

SKRIPSI

**PENYELESAIAN MODEL PENELUSURAN BANJIR
GELOMBANG DIFUSI DENGAN METODE BEDA HINGGA
*LEAP-FROG***



MUHAMMAD ARIEF FADHILLAH
16610022
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

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

2023

**PENYELESAIAN MODEL PENELUSURAN BANJIR
GELOMBANG DIFUSI DENGAN METODE BEDA HINGGA
*LEAP-FROG***

Skripsi

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



diajukan oleh

MUHAMMAD ARIEF FADHILLAH

16610022

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kepada

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

2023



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 : Muhammad Arief Fadhillah

NIM : 16610022

Judul Skripsi : PENYELESAIAN MODEL PENELUSURAN BANJIR GELOMBANG DIFUSI DENGAN
METODE BEDA HINGGA *LEAP-FROG*

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

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 23 Januari 2023

Pembimbing

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.
NIP: 19800402 200501 1 003



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1553/Un.02/DST/PP.00.9/06/2023

Tugas Akhir dengan judul : **PENYELESAIAN MODEL PENELUSURAN BANJIR GELOMBANG DIFUSI DENGAN METODE BEDA HINGGA LEAP-FROG**

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MUHAMMAD ARIEF FADHILLAH
Nomor Induk Mahasiswa : 16610022
Telah diujikan pada : Selasa, 31 Januari 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.

SIGNED

Valid ID: 64941c3e49f8b



Penguji I

Malahayati, S.Si., M.Sc

SIGNED

Valid ID: 64868e7768ebd



Penguji II

Muhamad Zaki Riyanto, S.Si., M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 6494e8ec9e52c



Yogyakarta, 31 Januari 2023

UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 64954d30b79f0

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Arief Fadhillah

NIM : 16610022

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini 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, 23 Januari 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Arief Fadhillah

HALAMAN PERSEMBAHAN



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Karya sederhana ini penulis persembahkan
untuk Orang tua yang masih ada dan telah tiada, kakak
dan adik tercinta yang senantiasa mendukung dalam
kondisi apapun

HALAMAN MOTTO



"Aku melihat air menjadi rusak karena diam tertahan. Jika air mengalir menjadi jernih dan jika tidak mengalir air akan keruh menggenang."

- Imam Syafi'i

"Life is pretty simple: You do some stuff. Most fails. Some works. You do more of what works. If it works big, others quickly copy it. Then you do something else. The trick is the doing something else."

- Leonardo Da Vinci

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr Wb

Alhamdulillah puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberikan kesehatan dan kemudahan dalam menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "*PENYELESAIAN MODEL PENELITIAN BANJIR GELOMBANG DIFUSI DENGAN METODE BEDA HINGGA LEAPFROG*" guna memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga. Shalawat serta salam senantiasa dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita menuju jalan kehidupan untuk menjadid manusia yang lebih baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan luput dari dukungan, bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof.Dr. Phil Al Makin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Muhammad Abrori, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Dr. Epha Diana Supandi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik Matematika 2016 yang telah membimbing,dan mengayomi.

5. Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam proses penyusunan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
6. Bapak/Ibu dosen dan karyawan fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya selama masa studi hingga berakhir studi.
7. Orang tuaku Ibu Sri Hendrayani yang telah mengasuh dan mendidik selama ini, serta selalu memberikan perhatian, Do'a dan dukungan baik dalam bentuk moral maupun materi'il. Terimakasih kepada kakak dan adikku yang selalu menyemangatiku.
8. Teman sejurusan Matematika angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan, maupun bantuannya selama menjalani masa studi, terimakasih segala pelajaran, dan kisah yang telah dilalui. Selamat berjuang di kehidupan setelah ini.
9. Teman peminatan Matematika Terapan angkatan 2016 (Adit, Galih, Laras, Aqshal, Nisa, Virda, Riaisah, dan Faizah) yang telah bersama selama masa perkuliahan.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT menerima semua amal kebaikan dan memberikan balasan yang sesuai dengan kebaikan semua pihak kepada penulis. Demikian, penulis menyadari terdapat beberapa kekurangan dan kesalah dalam skripsi ini. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini dan semoga ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr Wb

Yogyakarta, 31 Januari 2023

Penulis

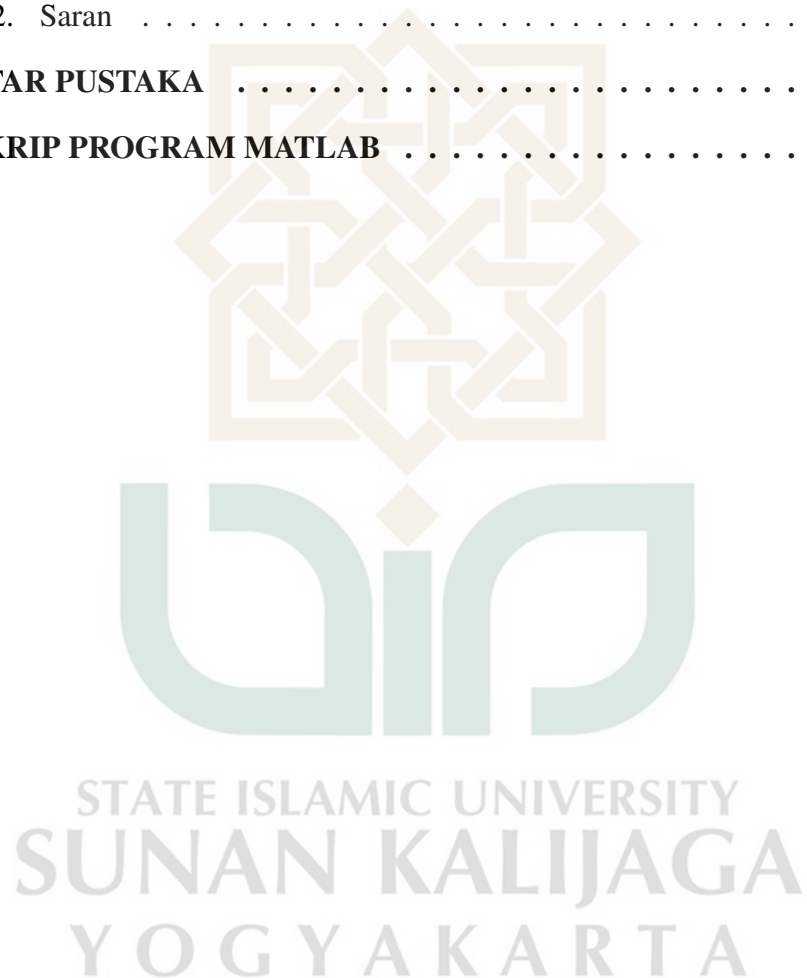


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMBANG	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah	3
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Tinjauan Pustaka	5
1.7. Metode Penelitian	6
1.8. Sistematika Penulisan	7
II LANDASAN TEORI	9
2.1. Persamaan diferensial	9

2.1.1.	Persamaan Diferensial Biasa	10
2.1.2.	Persamaan Diferensial Parsial	12
2.2.	Metode Numerik	14
2.2.1.	Sistem Persamaan Linier	15
2.3.	Deret Taylor	22
2.4.	Kesalahan Pemotongan	23
2.5.	Diferensial numerik	25
2.6.	Diskritisasi	25
III	PEMBAHASAN	28
3.1.	Penelusuran Banjir	28
3.2.	Aliran Saluran Terbuka Tidak Tunak dan Jenisnya	29
3.2.1.	Aliran Tidak Tunak Seragam (<i>Unsteady Uniform Flow</i>)	29
3.2.2.	Aliran Tidak Tunak Tidak Seragam(<i>Unsteady Non Uniform Flow</i>)	31
3.3.	Model Penelusuran Banjir Gelombang Difusi	32
3.4.	Skema Metode Beda Hingga	35
3.4.1.	Skema Beda Maju	36
3.4.2.	Skema Beda Mundur	37
3.4.3.	Skema Beda Tengah	38
3.5.	Metode Leap-Frog	40
IV	IMPLEMENTASI DAN SIMULASI	44
4.1.	Diskritisasi Model Penelusuran Banjir Gelombang Difusi dengan Metode Beda Hingga Leap-Frog	44
4.2.	Pembuatan Program	51
4.3.	Simulasi Program	51
4.3.1.	Pias Sebesar 20	52

	xii
4.3.2. Pias Sebesar 300	54
4.4. Verifikasi Program	57
4.5. Analisis Hasil	59
V PENUTUP	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
A SKRIP PROGRAM MATLAB	72



DAFTAR TABEL

4.1	Tabel debit aliran sungai sepanjang ruas sungai pada kecepatan aliran sebesar 2 m/s dengan pias sebesar 20	59
4.2	Tabel debit aliran sungai sepanjang ruas sungai pada kecepatan aliran sebesar 4 m/s dengan pias sebesar 20	60
4.3	Tabel debit aliran sungai sepanjang ruas sungai pada kecepatan aliran sebesar 6 m/s dengan pias sebesar 20	61
4.4	Tabel debit aliran sungai sepanjang ruas sungai pada kecepatan aliran sebesar 2 m/s dengan pias sebesar 300	62
4.5	Tabel debit aliran sungai sepanjang ruas sungai pada kecepatan aliran sebesar 4 m/s dengan pias sebesar 300	63
4.6	Tabel debit aliran sungai sepanjang ruas sungai pada kecepatan aliran sebesar 6 m/s dengan pias sebesar 300	64
4.7	Tabel debit aliran sungai sepanjang ruas sungai pada kecepatan aliran sebesar 2 m/s , 4 m/s dan 6 m/s dengan pias sebesar 20	66

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMBANG

$\frac{dy}{dx}$: Turunan dari variabel y terhadap variabel x
$f(x_i)$: Fungsi di titik x_i
$f(x_{i+1})$: Fungsi di titik x_{i+1}
f', f'', \dots, f^n	: Turunan pertama, kedua hingga ke- n dari suatu fungsi
Δx	: Langkah ruang yaitu jarak x_i dan x_{i+1}
b	: Lebar saluran
t	: Satuan waktu
x	: Jarak sepanjang aliran
D	: Koefisien difusi
A	: Luas penampang saluran
C	: Koefisien Chezy
v	: Kecepatan
Q	: Debit aliran
h	: Kedalaman air atau elevasi permukaan air
S_f	: Kemiringan gesekan yang dapat dievaluasi secara seragam
S_0	: Kemiringan dasar aliran
λ	: Kecepatan gelombang banjir
$Q(x, t)$: Debit aliran sepanjang x terhadap waktu
$h(x, t)$: Elevasi permukaan air sepanjang x terhadap waktu
R_n	: Kesalahan Pemotongan
$1!, 2!, \dots, n!$: Bentuk operasi faktorial

INTISARI

PENYELESAIAN MODEL PENELUSURAN BANJIR GELOMBANG DIFUSI DENGAN METODE BEDA HINGGA *LEAP-FROG*

Oleh

MUHAMMAD ARIEF FADHILLAH

16610022

Penelusuran banjir adalah proses untuk menentukan atau memperkirakan waktu dan besaran aliran banjir pada suatu wilayah atau beberapa titik di bagian hulu. Model penelusuran banjir gelombang difusi menggunakan persamaan diferensial parsial dalam memperhitungkan kecepatan aliran, debit aliran dan kedalaman air dalam fungsi ruang dan waktu. Bentuk persamaan matematika penelusuran banjir dengan pendekatan model gelombang difusi dalam bentuk konservatif dan penyelesaian numerik dari model penelusuran banjir dilakukan dengan pendiskritisasi menggunakan metode beda hingga *Leap-Frog*, berdasarkan persamaan adveksi 1 dimensi. Persamaan diferensial aliran tak-tunak dimensi terdiri atas persamaan konservasi massa dan persamaan konservasi momentum. Bentuk solusi model matematika penelusuran banjir gelombang difusi dengan metode beda hingga *Leap-Frog* yaitu $Q^{n+1} = Q^{n-1} + Q^n(-\alpha_i + \beta_i)$, simulasi model tersebut dengan parameter yang ditentukan $v = 2m/s, 4m/s$ dan $6m/s, Q_A = 25m^3/s, Q_B = 20m^3/s, Q_0 = 25m^3/s, L = 15.000$ meter, $b = 50$ meter, $C = 50.2, h = 4$ meter dalam pias 20 dan 300 menggunakan program software MATLAB diperoleh hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa nilai debit aliran dipengaruhi oleh jarak dan waktu terhadap daerah hulu sungai dan panjang saluran, dan nilai kecepatan aliran rata-rata yang dihasilkan dipengaruhi oleh ruas sungai yang ditentukan. Hasil grafik yang diperoleh memiliki kecenderungan dengan metode lainnya, disimpulkan bahwa semakin kecepatan aliran yang tinggi maka debit aliran yang dihasilkan mengalami kenaikan, dan grafik yang dihasilkan dengan kecepatan berbeda akan mengalami perubahan bentuk visual apabila kecepatan bertambah.

Kata Kunci : Penelusuran banjir, Model penelusuran banjir, gelombang difusi, metode beda hingga eksplisit (*Leap-Frog*), diskritisasi.

ABSTRACT

DIFFUSION WAVE FLOOD ROUTING MODEL SOLUTION WITH FINITE DIFFERENCE METHODS LEAP-FROG

By

MUHAMMAD ARIEF FADHILLAH

16610022

Flood routing is the process of determining or estimating the timing and magnitude of flood flows in a certain area or several points upstream. The diffusion wave flood routing model uses partial differensial equations in accounting for flow velocity, flow discharge and water depth in space and time functions. The model shows the mathematical equation of flood routing with the diffusion wave model approach in conservative form and the numerical completion of the flood routing model is carried out by discrete using the finite difference method (*Leap-Frog*), based on a one dimensional advection equation. The solution form of the mathematical model of diffusion wave flood routing with a finite method of textitLeap-Frog is $Q^{n+1} = Q^{n-1} + Q^n(-\alpha_i + \beta_i)$, simulating the model with parameters specified $v = 2m/s, 4m/s$ and $6m/s, Q_A = 25m^3/s, Q_B = 20m^3/s, Q_0 = 25m^3/s, L = 15,000$ meter, $b = 50$ meter, $C = 50.2, h = 4$ meter in pias 20 and 300 using the MATLAB software program obtained numerical simulation results showing that the value of the flow discharge is affected by distance and time to the upstream area of the river and the length of the channel, and the value of the average flow speed produced is influenced by the specified section of the river. The results of the graph obtained have a tendency with other methods, it is concluded that the higher the flow speed, the resulting flow discharge increases, and graphics produced at different speeds will undergo visual deformities as the speed increases.

Key Word : *Flood routing, flood routing model, diffusion wave, finite difference explicit method(Leap-Frog), discretization.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Banjir adalah fenomena alam yang terjadi pada saat musim penghujan. Banjir dapat disebabkan oleh sungai yang tidak dapat menampung debit aliran permukaan atau mencegah aliran permukaan memasuki saluran alami seperti sungai. Biasanya kendala aliran permukaan yang masuk ke sungai disebabkan oleh sistem drainase yang tidak memadai atau kondisi lapangan yang tidak sesuai. Ketidakmampuan sungai untuk menampung limpasan permukaan dapat dikarenakan debit aliran permukaan yang tinggi atau ukuran sungai yang tidak mencukupi. Air yang meluap melebihi batasan normal dapat menyebabkan kerusakan atau kerugian yang akan berdampak kepada lingkungan sekitar.

Penelusuran banjir adalah salah satu metode paling akurat untuk memberikan mitigasi dini ketika banjir akan terjadi, memperhitungkan perjalanan banjir di suatu lokasi sungai berdasarkan hidrograf banjir di lokasi sungai lain. Peta ketinggian banjir dapat diketahui melalui saluran sungai (palung), yang bertujuan untuk mengetahui hidrograf banjir di suatu lokasi tanpa observasi ketinggian air, peramalan banjir jangka pendek dan perhitungan peta ketinggian banjir hilir berdasarkan peta ketinggian air di hulu (sumbernya).

Persoalan yang melibatkan model matematika biasanya muncul di berbagai bidang ilmu, seperti teknik, biologi, fisika, dan lain-lain. Pada saat yang bersamaan, banyak fenomena alam yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, yang dapat

dipelajari melalui model matematika. Salah satu fenomena yang bisa diperhatikan adalah aliran gelombang.

Model matematis dinamis biasanya ditentukan oleh persamaan diferensial hukum fisika yang bekerja pada sistem. Beberapa contoh hukum fisika yang umum digunakan dalam pemodelan sistem dinamik adalah hukum kekekalan, hukum empiris, dan hukum Newton (Mushtofa, 2015).

Dalam beberapa kasus, untuk menemukan solusi yang tepat sangatlah rumit. Hal ini terjadi karena beberapa kemungkinan, yaitu model yang digunakan non linier, dan banyak variabel yang terlibat. Oleh karena itu, perlu diketahui bagaimana menggunakan metode numerik sebagai metode solusi untuk menganalisis perilaku gelombang difusi yang diperlukan untuk solusi model penelusuran banjir.

Menurut M. Siing (2011), model penelusuran banjir gelombang difusi menunjukkan bahwa kemiringan dasar sungai dan kecepatan rata-rata berpengaruh terhadap perilaku aliran gelombang banjir. Metode yang digunakan dalam model penelusuran banjir antara lain: metode model gelombang difusi, model gelombang kinematik dan gelombang dinamik atau disebut juga persamaan Saint-Venant lengkap. Persamaan ini menghitung hubungan antara debit aliran dan kedalaman air sebagai fungsi ruang dan waktu. Persamaan Saint Venant dibangun berdasarkan prinsip kekekalan massa dan momentum. Menurut Makrup (2001) penurunan persamaan Saint Venant meliputi persamaan keseimbangan massa dan persamaan keseimbangan momentum dapat menggunakan persamaan integral dan geometris.

Metode beda hingga merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan bentuk persamaan differensial parsial kontinu menjadi bentuk diskrit secara numerik. Secara umum, proses penyelesaian metode ini menggunakan deret Taylor untuk membentuk persamaan linier dengan melakukan pendekatan

dari pendekatan terhadap turunan yang ada pada persamaan diferensial parsial.

Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini membahas tentang model penelusuran banjir gelombang difusi, metode yang digunakan dalam menyelesaikan model matematika tersebut yaitu metode beda hingga Leap-Frog.

1.2. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. saluran terbuka untuk aliran seragam, dimana alirannya berubah seiring berjalannya waktu (*unsteady state*) dan lebar saluran sungai yang relatif konstan
2. model matematika penelusuran banjir difusi yang digunakan adalah model matematika dalam bentuk konservatif

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana solusi model matematika penelusuran banjir difusi dengan menggunakan metode beda hingga Leap-Frog ?
2. Bagaimana perbedaan kecepatan aliran rata-rata terhadap debit aliran sungai ?
3. Bagaimana validitas metode beda hingga Leap-Frog dalam menyelesaikan model penelusuran banjir gelombang difusi ?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang ingin diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui bentuk solusi penyelesaian model penelusuran banjir gelombang difusi dengan metode beda hingga Leap-Frog
2. Mengetahui perbedaan dari kecepatan aliran rata-rata terhadap debit aliran sungai
3. mengetahui kevaliditasan solusi numerik model penelusuran banjir gelombang difusi dengan menggunakan metode beda hingga Leap-Frog

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan referensi bagi instansi terkait untuk menentukan analisis yang dibutuhkan dalam menghitung gelombang banjir.
2. Hasil penelitian ini dapat menggugah minat seseorang untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam rangka pengembangan ilmu matematika, terutama karena konsentrasi matematika terapan dan pemodelan. matematika, karena masih sedikit pembahasan di bidang ini.
3. Hasil penelitian ini dapat memperluas wawasan dan pengetahuan, serta memberikan bahan referensi bagi mahasiswa jurusan matematika khususnya pembahasan pemodelan matematika di berbagai bidang keilmuan lainnya.

1.6. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada penelitian ini diambil dari beberapa literatur yang telah dicantumkan dalam daftar pustaka, diantaranya buku karangan William E. Boyce and Richard C. DiPrima dengan judul *Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems* yang diterbitkan pada tahun 2005, buku karangan Bambang Yulistiyanto dengan judul *Metode Numerik Aplikasi untuk Teknik Sipil* yang diterbitkan pada tahun 2015, Buku karangan Bambang Triadmodjo dengan judul *Metode Numerik* yang diterbitkan pada tahun 2002, dan bahan kuliah karangan Djoko Luknanto dengan judul *Model Matematika: Bahan Kuliah Hidraulika Komputasi* yang diterbitkan pada tahun 2003 dan beberapa buku referensi lainnya.

Selain itu, penggunaan tinjauan pustaka juga berasal dari beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan Model Penelusuran Banjir Gelombang difusi

Dalam penelitian sebelumnya, Gosiorowski, D., Szymkiewicz, R., (2007) membahas bentuk konservatif persamaan massa dan analisis momentum model penelusuran banjir. Chagas, *et al.* (2010) menggunakan metode beda hingga untuk mempelajari model matematika gelombang banjir di sungai, dan metode iterasi Newton Raphson untuk menyelesaikan algoritma persamaan aljabar nonlinear dan simulasinya. Novak, *et al.* (2010) mengembangkan model matematika untuk melacak penyebaran gelombang banjir secara konservatif, dan M. Siing (2011) membuat model matematis untuk penelusuran banjir gelombang difusi bentuk non-konservatif dan menganalisanya dengan menggunakan metode volume hingga dan beberapa penelitian lainnya.

Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang model penelusuran banjir gelombang difusi, metode yang digunakan dalam menyelesaikan model matematika tersebut yaitu metode beda hingga Leap-Frog.

1.7. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah studi literatur. Sumber penelitian yang digunakan berasal dari buku, skripsi, jurnal penelitian dan referensi lainnya

Adapun langkah-langkah yang akan ditempuh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur

mengacu pada beberapa sumber yang telah dijelaskan diatas mengenai *Model Penelusuran Banjir Gelombang Difusi*.

2. Analisis Model Matematika Penelusuran Banjir Gelombang Difusi

Tahap ini dilakukan untuk menganalisis konsep *Penelusuran Banjir Gelombang Difusi* dengan model matematik menggunakan metode yang belum digunakan.

3. Simulasi

Tahap ini dilakukan dengan mensimulasikan hasil bentuk solusi *Penelusuran Banjir Gelombang Difusi dengan menggunakan Metode Beda Hingga Skema Eksplisit (Leap-Frog)* dengan menggunakan program MATLAB.

4. Interpretasi

Tahap ini bertujuan untuk menjelaskan hasil yang diperoleh dari simulasi Model Matematika Penelusuran Banjir Gelombang Difusi agar dapat memberikan informasi yang jelas.

5. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini bertujuan untuk menyatakan hasil dari tahapan analisis dan peneli-

tian secara detail

Berikut diberikan skema dari penelitian ini:

1.8. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan mengenai beberapa teori yang akan digunakan dalam penyusunan penelitian. Pembahasan tersebut meliputi metode numerik, persamaan diferensial, deret Taylor, kesalahan (*error*), Diskritisasi dan beberapa teori lainnya.

BAB III PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang Diskritisasi Model Matematika penelusuran banjir gelombang difusi dengan menggunakan metode Beda Hingga Eksplisit (*Leap-Frog*).

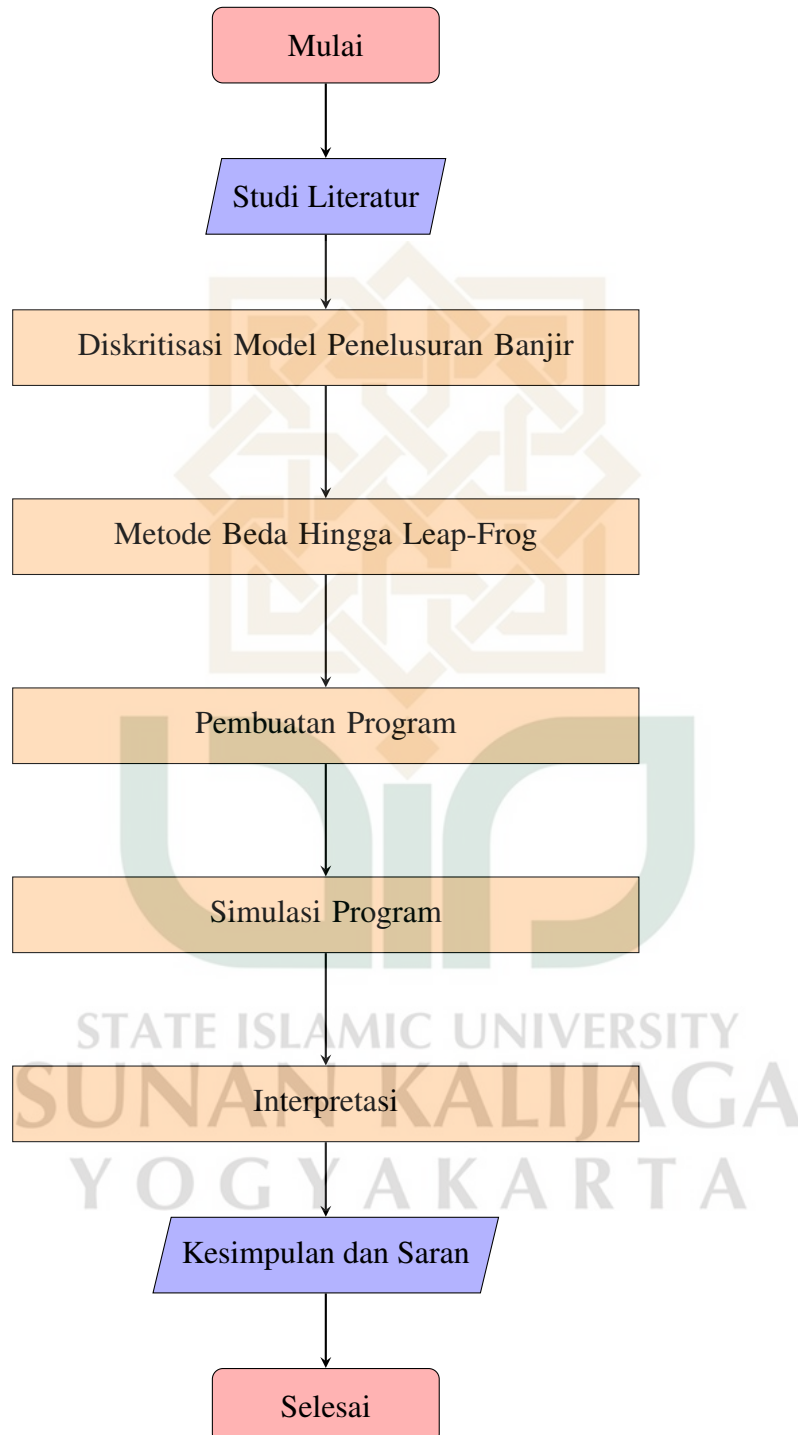
BAB IV IMPLEMENTASI DAN SIMULASI

Bab ini membahas tentang hasil penelitian Model penelusuran banjir gelombang difusi menggunakan metode beda hingga Eksplisit (*Leap-Frog*) yang telah dijelaskan pada bab III, dan hasil yang telah dilakukan akan disimulasikan dengan menggunakan program MATLAB R2013.a untuk memverifikasi kebenaran program dan analisis hasil simulasi.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang berkaitan dengan penelitian ini, serta saran yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Langkah-langkah diatas dapat disajikan dalam sebuah flowchart, sebagai berikut :



BAB V

PENUTUP

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan dan saran-saran yang dapat diambil berdasarkan materi-materi yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil penulis setelah menyelesaikan pembuatan skripsi ini adalah : Berdasarkan hasil yang dibahas pada bab 4 dilakukan percobaan secara program dan analisis numerik dengan mensimulasikan kecepatan aliran rata-rata (v) sebesar 2 m/s , 4 m/s dan 6 m/s , dalam interval waktu iterasi 3600 detik dan panjang saluran 15.000 m dengan membagi sebanyak 20 pias dan 300 pias, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Bentuk solusi model matematika penelusuran banjir difusi dengan menggunakan metode beda hingga Leap-Frog yaitu

$$Q^{n+1} = Q^{n-1} + Q^n (-\alpha_i + \beta_i)$$

2. Semakin besar waktu aliran pada panjang saluran $x = 7.500\text{ m}$ pada pias sebesar 20 dan $x = 15.000\text{ m}$, maka semakin kecil debit aliran yang dihasilkan dan semakin kecil waktu iterasi maka nilai debit aliran yang dihasilkan semakin besar
3. Semakin besar kecepatan aliran rata-rata pada aliran sungai maka nilai debit aliran sungai yang dihasilkan semakin besar sepanjang ruas sungai yang di-

tentukan dan semakin kecil kecepatan aliran rata-rata pada aliran sungai maka nilai debit aliran yang dihasilkan semakin kecil

4. Hasil output dari grafik yang diperoleh menggunakan metode Leap-Frog terlihat memiliki kecenderungan visual yang sama dengan grafik diperoleh dengan metode volume hingga yaitu,
 - a. Debit aliran yang dihasilkan mengalami kenaikan mengikuti kecepatan aliran yang semakin tinggi juga.
 - b. Grafik yang dihasilkan dengan kecepatan berbeda akan mengalami bentuk visual cekung apabila kecepatan mengalami pertambahan

5.2. Saran

Setelah membahas dan melakukan analisa hasil simulasi program, penulis ingin menyampaikan beberapa saran. Permasalahan yang dibahas penelitian ini yaitu hasil simulasi model penelusuran banjir gelombang difusi bentuk konservatif menggunakan metode Leap-Frog.

1. Untuk penelitian berikutnya disarankan dapat menggunakan metode numerik lainnya sehingga memperoleh hasil yang optimal atau dengan menggunakan model penelusuran banjir gelombang difusi dalam bentuk non-konservatif

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., 2011, *Buku Ajar Hidrologi Teknik*, Makassar, Universitas Hasanuddin.
- Boyce, W. E., dan R. C. Diprima, 2005, *Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems*, John Wiley and Sons, New York.
- Chagas, P. F. et.al, 2010, *Application of Mathematical Modeling to Study Flood Wave Behavior in Natural Rivers as Function of Hydraulic and Hydrological Parameters of the Basin*, Universidade Federal do Ceará, Hydrology Day.
- Chow, V. T. 1992. *Hidraulika Saluran Terbuka*, Jakarta, Erlangga.
- Farlow, S. J. 2005, *Partial Differential Equations for Scientist and Engineers*, John Wiley and Sons, New York.
- Gosiorowski, D., Szymkiewicz, R., 2007, *Mass and Momentum Conservation In The Simplified Flood Routing Models*, *Journal of Hydrology*, vol. 346, hal. 51-58.
- Kodoatie, R., 2002, *Hidraulika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa*, Yogyakarta, Andi Offset.
- Kodoatie, R., 2013, *Rekayasa Manajemen Banjir Kota*, Yogyakarta, Andi Offset.
- Kreyszig, E., 1993, *Matematika Teknik anjutan Buku 1*, Jakarta, Gramedia Pustaka Utama.
- Luknanto, D., 2003, *Model Matematika : Bahan Kuliah Hidraulika Komputasi*, Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.

- Lutviyana, R., 2015, *Analisis Model Penelusuran Banjir Gelombang Difusi dengan Metode Dufort-Frankel*. Jember, Skripsi. Universitas Jember.
- Makrup L, 2001, *Dasar-Dasar Analisis Aliran di Sungai dan Muara*, Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia Press.
- Musthofa, M. Wakhid. 2015, *Pengantar Teori Sistem Kendali*. Yogyakarta, Jurusan Matematika ,Fakultas Saintek UIN Sunan Kalijaga.
- Novak, P. Guinot,V., Jeffrey, A. and Reeve D. E. 2010, *Hydraulic Modeling an Introduction. Principles, Method and Application.*, New York, Spon Press.
- Pratiwi, A. E., Widjajanti, T., dan Wyrasti, A. F., 2013, *Penurunan Persamaan Saint Venant Secara Geometris*, Nusa Tenggara Barat, Beta-Jurnal Tadris Matematika,IAIN Mataram.
- Siing, M., dan Basuki, W., 2011, *Penyelesaian Model Matematika Penelusuran Banjir Gelombang Difusi (Diffusion Wave Flood Routing, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA)*, Surabaya, Universitas Negeri Yogyakarta. M77-M84.
- Triadmodjo, B., 1992, *Metode Numerik*, Yogyakarta, Beta Offset.
- Triadmodjo, B., 2002, *Metode Numerik dilengkapi dengan Progran Komputer*, Yogyakarta, Beta Offset.
- Yulistiyanto, B., 2015, *Metode Numerik Aplikasi Untuk Teknik Sipil*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.

LAMPIRAN A

SKRIP PROGRAM MATLAB

Matlab Code

```
1 panjangRuasSaluran_L = 15000;%m
2 waktuMax_t = 3600;%menit
3 lebarSaluran_b = 50;%meter
4 koefisienChezy_C = 50.2;
5 kedalamanAir_h = 4;%meter
6 kecepatanAliranRataRata_v = [2,4,6];%m/s
7 kecepatanAliranRataRata_v = [2];%m/s
8
9 debitAwal_Q0 = 25;%m3/s
10 debitAwalHulu_QA = 25;%m3/s
11 debitAwalHilir_QB = 0.2;%m3/s
12 besarPias = [20,300];
13
14 hasil = cell(length(besarPias), length(
    kecepatanAliranRataRata_v));
15
16 delta_t = 0.01;
17 koefisienDifusi_D = ((koefisienChezy_C^2)*
    lebarSaluran_b*(kedalamanAir_h^3))/(2*abs(
```

```

debitAwal_Q0));
18
19
20 for indexKecepatan = 1:length(kecepatanAliranRataRata_v
)
21     kecepatanAliran = kecepatanAliranRataRata_v(
        indexKecepatan);
22     lambda = kecepatanAliran * 3/2;
23
24
25     for indexPias = 1:length(besarPias)
26         ukuranPias = besarPias(indexPias);
27         delta_x = panjangRuasSaluran_L/ukuranPias;
28
29         disp(["kecepatanAliran:" num2str(
        kecepatanAliran) "ukuranPias:" num2str(
        ukuranPias)]);
30
31         deltaDebit_Q = (debitAwalHulu_QA -
        debitAwalHilir_QB)/ukuranPias;
32
33         debitWaktu_Qt = zeros(ukuranPias+1,waktuMax_t
        +1);
34         debitWaktu_Qt(1,:) = debitAwal_Q0;
35         debitWaktu_Qt(:,1) = debitAwalHulu_QA;

```

```

36     debitWaktu_Qt(:,2) = debitAwalHulu_QA;
37     debitWaktu_Qt(end-1,2) = 9.01565004800000;
38     debitWaktu_Qt(end,2:end) = debitAwalHilir_QB;
39
40     cek_DebitWaktuAwal = debitWaktu_Qt;
41
42     alpha = 2*delta_t*((lambda/(2*delta_t))-
43             koefisienDifusi_D/(delta_x^2));
44     beta = 2*delta_t*((lambda/(2*delta_t))+
45            koefisienDifusi_D/(delta_x^2));
46     gamma = ((4*koefisienDifusi_D*delta_t)/(delta_x
47             ^2));
48
49     matrixAlpha = zeros(ukuranPias+1, ukuranPias+1)
50             ;
51     matrixBeta = zeros(ukuranPias+1, ukuranPias+1);
52     matrixAlpha(1,1) = -1;
53     matrixAlpha(end,end) = -1;
54     for pias = 1:ukuranPias
55         if pias > 2
56             matrixAlpha(pias, pias) = alpha1;
57         end
58         if ( pias > 1) && pias < ukuranPias+1
59             matrixBeta(pias, pias) =

```

```

57         beta;
58     end
59 end
60
61 for waktu_t = 2:waktuMax_t
62
63     debitPias_Qp_1 = debitWaktu_Qt(:, waktu_t
64         -1);
65     debitPias_Qp0 = debitWaktu_Qt(:, waktu_t);
66     debitPias_Qp1 = zeros(ukuranPias+1,
67         waktuMax_t+1);
68
69     for loop=1:delta_t:2%ukuranPias/besarPias
70         (1)
71         %         debitPias_Qp1 = (-matrixAlpha*
72             debitPias_Qp_1) + (matrixBeta*debitPias_Qp0);
73
74         debitPias_Qp1 = (matrixBeta*
75             debitPias_Qp_1) + (-matrixAlpha*
76             debitPias_Qp0);
77         debitPias_Qp_1 = debitPias_Qp0;
78         debitPias_Qp0 = debitPias_Qp1;
79     end
80     debitWaktu_Qt(:, waktu_t+1) = debitPias_Qp1
81
82     ;
83
84

```

```

75         end
76         hasil{indexPias , indexKecepatan} = num2cell(
           debitWaktu_Qt);
77     end
78 end
79
80 figure(1)
81 kecepatan_2_pias_20 = cell2mat(hasil{1,1});
82
83 plot(kecepatan_2_pias_20(:,[0+1, 60+1, 120+1, 180+1,
           240+1, 600+1, 3600+1]), 'linewidth',2);
84
85 legend('Waktu ke-0', 'Waktu ke-60', 'Waktu ke-120', '
           Waktu ke-180', 'Waktu ke-240', 'Waktu ke-600', '
           Waktu ke-3600')
86 title('Grafik debit aliran sepanjang ruas sungai\
           nkecepatan = 2m/s, pias = 20');
87 xlabel('Pias ke-m pada ruas sungai');
88 ylabel('Debit aliran (m^3/s)');
89
90 grid on;
91
92
93 figure(2)
94 kecepatan_2_pias_300 = cell2mat(hasil{2,1});

```


137 end

