LAPORAN PENELITIAN

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG
DITERIMA TGL : 4-03-2014
SUMBER/HARGA : Hd
KOLEKSI : Hl
NO. INVENTARIS : 529 / hd / 2014 - a.c (1)
KLASIFIKASI :

APLIKASI PERSAMAAN GELOMBANG NONLINIER KORTEWEG DE VRIES PADA GELOMBANG TSUNAMI

Tim Peneliti :

Dra. Hidayati, M.Si. (Ketua)
Dra. Yulia Jamal, M.Si. (Anggota)
Drs. Masri, M.S (Anggota)

Penelitian ini didanai Jurusan Fisika
FMIPA UNP
SK Dekan No. 60/H35.1.5/KP/2011

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2011

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

1	Judul Penelitian	: Aplikasi Persamaan Gelombang Noninier Korteweg de Vries pada gelombang Tsunami
2	Ketua Peneliti	
	a. Nama Lengkap	: **Dra. Hidayati, M.Si**
	b. Jenis Kelamin	: Perempuan
	c. NIP	: 19671111 199203 2 001
	d. Jabatan Fungsional	: Lektor
	e. Jabatan Struktural	: Ketua Program Studi Fisika
	f. Bidang Keahlian	: Fisika Teori /Fisika Non Linier
	g. Fakultas/Jurusan	: FMIPA / Fisika
	h. Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Padang
	i. Email	: hidayati_unp@yahoo.co.id
3	Tim Peneliti	: 1. **Dra. Yulia Jamal, M.Si**
		: 2. Drs. Masril, M.S
4	Dana	: Rp. 2.000.000 (Dua Juta Rupiah)

Mengetahui
Dekan FMIPA

Drs. Asrul, M.A
NIP. 19520423 197603 1 003

Padang, Juli 2011
Ketua Peneliti

Dra. Hidayati, M.Si
NIP. 19671111 199203 2 001

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN		ii
RINGKASAN DAN SUMMARY		iii
PRAKATA		iv
DAFTAR ISI		v
BAB I.	PENDAHULUAN	
	A. Latar Belakang Masalah	1
	B. Rumusan Masalah	3
	C. Batasan Masalah	4
BAB II.	TINJAUAN PUSTAKA	5
	A. Fluida	4
	B. Tsunami	9
BAB III.	TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
	A. Tujuan Penelitian	12
	B. Manfaat Penelitian	12
BAB IV	METODE PENELITIAN	13
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	A. Hasil Penelitian	15
	B. Pembahasan	17
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	21
DAFTAR PUSTAKA		23

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Letak geografis Indonesia yang berada pada petemuan tiga lempeng besar yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Lempeng Pasifik yang bergerak aktif satu sama lainnya, membuat Indonesia menjadi negara dengan tingkat kegempaan tinggi. Lokasi aktif gempa secara sepintas sudah dapat dipastikan berada di perbatasan lempeng tektonik. Namun efeknya bisa dirasakan pada jarak tertentu bergantung pada atenuasi (peluruhan) energi dan geologi setempat.

Gempa bumi yang terjadi di Indonesia bervariasi dalam hal sumber, letak serta kekuatannya. Dilihat dari sumbernya gempa bumi bisa disebabkan oleh letusan gunung berapi, ledakan bawah tanah dan pergerakan kulit bumi. Bila ditinjau dari letak sumber gempa, ada gempa yang episentrumnya berada di daratan dan juga ada di lautan. Begitu juga dengan kekuatannya, gempa bervariasi mulai dari kekuatan kecil hampir tak terasa sampai berkekuatan besar yang menyebabkan kerusakan. Untuk gempa dengan kekuatan besar dan berpusat di laut, berpeluang untuk tejadinya tsunami.

Tsunami yang terjadi di pantai barat Nanggroe Aceh Darussalam pada tanggal 26 Desember 2004 merupakan bencana dunia yang terbesar selama dua dekade terakhir abad ini dengan jumlah korban lebih kurang 400.000 jiwa. Bencana ini dipicu oleh gempa bumi berkekuatan 8,9 Skala Richter yang berpusat di Samudera Hindia. Selain di pantai barat Sumatera, bencana tsunami juga dirasakan hingga ke berbagai negara di Asia Selatan dan Asia Tenggara seperti India, Sri Langka,

Maladewa, Thailand, Myanmar, dan sejumlah negara lainnya di benua Afrika seperti Somalia, Kenya, Tanzania yang berada ribuan km dari Aceh (Pribadi, 2007).

Perambatan tsunami merupakan suatu hal yang unik, karena dapat merambat dalam jarak ribuan kilometer dengan hampir tidak ada energi yang hilang dan kecepatan rambatan tsunami tergantung pada kedalaman air (batimetri) (Natural Disaster, 2006). Berbeda dengan gelombang laut biasa yang disebabkan oleh angin, dimana hanya bagian permukaan yang bergerak, sedangkan gelombang tsunami mengalami pergerakan di seluruh bagian partikel air, mulai dari permukaan sampai bagian dalam lautan. Ketika memasuki perairan/laut dangkal cepat rambat gelombang tsunami semakin kecil tetapi amplitudo gelombang semakin besar dan panjang gelombangnya berkurang dengan cepat (Natural Disaster, 2006). Berarti kecepatan rambatan gelombang tsunami dipengaruhi oleh kedalaman laut.

Ditinjau dari bentuk gelombang, bila rasio antara kedalaman air dan panjang gelombang menjadi sangat kecil, gelombang tersebut dinamakan gelombang air-dangkal. Karena gelombang tsunami memiliki panjang gelombang yang sangat besar dibandingkan kedalaman air, berarti gelombang tsunami berperan sebagai gelombang air-dangkal. Dalam beberapa tulisan para ahli hanya menyatakan bahwa kecepatan tsunami adalah akar kuadrat hasil perkalian antara percepatan gravitasi (9,8 m/s^2) dan kedalaman air laut tanpa menjelaskan darimana rumusan tersebut diperoleh. Inilah yang menjadi alasan peneliti tertarik untuk mempelajari bentuk dari gelombang tsunami serta rumusan kecepatan tsunami.

Bila dilihat dari bentuknya tsunami merupakan salah satu gejala alam yang berbentuk gelombang. Berdasarkan cepat rambatnya gelombang dapat dibagi atas gelombang linier dan gelombang nonlinier. Gelombang linier adalah gelombang

yang cepat rambatnya tidak dipengaruhi oleh ketinggian gelombang sedangkan gelombang nonlinier adalah gelombang yang cepat rambatnya dipengaruhi oleh ketinggian gelombang. Salah satu dari gelombang nonlinier ini adalah soliton. Pengamatan mengenai gelombang nonlinier pertama kali dilakukan oleh J.S. Russell. Soliton merupakan gelombang yang tidak berubah bentuk dalam perambatannya dan dapat berinteraksi dengan soliton lain, dimana dalam melakukan interaksinya tersebut, bentuk soliton tidak berubah (Drazin,1992). Menurut Hasegawa (1984), soliton mampu merambat dalam jarak yang jauh tanpa mengalami perubahan bentuk dan tidak ada energi yang hilang, sehingga dapat digunakan untuk komunikasi yang melintasi samudera tanpa perlu menggunakan alat pengulang (*repeater*), teknologi ini disebut "Teknologi Trans-Samudera Repeaterless".

Telah dipaparkan sebelumnya bahwa tsunami tahun 2004 akibat gempa yang pusatnya di pantai barat Aceh, selain menghantam pesisir barat Aceh juga menghantam pantai di benua Afrika yang berada ribuan km dari Aceh. Berarti tsunami mampu merambat dalam jarak yang jauh dengan hampir tidak ada energi yang hilang. Dalam perambatannya kecepatan tsunami bergantung pada kedalaman air. Tsunami merupakan salah satu bentuk gelombang.

Gelombang nonlinier, khususnya soliton, mampu merambat dalam jarak yang jauh dengan tidak ada energi yang hilang dan kecepatan rambatan gelombang bergantung pada ketinggian gelombang. Apakah tsunami ini soliton? Hal inilah yang membuat peneliti merasa tertarik untuk mencoba membahas dinamika perambatan gelombang tsunami.

B. Rumusan Masalah

Pada persamaan gelombang linier, besar kecilnya ketinggian gelombang tidak mempengaruhi cepat rambat gelombang. Sedangkan pada gelombang nonlinier, ketinggian gelombang mempengaruhi cepat rambat gelombang. Semakin besar ketinggian gelombang makin besar pula cepat rambat gelombang tersebut. Tsunami di perairan laut dalam, tingginya dari muka laut hanya beberapa puluh centimeter saja dan kecepatannya mencapai 800-1000 km/jam, sementara mendekati pantai tingginya dari muka laut bisa mencapai 20-30 meter dengan kecepatan 48 km/jam. Berarti gelombang tsunami makin besar ketinggian gelombangnya maka kecepatannya juga makin besar dan sebaliknya. Gelombang tsunami mampu merambat dalam jarak yang jauh dengan hampir tidak ada energi yang hilang. Berdasarkan ciri-ciri dari gelombang tsunami ini, dapat dikatakan bahwa tsunami merupakan gelombang soliton. Untuk itu dikemukakan rumusan permasalahan penelitian yaitu bagaimana model analitik yang dapat menerangkan kecepatan perambatan gelombang soliton tsunami.

C. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian ini, peneliti menetapkan bahwa masalah yang diteliti adalah model analitik dari persamaan gelombang nonlinier J.S.Russell dengan menggunakan persamaan-persamaan hidrodinamika untuk memperoleh persamaan kecepatan rambatan gelombang soliton tsunami. Persamaan hidrodinamika ditinjau untuk aliran fluida ideal. Aliran fluida ideal yaitu aliran tak rotasional (tak berotasi) , tak kompresibel (tak termampatkan) dan invisid (tak kental).

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. FLUIDA

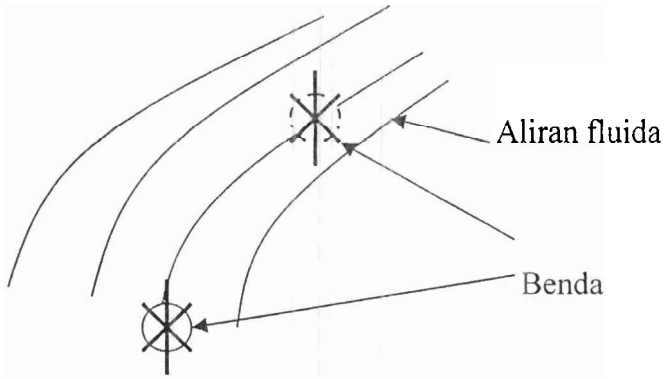
Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara kontiniu bila terkena tegangan geser. Secara lebih umum dapat dikatakan fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir, seperti cairan dan gas. Menurut Streeter (1985), aliran fluida dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam, seperti berikut :

1. Aliran laminar dan aliran turbulen
2. Aliran mantap (*steady flow*) dan aliran tak mantap (*unsteady flow*)
3. Aliran rotasional dan aliran tak rotasional
4. Aliran satu, aliran dua, dan aliran tiga dimensi
5. Aliran invisid dan aliran viskous
6. Aliran kompresibel dan aliran tak kompresibel
7. Aliran beraturan dan aliran tak beraturan

Pembahasan pada penelitian ini adalah untuk fluida ideal. Fluida ideal adalah fluida yang alirannya fluida (dalam hal ini air) yang digunakan mempunyai sifat yang ideal yaitu tak rotasional, tak kompresibel dan invisid.

1. Aliran Tak Rotasional

Aliran dikatakan tak rotasional bila setiap partikel zat cair tidak mempunyai kecepatan sudut terhadap pusat massanya. Bisa dibayangkan suatu benda berbentuk lingkaran berada dalam suatu fluida yang mengalir. Jika benda bergerak bersama aliran fluida dan tidak mengalami putaran maka aliran dikatakan bersifat tak rotasional.



Gambar 2. Benda Tidak Melakukan Putaran Ketika Bergerak Bersama Fluida (Sutrisno, 1986)

Pada fluida ideal dengan sifat tak rotasional berlaku persamaan (Boas, 1983) :

$$\nabla \times \vec{v} = 0$$

dengan : $\nabla = \frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}$

$\vec{v} =$ cepat rambat gelombang

$\vec{v} = v_1\hat{i} + v_2\hat{j} + v_3\hat{k}$

2. Aliran Tak kompresibel

Aliran tak kompresibel adalah aliran zat cair yang tidak mengalami perubahan volume dan massa jenis bila diberikan tekanan. Pada aliran mantap dengan perubahan rapat massa kecil, sering dilakukan penyederhanaan dengan menganggap bahwa zat cair adalah tak kompresibel dan rapat massa adalah konstan. Aliran mantap adalah aliran yang terjadi jika variabel dari aliran (seperti kecepatan v, tekanan p, massa jenis ρ, Penampang aliran A, debit Q, dsb) di sembarang titik pada zat cair tidak berubah terhadap waktu. Oleh karena zat cair mempunyai kemampatan yang sangat kecil, maka dalam analisis aliran mantap sering dilakukan anggapan zat

cair tak kompresibel. Pada fluida dengan sifat tak kompresibel berlaku persamaan (Arya, 1983) :

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0$$

3.Aliran Invisid

Aliran invisid adalah aliran dimana kekentalan zat cair (μ) dianggap nol (zat cair ideal). Sebenarnya zat cair dengan kekentalan nol tidak ada di alam, tetapi dengan anggapan tersebut akan dapat menyederhanakan permasalahan yang sangat kompleks. Karena zat cair tidak mempunyai kekentalan maka tidak terjadi tegangan geser antara partikel zat cair dan antara zat cair dengan bidang batas. Pada kondisi tertentu, anggapan bahwa $\mu = 0$ dapat diterima untuk zat cair dengan kekentalan kecil seperti air

Selanjutnya akan ditinjau persamaan-persamaan dasar hidrodinamika dengan menganggap fluida bersifat sebagai fluida ideal. Aliran fluida ideal yaitu tak rotasional (tak berotasi), tak kompresibel (tak termampatkan), dan invisid (tak kental). Dengan menerapkan sifat fluida ideal diperoleh bentuk Persamaan Laplace, Persamaan Bernaulli dan Potensial kecepatan yang digunakan untuk memperoleh persamaan gelombang tsunami (Drazin,1992).

B. TSUNAMI

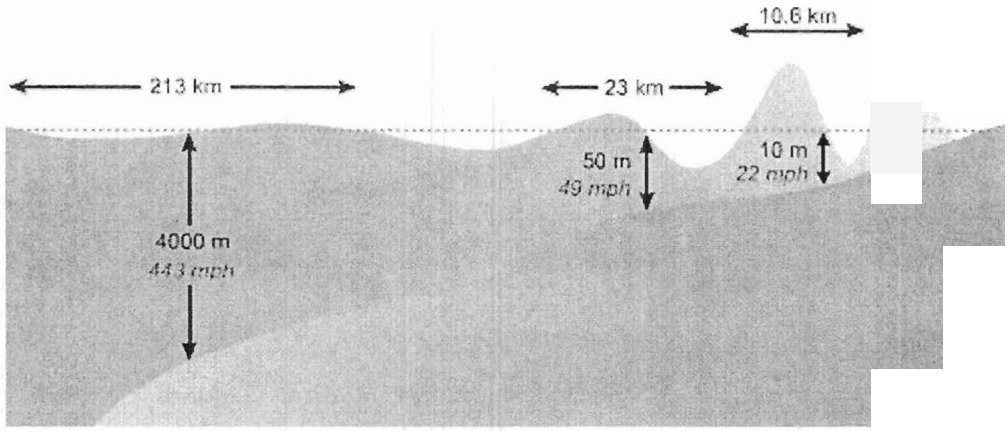
Sejak bencana di Aceh inilah istilah tsunami semakin populer di masyarakat Indonesia. Tsunami merupakan salah satu fenomena laut yang harus dipahami dan diwaspadai olah masyarakat terutama yang berada di pantai. Bencana tsunami saat ini

menjadi fenomena yang menakutkan bagi masyarakat yang berada di pesisir barat Sumatera, khususnya masyarakat Sumatera Barat. Hal ini dapat dimaklumi karena letak geografis Sumatera Barat berada di daerah gempa aktif pada *zone subduction* (penunjaman) yang berada di laut. Aktivitas gempa di pesisir barat Sumatera disebabkan oleh pergerakan lempeng Indo Australia yang menujam ke bawah lempeng Eurasia sehingga mengakibatkan terjadi patahan sepanjang daratan sumatera yang dikenal juga dengan Sesar Semangko dan patahan yang berada di Selat Mentawai yang disebut dengan Sesar Mentawai. Daerah patahan dan zone subduksi (penunjaman) ini merupakan sumber gempa aktif di laut dan memiliki potensi terjadinya tsunami.

Tsunami adalah gelombang besar yang disebabkan oleh gempa besar yang sumber berada dangkal di bawah dasar laut. Menurut (Mustafa, 2005) gelombang tsunami disebabkan oleh gempa berkekuatan di atas 6,5 Skala Richter, pusat gempanya berada pada kedalaman di bawah 30 km dan terjadi patahan naik atau turun. Hal sama diungkapkan oleh Sutowijoyo (2006) bahwa tsunami merupakan salah satu efek sekunder yang terjadi pasca gempa yang sumbernya berada di dasar laut. Tidak semua gempa di laut menghasilkan tsunami, hal ini bergantung pada beberapa faktor utama seperti tipe sesaran (*fault type*), kemiringan sudut antar lempeng (*dip angle*) serta kekuatan dan kedalaman pusat gempa.

Dinamika tsunami menurut Dyas-Dutykh (2006) dibagi tiga fase yaitu terbentuknya tsunami (*generation*), perambatan (*propagation*), dan penggenangan (*inundation*). Fase ke tiga dari dinamika tsunami merupakan fase yang menakutkan, yaitu saat gelombang menghempas di pantai dan menyapu semua yang ada di depannya.

Fase kedua yaitu perambatan tsunami merupakan suatu hal yang unik, karena dapat merambat dalam jarak ribuan kilometer dengan hampir tidak ada energi yang hilang dan kecepatan rambatan tsunami tergantung pada kedalaman air (batimetri) (Natural Disaster, 2006). Hubungan kecepatan rambatan tsunami dengan kedalaman air laut dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Kecepatan Rambatan Tsunami Berdasarkan Kedalaman Air (Natural Disaster, 2006)

Berdasarkan Gambar.1 terlihat bahwa di laut dalam (4000 m) kecepatan rambatan tsunami mencapai 443 mil/jam dengan panjang gelombang 213 km. Sedangkan amplitudonya hanya mencapai 30-60 cm. Karena panjang gelombang mencapai ratusan kilometer serta amplitudo kecil, keberadaan gelombang tsunami di laut dalam susah dibedakan dengan gelombang biasa, bahkan tidak dirasakan oleh kapal-kapal yang berada di tengah lautan. Berbeda dengan gelombang laut biasa yang disebabkan oleh angin, dimana hanya bagian permukaan yang bergerak, sedangkan gelombang tsunami mengalami pergerakan di seluruh bagian partikel air, mulai dari permukaan sampai bagian dalam lautan. Ketika memasuki perairan/laut dangkal cepat rambat gelombang tsunami semakin kecil tetapi amplitudo gelombang

semakin besar dan panjang gelombangnya berkurang dengan cepat (Natural Disaster, 2006). Berarti kecepatan rambatan gelombang tsunami dipengaruhi oleh kedalaman laut.

Ditinjau dari bentuk gelombang, bila rasio antara kedalaman air dan panjang gelombang menjadi sangat kecil, gelombang tersebut dinamakan gelombang air-dangkal. Karena gelombang tsunami memiliki panjang gelombang yang sangat besar dibandingkan kedalaman air, berarti gelombang tsunami berperan sebagai gelombang air-dangkal. Gelombang air-dangkal bergerak dengan kecepatan yang setara dengan akar kuadrat hasil perkalian antara percepatan gravitasi (9,8 m/s^2) dan kedalaman air laut (Natural Disaster,2006). Hal yang sama untuk kecepatan gelombang tsunami ini juga diungkapkan oleh Annunziato (2005) yang secara matematis dituliskan :

$$v = \sqrt{g\,d} \qquad (1)$$

dengan v adalah kecepatan, g adalah percepatan gravitasi dan d adalah kedalaman

Rumusan kecepatan tsunami seperti pada persamaan di atas ini juga dikemukakan oleh beberapa ahli yang mencoba menganalisa tsunami yang terjadi di Aceh. Para ahli tersebut antara lain :

1. A. Annunziato, C. Best dengan judul tulisan *The Tsunami Event Analyses and Models* (Joint Research Centre European Commission, 2005).
2. Fr'ed'eric Dias& Denys Dutykh dengan judul tulisan *Dynamics of Tsunamiwaves* (Ecole Normale Sup'erieure de Cachan, 2005).

Dalam beberapa tulisan ahli yang telah peneliti jelaskan sebelumnya, mereka hanya menyatakan bahwa kecepatan tsunami seperti persamaan di atas tanpa menjelaskan

darimana rumusan tersebut diperoleh. Dengan alasan inilah peneliti tertarik untuk mempelajari bentuk dari gelombang tsunami serta rumusan kecepatan tsunami.

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah :

a. Untuk mempelajari model analitik persamaan gelombang soliton.

b. Untuk menunjukkan bahwa gelombang tsunami adalah gelombang soliton.

B. MANFAAT PENELITIAN

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan suatu alternatif yang baru dalam bidang kajian tentang gelombang tsunami. Menggunakan persamaan hidrodinamika untuk air laut akan dibentuk rumusan dari gelombang soliton-tsunami. Rumusan ini nantinya diharapkan dapat digunakan oleh para peneliti tsunami dalam rangka mitigasi bencana tsunami.

BAB IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan studi literatur yang membahas tentang gelombang, khususnya gelombang nonlinier dan tentang tsunami. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Menjelaskan persamaan-persamaan hidrodinamika yang digunakan dalam menurunkan persamaan soliton tsunami. Persamaan-persamaan dasar ini dihubungkan dengan menganggap fluida yang ditinjau adalah fluida ideal. Aliran fluida ideal yaitu aliran tak rotasional (tak berotasi), tak kompresibel (tak termampatkan), dan invisid (tak kental). Pada tahap ini akan diperoleh persamaan kontinuitas, persamaan Laplace, dan persamaan Bernoulli (Drazin, 1992).

b. Berdasarkan persamaan-persamaan hidrodinamika yang telah diperoleh pada bagian (a) dibahas mengenai bentuk gelombang tunggal J.S. Russell. Pembahasan ini menggunakan gelombang air dangkal, sesuai dengan eksperimen yang telah dilakukan J.S. Russell. Pembahasan pada bagian ini bertujuan untuk mendapatkan persamaan soliton tsunami dari persamaan-persamaan dasar hidrodinamika.

c. Selanjutnya dilihat hubungan persamaan soliton tsunami dengan bentuk solusi dari persamaan soliton tsunami, akan dilihat apakah solusi persamaan soliton tsunami merupakan solusi untuk gelombang tunggal J.S. Russell.

d. Berdasarkan rumusan pada bagian (c) dicari hubungan antara kecepatan penjalaran gelombang dengan amplitudo gelombang soliton tsunami tersebut.

e. Berdasarkan rumusan pada bagian (c) dicari bentuk persamaan gelombang soliton tsunami.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan dinamika fluida ini, dibatasi untuk aliran fluida yang tak berotasi, tak termampatkan, dan tak kental. Sehingga penurunan persamaan matematis menjadi sederhana.

A. Hasil Penelitian

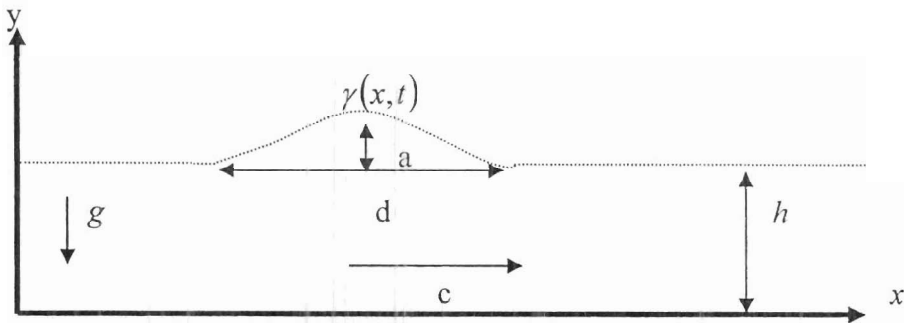
Pembahasan tentang gerak fluida dijelaskan dengan menspesifikasikan massa jenis $\rho(x,y,z,t)$ dan kecepatan $v(x,y,z,t)$ fluida di titik (x,y,x) pada waktu t. Pada perubahan dinamika fluida ini dibatasi pada aliran fluida yang tak berotasi, tak termampatkan dan tak kental. Dengan menerapkan sifat fluida ideal, serta memperkenalkan suatu fungsi skalar yaitu potensial kecepatan (ϕ) dan partikel dari fluida yang ditinjau hanya bergerak terhadap dua arah, yaitu arah sumbu x dan sumbu z (2 dimensi), maka persamaan diperoleh :

a. Persamaan Laplace $$\phi_{xx} + \phi_{zz} = 0 \tag{2}$$

b. Persamaan Bernoulli : $$ga\gamma + \phi_t + \frac{1}{2}\left(\phi_x{}^2 + \phi_z{}^2\right) = 0 \tag{3}$$

c. Potensial kecepatan : $$\phi_z = \frac{\partial z}{\partial t} + \phi_x \frac{\partial z}{\partial x} \tag{4}$$

Peninjauan gelombang untuk mendapatkan persamaan KdV sesuai dengan gelombang yang digunakan J.S. Russell pada waktu eksperimen yaitu gelombang air dangkal. Definisi dari air dangkal adalah besar amplitudo gelombang sangat kecil dibandingkan panjang gelombang tersebut. Gelombang air dangkal oleh J.S. Russell dapat dilihat dari Gambar 2 .



Gambar 2. Bentuk gelombang J.S. Russell (Drazin, 1992)

keterangan gambar : a adalah amplitudo gelombang

g adalah percepatan gravitasi

h adalah kedalaman tanpa gangguan

d adalah panjang horizontal dari gelombang

c adalah cepat rambat gelombang

$\gamma(x,t)$ adalah bentuk fungsi gelombang pada permukaan

Persyaratan gelombang air dangkal yang digunakan adalah

- tak rotasional,
- tak kompresibel,
- invisid
- dibatasi oleh permukaan bebas pada bagian atas
- dibatasi oleh permukaan horizontal pada bagian bawah.

Sebelumnya telah didapatkan tiga persamaan yang penurunannya menggunakan persamaan dasar hidrodinamika. Ketiga persamaan tersebut merupakan persamaan yang masih bersatuan. Agar didapatkan persamaan dengan menggunakan parameter tidak bersatuan maka dipilih parameter-parameter di bawah ini.

$$x = l\,X\ ;\quad z = h\,Z\ ;\qquad \phi = \frac{al}{h}\sqrt{gh}\Phi\ ;\ t = \frac{l}{\sqrt{gh}}T \qquad (5)$$

529 Ind/2014-a+ (1)

Pemilihan parameter-parameter di atas didasarkan atas penggunaan satuan yang tepat dari parameter-parameter yang telah diketahui yaitu a, l, h, g. Parameter yang menggunakan huruf kapital merupakan parameter tak bersatuan. Berdasarkan persamaan (5) dapat diperoleh persamaan

$$2\gamma_{0\tau} + 3\gamma_0\gamma_{0\xi} + \frac{1}{3}\gamma_{0\xi\xi\xi} = 0 \tag{6}$$

Persamaan (6) ini disebut dengan nama persamaan Koterweig de Vries atau yang lebih dikenal dengan persamaan KdV.

B. Pembahasan

Selanjutnya dipelajari penyelesaian persamaan KdV, dengan menggunakan koordinat Koterweig-de Vries (Drazin,1992) sebagai berikut:

$$\chi = k\xi - c\tau \tag{7}$$

Fungsi gelombang γ_0 pada persamaan (6) merupakan fungsi ξ dan τ. Pilih $\gamma_0(\xi,\tau) = \gamma_0(\chi)$, sehingga untuk persamaan (6) dapat dihitung berdasarkan persamaan (7) yaitu:

$$-2c\gamma_0' + 3k\gamma_0\gamma_0' + \frac{1}{3}k^3\gamma_0''' = 0 \tag{8}$$

lakukan integral terhadap χ, persamaan menjadi:

$$-2c\gamma_0 + \frac{3}{2}k\gamma_0^2 + \frac{1}{3}k^3\gamma_0'' = A \tag{9}$$

selanjutnya kalikan dengan γ_0

$$-2c\gamma_0(\gamma_0') + \frac{3}{2}k\gamma_0^2(\gamma_0') + \frac{1}{3}k^3\gamma_0''(\gamma_0') = A(\gamma_0') \tag{10}$$

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

integral terhadap χ, maka diperoleh:

$$-c\gamma_0^2 + \frac{1}{2}k\gamma_0^3 + \frac{1}{6}k^3\left(\gamma_0^{'}\right)^2 = A\gamma_0 + B \tag{11}$$

Gunakan sifat soliton yaitu γ_0, $\gamma_0^{'}$, $\gamma_0^{''}$ berharga nol pada $\xi \rightarrow \pm\ \infty$, diperoleh A dan B sama dengan 0, sehingga persamaan (11) menjadi:

$$\partial\chi = \frac{\partial\gamma_0}{\gamma_0\left(\frac{6c}{k^3} - \frac{3\gamma_0}{k^2}\right)^{1/2}} \tag{12}$$

Selanjutnya persamaan (12) diintegralkan:

$$\chi = \int \frac{\partial\gamma_0}{\gamma_0\left(\frac{6c}{k^3} - \frac{3\gamma_0}{k^2}\right)^{1/2}} \tag{13}$$

Misalkan

$$\int \frac{\partial\gamma_0}{\gamma_0\left(\frac{6c}{k^3} - \frac{3\gamma_0}{k^2}\right)^{1/2}} = \int \frac{\partial y}{y\sqrt{ay+b}} \tag{14}$$

dengan $y = \gamma_0$; $\partial y = \partial\gamma_0$; $b = \frac{6c}{k^3}$:

$$\sqrt{b}\left(-e^{\chi\sqrt{b}} + 1\right) = \sqrt{ay+b}\left(1 + e^{\chi\sqrt{b}}\right) \tag{15}$$

Ruas kiri dan kanan persamaan (15) sama-sama dikuadratkan:

$$y = -\frac{b}{a}\sec h^2\frac{\chi\sqrt{b}}{2} \tag{16}$$

Dengan mensubstitusikan koordinat yang diajukan oleh Koterweig-de Vries (Drazin), yaitu: $\chi = k\xi - c\tau$ dengan $k = 1$ dan $c = (gh)^{1/2}\left(1 + \frac{a}{2h}\right)$

$$\gamma_0 = 2c\sec h^2\frac{(\xi - c\tau)}{2}\sqrt{6c} \tag{17}$$

Maka persamaan (17) menjadi:

$$\gamma_0 = 2(gh)^{1/2}\left(1+\frac{a}{2h}\right)\sec h^2\left[\frac{1}{2}\left\{6(gh)^{1/2}\left(1+\frac{a}{2h}\right)\right\}^{1/2}\left\{\xi-(gh)^{1/2}\left(1+\frac{a}{2h}\right)\tau\right\}\right] \qquad (18)$$

Dari persamaan (21) terlihat bahwa:

$$c^2 = gh\left(1+\frac{a}{2h}\right)^2 \qquad (19)$$

Untuk $a \langle\langle h$ yaitu ketinggian gelombang jauh lebih kecil dari kedalaman laut persamaan (19) dapat ditulis menjadi:

$$c^2 = g(h+a) \qquad (20)$$

atau $$c = \sqrt{g(h+a)} \qquad (21)$$

Dari persamaan (21) terlihat bahwa cepat rambat gelombang (c) berbanding lurus dengan amplitudo gelombang (a) dan kedalaman laut (h), dengan kata lain jika cepat rambat gelombang besar maka ketinggian gelombang (h+a) juga besar dan sebaliknya.

Bila dibandingkan persamaan (21) dengan persamaan cepat rambat gelombang tsunami seperti yang telah dikemukan para ahli pada persamaan (1), maka terlihat bahwa cepat rambat gelombang tsunami adalah akar kuadrat dari perkalian percepatan gravitasi (g) dengan kedalaman air. Pada persamaan (21) kedalaman air adalah kedalaman air tanpa gangguan (h) ditambah dengan amplitudo gelombang (a).

Persamaan (21) bila digunakan terlihat bahwa di laut dalam dengan h besar dan a sangat kecil berarti h+a besar, maka cepat rambat gelombang tsunami juga besar. Makin ke pantai kedalaman laut makin berkurang h makin kecil dan amplitudo a makin besar berarti h+a makin kecil, maka cepat rambat gelombang tsunami makin

kecil. Persamaan cepat rambat gelombang tsunami ini berlaku hanya untuk ketinggian gelombang yang jauh lebih kecil dari kedalaman laut. Dengan kata lain persamaan cepat rambat gelombang tsunami ini tidak berlaku untuk gelombang tsunami yang dekat ke pantai.

BAB V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penurunan-penurunan rumus yang telah dilakukan melalui studi literatur, yaitu melakukan penelitian dengan mempelajari buku-buku sumber berhubungan dengan materi yang dibahas, peneliti dapat menyimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan persamaan-persamaan dasar hidrodinamika telah diturunkan persamaan KdV dalam bentuk:

$$2\gamma_{0\tau} + 3\gamma_0\gamma_{0\xi} + \frac{1}{3}\gamma_{0\xi\xi\xi} = 0$$

2. Solusi persamaan KdV menunjukan bahwa cepat rambat gelombang bergantung pada besar amplitudo gelombang dan kedalaman laut. Di laut dalam kecepatan gelombang tsunami lebih besar, semakin dekat ke pantai karena kedalaman laut berkurang walaupun amplitudo gelombang makin tinggi maka kecepatan gelombang tsunami semakin kecil, hal ini sesuai dengan pengamatan terhadap gelombang tsunami.
3. Persamaan cepat rambat gelombang tsunami berlaku untuk ketinggian gelombang yang jauh lebih kecil dari kedalaman laut, dan tidak berlaku untuk gelombang tsunami yang dekat ke pantai
4. Dari rumus kecepatan perambatan gelombang tsunami $v = \sqrt{g.d}$ dan rumus yang diperoleh dari penurunan kecepatan gelombang soliton $c = \sqrt{g(h+a)}$, dapat disimpulkan bahwa gelombang tsunami merupakan gelombang soliton.

B. Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menghitung besar energi gelombang tsunami dan run-up (jauhnya penjalaran air atau penggenangan sampai ke daratan).
2. Dengan persamaan kecepatan gelombang tsunami dapat dibuat model numerik yang dapat mengambarkan perambatan gelombang tsunami.

DAFTAR PUSTAKA

Annunziato, A .C. B. 2005. *The Tsunami Event Analyses And Models.* Joint Research Centre, Akses tanggal 22 September 2007.

Arya, A.P. 1990. *Introduction to Clasical Mechanics.* West Virginia University,Prentice Hall,New Jersey.

Drazin dan Johnson, R.S. 1992. *Soliton and Introduction* Cambridge. University of London, England.

Dutykh, D dan Dias,F. 2006. *Dynamics of Tsunami Waves.* Springer, Akses tanggal 22 September 2007.

Hasegawa, A dan Kodama, Y. 1995. *Solitons in Optical Communications.* Oxford University Press Inc, New York. http://www.dias@cmla-cchan.fr.

M.O Tjia. 1994. *Gelombang.* Dabara Publishers, Solo.

Natural Disaster. *Tsunami.* http://www.natural disaster (Jurnal). Akses Tanggal. 12 Desember 2006.

Pribadi,S. 2007. *Kedahsyatan Tsunami dan Penanggulangannya.* Berit@Iptek.com. Akses Tanggal .11 Juni 2007.

Remoissenet, M. 1994. *Wave Called Solitons. Concepts and Experiment.* Springer-Verlag Berlin Hedelberg. Germany.

Rusydi, F .*Fenomena Gempa Bumi dan Tsunami.* http://www.febdian.net/ phisics of tsunami, Akses Tanggal.29-3-2007.

Streter, V.L.1985. *Mekanika Fluida.* Erlangga,Jakarta.

Sutrisno.1986. *Fisika Dasar I.* Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Sutowijoyo,A.P. 2006. *Tsunami, Karakteristiknya dan Pencegahannya,* Jurnal Inovasi online, ISSN0917-8376,Edisi Vol.3/XVII/Maret 2005.

Taufik, R. 2003. *Gelombang dan Optik.* Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.