,89 % dari arah selatan dan 1,50% dari arah barat daya. Batas H tidak diberikan dalam tabel tersebut, maka tidak dapat dipilih angka H_0 yang tepat kecuali dapat dikatakan semakin tinggi gelombang diatas 3 m frekuensinya akan semakin mengecil. H_0 harus diambil lebih dari 3 meter.

5.3.1 Data pengukuran gelombang di pantai Tipar oleh Puslitbang Air

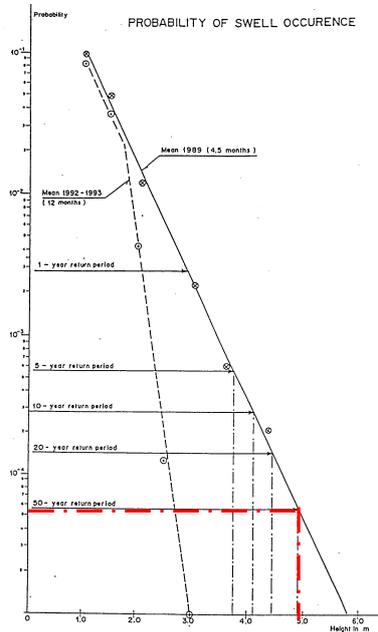
Tinggi gelombang yang terukur adalah bukan tinggi gelombang laut dalam (H_0) melainkan tinggi gelombang yang sudah di daerah peralihan/dangkal. Tinggi gelombang ini sudah dipengaruhi oleh refraksi dan *shoaling* sehingga tinggi yang teramati lebih besar dari H_0 .

Tabel 5.4. Frekuensi Gelombang di Tipar

H (m)	Frequency (%)	
	1989 (4.5 months)	1992 (12 months)
0.0<H<0.5	7.16	18.41
0.5<H<1.0	41.9	44.78
1.0<H<1.5	29.7	33
1.5<H<2.0	14.08	3.2
2.0<H<2.5	4.88	0.1
2.5<H<3	1.68	0.01
3.0<H<3.5	0.4	
H>3.5	0.2	

Sumber : BCOM (2013)

Dari Tabel 5.4 diatas terlihat bahwa meskipun pengukuran tahun 1989 hanya 4,5 bulan tetapi diperoleh $H > 3,5$ m sebesar 0,2%. Pengukuran pada tahun 1992 selama 12 bulan H tertinggi hanya 2,5-3 m. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang tertinggi (H_d) $> 3,5$ m.



Gambar 5.7. Probability of Wave Occurance

Sumber : BCOM, 1993

Dari uraian data tinggi gelombang di atas selanjutnya dibuat ringkasan dalam bentuk kala ulang gelombang dari berbagai tempat pengukuran dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Kala ulang gelombang signifikan berdasarkan pengamatan diberbagai tempat

Kala Ulang (tahun)	Pengamatan di pantai Kuta, Bali (m)	Analisis statistik data US Navy (m)	Pengamatan di Muara Sungai Tipar (m)
1	3,03	-	3,00
5	4,13	2,70	3,80
10	4,53	3,40	4,10
30	5,16	4,50	-
50	5,44	4,95	4,90
100	5,80	5,40	5,30
120	5,89	5,70	

Sumber : Puslitbang Air (1992)

Muara sungai Tipar berada satu garis pantai dengan pantai Glagah, maka Hd hasil analisis menggunakan nilai Hd Tipar yaitu 5,00 m (kala ulang 50 tahun).

Gelombang yang menjalar ke pantai akan mengalami deformasi berupa refraksi, shoaling, difraksi dan pecahnya gelombang. Tinggi gelombang desain (H_d) yang sampai di depan bangunan groin perlu ditentukan melalui analisis deformasi gelombang hingga mencapai pantai. Dengan menggunakan rumus $H = K_s \cdot K_r \cdot H_o$ dan $H_b/db = 0,78$ (Triatmodjo, 1999), maka analisis gelombang rencana dapat diperoleh. Hasil analisis ini disajikan dalam Tabel 5.6 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.6. Hasil analisis tinggi gelombang ekivalen (H_o') dan tinggi gelombang pecah (H_b)

ds	d/Lo	Ks	H'o Ho=3.5	Hb
20	0.128205	0.917	3.2095	15.6
19	0.121795	0.92	3.22	14.82
18	0.115385	0.923	3.2305	14.04
17	0.108974	0.926	3.241	13.26
16	0.102564	0.931	3.2585	12.48
15	0.096154	0.936	3.276	11.7
14	0.089744	0.942	3.297	10.92
13	0.083333	0.95	3.325	10.14
12	0.076923	0.959	3.3565	9.36
11	0.070513	0.97	3.395	8.58
10	0.064103	0.984	3.444	7.8
9	0.057692	0.999	3.4965	7.02
8	0.051282	1.018	3.563	6.24
7	0.044872	1.042	3.647	5.46
6	0.038462	1.072	3.752	4.68
5	0.032051	1.111	3.8885	3.9
4	0.025641	1.164	4.074	3.12
3	0.019231	1.237	4.3295	2.34
2	0.012821	1.355	4.7425	1.56
1	0.00641	1.595	5.5825	0.78
0	0	2	7	0

Sumber : Puslitbang Air, 1992



Gambar 5.8. Grafik penentuan tinggi gelombang desain

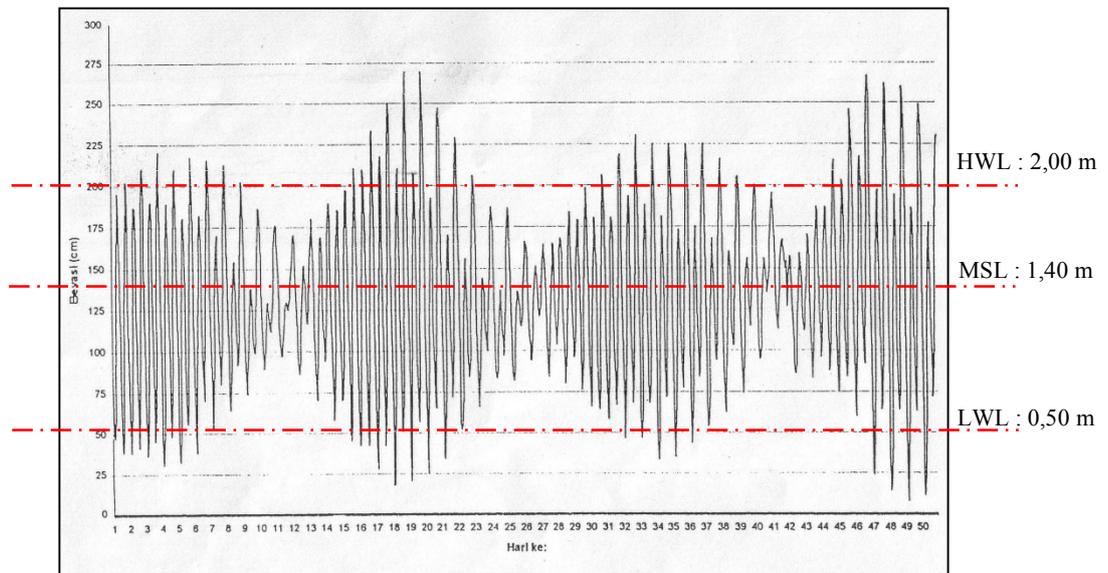
Sumber : Puslitbang Air, 1992

5.4 Perencanaan Alternatif Terpilih

5.4.1 Pasang surut

Data pasang surut ini penting untuk menentukan dimensi dan elevasi puncak Groyne. Pasang surut akan mempengaruhi tinggi gelombang yang terjadi dilokasi bangunan. Pada waktu air surut dimana kedalaman air dilokasi bangunan kecil, gelombang yang terjadi juga kecil dan sebaliknya pada waktu air pasang gelombang yang terjadi juga akan besar.

Berdasarkan yang ada, data pasang surut diperoleh dari pengukuran di muara Sungai Serang dan pengamatan AWLR (Automatic Water Level Recorder) di Pelabuhan Sadeng. Superposisi dari kedua pengukuran tersebut menghasilkan kurva pasang surut yang cukup lengkap di Pantai Glagah.



Gambar 5.9. Hasil pengukuran pasang surut di Pantai Glagah

Sumber : BCOM, 1993

Data pasang surut ini penting untuk menentukan dimensi dan elevasi puncak groin. Dari hasil pengukuran diperoleh data bahwa tipe pasang surut adalah harian ganda. Tinggi muka air rencana dihitung berdasar pasang surut, *wave setup* dan pemanasan global.

a. Pasang surut.

Data pasang surut diperoleh beberapa elevasi muka air, yaitu :

HWL	= + 2,00 m
MSL	= + 1,40 m
LWL	= + 0,50 m

b. Wave setup

Setup gelombang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gt^2}} \right] H_b \quad (5.1)$$

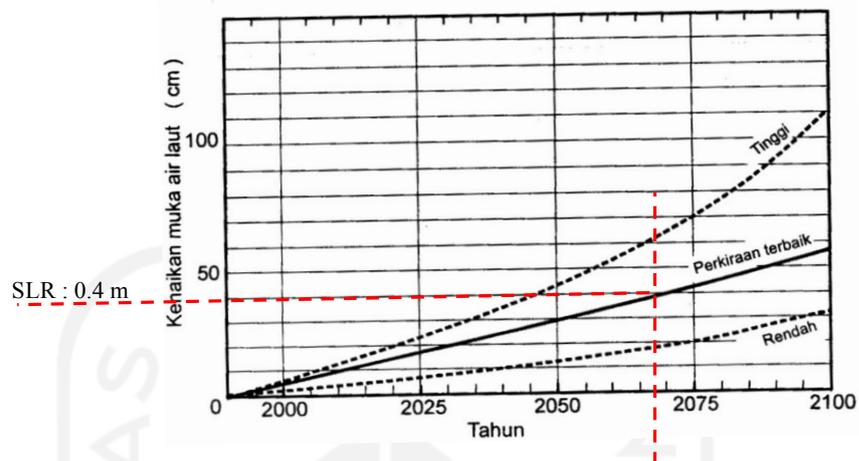
Untuk tinggi gelombang pecah $H_b = 3,99$ m diperoleh :

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{3,99}{10 \times 10^2}} \right] \times 3,99 = 0,63 \text{ m} \quad (5.2)$$

c. Kenaikan Muka air laut

Kenaikan muka air laut karena pemanasan global (*sea level rise*, SLR) diperkiraan dari Gambar 5.10. Apabila direncanakan pada tahun 2018 umur bangunan

50 tahun, berarti pada tahun 2068 besar kenaikan muka air laut adalah kurang lebih 0,4 m.



Gambar 5.10. Perkiraan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global

Sumber : Triatmodjo, 2003

Elevasi muka air rencana (*design water level*, DWL) ditetapkan berdasar ketiga faktor tersebut, sehingga berdasar HWL dari persamaan 5.3:

$$\begin{aligned} \text{DWL} &= \text{HWL} + S_w + \text{SLR} \\ &= 2,25 + 0,63 + 0,4 = \mathbf{3,28 \text{ m}} \end{aligned} \quad (5.3)$$

5.4.2 Penentuan Elevasi puncak Groin

Elevasi puncak Groin ditetapkan dengan menggunakan persamaan 5.4 dibawah ini.

$$\text{Elevasi Puncak} = \text{DWL} + R_U + \text{Tinggi Jagaan.} \quad (5.4)$$

DWL adalah *desain water level* (Elevasi muka air rencana) dan R_U adalah runup gelombang yang dihitung dengan menggunakan.

Dalam pekerjaan ini lapis lindung yang direncanakan menggunakan Tetrapod. Dari data gelombang diperoleh bahwa frekuensi terbanyak gelombang adalah antara 4,90 m – 5,44 m, maka ditentukan $H = 5 \text{ m}$. Tinggi gelombang tersebut digunakan untuk menghitung runup gelombang.

Dari Grafik Iribaren di dapatkan nilai R_U dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{R_u}{H} = 0,8 \Rightarrow R_u = 0,8 \times 5,00 = 4,00 \text{ m} \quad (5.5)$$

Rumus untuk menentukan elevasi puncak bangunan Groin

$$\text{Elevasi Puncak} = \text{DWL} + R_U + \text{Tinggi Jagaan} \quad (5.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi elevasi puncak Groin adalah} &= 3,28 + 4 + 1 \\ &= \mathbf{8.28 \text{ m}} \end{aligned}$$

5.4.3 Penentuan berat lapis lindung

Berat batu lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson. Ditentukan berdasarkan persamaan 5.7 dan persamaan 5.8 dibawah ini sehingga berat batu dapat ditentukan.

Berdasarkan persamaan 5.7 ditentukan berat butir batu pelindung adalah

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (5.7)$$

Berdasarkan persamaan 5.8 ditentukan berat jenis batu pelindung dengan rumus

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (5.8)$$

Tabel 5.7. Koefisien stabilitas lapis lindung

NO	JENIS MATERIAL	M (min)	CARA PENEMPATAN BATU ARMOR	LENGAN PEMECAH		UJUNG PEMECAH		SUDUT STRUKTUR
				GELOMBANG PECAH	GEL TIDAK PECAH	GELOMBANG PECAH	GEL TIDAK PECAH	
1	Batu Quarry kasar bersudut	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
						1,6	2,8	2,0
						1,3	2,3	3,0
2	Tetrapode, Quadripode	2	Acak	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
						4,5	5,5	2,0
						3,5	4,4	3,0
3	Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
						7,0	14,0	3,0
4	Tribar	2	Acak	9,0	10,0	8,30	9,00	1,50
						7,80	8,50	2,00
						6,00	6,50	3,00
5	Kubus modifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	2,0

Sumber : Triatmodjo, 2003

Perhitungan stabilitas batu armor untuk Groin disajikan sebagai berikut:

I. Data Gelombang			
a Tinggi gelombang rencana (Hd)	=	5	m
b Periode Gelombang (T)	=	10	detik
c Kala ulang gelombang	=	50	tahun
II. Data Material Batu			
a Jenis material	=	Beton (Tetrapode)	
b Berat volume (γ_s)	=	2,5	t/m ³
c Porositas	=		%
d Koefisien stabilitas (Kd)	=	7	acak
		25	teratur
e $S_r = (\gamma_s/\gamma_w)$	=	2,5	
III. Data struktur			
a Nama Struktur	=	Breakwater	
b Kemiringan (slope/a)	=	1: 2	
IV. Perhitungan Berat batu (W)			
a Rumus yang dipakai	=	Formula Hudson	
$W = \frac{\gamma \cdot H^3}{K_d \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cotg. \alpha}$		=	$\frac{2,5 \cdot (5)^3}{7 \cdot (2,5 - 1)^3 \cdot 2}$
		=	6,614 ton
			dipakai:
b Berat batu yang diperlukan (W)	=	6,614	ton Tetrapode 7 ton
c Berat batu di bawah Tetra (W/5)	=	1.323	kg < 1000 kg
d Berat batu lapisan inti (W/200)	=	33	kg 50 -300 kg

Dari perhitungan diatas didapatkan berat batu yang dibutuhkan untuk bangunan groin bagian lengan adalah **7 ton** telah memenuhi syarat kestabilan.

5.4.4 Penentuan Lebar puncak bangunan Groin

Lebar puncak bangunan Groin dengan lapis lindung batu pecah dan tetrapod dapat dihitung dengan koefisien Lapis Lindung.

Hasil perhitungan lebar puncak dengan menggunakan rumus Hudson adalah 5,00 meter.

5.4.5 Penentuan Jarak Bangunan Groin

Jarak groin ditentukan berdasarkan dari panjang groin dan jenis pantainya.

Jarak antara groin X_g adalah antara 1 s/d 3 x panjang groin (Horikawa 1978):

X_g : Jarak antar groin.

$X_g = 1 L_g$ sampai $3 L_g$

Jarak groin (B) merupakan fungsi dari panjang groin, sudut datangnya gelombang, selisih pasang surut, material, dan kemiringan pantai (Tawas, 2001).

Jarak groin pada Shingle beach (pantai kerikil) diambil:

$$B = (1 \text{ s/d } 2) L \quad (5.10)$$

sedangkan untuk pantai pasir (Sand beach) diambil :

$$B = (2 \text{ s/d } 4) L \quad (5.11)$$

Menurut (Horikawa, 1978) jarak antara groin X_g adalah antara 1 s/d 3 x panjang groin sedangkan menurut (Tawas, 2001) Jarak groin dibagi menjadi dua bagian dilihat dari struktur tanah/permukaan yaitu pantai kerikil dan pantai pasir.

Penentuan jarak groin mengambil nilai tengah dari kedua rumus tersebut dan struktur tanah di pantai Glagah merupakan pantai pasir sehingga rumus yang dipakai adalah :

$$B = (2 \text{ s/d } 4) L$$

Diambil nilai tengah antara dua kali panjang bangunan, sehingga :

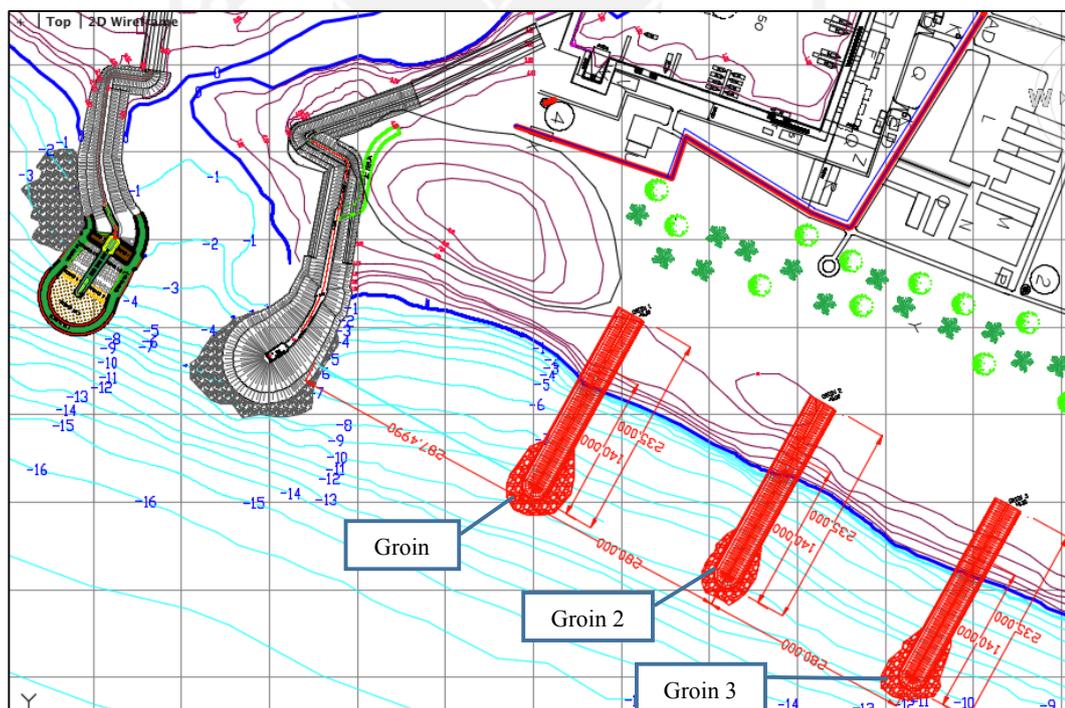
$$B = 2 \times 140$$

$$\mathbf{B = 280 \text{ m'}}$$

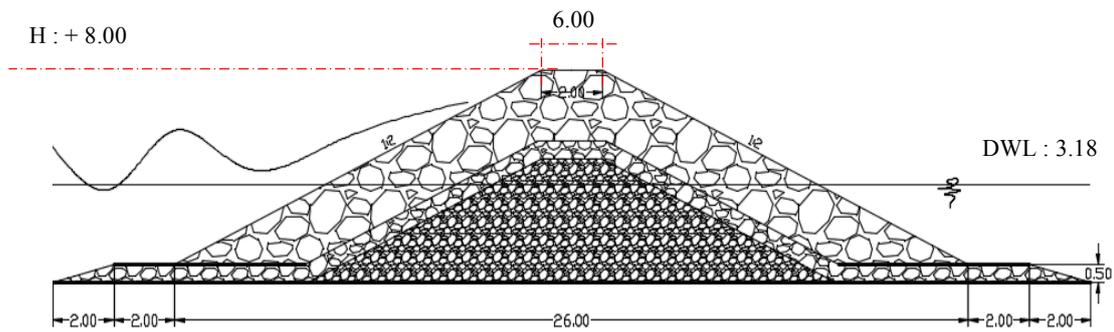
Berikut adalah hasil perencanaan bangunan groin pada lokasi penelitian:

Tabel 5. 9. Desain bangunan groin

Parameter	Dimensi
Tinggi gelombang rencana H_{s50th} (m)	5,0
Lebar puncak (m)	5
Elevasi groin (m)	8
Lebar kaki groin (m)	26
Panjang bangunan groin (m)	140
Jarak antar bangunan groin (m)	280
Jumlah bangunan groin	3
Elevasi muka air laut rencana DWL (m)	3,18



Gambar 5. 11 Skenario desain perletakan groin di sisi sebelah timur

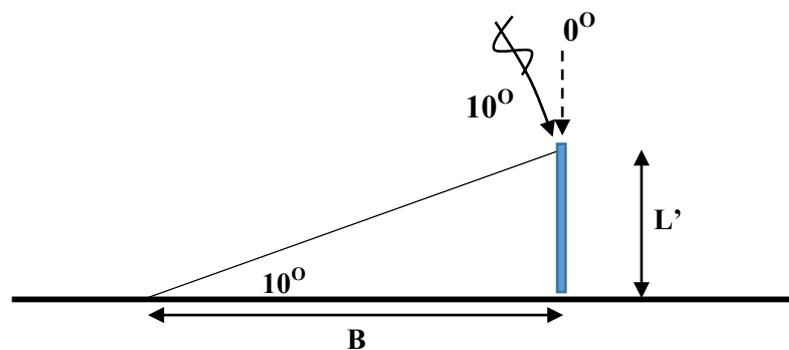


Gambar 5. 12 Desain tampang groin

Alternatif penggunaan bangunan groin dan perletakan pada sisi timur bangunan pemecah gelombang didasarkan terhadap hasil perhitungan angkutan sedimen sejajar pantai dimana angkutan sedimen sejajar pantai dominan mengalir ke arah barat (arah gelombang datang dari timur). Oleh karena itulah bangunan groin diletakkan di sisi sebelah timur dari bangunan pemecah gelombang existing.

5.5 Perhitungan Estimasi Volume Sedimen Terkendali

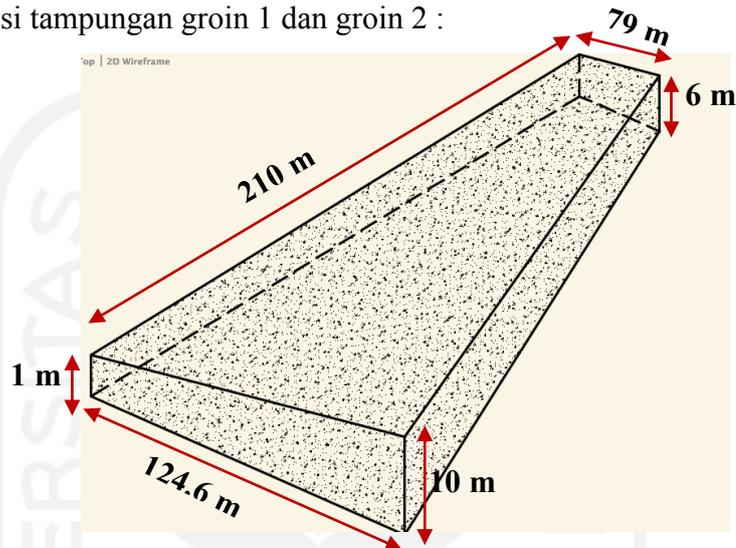
Didalam review desain pembangunan pemecah gelombang pelabuhan perikanan Tanjung Adikarto, yang dilakukan oleh Kementerian PU BBWS SO yang bekerja sama dengan PSIT UGM Yogyakarta memberikan grafik estimasi kapasitas tampungan material sedimen pada bangunan pantai yang didasarkan terhadap kondisi kemiringan pantai dan panjang bangunan pantai menjorok ke laut. Kondisi tampungan dianggap penuh dan tidak terjadi angkutan sedimen hasil erosi pantai pada saat garis pantai membentuk sudut 10° . Grafik estimasi tampungan material dapat dilihat pada gambar 5.13.



Gambar 5. 13 Estimasi kondisi tampungan

Dari desain bangunan groin dapat diperhitungkan estimasi kapasitas tampung sedimen pada setiap bangunan groin. Dengan desain panjang bangunan groin yang sama. Dengan melihat gambar 5.13, maka dapat di tentukan kapasitas tampung material sedimen pada masing – masing groin.

a. Kondisi tampungan groin 1 dan groin 2 :



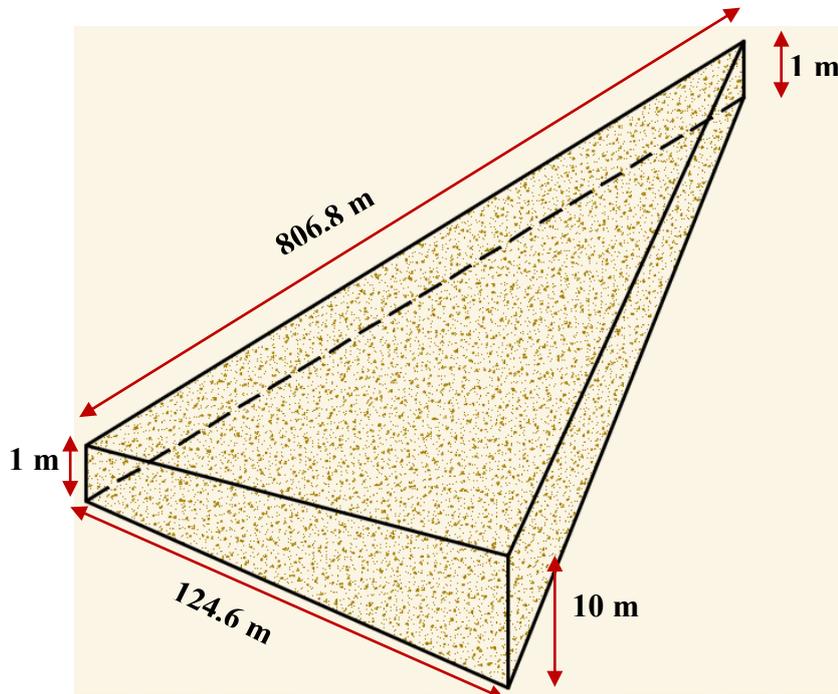
Gambar 5. 14 Bentuk tampungan groin 1 dan 2

Volume Tampungan Groin 1 dan 2

$$= \left[\left(\frac{(1 + 10)}{2} \times 124.6 \right) + \left(\frac{(1 + 6)}{2} \times 79 \right) \right] \times 210 = 100,893 \text{ m}^3$$

Karena bentuk tampungan groin 1 dan 2 sama, maka volume kapasitas tampung groin 2 sama dengan volume kapasitas tampung Groin 1 yaitu sebesar $100,893 \text{ m}^3$.

b. Kondisi tampungan groin 3



Gambar 5. 15

Gambar 5. 15 Volume tampungan groin 3

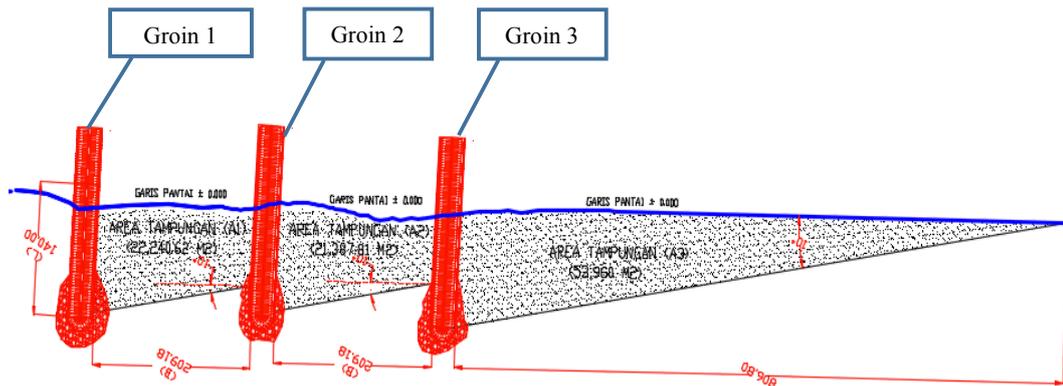
$$= \left[\left(\frac{(1 + 10)}{2} \times 124.6 \right) \right] \times 810 = 276,450 \text{ m}^3$$

Tabel 5. 10. Estimasi kapasitas tampung bangunan groin

Groin	Panjang L (m)	Kedalaman d (m)	Lebar tampungan sedimen sisi pantai B (m)	Luas area penampang pantai A (m ²)	Kapasitas Tampung V (m ³)
1	140	-10	210	22.240,62	100.893
2	140	-10	210	22.240,62	100.893
3	140	-10	806.8	53.960,18	276.450
Total kapasitas tampung					478.236

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas tampung sedimen pada masing – masing bangunan groin, dapat diketahui bahwa dengan menggunakan 3 buah bangunan

groyne di sisi timur bangunan pemecah gelombang, dapat menampung kurang lebih 478,236 m³ material sedimen yang dihasilkan dari angkutan arus sejajar pantai. Sedangkan volume angkutan sedimen yang terjadi dan berpotensi terhadap terjadinya sedimentasi muara adalah sebesar 293,3 x 10³ m³/tahun.



Gambar 5. 16 Tampungn sedimen pada groyne

Berdasarkan hasil estimasi kapasitas tampung dan volume angkutan sedimen tersebut, maka dengan adanya bangunan groyne di sisi sebelah timur, dapat mereduksi angkutan sedimen yang akan berpotensi menyebabkan sedimentasi pada alur lalu lintas pelabuhan. Kondisi tersebut juga dapat menekan biaya operasional dan pemeliharaan terkait dengan pengerukan sedimen pada alur lalu lintas kapal Pelabuhan Tanjung Adikarto Glagah.

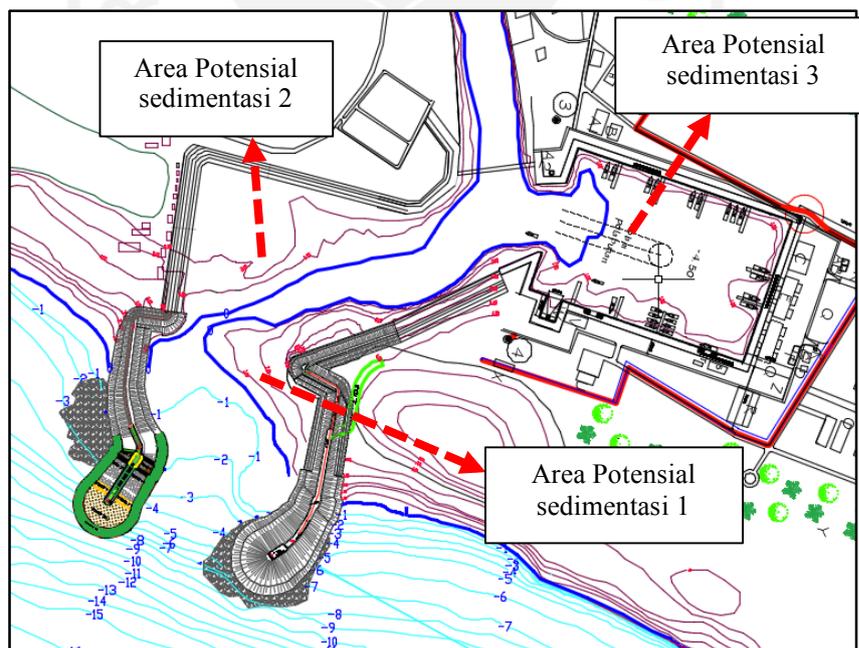
5.6 Metode Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai

Operasional pemeliharaan area jalur pelabuhan adalah upaya dalam memberikan fungsi dari area pelabuhan agar tetap terjaga secara optimal dan tidak mengganggu kegiatan dari pelabuhan itu sendiri. Dalam hal ini, operasional pemeliharaan jalur pelabuhan merupakan kegiatan yang menunjang kelancaran operasional pelabuhan.

Kegiatan operasional pemeliharaan pada alur lalu lintas kapal sebagai penunjang kelancaran lalu lintas keluar masuk kapal berupa pengurangan volume sedimen yang mengendap pada area alur lalu lintas kapal baik pada area keluar masuk kapal maupun kolam putar pelabuhan. Dalam kata lain operasional alur lalu lintas

pelabuhan adalah metode pengerukan sedimen dengan bucket keruk agar kapal tidak mengalami karam atau gangguan akibat berkurangnya kedalaman minimum yang diijinkan oleh adanya pengendapan sedimen baik dari sungai maupun dari arah pantai. Alternatif yang akan dipilih sebagai metode operasional pemeliharaan Pelabuhan Tanjung Adikarto Kulonprogo Yogyakarta adalah dengan menggunakan kapal keruk atau menggunakan tower crane dengan bucket pengeruk.

Dalam melakukan pekerjaan pengerukan sedimen pada alur lalu lintas kapal di Pelabuhan Tanjung Adikarto Glagah, perlu adanya pemetaan terkait lokasi yang berpotensi terhadap sedimentasi dan mengganggu aktifitas Pelabuhan. Dalam hal ini peta bathimetri dapat digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pekerjaan pengerukan dengan melihat area - area potensial sedimen. Area potensial sedimentasi adalah daerah - daerah dimana merupakan area dominan terjadi pengendapan sedimen yang cukup tinggi dan dapat mengganggu kelancaran alur lalu lintas kapal.



Gambar 5. 17 Analisis sedimentasi berdasarkan peta bathimetri

Berdasarkan peta areal potensi sedimentasi tersebut, maka dapat ditentukan alur pengerukan yang harus segera dilakukan pada Pelabuhan Tanjung Adikarto Glagah. Metode pengerukan dapat dilakukan dengan menggunakan kapal dredger

atau kapal keruk, yang dimana fungsinya adalah untuk mengeruk sedimen yang berada pada alur lalulintas pelabuhan dan memindahkannya ke *dumping area*.

5.7 Efisiensi Biaya Operasional Pemeliharaan pada Muara Sungai

Kegiatan operasional pemeliharaan alur laulintas kapal pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah membutuhkan peralatan mekanis yang akan membantu dan mempermudah dalam pekerjaan pengerukan sedimen. Pekerjaan pengerukan sedimen pada areal pelabuhan menggunakan kapal keruk. Kapal keruk akan bekerja mengeruk sedimen pada areal potensial sedimen seperti yang telah ditampilkan pada Gambar 5.17. Material sedimen hasil pengerukan kemudian akan dibuang pada area timbunan atau disebut *Dumping Area*.

Untuk memperhitungkan besarnya biaya operasional pemeliharaan maka perlu diketahui kebutuhan peralatan mekanis yang akan digunakan untuk pekerjaan pengerukan sedimen dan jumlah estimasi volume sedimen yang akan dikeruk. Pemilihan jenis kapal keruk didasarkan terhadap kapasitas produksi kapal dan kondisi dari sedimen yang akan dikeruk. Jenis kapal keruk yang sering digunakan untuk pengerukan sedimen pada areal pelabuhan adalah jenis *Cutter Section Dredger* (CSD).

Tabel 5. 11 Tabel spesifikasi kapal keruk tipe CSD

Tipe	Kapasitas Produksi (m³/jam)	Kedalaman Dredging Maksimum (m)	Berat Total (ton)	Diameter Pipa Dredging (mm)
CSD 650 With Submersed Dredge Pump	7000	25	580	650
CSD 650	7000	18	535	650
CSD 500	4000	14	140	500
CSD 450	3000	12	115	450
CSD 350	2000	9	55	350
CSD 250	500	6	40	250

Sumber : iadc-dredging.com

Kapal keruk tipe CSD merupakan kapal keruk yang sistem bekerjanya adalah dengan menghisap material sedimen pada dasar sungai atau laut. Kapal ini dilengkapi dengan pipa hisap sentrifugal yang akan menghisap material sedimen di

dasar kemudian dikeluarkan melalui pipa atau tongkang. Berikut ini adalah jenis dan spesifikasi dari kapal keruk tipe *Cutter Section Dredger* (CSD).

Jenis kapal keruk yang dipakai sesuai kondisi Pelabuhan Glagah adalah kapal keruk tipe CSD 250, dengan kemampuan produktifitasnya adalah 500 m³/jam. Spesifikasi kapal ini mampu digunakan untuk mengeruk sedimen pada kedalaman 6 meter di bawah muka air.



Gambar 5. 18 Kapal keruk tipe CSD 250

Sumber : iadc-dredging.com

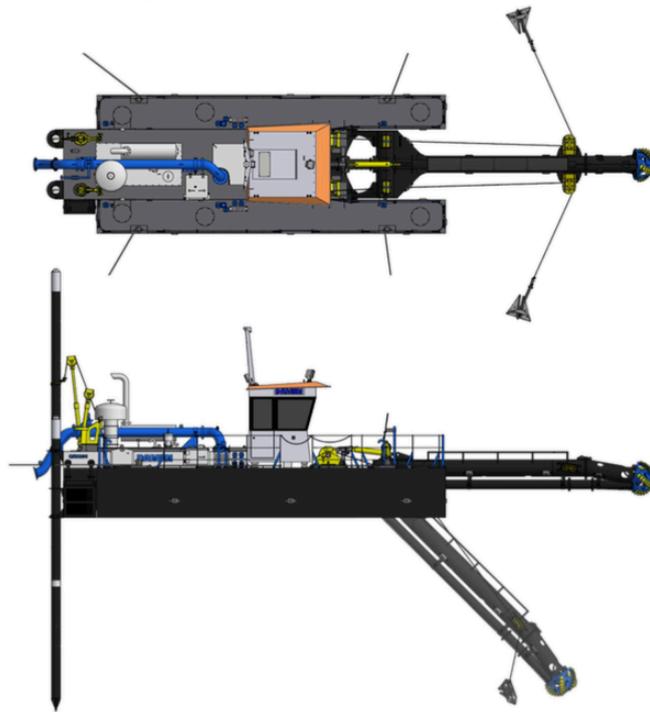
Berikut ini adalah uraian kebutuhan sewa peralatan mekanis untuk pengerukan sedimen pada areal pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah.

Tabel 5. 12 Analisa kebutuhan peralatan pengerukan sedimen pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah

NO	URAIAN	VOLUME	HARGA	JUMLAH
A	SEWA ALAT DAN PENUNJANG			
	Sewa kapal keruk	1.00 Jam	Rp. 7,500,000.00	Rp.7,500,000.00
	Pipa Rubber (30 bh)	1.00 Jam	Rp. 500,000.00	Rp. 500,000.00
	Pipa PVC (50 bh)	1.00 Jam	Rp. 500,000.00	Rp. 500,000.00
B	OPERASIONAL			
	Bahan Bakar / solar	120 Ltr	Rp. 11,000.00	Rp. 1,320,000.00
	Oli Engine	0.80 Ltr	Rp. 120,000.00	Rp.96,000.00
	Oli hidrolis	0.80 Ltr	Rp. 120,000.00	Rp.96,000.00
	Oli Transmisi	0.80 Ltr	Rp. 120,000.00	Rp. 96,000.00
	JUMLAH HARGA SEWA KAPAL / JAM			Rp. 10,108,000.00

Sumber : PT. ADHI KARYA (Persero)

Dari hasil analisa di atas maka dapat diketahui biaya sewa kapal keruk dalam 1 jam adalah Rp. 10,108,000.00. Biaya tersebut sudah meliputi alat – alat penunjang pengerukan, biaya bahan bakar dan keperluan mesin kapal, dan biaya operator beserta tenaga pembantu pekerjaan pengerukan sedimen. Sedangkan kapasitas produksi kapal keruk dalam mengeruk sedimen adalah 500 m³/jam.



Gambar 5. 19 Bagian - bagian alat pengeruk sedimen pada kapal keruk tipe CSD 250

Sumber : iadc-dredging.com

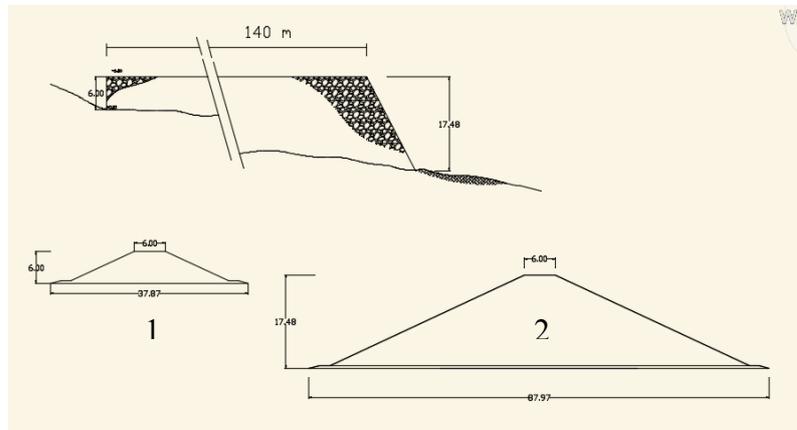
Selanjutnya adalah memperhitungkan volume sedimen yang akan dikeruk pada areal pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah. Volume sedimen yang akan dikeruk pada areal pelabuhan dalam penelitian ini mengacu pada volume angkutan sedimen sejajar pantai yang diperhitungkan melalui pendekatan teoritis dalam penelitian yang dilakukan oleh BBWS SO yang bekerja sama dengan PSIT UGM. Berdasarkan hasil analisa dari PSIT UGM angkutan sedimen sejajar pantai pada pelabuhan didominasi oleh angkutan sedimen sejajar pantai yang mengalir ke arah

Barat. Volume angkutan sedimen netto yang akan berpotensi masuk ke areal pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah sebesar $293.3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$, sehingga dengan menggunakan hasil analisa tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam memperhitungkan prediksi volume sedimen yang akan dikeruk.

Perhitungan biaya operasional pemeliharaan dilakukan dengan 4 skenario, yaitu skenario pengerukan sedimen tanpa adanya bangunan groin, skenario ke-2 biaya pengerukan dengan adanya 1 buah bangunan groin, skenario ke-3 biaya pengerukan dengan adanya 2 buah bangunan groin, dan skenario ke – 4 adalah biaya pengerukan dengan adanya 3 buah bangunan groin. Untuk memperhitungkan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan pengerukan sedimen maka perlu diperhitungkan jumlah hari yang dibutuhkan dalam melakukan kegiatan pengerukan. Berikut ini adalah perhitungan jumlah hari kegiatan pengerukan dari masing – masing skenario:

- a) Volume angkutan sedimen tanpa bangunan pengendali groin pantai = $293.3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$ (Skenario 1)
- b) Biaya pembangunan groin didasarkan terhadap rincian anggaran biaya dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat pada pembangunan pengaman muara sungai dan pengaman pantai Logending Kabupaten Kebumen Tahun 2017 yang menghabiskan biaya Rp. 1,206,989.00 /m³. Sehingga dengan dasar biaya tersebut dapat digunakan sebagai estimasi biaya pembangunan bangunan groin di Pelabuhan Glagah. Volume groin pada penelitian ini diperhitungkan sebagai berikut :
 - Luas penampang profil groin 1 = 116.9 m^2 , luas penampang profil groin 2 = $774,15 \text{ m}^2$, dan panjang bangunan groin adalah 140 meter. Sehingga volume bangunan groin adalah :

$$\frac{(116.9 + 774,15)}{2} \times 140 = 178,210 \text{ m}^3$$



Gambar 5. 20 Profil bangunan groin

- Sehingga dengan demikian dapat ditaksir biaya pekerjaan groin yaitu :
 $\text{Rp. } 1,206,989.00 \times 178,210 = \text{Rp. } 75,284,130,967.89$ (tujuh puluh lima milyar dua ratus delapan puluh empat juta seratus tiga puluh ribu sembilan ratus enam puluh tujuh rupiah) untuk satu buah groin dengan umur layanan bangunan groin adalah sebesar 50 tahun.
- c) Produktifitas kapal keruk adalah $500 \text{ m}^3/\text{jam}$, efektifitas kinerja kapal adalah 13 jam/hari, sehingga produktifitas kapal dalam 1 hari adalah :
 $500 \times 13 = 6.500 \text{ m}^3/\text{hari}$
- d) Biaya sewa kapal keruk adalah $\text{Rp } 10,108,000.00 /\text{jam}$, dengan efektifitas kinerja kapal keruk dalam 1 hari adalah 13 jam, sehingga biaya sewa kapal keruk dalam 1 hari adalah :
 $\text{Rp } 10,108,000.00 /\text{jam} \times 13 \text{ jam} = \text{Rp } 131,404,000.00 /\text{hari}$

1. Skenario 1 (tanpa bangunan Groin)

- a. Jumlah hari kerja yang dibutuhkan untuk skenario 1 =

$$\frac{293.300 \text{ m}^3}{6.500 \text{ m}^3/\text{hari}} = 45 \text{ hari}$$

Jumlah jam yang dibutuhkan adalah = $45 \times 24 \text{ jam} = 1.083 \text{ jam}$ pengerjaan.

Karena dalam 1 hari kapal keruk hanya efektif bekerja selama 13 jam, maka

jumlah hari yang dibutuhkan adalah = $1.083 \text{ jam} / 13 \text{ jam/hari} = 83 \text{ hari}$ kerja atau selama 3 bulan dilakukan dalam 1 tahun sekali.

- b. Biaya pengerukan untuk skenario 1 adalah : $83 \text{ hari} \times \text{Rp } 131,404,000.00 / \text{hari} = \text{Rp } 10,946,497,477.00$
- c. Umur layanan bangunan pengaman pantai adalah 50 tahun, sehingga dengan skenario 1 ini dalam jangka waktu 50 tahun untuk kegiatan pemeliharaan dan pengamanan pelabuhan akan menghabiskan dana sebesar:
 $\text{Rp } 10,946,497,477.00 \times 50 \text{ tahun} = \text{Rp. } 547,324,873,846.00$

2. Skenario 2 (dengan 1 Groin)

- a. Skenario 2 dilakukan dengan pengendalian sedimentasi menggunakan 1 buah bangunan groin. Seperti yang telah di uraikan sebelumnya biaya pembangunan 1 bangunan groin dengan panjang 140 meter adalah sebesar Rp. 75,284,130,967.89
- b. Jumlah hari kerja yang dibutuhkan untuk skenario 2 (1 Groin) =
Kapasitas tampung bangunan groin adalah $100,893 \text{ m}^3$. Sehingga potensi terjadinya sedimentasi adalah : $293,300 \text{ m}^3 - 100,893 \text{ m}^3 = 192,407 \text{ m}^3/\text{tahun}$
Kebutuhan jumlah hari kerja diperhitungkan sebagai berikut :
$$\frac{192,407 \text{ m}^3}{6.500 \text{ m}^3/\text{hari}} = 45,12 \text{ hari}$$

Jumlah jam yang dibutuhkan adalah = $45,12 \times 24 \text{ jam} = 710 \text{ jam}$ pengerjaan, waktu efektif bekerja kapal selama 13 jam, maka jumlah hari yang dibutuhkan adalah :
Jumlah hari kerja efektif = $710 \text{ jam} / 13 \text{ jam} = 54,65 \text{ hari}$ kerja atau 55 hari kerja. Sehingga untuk skenario 2, membutuhkan 55 hari kerja atau 1,8 bulan pekerjaan pengerukan dalam 1 tahun.
- c. Biaya pengerukan yang dibutuhkan untuk skenario 2 adalah sebagai berikut :

Biaya sewa kapal keruk x jumlah hari kerja efektif = Rp 131,404,000.00 x 55 hari = Rp. 7,180,984,453.00

d. Biaya pengerukan selama umur layanan bangunan groin (50 tahun) adalah :
Rp. Rp. 7,180,984,453.00 x 50 tahun = Rp 359,049,222,646.00

e. Biaya pengendalian sedimentasi pelabuhan yang harus dikeluarkan selama umur layanan bangunan groin (50 tahun) adalah :

Biaya pengerukan selama 50 tahun + biaya pembangunan groin pantai (1 buah) = Rp 359,049,222,646.00 + Rp. 75,284,130,967.89 = Rp 434,333,353,614.00

3. Skenario 3 (dengan 2 Groin)

a. Skenario 3 dilakukan dengan pengendalian sedimentasi menggunakan 2 buah bangunan groin dengan jarak antar groin sebesar 209 meter. Seperti yang telah di uraikan sebelumnya biaya pembangunan 2 bangunan groin dengan panjang 140 meter adalah sebesar :

Biaya 2 groin = Rp. 75,284,130,967.89 x 2 = Rp. 150,568,261,936.00

b. Jumlah hari kerja yang dibutuhkan untuk skenario 3 (2 groin) =

Kapasitas tampung bangunan 2 bangunan groin adalah 201,786 m³. Sehingga potensi terjadinya sedimentasi dalam waktu satu tahun adalah :

293,300 m³ – 201,786 m³ = 91.514 m³ /tahun.

Kebutuhan jumlah hari kerja diperhitungkan sebagai berikut :

$$\frac{91,514 \text{ m}^3}{6.500 \text{ m}^3/\text{hari}} = 14,08 \text{ hari}$$

Jumlah jam yang dibutuhkan adalah = 14,08 x 24 jam = 337,9 jam pengerjaan, waktu efektif bekerja kapal selama 13 jam, maka jumlah hari yang dibutuhkan adalah :

Jumlah hari kerja efektif = 337,9 jam / 13 jam = 25,99 hari kerja atau selama 1 bulan. Sehingga untuk skenario 3, membutuhkan 25,99 atau 26 hari kerja.

- c. Biaya pengerukan yang dibutuhkan untuk skenario 2 adalah sebagai berikut :
 Biaya sewa kapal keruk x jumlah hari kerja efektif = Rp 131,404,000.00 x 26 hari = Rp. 3,415,471,429.00
- d. Biaya pengerukan selama umur layanan bangunan groin (50 tahun) adalah :
 Rp. 3,415,471,429.00 x 50 tahun = Rp 170,773,571. 446
- e. Biaya pengendalian sedimentasi pelabuhan yang harus dikeluarkan selama umur layanan bangunan groin (50 tahun) adalah :
 Biaya pengerukan selama 50 tahun + biaya pembangunan groin pantai (2 buah) Rp 170,773,571.00 + Rp. 150,568,261,936.00 = Rp 321,341,833.00

4. Skenario 4 (dengan 3 Groin)

- a. Skenario 4 dilakukan dengan pengendalian sedimentasi menggunakan 3 buah bangunan groin dengan jarak antar groin sebesar 209 meter. Seperti yang telah di uraikan sebelumnya biaya pembangunan 3 bangunan groin dengan panjang 140 meter adalah sebesar :
 Biaya 3 groin = Rp. 75,284,130,967.89 x 3 = Rp. 225,852.392,904.00
- b. Jumlah hari kerja yang dibutuhkan untuk skenario 3 (3 groin) =
 Kapasitas tampung bangunan 3 bangunan groin adalah 478,236 m³. Kapasitas tampung groin lebih besar daripada potensi sedimen yang akan masuk, sehingga potensi terjadinya sedimentasi dalam 1 tahun mampu ditampung oleh 3 buah bangunan groin. Oleh karena itu Pada skenario 4 tidak ada pekerjaan pengerukan sedimen.
- c. Biaya pengendalian sedimentasi pelabuhan yang harus dikeluarkan selama umur layanan bangunan groin (50 tahun) adalah :
 Biaya pengerukan selama 50 tahun + biaya pembangunan groin pantai (3 buah) = Rp 0 + Rp. 225,852.392,904.00 = Rp. 225,852.392,904.00

Dari hasil perhitungan masing-masing skenario pengendalian, menunjukkan bahwa skenario 4 dengan sistem pengendalian bangunan groin sebanyak 3 buah mampu menampung potensi angkutan sedimen yang akan masuk ke areal Pelabuhan Tanjung Adikarto. Dari hasil perhitungan biaya pengendalian sedimentasi didapatkan biaya yang lebih murah dari pada skenario yang lainnya. Hal tersebut dipengaruhi oleh jumlah volume sedimen yang dikeruk. Perbandingan Biaya pengerukan sedimen masing – masing skenario dengan menggunakan kapal keruk dapat dilihat pada Tabel 5.13.



Tabel 5. 13 Perbandingan Biaya Skenario Pengendalian Sedimentasi Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah

No	Uraian	Skenario 1 Tanpa Groin Pantai	Skenario 2 Dengan 1 Groin	Skenario 3 Dengan 2 Groin	Skenario 4 Dengan 3 Groin
1	Alat Pengerukan	Kapal Dredger CSD 250	Kapal Dredger CSD 250	Kapal Dredger CSD 250	Kapal Dredger CSD 250
2	Jumlah Alat Pengeruk	1 buah	1 buah	1 buah	1 buah
3	Kapasitas Produksi	500 m ³ /jam	500 m ³ /jam	500 m ³ /jam	500 m ³ /jam
4	Efektifitas Kinerja	13 jam	13 jam	13 jam	13 jam
5	Produktifitas Kapal	6,500 m ³ /hari	6,500 m ³ /hari	6,500 m ³ /hari	6,500 m ³ /hari
6	Biaya Sewa Kapal Keruk	Rp10,108,000 /jam	Rp10,108,000 /jam	Rp10,108,000 /jam	Rp10,108,000 /jam
7	Potensi angkutan sedimen	293,300 m ³ /tahun	192,407 m ³ /tahun	91,514 m ³ /tahun	0 m ³ /tahun
8	Siklus Sedimentasi	1 tahun	1 tahun	1 tahun	1 tahun
9	Jumlah hari pengerukan	83 hari	55 hari	26 hari	0 hari
10	Jumlah Bangunan Groin	0 buah	1 buah	2 buah	3 buah
11	Volume Groin	0 m ³	62,374 m ³	124,747 m ³	187,121 m ³
12	Biaya Pembangunan Groin	Rp0	Rp75,284,130,968.00	Rp 150,568,261,936.00	Rp 225,852,392,904.00
13	Umur Layanan Groin	0 tahun	50 tahun	50 tahun	50 tahun
14	Kapasitas tampung	0 m ³	100,893 m ³	201,786 m ³	478,236 m ³
15	Biaya Pengerukan	Rp10,946,497,477.00 /tahun	Rp 7,180,984,453.00 /tahun	Rp 3,415,471,429.00 /tahun	Rp 0 /tahun
16	Biaya OP Selama 50 tahun	Rp547,324,873,846.00	Rp359,049,22,636.00	Rp170.773.571.446	Rp 0
17	Biaya Pengendalian Sedimentasi Jangka Waktu 50 tahun	Rp547,324,873,846.00	Rp 434,333,353,614.00	Rp321.341.833.382	Rp. 225,852,392,904.00
18	Waktu Siklus OP	1 tahun sekali	1 tahun sekali	1 tahun sekali	1 tahun sekali
19	Reduksi	0 %	21 %	41 %	59 %

5.8 Biaya Konstruksi Groin dan Pemeliharaan Groin

Biaya Pengendalian sedimentasi jangka waktu 50 tahun berdasarkan skenario yang paling efektif mengendalikan sedimentasi yaitu skenario 4 sebesar Rp. 225.852.392.904. Sedangkan biaya Pemeliharaan bangunan Groin berdasarkan laporan uji model fisik pemecah gelombang review desain pelabuhan Tanjung Adikarto tahun 2013 terlihat bahwa pada tinggi gelombang rencana HD = 5m sampai dengan 5,8 m, tetrapod dengan berat kurang 14 ton akan terjadi kerusakan sekitar 1,5 % atau sebesar Rp. 3.387.785.893. Biaya *Annual Cost* diperhitungkan berdasarkan biaya pemeliharaan bangunan groin tersebut.

Tabel 5. 14 Biaya konstruksi Groin dan Pemeliharaan Groin

No.	Konstruksi	Jumlah (Rp)
1	Pembangunan Groin	225.852.392.904
2	Biaya pemeliharaan Groin	3.387.785.893
	Jumlah	229.240.178.797

5.9 Nilai Benefit Pembangunan Groin

Mengacu pada laporan hasil ” Studi Kelayakan Pembangunan PPP Tanjung Adikarto Glagah ” keuntungan diperhitungkan berdasarkan hasil produksi ikan yang diperoleh setelah pelaksanaan pembangunan pelabuhan dan bangunan groin dikurangi dengan pendapatan hasil produksi ikan sebelum dilakukannya pembangunan pelabuhan. Keuntungan yang dapat diperoleh dari hasil pengoperasian pelabuhan mencakup hasil produksi laut, penggunaan jasa dan hasil pendapatan lain yang mengacu pada hasil penerimaan *effect multiplayer* pelabuhan. Berikut ini merupakan keuntungan / benefit yang diperoleh dari hasil pengoperasian pelabuhan.

Benefit yang diperhitungkan adalah keuntungan yang diperoleh setelah pelaksanaan pekerjaan dikurangi dengan pendapatan nelayan sekarang (sebelum pelaksanaan konstruksi). Hitungan benefit didasarkan pada beberapa

asumsi/prediksi sebagai berikut ini. Prediksi hasil optimum pelabuhan Glagah setelah pembuatan pelabuhan diberikan pada tabel di bawah. Diprediksikan hasil optimum tersebut setelah pelabuhan beroperasi 5 tahun.

Biaya produksi, seperti untuk bahan bakar, tenaga, sewa perahu/kapal, dll diperhitungkan mencapai 50% dari nilai produksi. Prediksi produksi dan nilai produksi tangkapan dalam kondisi optimum untuk alternatif kedalaman alur pelayaran -4,5 m dan hasil *review design* tahun 2013 diberikan pada Tabel berikut:

Tabel 5.15 Produksi Ikan

Ukuran Kapal	Jumlah Perahu	Produksi kg/th	harga/kg (Rp)	Nilai (Rp)	Jenis ikan
<3 GT	100	500,000	6,000	3,000,000,000	Pelagis Kecil
3-5 GT	100	1,000,000	8,000	8,000,000,000	Udang
10 - 15 GT	50	5,528,000	8,000	44,224,000,000	Udang
15-30 GT	50	5,725,000	10,000	57,250,000,000	Tuna
30-50 GT	50	6,625,000	10,000	66,250,000,000	Tuna
50-100 GT	40	4,514,000	10,000	45,140,000,000	Tuna
>100 GT	10	3,500,000	15,000	52,500,000,000	Tuna
Jumlah	400	27,392,000		276,364,000,000	Tuna
Jumlah manfaat (50%)				138.182.000.000	

Sumber : Studi Kelayakan Pembangunan PPP “Tanjung Adikarto” Glagah (UGM, 2013)

Untuk alternatif kedalaman alur pelayaran -4,5 m, kapal yang diperbolehkan menggunakan pelabuhan berbobot sampai 100 GT, sehingga hasil produksi pertahun total Rp 276.364.000.000,- dengan asumsi investasi, sewa perahu, alat tangkap dan biaya operasional lainnya adalah 50% maka jumlah manfaat/keuntungan menjadi adalah Rp 138.182.000.000,- Nilai ekonomi pelabuhan mencakup penerimaan dari hasil produksi laut, penggunaan jasa pelabuhan serta penerimaan lain yang mengacu pada penerimaan yang diperoleh dari *effect multiplayer* pelabuhan, diberikan pada tabel berikut ini.

Tabel 5. 16 Benefit Penangkapan dan Jasa *effect multiplayer* "PPP Tanjung Adikarto"

No	Uraian	Nilai (Rp 1000)
1	Jasa Pas Masuk Pelabuhan	16,630.00
2	Jasa Tambat Labuh Kapal	33,260.00
3	Jasa KSO Dock	2,800.00
4	Sewa Tempat terbuka	287,500.00
5	Jasa Listrik	530.00
6	Jasa Parkir	11,760.00
7	Sewa Tempat terbuka	512,500.00
8	Pariwisata	1,109,004.00
9	Ristibusi TPI (5%)	13,818,200.00
10	Penangkapan ikan	138,182,000.00
	Jumlah	153.974.184.00

Sumber : Studi Kelayakan Pembangunan PPP "Tanjung Adikarto" Glagah (UGM, 2013).

5.10 Analisis Investasi Pekerjaan Pembangunan Groin

Analisis ekonomi bertujuan untuk menentukan Benefit Rasio Biaya atau Internal Rate of Return Ekonomi (IRR) proyek, berdasarkan indikator laba atas investasi dalam hal ekonomi. Analisis keuangan dilakukan untuk menyelidiki pendapatan dan arus kas dari proyek sepanjang periode yang telah ditentukan (umur rencana 50 tahun), dengan mempertimbangkan pentahapan pembangunan. Biaya yang diperhitungkan dalam nilai investasi pada pekerjaan pembangunan Groin yaitu dari nilai pembangunan Groin sebesar Rp. 225.852.392.904,- ditambah dengan nilai pengerukan awal untuk kolam alur dan kolam sebesar Rp. 10.946.497.477,- sehingga nilai investasi awal senilai Rp 236.798.890.381,-

Tabel 5. 17 Nilai investasi pada pekerjaan pembangunan Groin

No.	Kontruksi	Jumlah (Rp)
1	Pembangunan Groin	225.852.392.904
2	Biaya Pengerukan kolam alur	10.946.497.477
	Jumlah	236.798.890.381

5.11 Analisis Benefit Cost Ratio (BCR)

Biaya konstruksi yang diperhitungkan sebagai Present Value (PV) adalah sebesar Rp 225.852.392.904 Sedangkan biaya operasional, pemeliharaan bangunan groin diperhitungkan sebagai Annual Cost adalah sebesar Rp. 3.387.785.893,-/tahun dianggap konstan sepanjang tahun. Keuntungan yang diperhitungkan mengikuti asumsi-asumsi yang diberikan di atas. Hitungan BCR dilakukan dengan menganggap bunga bank tidak berubah, yaitu sebesar $i = 8\%$ dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$BCR = \frac{FV(benefit)}{FV(cost)} \quad (5.12)$$

Dimana FV (benefit) adalah keuntungan yang diperoleh sampai n tahun setelah konstruksi, sedangkan FV (cost) adalah biaya yang dikeluarkan, yang dihitung n tahun setelah konstruksi dengan memperhitungkan bunga sebesar $i\%$. Kedua FV (Final Value) tersebut dihitung sebagai berikut :

$$FV(benefit) = Benefit \frac{[(1 + i)^{n-1} - 1]}{i} \quad (5.13)$$

$$FV(cost) = PV (1 + i)^n + AC \frac{[(1 + i)^{n-1} - 1]}{i} \quad (5.14)$$

$$\text{Future value} = PV \times [1 + (i \times n)]$$

PV : Present value, uang yang di investasikan saat ini

i : Suku bunga

n : Jangka waktu/periode

Selama 50 tahun setelah pembangunan, maka hitungan BCR tersebut diberikan Secara rinci dapat dilihat pada tabel 5.17.

Tabel 5.17 Nilai BCR (i=8 %) Pembangunan Groin

Th ke	Invest (Rp)	Annual Cost Rp)	Present Value /Cost (Rp)	Final Value/ Benefit \ (Rp)	BCR
0	236.798.890.381	-	236.798.890.381	-	0,00
1	255.742.801.611	3.387.785.894	276.202.225.740	-	0,00
2	276.202.225.740	7.046.594.659	329.208.870.762	138.197.792.180	0,42
3	298.298.403.799	10.998.108.125	398.646.143.746	287.451.407.734	0,72
4	322.162.276.103	15.265.742.668	487.856.926.965	448.645.312.533	0,92
5	347.935.258.191	19.874.787.975	600.789.064.363	622.734.729.716	1,04
6	375.770.078.847	24.852.556.907	742.099.923.662	851.288.865.287	1,15
7	405.831.685.154	30.228.547.353	917.278.669.325	1.115.190.116.122	1,22
8	438.298.219.967	36.034.617.035	1.132.789.218.396	1.418.078.483.029	1,25
9	473.362.077.564	42.305.172.291	1.396.237.347.769	1.763.950.145.403	1,26
10	511.231.043.769	49.077.371.968	1.716.566.000.804	2.157.191.153.804	1,26
11	552.129.527.271	56.391.347.619	2.104.283.517.031	2.602.614.233.786	1,24
12	596.299.889.452	64.290.441.322	2.571.730.297.313	3.105.498.983.182	1,21
13	644.003.880.609	72.821.462.522	3.133.390.336.736	3.802.765.619.152	1,21
14	695.524.191.057	82.034.965.417	3.806.255.130.814	4.604.433.920.265	1,21
15	751.166.126.342	91.985.548.544	4.610.248.712.648	5.521.640.064.138	1,20
16	811.259.416.449	94.070.871.306	5.333.551.244.572	6.566.633.846.145	1,23
17	876.160.169.765	102.101.557.541	6.337.964.976.898	7.752.885.586.732	1,22
18	946.252.983.347	110.273.054.255	7.502.985.840.681	9.095.203.016.728	1,21
19	1.021.953.222.014	118.556.494.731	8.850.414.227.232	11.127.413.153.106	1,26
20	1.103.709.479.775	126.917.492.394	10.404.598.383.868	13.460.287.873.290	1,29
25	1.192.006.238.157	148.866.585.947	18.102.466.921.744	23.528.192.913.480	1,30
30	1.287.366.737.210	171.889.125.289	30.824.943.602.972	39.511.622.829.238	1,28
35	1.390.356.076.187	196.016.387.546	51.650.320.114.367	71.246.030.651.170	1,38
40	1.501.584.562.282	221.277.784.134	85.493.590.029.929	123.829.309.525.620	1,45
45	1.621.711.327.264	248.393.266.628	140.429.642.870.085	209.651.025.071.813	1,49
50	1.751.448.233.445	277.035.532.823	229.069.529.222.537	348.137.928.199.261	1,52

Hasil analisis kelayakan menunjukkan nilai BCR dengan menggunakan tingkat bunga yang berlaku 8 % (i=8%) belum memberikan manfaat (BCR< 1) yaitu mulai tahun ke 1-4 dan mulai tahun ke 5 menunjukkan BCR 1,04 (BCR>1) yang berarti mulai tahun tersebut sudah memberikan manfaat dimana nilainya lebih besar dari satu.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa data dan pembahasan dapat disimpulkan kondisi dari Pelabuhan Tanjung Adikarto, Glagah terhadap permasalahan sedimentasi pada alur lalulintas kapal sebagai berikut :

- 1) Penyebab sedimentasi pada alur lalulintas kapal di Pelabuhan Glagah Kulonprogo Yogyakarta disebabkan oleh angkutan sedimen menyusur pantai. Volume angkutan sedimen yang mengalir ke arah barat sebesar $1024.3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Sedangkan berdasarkan arah datang gelombang dari arah Barat Daya diperoleh angkutan sedimen yang mengalir ke arah Timur sebesar $731 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Sehingga Net Transport sedimen yang akan berpotensi menjadi endapan adalah sebesar $293,3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$ yang akan mengalir ke arah barat. Suplay sedimen paling dominan berasal dari arah Timur (sedimen mengalir menyusur pantai ke arah Barat). Sedangkan debit air pada sungai serang pada saat musim kemarau tidak mampu menggelontorkan sedimen ke arah laut, sehingga berdampak terjadi sedimentasi pada areal pelabuhan yang mengganggu jalur lalulintas kapal.
- 2) Bangunan pemecah gelombang yang telah dibangun pada muara Sungai Serang belum mampu mengendalikan sedimen yang masuk ke sungai. Metode pengendalian sedimentasi muara sungai akibat angkutan sedimen menyusur pantai digunakan dengan bangunan groin pantai, yang diletakkan di sebelah timur dari bangunan existing dimana fungsi bangunan groin pantai adalah untuk menangkap sedimen yang mengalir ke arah barat.
- 3) Dengan skenario 4 (3 buah bangunan groin yang diletakkan di sisi timur), diketahui bahwa kapasitas tampung groin lebih besar daripada potensi sedimen yang akan masuk, kapasitas tampung 3 buah groin adalah $478,236 \text{ m}^3$, sedangkan volume angkutan sedimen yang berpotensi menyebabkan

sedimentasi adalah sebesar $293,3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{tahun}$ sehingga tidak diperlukan pengeukan sedimen

- 4) Metode Operasional dan Pemeliharaan untuk pengendalian sedimentasi muara sungai yang tepat di lokasi penelitian selain menggunakan bangunan groin, yaitu dengan pengerukan sedimen pada areal alur lalulintas kapal dengan menggunakan kapal keruk. Pekerjaan ini akan menjadi kegiatan pokok dalam menjaga fungsi dari pelabuhan.
- 5) Dari hasil analisa perbandingan biaya Operasional Pemeliharaan, pada skenario 4 (pengendalian sedimen dengan bangunan 3 groin pantai) tidak ada biaya pengerukan sedimen, hanya diperlukan biaya pembangunan 3 groin. Sehingga skenario 4 ini dapat mereduksi biaya sebesar 59% atau pengurangan biaya sebesar Rp 321,472,480,942.00 dibandingkan dengan skenario 1, skenario 2 dan skenario 3. Hasil analisis kelayakan menunjukkan nilai BCR dengan menggunakan tingkat bunga yang berlaku 8 % ($i=8\%$) belum memberikan manfaat ($BCR < 1$) yaitu mulai tahun ke 1-4 dan mulai tahun ke 5 menunjukkan $BCR = 1,04$ ($BCR > 1$) yang berarti mulai tahun tersebut sudah memberikan manfaat dimana nilainya lebih besar dari satu.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran – saran yang perlu diperhatikan dalam penelitian yang akan datang guna memperoleh solusi yang lebih terukur dan efektif:

- 1) Pada tahun-tahun berikutnya perlu adanya penelitian dan pengamatan lebih lanjut mengenai transport sedimen di muara sungai Serang.
- 2) Perlu adanya updating data dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang maupun groin yang disesuaikan dengan kondisi yang terjadi pada saat ini dan menyesuaikan terhadap kondisi Pelabuhan Glagah.
- 3) Perlu adanya pengumpulan data dari tahun ketahun terkait besarnya volume sedimentasi yang terjadi pada alur pelabuhan guna merencanakan kegiatan operasional dan pemeliharaan.

- 4) Koordinasi yang efektif dan efisien tentang pentingnya pemeliharaan bangunan-bangunan pada muara sungai sehingga bisa berfungsi optimal dan diharapkan akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar khususnya nelayan.



DAFTAR PUSTAKA

- Arrayune, P.B., 2008. Perencanaan Konstruksi Breakwater pada reklamasi Muara Baru Jakarta Utara, Universitas Diponegoro, Semarang.
- ASCE, 1994, *Coastal groins and nerashore breakwaters*, Technical Engineering and Design Guides, US Army Corps of Engineers, Washington DC.
- Aqil L., Bagus I.A., Sulistyorini D., 2018, Perencanaan Stabilitas Lapis Lindung Tertapond pada Pemecah Gelombang di Pantai Glagah Kulon Progo, Renovasi Vol. 3 No. 1 ISSN: 2443-3187
- BBWS Serayu Opak, PSIT UGM, 2013, Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto, Kementerian Pekerjaan Umum, Yogyakarta.
- BCEOM, 1993, Design Note Tipar Drainage Package III-4, Fluvia Maritime Works, Directorate General of Water Resources Development, Jakarta.
- CERC, 1984, Shore Protection manual, Department of The Army Corps of Engineers, Washington DC.
- DAMEN, DEME, Van Oord, Boskalis, BBWS Serayu Opak, TUDelft, UGM, 2016, Project Yogya (Recommendations for the continued pursuit of a safe, durable and sustainable Tanjung Adikarto Port), Kementerian Pekerjaan Umum, Yogyakarta.
- Coastal Engineering Research Center, Shore Protection Manual, US Army Corps of Engineers, Washington DC, 1975
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2004, Pedoman teknis perencanaan tembok laut, revetment dan rib tegak lurus pantai, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013, Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang dan Kelayakan Ekonomis Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarto, Departemen Pekerjaan Umum, Yogyakarta.
- Hamdani, 2013, Kajian Teknologi *Sand by Passing* Penanggulangan Sedimentasi dan Erosi Pantai Bengkulu (Pelabuhan Pulau Baai), Media Komunikasi Teknik Sipil
- Hang, T.S., 2001. Studi eksperimental stabilitas A Jack sebagai pelindung artificial, Jurnal Teknik Sipil Volume 8, Institut Teknologi Bandung.

- JICA, 1986, The feasibility study on the urgent Bali beach conservation project, Department of Public Works, Jakarta.
- Karsa Prawira, Konsultan, 2008, Review Desain Pembangunan Pemecah Gelombang Glagah, BBWS Serayu Opak;
- Kiyoshi Horikawa, Coastal Engineering An Introduction to Ocean Engineering, University of Tokyo Press, Tokyo, 1978, pp. 327 – 334
- Khosi'in M.W., 2013, Evaluasi Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pantai Glagah Kab. Kulon Progo, Yogyakarta.
- Pusat Studi Sumberdaya dan Teknologi Kelautan UGM, 2003, Pembuatan detail design pelabuhan Glagah, Dinas Perikanan dan Kelautan, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Puser Bumi Consultants, 2005, Pekerjaan detail design perbaikan sungai Serang, Kabupaten Kulon Progo, Proyek Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai, Daerah Istimewa Yogyakarta, Direktorat Sumber Daya Air, Departemen Pekerjaan Umum.
- Sogreah, SMEC, Kwarsa Hexagon, Barunadri, 1996, Java Flood Control Project, Departemen Pekerjaan Umum;
- Tawas, H.J., 2011, Metode Pelaksanaan Pembangunan Pengaman Pantai Girian Bawah Kota Bitung Sulawesi Utara Indonesia, Media Engineering Vol. 1 ISSN 2087-9334
- Triatmodjo, B., 2003, Pelabuhan, Yogyakarta, Beta Offset.
- Triatmodjo, B., 1999, Teknik Pantai, Yogyakarta, Beta Offset Wasisto. 1993. Pengaruh lebar puncak dan kedalaman air rerata terhadap nilai koefisien stabilitas lapis lindung.
- Yuwono, N., 1992, Dasar-dasar perencanaan bangunan pantai, Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi, Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Yuwono, N., 1994, Pedoman perencanaan muara sungai – Perancangan bangunan jetty, Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi, Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Yuwono, N., 1997, Konstruksi Jetty Medium Sebagai Alternatif Untuk Perbaikan Muara Sungai Tipar, Media Teknik No. 2 Tahun XIX Edisi 1997 No. ISSN 0216-3012
- Pakpahan I.B., 2013, Analisis Transpor Sedimen Menyusur Pantai Dengan Menggunakan Metode Grafis Pada Pelabuhan Perikanan Tanjung Adikarta, Maroso Vol. 1 No. 1 ISSN 2338-8420