

**ANALISIS KONSTRUKSI MODEL ALIRAN PIROKLASTIK
KE LAUT DARI KEJADIAN LETUSAN GUNUNG
KRAKATAU 1883**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Matematika

diajukan oleh

VIRDA MAULIDAH

16610031

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2021



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Virda Maulidah

NIM : 16610031

Judul Skripsi : Analisis Konstruksi Model Aliran Piroklastik ke Laut dari Kejadian Letusan Gunung Krakatau 1883

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Matematika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing II

Dr. Sugiyanto, S.Si., M.Si.
NIP. 19800505 200801 1 028

Yogyakarta, 29 Maret 2021

Pembimbing I

Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom.
NIP. 19720423 199903 1 003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-640/Un.02/DST/PP.00.9/04/2021

Tugas Akhir dengan judul : Analisis Konstruksi Model Aliran Piroklastik ke Laut dari Kejadian Letusan Gunung Krakatau 1883

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : VIRDA MAULIDAH
Nomor Induk Mahasiswa : 16610031
Telah diujikan pada : Selasa, 13 April 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom
SIGNED

Valid ID: 608217b3632fb



Penguji I
Dr. Sugiyanto, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 6081f6682bef



Penguji II
Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si.,
M.Si.
SIGNED

Valid ID: 608229d13f3d6



Yogyakarta, 13 April 2021
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6082832144814

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Virda Maulidah

NIM : 16610031

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sesungguhnya skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 29 Maret 2021

Yang Menyatakan,



Virda Maulidah

NIM. 16610031

PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini penulis persembahkan untuk:

Almamater tercinta

Jurusan Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Sunan Kalijaga

Yogyakarta



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

"Ulang-ulanglah Al-Qur'an ini. Demi Dzat yang jiwa Muhammad berada di tangan-Nya, ia lebih cepat lepas daripada unta dalam ikatan."

-HR. Bukhari dan Muslim-

"Berkata jujur akan menyelamatkanmu meski itu merisaukanmu. Berkata dusta akan mencelakakanmu meski kau tidak merasakan bahayanya."

-Ali bin Abi Thalib-

"Bekerjalah sewaktu ada pekerjaan yang harus dilakukan. Beristirahatlah sewaktu kau lelah. Satu hal yang dikerjakan dalam kedamaian kemungkinan besar akan lebih baik daripada sepuluh hal yang dilakukan dalam kepanikan. Aku bukan pahlawan kalau menolak beristirahat; aku hanya lelah"

-Susan McHenry-

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul "*Analisis Konstruksi Model Aliran Piroklastik ke Laut dari Kejadian Letusan Gunung Krakatau 1883*". Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umatnya dan selalu kita nantikan syafaatnya.

Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Matematika. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari dukungan, motivasi, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan kepada:

1. Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Sunan Kalijaga.
2. Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Matematika Universitas Islam Sunan Kalijaga serta Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan arahan, saran, serta solusi penyelesaian kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Dr. Sugiyanto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan arahan, saran, serta solusi penyelesaian kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

4. Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik mahasiswa Program Studi Matematika angkatan 2016.
5. Segenap dosen serta karyawan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan studi.
6. Ibu Nyai Hj. Durroh Nafisah Ali selaku Pengasuh Pondok Pesantren Krapyak Yayasan Ali Maksum Komplek Hindun-BETA yang menjadi salah satu sumber inspirasi penulis.
7. Bapak H. Saepudin dan Ibu Hj. Rumini selaku kedua orang tua yang tidak pernah berhenti mendoakan, memotivasi, serta memberikan semangat yang luar biasa.
8. Adik tersayang, Bachrul 'Ulum dan Akbar Fahmi yang selalu memberikan do'a dan dukungan kepada penulis.
9. Teman-teman matematika angkata 2016 yang telah memberikan semangat dan bantuan selama berjuang bersama, sukses selalu untuk kalian semua.
10. Teman-teman KKN 153 Widoro, Giripurwo yang telah memberikan motivasi serta pengalaman kepada penulis.
11. Teman-teman santri Komplek Hindun-BETA yang telah memberikan semangat dan perhatian kepada penulis.
12. Semua pihak yang telah memberikan dukungan, do'a serta pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, kritik dan saran sangat diharapkan sehingga skripsi ini dapat lebih baik lagi. Penulis juga

berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 23 Maret 2021

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMBANG	xv
INTISARI	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Tinjauan Pustaka	5
1.7. Sistematika Penulisan	6
II LANDASAN TEORI	8
2.1. Tsunami	8
2.2. Letusan Gunung Krakatau	9
2.3. Aliran Piroklastik	9

2.4. Persamaan Diferensial	10
2.5. Teorema Aturan Rantai	13
2.6. Integral	14
2.7. Aturan Integral Leibniz	15
2.8. Persamaan Gelombang Air Dangkal	16
2.8.1. Teori Air Dangkal	16
2.8.2. Gesekan Dasar Laut	18
2.8.3. Aturan Persamaan	19
2.9. Persamaan Kekekalan Massa	20
2.9.1. Penurunan Persamaan Kekekalan Massa	20
2.9.2. Bentuk Diferensial Persamaan Kekekalan Massa	21
2.10. Persamaan Kekekalan Momentum	23
2.10.1. Persamaan Momentum Linier	23
2.10.2. Bentuk Diferensial Persamaan Momentum Linier	24
2.11. Kondisi Batas Kinematik	29
2.12. Tegangan Geser Antarmuka	30
2.13. Difusi Turbulen	31
2.14. Syarat Awal dan Syarat Batas	32
2.15. Deret Taylor	33
2.16. Metode Beda Hingga	33
III METODE PENELITIAN	36
IV PEMBAHASAN	39
4.1. Dasar Konstruksi Model	39
4.1.1. Konstruksi Model Persamaan Gelombang Air Dangkal <i>Two-Layers, Dense-type model</i> (DPF)	45

4.1.2. Konstruksi Model Persamaan Gelombang Air Dangkal <i>Two-Layers, Light-type Model</i> (LPF)	64
V SIMULASI NUMERIK	81
5.1. Model Penjalaran Gelombang Tsunami	81
5.1.1. Persamaan Gelombang Air Dangkal <i>Two-Layers, Dense-type Model</i> (DPF) dan <i>Light-type Model</i> (LPF)	81
5.1.2. Penyelesaian Model Penjalaran Tsunami Akibat Aliran Pi-roklastik dengan Menggunakan Metode Beda Hingga	83
5.1.3. Simulasi dan Analisis Hasil Penjalaran Gelombang Tsunami	92
VI PENUTUP	95
6.1. Kesimpulan	95
6.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
A Program M-File Software Matlab R2013a	100

DAFTAR TABEL

2.1	Nilai untuk Manning	19
-----	-------------------------------	----



DAFTAR GAMBAR

2.1	Unsur diferensial untuk pengembangan persamaan kekekalan massa	21
2.2	Notasi subskrip ganda untuk tegangan	26
2.3	Gaya permukaan dalam arah x	26
3.1	Alur Penelitian	38
4.1	Gelombang air dangkal <i>two-layers</i>	39
5.1	<i>Dense-type model</i> (DPF) dengan $A = 0.015km$ dan $\lambda = 15km$ detik ke 40	93
5.2	<i>Dense-type model</i> (DPF) dengan $A = 0.035km$ dan $\lambda = 35km$ detik ke 40	93
5.3	<i>Light-type model</i> (LPF) dengan $A = 0.015km$ dan $\lambda = 15km$ detik ke 30	94
5.4	<i>Light-type model</i> (LPF) dengan $A = 0.035km$ dan $\lambda = 35km$ detik ke 30	94

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMBANG

dw	: Turunan total
t	: Waktu
x, y	: Sumbu horizontal
z	: Sumbu vertikal
h	: Kedalaman
D	: Total Kedalaman
τ	: Tegangan geser
p	: Tekanan hidrostatik
A	: Viskositas arus horizontal
M	: Fluks debit arah sumbu x
N	: Fluks debit arah sumbu y
M_{sys}	: Massa sistem
δ	: Delta
ρ	: Rho
F	: Gaya resultan
P	: Momentum linier
a	: Percepatan
σ	: Tegangan Normal

INTISARI

Analisis Konstruksi Model Aliran Piroklastik ke Laut dari Kejadian Letusan

Gunung Krakatau 1883

Oleh

Virda Maulidah

16610031

Aliran piroklastik ke laut dari kejadian letusan Gunung Krakatau 1883 merupakan salah satu karakteristik tsunami. Dalam permasalahan ini, aliran piroklastik ke laut dapat dimodelkan menggunakan model persamaan gelombang air dangkal *two-layers*. Karena Aliran piroklastik memiliki dua kemungkinan yang berbeda, sehingga model persamaan gelombang air dangkal *two-layers* dibedakan menjadi dua, model persamaan gelombang air dangkal *two-layers*, *Dense-type model* (DPF) dan *Light-type model* (LPF). Analisis konstruksi model persamaan tersebut berasal dari teori air dangkal, persamaan kekekalan massa, persamaan kekekalan momentum, dan kondisi batas kinematik. Sebelum mengkonstruksikan model tersebut, untuk persamaan kekekalan momentum arah z dijabarkan terlebih dahulu, kemudian mensubstitusikan hasil penjabaran tersebut pada arah x dan y . Kemudian mengkonstruksikan dengan menurunkan persamaan kekekalan massa dan hasil penjabaran persamaan kekekalan momentum menggunakan integral dan aturan integral Leibniz. Model tersebut dalam bentuk persamaan diferensial parsial nonlinier. Untuk penyelesaian dua model tersebut menggunakan metode beda hingga. Simulasi numerik diperoleh dengan mensimulasikan data dan variabel dengan menggunakan Matlab. Hasil dari simulasi menggunakan Matlab terlihat untuk amplitudo, panjang tsunami dan waktu akan mempengaruhi tinggi gelombang. Dapat disimpulkan bahwa amplitudo, panjang tsunami dan waktu yang berbeda, dapat dilihat perbedaan gelombang tsunami.

Kata Kunci: Aliran Piroklastik ke Laut, Persamaan Gelombang Air Dangkal Two-Layers, *Dense-type model* (DPF) dan *Light-type model* (LPF), Metode Beda Hingga, Matlab

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan wilayah yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Eurasia, Pasifik dan Indo-Australia. Interaksi antara ketiga lempeng tersebut memberikan dampak positif berupa terjebaknya tambang dan mineral di wilayah Indonesia. Adapun dampak negatifnya berupa gempa bumi, letusan gunung berapi dan tsunami. Dari letak wilayah tersebut, Indonesia dapat dikatakan sebagai wilayah yang rawan terjadi bencana (InaTEWS BMKG, 2012).

Gelombang air laut menjadi bencana ketika gelombang menjadi besar yang menghantam pantai yang sering disebut dengan tsunami. Tsunami dapat di bangkitkan oleh berbagai macam sumber, baik gempa bumi tektonik, longsor bawah laut, gunung meletus, dan jatuhnya benda besar ke dalam laut. Tsunami yang diakibatkan oleh gunung meletus biasanya bukan hanya diakibatkan oleh erupsi, melainkan sebagai akibat jatuhnya produk gunung api yang dimuntahkan ke laut atau runtuhnya sebagian/seluruh tubuh gunung api ke dalam laut (White, 2007). Di Indonesia sendiri pernah mengalami beberapa kejadian tsunami yang diakibatkan oleh gunung meletus yaitu tsunami akibat letusan Gunung Krakatau 1883 dan letusan Gunung Anak Krakatau 2018. Tsunami yang terjadi akibat letusan Gunung Krakatau 1883 merupakan tsunami yang mematikan dalam sejarah, karena dalam kejadian tersebut menyebabkan banyaknya korban jiwa. Karakteristik bencana tsunami yang dipicu oleh letusan Gunung Krakatau 1883 yaitu runtuhnya tubuh gunung api dan aliran

piroklastik ke laut (Beget, 2000; Pratomo dan Abdurachman, 2004). Aliran piroklastik menunjukkan bahwa pelepasan bebas bahan piroklastik ke laut di Gunung Krakatau dapat memicu timbulnya tsunami. Sedangkan tsunami yang terjadi akibat letusan Gunung Anak Krakatau 2018 merupakan tsunami yang diakibatkan oleh gelombang pasang yang tinggi dan longsor bawah laut, dalam kejadian tersebut menewaskan beberapa personil band Seventeen dan keluarganya dari jumlah seluruh korban 437 jiwa.

Dalam permasalahan ini, matematika dapat dikaitkan dengan penerapannya dalam masalah fisis yaitu aliran piroklastik ke laut yang merupakan mekanisme dari kejadian tsunami akibat letusan Gunung Krakatau 1883 dapat dimodelkan menggunakan model persamaan gelombang air dangkal *two-layers*. Menurut (Hapsari, 2014) gelombang air dangkal adalah gelombang yang terjadi pada permukaan air dangkal di mana panjang gelombang cukup besar dibandingkan dengan kedalaman-nya, sedangkan air dangkal sendiri merupakan perairan yang tidak terlalu dalam. Aliran piroklastik memiliki kemungkinan dua komponen yang berbeda, yaitu aliran piroklastik yang padat dan aliran piroklastik yang encer, sehingga untuk model persamaan gelombang air dangkal *two-layers* dibedakan menjadi dua yaitu model persamaan gelombang air dangkal *two-layers*, *Dense-type model* (DPF) dan *Light-type model* (LPF). Dimana dalam mengkonstruksi model gelombang air dangkal tersebut berasal dari hukum kesetimbangan fluida, karena pada dasarnya air termasuk dalam fluida, sehingga air berhubungan dengan hukum kesetimbangan fluida (Mustain, 2010). Hukum kesetimbangan fluida terdiri dari hukum kekekalan massa dan hukum kekekalan momentum. Dalam konstruksi model aliran piroklastik ke laut dalam bentuk persamaan diferensial nonlinier.

Pemodelan dalam ilmu matematika dapat diselesaikan dengan menggunakan

metode numerik, dengan menggunakan metode numerik dapat memperoleh solusi menghampiri atau mendekati solusi sejati dan mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi (Munir,2010). Salah satu dari metode numerik yaitu metode beda hingga. Metode beda hingga ini mengubah setiap derivatif dari persamaan diferensial ke dalam bentuk *difference* dengan menggunakan pendekatan deret Taylor (Munir,2010), serta metode ini juga dipakai untuk mencari solusi dalam persamaan diferensial parsial.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk menjabarkan konstruksi model aliran piroklastik ke laut dari kejadian letusan Gunung Krakatau 1883 serta mensimulasikan penjaran gelombang tsunami yang diakibatkan oleh aliran piroklastik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas, diantaranya yaitu:

1. Bagaimana konstruksi model aliran piroklastik ke laut dari kejadian letusan Gunung Krakatau 1883?
2. Bagaimana simulasi penjaran gelombang tsunami akibat aliran piroklastik ke laut ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian diantaranya yaitu:

1. Mengetahui konstruksi model aliran piroklastik ke laut dari kejadian letusan Gunung Krakatau 1883.

2. Mengetahui simulasi penjalaran gelombang tsunami akibat aliran piroklastik ke laut.

1.4. Batasan Masalah

Dari identifikasi masalah yang telah diungkapkan di atas, maka penelitian ini dibatasi untuk:

1. Profil fluida yaitu air dangkal.
2. Fluida diasumsikan ideal.
3. Persamaan air dangkal dari jurnal yang ditulis oleh (Imamura et al.,2006).
4. Penyelesaian model aliran piroklastik dengan menggunakan metode beda hingga.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari tujuan penelitian di atas, maka manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan pengetahuan bahwa ilmu matematika dapat dikaitkan dengan penerapannya pada masalah fisis.
2. Dapat memberikan penjelasan mengenai konstruksi model pada aliran piroklastik ke laut dari kejadian letusan Gunung Krakatau 1883.
3. Dapat memberikan simulasi mengenai penjalaran gelombang tsunami akibat aliran piroklastik ke laut.
4. Dapat dijadikan sebagai referensi penelitian selanjutnya.

1.6. Tinjauan Pustaka

Pada penulisan skripsi ini mengacu pada literatur-literatur sebagai landasan teori yang sesuai dengan pembahasan skripsi ini. Beberapa pengertian mengenai dasar persamaan diferensial mengacu pada buku yang ditulis oleh Sugiyanto dan Slamet Mugiyono (2011). Untuk dasar konstruksi model aliran piroklastik mengacu pada buku Bruce R. Munson, Donald F. Young dan Theodore H. Oklis (2002) dan jurnal Fumihiko Imamura, Ahmet Cevdet Yalciner dan Gulizar Ozyurt (2006).

Dalam penelitian Fukushima Maeno dan Fumihiko Imamura (2011) yang berjudul *“Tsunami Generation by Rapid Entrance of Pyroclastic Flow into the sea during the 1883 Krakatau Eruption, Indonesia”* membahas mengenai simulasi numerik untuk menyelidiki mekanisme utama generasi tsunami akibat letusan Gunung Krakatau 1883 dengan menggunakan tiga hipotesis yaitu runtuhnya kaldera, ledakan phearotomagnetic, dan aliran piroklastik.

Dalam penelitian Fumihiko Imamura dan Monzur Alam Imteaz (1995) yang berjudul *“Long Waves in Two Layers: Governing Equations and Numerical Model”* membahas mengenai persamaan gelombang air dangkal *two-layers* yang di dasarkan pada persamaan teori air dangkal nonlinier yang berasal dari persamaan euler massa dan momentum kontinuitas dengan mengasumsikan perkiraan gelombang panjang, sedangkan tekanan hidrostatik dan pencampuran antarmuka diabaikan.

Dalam penelitian Mobi Sartika (2016) yang berjudul *“Penyelesaian Persamaan Diferensial Penjalaran Gelombang Tsunami dengan Menggunakan Metode Runge-Kutta Geometric Mean (RKGM) Orde Empat”* membahas mengenai penyelesaian model penjalaran gelombang tsunami yang terlebih dahulu dilakukan diskritisasi variabel spasial menggunakan metode beda hingga, selanjutnya dilakukan diskritisasi variabel temporal menggunakan metode Runge-Kutta Geometric Mean

(RKGM) orde empat, yang selanjutnya akan disimulasikan dengan Matlab.

Pada penelitian sebelumnya tidak dibahas bagaimana proses penjabaran konstruksi model aliran piroklastik ke laut dari kejadian letusan Gunung Krakatau 1883. Sehingga penulis tertarik untuk membahas proses penjabaran konstruksi model tersebut, serta mensimulasikan penjalaran gelombang tsunami akibat aliran piroklastik ke laut dengan menggunakan *software* Matlab.

1.7. Sistematika Penulisan

Agar penulisan skripsi mudah dipahami, digunakan sistematika penulisan sebagai gambaran menyeluruhnya. Dengan perincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dipaparkan kerangka dari penulisan skripsi yang berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, tinjauan pustaka dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas tentang landasan teori yang dijadikan sebagai bahan acuan dalam pembahasan yang terdiri dari persamaan diferensial, teorema aturan rantai, integral, aturan integral Leibniz, persamaan gelombang air dangkal, persamaan kekekalan massa, persamaan kekekalan momentum, kondisi batas kinematik, tegangan geser antarmuka, difusi turbulen, syarat awal dan syarat batas, deret Taylor, metode beda hingga.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metode yang akan digunakan dalam penelitian ini, meliputi langkah dan alur penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis dan mengkonstruksi model aliran piroklastik dari kejadian letusan Gunung Krakatau 1883.

BAB V SIMULASI NUMERIK

Pada bab ini akan dibahas mengenai penyelesaian model penjararan gelombang tsunami akibat aliran piroklastik dengan menggunakan metode beda hingga serta akan dilakukan simulasi menggunakan *software* Matlab dan menganalisis hasil penjararan gelombang tsunami tersebut.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan sebagai jawaban dari rumusan masalah serta memberikan saran sebagai acuan pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB VI

PENUTUP

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran yang diambil dari pembahasan tugas akhir yang telah dijelaskan sebelumnya.

6.1. Kesimpulan

Aliran piroklastik merupakan salah satu hasil letusan gunung berapi yang bergerak cepat yang terdiri dari gas panas, abu vulkanik dan bebatuan. Ada dua kemungkinan komponen dalam aliran piroklastik. Kemungkinan pertama yaitu komponen aliran piroklastik yang relatif padat dan kemungkinan kedua yaitu komponen aliran piroklastik yang relatif ringan. Dalam permasalahan ini, matematika dapat dikaitkan dengan penerapannya dalam masalah fisis yaitu aliran piroklastik ke laut yang merupakan mekanisme dari kejadian tsunami akibat letusan Gunung Krakatau 1883 yang dapat dimodelkan menggunakan model persamaan gelombang air dangkal *two-layers*. Karena aliran piroklastik memiliki kemungkinan dua komponen yang berbeda, yaitu aliran piroklastik yang padat dan aliran piroklastik yang encer, sehingga untuk model persamaan gelombang air dangkal *two-layers* dibedakan menjadi dua yaitu model persamaan gelombang air dangkal *two-layers*, *Dense-type model* (DPF) dan *Light-type model* (LPF).

Analisis konstruksi model aliran piroklastik ke laut berasal dari teori air dangkal, persamaan kekekalan massa, persamaan kekekalan momentum, kondisi batas kinematik. Untuk persamaan kekekalan momentum pada arah z dijabarkan terlebih dahulu, kemudian mensubstitusikan hasil penjabaran tersebut pada ke-

kekalan momentum arah x dan y . Dalam mengkonstruksinya yaitu dengan menurunkan persamaan kontinuitas dan persamaan momentum kontinuitas dengan menggunakan integral dan aturan integral Leibniz. Dalam konstruksi model tersebut ke dalam bentuk persamaan diferensial parsial nonlinier.

Model persamaan gelombang air dangkal *two-layers*, *Dense-type model* (DPF) dan *Light-type model* (LPF) kemudian didiskritisasi dengan menggunakan metode beda hingga, selanjutnya disimulasikan dengan menggunakan *software* Matlab. hasil dari simulasi menggunakan *software* Matlab terlihat bahwa untuk waktu yang sama dengan amplitudo dan panjang gelombang yang berbeda akan mempengaruhi tinggi gelombang.

6.2. Saran

1. Pada tugas akhir tentang analisis konstruksi model aliran piroklastik ke laut dengan menggunakan model gelombang air dangkal *two-layers*, yaitu *Dense-type model* (DPF) dan *Light-type model* (LPF) hanya terbatas pada konstruksi model gelombang air dangkal *two-layers* dan simulasi dengan mendiskritisai menggunakan metode beda hingga. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya dapat dibahas mengenai penyelesaian dengan menggunakan metode yang berbeda.
2. Dalam tugas akhir ini untuk simulasi hanya membahas tinggi gelombang, sehingga dalam penelitian selanjutnya dapat dilakukan pembahasan mengenai waktu tempuh gelombang sampai ke darat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012, *Standar Operating Procedure (SOP) Indonesia Tsunami Early Warning System*, Jakarta.
- Beget, J.E., 2000, *Volcanic tsunami*. In: Sigurdsson, H. (ed) *Encyclopedia of volcanoes*. Academic Press.
- Carey, S., dkk, 1996, *Pyroclastic flows and surges over water: An example from the 1883 Krakatau eruption*, Bulletin of Volcanology, 57, 493-511, doi: 10.1007/BF00304435.
- Durmin, 2013, *Studi Perbandingan Perpindahan Panas Menggunakan Metode Benda Hingga dan Crank-Nicholson*, Skripsi, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hapsari, N.R., 2014, *Persamaan Gelombang Air Dangkal 1D dan Aplikasinya pada Masalah Bendungan Bobol*, Skripsi tidak dipublikasikan, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- Hasan, dkk. 2016, *Penerapan Metode Benda Hingga pada Model Matematika Aliran Banjir dari Persamaan Saint Venant*, Zeta-Math Jurnal, Vol 2 No.1, Mei 2016.
- Imamura, F. dan M. A. Imteaz, 1995, *Long Waves in Two Layers: Governing Equations and Numerical Model*, Tsunami Hazards, Vol.13, No. 1(1995), pp.3-24.
- Imamura, F., et al., 2006, *Tsunami Modelling Manual (Tsunami Model)*, UNESCO IOC international training course on Tsunami Numerical Modelling 2006.

- Knut dan Lie, A., 2005, *The Wave Equation in 1D and 2D*, <http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF2340/v05/foiler/sim04.pdf>. [22 Desember 2020].
- Luknanto, Djoko, 1992, *Angkutan Limbah*, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Maeno, F. dan F. Imamura, 2011, *Tsunami Generation by Rapid Entrance of Pyroclastic Flow into the sea during the 1883 Krakatau Eruption, Indonesia*, *Geophysical Research*, Vol.116,B09205,doi:10.1029/2011JB008253.
- Marwan, dan Said Munzir, 2009, *Persamaan Diferensial*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Miller, Sam (Produser), 2006, *Krakatau The Last Day*, dirilis oleh BBC, Gunung Krakatau, Indonesia. 1 jam 30 menit.
- Munir, Rinaldi, 2010, *Metode Numerik Revisi ketiga*, Bandung:Informatika.
- Munson, B. R., dkk , 2002, *Mekanika Fluida Edisi Keempat*, Jakarta: Erlangga.
- Mustain, M., 2010, *Mekanika Fluida*, Surabaya: ITSPress.
- Pamuntjak, R.J. dan Santoso Widiarti, 1990, *Persamaan Diferensial Biasa*, Bandung: ITB.
- Pratomo, I., 2006, *Klasifikasi gunung api aktif Indonesia, studi kasus dari beberapa letusan gunung api dalam sejarah*, *Geologi Indonesia*, Vol.1 No. 4 Desember 2006:209-227.
- Pratomo, I. and Abdurrachman, K., 2004, *Characteristics of the Indonesian active volcanoes and their hazards*, *Mineral and Energi*, Vol.2 No. 4, Hal. 56-60.

Rohman, Fathur, 2013, *Simulasi Penjalaran Gelombang Tsunami dengan Variasi Materi Penyusun Dasar Laut Menggunakan Metode Runge-Kutta*, Skripsi, Jember: Universitas Jember.

Sartika, Mobi, 2014, *Penyelesaian Persamaan Diferensial Penjalaran Gelombang Tsunami dengan Menggunakan Metode Runge-Kutta Geometric Mean (RKGM) Orde Empat*, Skripsi tidak dipublikasikan, Bengkulu: Universitas Bengkulu.

Silvia, I., Selly E. S., Ima T., dkk, (2014), *Materi Integral untuk SMA/MA Kelas XII*, Cirebon: Pendidikan Matematika FKIP Unswagati.

Simkin, T., dan R. S. Fiske, 1983, *Krakatau 1883-Eruption and Its Effects*, 464 pp., Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.

Soelistya, A.Y., 2019, *Penyelesaian Numerik Persamaan Gelombang Air Dangkal Dua Layer Menggunakan Metode Volume Hingga*, Tesis tidak dipublikasikan, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada

Stewart, James, 2012, *Multivariable Calculus Seventh Edition*, USA: Brooks/Cole, Cengage Learning.

Sugiyanto dan Slamet Mugiyono, 2011, *Persamaan Diferensial Biasa*, Yogyakarta: SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga.

Sulaiman, A., 2000, *Turbulensi Laut Banda*, Jakarta: BPPT

Triatmojo, B. 2002. *Metode Numerik*. Yogyakarta: Beta Offset.

Verbeek, R. D. M., 1885, *Krakatau*, 495 pp., Batavia, Indonesia: Gov. Press.