22483/H/05

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR
(KL. 1702)

PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG PADA PINTU MASUK KOLAM LABUH PANGKALAN PENDARATAN IKAN (PPI) PUGER – JEMBER

R 5Ke
627.24
Wid
P-1
2004

PERPUSTAKAAN
I T S

Tgl. Terima	1-12-2004
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	221233

Oleh :
HARI WIDIYANTO
NRP.4396 100 016

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA,2004

PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG PADA PINTU MASUK KOLAM LABUH PANGKALAN PENDARATAN IKAN (PPI) PUGER – JEMBER

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, Agustus 2004
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Murdjito, Msc. Eng	**Ir. Sholihin**
NIP. 132 417 209	**NIP. 132 276 193**

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kupersembahkan Laporan Tugas Akhir Ini Kepada Dua Jiwa Yang Telah Memberikan Segenap Tetesan Keringat Dan Do'anya Sebagai Bagian Dari Pengabdian Yang Tiada Pernah Padam

ABSTRAK

Tugas akhir ini bertujuan melakukan analisa pola arus dan gelombang di pintu masuk PPI Puger atau pelawangan sehingga resiko kecelakaan perahu nelayan akibat arus atau gelombang dapat diminimalkan. Analisa yang dilakukan yaitu analisa difraksi gelombang di pintu masuk alur dan perubahan pola arus pada kondisi tanpa breakwater, dengan breakwater yang ada di pelawangan dan tambahan atau modifikasi breakwater. Pola arus dianalisis pada saat surut, pasang dan pada saat tenang. Analisa pola arus ini dilakukan secara terpisah dari analisa difraksi gelombang dengan menggunakan software Surface Water Modelling System (SMS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan struktur breakwater yang ada sekarang masih memungkinkan gelombang besar di pintu masuk alur serta menyebabkan besarnya kecepatan arus maksimum rata – ratanya 0.62 m/det sementara untuk model dengan breakwater modifikasi kecepatan maksimum rata – rata 0.577 m/det dan untuk model tanpa breakwater kecepatan maksimum rata – ratanya adalah 0.629 m/det . Untuk mereduksi tinggi gelombang maka diperlukan modifikasi lay out breakwater sehingga gelombang dimulut alur kecil dan pola arusnya diarahkan. Hal ini dapat dilakukan dengan menambah breakwater di depan mulut alur sehingga tinggi gelombang menjadi 0,321 m.

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji syukur kepada Yang Maha Kuasa Allah SWT. Pencipta dan penguasa Alam beserta isinya, atas rahmat dan petunjuknya yang sedemikian besar sehingga Tugas Akhir dengan judul " ***Perencanaan Pemecah Gelombang Pada Pintu Masuk Kolam Labuh Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Puger – Jember***" ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Studi program Sarjana pada Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan, terutama kepada :

1. Bapak Ir. Murdjito M.sc. Eng. selaku dosen pembimbing pertama yang telah banyak memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas ini.
2. Bapak Ir. Sholihin selaku dosen pembimbing kedua yang ikut membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Achmad Hafi beserta Ibu yang telah mengasuh, mendidik penulis, serta motivasi dan subsidinya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,

serta Mas Wit dan Dyah yang juga banyak memberikan dorongan moral kepada penulis.

4. Bapak Wahid yang telah membimbing dan memberikan bantuan moral dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. Imam Rochani, Msc selaku ketua jurusan, Bapak Dr. Ir. Handayanu, Msc selaku sekretaris jurusan beserta seluruh staff karyawan di Jurusan Teknik Kelautan – FTK ITS.
6. Bapak Dr. Ir. Paulus Indiyono, Msc. selaku dosen wali, Bapak Dr. Ir. Wahyudi yang telah banyak meberikan bantuan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Spesial thank's rekan – rekan L'96, Mbob, Brintique, Antok, Uton, Sony, Billy "The Kid", Meisy tercinta, Charchi, Ondy', Darmo, Rizal, Yogi, Hendrik dkk yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Thank's buat Anang '97 dan Rudy '98 yang memberikan jalan keluar sehingga tugas ini dapat diselesaikan.
9. Bapak Soeharto, yang telah membantu memberikan data yang diperlukan untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
10. Bapak – bapak di Dinas Kelautan dan Perikanan dan di PPI – Puger yang ikut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Thak's berat buat Kris yang telah memberikan bantuan tenaga dan solusinya, Eko CB, King Doedoet yang telah banyak membantu penulis.
12. Teman – Teman di FC KIA 22 ; Amik, Beno, Fiko TK, Mas Goz, Helmi Gendeng, Ucok, Dimas, Kak Yok, Dedy Mesum, Herry, Didit, Syah, Syamsul,

Ricky, Haris, Yosep, Iwan dengan kopinya dan yang lainya yang membuat penulis bisa dengan tenang menyelesaikan Tugas Akhir ini.

13. Dan semua rekan – rekan beserta semua pihak yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu penulis ucapkan terima kasih.

Dengan segala bantuanya, penulis do'akan semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan yang telah penulis terima dengan rahmat dan hidayahnya yang besar.

Penulis menyadari betapun penulis telah berusaha untuk menghindari kesalahan dan mempertimbangkan banyak hal, namun sebagi manusia tentu tidak luput dari kesalahan. Oleh sebab itu kritik dan saran pembaca yang membangun sangat penulis harapkan dengan senang hati dan lapang dada. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan menjadi manfaat bagi kita semua, Amin.

Surabaya, Maret 2003

Penulis

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i

PERSEMBAHAN ii

ABSTRAK iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GRAFIK xiii

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang I-1

I.2 Perumusan Masalah I-2

I.3 Tujuan Dan Manfaat I-3

I.4 Batasan Masalah I-3

I.5 Sistematika Penulisan I-3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

II.1 Teori Gelombang II-1

II.1.1 Teori Gelombang Airy II-2

II.1.2 Teori Gelombang Tunggal II-8

II.2 Deformasi Gelombang II-10

II.2.1 Sholing II-10

II.2.2 Gelombang Pecah II-11
II.2.3 Refraksi II-12
II.2.4 Difraksi II-15
II.2.5 Refleksi II-17
II.3 Fluktuasi Muka Air Laut II-18
II.3.1 Pasang Surut II-18
II.3.2 Tsunami II-20
II.3.3 Gelombang Rencana (*Wave Setup*) II-21
II.3.4 Badai II-22
II.3.5 Pemanasan Global II-23
II.4 Daerah Pantai II-24
II.4.1 Definisi Daerah Pantai II-25
II.4.2 Arus Di daerah Pantai ..... II- 26
II.4.2.1 Gelombang Penyebab Gerakan Air II-26
II.4.2.1 Gerakan Fluida Pada Saat Gelombang Pecah II-26
II.4.2.3 Arus Onshore Offshore II-27
II.4.2.3.1 Transisi Onshore Offshore II-27
II.4.2.3.2 Arus Longshore II-28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN
III.1 Metodologi Penelitian III-1
III.1.1 Survey Lokasi III-3
III.1.2 Pengumpulan Data III-3
III.1.3 Pembuatan Model III-6

III.1.4 Analisa Model III.8

III.1.5 Kesimpulan Dan Penulisa Laporan III-8

BAB IV PENGENALAN PROGRAM SMS

IV.1 Pendahuluan IV-1

IV.2 Modul Pendukung Software SMS IV-1

IV.2.1 SMS RMA2 ..... IV-1

IV.2.2 SMS RMA4 ..... IV-2

IV.2.3 SMS Sed2d-WES IV-2

IV.2.4 SMS Feswms IV-3

IV.2.5 SMS Hivel2d IV-3

IV.2.6 SMS Wspro IV-3

IV.2.6 SMS STwave IV-4

IV.2.7 SMS Adcirc IV-4

IV.3 Tampilan (*interface*)SMS IV-5

IV.3.1 Tool Box SMS IV-6

IV.3.2 Edit Window IV-7

IV.3.3 Menu Bar IV-7

IV.3.4 Status Bar IV-7

IV.4 Langkah – Langkah Pembuatan Model Dalam SMS IV-7

BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

V.1 Perhitungan Gelombang V-1

V.1.1 Analisa Refraksi Dan Shoaling V-2

V.1.2 Perhitungan Letak Breaking Wave V-4

V.1.3 Analisa Difraksi V-5

V.2 Analisa Pola Arus V-7

V.2.1 Pola Arus Model Tanpa Breakwater V-13

V.2.1.1 Kondisi Muka Air Tenang V-13

V.2.1.2 Kondisi Pasang Surut V-14

V.2.2 Pola Arus Model Breakwater Lama V-22

V.2.2.1 Kondisi Muka Air Tenang V-22

V.2.2.2 Kondisi Pasang Surut V-26

V.2.3 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi V-31

V.4.2.1 Kondisi Muka Air Tenang V-31

V.4.2.2 Kondisi Pasang Surut V-34

V.3 Pembahasan Hasil Analisa V-39

V.3.1 Pembahasan Hasil Analisa Difraksi V-39

V.3.2 Pembahasan Hasil Analisa Pola Arus Muka Air Tenang V-40

V.3.3 Pembahasan Hasil Analisa Pola Arus Pasang Surut V-43

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sketsa Gelombang Airy II-3

Gambar 2.2 Gelombang Knoidal II-7

Gambar 2.3 Gelombang Tunggal II-9

Gambar 2.4 Pendangkalan Gelombang II-10

Gambar 2.5 Refraksi Gelombang II-13

Gambar 2.6 Difraksi Gelombang Dibelakang Rintangan II-16

Gambar 2.7 Wave Setup II-21

Gambar 2.8 Perkiraan Muka Air Laut Karena Pemanasan Global II-21

Gambar 2.9 Definisi Daerah Pantai II-25

Gambar 3.1 Peta Bathimetry Di Pintu Masuk PPI Puger III-5

Gambar 3.2 Elevasi HWS, MSL, Dan LWS III-5

Gambar 3.3 Model Tanpa Breakwater III-6

Gambar 3.4 Model Dengan Breakwater III-7

Gambar 3.5 Model Dengan Breakwater Modifikasi III-7

Gambar 4.1 Tampilan Utama SMS IV-5

Gambar 5.1 Perubahan Arah Gelombang Karena Proses Refraksi V-4

Gambar 5.2 Proses Difraksi Pada Layout Breakwater Lama V-6

Gambar 5.3 Letak Titik – Titik Yang Ditinjau V-9

Gambar 5.4 Data HWL, MSL Dan LWS V-10

Gambar 5.5 Data Kontur Di Pintu Masuk PPI Puger V-11

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

Gambar 5.6 Kontur Hasil Digitasi Dgn SMS Model Tanpa Breakwater V-11

Gambar 5.7 Kontur Hasil Digitasi SMS Model Dng Breakwater..... V-12

Gambar 5.8 Kontur Hasil Digitasi SMS Model Dng Breakwater Modifikasi.... V-13

Gambar 5.9 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Kondisi HWL V-14

Gambar 5.9 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Kondisi MSL V-15

Gambar 5.10 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Kondisi LWS V-16

Gambar 5.11 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 00.00..... V-17

Gambar 5.11 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 06.00..... V-18

Gambar 5.12 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 12.00..... V-19

Gambar 5.13 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 18.00..... V-20

Gambar 5.14 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 23.30..... V-21

Gambar 5.15 Pola Arus Model Breakwater Lama Pada Kondisi HWL V-23

Gambar 5.16 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Kondisi MSL V-24

Gambar 5.17 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Kondisi LWS V-25

Gambar 5.18 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 00.00..... V-26

Gambar 5.19 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 06.00..... V-27

Gambar 5.20 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 12.00..... V-28

Gambar 5.21 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 18.00..... V-29

Gambar 5.22 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 23.30..... V-30

Gambar 5.23 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi Pada Kondisi HWL..... V-31

Gambar 5.24 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi Pada Kondisi MSL..... V-32

Gambar 5.25 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi Pada Kondisi LWS V-33

Gambar 5.26 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi Pada Jam 00.00 ..... V-34

Gambar 5.27 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi Pada Jam 06.00 ..... V-35

Gambar 5.28 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi Pada Jam 12.00 ..... V-36

Gambar 5.29 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi Pada Jam 18.00 ..... V-37

Gambar 5.30 Pola Arus Model Breakwater Modifikasi Pada Jam 23.30 ..... V-38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Cr Untuk Beberapa Tipe Bangunan II-7

Tabel 2.2 Komponen – Komponen Pasang Surut II-19

Tabel 3.1 Data Gelombang III-4

Tabel 3.2 Data Pasang Surut III-4

Tabel 5.1 Data Gelombang V-1

Tabel 5.2 Gelombang Signifikan Untuk Semua Arah V-2

Tabel 5.3 Nilai Kd Untuk r / L 2,7 ..... V-7

Tabel 5.4 Koordinat Titik Yang Ditinjau V-8

Tabel 5.5 Data Pasang Surut V-10

Tabel 5.6 Kecepatan Arus Di Titik Yg Ditinjau Model Tanpa Breakwater Saat HWL V-14

Tabel 5.7 Kecepatan Arus Di Titik Yang Ditinjau Model Tanpa Breakwater Saat MSL V-15

Tabel 5.8 Kecepatan Arus Di Titik Yang Ditinjau Model Tanpa Breakwater Saat LWS V-16

Tabel 5.9 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 00.00 ..... V-18

Tabel 5.10 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 06.00 ..... V-19

Tabel 5.11 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 12.00 ..... V-20

Tabel 5.12 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 18.00 ..... V-21

Tabel 5.13 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 23.30 ..... V-22

Tabel 5.14 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada HWL V-23

Tabel 5.15 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada MSL V-24

Tabel 5.16 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada LWS..... V-25

Tabel 5.17 Data Arus Model Breakwater Lama Pada 00.00 ..... V-26

Tabel 5.18 Data Arus Model Breakwater Lama Pada 06.00 ..... V-27

Tabel 5.19 Data Arus Model Breakwater Lama Pada 12.00 ..... V-28

Tabel 5.20 Data Arus Model Breakwater Lama Pada 18.00 ..... V-29

Tabel 5.21 Data Arus Model Breakwater Lama Pada 23.30 ..... V-30

Tabel 5.22 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada HWL V-32

Tabel 5.23 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada MSL V-33

Tabel 5.24 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada LWS V-34

Tabel 5.25 Data Arus Model Breakwater Modifikasi Pada 00.00..... V-35

Tabel 5.26 Data Arus Model Breakwater Modifikasi Pada 06.00..... V-36

Tabel 5.27 Data Arus Model Breakwater Modifikasi Pada 12.00..... V-37

Tabel 5.28 Data Arus Model Breakwater Modifikasi Pada 18.00..... V-38

Tabel 5.29 Data Arus Model Breakwater Modifikasi Pada 23.30..... V-39

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Analisa Difraksi V-40

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Kondisi HWL V-40

Grafik 5.2 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Kondisi MSL V-41

Grafik 5.3 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Kondisi LWS V-42

Grafik 5.4 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 00.00 ..... V-43

Grafik 5.5 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 06.00 ..... V-44

Grafik 5.6 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 12.00 ..... V-44

Grafik 5.7 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 18.00 ..... V-45

Grafik 5.8 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 23.30 ..... V-45

BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Daerah atau kawasan pantai merupakan daerah yang sangat besar potensinya, ini terbukti dengan banyak dimanfaatkannya kawasan ini sebagai pusat kegiatan masyarakat. Kegiatan ini bukan hanya kegiatan yang berhubungan dengan masalah perikanan bahkan juga digunakan sebagai pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pariwisata dan lain – lain (Triatmodjo, 1999).

Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Puger – Jember sebagai salah satu PPI di Jawa Timur sangat besar peranannya bagi masyarakat sekitarnya, terutama bagi masyarakat yang bekerja sebagai nelayan, pengolah ikan dan pedagang ikan. Pertumbuhan pekerja ikan ini dari tahun ke tahun terus meningkat sehingga perlu untuk terus mengembangkan pelabuhan ini sesuai dengan kebutuhannya.

Pangkalan Pendaratan Ikan Puger terletak di pesisir selatan pulau Jawa, sehingga pelabuhan ini berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, dimana tinggi gelombangnya sangat tinggi sehingga mengganggu kapal yang masuk ke pelabuhan. Untuk mengurangi resiko kecelakaan yang sering terjadi

di daerah pintu masuk tersebut dibangun pemecah gelombang di pintu masuk tersebut atau oleh penduduk lokal disebut pelawangan. Pada perkembangannya pemecah gelombang ini kurang memuaskan nelayan yang lewat alur yang direncanakan karena masih besarnya tinggi gelombang yang terjadi. Bahkan dengan dibangunnya *breakwater* ini masih sering dijumpai adanya kecelakaan perahu nelayan dan sering membawa korban jiwa.

Untuk itu tugas akhir ini mengkaji bagaimana pola perkembangan arus pada kondisi sebelum dan sesudah dibangun *breakwater* di pintu masuk lokasi PPI untuk mengetahui bagaimana pola arus yang terjadi di pelawangan tersebut. Analisis dilakukan dengan menggunakan *Surface Water Modelling System* (SMS).

I.2 PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang dapat ditarik dari latar belakang diatas adalah :

a. Bagaimana perubahan pola arus yang terjadi akibat adanya pemecah gelombang ?
b. Bagaimana *lay out* pemecah gelombang yang sesuai di pintu masuk di PPI – Puger ?

I.3 TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mendapatkan pola arus yang terjadi akibat adanya pemecah gelombang.
2. Untuk menentukan *lay out* pemecah gelombang baru yang sesuai.
3. Menjadi masukan bagi instansi terkait untuk perencanaan pemecah gelombang.

I.4 BATASAN MASALAH

Batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

a. Kondisi lingkungan yang digunakan adalah meliputi tinggi gelombang, pasang surut, debit air di pintu masuk.
b. Analisa akibat adanya pemecah gelombang adalah hanya analisa *difraksi* dan pola arus.
c. Pengaruh gelombang pada pola arus tidak diperhitungkan akibat belum tersedianya input gelombang pada *software* yang dipakai yaitu *Surface Water Modelling System* (SMS).

I.5 SISTEMATIKA PENULISAN

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi tentang penjelasan tentang latar belakang penulisan laporan tugas akhir ini, permasalahan yang diangkat dalam penulisan merupakan pernyataan *eksplisit* tentang apa yang akan dilakukan, batasan masalah yang menjadi rujukan penulis untuk menyederhanakan sistem pengerjaan dengan tanpa mengabaikan kesahihan secara signifikan, tujuan dan manfaat penulisan yang

berisi sasaran yang ingin dicapai dan faedah dari penulisan, dan metode penulisan laporan penelitian.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Tinjauan pustaka dan dasar teori menampilkan beberapa teori yang digunakan sebagai pijakan dan *justifikasi* dalam penelitian ini, antara lain bahasan tentang teori – teori dan perhitungan tentang gelombang, struktur pelindung pantai termasuk *breakwater*, dan pola arus yang menjadi dasar dalam perencanaan, perhitungan, analisa dalam penulisan ini.

BAB III. METODE ILMIAH

Pada bagian ini menampilkan bagaimana kerangka pemikiran dari keseluruhan penelitian ini dengan membahas semua tahapan secara umum yang dilakukan dari awal penelitian sampai penarikan kesimpulan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam hasil dan pembahasan ini berisi tentang perhitungan dan analisa terhadap kondisi gelombang dan pola arus dengan kondisi tanpa breakwater, dengan *breakwater* dan *breakwater* modifikasi. Kemudian dari hasil perhitungan ini diperoleh hasil dari keseluruhan perhitungan yang menjadi dasar penentuan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini.

BAB V. PENUTUP

Merupakan bab yang berisi tentang kesimpulan yang dapat ditarik dari keseluruhan penulisan termasuk hasil analisa yang dilakukan di bab – bab sebelumnya, dan saran atau rekomendasi yang dapat dilakukan sebagai tindak lanjut penelitian untuk permasalahan yang relevan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

II.1 TEORI GELOMBANG

Berdasarkan gaya pembangkitnya gelombang dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin, dimana jika tiupan angin ini terakumulasi pada daerah yang luas dapat mengakibatkan gelombang yang memiliki panjang gelombang yang cukup besar, yang kedua adalah gelombang pasang surut yang ditimbulkan oleh gaya tarikan benda – benda langit terutama matahari dan bulan terhadap matahari, yang ketiga adalah gelombang tsunami yang disebabkan oleh letusan gunung berapi atau gempa di laut, dan gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak dan sebagainya.

Gelombang menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimentasi dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya – gaya yang bekerja pada bangunan pantai oleh karena itu gelombang menjadi faktor utama dalam penentuan tata letak (*lay out*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya.

Gelombang memiliki bentuk yang sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis karena ketidaklinieran, tiga dimensi dan

mempunyai bentuk yang random. Teori – teori yang kemudian muncul adalah teori yang hanya menggambarkan bentuk gelombang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang sesungguhnya. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekomplekan dan ketelitian diantaranya Teori gelombang Airy, Stokes, Gerstner, Mich, Knoidal dan tunggal. Teory gelombang Airy adalah teori gelombang dengan amplitudo kecil, sedang yang lainnya adalah gelombang amplituda terbatas (*finite amplitudo wave*).

II.1.1 TEORI GELOMBANG AIRY

Teori gelombang amplitudo terbatas (*Airy*) diturunkan berdasarkan persamaan laplace untuk aliran irrotasional (*irrotational flow*) dengan kondisi batas di permukaan air dan dasar laut. Kondisi batas di permukaan air didapat dengan melinierkan persamaan Berneuolli untuk aliran tak mantap. Penyelesaian persamaan tersebut memberikan potensial kecepatan periodik untuk aliran rotasional. Potensial kecepatan ini kemudian digunakan untuk menurunkan persamaan dari berbagai karakteristik gelombang seperti fluktuasi muka air, kecepatan dan percepatan partikel, tekanan, kecepatan rambat gelombang, dan sebagainya.

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk teori gelombang ini adalah :

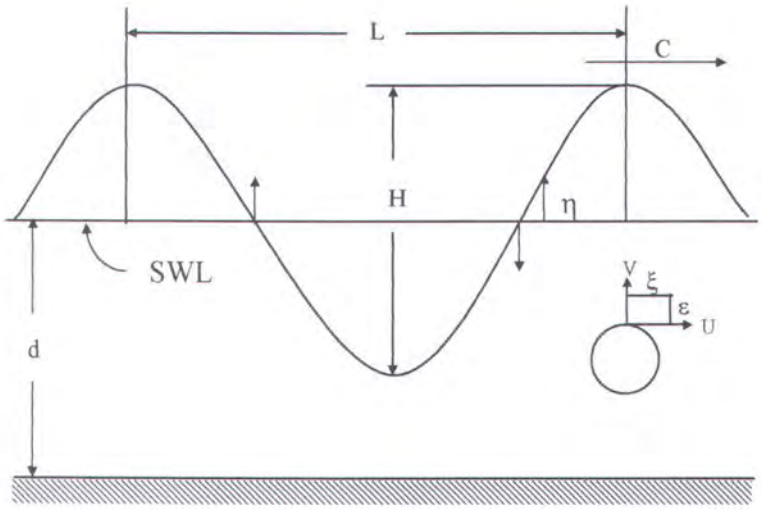
1. Air dianggap sebagai suatu zat yang homogen, *incompressible*, dan *surface tention* diabaikan ini berarti untuk panjang gelombang > 3 cm.
2. Gerakan partikel zat cair adalah *irrotational*. Tidak ada tegangan geser pada batas air – udara atau pada dasar laut. Pengaruh angin diabaikan.

Dengan demikian maka potensial kecepatan (*potential velocity*) ϕ memenuhi persamaan Laplace.

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \qquad \text{2.1}$$

Dasar laut adalah diam, *impermeable* dan horizontal.

3. Tekanan udara di permukaan air adalah konstan. Tekanan angin tidak diperhitungkan dan perbedaan tekanan hidrostatik karena elevasi diabaikan.
4. Amplitudo gelombang adalah kecil dibandingkan panjang gelombang dan kedalamannya. Kecepatan partikel air sangat erat hubungan dengan amplitudo gelombang sedangkan kecepatan jalarnya (*wave celerity*) tergantung pada kedalaman air dan panjang gelombang. Dari hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa kecepatan partikel air relatif lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan rambatnya.



Gambar 2.1. Sketsa Gelombang Airy (Triatmodjo, 1999)

Dari gambar 1.1. diketahui suatu gelombang dengan cepat rambat C dengan kedalaman d, tinggi gelombang H, dan panjang gelombang L. sehingga dapat diketahui periode gelombang sebagai berikut :

$$T = \frac{L}{C} \qquad \text{.....2.2}$$

persamaan permukaan air :

$$\eta = \frac{H}{2} Cos\, 2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right)$$

atau $$\eta = \frac{H}{2} Cos\ 2\pi \left(kx - \sigma t \right) \qquad \text{.....2.3}$$

dengan :

k $= \frac{2\pi}{L}$ = *"Wave Number"*

σ $= \frac{2\pi}{T}$ = *"Wave angular frequency"*

η = koordinat muka air diukur dari SWL (*still water level*)

tanda panah pada puncak gelombang, lembah gelombang dan muka air tenang (SWL) menunujukkan gerakan partikel air. Kecepatan partikel air dan ukuran orbit makin kedalam makin berkurang dan pada dasarnya kecepatan pada sumbu y (Vy) adalah 0.

$$V = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0 \Big|_{y=-d} \qquad \text{.....2.4}$$

Hal ini sebagai kondisi batas dasar.

Persamaan Bernoulli untuk *irrotational flow*

$$\frac{1}{2}\left(u^2 + v^2\right) + gy + \frac{p}{\rho} + \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0 \qquad \text{2.5}$$

$$\frac{1}{2}\left\{\left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2\right\} + gy + \frac{p}{\rho} + \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0 \qquad \text{2.6}$$

dengan :

g = percepatan gravitasi

p = tekanan hidrostatis

ρ = rapat massa air

ϕ = potential kecepatan

u = kecepatan partikel arah x

v = kecepatan partikel arah y.

Persamaan 1.5. dilienierisasikan dan tekanan permukaan diambil = 0

$$gy = -\frac{\partial \phi}{\partial t} \qquad \text{2.7}$$

$$y = \eta = -\frac{1}{g}\frac{\partial \varphi}{\partial t}\bigg|_{y=\eta} \qquad \text{2.8}$$

karena η adalah kecil dibanding dengan panjang gelombang maka dapat dianggap nol.

$$\eta = -\frac{1}{g}\frac{\partial \varphi}{\partial t}\bigg|_{y=o} \qquad \text{2.9}$$

persamaan ini merupakan kondisi batas permukaan, yang kemudian dapat dijabarkan secara matematis dari persamaan 2.1., 2.4., dan 2.7. dapat menghasilakan hubungan sebagai berikut :

$$C = \sqrt{\frac{g}{k}\tanh(\ kd\ )} \qquad \text{2.10}$$

jika nilai k = σ / C = (2π / T) / C dan disubstitusikan ke dalam persamaan diatas maka :

$$C = \frac{gT}{2\pi}\tanh\frac{2\pi d}{L} \quad \text{.....2.11}$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\frac{2\pi d}{L} \quad \text{.....2.12}$$

II.1.2 TEORI GELOMBANG HINGGA

II.1.2.1 TEORI GELOMBANG STOKES

Dalam teori gelombang linier fluktuasi muka air hanya diberikan untuk orde pertama seperti diberikan pada persamaan 1.3.untuk gelombang anplitudo berhingga harus diperhitungkan besaran – besaran yang berorde lebih tinggi, yang mempunyai bentuk umum sebagai berikut :

$$\eta = a\cos(kx-\sigma t)+a^2B_2(L,d)\cos 2(kx-\sigma t)+a^3B_3(L,d)\cos 3(kx-\sigma t)+.....$$
$$+a^nB_n(L,d)\cos n(kx-\sigma t) \quad \text{.....2.13}$$

Dimana :

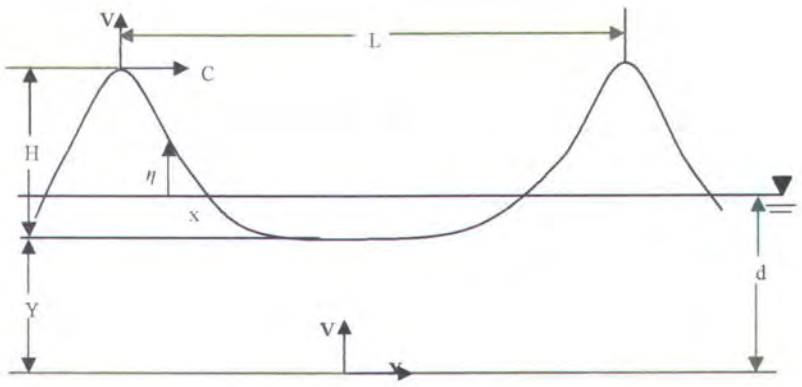
a = H/2

B = fungsi dari panjang gelombang dan kedalaman air.

II.1.2.2 TEORI GELOMBANG KNOIDAL

Pada teori gelombang Stokes mensyaratkan perbandingan antara kedalaman dan panjang gelombang **d/L** adalah lebih besar dari 1/8 – 1/10. dan untuk gelombang panjang dengan amplitudo berhingga di laut dangkal lebih sesuai

apabila digunakan teori gelombang Knoidal. Gelombang ini adalah gelombang periodik yang biasanya mempunyai puncak tajam yang dipisahkan oleh lembah yang cukup panjang. Teori ini berlaku apabila **d/L** lebih kecil dari 1/8 dan parameter Ursell $U_R = HL^2/d^3$ lebih besar dari 26.



Gambar 2.2. Gelombang Knoidal (Triatmodjo, 1999)

Pada gambar diatas karakteristik gelombang dinyatakan dalam bentuk parameter yang merupakan fungsi ***k***. Parameter ***k*** secara fisik tidak mempunyai arti, dan hanya digunakan untuk menyatakan hubungan antara berbagai parameter gelombang. Ordinat dari permukaan air y_s diukur terhadap dasar diberikan oleh :

$$y_s = y_t + Hcn^2\left\{2K(k)\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right), k\right\} \qquad \text{2.14}$$

dengan :

y_t : jarak dari dasar lembah gelombang

cn : fungsi cosinus ellips

K(k) : integral ellips

k : modulus dari integral ellips

Jarak dari dasar ke lembah gelombang y_t adalah :

$$\frac{y_t}{d} = \frac{y_c}{d} - \frac{H}{d} = \frac{16d^2}{3L^2} K(k)\{K(k) - E(k)\} + -\frac{H}{d} \quad \text{2.15}$$

dengan y_c adalah jarak dari dasar ke puncak gelombang.

Panjang diberikan oleh :

$$L = \sqrt{\frac{16d^3}{3H}} kK(k) \quad \text{2.16}$$

Periode gelombang :

$$T\sqrt{\frac{g}{d}} = \sqrt{\frac{16y_t}{3H}} \frac{d}{y_t} \left\{ \frac{kK(k)}{1 + \frac{H}{y_t k^2}\left(\frac{1}{2} - \frac{E(k)}{K(k)}\right)} \right\} \quad \text{2.17}$$

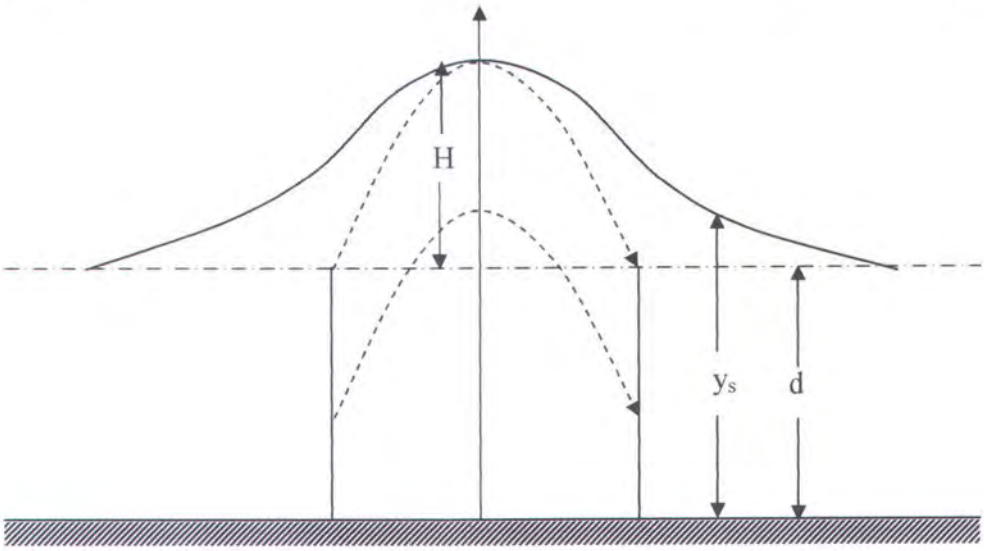
Pendekatan tekanan pada dasar digunakan persamaan berikut :

$$p = \rho g(y_s - y) \quad \text{2.18}$$

dalam perhitungan parameter – parameter tersebut diatas digunakan grafik yang menunjukkan profil gelombang Knoidal dalam bentuk tak berdimensi untuk berbagai nilai k^2 dan grafik – grafik dalam bentuk tak berdimensi dari berbagai parameter gelombang Knoidal.

II.2.3 TEORI GELOMBANG TUNGGAL

Teori gelombang tunggal adalah gelombang berjalan yang terdiri dari satu puncak gelombang. Gelombang ini adalh gelombang translasi, dimana kecepatan partikel air hanya bergerak dalam arah penjalaran.



Gambar 2.3. Gelombang Tunggal (Triatmodjo, 1999)

$$y_s = d + H \sec h^2 \left\{ \sqrt{\frac{3}{4}\frac{H}{d^3}}(x - Ct) \right\} \quad \text{2.19}$$

atau

$$\eta = H \sec h^2 \left\{ \sqrt{\frac{3}{4}\frac{H}{d^3}}(x - Ct) \right\} \quad \text{2.20}$$

kecepatan rambat :

$$C = \sqrt{g(H - d)} \quad \text{2.21}$$

kecepatan partikel gelombang diberikan oleh :

$$u = CN \frac{1 + \cos(M_y / d)\cosh(M_x / d)}{\{\cos(M_y / d)\cosh(M_x / d)\}^2} \quad \text{2.22}$$

$$v = CN \frac{\sin(M_y / d)\sinh(M_x / d)}{\{\cos(M_y / d)\cosh(M_x / d)\}^2} \quad \text{2.23}$$

dengan M dan N adalah fungsi H/d dan y diukur dari dasar. Kecepatan horisontal u sering digunakan untuk memprediksi gaya gelombang pada bangunan pantai air dangkal. Kecepatan maksimum u_{maks} terjadi apabila x = t = 0; sehingga :

$$u_{maks} = \frac{CN}{1+\cos(M_y / d)} \quad \text{2.24}$$

Energi gelombang total tiap satuan lebar :

$$E = \frac{8}{3\sqrt{3}} \rho g H^{3/2} d^{3/2} \quad \text{2.25}$$

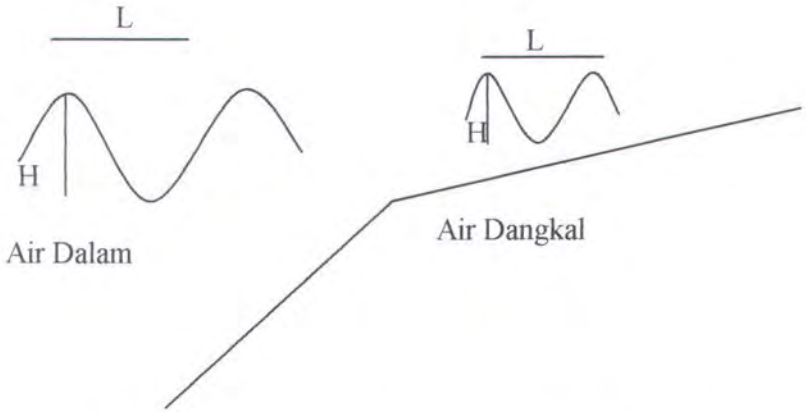
Tekanan gelombang diberikan sebagai berikut :

$$p = \rho g (y_c - y) \quad \text{2.26}$$

II.2 DEFORMASI GELOMBANG

II.2.1 SHOALING

Shoaling adalah perubahan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman, kecepatannya juga berkurang yang besarnya linier dengan besarnya pendangkalan kedalaman laut.



Gambar 2.4. Pendangkalan Gelombang (Pratikto, 1996)

Dalam penentuan gelombang akibat adanya *shoaling* ini dikenal istilah koefisien *shoaling* (K_s) dimana :

$$K_s = \frac{H}{H_o} = \sqrt{\frac{1C_o}{2nC}} \quad \text{2.27}$$

Yang kemudian dapat diturunkan menjadi :

$$K_s = 0{,}4464\sqrt[4]{\frac{L_0}{h}} \quad \text{2.28}$$

Dimana :

L_o = Panjang gelombang mula – mula

h = Kedalaman laut pada titik yang ditinjau

II.2.2 GELOMBANG PECAH

Panjang gelombang seiring turunnya kedalaman akan beransur – angsur berkurang, sementara tinggi gelombang akan terus bertambah yang akhirnya pada titik tertentu kemiringan gelombang bertambah dan kemudian pecah pada kedalaman tertentu.

Gelombang pecah diklasifikasikan dalam tiga kategori yaitu *spilling*, *plugging*, dan *surging*, pada gelombang reguler lokasi gelombang pecah selalu tetap. Menurut Miche (1944) kondisi batas gelombang pecah untuk segala kedalaman adalah memenuhi persamaan berikut :

$$\left[\frac{H}{L}\right]_{\max} = \frac{1}{7}\tanh\left[\frac{2\pi h}{L}\right] \quad \text{2.29}$$

sehingga untuk air dalam $\left[\frac{H}{L}\right]_{\max} = \frac{1}{7}$ dan untuk air dangkal

$$\left[\frac{H}{L}\right]_{\max} = \frac{1}{7}\tanh\left[\frac{2\pi h}{L}\right] \quad \text{2.30}$$

II.2.3 REFRAKSI

Berbeda dengan *shoaling* gelombang refraksi adalah perubahan tinggi gelombang yang disebabkan karena adanya pembelokan arah gerak puncak gelombang.

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan *konvergensi* (penguncupan) atau *divergensi* (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai.

Ada beberapa anggapan yang digunakan dalam mempelajari refraksi :

1. Energi gelombang antara dua ortogonal adalah konstan.
2. Arah penjalaran gelombang tegak lurus pada puncak gelombang yang dalam arah ortogonal.
3. Cepat rambat gelombang yang mempunyai periode tertentu di suatu tempat hanya tergantung pada kedalaman di tempat tersebut.
4. Perubahan topografi dasar laut adalah berangsur – angsur.
5. Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periode konstan, amplitudo kecil dan monokromatik.

6. Pengaruh arus, angin dan refleksi dari pantai dan perubahan topografi dasar laut diabaikan.

Berdasarkan persamaan umum cepat rambat yaitu :

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}\tanh\frac{2\pi d}{L}} \quad \text{.....2.31}$$

dimana untuk laut dalam :

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}} \quad \text{.....2.32}$$

dan di laut transisi, kecepatan rambat dihitung dengan persamaan untuk laut dalam sedangkan persamaan untuk laut dangkal adalah :

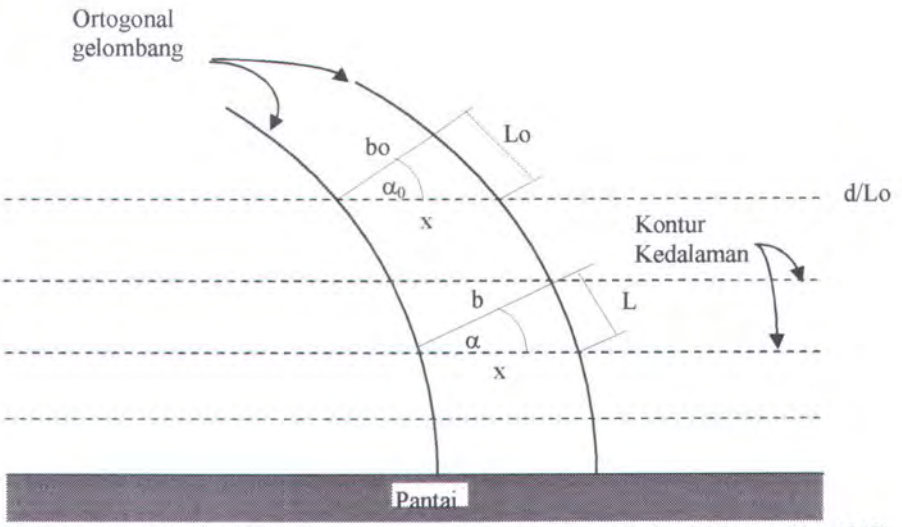
$$C = \sqrt{gd} \quad \text{.....2.33}$$

Energi gelombang total tiap satuan lebar adalah dinyatakan :

$$E = \frac{\rho g H^{2} L}{8} \quad \text{.....2.34}$$

sedangkan tenaga gelombang adalah :

$$P = nEC \quad \text{.....2.35}$$



Gambar 2.5. Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar (Triatmodjo, 1999)

Dua garis ortogonal yang melintasi dari laut dalam menuju pantai dan dianggap tidak ada energi gelombang yang keluar dari lintasan tersebut. Tenaga yang terkandung diantara kedua garis ortogonal dapat dianggap konstan. Apabila jarak garis ortogonal adalah b, maka tenaga gelombang dilaut dalam dan suatu titik di laut yang lebih dangkal adalah :

$$Po = \frac{n_0 \times E_0 \times b_0}{T_0} \quad \text{.....2.36}$$

$$P = \frac{n \times E \times b}{T} \quad \text{.....2.37}$$

Tenaga yang tersimpan dari kedua garis adalah konstan sehingga kedua persamaan diatas dapat ditulis :

$$\frac{b_0 \times n_o \times E_0}{T_0} = \frac{b \times n \times E}{T} \quad \text{.....2.38}$$

dari persamaan energi kemudian disubstitusikan kedalam persamaan diatas sehingga menjadi :

$$\frac{H^2}{H_0^2} = \frac{b_0 \times n_o \times L_0}{b \times n \times L} \quad \text{.....2.39}$$

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{nL}} \sqrt{\frac{b_0}{b}} \quad \text{.....2.40}$$

Pada persamaan diatas suku pertama adalah akibat pengaruh pendangkalan sedang suku kedua adalah pengaruh garis ortogonal *konvergen* atau *divergen* yang disebabkan oleh refraksi, kedua suku ini dikenal sebagai koefisien pendangkalan (K_S) dan koefisien refraksi K_r sehingga persamaan tersebut menjadi :

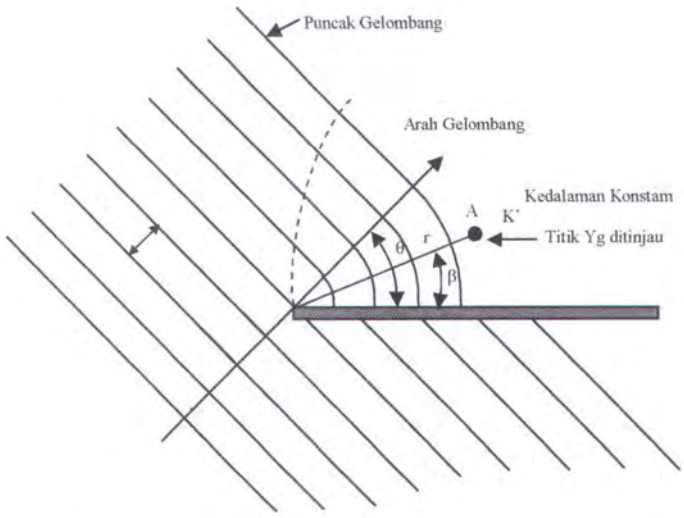
$$H = K_s K_r H_0 \quad \text{.....2.41}$$

Koefisien pendangkalan merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung tinggi gelombang pada laut transisi dan dangkal, berdasarkan tinggi gelombang di laut dalam dan jika jarak antara dua ortogonal diketahui.

II.2.4 DIFRAKSI

Defraksi adalah proses pemindahan energi gelombang ke daerah yang terlindungi oleh pulau, bukit batu/karang yang menjorok kelaut, atau bangunan pantai. Proses ini akan menyebabkan gelombang di daerah yang terlindungi tersebut.

Jika gelombang yang datang terhalang oleh suatu rintangan maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan tersebut dan masuk diadaerah yang terlindungi dibelakangnya. Dalam proses difraksi ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah yang terlindungi .



Gambar 2.6. Difraksi gelombang dibelakang rintangan (Triatmodjo, 1999)

Transfer energi tersebut menyebabkan timbulnya gelombang di daerah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang diluar daerah terlindung. Garis puncak gelombang dibelakang rintangan membelok dan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusat pada ujung rintangan. Kedalaman di daerah yang terlindungi dianggap konstan jika tidak maka terjadi refraksi gelombang. Pada rintangan tunggal, tinggi gelombang di suatu daerah yang terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan (r), sudut rintangan dan garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan (β), dan sudut antara arah penjalaran gelombang dengan rintangan (θ). Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah yang yang terlindungi dengan tinggi gelombang datang disebut dengan koefisien difraksi (K_D).

$$H_A = K_D \times H_P \quad \text{.....2.42}$$

dimana $K_D = f(\theta, \beta, r/L)$ 2.43

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

II.2.5 REFLEKSI

Gelombang yang datang dan membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang sangat penting dalam perencanaan struktur bangunan pantai, terutama perencanaan pelabuhan. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam kolam labuh. Fluktuasi airnya akan dapat menyebabkan gerakan – gerakan pada kapal dan dapat menimbulkan tegangan yang besar pada tali tambatnya. Untuk itu maka bangunan – bangunan yang ada harus mampu menyerap energi dari gelombang yang terjadi.

Besarnya kemampuan suatu bangunan dalam memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dengan tinggi gelombang datang H_i :

$$Cr = \frac{H_r}{H_i} \qquad \text{2.44}$$

dari tabel berikut ini dapat diketahui Cr untuk masing – masing type bangunan.

Tabel 3.2. Cr untuk beberapa tipe bangunan (Yuwono, 1982)

Tipe bangunan	Cr
Dinding vertikal dengan puncak diatas air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu dengan sisi miring	0,3 – 0,6
Tumbukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan perdam energi (diberi lubang)	0,05 – 0,2

II.3 FLUKTUASI MUKA AIR LAUT

Fluktuasi air laut berdasarkan karakteristik dan jenis gerakannya diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Pasang surut.
b. Tsunami.
c. Gelombang rencana (*wave setup*).
d. Badai .
e. Pemanasan global.

Hal tersebut diatas menjadi acuan dalam menentukan ketinggian suatu bangunan pelindung pantai, walaupun kadang tidak semua faktor tersebut diperhitungkan tergantung kondisi lapangan tempat bangunan tersebut akan dibangun.

II.3.1 PASANG SURUT

Elevasi muka air laut setiap hari selalu mengalami perubahan, perubahan elevasi muka air laut sebagai fungsi waktu tersebut terjadi karena adanya pasang surut. Terjadinya pasang surut ini disebabkan adanya gaya tarik benda langit terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut (Triatmodjo, 1999).

Pasang surut mempunyai kurang lebih 390 komponen dengan periode antara 8 jam sampai 18,6 tahun yang berperan aktif dalam pembangkitan pasang surut. Namun untuk alasan praktis hanya komponen – komponen utama saja yang yang dipakai dalam peramalan gelombang pasang surut. Masing – masing komponen mempunyai periode berdasarkan perhitungan astronomi, dan sudut

fase yang tergantung kondisi lokal. Ini berarti konstanta masing – masing komponen tersebut berbeda antara daerah satu dengan daerah yang lainya. Berikut ini adalah tabel delapan komponen utama pasang surut :

Tabel 2.2 Komponen – Komponen Pasang Surut

Sumber	Simbol	Periode	Relatif Amplitudo
Main lunar, Semi diurnal	M_2	12,24	100 %
Main solar, Semi diurnal	S_2	12,00	46,6 %
Lunar elliptic, Semidiurnal	N_2	12,66	19,2 %
Lunar – solar, Semidiurnal	K_2	11,97	12,7 %
Lunar – solar, Diurnal	K_1	23,93	58,4 %
Main lunar, Diurnal	O_1	25,82	41,5 %
Main solar, Diurnal	P_1	24,07	19,4 %

Persamaan dasar untuk mengetahui jenis pasang surut :

$$F = \frac{K_1 + O_2}{M_2 + S_2} \quad \text{.....3.45}$$

Dimana :

$F \leq 0{,}25$: Pasang harian ganda (*semi – diurnal tide*)

$F \geq 3$: Pasang harian tunggal (*diurnal tide*)

$0{,}25 < F < 1{,}5$: Pasang campuran, condong ke pasang harian ganda (*mixed, mainly semi – diurnal tide*).

$1{,}5 < F < 3$: Pasang campuran, condong ke pasang harian tunggal (*mixed, mainly diurnal tide*)

Penentuan elevasi muka air :

Mean High Spring (MHWS) $= Z_0 + (M_2 + S_2)$ 2.46

Mean Low Water Spring (MLWS) $= Z_0 - (M_2 + S_2)$ 2.47

Highest High Water Spring (HHWS) $= Z_0 + (M_2 + S_2) + (K_1 + O_1)$ 2.48

Lowest Low Water Spring (LLWS) $= Z_0 - (M_2 + S_2) - (K_1 + O_1)$ 2.49

Highest Astronomical Tide (HAT) $= Z_0 + \sum A_i$ 2.50

Lowest Astronomical Tide (LAT) $= Z_0 - \sum A_1$ 2.51

Dimana :

Menurut Teori Admiralty Zo $= (S_0 - 1{,}1(M_2 + S_2)$ 2.52

II.3.2 TSUNAMI

Tsunami adalah gelombang yang terjadi karena gempa bumi atau letusan gunung berapi di laut. Gelombang yang terjadi memiliki periode dari beberapa menit sampai dengan satu jam, gelombang ini juga memiliki cepat rambat yang cukup besar ± 20 m/d untuk kedalaman 40 m dan 230 m/d pada kedalaman 4000 m. Kejadian tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi dilaut tergantung dari beberapa faktor berikut (Tratmodjo, 1999):

1. Kedalaman pusat gempa bumi (*episentrum*) dibwah dasar laut *h* (km).
2. Kekuatan gempa M yang dinyatakan dalam Richter.
3. Kedalaman air diatas episentrum *d* (m).

Untuk menentukan skala tsunami digunakan besaran Tsunami (*m*) yang berkaitan erat dengan kekuatan gempa bumi, dimana hubungan antara besaran tsunami dengan kekuatan gempa bumi dinyatakan dengan :

Untuk daerah di Jepang :

$m = 2{,}8\ M - 19{,}4$ 2.53

Untuk daerah Indonesia :

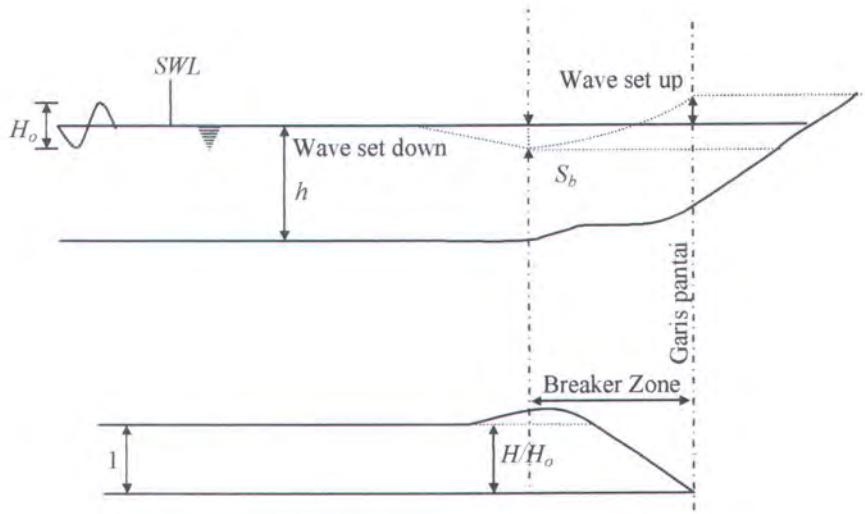
$m = 2{,}26\ M - 14{,}18$ 2.54

Besaran tsunami juga berhubungan dengan kekedalam laut tempat dimana terbentuk gempa yang dapat dinyatakan :

$m = 1{,}7 \log (d) - 1{,}7$ 2.55

II.3.3 GELOMBANG RENCANA (WAVE SETUP)

Perubahan atau fluktuasi muka air juga dipengaruhi oleh besarnya gelombang yang terjadi, pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan terhadap muka air diam (*Wave set-up*) disekitar lokasi gelombang pecah, kemudian dari titik dimana gelombang pecah terjadi akan mengalami kemiringan keatas yag disebut *Wave set-up* seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.7. Wave set-up dan set-down

Wave set up ini dapat dihitung dengan persamaan longuet – Higgins dan Stewart (1963, dalam CERC, 1984) :

$$S_b = -\frac{0{,}536 H_b^{2/3}}{g^{1/2} T} \quad \text{2.56}$$

dengan :

Sb : Set down didaerah gelombang pecah

T : Periode gelombang

H'_o : Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

d_b : Kedalaman gelombang pecah

g : Percepatan gravitasi

Wave set up dipantai diberikan oleh bentuk berikut :

$$S_w = \Delta S - S_b \quad \text{2.57}$$

Longuet – Higgins dan Stewart melakukan analisa data percobaan yang dilakukan oleh Saville (1961, dalam SPM, 1984) dan hasilnya adalah $\Delta S = 0{,}15\ d_b$. Dengan menganggap bahwa $d_b = 1{,}28\ H_b$ maka :

$$\Delta S = 0{,}15\, d_b \quad \text{2.58}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 3.56 dan 3.58 kedalam persamaan 3.57 maka diperoleh :

$$S_w = 0{,}19\left[1 - 2{,}82\sqrt{\frac{H_b}{gT^2}}\right] H_b \quad \text{2.59}$$

II.3.4 BADAI

Angin sebagai yang juga merupakan pembangkit gelombang jika memiliki kecepatan tinggi atau dalam kondisi badai (*storm condition*) dapat

mempengaruhi muka air lau diam didaerah pantai, hal ini dapat terjadi jika badai cukup kuat dan daerah pantai dangkal dan luas.

Kenaikan elevasi akibat badai ini dapat dihitung dengan (Triatmodjo, 1999) :

$$\Delta h = \frac{Fi}{2}$$

$$\Delta h = Fc\frac{V^2}{2gd} \qquad \text{2.59}$$

dimana :

Δh : Kenaikan elevasi muka air karena badai (m)

F : Panjang fetch (m)

i : Kemiringan muka air laut

c : Konstanta = $3{,}5 \times 10^{-6}$

V : Kecepatan angin (m/d)

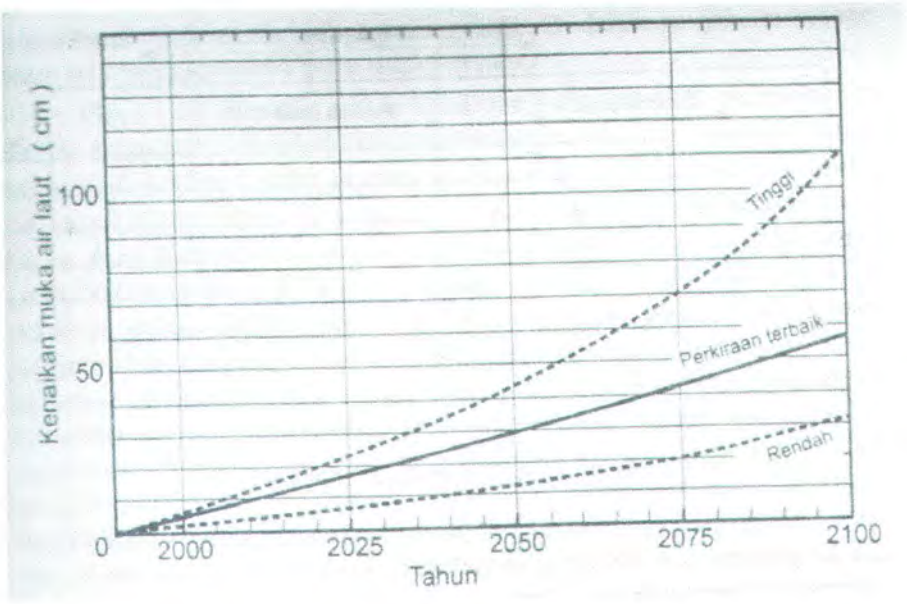
d : kedalaman air (m)

g : Percepatan gravitasi (m/d^2)

II.3.5 PEMANASAN GLOBAL

Pemanasan global yang terjadi dapat mempengaruhi kenaikan muka air yang tetap selama tidak terjadi lagi perubahan suhu global, dalam perencanaan bangunan pantai juga diperlukan perhitungan fluktuasi akibat pemanasan

global berikut ini adalah grafik yang menyatakan perkiraan kenaikan muka air laut per tahun.



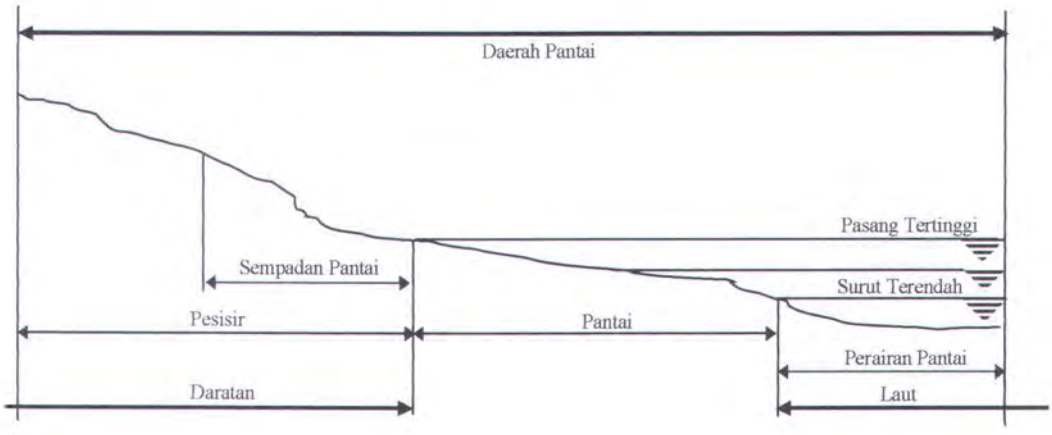
Gambar 2.8 Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut Karena Pemanasan Global (Triatmodjo, 1999)

II.4 DAERAH PANTAI

Daerah pantai adalah daerah yang selalu menjadi perhatian bagi manusia yang banyak memiliki ketergantungan dengan wilayah pantai, ini terbukti dengan banyaknya pusat kegiatan yang berada di wilayah pantai. Seiring dengan perkembangan jaman wilayah pantai mulai dikelola dengan memperhitungkan kondisi alam yang ada di wilayah tersebut, yang kemudian memunculkan beberapa teori tentang permasalahan – permasalahan di pantai.

II.4.1 DEFINISI DAERAH PANTAI

Istilah – istilah yang dipakai untuk daerah pantai di Indonesia telah disepakati dalam suatu lokakarya di Manado mengenai Perlindungan / Penanganan Manajemen Pantai Sulawesi Utara telah disepakati beberapa definisi yang berkaitan dengan daerah pantai. (Pratikto, 1996)



Gambar 2. 8. Definisi Daerah Pantai (Pratikto, 1996)

Pengertian dari masing – masing daerah adalah sebagai berikut :

Pantai adalah daerah tepi perairan (laut atau danau) sebatas antara surut terendah dan pasang tertinggi.

Daerah Pantai adalah suatu pesisir beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih terpengaruh baik oleh aktifitas darat maupun marin.

Pesisir adalah daerah tepi laut yang masih terpengaruh oleh aktifitas marin.

Perairan Pntai adalah daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Sempadan Pantai adalah daerah sepanjang pantai yang diperuntukkan bagi pengamanan dan pelestarian pantai.

II.4.2 ARUS DI DAERAH PANTAI

Arus yang terjadi di daerah litoral penyebab utamanya adalah angin dan gerakan *superimpose* pada gerakan osilasi air. Secara umum gerakan ini memiliki kecepatan yang rendah, akan tetapi dapat menyebabkan perpindahan pasir, hal inilah yang menjadi sebab mengapa gerakan air mempengaruhi sedimentasi di daerah pantai.

II.4.2.1 GELOMBANG PENYEBAB GERAKAN AIR.

Pada kondisi ideal di laut dalam, partikel air mempunyai gerakan memutar mengelilingi kedudukan rata – ratanya, akan tetapi tidak mempengaruhi sediment di dasar laut. Pada kedalaman dimana gerakan partikel tersebut dapat mempengaruhi dasar laut, gerakan memutar ini menjadi berbentuk ellips, dan air di dasar mulai bergerak. Di laut yang dangkal bentuk ellips ini hampir menyerupai sebuah garis. Persamaan dasar yang digunakan sebelum terjadi *breaking* adalah persamaan kecepatan partikel pada teori gelombang linier.

II.4.2.2 GERAKAN FLUIDA PADA SAAT GELOMBANG PECAH

Jauh sebelum gelombang sampai di laut dangkal, kecepatan partikel mendekati horisontal dan konstan terhadap kedalaman, walaupun pada saat *breaking* sacara signifikan kecepatan vertikal air naik hingga puncak gelombang sampai terjadi pecah. Kecepatan partikel pada saat *breaking* dapat diketahui dengan rumus pendekatan seagai berikut :

$$U_{b\,max} = C = \sqrt{g(H+d)} \qquad \text{2.57}$$

Dimana (H + d) adalah jarak dari puncak gelombang pada saat pecah sampai dasar.

II.4.2.3 ARUS ONSHORE OFFSHORE

II.4.2.3.1 TRANSISI ONSHORE OFFSHORE

Dari lapangan dan data percobaan mengindikasikan bahwa air di daerah perairan pantai terbagi oleh garis gelombang pecah menjadi dua massa air yang berbeda dimana hanya terjadi perubahan air yang terbatas. Mekanisme perubahan tersebut terjadi karena :

1. Kecepatan perpindahan massa.
2. Angin yang mempengaruhi permukaan.
3. Gelombang.
4. Arus yang dipengaruhi ketidak teraturan dasar.
5. *Rip current*
6. Arus yang terjadi karena perbedaaan berat jenis.

II.4.3.2 ARUS LONGSHORE

a. Kecepatan Dan Tingkat Aliran.

Aliran arus pada daerah longshore sejajar dengan garis pantai dan dibatasi oleh daerah gelombang pecah dan garis pantai. Secara garis besar arus ini disebabkan oleh komponen – komponen gerakan gelombang yang mendekati garis pantai. Besarnya arus ini berkisar antara 0,3 m/det atau kurang.

Hal yang paling penting dalam mempengaruhi arus longshore ini adalah sudut antara puncak gelombang dan garis pantai. Akan tetapi besarnya aliran arus dan longshore transport tergantung dari tinggi gelombang pecah.

b. Prediksi Kecepatan.

Bervariasinya kecepatan arus yang terjadi sepanjang perairan pantai menyebabkan perkiraan kecepatannya sangat sulit. Berikut ini adalah rumus pendekatan Longuet – Higgins yang digunakan untuk memperkirakan kecepatan arus (SPM Vol I CERC, 1984) :

$$V_b = M_1 \, m \, (g \, H_b)^{1/2} \sin 2\alpha_b \qquad \text{.....2.58}$$

Dimana :

m = Kemiringan pantai

g = Percepatan gravitasi

H_b = Tinggi gelombang pecah

α_b = Sudut antara puncak gelombang dengan garis pantai

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

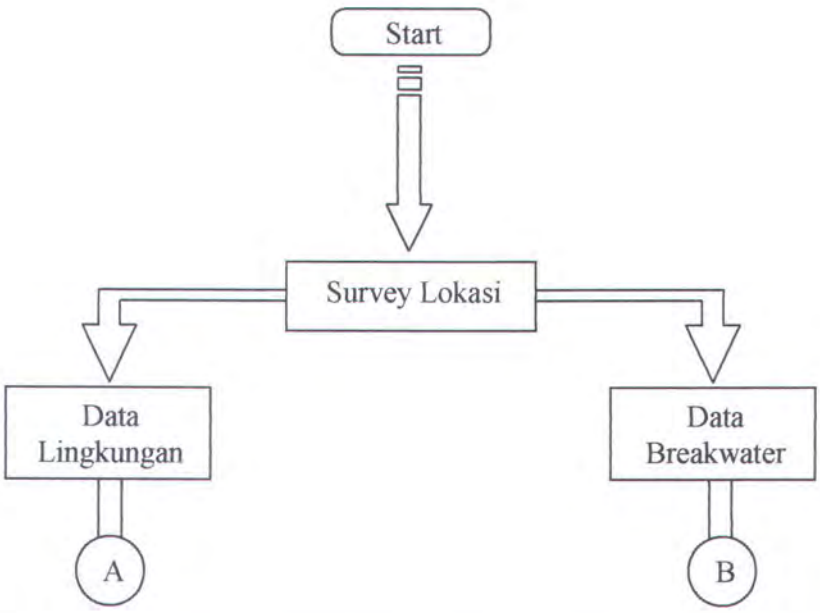
BAB III

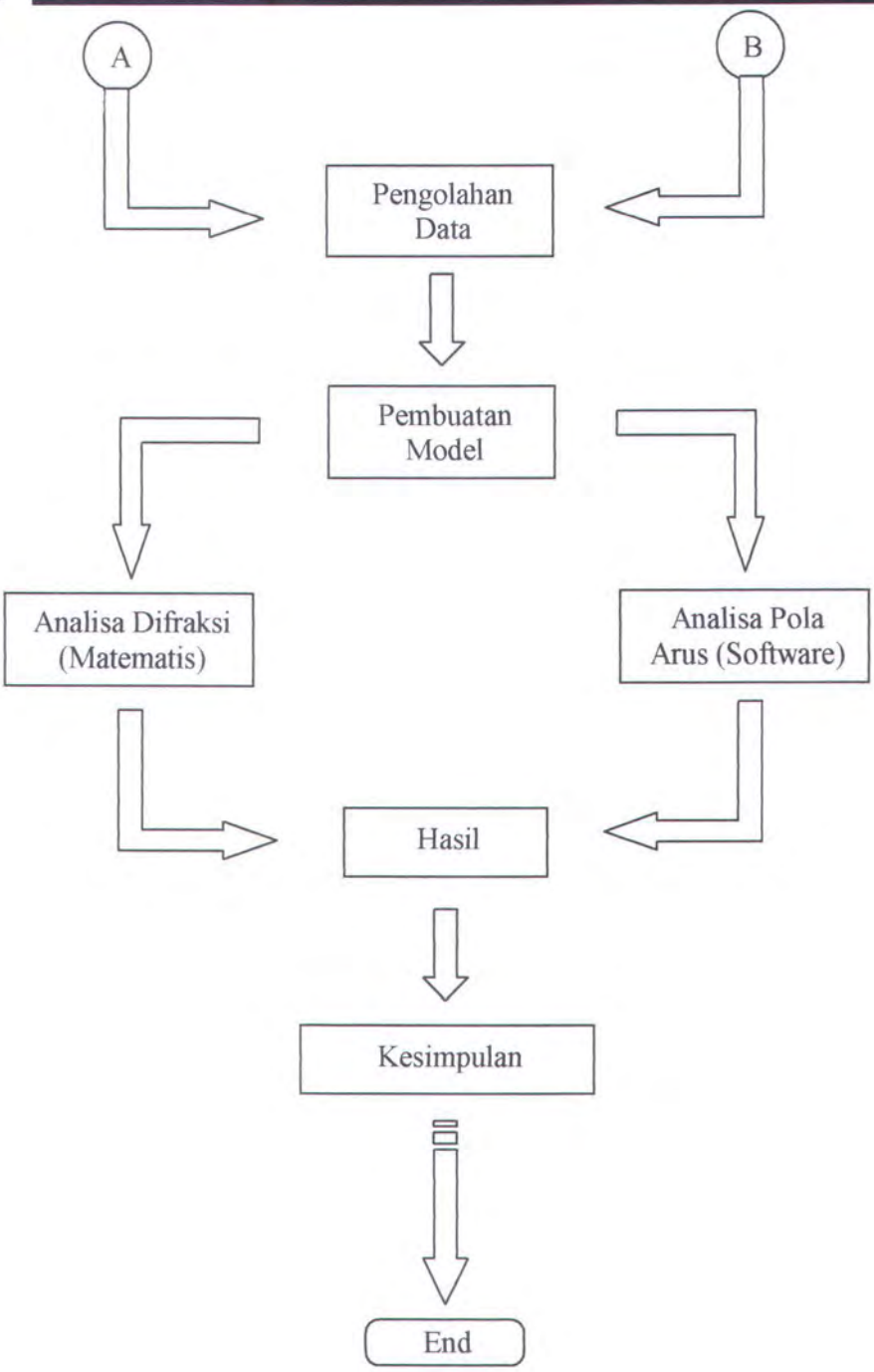
METODOLOGI PENELITIAN

III.1 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang akan dipergunakan untuk analisa dan perencanaan pemecah gelombang di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Puger – Jember adalah dengan mengkaji ulang analisa difraksi dan pola arus yang terjadi pada breakwater yang dibangun dan membandingkannya dengan kondisi awal dan modifikasi breakwater yang didesign kemudian, sehingga dapat diambil kesimpulan effektifitas breakwater dan perlu tidaknya memodifikasi ulang breakwater di pintu masuk PPI – Puger tersebut.

Sebagai salah satu bentuk penulisan ilmiah maka dalam tugas akhir ini disertakan juga bagaimana diagram alur penulisan.




A
B
Pengolahan Data
Pembuatan Model
Analisa Difraksi (Matematis)
Analisa Pola Arus (Software)
Hasil
Kesimpulan
End

Berikut ini adalah urutan pengerjaan secara rinci :

III.1.1 SURVEY LOKASI PEMECAH GELOMBANG

Dalam tahapan ini disamping melakukan pencarian data juga melakukan pengamatan pada lokasi yang ditinjau, dari hasil peninjauan dilokasi, *breakwater* yang dibangun belum menunjukkan kontribusi yang besar dalam mereduksi tinggi gelombang di pintu masuk, beberapa kecelakan bahkan terjadi tepat pada *breakwater* tersebut. Dari pengumpulan data – data yang diperoleh dari Instansi terkait, dan konsultan perencana proyek diperoleh data sebagai berikut :

a. Data - data *breakwater*.

   Data ini adalah data data tentang dimensi *breakwater*, dan *lay outnya*

b. Data - data lingkungan dilokasi.

   Data yang diperlukan dalam analisa adalah data – data gelombang, dan pasang surut.

III.1.2 PENGUMPULAN DATA

Data – data yang diperoleh dari tidak seluruhnya dapat dipakai untuk analisis pada lokasi yang ditinjau oleh karena itu perlu rinci ulang data – data yang diperlukan dengan mempertimbangkan data input yang diperlukan dalam analisa nanti. Dari pengumpulan data ini diperoleh data lingkungan yang diperlukan untuk bahan analisa adalah :

a. Data gelombang yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Data Gelombang (US NAVY)

Tinggi Gelombang	U	TL	T	Tg	S	BD	B	BL	Total
0 - 1	0	0.8	4.7	4.5	2.9	2.3	5	1.7	21.9
1 - 2	0	0.9	6.9	9.7	21	7.7	2.1	0.7	49
2 - 3	0	1.6	4	4.7	7.8	5.2	0	0	23.3
> 3	0.8	0	0	2.9	1.3	0.8	0	0	5.8
Total	0.8	3.3	15.6	21.8	33	16	7.1	2.4	100

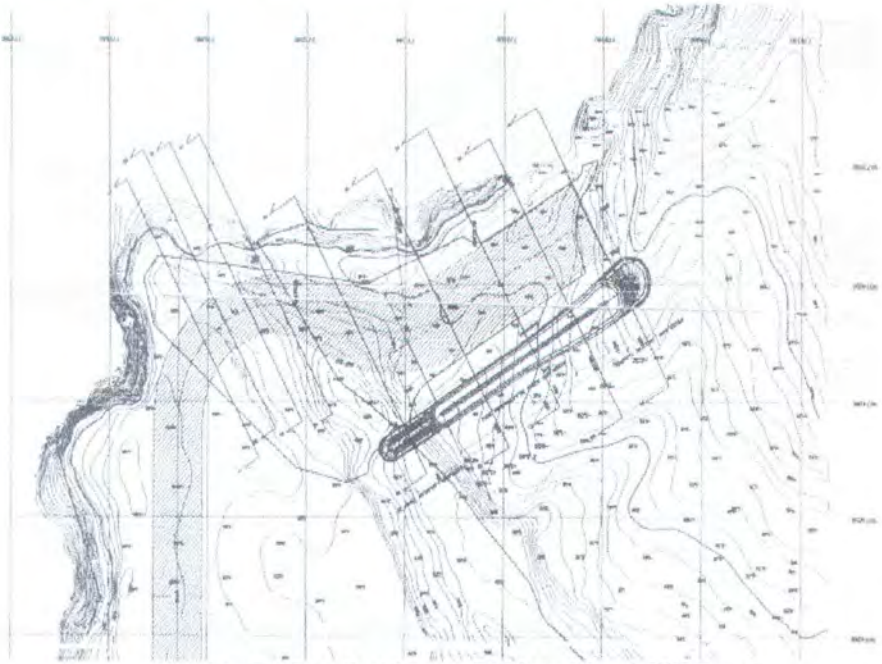
b. Kemudian data pasang surut yang merupakan data pasang surut dengan selang tertinggi sebesar ± 2,16 m dengan pasang tertinggi 3,17 m dan surut terendah 1.01 m :

Tabel 3.2 Data Pasang Surut (PT. Gagas Adi Bagaskarya)

No.	Jam	Elevasi	No.	Jam	Elevasi
1	0:00	2.8	25	12:00	3.17
2	0:30	2.71	26	12:30	3.1
3	1:00	2.62	27	13:00	3.02
4	1:30	2.5	28	13:30	2.8
5	2:00	2.38	29	14:00	2.57
6	2:30	2.18	30	14:30	2.39
7	3:00	1.97	31	15:00	2.2
8	3:30	1.87	32	15:30	2.01
9	4:00	1.77	33	16:00	1.81
10	4:30	1.68	34	16:30	1.6
11	5:00	1.58	35	17:00	1.39
12	5:30	1.51	36	17:30	1.2
13	6:00	1.43	37	18:00	1.01
14	6:30	1.53	38	18:30	1.06
15	7:00	1.62	39	19:00	1.1
16	7:30	1.74	40	19:30	1.27
17	8:00	1.86	41	20:00	1.43
18	8:30	2.1	42	20:30	1.62
19	9:00	2.33	43	21:00	1.81
20	9:30	2.48	44	21:30	1.95
21	10:00	2.63	45	22:00	2.09
22	10:30	2.79	46	22:30	2.28
23	11:00	2.94	47	23:00	2.46
24	11:30	3.06	48	23:30	2.58

MILIK PERPUSTAKAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH - NOPEMBER

c. Data bathimetry yang diperoleh adalah sebagai berkut :

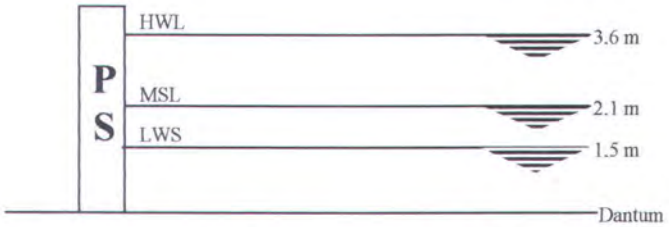


Gambar 3.1 Peta Bathimetry Di Pintu Masuk PPI Puger

d. Data debit air dipintu masuk atau pelawangan

e. *Flow rate* atau debit sungai, dimana untuk kasus di PPI Puger ini sungai dominannya adalah Sungai Bedadung yang berdasarkan laporan PT. Gagas Adi Bagaskara 1999, dari pengamatan selama 10 tahun di stasiun Rawa Tamtu (1973 – 1983) menunjukan debit terbesar Sungai Bedadung adalah 147 m^3/det dan debit minimum 34 m^3/det, jika diambil rata – rata maka besarnya debit Sungai Bedadung adalah sebesar ± 90.5 m^3/det.

f. Elevasi muka air berdasarkan besarnya HWL, MSL, dan LWS.



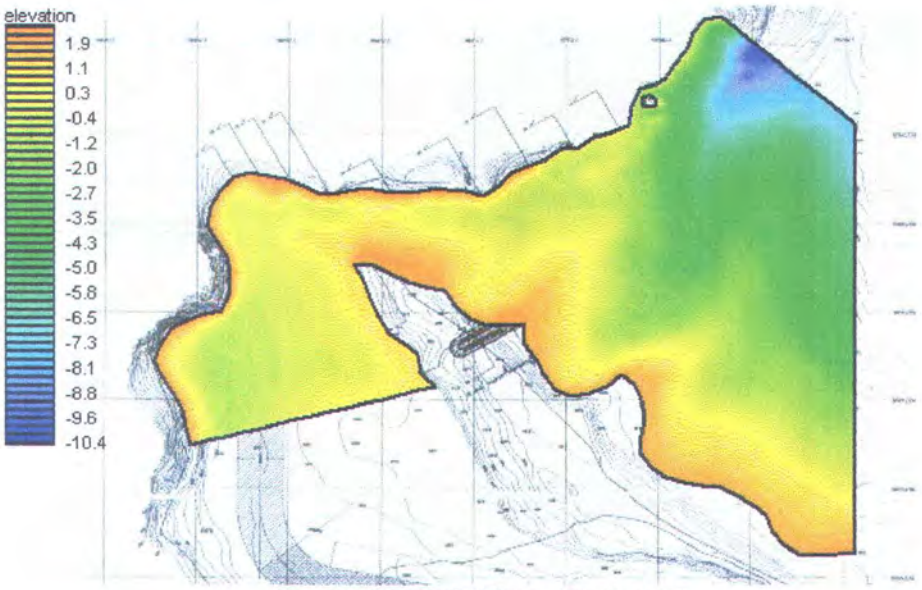
Gambar 4.5. Elevasi HWS, MSL, Dan LWS

Data elevasi diatas merupakan hasil pemantauan PT. Gagas Adi Bagaskara 1999 di PPI Puger – Jember. PS adalah Peil Schall (Alat Ukur Pasang Surut), Dantum adalah titik acuan untuk menentukan elevasi tersebut.

III.1.3 PEMBUATAN MODEL

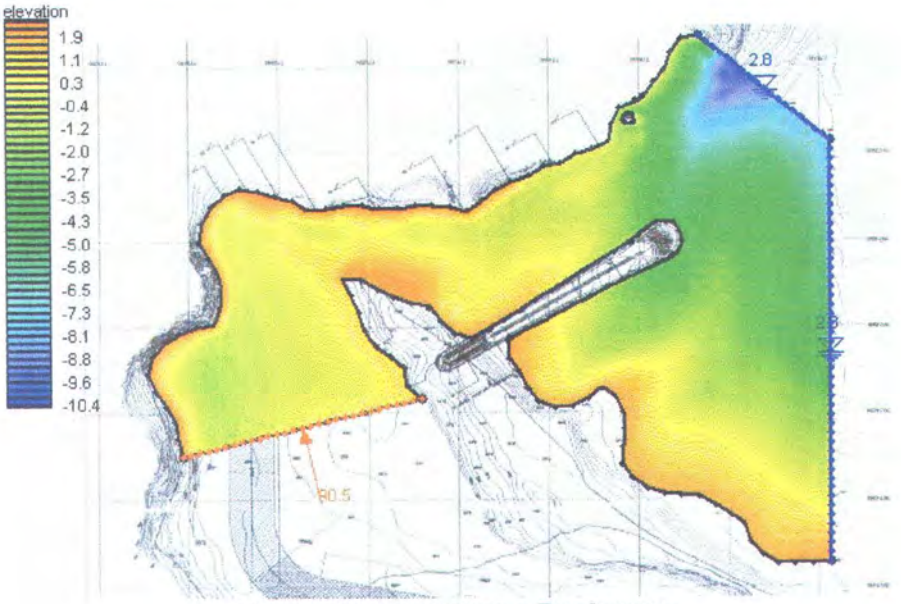
Membuat model yang akan dianalisa lebih lanjut, model – model tersebut adalah :

a. Model pintu masuk tanpa breakwater.



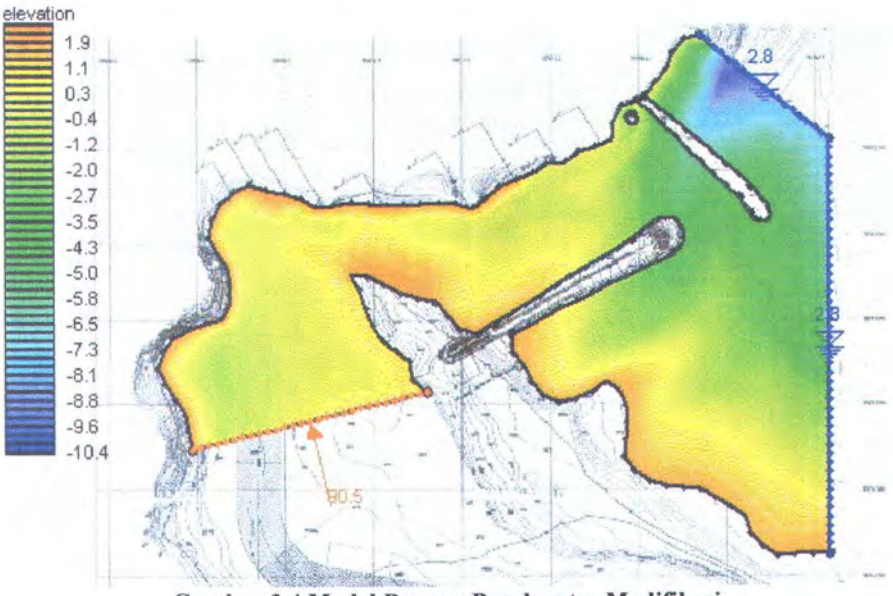
Gambar 3.2 Model Tanpa Breakwater

b. Model pintu masuk dengan breakwater.



Gambar 3.3 Model Dengan Breakwater

c. Model pintu masuk dengan breakwater modifikasi.



Gambar 3.4 Model Dengan Breakwater Modifikasi

III.1.4 ANALISA MODEL

Analisa model ini bertujuan untuk mengetahui :

a. Efektifitas pemecah gelombang atau breakwater dalam mereduksi tinggi gelombang yang terjadi (dengan perhitungan matematis biasa), dalam hal ini analisa difraksi hanya dilakukan terhadap model dengan *breakwater* dan *breakwater* modifikasi, karena difraksi hanya terjadi pada saat gelombang bertemu penghalang baik itu pulau, tanjung, atau struktur buatan seperti *breakwater*.
b. Pengaruh Pemecah gelombang terhadap pola arus (dengan menggunakan program SMS)

III.1.5 KESIMPULAN DAN PENULISAN LAPORAN

Setelah melalui semua tahapan diatas kemudian dapat disimpulkan bagaimana kemampuan masing - masing model dalam mereduksi tinggi gelombang dan bagaimana perubahan masing – masing model ini terhadap pola arus dengan kondisi lingkungan yang sama. Setelah diperoleh data – data dan bahan yang diperlukan untuk penulisan, maka penulisan laporan tugas akhir ini dapat dibuat.

BAB IV
PENGENALAN PROGRAM SMS

BAB IV
GAMBARAN UMUM
SURFACE WATER MODELING SYSTEM (SMS)

IV.1 PENDAHULUAN

SMS adalah pre dan post prosesor untuk pemodelan dan analisa hidrodinamis pada air permukaan. Termasuk juga didalamnya terdapat sarana untuk pemodelan elemen hingga 2D, 2D beda hingga, 3D elemen hingga, dan 1D untuk daerah sungai. Program hidrodinamis ini akan menghitung elevasi muka air dan kecepatan arus untuk permasalahan arus pada pada perairan yang dangkal dan dapat melakukan analisa dalam kondisi dinamis(*dynamic model*) ataupun statis (*steady-state*). Sarana tambahan juga terdapat di SMS untuk pemodelan migrasi atau perpindahan kontaminan dan transport sedimen.

Ada beberapa modul yang digunakan dalam SMS ini yaitu TABS-MD (yang didalamnya berisi GFGEN, RMA2, RMA4, RMA10, SED2D-WES), ADCIRC, CGWAVE, STWAVE, HIVEL2D, FESWMS and WSPRO. Dalam buku panduan ini hanya akan diberikan materi mengenai penggunaan GFGEN untuk pembuatan model, RMA2 untuk analisa pola arus, dan SED2D-WES untuk analisa sedimentasi.

IV.2 MODUL PENDUKUNG SOFTWARE SMS

IV.2.1 SMS RMA2

RMA2 merupakan modul SMS yang memodelkan analisis hidrodinamika, menghitung kecepatan aliran air dan ketinggian permukaan air pada setiap titik *mesh*. RMA2 juga berfungsi untuk menghitung batas-batas dinamis antara daerah basah dan

kering pada model. Pemisahan aliran air dan arus *eddy* (*eddy current*) dapat dimodelkan secara akurat dengan menggunakan modul ini. RMA2, salah satu bagian dari software SMS, telah banyak dimanfaatkan oleh *Army Corps of Engineers* dan para konsultannya. Hasil dari modul RMA2 ini selanjutnya dapat dipakai pada modul RMA4 dan SED2D-WES untuk memodelkan pergerakan pencemaran air dan masalah transport sedimen.

IV.2.2 SMS RMA4

RMA4 merupakan permodelan numerik dengan elemen hingga untuk pergerakan fluida dimana penyebaran konsentrasi kedalaman air diasumsikan sama (*uniform*). Modul ini menghitung konsentrasi unsur-unsur konservatif dan non-konservatif dalam satu atau dua dimensi perhitungan *mesh*. Beberapa aplikasi berfungsi untuk memodelkan kualitas air termasuk diantaranya adalah penyebaran salinitas (kadar garam) secara horisontal, pendeteksian aliran panas pada perairan yang dihasilkan oleh *power plants* (kegiatan industri pantai), menghitung umur pelabuhan atau *basin*, dan mengoptimalkan penempatan *ocean outfall*.

IV.2.3 SMS SED2D-WES

SED2D-WES merupakan modul untuk permodelan transport sedimen, permodelan pengikisan dasar laut (*bed scour*) dan sedimentasi yang disebabkan oleh endapan lempung dan pasir pada dasar laut. Bagian dari output modul ini termasuk diantaranya adalah file modifikasi geometri untuk analisis berulang dengan RMA2.

IV.2.4 SMS FESWMS

FESWMS merupakan modul untuk analisis hidrodinamika yang dibuat untuk FHWA yang menghasilkan pemecahan masalah hidrodinamika seperti modul RMA2. Modul ini mempunyai keunggulan dalam hal kemudahan dalam pengontrolan struktur seperti dam (*weir*), terowongan atau pipa bawah tanah (*culvert*), dan jembatan dermaga. FESWMS dapat dipakai untuk kondisi aliran *subcritical* dan *supercritical*.

IV.2.5 SMS HIVEL2D

HIVEL2D adalah permodelan hidrodinamika dua dimensi yang mendukung kondisi aliran *subcritical* dan *supercritical*. Modul ini dibuat oleh *U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station* untuk memodelkan aliran fluida kecepatan tinggi pada sebuah terusan. HIVEL2D utamanya dimanfaatkan untuk memprediksi dan menganalisis kejadian-kejadian kejutan fluida seperti *hydraulic jumps* dan kemiringan bentuk gelombang laut. Modul ini juga dipergunakan untuk menentukan ketinggian permukaan tumbukan air pada saluran yang berbelok. Output dari modul ini dipakai untuk membuat prediksi yang akurat yang tergantung pada spesifikasi kedalaman perairan di dalam maupun di luar kondisi batasnya. SMS mempunyai *pre* dan *post-processing* untuk HIVEL2D.

IV.2.6 SMS WSPRO

WSPRO adalah model perhitungan *backwater* satu dimensi yang didesain untuk menghitung ketinggian permukaan air yang dilalui *single* dan *multiple bridge* (jembatan) dan ketinggian permukaan air pada terowongan (pipa) bawah tanah dimana keduanya memperhitungkan kondisi daerah aliran sungai pada model termasuk data topografi seperti lembah, jembatan, pipa bawah tanah, jalan setapak di pinggir sungai,

dan jalan raya. Aliran anak sungai ditunjukkan pada area *cross section*, dan bentuk aliran menyebar (*multiple*) dapat dimodelkan menjadi bentuk aliran tunggal (*single*). Bentuk permodelan sungai pada SMS digambarkan seperti diagram alir yang menampilkan semua bentuk persimpangan aliran (*cross section*) disepanjang sungai. Pengguna SMS dapat memilih salah satu elemen persimpangan dan mengeditnya secara grafis. *Tools* yang ada pada SMS dapat digunakan untuk mengkopi dan memodifikasi *cross sections*. Sebagai tambahan, SMS dapat menampilkan bentuk permukaan air dan perubahan energi pada diagram *cross sections* dan *profile plot*. WSPRO dapat juga digunakan untuk membuat tabel yang dapat diakses lebih dari tiga pemakai dimana tabel tersebut menggambarkan hasil permodelan di sepanjang sungai. Selain output dari permodelan aliran sungai, WSPRO juga dapat difungsikan untuk menganalisis terjadinya pengikisan (*scour*) dasar laut dan kikisanan maksimum (*maximum scour*) yang terjadi pada dermaga, jembatan dermaga, dan pantai terbuka.

IV.2.7 SMS STWAVE

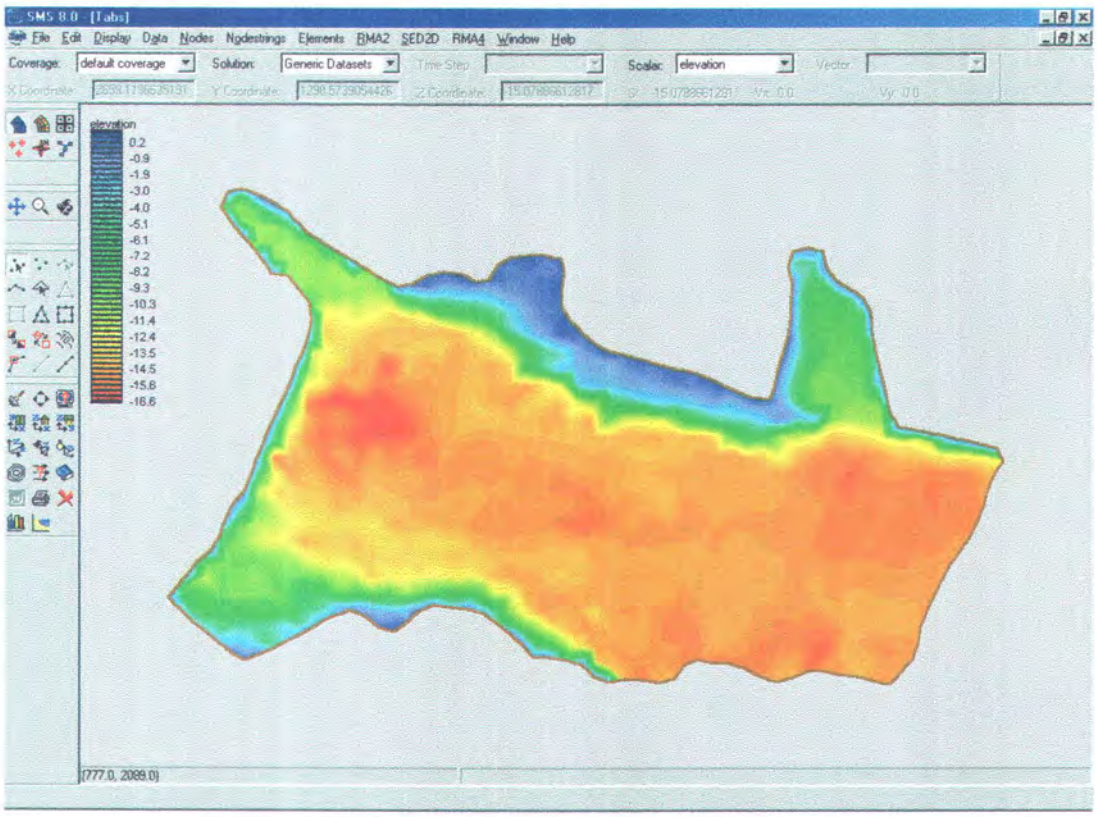
STWAVE adalah *a finite-difference coastal model* yang didesain untuk menganalisis perambatan dan pergerakan angin dan gelombang pada daerah pantai (*near-shore*) termasuk diantaranya pengaruh angin terhadap pantai, gelombang pecah, *white capping*, interaksi antar gelombang, dll.

IV.2.8 SMS ADCIRC

ADCIRC adalah permodelan kedalaman-terpadu lautan dua dimensi, permodelan panjang gelombang yang disebabkan oleh tekanan udara pada setiap waktu, dan model sirkulasi hidrodinamika. Modul ini dapat diaplikasikan pada laut dalam, landas kontinen (*continental shelves*), daerah pantai, dan area *estuarine*.

IV.3 Tampilan (*Inteface*) SMS

Berikut ini merupakan adalah tampilan utama SMS untuk TABS Modul yang berisi modul – modul GFGEN, RMA2, SED2d-WES, RMA4, dan RMA10. Didalam tampilan utama ini terdapat menu utama yaitu File, Edit, Display, Data dst. Juga terdapat toolbox pada bagian kiri window, dimana toolbox ini terbagi dari empat bagian yaitu bagian atas terdiri dari Mesh Module, Boundary grid Module, Cartesian Grid module, Scatter Module, Map Module, Dan River Module.



Gambar 4.1 Tampilan Utama SMS

Berikutnya adalah tool yang digunakan untuk melihat model seperti Pan View, Zoom, dan Rotate. Dibawah tool box ini terdapat tool – tool yang digunakan untuk membuat dan memperbaiki model seperti tool untuk node, elemen, node string dan lain – lain. Kemudian toolbox berikutnya berisi tool untuk refresh, frame the extend of the data to the window, display option dst.

IV.3.1 ToolBox SMS

Toolbox yang tersedia pada SMS jika dipisahkan dari toolbar adalah sebagai berikut :

1. Modules, terdapat enam module yang tersedia dari kiri ke kanan Mesh Module, Boudary Grid Module, Cartesian Grid Module, Scatter Module, Map Module, dan 1D Module.

2. Static Tools, ini berisi tools yang tidak akan berubah pada semua module, berfunsi untuk memanipulasi tampilan. Pan tool, Zoom, dan rotate.

3. Dynamic Tools, berisi tools yang digunakan untuk membuat atau memodifikasi model, isinya sesuai dengan module. Select Node, Create node, Select NodeString, Create Node String, Select Elemen, Create Linier Triangle, Create Linier Quadrilateral, Create Quadratic Triangle, Create Quadratic Quadrilateral, Create Quadratic – $9^{(*)}$, Swap Edge, Split/Merge, Contour Label, Select pier$^{(*)}$, Create Pier$^{(*)}$. * untuk FESWMS Model.

4. Macros, ini adalah shortcut untuk menu yang sering digunakan.

IV.3.2 EDIT WINDOW

Digunakan untuk memperlihatkan dan atau mengganti koordinat dan untuk mengganti data yang ditampilkan (active coverage), Solusi, scalar dan vector data sets, dan time step yang aktif.

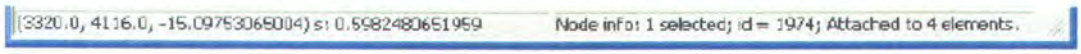
IV.3.3 MENU BAR

Menu ini digunakan untuk perintah – perintah yang tersedia untuk mengganti data. Menu yang diperlihatkan tergantung dari module yang aktif dan model numerik.

IV.3.4 STATUS BAR

Ada dua jenis status bar pada bagian bawah interface SMS, yang berwarna merah dan meminta mengidentifikasikan perintah yang akan dilakukan.

Dan yang berwarna hitam yang dipisahkan menjadi dua bagian yang sebelah kiri berisi koordinat mouse, sedangkan sebelah kanan berisi informasi dari obyek yang dipilih.



IV.4 Langkah-langkah Pembuatan Model dalam SMS

Langkah-langkah untuk membuat model hidrodinamika dalam SMS adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan *scatter point set* bathymetri data dari salah satu sumber berikut:
   - data dari sumber luar seperti data hasil survei atau peta elevasi digital;
   - titik-titik digital dari hasil scan peta topografi.
2. Menentukan bentuk *mesh* dengan membuat triangulasi dari data jika diperlukan.
3. Membuat kumpulan (*set*) fitur *arcs* dan *points* sepanjang fitur-fitur penting topografi seperti terusan, *ridge*, batas daerah material, struktur pengontrol aliran, dll. dengan salah satu cara seperti berikut:
   - *on-screen digitizing* dari gambar tipe TIFF;
   - konversi dari file DXF (dari AutoCAD);
   - *on-screen digitizing* dengan memanfaatkan kontur dari *mesh*.
4. Membuat poligon yang meliputi zona material didalam daerah obyek berdasarkan fitur-fitur *arcs* dan *points* yang telah dibuat sebelumnya.
5. Menandai parameter-parameter *mesh* pada poligon, *arcs*, dan *points* dengan jalan sebagai berikut :
   - menandai ukuran daerah tepi elemen yang berdekatan dengan setiap fitur *point*;
   - mendistribusikan titik-titik puncak sepanjang fitur *arcs* untuk tanda densitas. Densitas elemen pada ujung *mesh* sama dengan densitas pada puncak *arcs*;
   - menentukan teknik-teknik *mesh* pada setiap daerah *mesh* yang belum sepenuhnya lengkap/ berlubang.

6. Menentukan kondisi batas pada fitur-fitur *points, arcs,* dan poligon dengan ketentuan sebagai berikut :
   - *points* mungkin ditandai dengan kecepatan atau *head values*;
   - *arcs* mungkin ditandai dengan aliran, *head*, atau status *flux*;
   - poligon mungkin ditandai dengan fungsi elevasi tertinggi.

7. Menentukan jenis material dan menandai jenis material pada setiap poligon, contoh material properti adalah *eddy viscosities, manning'SMS values,* dan *Peclet number.*
8. Membuat elemen dari poligon-poligon dan fitur-fitur lain yang telah dibuat dengan memakai *scatter points* untuk menentukan ketinggian *mesh.*
9. Memeriksa kualitas *mesh* dan memperbaiki *mesh* jika ada kesalahan dengan memodifikasinya dan mengulang langkah 3 sampai 7 atau mengedit *mesh* secara manual.
10. Pemberian nomer *mesh* kembali untuk mengoptimalkan performa secara numerik.
11. Menentukan parameter model seperti kontrol iterasi, waktu simulasi, unit-unit model, kontrol output, dll. dengan menyeleksi model. Untuk FESWMS, langkah ini dikerjakan dengan memakai *FESWMS Control Dialog.*
12. Menentukan struktur pengontrol aliran seperti dermaga, pipa bawah tanah, dan teluk yang sempit. Untuk TABS langkah ini dilakukan dengan elemen satu dimensi, sedangkan untuk FESWMS adalah dengan memakai *tools* yang telah

disediakan SMS untuk memasukkan struktur pengontrol aliran tersebut dalam *mesh*.

13. Menjalankan *appropriate model checker* untuk meneliti model.
14. Menjalankan program SMS dengan mode FLO2DH atau TABS.
15. Mengambil file hasil program dengan *data browser* dan memeriksa hasil analisis program.

BAB V
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

BAB V
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dari hasil survey lapangan dan pengumpulan data di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Puger diperoleh data – data yang diperlukan dalam pengkajian ulang dan perencanaan breakwater sebagai berikut :

1. Peta *Bathimetry* dipantai puger baik sebelum ataupun setelah ada breakwater dan setelah ada breakwater, peta ini akan digunakan sebagai data input untuk analisa pola arus dan difraksi gelombang di daerah ini.
2. Data gelombang dan pasang surut di PPI – Puger, perlu diketahui bahwa analisa pola arus dengan menggunakan SMS ini hanya bisa dilakukan dengan memasukkan data input elevasi pasang surut dan debit sungai.

V.1 PERHITUNGAN GELOMBANG

Data gelombang yang dipakai dalam anlisa ini adalah data gelombang dari US NAVY, Marine Climate Atlas OF The Worlds Vol. 3 Indian Ocean (1976), JICA (1989). Yang dapat kita lihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 5.1 Data Gelombang

Tinggi Gelombang	U	TL	T	Tg	S	BD	B	BL	Total
0 - 1	0	0,8	4,7	4,5	2,9	2,3	5	1,7	21,9
1 - 2	0	0,9	6,9	9,7	21	7,7	2,1	0,7	49
2 - 3	0	1,6	4	4,7	7,8	5,2	0	0	23,3
> 3	0,8	0	0	2,9	1,3	0,8	0	0	5,8
Total	0,8	3,3	15,6	21,8	33	16	7,1	2,4	100

Dari data diatas dapat dilihat bahwa kecenderungan gelombang dominan adalah pada arah selatan dengan jumlah kejadian 33 % dari total kejadian. Dengan demikian dapat dilakukan perhitungan gelombang signifikan yang terjadi di PPI Puger. Untuk lebih jelasnya mengenai perhitungan gelombang signifikan dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 5.2 Perhitungan Gelombang Signifikan Untuk Semua Arah

Tinggi Gelombang	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut
0,5	0	8	47	45	29	23	50	17
1,5	0	9	69	97	210	77	21	7
2,5	0	16	40	47	78	52	0	0
3,5	8	0	0	29	13	8	0	0
Σ N	8,0	33,0	156,0	218,0	330,0	160,0	71,0	24,0
1/3 × N	3	11	52	73	110	53	24	8
Hs (m)*	3,5	2,5	2,3	2,9	2,4	2,6	1,4	1,4

*Hs adalah nilai rata – rata dari 1/3 Gelombang terbesar

Dari tabel diatas diperoleh Hs = 2,4 m dan T = 8 det untuk arah dominan yaitu selatan, dalam penjalarannya kearah pantai gelombang mengalami deformasi sehingga perlu untuk melakukan perhitungan refraksi dan shoaling.

V.1.1 ANALISA REFRAKSI DAN SHOALING

Analisa refraksi dilakukan pada kedalaman 5 m dimana struktur akan dibangun, sehingga :

$$Lo = 1{,}56\ T^2$$

$$= 1{,}56\ (8)^2$$

$$= 99{,}84\ m$$

Co = Lo / T

= 12,48 m / det

d/Lo = 0,05

Kemudian dicari nilai – nilai d/L, Kr, dan Ks dengan menggunakan tabel L – 1 (Triatmodjo, 1999)

d/L = 0,09416

Kr = 0,8473

Ks = 1,023

Sehingga tinggi gelombang pada kedalaman 5 m :

Ho = Hs.Kr.Ks

= 2,0803 m

L = 53,1011 m

C = L / T

= 6,6376 m / det

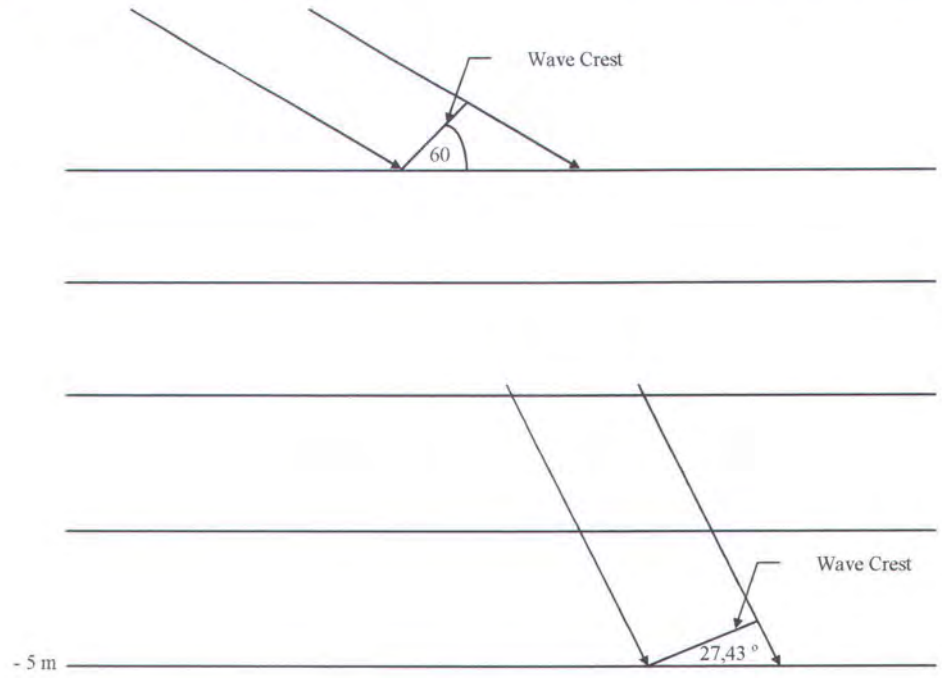
Dari rumus : $\frac{C}{Co} = \frac{Sin\,\alpha}{Sin\,\alpha_o}$

Dimana α_o = 60 °

Sehingga $Sin\,\alpha = \frac{C}{Co} Sin\,\alpha_o$

= 0,460603

Jadi α = 27,43 °



Gambar 5.1 Proses Refraksi Yang Terjadi

V.1.2 PERHITUNGAN LETAK BREAKING WAVE

Letak breaking wave ini diperhitungkan untuk menentukan letak breakwater yang harus diletakkan sebelum terjadi breaking wave ini. Dari Wind Rose arah angin dominan juga merupakan arah gelombang dominan dimana untuk kasus ini arah gelombang dominan yang terjadi adalah dominan adalah arah gelombang 60° sehingga perhitungan yang dilakukan hanya pada arah tersebut :

$H_o^{'}$ = 2,08 m

T = 8 detik

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{5,3}{9,81 \times 8^2} = 0,008$$

m = 0,02

Dari grafik hubungan antara $\frac{H'_0}{gT^2}$ dan $\frac{Hb}{H'_0}$ untuk slope 1 : 50 diperoleh :

$$\frac{Hb}{H'_0} = 1{,}05$$

sehingga tinggi gelombang pecah adalah :

$$Hb = 1{,}05 \times H'_0 = 1{,}05 \times 2{,}08 = 2{,}18 \text{ m}$$

$$\frac{Hb}{gT^2} = \frac{2{,}18}{9{,}81 \times 8^2} = 0{,}0035$$

kedalaman gelombang pecah dapat diketahui dari grafik hubungan $\frac{Hb}{gT^2}$ dengan $\frac{db}{Hb}$ untuk slope 0,02 adalah :

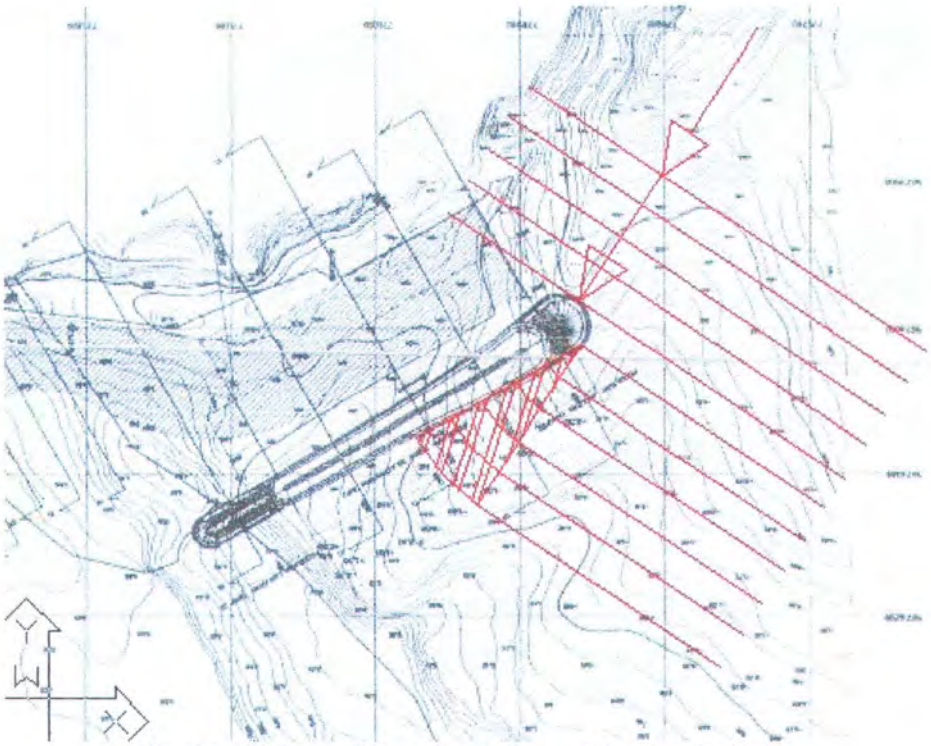
$\frac{db}{Hb} = 1{,}14$ sehingga $db = 1{,}14 \times Hb = 2{,}49$ m

Jadi Hb = 2,18 m

db = -2,49 m

V.1.3 ANALISA DIFRAKSI

Pada layout breakwater lama analisa difraksi di pelawangan tidak dapat dilakukan karena jika ditinjau dari arah gelombang, difraksi justru terjadi di sisi kanan dari breakwater, sementara pelawangan atau pintu masuk PPI Puger terletak di sisi kiri breakwater untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.2 , pada gambar tersebut terlihat jelas dari arah gelombang (tanda panah) yang menuju pintu masuk sama sekali tidak mengalami difraksi, daerah yang mengalami difraksi dengan lay out tersebut adalah di bagian yang diarsir dimana puncak gelombang (garis sejajar merah) mengalami perubahan arah dan tinggi gelombang.



Gambar 5.2 Proses Difraksi pada Lay out Breakwater Lama

Dari gambar rencana lay out dapat diketahui parameter – parameter yang digunakan dalam perhitungan difraksi adalah sebagai berikut :

Arah gelombang terhadap Breakwater θ : 117,43 ^{o}

Sudut antara titik A dengan Breakwater β : 45 ^{o}

Jarak titik A dengan ujung Breakwater **r** : 141,4 m.

Dengan demikian maka dapat dicari nilai r / L = 2.7, dimana L adalah panjang gelombang pada ujung breakwater sehingga kemudian dapat dicari nilai Kd, atau koefisien difraksi untuk mengetahui besarnya gelombang akibat adanya breakwater tersebut.

Tabel 5.3 Nilai Kd Untuk r / L 2,7

Nilai Kd setelah di Interpolasikan

r / L	β (derajat)		
	105	120	117.43
2	0.170	0.140	0.145
5	0.110	0.090	0.093
2.7	0.156	0.128	0.133

Kemudian dari hasil pembacaan Tabel Weigel – Sorensen dan interpolasi dari tabel diatas diperoleh Kd = 0,133

Sehingga besarnya gelombang pada Titik A adalah :

Ha = Ho x Kd

= **0,320914 m. ≈ ± 32 cm.**

Perhitungan difraksi dipintu masuk atau pelawangan dengan layout breakwater lama tidak dapat dilakukan karena arah datang gelombang terhadap breakwater dan justru menyebabkan refleksi atau pemantulan yang mengakibatkan naiknya tinggi gelombang di pintu masuk atau pelawangan.

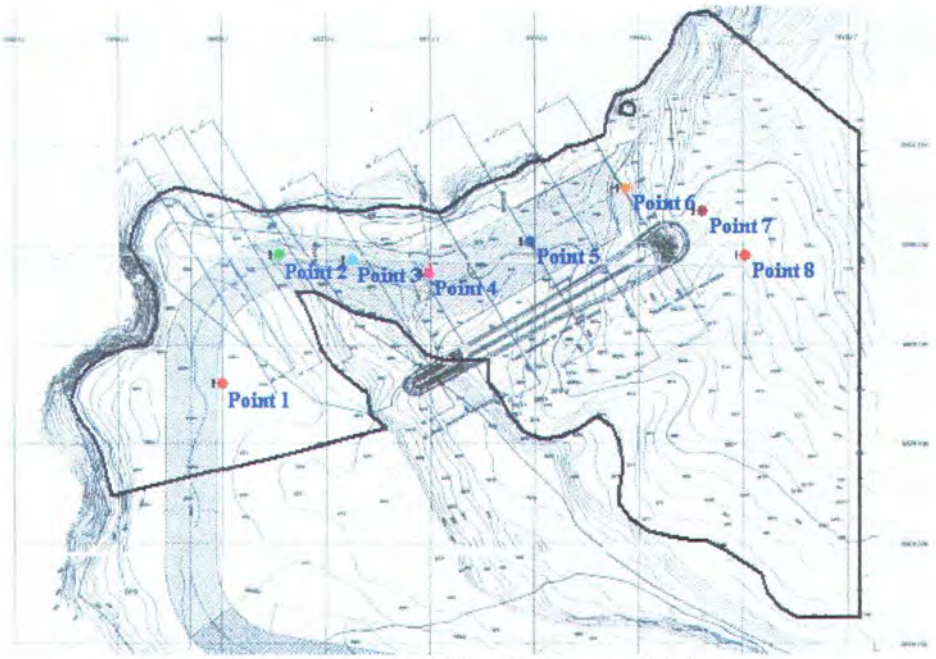
V.2 ANALISA POLA ARUS

Analisa pola arus di pintu masuk PPI – Puger sebagai mana telah disebutkan pada bab sebelumnya menggunakan tiga model yaitu model dengan model tanpa breakwater, dengan breakwater dan dengan breakwater modifikasi. Dalam pelaksanaan analisa ini digunakan dua kondisi untuk masing – masing model, yaitu kondisi muka air tenang dengan perincian pada saat muka air tertinggi, muka air rata – rata, dan muka air terendah. Analisa dengan kondisi ini disebut juga *Steady Analisys*. Kondisi kedua adalah kondisi dinamis dimana analisis dilakukan dengan adanya perubahan elevasi

muka air setaip perubahan waktu yang dalam hal ini perubahan waktu yang terjadi disebut time step yang besarnya adalah 0,5 jam. Jadi perubahan elevasi muka air laut ini akan berubah setiap 0,5 jam sampai dengan waktu maksimum yang ditetapkan yaitu selama 24 jam. Untuk memudahkan proses analisa ditentukan titik – titik atau lokasi yang ditentukan, kemudian dilihat perubahan di masing – masing titik ini untuk semua model pada saat *steady analisys* maupun *dynamic analisys*. Penentuan titik – titik ini didasarkan pada perubahan lay out breakwater, dengan demikian dapat diketahui perubahan kecepatan arus akibat perubahan lay out tersebut. Letak titik – titik tersebut dapat dilihat pada gambar 5.1 dimana pada pada lokasi tersebut akan dimonitor bagaimana perubahan kecepatan pada saat *steady analisys* dan *dynamic analisys*. Jumlah titik – titik yang di tinjau secara keseluruhan adalah 8 titik dimana koordinat lokal masing – masing titik tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.4 Koordinat Titik Yang Ditinjau

Point	Koordinat		Keterangan
	X	Y	
1	102	875	Mewakili daerah di bagian dalam pintu masuk
2	157	997	Mewakili daerah penyempitan di pintu masuk
3	227	993	
4	301	980	
5	398	1010	Mewakili daerah penyempitan akibat breakwater lama
6	491	1060	
7	564	1038	Mewakili daerah penyempitan akibat breakwater modifikasi
8	605	996	



Gambar 5.3 Letak Titik – Titik Yang Ditinjau

Sebelum dilakukan running program SMS untuk mendapatkan pola arus dan kecepatannya, terlebih dahulu memasukkan data input yang diperlukan dalam analisa ini, adapun data – data tersebut adalah sebagai berikut :

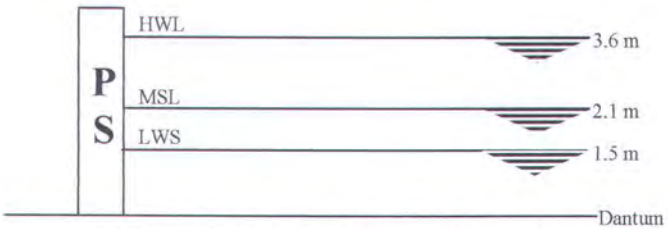
1. *Flow rate* atau debit sungai, dimana untuk kasus di PPI Puger ini sungai dominannya adalah Sungai Bedadung yang berdasarkan laporan PT. Gagas Adi Bagaskara 1999, dari pengamatan selama 10 tahun di stasiun Rawa Tamtu (1973 – 1983) menunjukan debit terbesar Sungai Bedadung adalah 147 m^3/det dan debit minimum 34 m^3/det, jika diambil rata – rata maka besarnya debit Sungai Bedadung adalah sebesar ± 90.5 m^3/det.
2. *Data* pasang surut, data ini diambil dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh PT. Tahun hasil pengukuran yang digunakan pada simulasi dengan SMS ini diambil hasil pengukuran yang memiliki beda pasang dan surut yang tertinggi berdasrkan asumsi bahwa akan terjadi perubahan kecepatan yang cukup signifikan. Data pasang surut yang dimaksud dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini :

Tabel 5.5 Data Pasang Surut

Waktu (Jam)	Elevasi (m)	Waktu (Jam)	Elevasi (m)
0	2.8	12	3.17
0.5	2.71	12.5	3.1
1	2.62	13	3.02
1.5	2.5	13.5	2.8
2	2.38	14	2.57
2.5	2.18	14.5	2.39
3	1.97	15	2.2
3.5	1.87	15.5	2.01
4	1.7	16	1.81
4.5	1.68	16.5	1.6
5	1.58	17	1.39
5.5	1.51	17.5	1.2
6	1.43	18	1.01
6.5	1.53	18.5	1.06
7	1.62	19	1.1
7.5	1.74	19.5	1.27
8	1.86	20	1.43
8.5	2.1	20.5	1.62
9	2.33	21	1.81
9.5	2.48	21.5	1.95
10	2.63	22	2.09
10.5	2.79	22.5	2.28
11	2.94	23	2.46
11.5	3.06	23.5	2.58

MILIK PERPUSTAKAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH - NOPEMBER

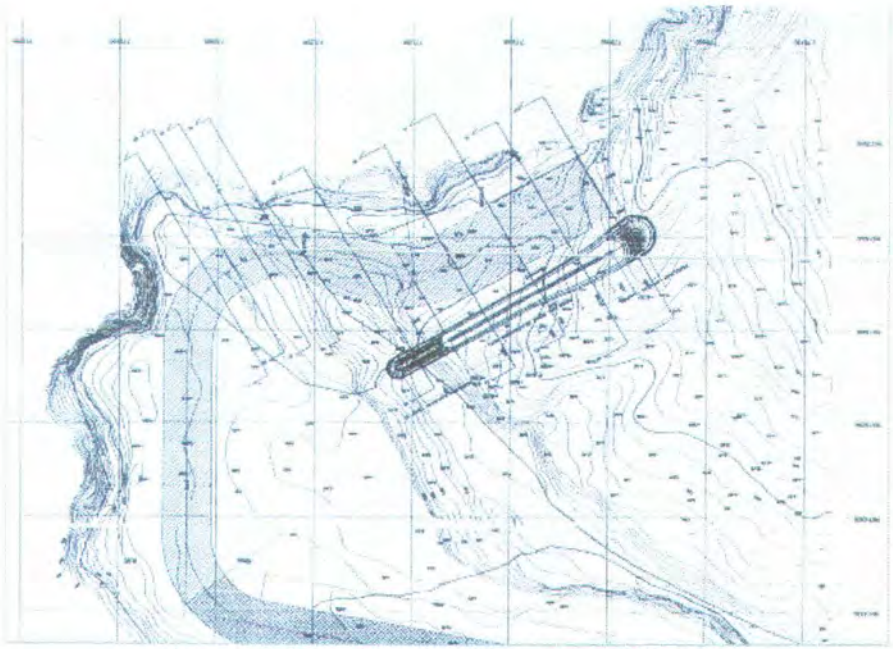
3. Elevasi muka air berdasarkan tinggi elevasi HWL, MSL, dan LWS, untuk simulasi pada kondisi *steady analisys*. Data elevasi muka air ini juga berdasarkan atas laporan PT. Gagas Adi Bagaskara 1999 di PPI Puger. Dimana untuk HWL tinggi elevasi airnya adalah 3,6 m, tinggi MSL 2,1 m, dan LWS adalah sebesar 1,5 m. Data tersebut juga ditampilkan sebagi gambar berikut ini :



Gambar 5.4 Data HWL, MSL dan LWS

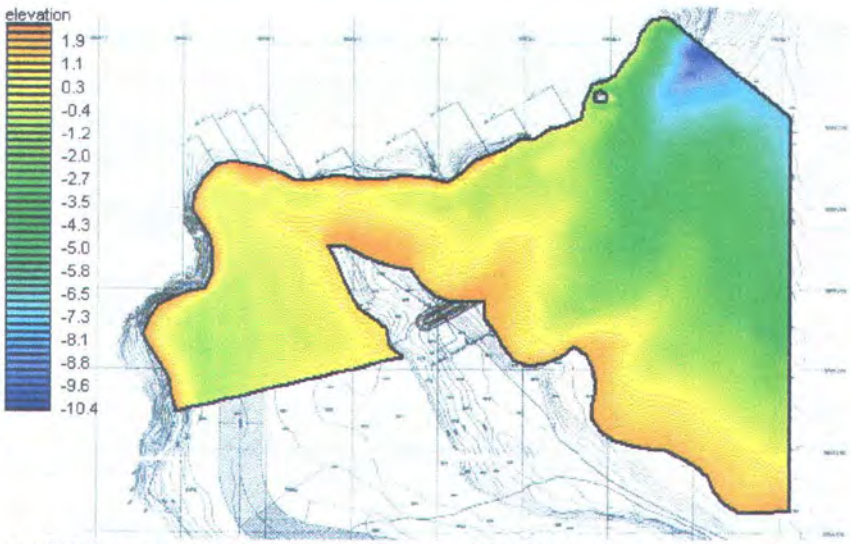
4. Data Bathymetri, data ini diperoleh dalam bentuk gambar kontur di PPI Puger. Dari data gambar ini kemudian dilakukan proses scanning sehingga diperoleh data

dalam bentuk digital, dari data digital ini kemudian dimasukkan data – data elevasi dasar laut kedalam SMS yang kemudian dihasilkan kontur. Berikut ini adalah data kontur yang telah di digitasi :



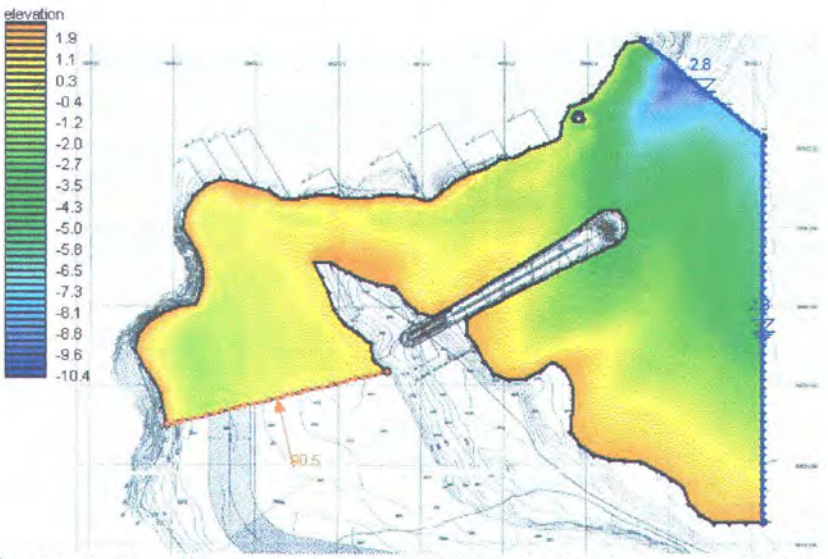
Gambar 5.5 Data Kontur di Pintu Masuk PPI Puger

Dari data tersebut diatas kemudian dilakukan input data kontur dengan menandai masing – masing garis kontur diatas hingga kemudian menjadi data kontur tersebut dapat dikenali oleh program SMS, hingga menjadi model sebagai berikut :



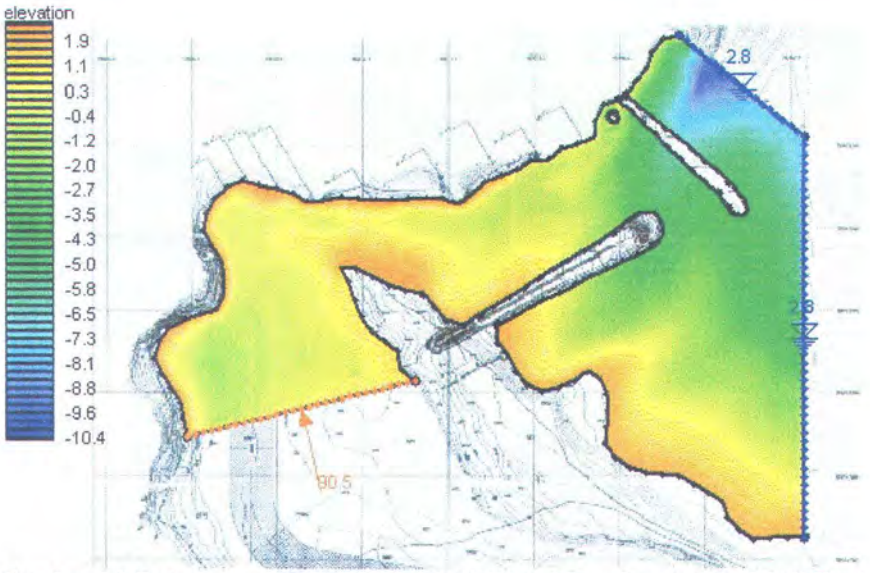
Gambar 5.6 Data Kontur Hasil Digitasi Dengan SMS Model Tanpa Breakwater

Data kontur diatas adalah data kontur untuk model dengan kondisi tanpa breakwater, pada gambar tersebut tampak elevasi permukaan dasar sungai dan laut digambarkan dengan pewarnaan yang berbeda untuk setiap elevasi, dimana untuk melihat elevasi untuk masing – masing warna dapat dilihat pada legend warna dibagian kiri gambar. Berikut ini juga merupakan hasil digitasi kontur dasar di PPI Puger, untuk model dengan kondisi eksisting, dimana pada model ini terdapat breakwater yang sebenarnya ada di lokasi. Pada kondisi ini tampak terlihat breakwater hasil digitasi tepat berada pada gambar breakwater dari hasil scanning, dalam hal ini ukuran breakwater model sudah sama dengan ukuran perencanaan karena skala yang digunakan di SMS untuk semua model adalah 1 : 1 sehingga ukuran jarak dan ketinggian tanah dan air adalah sama dengan kondisi sebenarnya.



Gambar 5.7 Data Kontur Hasil Digitasi SMS Model Dng Breakwater Eksisting

Selanjutnya model yang di analisa adalah model dengan kondisi pemodifikasian lay out breakwater, dalam hal ini breakwater yang ada ditambah lagi untuk mengakomodir arus dan gelombang yang menyebabkan sering terjadi kecelakaan di pintu masuk PPI Puger.



Gambar 5.8 Data Kontur Hasil Digitasi SMS Model Dng Breakwater Modifikasi

5. Data – data lain yang dibutuhkan adalah data temperatur air, dimana diambil temperatur air normal ± 35 ^{o}C, data material propertis model dilakukan dengan memakai otomatisasi Peclet Number. Koefisien kekasaran untuk kondisi dasar dominan pasir adalah 0.166667 dan koefisien manning adalah 0,04.

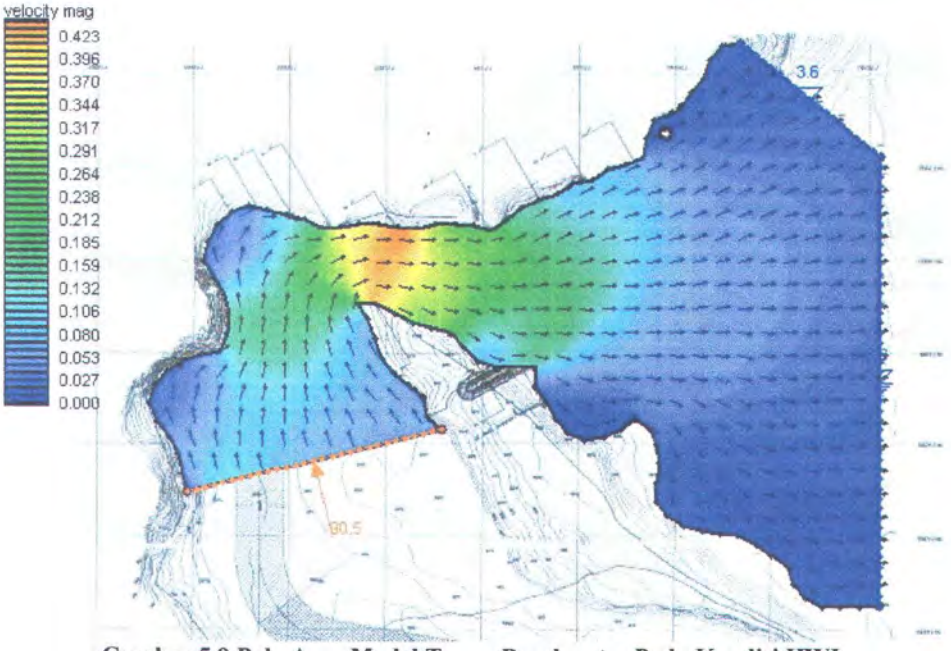
V.2.1 POLA ARUS MODEL TANPA BREAKWATER

Seperti telah disebutkan diatas maka model tanpa breakwater merupakan model yang akan ditinjau perubahan arusnya dengan kondisi – kondisi yang telah ditentukan diatas. Model tanpa breakwater ini adalah model dengan tanpa mengikut sertakan struktur pelindung yang ada dalam hal ini adalah breakwater lama ataupun modifikasi.

V.2.1.2 KONDISI MUKA AIR TENANG TANPA BREAKWATER

Pola arus pada kondisi muka air tenang adalah analisa pola arus *steady analisys*, maka analisa yang dilakukan dengan elevasi muka air yang tetap, dan waktu yang tetap.

Berikut ini adalah besarnya pola dan kecepatan arus dengan kondisi muka air tenang pada model tanpa breakwater untuk kondisi HWL, MSL dan LWS.



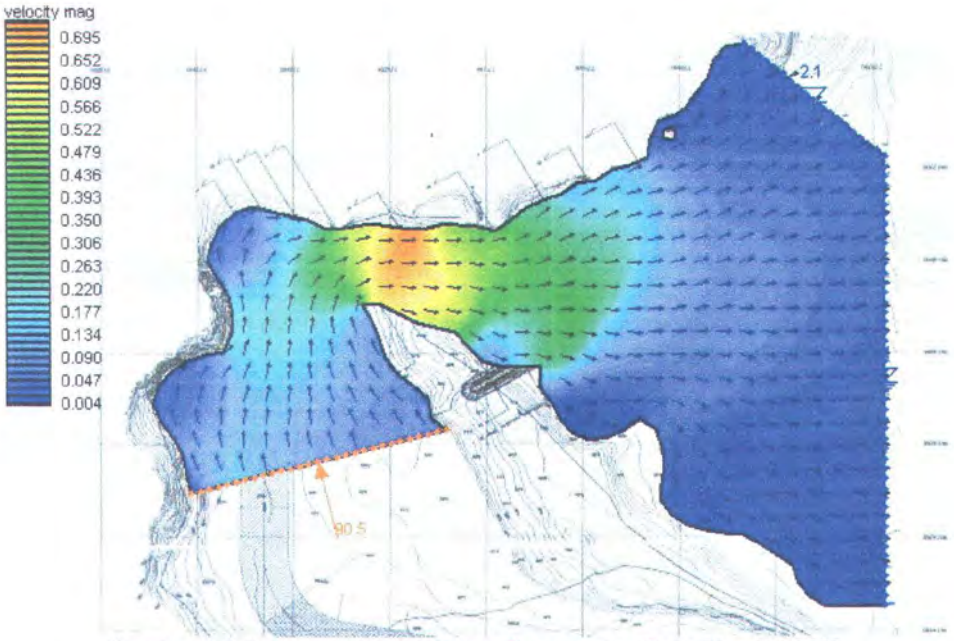
Gambar 5.9 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Kondisi HWL

Pada gambar diatas tampak terjadi kecepatan arus terbesar berada di daerah yang besarnya adalah 0.44 m/det, kecepatan minimum pada kondisi ini adalah 0.000085 m/det, dan kecepatan rata – rata 0.079 m/det. Kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau adalah sebagai berikut :

Tabel 5.6 Kecepatan Arus Di Titik Yang Ditinjau Model Tanpa Breakwater Saat HWL

Point	V (m/det)
1	0.115
2	0.331
3	0.383
4	0.254
5	0.152
6	0.076
7	0.047
8	0.048

Dari tabel 5.5 kecepatan terbesar pada model ini terjadi di point 3 sebesar 0,383 yang terletak di daerah penyempitan, dan kecepatan terendah terjadi di point 7 yang besarnya 0,47 m/det.



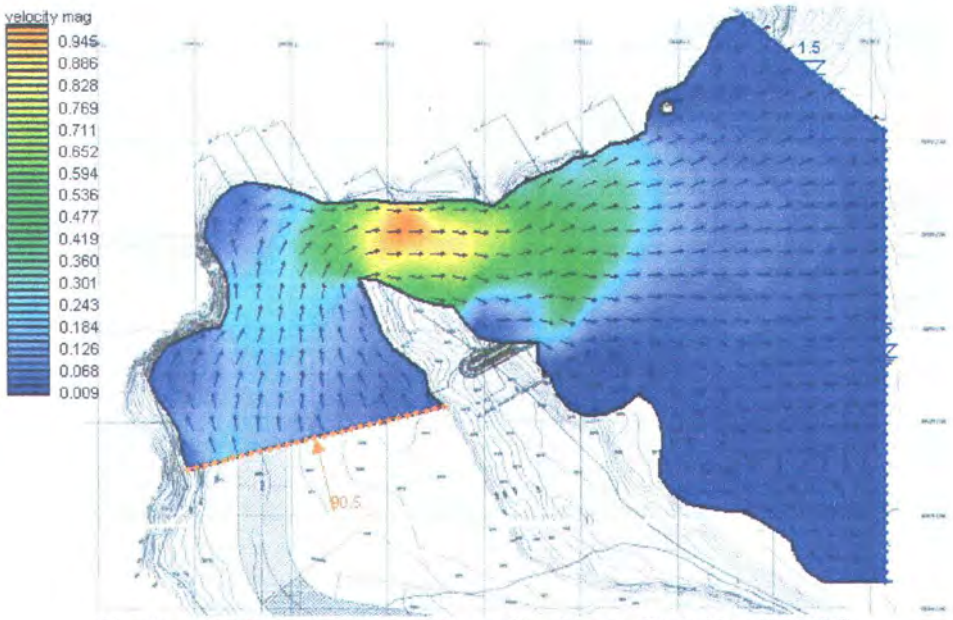
Gambar 5.9 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Kondisi MSL

Kecepatan arus terbesar pada kondisi MSL juga terjadi di penyempitan pintu masuk yang besarnya adalah 0,725 m/det, kecepatan minimum 0,000569 m/det dan kecepatan rata – rata 0,282 m/det. Kecepatan arus terbesar pada titik – titik yang ditinjau terjadi di point 3 sebesar 0,68 m/det, kecepatan minimum terjadi di point 7 yaitu sebesar 0,062 m/det, data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini :

Tabel 5.7 Kecepatan Arus Di Titik Yang Ditinjau Model Tanpa Breakwater Saat MSL

Point	V (m/det)
1	0.144
2	0.464
3	0.68
4	0.463
5	0.278
6	0.114
7	0.062
8	0.064

Dari data tabel tersebut dapat diketahui besarnya kecepatan terbesar juga terjadi di penyempitan, arah arus juga tidak berubah menuju kearah lepas pantai.



Gambar 5.10 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Kondisi LWS

Pada saat LWS kecepatan arus maksimum juga terjadi di daerah penyempitan tersebut, besarnya kecepatan maksimum pada saat LWS adalah 0.984 m/det hal ini disebabkan rendahnya elevasi muka air, kecepatan minimumnya adalah 0.0000946 m/det, dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.144 m/det. Kecepatan pada titik – titik yang ditinjau adalah sebagai berikut :

Tabel 5.8 Kecepatan Arus Di Titik Yang Ditinjau Model Tanpa Breakwater Saat LWS

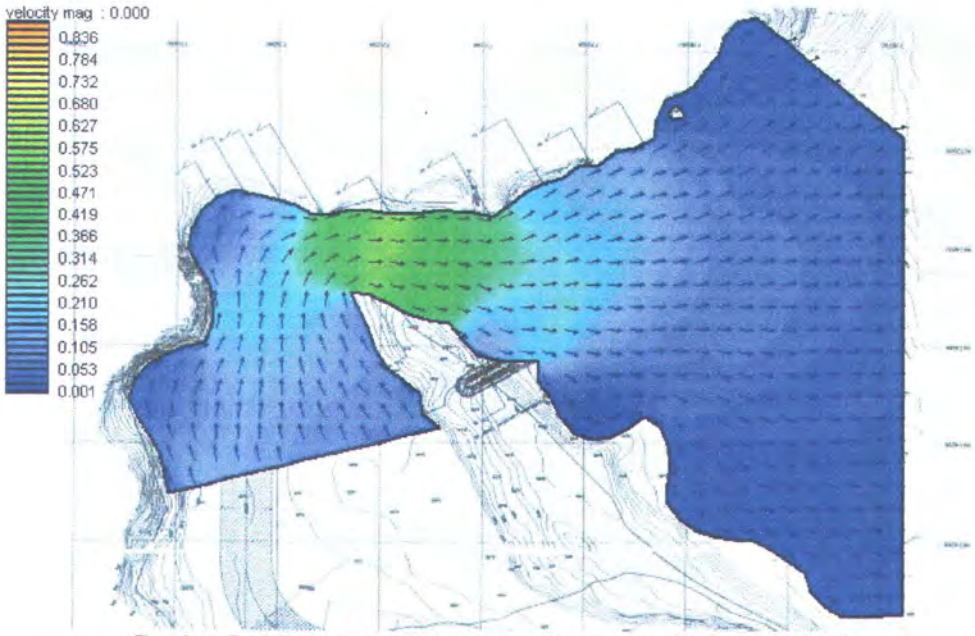
Point	V (m/det)
1	0.179
2	0.585
3	0.906
4	0.685
5	0.446
6	0.166
7	0.077
8	0.071

Pada titik – titik yang ditinjau kecepatan maksimumnya adalah 0,906 m/det yang terjadi pada point 3, dan kecepatan minimum adalah 0,77 m/det yang terjadi di point 0,77 m/det.

Dari keseluruhan hasil untuk analisa arus pada kondisi muka air tenang pada model tanpa breakwater menunjukkan bahwa kecepatan arus terbesar terjadi di bagian penyempitan, dan terjadi pada saat kondisi LWS.

V.2.1.2 KONDISI PASANG SURUT TANPA BREAKWATER

Pada kondisi ini simulasi pola arus yang dilakukan selama 24 jam dengan elevasi muka air yang berubah setiap 30 menit atau 0,5 jam. Berikut ini adalah pola arus pada saat muka air tertinggi atau pasang tertinggi dan terendah atau surut terendah, pasang tertinggi terjadi 3 kali yaitu pada jam ke 00.00, 12.00, dan 23.30 dan surut terendah 2 kali yaitu pada jam ke 06.00 dan 18.00.



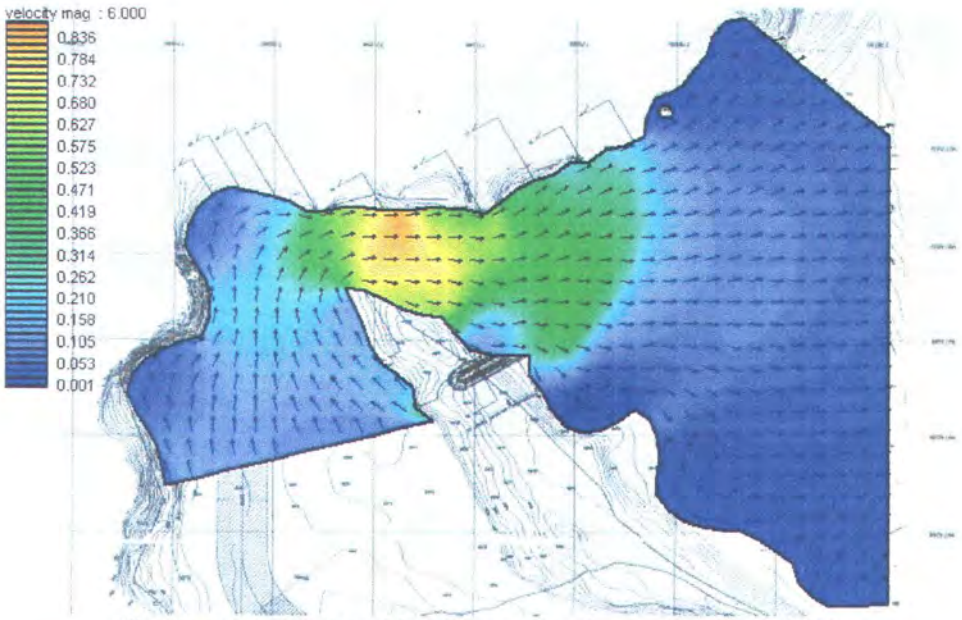
Gambar 5.11 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 00.00

Pada jam ke 00.00 pola arus tampak seperti gambar 5.11. kecepatan arus rata – rata pada saat ini adalah 0.0969 m/det, kecepatan arus maksimum adalah 0.584 m/det, kecepatan minimumnya adalah 0.00000025 m/det. Kecepatan arus pada lokasi yang ditinjau adalah seperti pada tabel 5.9 berikut ini :

Tabel 5.9 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 00.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.130278
Point 2	0.404155
Point 3	0.524625
Point 4	0.338311
Point 5	0.201581
Point 6	0.092321
Point 7	0.053633
Point 8	0.055469

Pada waktu simulasi jam ke 00.00 elevasi muka air adalah pada saat kondisi pasang kecpatan arus maksimum terjadi di point 3 yang besarnya adalah 0.338 m/det, dan kecepatan arus minimum terjadi di point 7 yang besarnya adalah 0.0536 m/det.



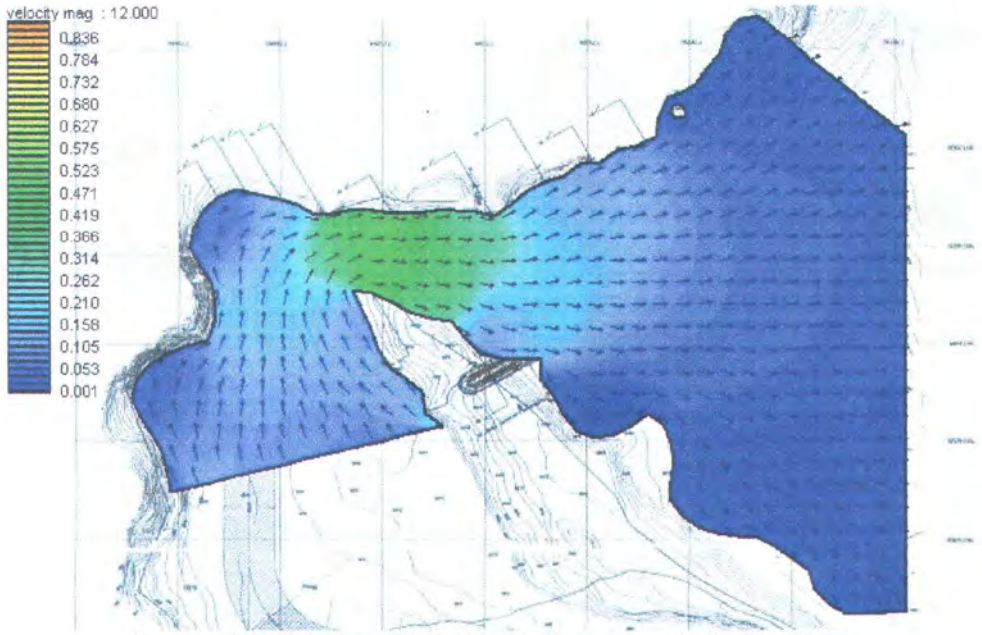
Gambar 5.11 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 06.00

Pada saat 06.00 adalah pada saat surut terendah pertama kecepatan arus maksimum pada saat ini adalah 0.828 m/det yang juga terjadi pada bagian penyempitan pintu masuk PPI Puger, sementara kecepatan arus rata – rata pada 06.00 adalah 0.143 m/det dan kecepatan arus minimumnya adalah 0.00000189 m/det. Kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau pada saat jam ke 06.00 adalah sebagai berikut :

Tabel 5.10 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 06.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.136269
Point 2	0.496673
Point 3	0.787161
Point 4	0.622872
Point 5	0.422564
Point 6	0.160855
Point 7	0.078005
Point 8	0.08011

Kecepatan maksimum pada model tanpa breakwater pada saat 06.00 terjadi di point 3 sebesar 0,787 m/det dan kecepatan minimum adalah sebesar 0,078 m/det, hal ini juga terjadi pada saat jam ke 00.00 dimana kecepatan maksimumnya juga terjadi di point 3 dengan besarnya kecepatan 0,525 m/det.



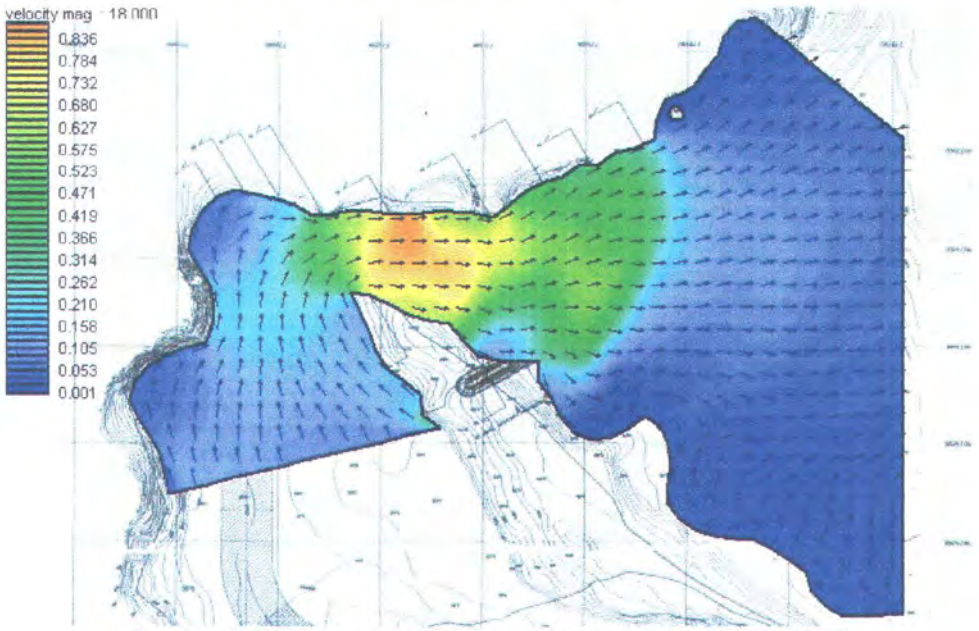
Gambar 5.12 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 12.00

Pada jam 12.00 kecepatan arus terbesar adalah 0.4996 m/det yang juga terjadi di daerah penyempitan, kecepatan minimum pada saat ini adalah 0.00000389 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.085 m/det, kecepatan arus pada masing – masing titik yang ditinjau adalah sebagai berikut :

Tabel 5.11 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 12.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.11523
Point 2	0.361365
Point 3	0.441136
Point 4	0.285139
Point 5	0.168133
Point 6	0.078857
Point 7	0.046369
Point 8	0.047444

Dari tabel diatas diketahui bahawa kecepatan arus maksimum turun lagi menjadi 0,441 m/det, hal ini disebabkan oleh naiknya kembali elevasi muka air pada saat jam 12.00 ini, kesamaannya terletak pada lokasi terjadi kecepatan maksimum ini yaitu pada bagian penyemitan yang diwakili oleh point 3. Kecepatan minimum pada titik yang ditinjau juga terjadi pada point yang sama yaitu point 7 sebesar 0,0464 m/det.



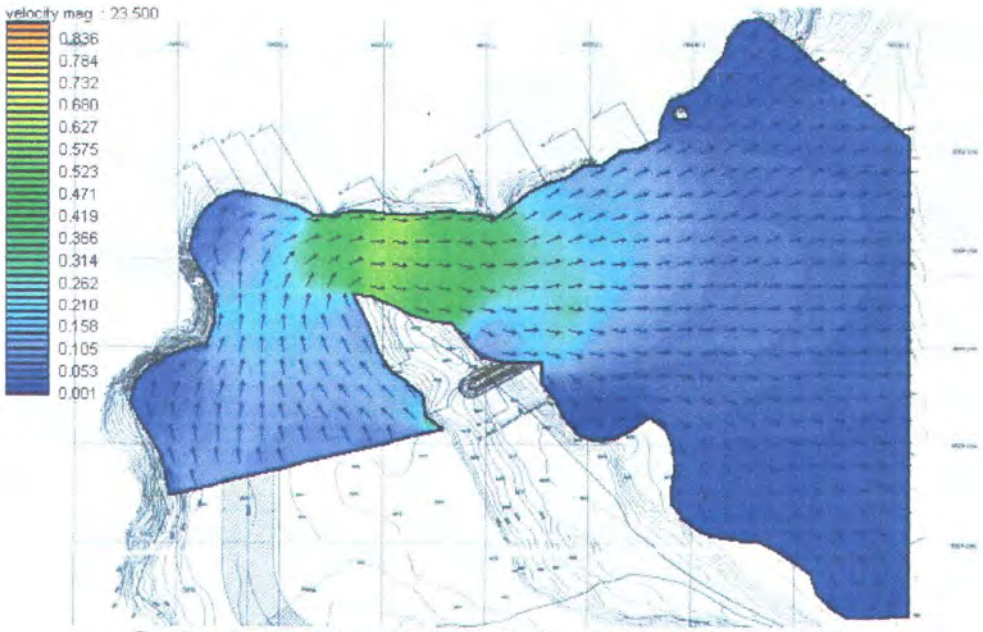
Gambar 5.13 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 18.00

Pada saat jam ke 18.00 merupakan surut terendah kedua sehingga kecepatan arus maksimum naik lagi menjadi 0.871 m/det, dan kecepatan minimumnya adalah 0.000105 m/det, pada jam 18.00 ini kecepatan arus rata – rata adalah 0.159 m/det dan kecepatan arus pada titik – titik yang di tinjau adalah sebagai berikut :

Tabel 5.12 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 18.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.137821
Point 2	0.508266
Point 3	0.827198
Point 4	0.708265
Point 5	0.549922
Point 6	0.209716
Point 7	0.091869
Point 8	0.089749

Pada titik – titik yang ditinjau juga mengalami kenaikan besarnya kecepatan, pada point 3 terjadi kecepatan arus sebesar 0.827 m/det untuk kecepatan maksimumnya sedangkan kecepatan minimumnya adalah 0.0898 m/det yang terjadi di point 8.



Gambar 5.14 Pola Arus Model Tanpa Breakwater Pada Jam 23.30

Kecepatan arus kembali turun pada saat jam 23.30 dimana pada saat ini elevasi air dalam kondisi pasang tertinggi ketiga kecepatan air maksimum pada saat ini adalah 0.623 m/det, kecepatan minimumnya adalah 0.00000225 m/det dan kecepatan rata – rata pada saat ini adalah 0.101 m/det. Kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau adalah sebagai berikut :

Tabel 5.13 Data Arus Model Tanpa Breakwater Pada 23.30

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.124043
Point 2	0.419761
Point 3	0.566579
Point 4	0.363927
Point 5	0.214178
Point 6	0.093611
Point 7	0.052588
Point 8	0.054172

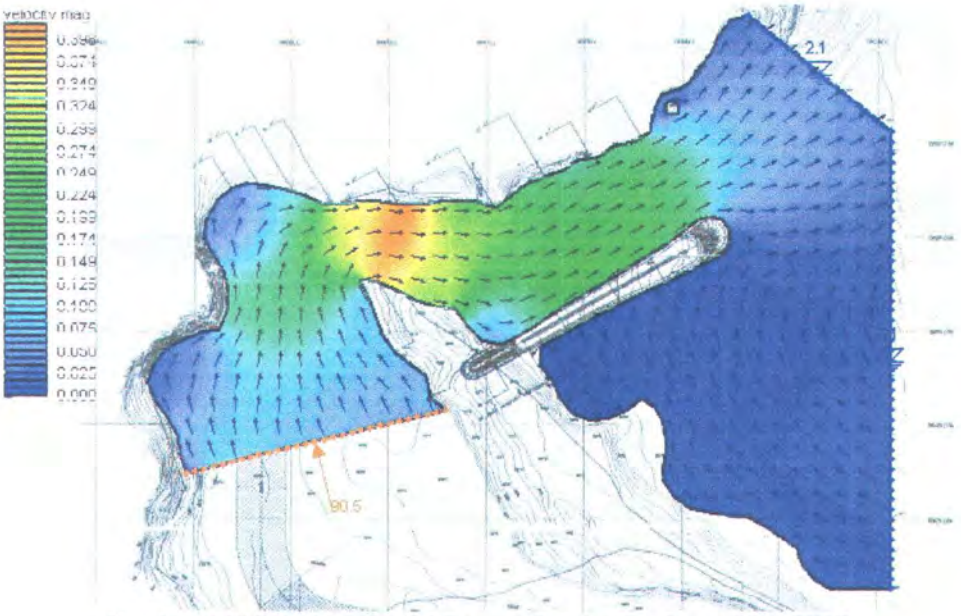
Kecepatan arus pada point 3 adalah yang terbesar pada saat 23.30 yaitu sebesar 0.567 m/det dan kecepatan minimum terjadi pada point 7 yang besarnya adalah 0.0526 m/det. berada didaerah penyempitan, kecuali point 5 yang berada di depan penyempitan pintu masuk PPI Puger.

V.4.2 POLA ARUS MODEL DENGAN BREAKWATER LAMA

Pola arus pada model dengan breakwater lama adalah analisa pola arus dimana model yang digunakan adalah model dengan adanya breakwater eksisting di pintu masuk PPI Puger. Sehingga pada model tersebut akan ada dua penyempitan, yang pertama adalah penyempitan alami yang ada di pintu masuk dan penyempitan yang di akibatkan oleh adanya breakwater.

V.4.2.1 KONDISI MUKA AIR TENANG BREAKWATER LAMA

Sama halnya dengan model tanpa breakwater, pada model ini juga dilakukan analisa pola arus dengan kondisi muka air tenang yang memiliki tiga kondisi yaitu pada kondisi muka air tenang HWL, MSL dan LWS. Berikut ini adalah hasil analisa atau simulasi dengan menggunakan SMS untuk kondisi muka air tenang.



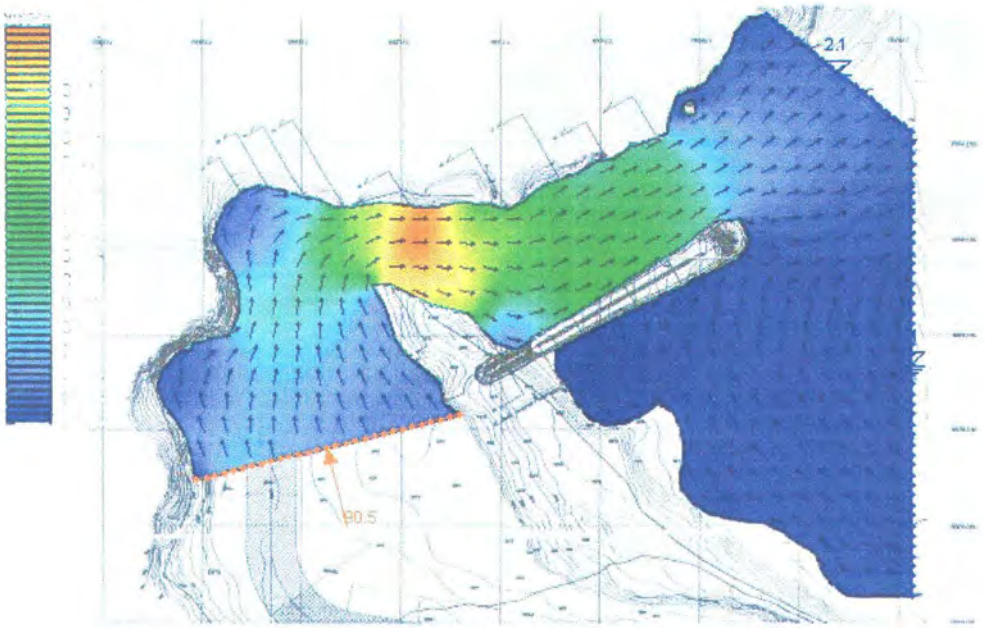
Gambar 5.15 Pola Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada HWL

Kecepatan arus maksimum pada kondisi ini adalah 0.415 m/det, kecepatan minimun 0.00000908 m/det dan kecepatan rata – rata adalah 0.0799 m/det. Kecepatan arus pada titik yang di tinjau adalah sebagai berikut :

Tabel 5.14 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada HWL

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.111
Point 2	0.319
Point 3	0.377
Point 4	0.247
Point 5	0.205
Point 6	0.171
Point 7	0.057
Point 8	0.019

Pada titik – titik yang ditinjau kecepatan arus maksimum terjadi di point 3 yang besarnya 0.377 m/det dan kecepatan minimumnya terjadi di point 8 sebesar 0.019 m/det, hal ini menunjukkan adanya perubahan aliran sungai berpengaruh terhadap distribusi kecepatan arus di pintu masuk PPI Puger.



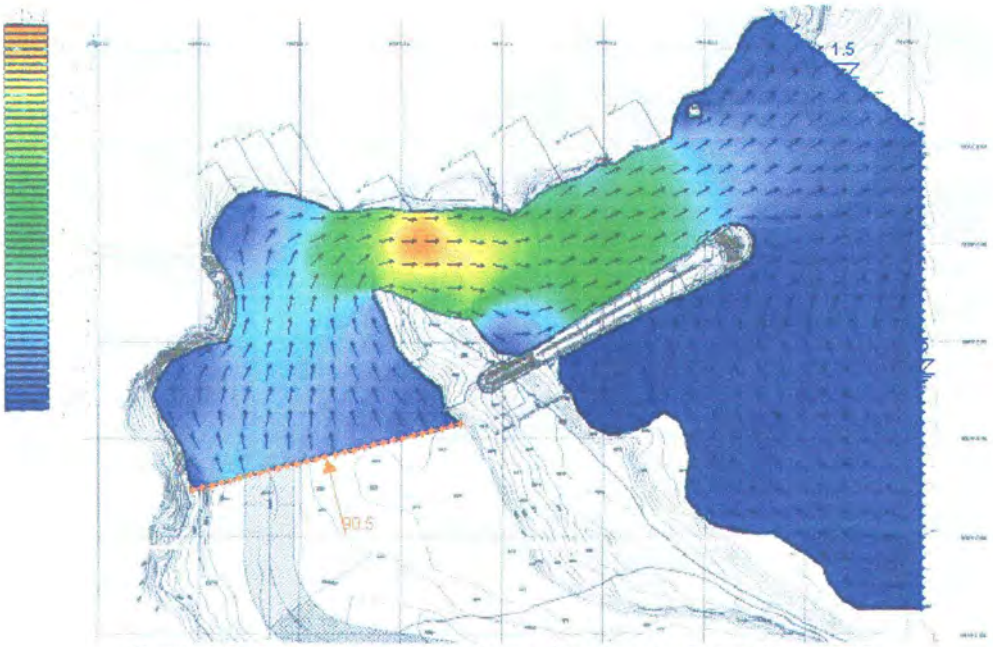
Gambar 5.16 Pola Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada MSL

Pada kondisi ini kecepatan arus maksimumnya adalah 0.684 m/det, kecepatan minimum 0.00000030 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.116 m/det. Untuk kondisi ini kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau dapat dilihat pada tabel 5.15 berikut ini :

Tabel 5.15 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada MSL

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.142
Point 2	0.447
Point 3	0.662
Point 4	0.437
Point 5	0.337
Point 6	0.234
Point 7	0.070
Point 8	0.023

Sama halnya dengan pada saat kondisi HWL, kecepatan arus maksimum tetap terjadi di point 3 yang besarnya adalah 0.662 m/det, sedangkan kecepatan minimumnya adalah 0.023 yang terjadi di point 8.



Gambar 5.17 Pola Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada LWS

Pola arus pada saat LWS ini tidak jauh berbeda dengan pada saat HWL maupun MSL, hanya saja berbeda besar kecepatan arus maksimumnya yaitu sebesar 0.984 m/det, kecepatan minimumnya 0.00000364 m/det dan kecepatan arus rata – ratanya adalah 0.145 m/det. Pada titik yang ditinjau kecepatan arusnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

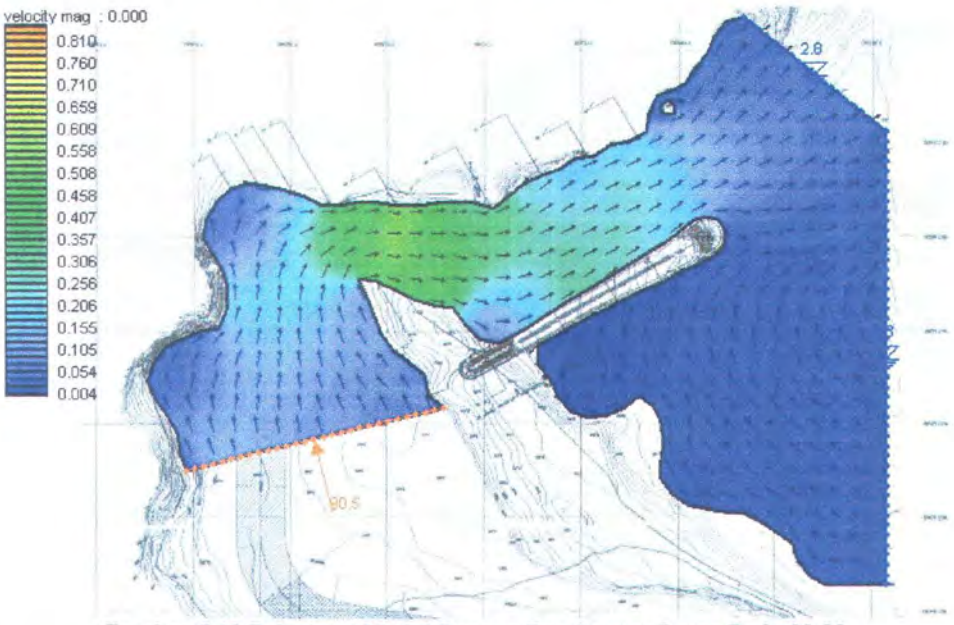
Tabel 5.16 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada LWS

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.181
Point 2	0.572
Point 3	0.934
Point 4	0.678
Point 5	0.493
Point 6	0.279
Point 7	0.077
Point 8	0.026

Sama seperti pada kondisi sebelumnya kecepatan arus maksimum pada titik – titik yang ditinjau terjadi di point 3 sebesar 0.934 m/det dan kecepatan arus minimum terjadi di point 8 sebesar 0.026 m/det.

V.4.2.2 KONDISI PASANG SURUT BREAKWATER LAMA

Kondisi pasang surut yang diberikan pada model dengan breakwater lama sama dengan pada saat model tanpa breakwater. Berikut ini adalah pola arus dan kecepatannya pada waktu pasang tertinggi dan pada saat surut terendah.



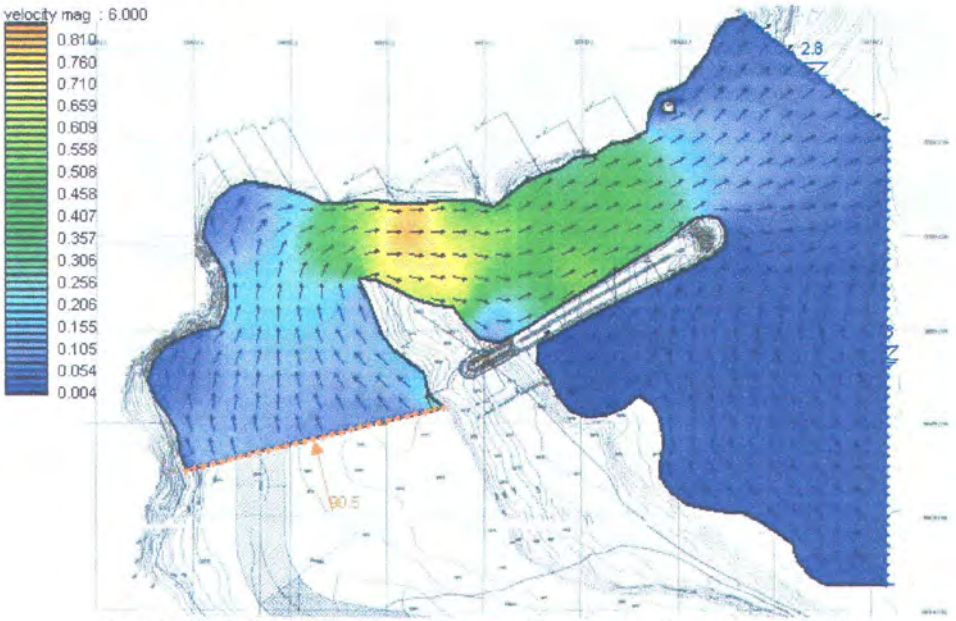
Gambar 5.18 Pola Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 00.00

Pada saat 00.00 kecepatan arus maksimum untuk model ini adalah 0.544 m/det kecepatan minimum 0.00000759 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.0968 m/det. Kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau dapat dilihat pada tabel 5.17, dimana kecepatan maksimumnya terjadi di point 3 sebesar 0.511 m/det dan kecepatan minimum 0.021 m/det yang terjadi pada point 8.

Tabel 5.17 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada LWS

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.128
Point 2	0.388
Point 3	0.511
Point 4	0.324
Point 5	0.26
Point 6	0.2
Point 7	0.063
Point 8	0.021

Selanjutnya pola arus pada saat jam ke 06.00 dimana pola arus pada saat ini dapat dilihat pada gambar 5.19.



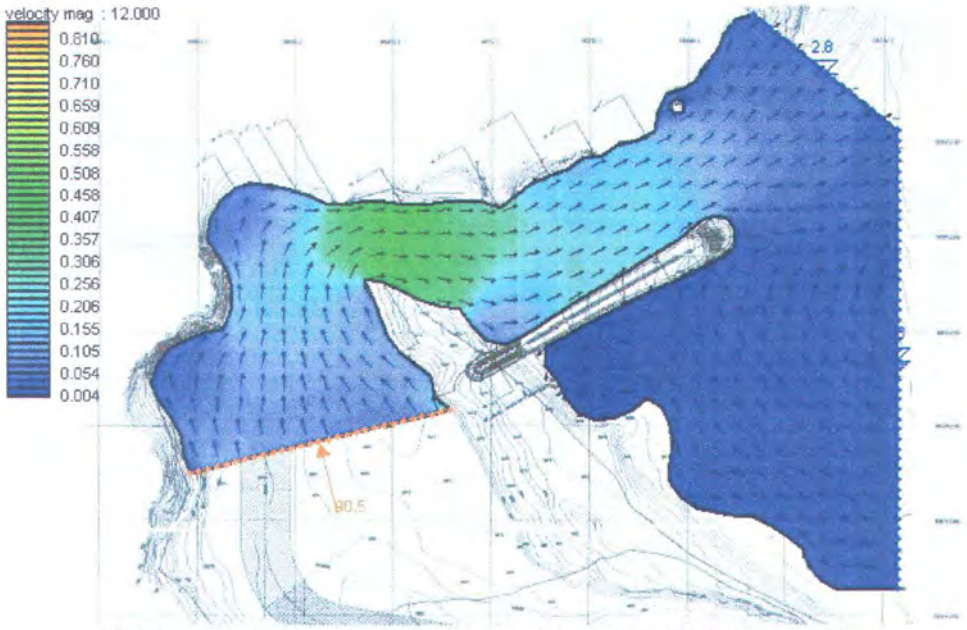
Gambar 5.19 Pola Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 06.00

Pada saat 06.00 kecepatan arus maksimum yang terjadi adalah 0.797 m/det, kecepatan arus minimum 0.000102 m/det dan kecepatan arus rata – ratanya adalah 0.139 m/det. Kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.18 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 06.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.133
Point 2	0.450
Point 3	0.660
Point 4	0.434
Point 5	0.344
Point 6	0.248
Point 7	0.076
Point 8	0.030

Kecepatan arus maksimum pada titik yang ditinjau adalah pada point 3 yang besarnya 0.660 m/det dan kecepepatan arus minimum terjadi pada point 8 sebesar 0.030 m/det.



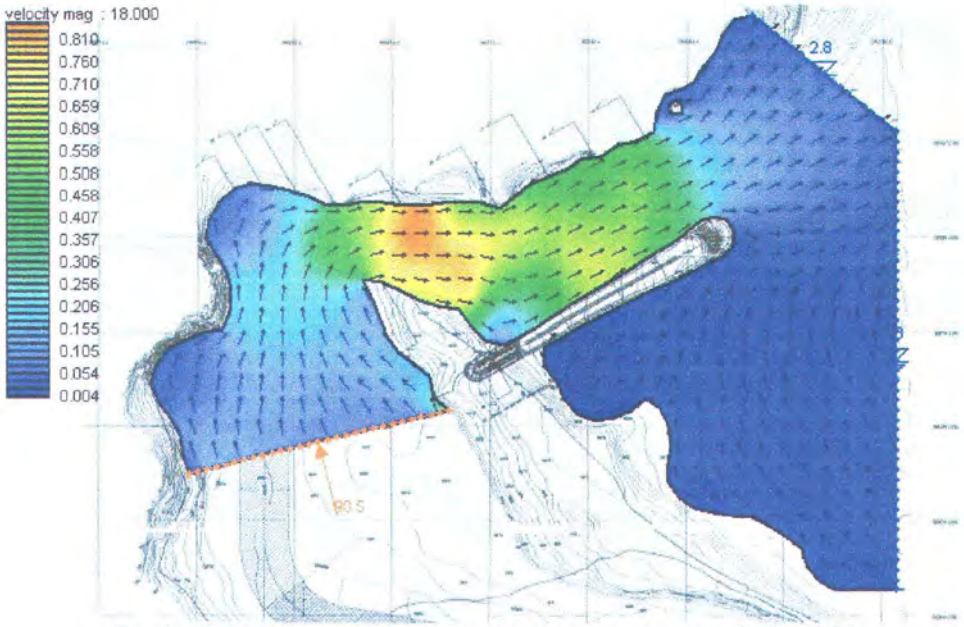
Gambar 5.20 Pola Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 12.00

Pada saat jam ke 12.00 terjadi pasang tertinggi kedua dimana kecepatan maksimum yang terjadi adalah 0.469 m/det, kecepatan minimumnya adalah 0.00000274 m/det dan kecepatan arus rata – ratanya adalah 0.0859 m/det. Untuk melihat bagaimana kecepatan arus di titik – titik yang ditinjau, dapat dilihat pada tabel 5.19 berikut ini

Tabel 5.19 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 12.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.136
Point 2	0.484
Point 3	0.772
Point 4	0.576
Point 5	0.456
Point 6	0.280
Point 7	0.078
Point 8	0.026

Pada titik – titik yang ditinjau kecepetan arus maksimum masih terjadi pada point 3 yang besarnya 0.772 m/det dan kecepatan minimumnya terjadi di point 8 yang besarnya adalah 0.026 m/det



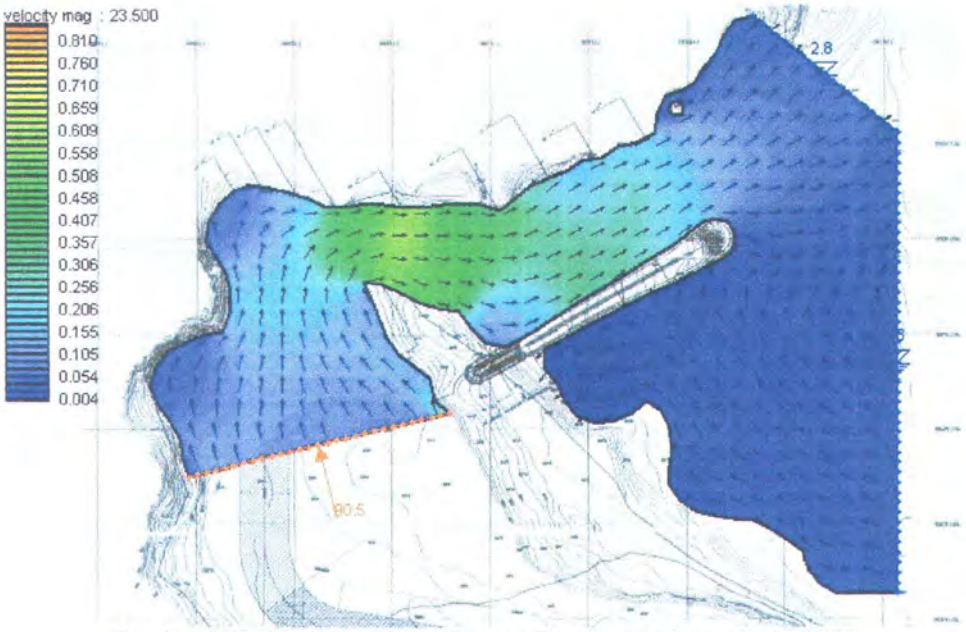
Gambar 5.21 Pola Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 18.00

Dari gambar 5.21 dapat terlihat kecepatan arus tampak bertambah di lokasi penyempitan, penambahan kecepatan ini diakibatkan karena pada jam ke 18.00 ini adalah pada kondisi surut terendah, dimana kecepatan arus maksimum pada saat ini adalah 0.844 m/det, kecepatan minimum 0.000269 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.154 m/det. Kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau adalah seperti pada tabel 5.20 berikut ini

Tabel 5.20 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 18.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.129
Point 2	0.443
Point 3	0.657
Point 4	0.430
Point 5	0.323
Point 6	0.218
Point 7	0.063
Point 8	0.016

Pada saat surut di jam ke 18.00 kecepatan arus maksimum di titik yang ditinjau terjadi di point 3 yang besarnya adalah 0.657 m/det dan kecepatan arus minimum 0.016 m/det yang terjadi di point 8.



Gambar 5.22 Pola Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 23.30

Sama halnya dengan kondisi pasang sebelumnya pada jam 23.30 kecepatan arus pada model ini berkurang dimana untuk kecepatan maksimumya adalah sebesar 0.59 m/det, kecepatan minimum adalah 0.0000478 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.103 m/det.

Tabel 5.21 Data Arus Model Dengan Breakwater Lama Pada 23.30

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.123
Point 2	0.403
Point 3	0.551
Point 4	0.347
Point 5	0.272
Point 6	0.202
Point 7	0.062
Point 8	0.020

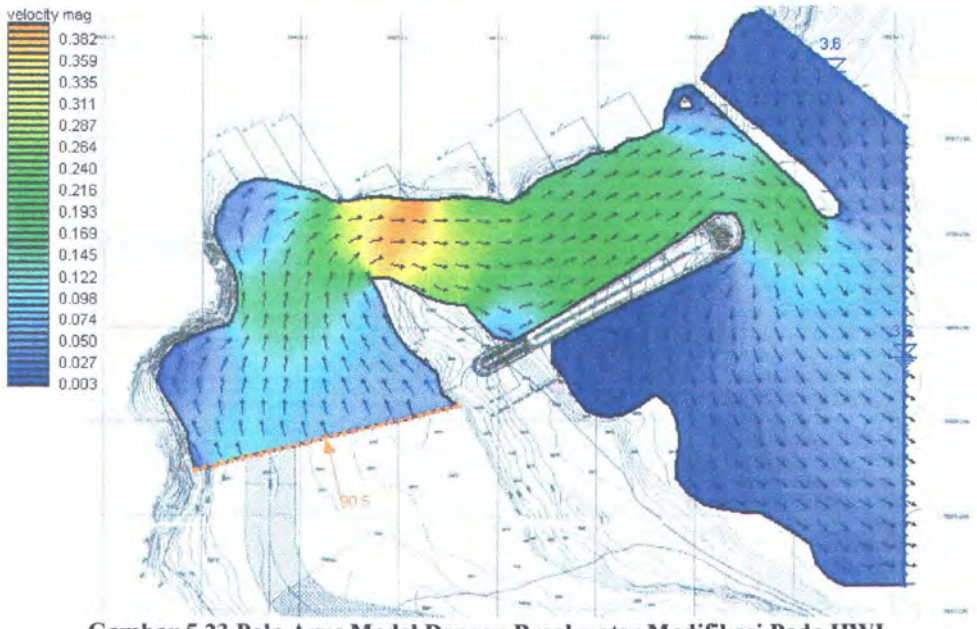
Untuk kecepatan arus di lokasi yang ditinjau kecepatan maksimum masih terjadi di point 3 yang besarnya adalah 0.551 m/det dan kecepatan minimumnya terjadi di point 8 yang besarnya adalah 0.02 m/det.

V.4.3 POLA ARUS MODEL DENGAN BREAKWATER MODIFIKASI

Analisa pola arus untuk model dengan breakwater modifikasi, terdapat penambahan breakwater dimana berdasarkan perhitungan difraksi, tinggi gelombang di pintu masuknya adalah ± 0.32 m hasil analisa perlu juga ditambahkan bagaimana pengaruh penambahan breakwater tersebut terhadap pola arus di pintu masuk PPI Puger, analisa ini akan menambah tingkat keyakinan mengenai effektifitas dari adanya struktur tambahan tersebut. Hasil dari analisa pola arus tersebut akan disajikan dengan kondisi – kondisi pada muka air tenang dan pada kondisi pasang surut yang dinamis berikut ini.

V.4.3.1 KONDISI MUKA AIR TENANG BREAKWATER MODIFIKASI

Pada kondisi ini juga diberikan tiga kondisi pada analisa pola arus muka air tenang yaitu pada kondisi HWL, MSL dan LWS.



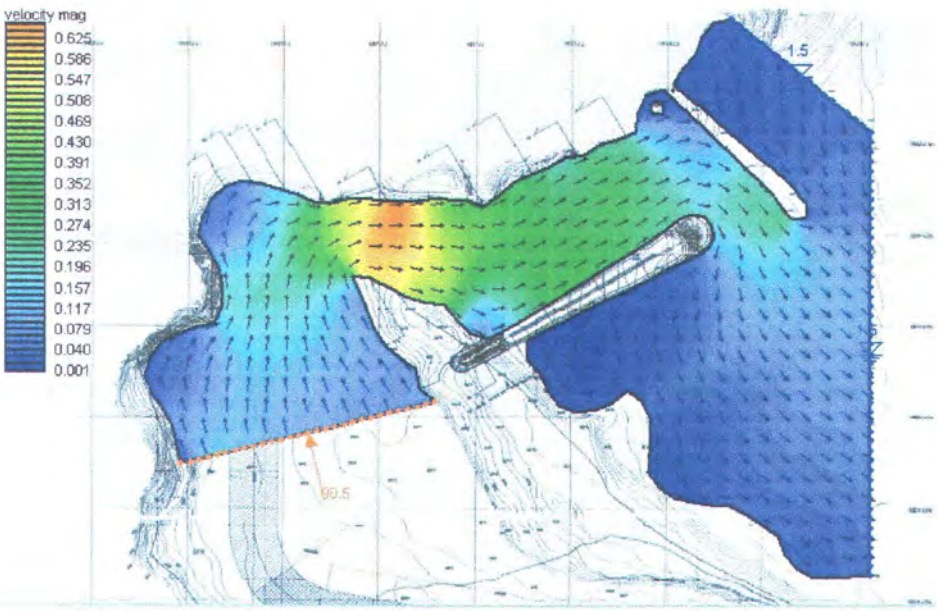
Gambar 5.23 Pola Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada HWL

Untuk analisa pola arus pada model ini, pada saat HWL kecepatan arus maksimum yang terjadi adalah 0.398 m/det, kecepatan arus minimumnya adalah 0.00000941 m/det dan kecepatan arus rata – ratanya adalah 0.0915 m/det. Kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau adalah sebagai berikut.

Tabel 5.22 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada HWL

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.150
Point 2	0.162
Point 3	0.165
Point 4	0.194
Point 5	0.234
Point 6	0.350
Point 7	0.317
Point 8	0.110

Pada titik – titik yang ditinjau ada perubahan dari pada letak terjadinya kecepatan maksimum pada model ini kecepatan maksimum terjadi pada point 6 yang besarnya 0.35 m/det, kecepatan minimum pada saat ini adalah terjadi di point 8 dengan kecepatan 0.11 m/det.



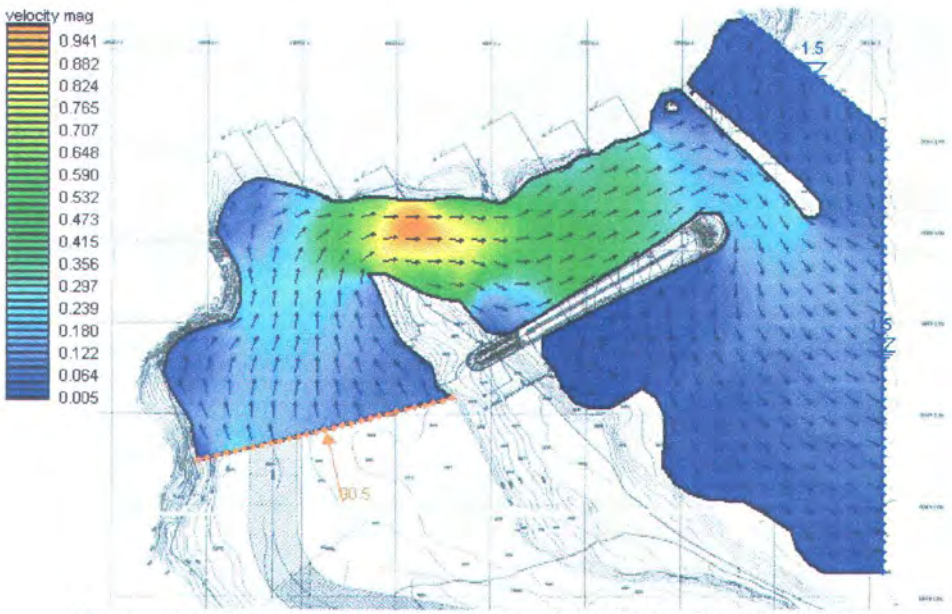
Gambar 5.24 Pola Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada MSL

Kecepatan arus maksimum pada saat MSL adalah 0.651 m/det, kecepatan minimumnya adalah 0.0000828 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.129 m/det, kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.23 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada MSL

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.193
Point 2	0.196
Point 3	0.222
Point 4	0.306
Point 5	0.393
Point 6	0.606
Point 7	0.452
Point 8	0.137

Kecepatan arus maksimum pada saat MSL terjadi di point 6 yang besarnya adalah 0.606 m/det dan kecepatan arus minimumnya terjadi di point 8 yang besarnya adalah 0.137 m/det .



Gambar 5.25 Pola Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada LWS

Pada saat LWS ini kecepatan arus maksimum yang terjadi adalah 0.984 m/det kecepatan minimumnya 0.00000364 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.145 m/det. Berikut ini adalah data kecepatan di titik – titik yang ditinjau.

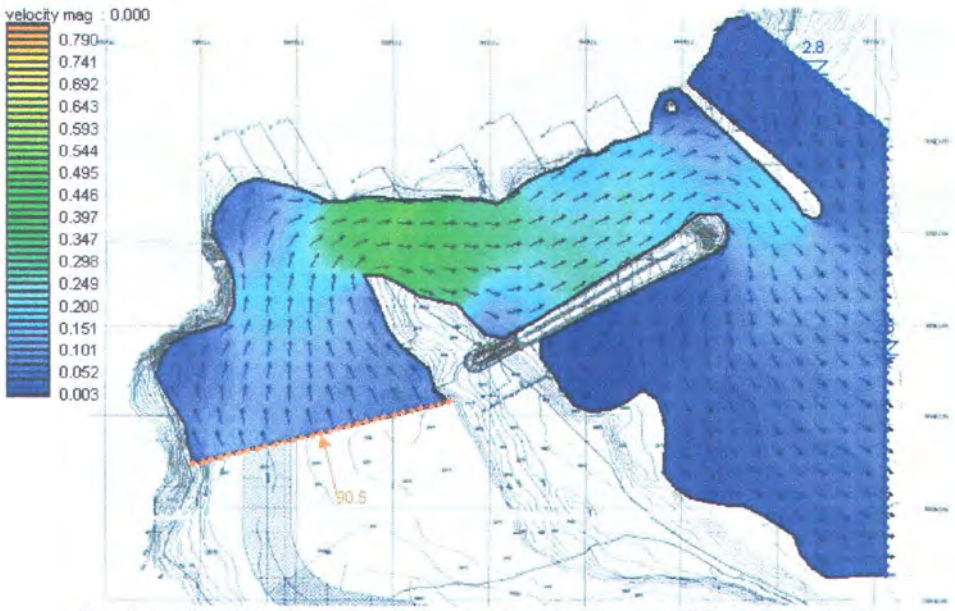
Tabel 5.24 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada LWS

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.220
Point 2	0.216
Point 3	0.272
Point 4	0.468
Point 5	0.662
Point 6	0.927
Point 7	0.620
Point 8	0.182

Kecepatan arus maksimum terjadi di point 6 yang besarnya adalah 0.927 m/det dan kecepatan minimumnya terjadi di point 8 dengan kecepatan 0.182 m/det.

V.4.3.2 KONDISI PASANG SURUT BREAKWATER MODIFIKASI

Analisa pola arus untuk kondisi pasang surut ini model dengan breakwater modifikasi ini juga diperlakukan sama, dalam hal data lingkungannya termasuk data pasang surut yang dinamis selama 24 jam. Berikut ini pola dan kecepatan arus hasil simulasi dengan model breakawater modifikasi.



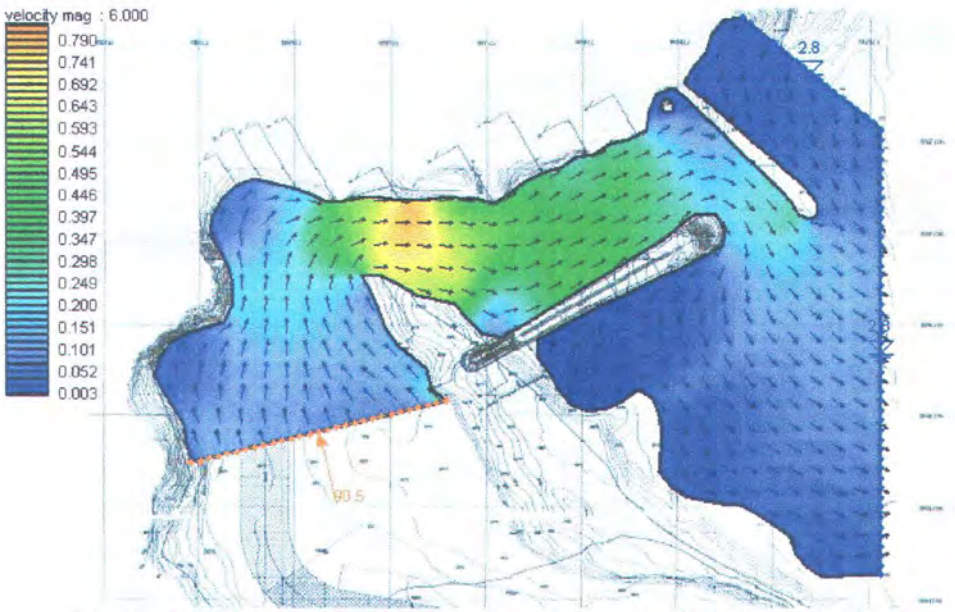
Gambar 5.26 Pola Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 00.00

Pada waktu ke 00.00 kecepatan arus maksimunya adalah 0.511 m/det kecepatan minimumnya adalah 0.00007896 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.109 m/det dan kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau adalah sebagai berikut.

Tabel 5.25 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 00.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.124
Point 2	0.384
Point 3	0.461
Point 4	0.299
Point 5	0.241
Point 6	0.191
Point 7	0.178
Point 8	0.170

Pada titik yang ditinjau kecepatan arus terbesar terjadi di point 3 yang besarnya adalah 0.461 m/det dan kecepatan minimumnya terjadi di point 1 yang besarnya 0.124 m/det.



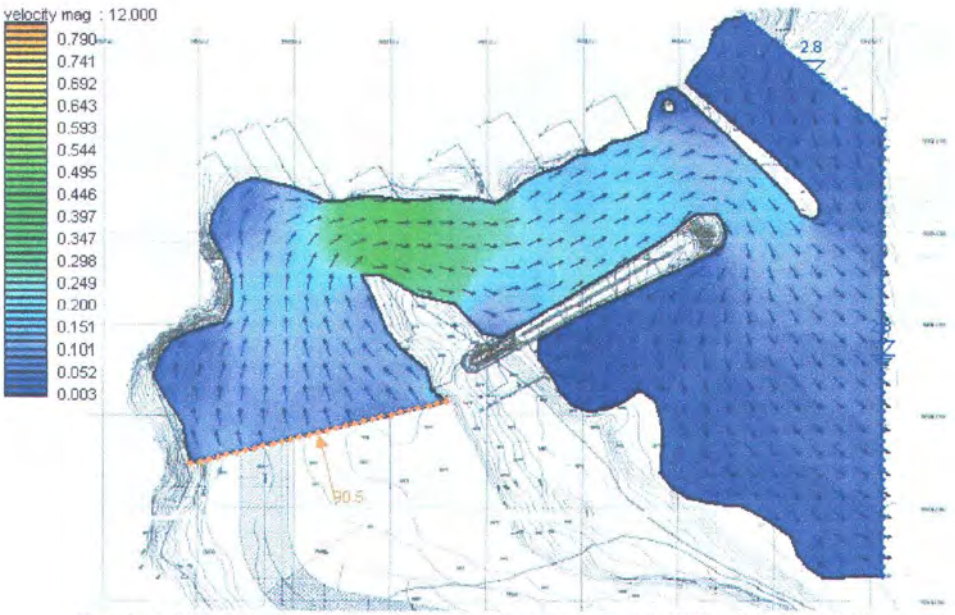
Gambar 5.27 Pola Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 06.00

Kecepatan arus terbesar yang terjadi pada jam ke 06.00 pada model ini adalah 0.767 m/det, kecepatan minimumnya adalah 0.00004243 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.153 m/det. Untuk kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau adalah sebagai berikut.

Tabel 5.26 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 06.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.136
Point 2	0.501
Point 3	0.738
Point 4	0.528
Point 5	0.410
Point 6	0.266
Point 7	0.221
Point 8	0.229

Kecepatan arus terbesarnya adalah pada point 3 sebesar 0.738 m/det dan kecepatan minimumnya terjadi di point 1 yang besar kecepatannya adalah 0.136 m/det.



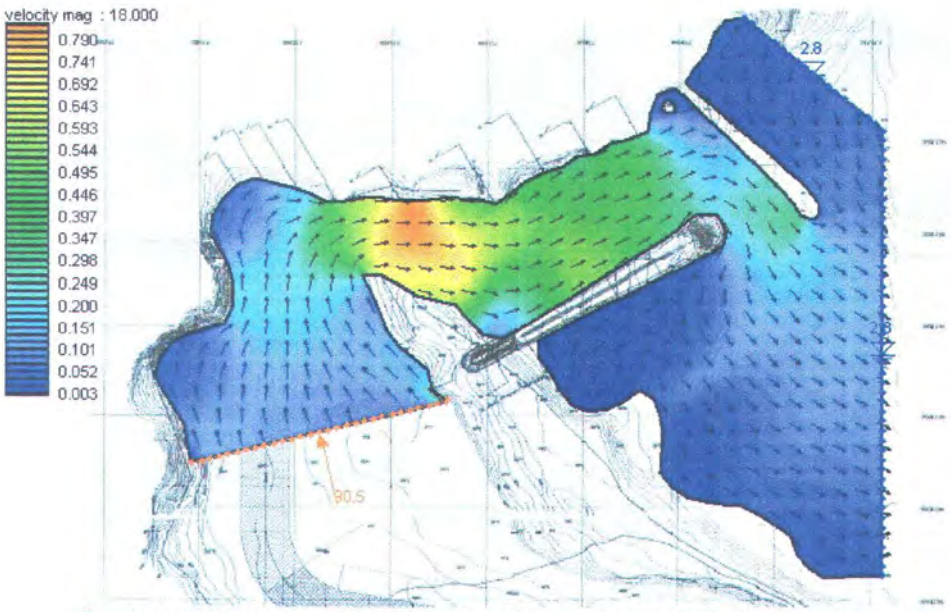
Gambar 5.28 Pola Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 12.00

Pada saat jam ke 12.00 terjadi pasang sehingga kecepatan maksimum yang terjadi adalah sebesar 0.446 m/det, sementara kecepatan minimumya adalah sebesar 0.0000177 m/det dan kecepatan rata – rata pada model dengan breakwater modifikasi ini adalah 0.0968 m/det. Kecepatan arus untuk titik – titik yang ditinjau pada model ini dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.27Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 12.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.111
Point 2	0.345
Point 3	0.396
Point 4	0.259
Point 5	0.209
Point 6	0.170
Point 7	0.161
Point 8	0.151

Pada titik – titik yang ditinjau kecepatan arus terbesar terjadi di point 3 yang besarnya adalah 0.345 m/det dan kecepatan minimumnya terjadi di point 1 yang besarnya adalah 0.111 m/det.



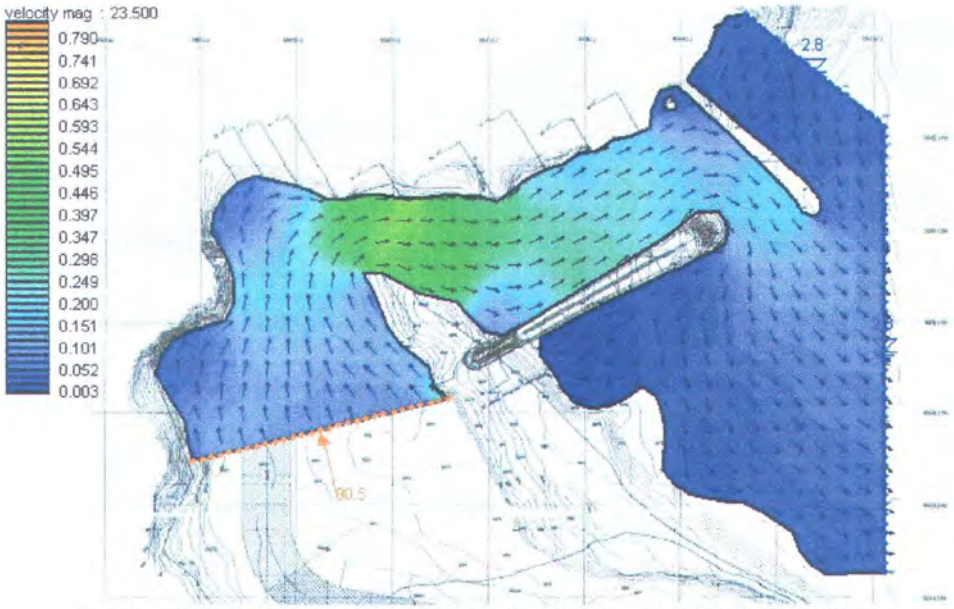
Gambar 5.29 Pola Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 18.00

Kecepatan arus pada saat jam ke 18.00 ini bertambah besar karena terjadi surut, karena itu kecepatan arus maksimum yang terjadi sampai mencapai 0.824 m/det, sedangkan kecepatan minimumnya adalah 0.000142 m/det dan kecepatan arus rata – ratanya adalah sebesar 0.17 m/det. Hal ini juga terjadi pada kecepatan arus yang terjadi di titik – titik ditinjau, dimana kecepatan arus juga naik untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.28Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 18.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.138
Point 2	0.519
Point 3	0.793
Point 4	0.619
Point 5	0.505
Point 6	0.305
Point 7	0.240
Point 8	0.258

Pada jam 18.00 kecepatan terbesar tetap terjadi di point 3 yang besarnya adalah 0.793 m/det dan kecepatan minimumnya adalah 0.138 m/det di point 1.



Gambar 5.30 Pola Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 23.30

Pada jam 23.00 adalah pada kondisi pasang, kecepatan arus maksimum yang terjadi pada saat ini adalah 0.552 m/det, kecepatan minimumnya adalah 0.000107 m/det dan kecepatan rata – ratanya adalah 0.115 m/det. Kecepatan arus pada titik – titik yang ditinjau untuk model dengan menggunakan breakwater modifikasi dapat dilihat pada tabel 5.29 berikut ini.

Tabel 5.29 Data Arus Model Dengan Breakwater Modifikasi Pada 18.00

Lokasi	V (m/det)
Point 1	0.138
Point 2	0.519
Point 3	0.793
Point 4	0.619
Point 5	0.505
Point 6	0.305
Point 7	0.240
Point 8	0.258

Pada jam yang ke 23.30 kecepatan arus terbesar pada titik – titik yang ditinjau adalah 0.793 m/det yang juga terjadi di point 3 dan kecepatan minimumnya 0.138 m/det yang terjadi di point 1.

V.3 PEMBAHASAN HASIL ANALISA

Dari hasil analisa diatas dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori pembahasan, yaitu pembahasan hasil analisa difraksi pada breakwater, untuk model dengan breakwater lama dan breakwater modifikasi. Yang kedua adalah pembahasan pola arus untuk kondisi muka air tenang, dan yang ketiga adalah pembahasan untuk hasil analisa dan perhitungan pola arus pada kondisi pasang surut.

V.3.1 PEMBAHASAN HASIL ANALISA DIFRAKSI

Dari hasil analisa difraksi diperoleh data hasil analisa untuk lay out breakwater lama dan lay out breakwater modifikasi, hasil yang diperoleh adalah besarnya gelombang pada pintu masuk PPI Puger, hasil ini kemudian dibandingkan sehingga dapat ditentukan lay out yang cukup effektif mengurangi energi gelombang di lokasi tersebut.

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Analisa Difraksi

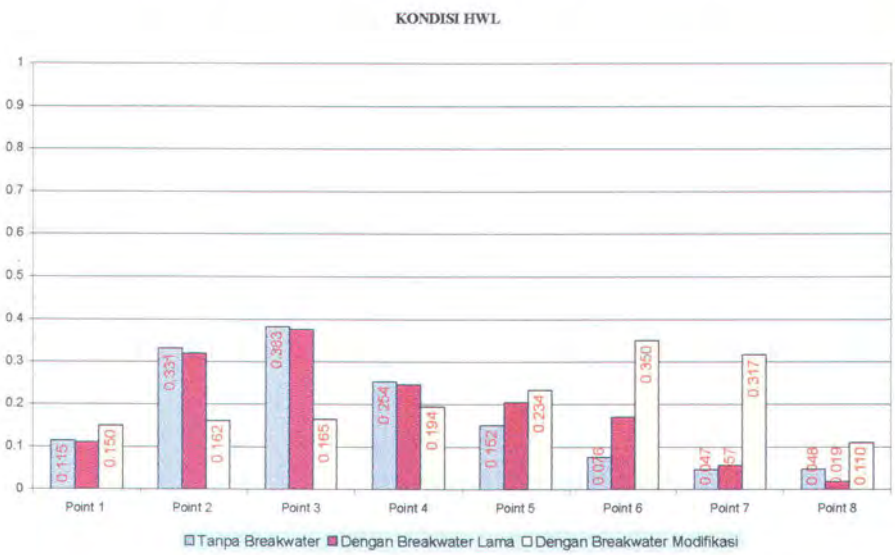
Lay out	Breakwater Lama	Breakwater Modifikasi
Tinggi Gelombang	-	0.32 m
Persentase Reduksi Gelombang	0%	87%

Dari tabel 5.30 diketahui bahwa dengan menggunakan lay out breakwater modifikasi dapat mengurangi tinggi gelombang hingga 87 %, sehingga dari sini dapat diketahui dari hasil analisa difraksi lay out breakwater modifikasi dapat mereduksi gelombang di pintu masuk PPI Puger hingga tinggi gelombangnya hanya 0.32 m.

V.3.2 PEMBAHASAN HASIL ANALISA POLA ARUS KONDISI MUKA AIR TENANG

Pembahasan pola arus didasarkan data dari titik – titik yang ditinjau dari point 1 sampai 8, berikut ini adalah hasil perbandingan besarnya kecepatannya.

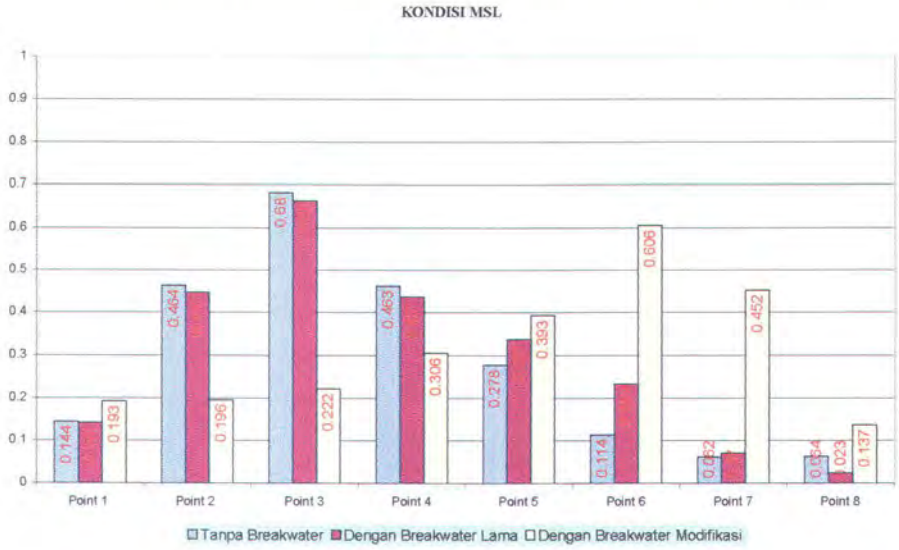
Grafik 5.1 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Kondisi HWL



PERPUSTAKAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH - NOPEMBER

Pada kondisi HWL kecepatan maksimum yang terjadi di point 3 adalah pada model tanpa breakwater dan dengan breakwater lama, sedang untuk model dengan breakwater modifikasi kecepatan maksimumnya terjadi di point 6. Besarnya kecepatan maksimumnya lebih kecil 7.162 % lebih rendah model dengan breakwater modifikasi yang jika dibandingkan dengan model dengan breakwater lama sedangkan jika dibandingkan dengan model tanpa breakwater 8.62 % lebih kecil. Dari distribusi besar kecepatan arus model dengan brekwater lebih terdistribusi merata, hal ini ditunjukkan dengan lebih besarnya nilai rata – rata kecepatannya yang besarnya 0.0915 m/det sedangkan untuk model dengan breakwater lama hanya 0.0799 m/det, pada model tanpa breakwater 0.078665 m/det.

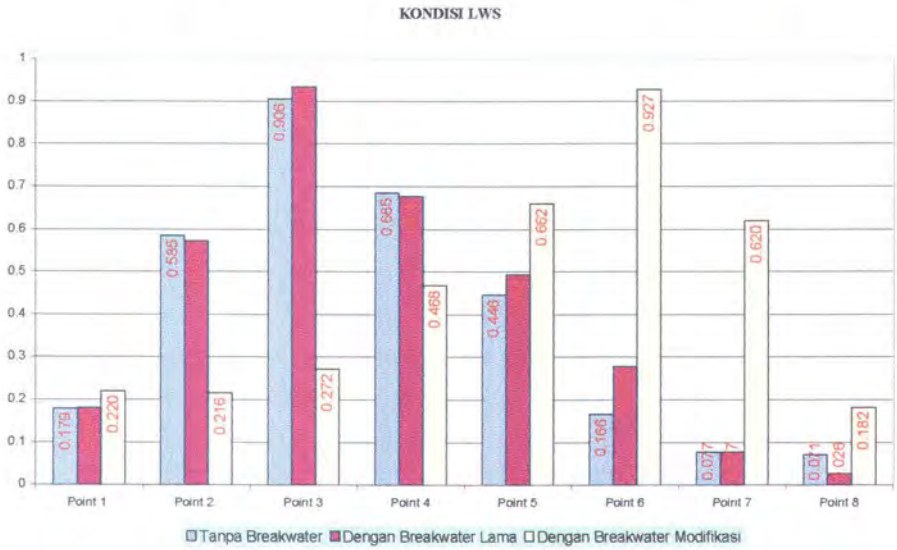
Grafik 5.2 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Kondisi MSL



Pada kondisi MSL dan LWS juga terjadi hal yang sama dimana untuk kondisi MSL kecepatan maksimumnya 8.459 % lebih kecil model breakwater modifikasi dibanding breakwater lama dan dengan model tanpa breakwater 10.882 %, kecepatan rata – ratanya model breakwater modifikasi 0.129 m/det lebih besar dari pada model breakwater lama yang hanya 0.116 m/det dan untuk model tanpa breakwater 0.117

m/det. Sedangkan untuk kondisi LWS 0.75 % lebih kecil model breakwater modifikasi dari pada model dengan breakwater lama, akan tetapi lebih besar 2.26 % jika dibangkan dengan model tanpa breakwater. Akan tetapi kecepatan rata – ratanya masih 0.0198 m/det lebih besar dari pada model breakwater lama dan dengan model tanpa breakwater 0.0205 lebih besar.

Grafik 5.3 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Kondisi LWS



Dari pembahasan diatas dapat diketahui bahwa model dengan breakwater modifikasi kecepatan maksimumnya lebih rendah dari pada model dengan breakwater lama. Disamping itu dari segi distribusi besar kecepatan, model breakwater modifikasi lebih terdistribusi merata sehingga dapat dapat mengurangi besarnya kecepatan maksimum yang terjadi.

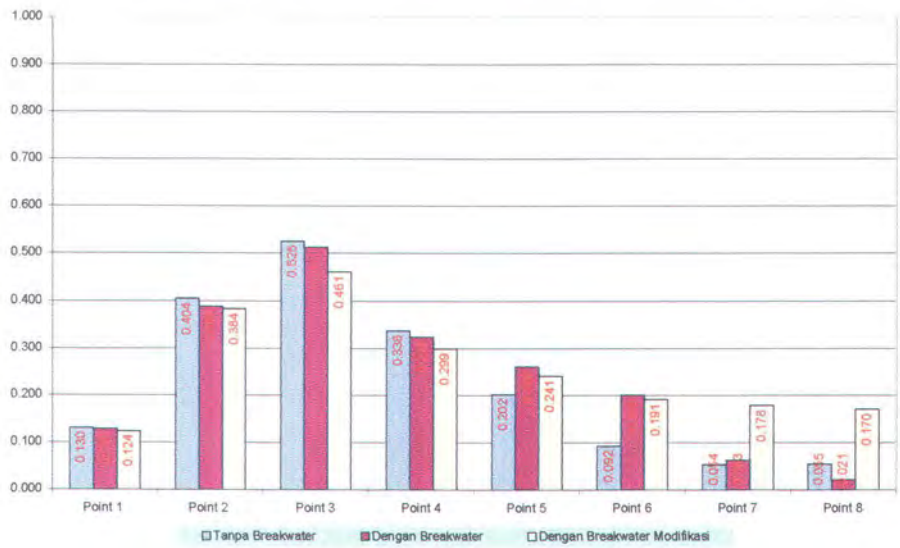
Dari arah atau pola arusnya pada semua model didominasi oleh arus sungai, sehingga arus yang terjadi selalu mengarah keluar dari pintu masuk dari lay out model yang dibuat. Sehingga dengan kondisi ini model dengan breakwater modifikasi lebih menguntungkan secara teknis karena dengan kecepatan arus yang terdistribusi merata pada alur perahu nelayan dapat melalui alur dengan lebih stabil disamping tidak

terganggu lagi dengan besarnya tinggi gelombang yang masuk ke pintu masuk PPI Puger.

V.3.3 PEMBAHASAN HASIL ANALISA POLA ARUS PASANG SURUT

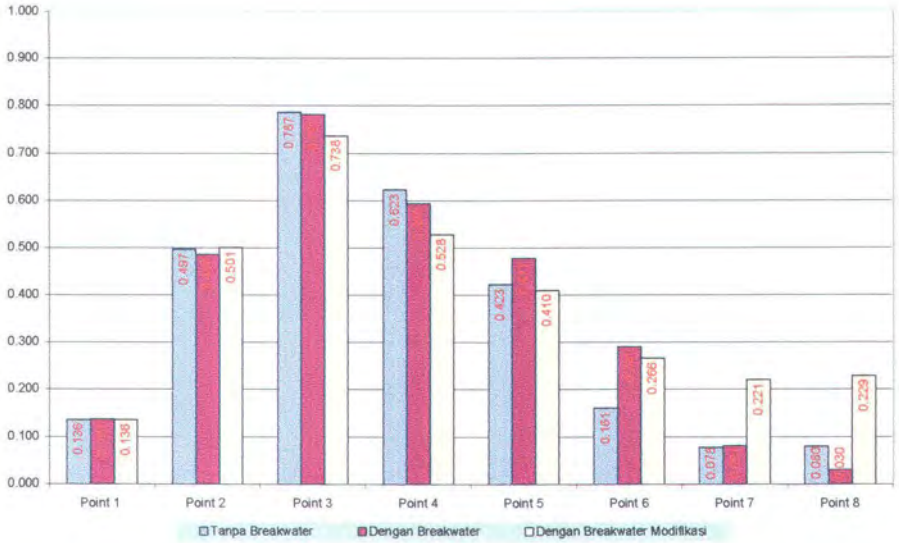
Pada kondisi pasang surut terlihat semakin jelas bahwa pada model dengan beakwater modifikasi kecepatan arus menjadi lebih rendah dari pada model tanpa breakwater dan model dengan breakwater maupun dengan model tanpa breakwater.

Grafik 5.4 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 00.00



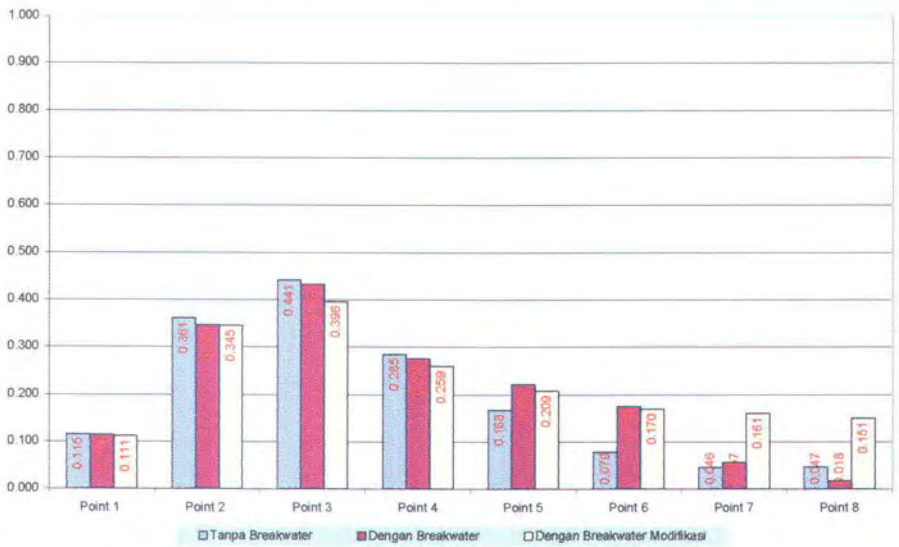
Pada saat 00.00 kecepatan arusnya terbesarnya adalah 12.128 % Lebih kecil jika dibandingkan dengan model tanpa breakwater, dan 9.785 % dengan model breakwater lama.

Grafik 5.5 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 06.00



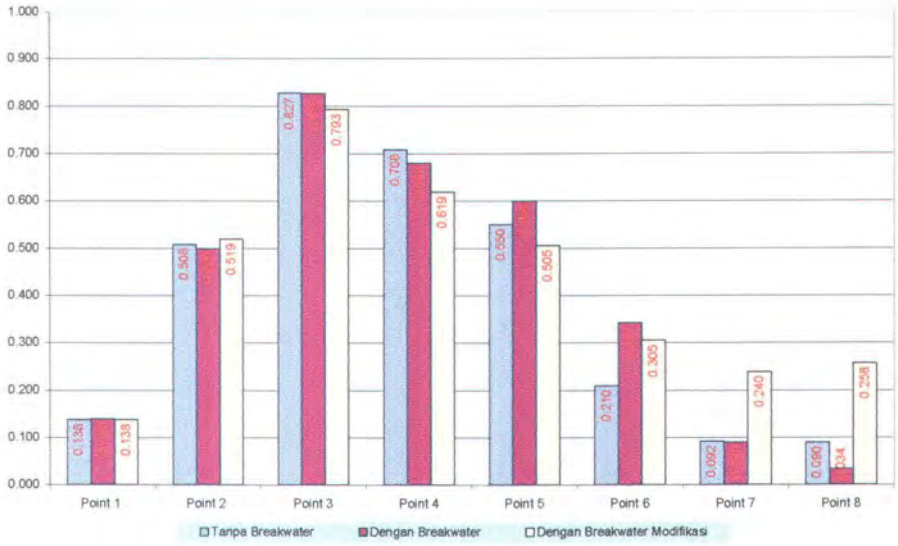
Pada waktu jam 06.00 kecepatan arus terbesar pada model dengan breakwater modifikasi 6.245 % lebih kecil dari pada model tanpa breakwater dan 5.627 % lebih kecil dari pada model dengan breakwater lama.

Grafik 5.6 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 12.00



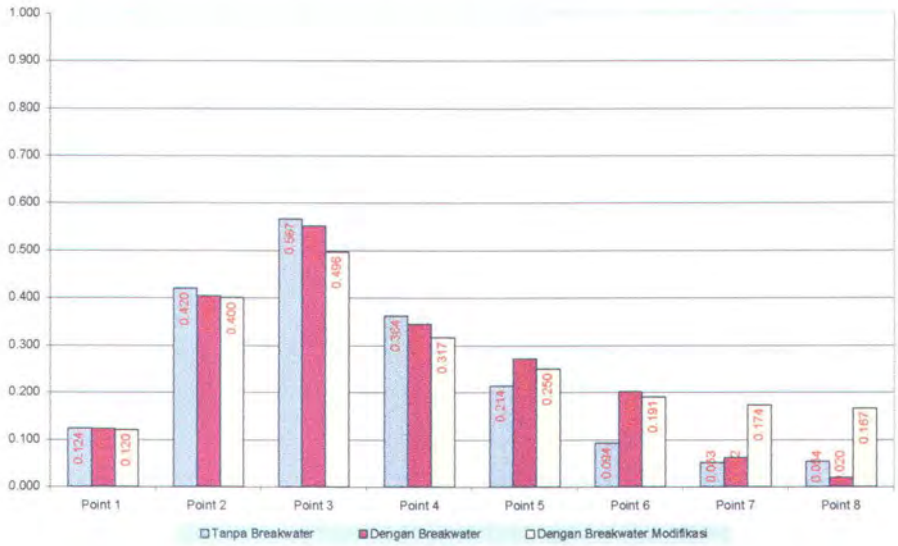
Kecepatan arus terbesar untuk model breakwater modifikasi 10.232 % lebih kecil dari pada model tanpa breakwater dan 8.333 % lebih kecil dari pada model dengan brekwater lama.

Grafik 5.7 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 18.00



Pada saat jam ke 18.00 kecepatan arus terbesar model breakwater modifikasi 4.134 % lebih kecil dari pada model tanpa breakwater dengan breakwater lama 3.995 %.

Grafik 5.8 Perbandingan Kecepatan Arus Untuk Pada 23.30



Pada jam 23.00 ini kecepatan arus maksimum pada model dengan breakwater modifikasi 12.457 % lebih rendah dari model tanpa breakwater dan 9.982 % lebih kecil jika dibandingkan dengan model dengan breakwater modifikasi.

Dari pembahasan hasil analisa pola arus untuk kondisi pasang surut dapat diketahui bahwa model dengan menggunakan breakwater modifikasi kecepatan arus maksimumnya lebih kecil 4.134 % sampai 12.457 % dari pada model tanpa breakwater dan 3.995 % sampai 9.982 % lebih kecil jika dibandingkan dengan model dengan breakwater lama, sehingga dari sini dapat diketahui pula bahwa model dengan breakwater modifikasi kecepatan arus maksimumnya dapat diperkecil. Dengan tambahan model dengan breakwater modifikasi juga aman dari segi tinggi gelombang.

kemungkinan terjadinya kecelakaan kapal akibat gelombang dan arus dapat diminimalkan dengan menambah struktur breakwater baru di depan mulut alur. Pola arus yang terjadi di mulut alur lebih didominasi oleh sungai dan kecepatan terbesarnya terjadi di daerah penyempitan di mulut alur, namun dengan layout breakwater modifikasi ini gelombang dapat direduksi sampai 0,321 m di mulut alur, sehingga tingkat keamanan perahu yang melintasi alur pelayaran di PPI Puger lebih tinggi.

V.2 SARAN

1. Dalam perencanaan struktur pelindung pantai terutama breakwater, perlu kiranya untuk melakukan pengkajian mendalam terhadap kondisi lingkungan yang mempengaruhi seperti tinggi gelombang dan arahnya, proses – proses deformasi gelombang, sehingga tidak terjadi kesalahan perencanaan.
2. Perlunya pengkajian pola arus pada saat merencanakan struktur pelindung pantai untuk mengetahui bagaimana perubahan pola arus tersebut akibat adanya struktur yang akan dibangun.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 KESIMPULAN

Hasil dari analisa difraksi dan pola arus pada pintu masuk PPI – Puger :

1. Berdasarkan hasil analisa pola arus di 8 titik yang ditinjau didapatkan bahwa :
   a. Dari hasil simulasi pola arus menunjukkan bahwa pola arus di mulut alur pintu masuk PPI Puger didominasi oleh arus dari sungai, dengan kecepatan maksimum rata – rata untuk model tanpa breakwater adalah 0.629 m/det, model dengan breakwater lama 0.620 m/det dan dengan breakwater modifikasi 0.577 m/det.
   b. Hasil penelitian pola arus menunjukkan bahwa hasil simulasi model dengan breakwater modifikasi kecepatan maksimumnya adalah lebih kecil 4.134 % - 12.457 % dibandingkan dengan model tanpa breakwater dan dengan model breakwater lama 3.995 % - 9.982 %.
   c. Kecepatan maksimum terjadi pada saat muka air terendah baik itu pada semua kondisi.

2. Berdasarkan hasil analisa difraksi gelombang yang menunjukkan bahwa kondisi gelombang masih tinggi di mulut alur, hal ini menunjukkan bahwa fungsi struktur breakwater yang ada masih belum optimal dalam meredam gelombang, untuk itu diperlukan modifikasi lay out breakwater agar resiko

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

ASEAN – Australia Cooperative Programs On Marine Science, 1989. PROJECT 1 :**Tides And Tidal Phenomena**, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia – Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.

Coastal Engineering Research Center (CERC), 1984. **Shore Protection Manual Volume I and II**, US Army Engineering Waterways Experiment Station, Washington DC, USA.

Kiyoshi Horikawa, 1988, **Near Shore Dynamics And Coastal Processes**, University Of Tokyo Press, Tokyo, Japan.

Kramadibrata.S. 1985, **Perencanaan Pelabuhan**, Ganeca Exact, Bandung.

Pratikto dkk, 1996. **Perencanaan Fasilitas Pantai Dan Laut**, BPFE, Yogyakarta.

Sorensen B. 1978. **Basic Coastal Engineering**, John Wiley and Sons, USA.

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

Triatmodjo.B. 1996. **Pelabuhan**, Beta Offset, Yogyakarta.

Yuwono Nur, 1982. **Teknik Pantai volume I dan II**, Biro Penerbit Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

LAMPIRAN

L A M P I R A N

KECEPATAN ARUS PADA LOKASI YANG DITINJAU

Kecepatan Arus Di Lokasi Yang Di Tinjau Pada Model Tanpa Struktur									
Nomor	Jam	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8
1	0	0.130	0.404	0.525	0.338	0.202	0.092	0.054	0.055
2	0.5	0.129	0.418	0.552	0.359	0.217	0.100	0.059	0.061
3	1	0.130	0.426	0.573	0.372	0.223	0.101	0.058	0.060
4	1.5	0.131	0.438	0.602	0.394	0.238	0.107	0.062	0.065
5	2	0.132	0.448	0.630	0.415	0.250	0.109	0.062	0.065
6	2.5	0.135	0.466	0.677	0.460	0.282	0.122	0.069	0.073
7	3	0.136	0.478	0.717	0.505	0.311	0.129	0.070	0.074
8	3.5	0.136	0.480	0.729	0.522	0.321	0.128	0.068	0.070
9	4	0.137	0.489	0.756	0.564	0.362	0.145	0.076	0.079
10	4.5	0.136	0.487	0.756	0.565	0.355	0.135	0.067	0.069
11	5	0.136	0.492	0.770	0.590	0.387	0.152	0.077	0.080
12	5.5	0.136	0.494	0.779	0.605	0.399	0.151	0.073	0.074
13	6	0.136	0.497	0.787	0.623	0.423	0.161	0.078	0.080
14	6.5	0.135	0.492	0.773	0.597	0.386	0.141	0.067	0.067
15	7	0.134	0.487	0.760	0.575	0.368	0.141	0.071	0.072
16	7.5	0.133	0.483	0.743	0.547	0.338	0.128	0.064	0.065
17	8	0.132	0.476	0.723	0.517	0.314	0.122	0.063	0.065
18	8.5	0.130	0.459	0.674	0.456	0.265	0.103	0.053	0.054
19	9	0.127	0.440	0.621	0.405	0.236	0.098	0.053	0.054
20	9.5	0.125	0.429	0.589	0.380	0.223	0.095	0.053	0.054
21	10	0.123	0.413	0.552	0.353	0.206	0.090	0.050	0.051
22	10.5	0.121	0.396	0.514	0.328	0.192	0.085	0.048	0.049
23	11	0.118	0.382	0.482	0.309	0.181	0.082	0.047	0.048
24	11.5	0.117	0.371	0.461	0.297	0.175	0.081	0.047	0.049
25	12	0.115	0.361	0.441	0.285	0.168	0.079	0.046	0.047
26	12.5	0.118	0.379	0.472	0.309	0.188	0.091	0.056	0.058
27	13	0.120	0.387	0.486	0.316	0.189	0.090	0.053	0.055
28	13.5	0.125	0.416	0.544	0.357	0.220	0.106	0.064	0.067
29	14	0.129	0.438	0.596	0.390	0.237	0.108	0.063	0.066
30	14.5	0.131	0.450	0.631	0.417	0.253	0.112	0.064	0.067
31	15	0.134	0.464	0.672	0.455	0.277	0.119	0.067	0.070
32	15.5	0.135	0.475	0.707	0.495	0.304	0.127	0.069	0.073
33	16	0.136	0.485	0.742	0.541	0.340	0.138	0.073	0.077
34	16.5	0.137	0.493	0.771	0.588	0.385	0.152	0.077	0.080
35	17	0.138	0.500	0.795	0.635	0.438	0.169	0.082	0.084
36	17.5	0.138	0.505	0.813	0.675	0.491	0.186	0.086	0.086
37	18	0.138	0.508	0.827	0.708	0.550	0.210	0.092	0.090
38	18.5	0.137	0.506	0.822	0.698	0.525	0.191	0.080	0.077
39	19	0.137	0.505	0.818	0.691	0.515	0.190	0.083	0.083
40	19.5	0.136	0.500	0.802	0.655	0.456	0.163	0.072	0.070
41	20	0.135	0.494	0.784	0.618	0.413	0.153	0.072	0.072
42	20.5	0.133	0.487	0.759	0.574	0.362	0.134	0.064	0.065
43	21	0.132	0.478	0.730	0.528	0.321	0.123	0.062	0.064
44	21.5	0.131	0.471	0.707	0.495	0.297	0.116	0.061	0.063
45	22	0.130	0.462	0.680	0.462	0.273	0.109	0.058	0.060
46	22.5	0.128	0.446	0.635	0.417	0.243	0.099	0.053	0.054
47	23	0.125	0.429	0.592	0.381	0.223	0.095	0.052	0.053
48	23.5	0.124	0.420	0.567	0.364	0.214	0.094	0.053	0.054
49	24	0.125	0.425	0.575	0.373	0.223	0.100	0.057	0.060
Max		0.138	0.508	0.827	0.708	0.550	0.210	0.092	0.090
Min		0.115	0.361	0.441	0.285	0.168	0.079	0.046	0.047
Ave		0.131	0.456	0.668	0.480	0.305	0.123	0.064	0.066

Kecepatan Arus Di Lokasi Yang Di Tinjau Pada Model Breakwater Lama									
Number	TS	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8
1	0	0.128	0.388	0.511	0.324	0.260	0.200	0.063	0.021
2	0.5	0.127	0.400	0.537	0.342	0.277	0.213	0.068	0.025
3	1	0.127	0.409	0.557	0.354	0.284	0.215	0.067	0.024
4	1.5	0.129	0.421	0.586	0.374	0.299	0.224	0.070	0.026
5	2	0.130	0.432	0.613	0.394	0.311	0.229	0.070	0.025
6	2.5	0.133	0.450	0.660	0.434	0.344	0.248	0.076	0.030
7	3	0.135	0.464	0.702	0.477	0.373	0.258	0.077	0.029
8	3.5	0.135	0.466	0.715	0.493	0.382	0.255	0.075	0.026
9	4	0.136	0.476	0.746	0.534	0.421	0.276	0.080	0.031
10	4.5	0.136	0.475	0.746	0.535	0.413	0.262	0.074	0.023
11	5	0.136	0.480	0.762	0.559	0.443	0.282	0.081	0.030
12	5.5	0.136	0.484	0.772	0.576	0.456	0.280	0.078	0.026
13	6	0.137	0.486	0.782	0.593	0.477	0.291	0.081	0.030
14	6.5	0.135	0.480	0.766	0.568	0.442	0.267	0.073	0.021
15	7	0.134	0.475	0.751	0.545	0.424	0.266	0.075	0.025
16	7.5	0.133	0.469	0.732	0.517	0.395	0.251	0.071	0.021
17	8	0.132	0.462	0.709	0.488	0.372	0.244	0.071	0.022
18	8.5	0.129	0.443	0.657	0.430	0.323	0.218	0.063	0.016
19	9	0.126	0.423	0.604	0.383	0.293	0.208	0.062	0.018
20	9.5	0.124	0.411	0.573	0.361	0.280	0.204	0.062	0.019
21	10	0.122	0.397	0.537	0.337	0.263	0.195	0.060	0.018
22	10.5	0.119	0.380	0.501	0.314	0.248	0.188	0.058	0.018
23	11	0.117	0.366	0.471	0.296	0.236	0.182	0.057	0.018
24	11.5	0.115	0.357	0.450	0.286	0.230	0.180	0.057	0.018
25	12	0.114	0.347	0.432	0.275	0.222	0.176	0.057	0.018
26	12.5	0.116	0.364	0.459	0.296	0.245	0.197	0.064	0.024
27	13	0.118	0.372	0.475	0.304	0.248	0.196	0.063	0.022
28	13.5	0.123	0.398	0.528	0.340	0.281	0.222	0.072	0.029
29	14	0.128	0.421	0.580	0.372	0.300	0.228	0.072	0.027
30	14.5	0.130	0.433	0.614	0.395	0.315	0.233	0.072	0.027
31	15	0.132	0.448	0.656	0.430	0.339	0.244	0.074	0.028
32	15.5	0.134	0.460	0.692	0.467	0.366	0.254	0.076	0.029
33	16	0.136	0.472	0.730	0.511	0.401	0.268	0.079	0.030
34	16.5	0.137	0.482	0.762	0.558	0.443	0.284	0.081	0.031
35	17	0.138	0.490	0.790	0.605	0.493	0.302	0.084	0.032
36	17.5	0.138	0.495	0.811	0.646	0.544	0.319	0.086	0.032
37	18	0.139	0.499	0.826	0.680	0.599	0.342	0.090	0.034
38	18.5	0.138	0.497	0.820	0.670	0.576	0.319	0.082	0.024
39	19	0.137	0.495	0.815	0.661	0.565	0.320	0.085	0.030
40	19.5	0.136	0.490	0.799	0.628	0.510	0.289	0.076	0.021
41	20	0.135	0.483	0.778	0.590	0.466	0.278	0.076	0.024
42	20.5	0.134	0.475	0.750	0.544	0.418	0.257	0.071	0.020
43	21	0.132	0.463	0.717	0.498	0.378	0.244	0.070	0.021
44	21.5	0.131	0.455	0.691	0.467	0.355	0.237	0.069	0.021
45	22	0.129	0.445	0.663	0.436	0.332	0.227	0.067	0.020
46	22.5	0.127	0.429	0.618	0.395	0.301	0.211	0.063	0.018
47	23	0.124	0.412	0.576	0.362	0.280	0.203	0.062	0.019
48	23.5	0.123	0.403	0.551	0.347	0.272	0.202	0.062	0.020
49	24	0.124	0.408	0.559	0.355	0.282	0.212	0.066	0.023
Max		0.139	0.499	0.826	0.680	0.599	0.342	0.090	0.034
Min		0.114	0.347	0.432	0.275	0.222	0.176	0.057	0.016
Ave		0.130	0.441	0.656	0.456	0.363	0.243	0.071	0.024

Kecepatan Arus Di Lokasi Yang Di Tinjau Pada Model Breakwater Modifikasi									
Number	TS	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8
1	0	0.124	0.384	0.461	0.299	0.241	0.191	0.178	0.170
2	0.5	0.122	0.395	0.481	0.313	0.254	0.202	0.189	0.182
3	1	0.123	0.405	0.500	0.324	0.261	0.205	0.190	0.183
4	1.5	0.125	0.417	0.524	0.340	0.273	0.212	0.196	0.190
5	2	0.127	0.429	0.550	0.356	0.285	0.217	0.198	0.193
6	2.5	0.130	0.450	0.595	0.388	0.310	0.233	0.210	0.209
7	3	0.133	0.469	0.641	0.424	0.334	0.243	0.215	0.215
8	3.5	0.134	0.474	0.660	0.438	0.341	0.240	0.208	0.209
9	4	0.135	0.486	0.692	0.471	0.368	0.255	0.219	0.225
10	4.5	0.135	0.487	0.697	0.476	0.365	0.245	0.207	0.209
11	5	0.135	0.492	0.712	0.494	0.384	0.258	0.219	0.225
12	5.5	0.136	0.497	0.727	0.512	0.396	0.260	0.216	0.222
13	6	0.136	0.501	0.738	0.528	0.410	0.266	0.221	0.229
14	6.5	0.135	0.494	0.723	0.507	0.386	0.249	0.204	0.206
15	7	0.133	0.487	0.704	0.484	0.369	0.245	0.205	0.208
16	7.5	0.132	0.479	0.682	0.460	0.349	0.235	0.198	0.198
17	8	0.131	0.469	0.655	0.434	0.330	0.227	0.195	0.194
18	8.5	0.127	0.447	0.602	0.387	0.293	0.206	0.178	0.172
19	9	0.124	0.422	0.546	0.347	0.266	0.195	0.173	0.167
20	9.5	0.122	0.409	0.515	0.329	0.257	0.194	0.175	0.168
21	10	0.119	0.395	0.485	0.310	0.244	0.187	0.170	0.162
22	10.5	0.117	0.378	0.454	0.291	0.231	0.180	0.166	0.156
23	11	0.114	0.364	0.429	0.277	0.221	0.175	0.163	0.153
24	11.5	0.113	0.354	0.411	0.267	0.215	0.173	0.163	0.153
25	12	0.111	0.345	0.396	0.259	0.209	0.170	0.161	0.151
26	12.5	0.113	0.358	0.416	0.274	0.226	0.187	0.179	0.170
27	13	0.115	0.368	0.431	0.283	0.232	0.189	0.180	0.170
28	13.5	0.119	0.392	0.472	0.311	0.257	0.208	0.198	0.192
29	14	0.124	0.416	0.518	0.338	0.276	0.217	0.202	0.197
30	14.5	0.127	0.431	0.551	0.358	0.288	0.221	0.202	0.199
31	15	0.129	0.448	0.591	0.385	0.307	0.231	0.208	0.206
32	15.5	0.132	0.465	0.631	0.416	0.328	0.239	0.212	0.212
33	16	0.134	0.480	0.673	0.452	0.354	0.250	0.218	0.221
34	16.5	0.136	0.494	0.712	0.493	0.386	0.263	0.224	0.230
35	17	0.137	0.505	0.746	0.538	0.423	0.276	0.229	0.240
36	17.5	0.138	0.513	0.773	0.579	0.461	0.289	0.234	0.247
37	18	0.138	0.519	0.793	0.619	0.505	0.305	0.240	0.258
38	18.5	0.138	0.517	0.790	0.613	0.489	0.288	0.223	0.234
39	19	0.137	0.514	0.782	0.600	0.477	0.286	0.226	0.239
40	19.5	0.136	0.507	0.763	0.566	0.437	0.265	0.210	0.216
41	20	0.134	0.498	0.736	0.527	0.402	0.254	0.207	0.212
42	20.5	0.133	0.487	0.705	0.485	0.366	0.239	0.198	0.198
43	21	0.131	0.473	0.665	0.443	0.335	0.227	0.192	0.191
44	21.5	0.129	0.461	0.635	0.416	0.317	0.221	0.191	0.189
45	22	0.127	0.449	0.605	0.390	0.299	0.213	0.186	0.182
46	22.5	0.125	0.430	0.560	0.357	0.274	0.200	0.177	0.170
47	23	0.122	0.411	0.519	0.330	0.257	0.192	0.173	0.165
48	23.5	0.120	0.400	0.496	0.317	0.250	0.191	0.174	0.167
Max		0.138	0.519	0.793	0.619	0.505	0.305	0.240	0.258
Min		0.111	0.345	0.396	0.259	0.209	0.170	0.161	0.151
Ave		0.128	0.447	0.607	0.413	0.324	0.227	0.198	0.197