

Original Article

e-ISSN: 2774-2016 - <https://journal.itera.ac.id/index.php/indojam/>

p-ISSN: 2774-2067

Received 2nd July 2021
Accepted 13th January 2023
Published 28th January 2023

Open Access

DOI:

10.35472/indojam.v2i2.530

Simulasi Terbentuknya Gelombang Permukaan Akibat Longsoran Bawah Laut dengan menggunakan Metode Lax-Friedrich

Yenci Brika Enkekes^a, Rifky Fauzi^{a*}^a Program Studi Matematika, Jurusan Sains, Institut Teknologi Sumatera* Koresponden E-mail: rifky.fauzi@ma.itera.ac.id

Abstract: The problem studied in this paper is the formation of surface waves due to underwater landslides. The shallow water wave equation is employed to study the phenomenon. The equation is solved numerically by using the Lax-Friedrich method. The numerical result show that this method is able to simulate the generation of surface wave due to underwater landslide.

Keywords: *shallow water aquation, underwater landslides, Lax-Friedrich.*

Abstrak: Masalah yang diteliti dalam penelitian ini adalah terbentuknya gelombang permukaan akibat adanya longsoran bawah laut. Persamaan air dangkal atau yang lebih dikenal sebagai *shallow water equation* digunakan untuk mengkaji fenomena tersebut. Persamaan ini diselesaikan secara numerik dengan menggunakan metode Lax-Friedrich. Hasilnya menunjukkan bahwa metode ini berhasil digunakan untuk melakukan simulasi terbentuknya gelombang permukaan akan terbentuk akibat adanya gerakan pada dasar.

Kata Kunci: *persamaan air dangkal, longsor bawah laut, Lax-Friedrich.*

Pendahuluan

Gelombang air dangkal adalah gelombang yang terjadi pada permukaan air dangkal dimana panjang gelombang cukup besar dibandingkan dengan kedalamannya [1]. Persamaan gelombang air dangkal atau yang lebih dikenal sebagai *shallow water equation* (SWE) merupakan salah satu model gelombang permukaan yang banyak digunakan untuk mensimulasikan penyebaran gelombang permukaan. Salah satu simulasinya yaitu terbentuknya gelombang permukaan akibat longsoran bawah laut.

Longsor adalah salah satu jenis bencana alam. Longsor dapat terjadi bawah laut. Longsor bawah laut sering memicu terjadinya tsunami atau gelombang laut besar berkecepatan tinggi di daerah longsoran yang dapat mencapai jarak tempuh sangat jauh. Longsor

bawah laut adalah proses alami penting yang menyebabkan massa sedimen bervolume besar bergerak dari daerah lantai samudera (dasar laut) yang dangkal ke daerah yang lebih dalam. Terdapat berbagai jenis dan penyebab terjadinya longsoran bawah laut yaitu gempa bumi dan letusan gunung berapi. Contoh kasus longsoran bawah laut terjadi di laut Flores [2]. Fenomena lain terjadi di selat sunda longsoran bawah laut akibat aktivitas gunung Anak Krakatau yang mengakibatkan materialnya jatuh sehingga mengakibatkan tsunami [2].

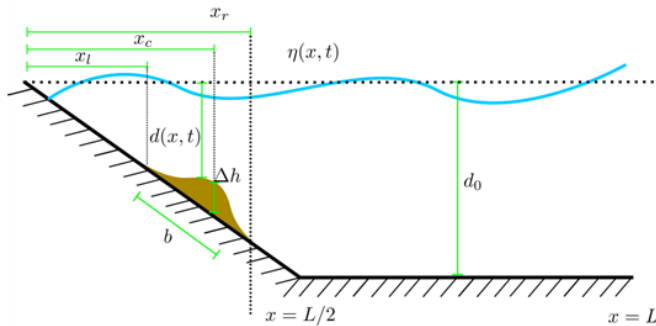
Gerak permukaan air diatur oleh Persamaan Air Dangkal linear sebagai [3]

$$\begin{cases} h_t + (d(x, t)u)_x = 0 \\ u_t + g\eta_x = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Original Article

dengan $\eta(x,t)$ dan $u(x,t)$ menyatakan simpangan permukaan dan kecepatan partikel air tiap posisi dan tiap waktu berturut-turut. Sementara $h(x,t) = \eta(x,t) + d(x,t)$ adalah tebal air dari permukaan ke bagian dasar atau batimetri. Batimetri berupa fungsi yang bervariasi terhadap waktu karena model akan dikembangkan untuk mengakomodir dasar yang bergerak tiap waktu, dalam hal ini berupa longsoran. Persamaan Air Dangkal ini diturunkan dari prinsip konservasi massa dan konservasi momentum.

Batimetri yang dipilih batimetri dengan dasar yang rata. Kemudian longsoran dibuat meluncur dari suatu bidang datar dengan kemiringan tertentu. Ilustrasi masalah dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini membahas tipe longsoran berupa gundukan yang meluncur pada bidang dengan kemiringan s . Longsoran berupa tumpukan sejumlah material meluncur dengan tanpa berubah bentuk.



Gambar 1. Ilustrasi terbentuknya gelombang akibat terjadinya longsoran bawah laut

Batimetri berupa longsoran bawah laut yang bergerak dimodelkan oleh persamaan berikut

$$h(x,t) = sx - h^p(x,t) \tag{2}$$

dengan

$$s = \tan \theta,$$

$$h^p(x,t) = \frac{3}{4} \Delta h (1 + \tanh(2(x - x_l(t) \cos(\theta)))) (1 - \tanh(2(x - x_r(t) \cos(\theta))))$$

dan

$$x_c(t) = x_0(t) + S(t) \cos \theta$$

$$x_l(t) = x_c(t) - \frac{b}{2} \cos \theta$$

$$x_r(t) = x_0(t) + \frac{b}{2} \cos \theta$$

Parameter x_0 merupakan posisi gundukan laut sebelum meluncur, fungsi

$$S(t) = S_0 \ln \left(\cosh \left(\frac{t}{t_0} \right) \right) \tag{3}$$

dengan $S_0 = \frac{u_t^2}{a_0}$, dan $t_0 = \frac{u_t}{a_0}$.

Percepatan awal dan kecepatan akhir dari gundukan secara berturut-turut diekspresikan oleh dua persamaan berikut

$$a_0 = g \frac{\gamma - 1}{\gamma + C_m} \sin \theta,$$

$$u_t = \sqrt{gb \frac{\pi(\gamma - 1)}{2C_d} \sin \theta}$$

Keterangan:

γ : rasio kepadatan laut

C_m : aproksimasi koefisien massa

C_d : aproksimasi koefisien pergerakan laut

b : ketinggian longsoran laut

Δh : adalah tebal longsoran

θ : sudut kemiringan bidang

Shallow water equation diselesaikan secara numerik dengan menggunakan metode Lax-Friedrich yang dibuat dengan bahasa pemrograman *Python*. Dengan adanya persamaan untuk model longsoran bawah laut, diharapkan dapat mengetahui bagaimana proses terbentuknya gelombang permukaan laut akibat adanya longsoran bawah laut.

Metode Lax-Friedrich

Metode Lax-Friedrich adalah salah satu pendekatan numerik dengan mengimplementasikan metode beda hingga yang dapat digunakan dalam menyelesaikan persamaan gelombang, metode ini adalah perbaikan daripada metode FTCS (*Forward Time Center Space*) yakni mengganti nilai η_j^n dengan nilai rata-rata dari η_{j+1}^n dan η_{j-1}^n dan nilai u_j^n diganti dengan nilai rata-rata dari u_{j+1}^n dan u_{j-1}^n [4]. Berikut adalah uraiannya

$$\begin{aligned} \bar{\eta}_j^n &= \frac{\eta_{j+1}^n + \eta_{j-1}^n}{2} \\ \bar{u}_j^n &= \frac{u_{j+1}^n + u_{j-1}^n}{2} \end{aligned} \tag{3}$$

Hasil dan Pembahasan

Simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan bahasa pemrograman *Python* dengan domain pengamatan $t = [0,20]$, $x = [0,10]$. Domain pengamatan tersebut diskritisasi dengan lebar langkah $\Delta x = 0.25$ dan $\Delta t = 0.07$. Adapun parameter-parameter fisis yang digunakan adalah $g = 9.8$, $\Delta h = 0.25$, $C_m = C_d = 1$, $b = 1$, $x_0 = 2$, $\gamma = 2$ dan sudut kemiringan bidang sebesar $\theta = 6^\circ$.

Diskritisasi Model SWE

Sistem persamaan (1) agar dapat diselesaikan secara numerik, maka akan dilakukan diskritisasi pada persamaan tersebut, merujuk pada persamaan (4) maka diperoleh model numerik SWE untuk dasar yang tetap (*steady*/tidak bergantung waktu) sebagai berikut

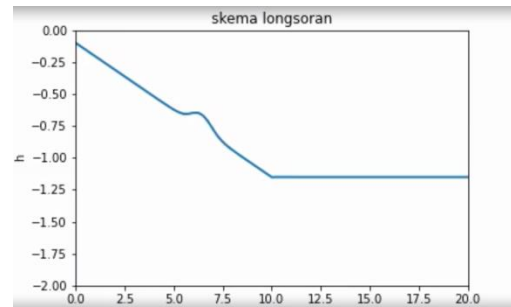
$$\eta_j^{n+1} = \left(\frac{\eta_{j+1}^n + \eta_{j-1}^n}{2} \right) - \frac{\Delta t}{2\Delta x} [(d_{j+1}^n u_{j+1}^n) - (d_{j-1}^n u_{j-1}^n)] \tag{4}$$

$$u_j^{n+1} = \left(\frac{u_{j+1}^n + u_{j-1}^n}{2} \right) - \frac{g\Delta t}{2\Delta x} (\eta_{j+1}^n + \eta_{j-1}^n) \tag{5}$$

Ilustrasi Longsoran Bawah Laut

Ilustrasi model longsoran dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar, disajikan cuplikan gerak

longsoran berupa material yang meluncur pada bidang miring. Material longsoran bergerak dari koordinat awal yakni $x_0 = 2$ terus hingga mencapai posisi kurang lebih 4.25 m dari posisi awal. Gundukan tersebut akan terus meluncur dengan kecepatan yang diatur oleh Persamaan 3. Gerakan dasar ini dilibatkan pada SWE, sehingga berakibat pada permukaan air.



Gambar 2. Skema longsoran bawah laut

Terbentuknya Gelombang Akibat Adanya Lonsor Bawah Laut

Akibat adanya longsoran bawah laut, maka nilai $d(x)$ pada persamaan (1) akan berubah sesuai kondisi longsoran bawah laut, maka dari itu persamaan (5) dan (6) akan berubah menjadi

$$\begin{aligned} \eta_j^{n+1} &= \left(\frac{\eta_{j+1}^n + \eta_{j-1}^n}{2} \right) - \frac{1}{\Delta t} ((h^p)_j^{n+1} - (h^p)_j^n) \\ &\quad - \frac{\Delta t}{2\Delta x} [(h^p)_{j+1}^n u_{j+1}^n] \\ &\quad - ((h^p)_{j-1}^n u_{j-1}^n)] \end{aligned}$$

dan

$$u_j^{n+1} = \left(\frac{u_{j+1}^n + u_{j-1}^n}{2} \right) - \frac{g\Delta t}{2\Delta x} (\eta_{j+1}^n + \eta_{j-1}^n)$$

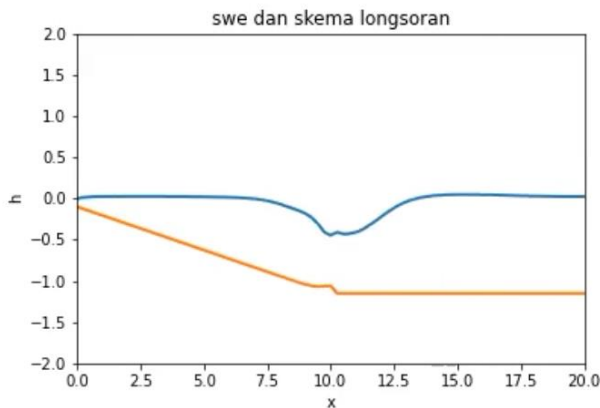
Hasil simulasi dengan menggunakan parameter yang telah dijelaskan sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 3. Dapat dilihat bahwa gelombang permukaan mulai nampak sebagai akibat adanya gerakan pada batimetri. Gelombang permukaan yang dihasilkan memiliki bentuk cekung ke dalam. Akibat adanya cekungan di hulu, dapat dilihat bahwa

Original Article

permukaan air di hilir meningkat. Hal ini disebabkan karena prinsip konservasi masa.



Gambar 3. Gelombang Permukaan Akibat Adanya Longsoran Bawah Laut



Gambar 4. Gelombang Permukaan Akibat Adanya Longsoran Bawah Laut sesaat longsoran berhenti

Pada Gambar 3, gelombang permukaan akibat adanya longsoran bawah laut mengikuti gerakan pada longsoran. Kemudian, dapat diamati pada Gambar 4 bahwa saat longsoran sudah berhenti, pada saat $x = 10$ gelombang permukaan air akan yang telah terbentuk akan terus menjalar ke arah kanan. Apabila gelombang ini merambat terus hingga kawasan pantai maka akan mempengaruhi daerah tersebut.

Kesimpulan

Simulasi gerakan batimetri yang mengakibatkan bangkitnya gelombang permukaan telah berhasil disimulasikan dengan menggunakan menggunakan metode Lax-Friedrich. Teramati bahwa

gelombang permukaan akan merambat dengan kecepatan yang sama dengan longsoran. Meski longsoran telah berhenti meluncur, gelombang permukaan yang telah terbentuk tetap merambat.

Konflik Kepentingan

Tidak terdapat konflik kepentingan dalam penulisan artikel ini.

References

- [1] N. R. Hapsari, *Persamaan Gelombang Air Dangkal 1D dan Aplikasinya Pada Masalah Bendungan Bobol*, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2014.
- [2] K. Budiono, "Identifikasi longsoran bawah laut berdasarkan penafsiran seismik pantul di perairan Flores," *Indonesian Journal on Geoscience*, vol. 4, no. 1, 2009.
- [3] S. R. Pudjaprasetya, *Transport Phenomena: Equations and Numerical Solutions*, Applied Mechanics Reviews, Bandung: ITB Press, 2018.
- [4] M. Jamhuri, *Simulasi Perambatan Tsunami menggunakan Persamaan Gelombang Air-Dangkal*, Malang: Universitas Islam Negeri Maliki Malang, 2014.