

Prediksi Gelombang Overtopping pada Seadike dengan Model Boussinesq 1D

Hanantino Ramadani¹, Didit Adytia²

^{1,2}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹Hanantinor@students.telkomuniversity.ac.id, ²adytia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Coastal Protector dibuat untuk mengurangi kerusakan pada pantai seperti erosi atau abrasi pantai, sedimentasi pada struktur tanah pantai dan lain-lain, maka dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pembangunan secara *hard structure* seperti *seawall*, *seadike*, dan lain-lain, juga dengan cara *natural protection* seperti terumbu karang, hutan mangrove, dan lain-lain. Dalam memproses *design coastal protector* yang dikhususkan pada *seadike* perlu dipelajari tentang fenomena *wave overtopping*. Karena dalam fenomena ini terdapat fenomena gelombang *run-up* (*wave run-up*) dan fenomena gelombang pecah (*wave breaking*). Maka dari itu untuk mempelajari tentang *wave overtopping* terdapat dua cara yaitu dengan eksperimen dan simulasi. Simulasi tentang *wave overtopping* ini berdasarkan suatu simulasi model gelombang akurat yang dimana dapat didekati dengan beberapa model seperti *boussinesq model* dan *non-hydrostatic model*. Estimasi dan hasil dari simulasi akan divalidasi dengan data eksperimen.

Kata kunci : *Seadike, coastal protection, wave overtopping, Boussinesq model*

Abstract

Coastal Protector is made to reduce damage to the beach such as erosion or abrasion of the coast, sedimentation in the structure of coastal land and others, then it is done in two ways, namely by construction of hard structures such as seawall, seadike, etc., also by natural protection such as coral reefs, mangrove forests, and others. In processing coastal protector design that is specific to the same level, it is necessary to learn about the phenomenon of wave overtopping. Because in this phenomenon there are wave run-up phenomena and wave breaking phenomena. Therefore to learn about wave overtopping there are two ways, namely by experiment and simulation. This simulation of wave overtopping is based on an accurate waveform simulation which can be approached with several models such as the boussinesq model and the non-hydrostatic model. Estimates and results from simulations will be validated with experimental data.

Keywords: *Seadike, coastal protection, wave overtopping, Boussinesq model*

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Kerusakan pada pantai yang terjadi akibat dari gelombang air laut seperti erosi atau abrasi pantai, sedimentasi pada struktur tanah pantai dan lain-lain, menjadi masalah yang serius bagi masyarakat disekitar pantai. Untuk mengurangi dampak dari gelombang air laut di sekitar pantai, dibuatlah *coastal protection*. *coastal protection* dibangun dengan dua cara yaitu dengan pembangunan *hard structure* seperti *break water*, *seawall* atau *seadike*, juga dengan *natural protection* seperti terumbu karang dan hutan mangrove. Pembuatan *hard structure coastal protection* seperti *seadike* lebih diminati oleh para peneliti karena efektif dan efisien dari pada *natural protection*. Pada tempat tertentu *seadike* sangat dibutuhkan meredam kekuatan dari tinggi gelombang air laut agar tidak sampai ke daratan [1][3]. Pada proses *design seadike* perlu di pelajari tentang fenomena limpasan gelombang (*wave overtopping*). Fenomena *wave overtopping* adalah suatu fenomen kenaikan fluida air pada gelombang air laut yang mencapai dan melewati puncak dari *coastal protection*. Fenomena ini menjadi suatu masalah yang serius dan kompleks bagi para peneliti dibidang simulasi dan eksperimen karena, fenomena *wave overtopping* terdiri dari fenomena gelombang *run-up* (*wave run-up*), dan fenomena gelombang pecah (*wave breaking*).

Telah banyak dilakukan studi dan penelitian tentang fenomena *wave overtopping* pada seadike. Studi pada masalah *overtopping* ini dapat didekati dengan dua cara yaitu dengan eksperimen secara fisik seperti yang di lakukan oleh [8] Hsiao, Lin tentang eksperimen *wave overtopping* pada gelombang tsunami di sekitar *seadike*, serta dengan cara simulasi secara numerik yang dilakukan oleh Tomohiro Zusuki, dkk – 2017, 2011 dan Zijlema, dkk - 2011. Untuk melakukan simulasi dibutuhkan suatu nilai gelombang akurat terutama pada saat musim gelombang tinggi. Simulasi ini dilakukan secara numerik yaitu dengan pendekatan model *Shallow Water Equation* (SWE) seperti yang di lakukan oleh Tomohiro Zusuki, dkk – 2017, 2011 tentang menggunakan pengaplikasian

SWE pada model SWASH untuk masalah overtopping, [2] dan juga bisa menggunakan model *Reynolds averaged Navier-Stokes* (RANS) seperti yang dilakukan Hsaio, Lin [8].

Model *Shallow Water Equation* (SWE) lebih sering di gunakan karena memiliki persamaan yang lebih sederhana dari pada model RANS karena pada model RANS persamaan matematika komputasinya menggunakan skema 3D. Model SWE juga memiliki sifat non-dispersive dimana model ini digunakan hanya untuk model gelombang panjang. Sedangkan untuk gelombang pendek menggunakan model gelombang yang bersifat dispersive seperti *boussinesq* model. Boussinesq model digunakan untuk menghitung struktur vertical horizontal gelombang air dan kecepatan aliran vertikal.

Pada jurnal ini kami akan menggunakan model *boussinesq* untuk prediksi simulasi numerik *wave overtopping* pada *seadike*. Model *boussinesq* yang kami gunakan adalah Model *Variational Boussinesq* (VBM) dimana akan di implementasikan secara numerik dengan menggunakan skema momentum konservatif *Straggered Grid*. Model VBM ini akan divalidasi dengan data eksperimen dari penelitian dari Hsiao, Lin pada tahun 2010[8] guna untuk mengetahui apakah model boussinesq ini dapat digunakan untuk maslah overtopping pada tanggul laut.

2. Studi Terkait

2.1 Variational Boussinesq Model

Variational Boussinesq Model (VBM) adalah model gelombang yang bersifat dispersif dan nonlinear biasanya digunakan untuk perhitungan gelombang pendek. Pada journal ini model VBM menggunakan model 1D yang implementasikan secara numerik menggunakan skema staggered grid. Model VBM ini memiliki prinsip variasi gelombang yang dikemukakan oleh Luke pada tahun 1967, dimana fluida air adalah fluida yang ideal yang memiliki sifat tidak kental (*inviscid*), tidak berdesmpetan atau tidak termampatkan (*incompressible*), dan aliran fluidan tidak berotasi. Berdasarkan prinsip variasi gelombang Luke tahun 1967, dinamika gelombang air dapat didefinisikan dalam suatu system yaitu system Hamiltonian seperti dibawah ini:

$$\partial_t \eta = \delta_\phi \mathcal{H} \quad (1)$$

$$\partial_t \phi = -\delta_\eta \mathcal{H} \quad (2)$$

Persamaan (1) dan (2) dimana $\eta(x,t)$ merupakan (*surface elevation*) kenaikan gelombang dan $\phi(x,t)$ merupakan (*surface petensial*) potensial pada permukaan, kedua persmaan tersebut adalah variable kanonik (*canonical variable*). $\delta_\phi \mathcal{H}$ dan $\delta_\eta \mathcal{H}$ menunjukan turunan fungsi variasional pada h terhadap n dan p . dimana fungsi \mathcal{H} (Hamiltonian) adalah energi total dari jumlah potensi P terhadap energi kinetik K [9].

Pada persamaan diatas terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi seperi kenaikan gelombang $\eta(x,t)$, serta kedalaman h_0 yang diukur dari permukaan air datar, maka kedalaman air dari elevasi gelombang adalah $d = \eta(x,t) + h_0(x,t)$.

$$\mathcal{P} = \frac{1}{2} \int_x g \eta^2 dx \quad \& \quad \mathcal{K} = \frac{1}{2} \int_x \int_{-d}^{\eta} |\nabla \Phi|^2 dz dx$$

Dimana $\Phi(x,z,t)$ adalah potensial fluida air pada kedalaman air yang di notasikan dengan d yang dipengaruhi oleh kecepatan gravitasi $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. Maka dari itu potensial fluida $\Phi(x,z,t)$ pada energi K kinetic adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Phi(x,y,z) &\approx \phi(x,y) + \sum_{m=1}^M F^{(m)}(z) \psi^{(m)}(x,y) \\ &= \phi + F \cdot \Psi \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan F dan Ψ adalah gelombang vector, yang dimana F menyatakan suatu fungsi yang bergantung kepada ruang vertical dan Ψ menyatakan variable bantu yang bergantung kepada ruang horizontal. M adalah jumlah kombinasi linear dari profil vertical yang dipilih, yang dimana m terdapat dua kasus untuk profil vertical yaitu dengan $M=2$ maka pada persamaan (3) dapat di deskripsikan sebagai berikut:

$$\Phi \approx \phi + F^{(1)} \psi^{(1)} + F^{(2)} \psi^{(2)} = \phi + \begin{bmatrix} F^{(1)} \\ F^{(2)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \psi^{(1)} \\ \psi^{(2)} \end{bmatrix}$$

Dimana $F^{(m)}$, $\psi^{(m)}$ M digunakan untuk memperkirakan potensional fluida Φ . Maka berdasarkan profil vertical $F^{(m)}$ adalah berupa fungsi cosinus hyperbolic adalah:

$$F^{(m)}(z; \eta, d) = \frac{\cosh(k_m(z+d))}{\cosh(k_m h)} - 1$$

Dengan kedalaman total $d = \eta(x,t) + h_0(x,t)$, maka berdasarkan [13] k_m adalah bilangan dari gelombang yang dipilih dengan cara meminimalisir energi kinetik yang bergantung pada kondisi awal. Dengan memasukan persamaan (3) kedalam fungsi dari energi kinetik K , maka di deperoleh:

$$\mathcal{K}_v(\eta, \phi, \psi) = \frac{1}{2} \int_x \left\{ \begin{aligned} &h(\partial_x \phi)^2 + 2\partial_x \phi (\partial_x \eta \zeta \cdot \psi + \beta \cdot \partial_x \psi) \\ &+ [(\partial_x \eta)^2 \theta + \gamma] \psi \cdot \psi + \alpha \partial_x \psi \cdot \partial_x \psi \\ &+ 2\partial_x \eta \epsilon^T \partial_x \psi \cdot \psi \end{aligned} \right\} dx \quad (5)$$