

Studi Difraksi Gelombang Melalui Breakwater Tenggelam dengan Variasi Panjang Gelombang

Arzuu Abnu Haz¹⁾

Ahmad Zakaria²⁾

Subuh Tugiono³⁾

Dwi Joko Winarno⁴⁾

Abstract

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

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*.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: abnuhazarzuu@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

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.

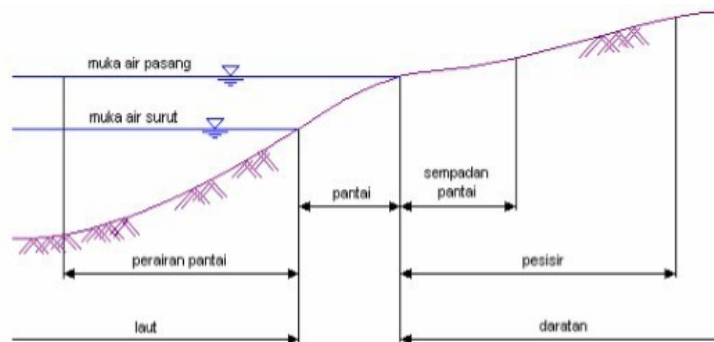
Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian dipecah (difraksi) dan sebagian dihancurkan (disipasi) melalui pecahnya gelombang bergantung pada karakteristik gelombang datang seperti periode gelombang (T_s), tinggi gelombang (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).

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.

2. DASAR TEORI

2.1. 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, Kern Youla, 2013).



Gambar 1. Definisi pantai dan batasan pantai

2.2 Gelombang

Gelombang merupakan peristiwa naik turunnya permukaan air laut secara vertikal yang mempengaruhi garis pantai dan segala aktivitas termasuk struktur bangunan-bangunan yang berada di daerah pantai tersebut (Edy *et al* 2012)

Gelombang laut memiliki susunan yang bervariasi dan kompleks baik bentuk maupun macamnya, berikut bagian-bagian gelombang:

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

2.3 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 (Kapitan, 2014).

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

- Batu Alam
- Pelindung Buatan

2.4 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).

2.4 Persamaan Gelombang

Gelombang merupakan getaran yang merambat dengan membawa energi tanpa membawa partikel medium perambatan. Berbeda dengan getaran yang hanya bergetar bolak balik tanpa merambat. Berikut ini adalah macam-macam persamaan gelombang:

- a. Teori gelombang *airy*
- b. Klasifikasi gelombang menurut kedalaman relative
- c. Persamaan Gelombang Hiperbola

2.5 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.

2.6 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.

2.7 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.

2.8 Paket Program Sigerd (Simulasi Gelombang Refraksi Difraksi)

Program ini merupakan program simulasi menggunakan bahasa pemrograman *Fortran* yang dikembangkan oleh (Zakaria, 2005). *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.

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

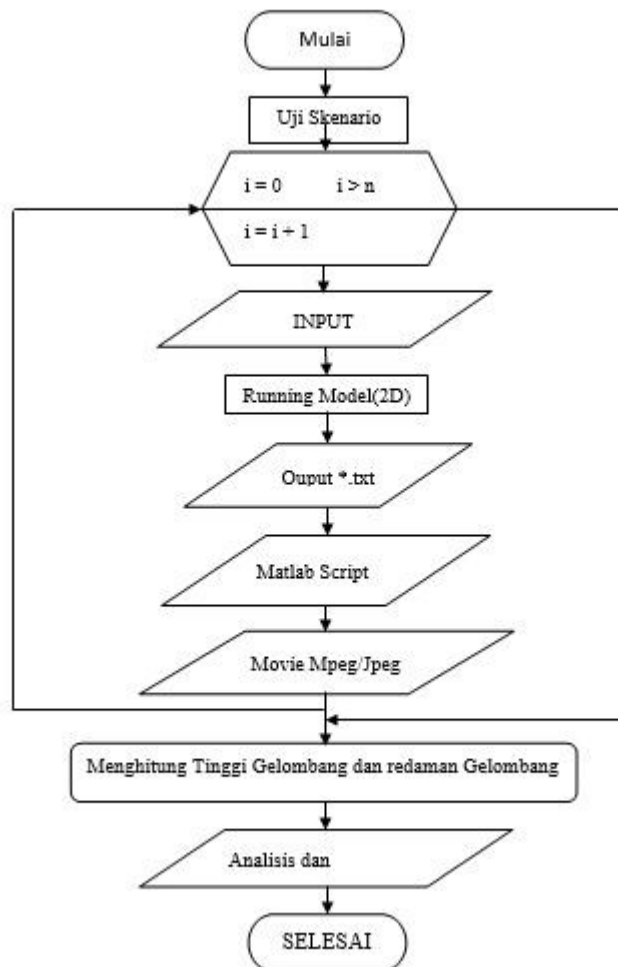
2.8 Kajian Model Difraksi Gelombang

Adapun beberapa penelitian mengenai redaman gelombang melalui breakwater, salah satunya yaitu yang dilakukan oleh (A.P.M., Tarigan 2005) dengan judul *Analisa Refraksi Gelombang Pada Pantai*. (Andika *et al* 2021), 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 (Kapitan, 2014), yang berjudul *Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola*. Penelitian redaman *breakwater* juga dilakukan oleh (Kapitan, 2014), yang berjudul *Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola*. Pada penelitian (Zakaria 2005), yang berjudul *Pemodelan Numerik Perambatan Gelombang 2 Dimensi melalui Breakwater Tenggelam*.

3. METODE 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.

Metedologi penelitian dapat dilihat pada diagram atau bagan alur sebagai berikut pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana perilaku gelombang dan perubahan-perubahan energi gelombang sebelum dan sesudah melewati bangunan pemecah gelombang atau disebut juga dengan *breakwater*. *Breakwater* yang akan diteliti merupakan *breakwater* tenggelam yang berbentuk trapesium dengan ketinggian 5 m dan panjang 12 m. Untuk penelitian ini terdapat 4 macam tipe gelombang dan 3 jenis kedalaman (jarak bebas air muka) yang akan disimulasikan. Penelitian ini menggunakan program sigerd dengan metode numerik ini menggunakan persamaan hiperbola. Berikut adalah besaran gelombang yang dipakai:

Tabel 1. Besaran gelombang yang dipakai dalam uji coba skenario.

Tipe Gelombang	Periode Gelombang	Panjang Gelombang (m)	Cepat Rambat (m/s)
1	0,80	1,00	1,25
2	0,84	1,10	1,31
3	0,85	1,13	1,33
4	0,89	1,24	1,39

4.1 Uji Model Perambatan Gelombang

Berikut adalah hasil *running* keluaran dengan program *Sigerd* didapatkan koefisien difraksi C_d . Koefisien Difraksi (C_d) yang didapatkan dari hasil running program *Sigerd* untuk *breakwater* berbentuk trapesium dengan variasi tinggi dan panjang gelombang dengan kondisi gelombang laut dalam:

Tabel 2. Perbandingan hasil koefisien difraksi (C_d) dari variasi tinggi dan panjang gelombang serta jarak muka air bebas.

Tipe Gelombang	Jarak Muka Air Bebas (m) D_s	H_i (m)	H_d (m)	Koefisien Difraksi (c_d)
Gelombang I	0,1 m	1,22	0,24	0,19
	0,3 m	1,20	0,49	0,39
	0,5 m	1,17	0,64	0,54
Gelombang II	0,1 m	3,04	0,69	0,23
	0,3 m	2,98	1,39	0,47
	0,5 m	2,93	1,79	0,61
Gelombang III	0,1 m	4,88	1,18	0,24
	0,3 m	4,79	2,38	0,50
	0,5 m	4,70	3,02	0,64
Gelombang IV	0,1 m	7,54	2,12	0,28
	0,3 m	7,39	4,20	0,57
	0,5 m	7,24	5,22	0,72

Tabel 3. Perbandingan hasil running program sigerd untuk nilai Periode (T)

Tipe Gelombang	Jarak Muka Air Bebas (m) D_s	Periode (T) metode numerik	
		Sebelum (detik)	Sebelum (detik)
Gelombang I	0,1 m	0,30	2,13
	0,3 m	0,29	1,61
	0,5 m	0,30	0,88
Gelombang II	0,1 m	0,65	2,12
	0,3 m	0,63	1,60
	0,5 m	0,62	0,88
Gelombang III	0,1 m	0,64	2,17
	0,3 m	0,64	1,60
	0,5 m	0,62	0,88
Gelombang IV	0,1 m	0,64	2,12
	0,3 m	0,63	1,58
	0,5 m	0,62	0,88

Semakin kecil jarak muka air maka semakin besar periodenya dan sebaliknya semakin besar nilai jarak muka air maka semakin kecil periode yang didapat.

4.2 Hasil Analisa Tinggi Gelombang

Tabel 4. Tinggi puncak gelombang sebelum dan sesudah melewati *breakwater*.

Skenario	Jarak Muka Air Bebas (m) D_s	Tipe Gelombang	Tinggi Puncak Gelombang Sebelum (m)	Tinggi Puncak Gelombang Sesudah (m)
1	0,1	1	1,15	0,15
2	0,1	2	2,89	0,41
3	0,1	3	4,68	0,71
4	0,1	4	7,38	1,27
5	0,3	1	1,14	0,38
6	0,3	2	2,84	1,60
7	0,3	3	4,60	1,80
8	0,3	4	7,24	3,18
9	0,5	1	1,12	0,53
10	0,5	2	2,79	1,46
11	0,5	3	4,53	2,48
12	0,5	4	7,12	4,28

Hasil dari running program *sigerd* menunjukkan bahwa ketinggian elevasi gelombang menghasilkan nilai yang sedikit berbeda setelah melewati *breakwater*, jarak muka air bebas tenang juga mempengaruhi ketinggian elevasi gelombang itu sendiri.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan program *sigerd* ini dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu 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 dan sebaliknya semakin besar nilai jarak muka air maka semakin besar koefisien difraksi yang didapat. Hasil dari running program *sigerd* menunjukkan bahwa jarak muka air bebas tenang juga mempengaruhi ketinggian elevasi gelombang itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- A.P.M., Tarigan, A.S.Z., 2005. Analisa Refraksi Gelombang pada Pantai. *Jurnal Teknik SIMETRIKA*, 4 (2), 345–351.
- Andika, I.A., Zakaria, A., and Wahono, E.P., 2021. Analisis Kinerja Redaman Gelombang pada Breakwater Tenggelam Tipe Berlubang Dengan Pemodelan Fisik 2D Kinerja Redaman Gelombang pada Breakwater tenggelam Tipe Berlubang, 9 (1), 189–200.
- Edy, W.F., Aprizal, and Sadad, I., 2012. Analisa Perilaku Gelombang Air Setelah Melewati Breakwater Tenggelam Yang Berbentuk Tumpukan Pipa. *Jurnal Teknik Sipil UBL*, 3 (April 2012), 257–269.
- Kapitan, R., 2014. Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola, 18 (1).
- Pokaton, Kern Youla, H.J.T., 2013. Perencanaan Jetty Di Muara Sungai Ranoyapo Amurang. *Jurnal Sipil Statik*, 1 (6).
- Refi, A., 2013. Analisis Break Water pada Pelabuhan Teluk Bayur dengan Menggunakan Batu Alam, Tetrapod, dan A-Jack. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53 (9), 1689–1699.
- Zakaria, A., 2005. Pemrograman Numerik Menggunakan Bahasa Fortran. *Teknik Sipil Unila*.

