

**STUDI DIFRAKSI GELOMBANG MELALUI  
BREAKWATER TENGGELAM DENGAN VARIASI  
PANJANG GELOMBANG**

**(SKRIPSI)**

**Oleh:  
ARZUU ABNU HAZ  
(1515011108)**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2022**

## **ABSTRACT**

### ***Study Of Wave Diffraction Thourgh Sunning Breakwater With Variation Of Wave Length***

**By**

***Arzuu Abnu Haz***

*Indonesia is a country with the second longest coastline in the world, which has a coastline of more than 50,000 kilometers. With such a long coastline, the area around the coastal area has enormous potential to be developed, but the coastal area will be easily damaged due to the brunt of the large waves. A breakwater is a structure built to protect facilities in a coastal/coastal area. In this analysis used data, among others: height of the diffracted wave, diffraction coefficient, height of the incident wave. The results showed that 2-D wave propagation describes a pattern of diffracted wave propagation due to a trapezoidal breakwater building. Free water surface distance, wavelength and wave height affect the occurrence of diffraction. The smaller the value of the water table distance, the smaller the diffraction coefficient. The smaller the value of the water table distance, the greater the period. The results of the sigerd running program show that the distance of the calm free water level also affects the elevation of the wave itself.*

***Keywords: Diffraction Coefficient, Wave, Sigerd, Breakwater.***

## **ABSTRAK**

### **Studi Difraksi Gelombang Melalui *Breakwater* Tenggelam Dengan Variasi Panjang Gelombang**

**Oleh**

**Arzuu Abnu Haz**

Indonesia merupakan negara dengan garis pantai terpanjang urutan kedua di dunia yang mempunyai panjang garis pantai lebih dari 50.000 kilometer. Dengan garis pantai sepanjang itu, daerah di sekitar kawasan pantai mempunyai potensi yang sangat besar untuk dikembangkan, akan tetapi daerah tepian pantai akan mudah mengalami kerusakan akibat terjangan gelombang yang besar. *Breakwater* adalah struktur yang dibangun untuk melindungi fasilitas di daerah pesisir/pantai. Dalam analisis ini digunakan data, antara lain : tinggi gelombang terdifraksi, koefisien difraksi, tinggi gelombang datang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perambatan gelombang 2-D menggambarkan suatu pola perambatan gelombang yang terdifraksi akibat bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) tipe trapesium. Jarak muka air bebas, panjang gelombang dan tinggi gelombang mempengaruhi terjadinya difraksi. Semakin kecil nilai jarak muka air maka semakin kecil koefisien difraksinya. Semakin kecil nilai jarak muka air maka semakin besar periodenya. Hasil dari running program *sigerd* menunjukkan bahwa jarak muka air bebas tenang juga mempengaruhi ketinggian elevasi gelombang itu sendiri.

Kata Kunci: Koefisien Difraksi, Gelombang, *Sigerd*, *Breakwater*.

**STUDI DIFRAKSI GELOMBANG MELALUI BREAKWATER  
TENGSELAM DENGAN VARIASI PANJANG GELOMBANG**

**Oleh**

**Arzuu Abnu Haz**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2022**

Judul Skripsi : **STUDI DIFRAKSI GELOMBANG MELALUI  
BREAKWATER TENGGELAM DENGAN  
VARIASI PANJANG GELOMBANG**

Nama Mahasiswa : **Arzuu Abnu Haz**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515011108

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

**Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**  
NIP 19670514 199303 1 002

**Subuh Tugiono, S.T., M.T.**  
NIP 19730407 200012 1 001

**2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil**

**3. Ketua Jurusan Teknik Sipil**

**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19720829 199802 1 001

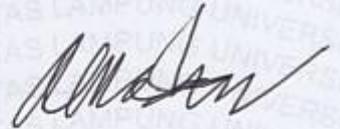
**Ir. Laksmi Irianti, M.T.**  
NIP 19620408 198903 2 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

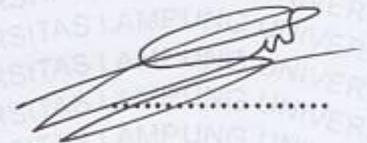
**Ketua**

**: Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.** .....



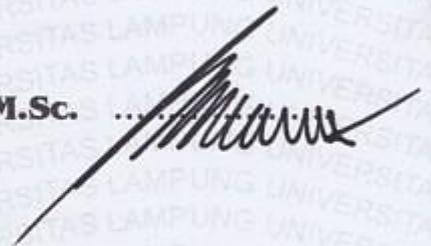
**Sekretaris**

**: Subuh Tugiono, S.T., M.T.** .....



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Dr. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.** .....



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.** 人  
NIP 19750928 200112 1 002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Juli 2022**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul “STUDI DIFRAKSI GELOMBANG MELALUI BREAKWATER TENGGELAM DENGAN VARIAN PANJANG GELOMBANG” adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku

Bandar Lampung,

2022



Arzuu Abnu Haz

## MOTTO

“Allah akan meninggikan orang - orang yang beriman diantaramu dan orang - orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

(QS Al-Mujadalah: 11)

“Apapun yang terjadi selalu ingat bahwa kamu punya Allah dan Ibu. Kita hadapi sama - sama “

(Ibu)

*“Luck favors the brave”*

(Bohemian Rhapsody)

*“The past can hurt. But, you can run from it or learn from it”*

(The Lion King)

“If you focus on what you left behind, you will never be able to see what lies ahead”

(Ratatouille)

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini Arzuu persembahkan untuk: Ibuku Tercinta, Sudiharti...

Untuk Ibu yang selalu mencintai menyayangi Arzuu,

Untuk Ibu yang selalu percaya pada Arzuu,

Untuk Ibu yang selalu menguatkan Arzuu,

Untuk Ibu yang selalu mendoakan Arzuu,

Untuk Ibu yang selalu memberikan yang terbaik untuk Arzuu..

Bu, ini untuk Ibu...

Arzuu bisa karena Ibu, Arzuu berhasil untuk Ibu..

Dan setiap pencapaian Arzuu akan selalu untuk Ibu..

Terimakasih Bu, sudah menjadi Ibu dari Arzuu,

Arzuu sayang Ibu.

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia serta ridhonya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Difraksi Gelombang Melalui *Breakwater* Tenggelam Dengan Varian Panjang Gelombang” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

Melalui kesempatan ini, Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses penyusunan skripsi.

Dengan teriring salam dan doa serta ucapan terima kasih yang tak terhingga Penulis sampaikan kepada :

1. Ibuku Sudiharti dan adikku Aulidia Jiwani, untuk seluruh kasih sayang, perjuangan, dan pengorbanan yang telah kalian berikan.
2. Dr.Eng.Ir. Helmy Fitriawan, S.T.,M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung dan jajarannya.
3. Muhammad Karami, S.T.,MSc.,Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung dan jajarannya.
4. Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D dan Subuh Tugiono, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, bantuan, serta dukungan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Alm. Dwi Joko Winarno, S.T., M.Eng. dan Dr. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan banyak masukan dan nasehat tentang dunia ilmu Teknik Sipil.

6. Sahabat - sahabatku yang tak lekang oleh waktu, Putri Dwi Lestari, Annika, Liana, Rhadit, Lucky, Andy, Panca, kalian yang terbaik.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan seluruh pihak yang telah turut serta membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Amiin.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan. Untuk itu Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat menjadi referensi dan informasi yang berguna bagi kita semua, terutama rekan - rekan mahasiswa Fakultas Teknik dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Bandar Lampung,

2022

Penulis

Arzuu Abnu Haz

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Batasan Masalah.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Gambaran Umum Pantai.....	5
B. Gelombang.....	5
C. Pemecah Gelombang.....	6
D. Tansmisi dan Transformasi Gelombang.....	11
E. Persamaan Gelombang.....	13
F. Spektrum Gelombang.....	16
G. Kondisi Batas.....	16
H. Simulasi.....	17
I. Program Sigerd.....	18
J. Program <i>MATLAB</i> .....	18
K. Kajian Model Difraksi Gelombang.....	19

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

A. Studi Pustaka.....	22
B. Model Simulasi Gelombang.....	22
C. Metode Analisis Data.....	23
D. Metode Penyajian Data.....	23
E. Metode Menjalankan Program.....	24

### **IV. HASIL DAN PENELITIAN**

A. Uji model perambatan gelombang.....	26
B. Model Perambatan Gelombang.....	29
C. Hasil Perambatan Gelombangt 2-D.....	30
D. Hasil Analisa Tinggi Gelombang.....	65
E. Randomized Complete Block Design (RCBD).....	80
F. Literatur.....	81

### **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan.....	82
B. Saran.....	83

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>84</b>
----------------------------	-----------

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Gelombang Menurut Teori Gelombang Linier (Airy).....	14
Tabel 2. Besaran gelombang yang dipakai dalam uji coba scenario.....	25
Tabel 3. Perbandingan hasil koefisien difraksi ( $C_d$ ) dari variasi tinggi dan panjang gelombang serta jarak muka air bebas.....	27
Tabel 4. Perbandingan hasil running program sigerd untuk nilai Periode ( $T$ ).....	29
Tabel 5. Tinggi puncak gelombang sebelum dan sesudah melewati <i>breakwater</i> ..	79
Tabel 6. RCBD koefisien difraksi ( $C_d$ ).....	80
Tabel 7. Perhitungan RCBD.....	80
Tabel 8. Anova.....	81

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Definisi Pantai dan Batasan Pantai.....	5
Gambar 2. Pemecah Gelombang dan Garis Pantai Yang Terbentuk.....	9
Gambar 3. Kondisi pola arus yang terjadi disekitar lokasi pemecah gelombang tenggelam.....	10
Gambar 4. Bagan Alur Penelitian.....	24
Gambar 5. Skenario untuk setting arah dan posisi sumber gelombang serta konfigurasi dan susunan <i>breakwater</i> yang dipasang.....	30
Gambar 6. Model simulasi <i>breakwater</i> tenggelam tipe trapesium.....	30
Gambar 7. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario I, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 2,5$ detik.....	32
Gambar 8. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario I, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 5$ detik.....	32
Gambar 9. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario I, saat melalui <i>breakwater</i> $t = 8$ detik.....	33
Gambar 10. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario I, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 10$ detik.....	33
Gambar 11. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario I, setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 12$ detik.....	34
Gambar 12. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario II, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 2,5$ detik.....	35
Gambar 13. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario II, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 5$ detik.....	36

Gambar 14. Snapshot perambatan gelombang skenario II, saat melalui breakwater t = 8 detik.....	36
Gambar 15. Snapshot perambatan gelombang skenario II, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> t = 10 detik.....	37
Gambar 16. Snapshot perambatan gelombang skenario II, setelah melalui breakwater t = 12 detik.....	37
Gambar 17. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario III, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 2,5 detik.....	38
Gambar 18. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario III, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 5 detik.....	39
Gambar 19. Snapshot perambatan gelombang skenario III, saat melalui breakwater t = 8 detik.....	39
Gambar 20. Snapshot perambatan gelombang skenario III, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> t = 10 detik.....	40
Gambar 21. Snapshot perambatan gelombang skenario III, setelah melalui breakwater t = 12 detik.....	40
Gambar 22. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario IV, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 2,5 detik.....	40
Gambar 23. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario IV, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 5 detik.....	41
Gambar 24. Snapshot perambatan gelombang skenario IV, saat melalui breakwater t = 8 detik.....	42
Gambar 25. Snapshot perambatan gelombang skenario IV, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> t = 10 detik.....	42

Gambar 26. Snapshot perambatan gelombang scenario IV, setelah melalui breakwater $t = 12$ detik.....	43
Gambar 27. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario V, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 2,5$ detik.....	44
Gambar 28. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario V, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 5$ detik.....	44
Gambar 29. Snapshot perambatan gelombang skenario V, saat melalui breakwater $t = 8$ detik.....	45
Gambar 30. Snapshot perambatan gelombang skenario V, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 10$ detik.....	45
Gambar 31. Snapshot perambatan gelombang scenario V, setelah melalui breakwater $t = 12$ detik.....	45
Gambar 32. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VI, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 2,5$ detik.....	46
Gambar 33. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VI, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 5$ detik.....	46
Gambar 34. Snapshot perambatan gelombang skenario VI, saat melalui breakwater $t = 8$ detik.....	46
Gambar 35. Snapshot perambatan gelombang skenario VI, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 10$ detik.....	49
Gambar 36. Snapshot perambatan gelombang scenario VI, setelah melalui breakwater $t = 12$ detik.....	49
Gambar 37. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VII, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 2,5$ detik.....	50

Gambar 38. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VII, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 5 detik.....	50
Gambar 39. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VII, saat melalui <i>breakwater</i> t = 8 detik.....	51
Gambar 40. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VII, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> t = 10 detik. ....	51
Gambar 41. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VII, setelah melalui <i>breakwater</i> t = 12 detik. ....	52
Gambar 42. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VIII, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 2,5 detik. ....	52
Gambar 43. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VIII, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 5 detik. ....	53
Gambar 44. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VIII, saat melalui <i>breakwater</i> t = 8 detik. ....	53
Gambar 45. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VIII, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> t = 10 detik. ....	54
Gambar 46. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario VIII, setelah melalui <i>breakwater</i> t = 12 detik. ....	54
Gambar 47. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario IX, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 2,5 detik. ....	55
Gambar 48. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario IX, sebelum melalui <i>breakwater</i> t = 5 detik. ....	55
Gambar 49. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario IX, saat melalui <i>breakwater</i> t = 8 detik. ....	56

Gambar 50. Snapshot perambatan gelombang skenario IX, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 10$ detik. ....	56
Gambar 51. Snapshot perambatan gelombang scenario IX, setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 12$ detik. ....	57
Gambar 52. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario X, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 2,5$ detik. ....	57
Gambar 53. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario X, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 5$ detik. ....	58
Gambar 54. Snapshot perambatan gelombang skenario X, saat melalui <i>breakwater</i> $t = 8$ detik. ....	58
Gambar 55. Snapshot perambatan gelombang skenario IX, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 10$ detik.....	59
Gambar 56. Snapshot perambatan gelombang scenario X, setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 12$ detik.....	59
Gambar 57. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario XI, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 2,5$ detik.....	59
Gambar 58. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario XI, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 5$ detik.....	60
Gambar 59. Snapshot perambatan gelombang skenario XI, saat melalui <i>breakwater</i> $t = 8$ detik.....	61
Gambar 60. Snapshot perambatan gelombang skenario XI, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 10$ detik.....	61
Gambar 61. Snapshot perambatan gelombang scenario XI, setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 12$ detik.....	62

Gambar 62. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario XII, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 2,5$ detik.....	62
Gambar 63. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario XII, sebelum melalui <i>breakwater</i> $t = 5$ detik.....	63
Gambar 64. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario XII, saat melalui <i>breakwater</i> $t = 8$ detik.....	63
Gambar 65. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario XII, beberapa saat setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 10$ detik.....	64
Gambar 66. <i>Snapshot</i> perambatan gelombang skenario XII, setelah melalui <i>breakwater</i> $t = 12$ detik.....	64
Gambar 67. Menentukan titik koordinat yang ditinjau.....	65
Gambar 68. Koordinat titik yang ditinjau tinggi puncak gelombang.....	66
Gambar 69. Ketinggian puncak gelombang pada skenario I di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	67
Gambar 70. Ketinggian puncak gelombang pada skenario II di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	68
Gambar 71. Ketinggian puncak gelombang pada skenario III di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	69
Gambar 72. Ketinggian puncak gelombang pada skenario IV di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	70
Gambar 73. Ketinggian puncak gelombang pada skenario V di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	71
Gambar 74. Ketinggian puncak gelombang pada skenario VI di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	72

Gambar 75. Ketinggian puncak gelombang pada skenario VII di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	73
Gambar 76. Ketinggian puncak gelombang pada skenario VIII di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	74
Gambar 77. Ketinggian puncak gelombang pada skenario IX di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	75
Gambar 78. Ketinggian puncak gelombang pada skenario X di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	76
Gambar 79. Ketinggian puncak gelombang pada skenario XI di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	77
Gambar 80. Ketinggian puncak gelombang pada skenario XII di titik koordinat 51,35 dan 51,65.....	78

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara maritim mempunyai wilayah laut seluas lebih dari 3,5 juta km<sup>2</sup> yang merupakan dua kali luas daratan (Triatmodjo : 1999). Indonesia juga merupakan negara dengan garis pantai terpanjang urutan kedua di dunia yang mempunyai panjang garis pantai lebih dari 50.000 kilometer. Dengan garis pantai sepanjang itu, daerah di sekitar kawasan pantai mempunyai potensi yang sangat besar untuk dikembangkan contohnya potensi masyarakat pesisir sebagai nelayan atau pembangunan infrastruktur penunjang seperti dermaga dan pelabuhan. Akan tetapi daerah tepian pantai akan mudah mengalami kerusakan akibat terjangan gelombang yang besar, sehingga menyebabkan rusaknya tempat tinggal, kebun-kebun, sarana dan prasarana umum, bahkan jalur perekonomian dan pada daerah yang berbatasan langsung dengan negara lain akan mengakibatkan berkurangnya batas negara.

*Breakwater* adalah struktur yang dibangun untuk melindungi fasilitas di daerah pesisir/pantai. Untuk melindungi dari kondisi iklim yang menantang, struktur ini memainkan peran penting untuk melindungi pantai dari hantaman gelombang. Pengurangan energi gelombang yang menghantam pantai dapat dilakukan dengan membuat bangunan pemecah gelombang atau *breakwater*,

maka gelombang yang datang menghantam pantai sudah pecah pada suatu tempat yang cukup jauh dari tepian pantai sehingga energi gelombang yang sampai dipantai cukup kecil.

Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian dipecah (difraksi) dan sebagian dihancurkan (disipasi) melalui pecahnya gelombang bergantung pada karakteristik gelombang datang seperti periode gelombang ( $T_s$ ), tinggi gelombang ( $H_s$ ), durasi (jumlah) gelombang, arah gelombang datang, kedalaman air serta tipe bangunan peredam gelombang (bentuk, kekasaran, kemiringan lereng, lebar puncak struktur, tinggi struktur dan permeabilitas inti).

Agar dapat menghemat biaya dan waktu, perlu alat bantu untuk mengetahui difraksi gelombang menggunakan model numerik sesuai dengan sistem dan permasalahannya. Fenomena gelombang yang dipelajari dilakukan dengan beberapa asumsi sehingga memunculkan beberapa teori dan persamaan gelombang.

Pada penelitian ini, akan mencoba mensimulasikan hasil daripada persamaan-persamaan gelombang yang ada dengan bahasa pemrograman dengan berbagai skenario, serta mencoba memahami pola gelombang yang terbentuk akibat deformasi gelombang yaitu difraksi. Serta menganalisa untuk mengetahui dan memprediksi arah datangnya gelombang ketika tiba ke pesisir pantai agar dapat memahami proses dinamika pantai dan menjaga kestabilannya.

## B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat disimpulkan bahwa rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana difraksi gelombang pada pemodelan pemecah gelombang (*breakwater*) tenggelam tipe trapezium.
- 2) Bagaimana perbandingan difraksi gelombang melalui *breakwater* tenggelam tipe trapesium dengan variasi panjang gelombang.
- 3) Bagaimana mensimulasikan difraksi gelombang menggunakan model.

## C. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut;

- 1) Untuk mengetahui difraksi gelombang melalui pemecah gelombang (*breakwater*) tenggelam tipe trapesium menggunakan model.
- 2) Mengetahui difraksi gelombang setelah melewati *breakwater* dengan variasi panjang gelombang.
- 3) Menganalisis simulasi difraksi gelombang yang terjadi setelah melewati *breakwater* tenggelam.

## D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut

- 1) Yang dikaji hanya difraksi gelombang yang melewati *breakwater* tenggelam tipe trapesium.
- 2) Pemodelan numerik menggunakan persamaan hiperbola 2 dimensi.

### **E. Manfaat Penelitian**

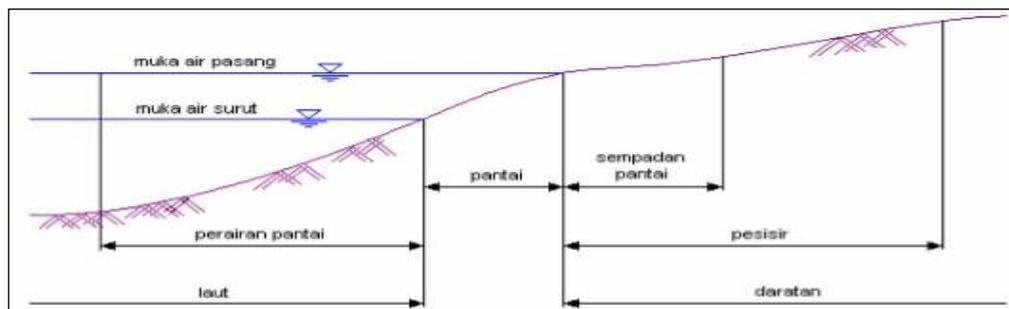
Manfaat pada penelitian ini antara lain:

- 1) Menambah pengetahuan tentang difraksi gelombang model breakwater tenggelam dengan tipe trapezium.
- 2) Memahami bagaimana proses difraksi gelombang breakwater tenggelam tipe trapesium.
- 3) Mengetahui perbandingan difraksi gelombang pada breakwater tenggelam tipe trapesium dari variasi panjang gelombang.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Gambaran Umum Pantai

Istilah pantai sering rancu dalam pemakaiannya yaitu antara *coast* (pesisir) dan *shore* (pantai). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang dipengaruhi oleh pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai adalah daerah ditepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah (Pokaton, Tawas, & Mamoto, 2013).



Sumber: *Triatmodjo*

Gambar 1. Definisi pantai dan batasan pantai

### B. Gelombang

Gelombang merupakan peristiwa naik turunnya permukaan air laut secara vertikal yang mempengaruhi garis pantai dan segala aktivitas termasuk struktur bangunan-bangunan yang berada didaerah pantai tersebut. (Febriando dkk, 2012). Sedangkan proses pembentukan geomorfologi pada pantai banyak dipengaruhi oleh gelombang laut yang mana gelombang laut tersebut selain oleh angin, gelombang dapat juga ditimbulkan oleh adanya gempa bumi, letusan gunung berapi, dan longsor bawah air yang menimbulkan gelombang

yang bersifat merusak (tsunami) serta oleh daya tarik bulan dan bumi yang menghasilkan gelombang tetap yang dikenal sebagai gelombang pasang surut. Gelombang laut memiliki susunan yang bervariasi dan kompleks baik bentuk maupun macamnya, berikut bagian-bagian gelombang:

- a. Puncak gelombang yaitu titik tertinggi pada gelombang
- b. Lembah gelombang yaitu titik terendah pada gelombang
- c. Tinggi gelombang merupakan jarak tegak lurus antara puncak dan lembah.
- d. Panjang gelombang merupakan jarak mendatar antara puncak dan lembah gelombang
- e. Periode gelombang yaitu waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya satu gelombang

Suatu gelombang yang menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi gelombang. Perubahan bentuk gelombang ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti refraksi gelombang, refleksi gelombang, difraksi gelombang, serta gelombang pecah.

### **C. Pemecah Gelombang**

Pemecah gelombang merupakan struktur yang dapat melindungi kawasan pesisir dari terjangan gelombang air laut contohnya untuk melindungi fasilitas pelabuhan dan kawasan pemukiman nelayan. Bangunan pemecah gelombang menjadikan pemisah antara perairan dangkal dengan perairan dalam. Skema pembuatan pemecah gelombang memiliki banyak variabel yang menentukan dampak terhadap garis pantai yang ditentukan berdasarkan lokasi penempatan pemecah gelombang, jenis material yang digunakan, permeabilitas dari

struktur, dan kondisi puncak dari struktur pemecah gelombang (Yudha, I., 2011). Sedangkan, menurut klasifikasi bangunan pantai yang dijelaskan oleh Triatmodjo (2010), *breakwater* merupakan salah satu bangunan pantai yang konstruksinya dibangun lepas pantai dan sejajar dengan garis pantai. *Breakwater* sendiri ialah pemecah gelombang yang dibangun untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. *Breakwater* di bedakan menjadi 2 bagian yaitu *breakwater* sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama yaitu sambungan pantai digunakan untuk melindungi perairan pelabuhan, sedangkan untuk tipe kedua yaitu lepas pantai untuk melindungi pantai terhadap erosi (Triatmodjo, 2008).

Untuk material dalam pembuatan *breakwater* ada beberapa jenis, yang digunakan sebagai lapisan-lapisan, diantaranya menurut Refi (2013) sebagai berikut.

a. Batu Alam

Bahan ini merupakan bahan yang paling sering digunakan karna tidak memerlukan pencetakan seperti pada batu lapis pelindung buatan.

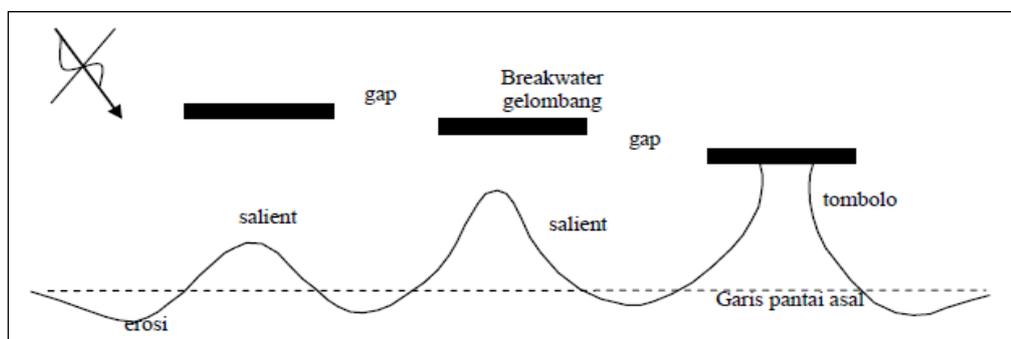
b. Pelindung Buatan

Untuk pelindung buatan bahan yang digunakan adalah dari beton dengan bentuk tertentu yang berupa tetrapod,tribar, hexapord, dolos, a-jack, dan sebagainya. Pelindung buatan relative lebih banyak digunakan karna batu alami yang kadang susah didapat dengan masa yang berat dengan jumlah yang sangat banyak.

Bentuk dan karakteristik *breakwater* berbeda-beda begitu juga kemampuan untuk meredam gelombang yang dihasilkan. Menurut bentuknya bangunan *breakwater* dibedakan menjadi bangunan sisi miring, sisi tegak dan campuran dengan tipe tenggelam dan tidak tenggelam.

Adaptasi teknologi khususnya terhadap struktur pemecah gelombang lepas pantai telah menghasilkan struktur pemecah gelombang lepas pantai tenggelam yang sekarang dikenal dengan LCB atau *Low-Crested Breakwaters*. Beberapa literatur menyimak merebaknya penggunaan LCB di berbagai negara seperti USA, UK, Jepang, dan Itali (Durgappa, 2008), bahkan di Jepang penggunaan LCB menjadi sangat populer dan lebih banyak digunakan dari pada *breakwaters* konvensional (Pilarczyk, 2003). Keunggulan LCB antara lain mampu mengurangi dampak estetika, lebih murah, sirkulasi air yang lebih baik yang memungkinkan meningkatnya kualitas air dan produktivitas biologi, dan mengurangi efek hambatan terhadap angkutan sediment (Kularatne et al, 2008). Pengurangan energi gelombang yang mengenai pantai dapat dilakukan dengan pembuatan bangunan pemecah gelombang sejajar pantai (*offshore breakwaters*). Pemecah gelombang ini menirukan prinsip perlindungan alami oleh terumbu karang. Gelombang besar yang menghempas pantai ditahan dan dihancurkan sebelum garis pantai, sehingga ketika mencapai garis pantai energi gelombang berkurang. Dengan berkurangnya energi gelombang di daerah bayangan pemecah gelombang, maka transportasi sedimen di daerah tersebut akan berkurang dan akan terjadi pengendapan seperti pada gambar 2.

Pemecah gelombang tenggelam dapat diklasifikasikan ke dalam 3 (tiga) kategori yaitu, *dynamically stable reef breakwater*, *statically stable low-crested breakwater* dan *statically stable submerged breakwater* (van der Meer, 1991). Pemakaian pemecah gelombang tenggelam, termasuk *submerged breakwater* belakangan ini sudah banyak dipakai (Pina, 1990). Submerged breakwater adalah pemecah gelombang tenggelam dengan elevasi awal ambang terletak di bawah elevasi muka air diam (SWL). Pemecah gelombang ini mungkin tidak efektif pada saat pasang. Untuk mendapatkan hasil yang efektif, pemecah gelombang ini sebaiknya dipasang pada lokasi dengan pasang surut rendah. Fungsi utama dari pemecah gelombang tenggelam adalah meredam energi gelombang yang datang ke pantai melalui mekanisme gelombang pecah, disipasi, gesekan, dan refleksi gelombang.

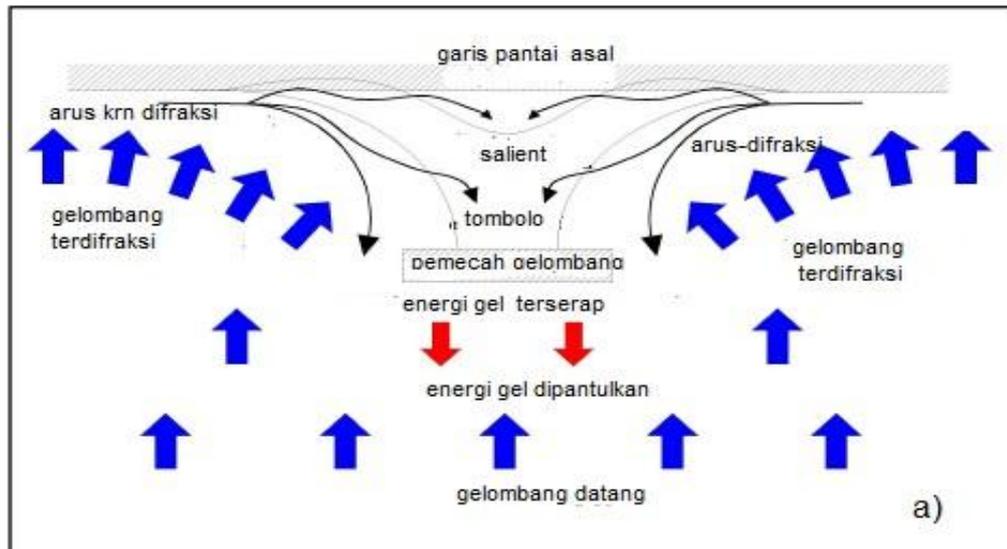


Sumber: Durgappa (2008)

Gambar 2. Pemecah gelombang dan garis pantai yang terbentuk

Gelombang transmisi dapat disebabkan oleh gelombang overtopping dan run-up yang melewati struktur. Keadaan ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain lebar puncak struktur, kedalaman air di kaki struktur, kemiringan sisi bangunan, porositas dan diameter nominal dari unit lapis lindung. Apabila struktur pemecah gelombang permeabel, transmisi gelombang juga

disebabkan oleh penetrasi gelombang melalui pori-pori struktur. Proses perubahan garis pantai secara teori dapat dilihat pada gambar 3.



Sumber: Caseres, dkk (2005)

Gambar 3. Kondisi pola arus yang terjadi disekitar lokasi pemecah gelombang tenggelam.

Refleksi gelombang adalah proses transfer energi dari satu arah ke arah lain ketika gelombang datang diintersepsi oleh suatu penghalang. Sebagian atau seluruh energi gelombang datang kemungkinan akan direfleksikan kembali ke arah laut oleh penghalang tersebut. Besarnya gelombang yang direfleksikan sangat tergantung dari kedalaman air di kaki struktur (Ahrens 1987, Van der Meer 1991), sedangkan kemiringan sisi struktur tidak begitu besar pengaruhnya (Datattri et al., 1978).

Dari beberapa hasil penelitian terdahulu dapat disimpulkan elevasi muka air dan tinggi gelombang rencana merupakan faktor penentu dalam perencanaan pemecah gelombang. Kinerja suatu pemecah gelombang pada umumnya dihubungkan dengan stabilitas struktur terhadap gaya-gaya gelombang.

Perencanaan suatu pemecah gelombang adalah menentukan berat unit lapis lindung yang tahan terhadap gelombang rencana. Stabilitas pemecah gelombang dipengaruhi oleh dua faktor yaitu kondisi lingkungan pantai dan karakter fisik struktur. Faktor lingkungan pantai antara lain tinggi gelombang ( $H_s$ ), periode gelombang ( $T_s$ ), durasi (jumlah) gelombang, arah gelombang datang, dan kelompok gelombang. Faktor fisik struktur antara lain diameter nominal unit lapis lindung, bentuk dan kekasaran lapis lindung, kemiringan lereng, lebar puncak struktur, tinggi struktur dan permeabilitas inti. Faktor lain yang juga mempengaruhi tingkat stabilitas struktur tumpukan batu adalah metode penempatan lapis lindung.

#### **D. Transmisi dan Transformasi Gelombang**

Respon garis pantai terhadap keberadaan pemecah gelombang dikendalikan oleh sedikitnya 14 variabel (Hanson and Kraus, 1991) delapan diantaranya adalah variabel yang sangat berperan yaitu (1) jarak dari pantai; (2) panjang struktur; (3) karakteristik transmisi dari struktur; (4) kemiringan dasar pantai; (5) tinggi gelombang; (6) periode gelombang; (7) orientasi sudut dari struktur; dan (8) arah gelombang dominan.

Analisis transformasi gelombang pada pemecah gelombang dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai variabel non-dimensional dalam bentuk grafik. Proses transmisi gelombang didefinisikan sebagai  $K_t$ , yaitu rasio antara tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ). Gelombang refleksi didefinisikan sebagai  $K_r$ , yaitu rasio antara tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien transmisi tergantung dari tinggi relative pemecah gelombang ( $h_c/H_i$ ) dan kecuraman gelombang (*wave steepness*,  $sp$ ). Efek tinggi gelombang datang, kemiringan sisi struktur, dan lebar puncak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya transmisi gelombang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur dengan sisi lebih curam (sudut lebih besar), melewatkan gelombang lebih besar dibandingkan dengan sisi yang lebih landai, baik untuk kondisi puncak tenggelam maupun tidak. Secara fisik perbedaan ini dapat dijelaskan dengan efek gesekan dasar. Energi gelombang yang berjalan sepanjang slope akan terdisipasi melalui gesekan permukaan. Sisi yang landai mempunyai panjang yang lebih besar dibandingkan dengan sisi tegak, sehingga energi gelombang akan terdisipasi lebih besar yang menyebabkan transmisi gelombang menjadi lebih kecil.

Refleksi gelombang juga sangat dipengaruhi oleh tinggi relatif pemecah gelombang ( $h_c/H_i$ ) dan periode gelombang. Parameter surf merupakan ratio antara kemiringan sisi struktur (slope) dengan tinggi dan periode gelombang.

Trend data memperlihatkan bahwa refleksi gelombang meningkat secara signifikan dengan bertambah besarnya nilai  $\zeta$ .

Tingkat kerusakan pemecah gelombang yang dikenai oleh berbagai jenis gelombang sangat tergantung dari tinggi gelombang datang. Kombinasi antara tekanan, drag, gaya angkat berpotensi untuk mengangkat unit lapis lindung dari tempatnya semula dan memindahkan ke tempat lain. Parameter lain yang mempengaruhi stabilitas struktur antara lain kedalaman air dan bentuk geometri bangunan.

## E. Persamaan Gelombang

### a. Teori gelombang *airy*

Gelombang yang terjadi di alam sangatlah kompleks dan susah dirumuskan dengan akurat. Namun, dilakukan beberapa asumsi dalam mempelajari fenomena gelombang yang terjadi di alam sehingga muncul beberapa teori gelombang. Salah satunya teori gelombang amplitudo kecil. Teori gelombang ini merupakan teori gelombang yang paling sederhana karena merupakan teori gelombang linier, yang pertama kali diperkenalkan oleh Airy pada tahun 1845.

Apabila dilihat dari persamaan *Laplace* teori, gelombang *airy* (teori amplitudo kecil) diturunkan untuk aliran tak rotasi (*irrotational flow*) dengan kondisi batas di dasar laut dan di permukaan air. Beberapa anggapan yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang adalah sebagai berikut (Kapitan, 2014):

1. Rapat masa adalah konstan karena zat cair adalah homogen tidak termampatkan, sehingga tegangan permukaan diabaikan.
2. Gaya *coriolis* (akibat perputaran bumi di abaikan).
3. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan.
4. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran tak rotasi.
5. Dasar laut adalah horizontal, tetap dan *impermeable* sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol.
6. Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.

7. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.

Berikut beberapa notasi yang digunakan dalam perhitungan gelombang Airy:

$d$  : jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)

$\eta(x,t)$  : fluktuasi muka air terhadap muka air diam  $= \eta = a \cos(kx - \sigma t)$

$a$  : amplitudo gelombang

$H$  : tinggi gelombang  $= 2a$

$L$  : panjang gelombang,

$T$  : Periode gelombang,

$C$  : Kecepatan rambat gelombang  $= L/T$

$K$  : angka gelombang  $= 2\pi / L$

$\Sigma$  : frekuensi gelombang  $= 2\pi / T$

$g$  : gravitasi  $= 9,81 \text{ m/d}^2$

b. Klasifikasi gelombang menurut kedalaman relative

Jika dilihat dari kedalaman relatif, perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang  $L$ , ( $d/L$ ), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam dapat dilihat pada Tabel 1. yaitu :

Tabel 1. Klasifikasi Gelombang Menurut Teori Gelombang Linier (Airy)

Keterangan	Gelombang dilaut dangkal	Gelombang di laut transisi	Gelombang di laut dalam
$d/L$	$d/L \geq 1/2$	$1/20 < d/L < 1/2$	$d/L \leq 1/20$
Tanh $(2\pi d/L)$	$\approx 2\pi d/L$	Tanh $(2\pi d/L)$	$\approx 1$
Cepat rambat gelombang	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]$	$C = C_o = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
Panjang Gelombang	$L = T\sqrt{gd}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]$	$L = L_o = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56T^2$

Sumber : Nur Yuwono, 1982

c. Persamaan Gelombang Hiperbola

Berikut Persaman gelombang yang dipergunakan untuk memodelkan perambatan gelombang (Zakaria, 2003) yang melalui *beakwater* tenggelam dengan persamaan Hiperbola 2 dimensi (2-D) ,

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = c^2 \left\{ \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \right\} \quad (1)$$

Dimana,

$\eta$  = fluktuasi muka air terhadap muka air diam

$c$  = cepat rambat gelombang

$$c = \sqrt{g \cdot h}$$

$g$  = gravitasi

Suatu solusi persamaan gelombang hiperbolik 2-D adalah dengan metode eksplisit beda hingga (*explicit finite-difference method*). Dengan metoda ini, persamaan (1) di atas bisa didekati sebagai berikut,

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = \frac{\eta_{i,j}^{n-1} - 2\eta_{i,j}^n + \eta_{i,j}^{n+1}}{\Delta t^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = \frac{\eta_{i,j-1}^n - 2\eta_{i,j}^n + \eta_{i+1,j}^n}{\Delta x^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} = \frac{\eta_{i,j-1}^n - 2\eta_{i,j}^n + \eta_{i,j+1}^n}{\Delta y^2} \quad (4)$$

Dari persamaan (2), (3) dan (4) dan dengan mengganti  $c = g \cdot h$  kita dapat menemukan persamaan penuh sebagai berikut:

$$\frac{\eta_{i,j}^{n-1} - 2\eta_{i,j}^n + \eta_{i,j}^{n+1}}{\Delta t^2} = g \cdot d \cdot \left[ \frac{\eta_{i-1,j}^n - 2\eta_{i,j}^n + \eta_{i+1,j}^n}{\Delta x^2} + \frac{\eta_{i,j-1}^n - 2\eta_{i,j}^n + \eta_{i,j+1}^n}{\Delta y^2} \right] \quad (5)$$

Persamaan (5) merupakan solusi untuk persamaan gelombang hiperbolik 2-D beda hingga eksplisit (Zakaria, 2009). Maka dapat pula ditulis dengan;

$$\eta_{i,j}^{n+1} = \frac{g \cdot d \cdot \Delta t^2}{(dx^2)} (\eta_{i-1,j}^n - 2\eta_{i,j}^n + \eta_{i+1,j}^n + \eta_{i,j-1}^n - 2\eta_{i,j}^n + \eta_{i,j+1}^n) + 2\eta_{i,j}^n - \eta_{i,j}^{n-1}$$

## F. Spektrum Gelombang

Gelombang laut memiliki sifat tidak beraturan (acak), pada besar maupun arahnya, karena sifat tersebut besar energi gelombang acak tidak mudah untuk diukur. Gelombang acak adalah gabungan dari gelombang sinusoidal dengan panjang dan periode gelombang yang sangat bervariasi. Pada ukuran intensitas komponen gelombang acak dinyatakan dalam bentuk spektrum kepadatan amplitudo, kepadatan energi gelombang atau disebut spektrum energi gelombang. Dalam analisa spektrum energi gelombang diperlukan data pencatatan gelombang selama 15-20 menit.

Menurut Yuwono (1992), prinsip analisa spektrum gelombang adalah dengan menguraikan suatu gelombang irreguler menjadi susunan dari gelombang teratur dari berbagai frekuensi dan tinggi gelombang. Sulit untuk mengenali suatu pola spesifik pada gelombang acak, sehingga parameter gelombang didefinisikan dengan memakai besaran-besaran statistik seperti  $H_{1/3}$  dan  $T_{1/3}$ .  $H_{1/3}$  adalah harga rata-rata dari 1/3 jumlah keseluruhan tinggi gelombang yang tertinggi atau tinggi signifikan, sedangkan  $T_{1/3}$  harga rata-rata dari 1/3 jumlah keseluruhan periode gelombang yang tertinggi atau periode signifikan.

#### **G. Kondisi Batas**

Pada simulasi perambatan gelombang ini terbatas oleh model dikarenakan secara fisik tidak nyata. Batasan-batasan ini pada umumnya disebut *nonphysical boundaries* atau batasan terbuka atau yang disebut juga dengan *open boundaries*. Manipulasi persamaan matematika dipergunakan untuk mensimulasikan perambatan gelombang yang dapat melewati batas tersebut.

Persamaan bertujuan untuk menghilangkan refleksi gelombang pada batas tersebut. Lalu beberapa teknik dikembangkan, yang mana metode-metode ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Umumnya, metoda syarat batas transparan adalah suatu metoda syarat batas yang digunakan untuk memperagakan perambatan gelombang. Yang diperlukan untuk mengurangi efek pantulan dari perambatan gelombang yang merambat sampai *nonphysical boundaries*. Berikut persamaan diperkenalkan oleh Reynolds (1978), yang digunakan sebagai batasan-batasan terbuka adalah sebagai berikut,

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + C \frac{\partial c}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

Menggunakan persamaan (6) di atas, pemantulan dari *nonphysical boundaries* adalah sebisa mungkin untuk dikurangi.

## H. Simulasi

Menurut KBBI simulasi merupakan metode pelatihan dengan meniru bentuk yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya dengan penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan berupa model statistik atau pemeranan. Simulasi dilakukan dengan tujuan agar dapat memecahkan atau menguraikan persoalan-persoalan dalam kehidupan nyata yang penuh dengan ketidakpastian dan lebih ditekankan pada pemakaian komputer untuk mendapatkan solusinya.

Simulasi dengan komputer merupakan model yang dievaluasi secara numerik, dan data dikumpulkan untuk mengestimasi karakteristik yang sebenarnya dari model. Dalam bidang teknik sipil simulasi dapat digunakan untuk mengetahui

perubahan akibat suatu gaya yang berdampak pada suatu bangunan. Permasalahan yang terjadi umumnya sulit dan rumit apabila diselesaikan dengan rumus-rumus sederhana.

### **I. Paket Program Sigerd (Simulasi Gelombang Refraksi Difraksi)**

Program ini merupakan program simulasi menggunakan bahasa pemrograman *Fortran* yang dikembangkan oleh Zakaria (2014). *Fortran* merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang sangat banyak digunakan untuk pemrograman yang membutuhkan perhitungan numerik yang rumit oleh para *Scientist* dan *Engineer* untuk aplikasi-aplikasi praktis dalam rangka penyelesaian permasalahan-permasalahan dalam bidang teknik (Zakaria, 2005). Bahasa-bahasa pemrograman ini merupakan bahasa pemrograman yang sering disebut sebagai bahasa pemrograman under DOS, karena dijalankan lewat DOS.

### **J. Program *MATLAB***

*Matlab* adalah bahasa pemrograman komputer berbasis *windows* dengan orientasi dasarnya adalah numerik, tidak hanya itu pada program ini juga dapat memecahkan permasalahan non matrik. Dengan menggabungkan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam satu kesatuan yang mudah digunakan di mana masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematik yang sudah dikenal dan banyak digunakan pada:

- Matematika dan Komputansi
- Pengembangan dan Algoritma

- Pemrograman Modeling, Simulasi, dan Pembuatan Prototipe
- Analisa Data, Eksplorasi dan Visualisasi
- Analisis Numerik dan Statistik
- Pengembangan Aplikasi Teknik.

Adapun kelebihan dari *Matlab* terhadap bahasa pemrograman lainnya adalah kemudahan dalam pendefinisian matriks, penurunan persamaan dan fungsi-fungsi dengan jumlah cukup banyak. Dengan memanfaatkan kelebihan dari *software Matlab*, maka efisiensi dalam pembuatan *software* akan meningkat. Pada permasalahan difraksi gelombang ini, *software Matlab* digunakan untuk penyelesaian perhitungan matriks dengan ukuran besar dan simulasi hasil yang didapat sampai terbentuk grafik perubahan difraksi gelombang berupa kontur. Dalam penelitian ini skrip matlab dipergunakan untuk menggambarkan dan mensimulasikan perambatan gelombang dari data yang dihasilkan oleh program Sigerd.

#### **K. Kajian Model Difraksi Gelombang**

Adapun beberapa penelitian mengenai redaman gelombang melalui breakwater, salah satunya yaitu yang dilakukan oleh Tarigan (2005) dengan judul *Analisa Refraksi Gelombang Pada Pantai*. Menggunakan metode *orthogonal*, metode *snellius*, metode diagram dan metode panjang gelombang yang mengacu pada teori gelombang linier yang sering disebut juga dengan *small-amplitude wave theory* (teori gelombang beramplitudo kecil).

Hasil dari setiap metode tersebut menunjukkan hasil visualisasi sudut pembelokan yang cukup baik untuk selanjutnya dianalisa. Namun metode-

metode tersebut terdapat keterbatasan yang mempengaruhi hasil untuk berbagai kasus. Misal pada metode orthogonal, keterbatasan terletak nilai perbandingan kecepatan gelombang pada template dimana penggambaran refraksi tidak dapat dilakukan untuk nilai perbandingan kecepatan gelombang yang relatif besar. Sedangkan metode *snellius* terdapat nilai beda sudut perpindahan gelombang yang cukup kecil sehingga sulit untuk memvisualisasikan hasil refraksidibandingkan dengan metode orthogonal.

Devira Santi (2009), melakukan penelitian terhadap gelombang yang melewati breakwater tenggelam yang dipasang seri dengan jarak bebas struktur ( $d_s$ ) 2 cm menghasilkan koefisien redaman terkecil dan peredam yang semakin baik.

Penelitian redaman *breakwater* juga dilakukan oleh Rama kapitan (2014), yang berjudul *Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola*. Penelitian dilakukan menggunakan breakwater tipe tegak maupun trapesium dengan perambatan gelombang 2-D mengambarkan suatu pola perambatan gelombang yang terdifraksi akibat bangunan pemecah gelombang. Dari hasil penelitian tersebut running output dari program Sigerd memiliki nilai yang mendekati dengan hasil yang dipresentasikan oleh *Shore Protection Manual*, SPM (1984).

Pada penelitian Zakaria (2008), yang berjudul *Pemodelan Numerik Perambatan Gelombang 2 Dimensi melalui Breakwater Tenggelam* dapat disimpulkan bahwa dengan adanya breakwater tenggelam, terjadinya refleksi dan dispersi gelombang untuk simulasi perambatan gelombang dengan menggunakan persamaan hyperbola 2 dimensi cukup besar, dengan ini

menunjukkan jika pengaruh yang signifikan dari breakwater tenggelam terhadap peredaman gelombang, dan kemungkinan dapat dimanfaatkan sebagai peredam gelombang di pantai.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui difraksi gelombang yang terjadi akibat bangunan pemecah gelombang yang berbentuk trapesium atau segiempat dengan metode numerik yang disimulasikan melalui bahasa pemrograman dengan berbagai skenario. Adapun tahapan metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini meliputi.

#### **A. Studi Pustaka**

Studi pustaka disini diartikan sebagai pengkajian dan pembelajaran berbagai buku-buku referensi dan hasil penelitian terdahulu yang serupa berkaitan dengan persamaan gelombang dengan pemodelan gelombang, serta mengkaji ulang penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan fenomena difraksi gelombang saat mengalami pembelokan akibat perubahan bangunan pantai yang mereduksi kecepatan gelombang.

#### **B. Model Simulasi Gelombang**

Model simulasi gelombang pada penelitian ini, menggunakan program Sigerd yang dikembangkan oleh Zakaria (2014). Untuk pemodelan yang diteliti dilakukan terlebih dahulu uji model perambatan gelombang. Kemudian merancang berbagai skenario untuk simulasi pemodelan variasi dan panjang gelombang yang akan diteliti untuk perbandingan.

### **C. Metode Analisis Data**

Untuk metode ini, analisis data dilakukan dari tiap-tiap skenario dari beberapa skenario pemodelan variasi panjang gelombang yang telah disimulasikan.

### **D. Metode Penyajian Data**

Beberapa konsep penyediaan data-data yang diperoleh untuk kepentingan kajian ini disajikan dalam beberapa bentuk, yaitu:

1. Grafik; digunakan untuk menunjukkan kondisi atau sebuah hasil analisis dalam bentuk visual dengan dilengkapi angka-angka perolehan sehingga mudah memperoleh informasi data.
2. Tabel; digunakan untuk menunjukkan data-data yang bersifat tabular dan terdiri dari banyak data yang dimasukkan ke dalam format sederhana sehingga mudah untuk dipahami.
3. Gambar; digunakan untuk menunjukkan kondisi atau sebuah hasil analisis dalam bentuk visual sehingga mudah dimengerti dan dipahami.

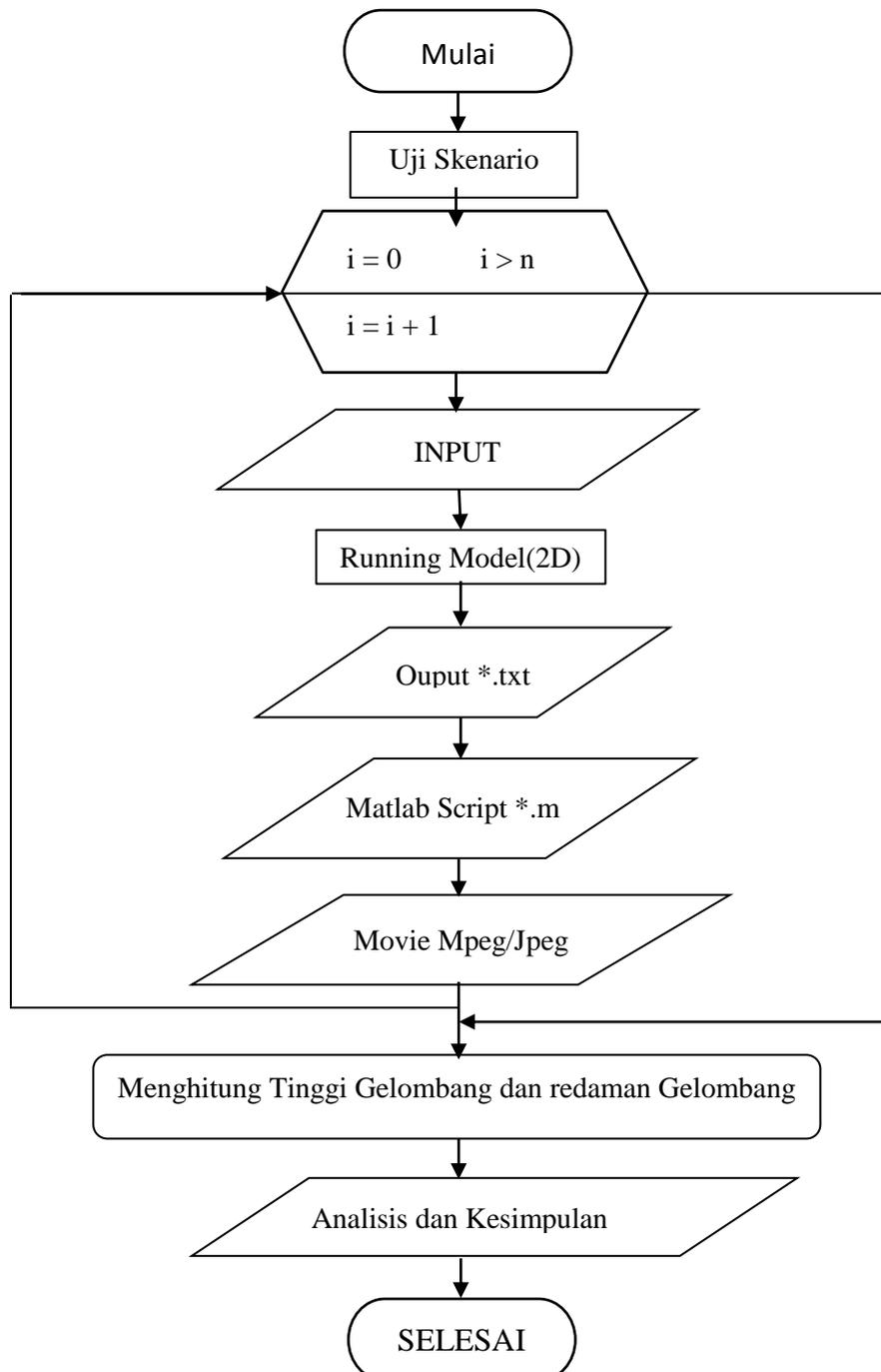
### **E. Metode Menjalankan Program Sebagai Berikut**

1. Uji skenario; pada pengujian ini dapat diulang beberapa kali sesuai dengan yang dibutuhkan dengan beberapa model yang akan di analisa.
2. Input; memasukkan data-data yang diperlukan yaitu dimensi *breakwater* dan tinggi gelombang sebelum melewati *breakwater*.
3. *Running Model*; menjalankan pemodelan dengan program *Sigerd*
4. Output; hasil dari *running model*
5. Matlab Script; perintah yang dibuat menggunakan matlab berdasarkan output.

6. *Movie Mpeg/Jpg*; simulasi gelombang yang telah dimodelkan dapat dilihat dengan gambar yang bergerak sesuai data dan hasil dari skenario yang telah dijalankan.

Secara sederhana, metodologi penelitian dapat dilihat pada diagram atau bagan alur sebagai berikut pada Gambar 4.

Gambar 4. Bagan Alur Penelitian



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan program *sigerd* ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari perambatan gelombang 2-D menggambarkan suatu pola perambatan gelombang yang terdifraksi akibat bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) tipe trapesium.
2. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa jarak muka air bebas, panjang gelombang dan tinggi gelombang mempengaruhi terjadinya difraksi.
3. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan semakin kecil nilai jarak muka air maka semakin kecil koefisien difraksinya dan sebaliknya semakin besar nilai jarak muka air maka semakin besar koefisien difraksi yang didapat.
4. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan semakin kecil nilai jarak muka air maka semakin besar periodenya dan sebaliknya semakin besar nilai jarak muka air maka semakin kecil periode yang didapat.
5. Hasil dari running program *sigerd* menunjukkan bahwa jarak muka air bebas tenang juga mempengaruhi ketinggian elevasi gelombang itu sendiri.

## B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini menggunakan paket program yang dibuat dengan bahasa pemrograman *Fortran* dan untuk memvisualisasikan hasil dengan baik, menggunakan program *Matlab*, sehingga diperlukan pemahaman lebih khusus tentang bahasa pemrograman bila ingin melakukan penelitian lebih lanjut yang serupa,
2. Untuk kedepannya, perlu dikembangkan lebih lanjut lagi untuk program *Sigerd* agar frekuensi dan periode gelombang dapat disesuaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta*
- Aldin, Muhammad. Muh. Arsyad Thaha. Mukhsan Putra Hatta. 2014. *Perencanaan Alternatif Bangunan Pengaman Pantai Namrole Kab. Buru Selatan - Maluku.*
- Pokaton, KY. HJ Tawas. ML Jasin. JD Mamoto. 2013. *Perencanaan Jetty di Muara Sungai Ranoyapo Amurang.*
- Dauhan, SK. HJ Tawas. H Tangkudung. JD Mamoto. 2013. *Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai di Atep Oki.*
- Edy, Wiby Febriando. Aprizal Aprizal. Ilyas Sadad. 2012. *Analisa Perilaku Gelombang Air Setelah Melewati Breakwater Tenggelam Yang Berbentuk Tumpukan Pipa. Jurnal Teknik Sipil Ubl. 33 (1): 257-269*
- Dattatri, J. H Rahman. NJ Shankar. 1978. *Performance Characteristics of Sumerged Breakwaters. Coastal Engineering 1978.*
- Ayuningtyas, ranum. 2008. *Karakteristik fisik literature. FMIPA UI.*
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual. US Army Coastal Engineering Research Center. Washington (SPM, 1984).*
- Kapitan, Rama. 2014. *Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola. Jurnal Rekayasa, 18 (2) : 89 – 102*
- Reynold, A. C., 1978 *Boundary conditions for the numerical solution of wave propagation problems. Geophysics 43 (6), 1099 – 1110*
- Santi, Devira. 2009. *Kajian Model Fisik Difraksi Gelombang 2-D dengan Menggunakan 2 Breakwater Tenggelam Yang Dipasang Seri.*

Tarigan A.P.M dan Zein. A.S., 2005, *Analisa Refraksi Gelombang Pada Pantai*.  
Jurnal Teknik SIMETRIKA. Vol. 4 No. 2 – Agustus: 345 – 351

Zakaria, A., 2003, *Numerical Modelling of Wave Propagation using Higher Order Finite-Difference Formulas*, Thesis (Ph.D), Curtin University of Technology, Perth, W.A.

Yuwono, N. 1992, *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*.  
Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.

Zakaria, A., 2005, *Pemograman Numerik Menggunakan Bahasa Fortran*. Teknik Sipil Unoesitas Lampung.