

## **SKRIPSI**

### **“PENGENDALIAN BANJIR PADA SUNGAI DODU, DESA DODU KECAMATAN RASANAE TIMUR DENGAN ANALISA HEC-RAS DI KOTA BIMA”**

Diajukan guna memenuhi persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana  
jenjang Strata 1 - (S1), Jurusan Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
2020**

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING**

**SKRIPSI**

**PENGENDALIAN BANJIR PADA SUNGAI DODU, DESA DODU KECAMATAN  
RASANA E TIMUR DENGAN ANALISA HEC-RAS DI KOTA BIMA**

Disusun Oleh:

**NURJANAH**

**41411A0095**

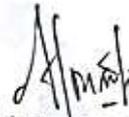
**Mataram, 18 Agustus 2020**

**Pembimbing I,**



**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT**  
**NIDN. 0824017501**

**Pembimbing II,**



**Agustini Ernawati, ST., M.Tech**  
**NIDN. 0810087101**

**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**

**Dekan,**



**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT**  
**NIDN. 0824017501**



**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI**

**SKRIPSI**

**PENGENDALIAN BANJIR PADA SUNGAI DODU, DESA DODU KECAMATAN  
RASANAE TIMUR DENGAN ANALISA HEC-RAS DI KOTA BIMA**

Yang Diperiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : NURJANAH

NIM : 41411A0095

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji

Pada hari : Rabu, 19 Agustus 2020

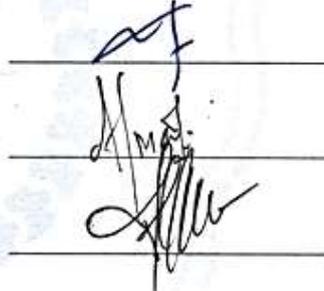
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

1. Penguji I : Dr.M Islamy Rusyda, ST.,MT.

2. Penguji II : Agustini Ernawati, ST.,M.Tech

3. Penguji III : Maya Saridewi P, ST.,MT



Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT.**  
No. 0824017501



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul “*pengendalian banjir pada sungai dodu, desa dodu kecamatan rasanae timur dengan analisa hec-ras di kota bima*” adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat atau disebut plagiatisme.
2. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram, Agustus 2020  
Pembuat pernyataan



Nurjanah  
41411A0095



# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

## UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat  
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [upt.perpusummat@gmail.com](mailto:upt.perpusummat@gmail.com)

### SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NURJANAH  
NIM : 91911 100 95  
Tempat/Tgl Lahir : Bima 09-19-1995  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 085 337 168 770  
Judul Penelitian : -

Pengendalian banjir pada sungai dido, desa dido kecamatan  
rasanae timur dengan analisa Hec-Ras di kota Bima

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 37 9

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya *bersedia menerima sanksi* sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : \_\_\_\_\_

Penulis



NURJANAH  
NIM. 91911 100 95

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos., M.A.  
NIDN. 0802048904



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**UPT. PERPUSTAKAAN**

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat

Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [upt.perpustakaan@ummat.ac.id](mailto:upt.perpustakaan@ummat.ac.id)

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
 PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mujannah  
 NIM : 1411100095  
 Tempat/Tgl Lahir : BIMA - 09 - 19 - 1995  
 Program Studi : TEKNIK  
 Fakultas : TEKNIK SIPIL  
 No. Hp/Email : 085 337 168 770  
 Jenis Penelitian :  Skripsi  KTI

Mengatakan bahwa dalam pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengoleksinya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama ~~tidak mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta~~ atas karya ilmiah saya berjudul:

Pengendalian banjir pada Sungai desa desa Hulu Kecamatan  
Lawang Timur dengan analisa Hec-Ras di kota Bima

Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : \_\_\_\_\_

Penulis



Mujannah  
 NIM 1411100095

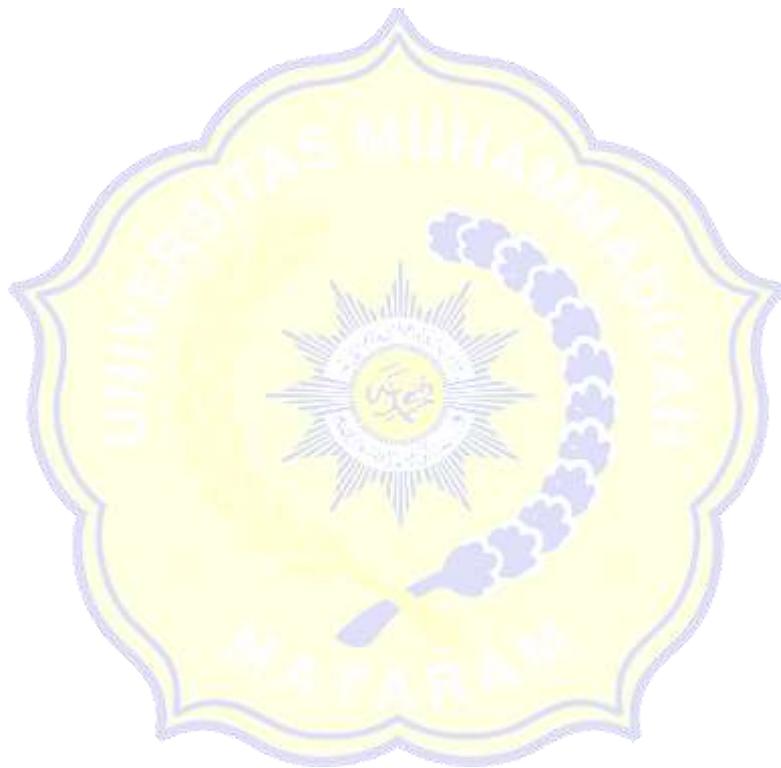
Mengetahui,  
 Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



Rikandar, S.Sos, M.A.  
 NIDN. 0802048904

## MOTTO

*“ Jangan pernah meneteskan air mata kedua orang tuamu dengan kelakuan burukmu,  
Tetapi teteskanlah air mata kedua orang tuamu dengan prestasi yang kau dapatkan “*



## PERSEMBAHAN

**Skripsi ini saya persembahkan kepada :**

1. Allah SWT sebagai sang pencipta yang senantiasa selalu memberikan saya kesehatan dan kemudahan dalam menjalankan segala aktifitas dan kewajiban saya sebagai hamba Allah.
2. Kedua orang tua saya, terutama Ayah tercinta H. Ibrahim dan ibu tercinta Nurma, Terimakasih karena selalu menjadi motivator dalam hidup saya dan selalu berjuang tanpa kenal waktu demi membiayai pendidikan saya dari SD sampai saya mendapat gelar ST.
3. Saudara –saudara saya tercinta Nuraini, Nursiah, Zainudin, Jaharudin, Jaidun Rahman, yang selalu memberikan perhatian dan dukungan kepada saya, yang selalu membantu dan memberikan motivasi serta perhatian kepada adenyanya dalam menyelesaikan skripsi.
4. Terimakasih buat dosen teknik sipil, telah membimbing saya sampai mendapat gelar ST.
5. Buat sahabat ku, Imam Aris Murdani, Nurrahmi, Rosdiana, Fitri Afrianingsih, Miftahul Jannah, Sri Astuti, terimakasih motivasinya.
6. Keluarga besar rekayasa sipil khusus angkatan 2014 dan semua angkatan terimakasih atas motivasi, bantuan dan dukungannya dengan semangat juang yang tak putus selama masa perkuliahan. Serta masih banyak lagi yang tak bisa saya sebutkan satu persatu.
7. Dan yang terakhir buat Almamater tercinta semoga semakin jaya, terimakasih telah membuat saya bangga menjadi mahasiswa Muhammadiyah Mataram.

## ABSTRAK

Seiring dengan perubahan kondisi di wilayah sungai, perubahan tata guna lahan dan pertumbuhan penduduk membuat sungai tidak berfungsi optimal, dan akibat dari perubahan tersebut menimbulkan bencana banjir. Kejadian banjir yang terjadi khususnya di Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan bencana alam yang kerap terjadi di beberapa daerah, dari situ penanganan banjir harus segera dilakukan, salah satunya input data penampang sungai, river reach, data manning dan data lainnya. Sehingga penting sekali untuk dilakukan pengendalian banjir dengan analisa HEC-RAS, dimana program HEC-RAS merupakan program dalam bentuk tiruan atau simulasi dari apa yang sebetulnya terjadi dilapangan yang dapat memudahkan untuk menganalisa kejadian yang sebenarnya dengan cukup mudah.

Dalam penelitian ini lokasi yang dipilih sebagai lokasi studi yaitu pada Desa Dodu Kecamatan Rasane Timur Kota Bima. Pemilihan lokasi ini dikarenakan hampir setiap tahunnya air sungai meluap (offer toping) yang mengakibatkan sarana infrastruktur dan rumah-rumah tergenang sehingga mengganggu aktifitas masyarakat. Hasil penelitian dengan metode HEC-RAS.

Berdasarkan hasil dilapangan dapat diketahui bahwa Pengendalian Banjir Pada Sungai Dodu dengan Analisa HEC-RAS di Desa Dodu Kecamatan Rasanae Timur Kota Bima. Dari hasil analisis hidrologi, nilai debit yang digunakan untuk me Running kedalam program HEC-RAS ada dua, yaitu nilai debit dengan kala ulang sepuluh tahun  $Q_{10}=86,216 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan data debit dengan kala ulang dua puluh lima tahun  $Q_{25}=121,364 \text{ m}^3/\text{dt}$  Serta hasil analisa dengan program HEC-RAS 4.1.0 telah menunjukkan bahwa, terjadi kenaikan muka air banjir pada sungai yang melewati batas tanggul sungai. Namun sifatnya variatif yang tidak secara keseluruhan tanggul kanan atau kiri terjadi banjir karena antara tanggul kiri dan kanan memiliki ketinggian yang berbeda. Ketinggian kenaikan muka air banjir pada sungai terjadi antara  $\pm 1.5$  sampai dengan 2,5 meter dari ketinggian tanggul eksisting.

**Kata Kunci : HEC-RAS, Pengendalian Banjir**

### ABSTRACT

As the condition change in the river basin, such as changes in land use and population growth made the river not optimally functioning. The consequence of these changes was flooded. A flood occurred primarily in West Nusa Tenggara (NTB) are natural disasters that often occur in several areas. Flood management must be carried out immediately. One of which is the input of river cross-section data, river reach, manning data and other data. It is essential to do flood control with HEC-RAS analysis— is a program in the form of a mock or simulation of what happened in the field. In this study, the location chosen as the study location was Dodu Village, East Rasanae District, Bima City. This location was selected because almost every year the river water overflows (offer toping) which causes infrastructure facilities and houses to be flooded—thus disturbing community activities. The results of research using the HEC-RAS method.

Based on the results of the hydrological analysis, there are two discharge values used for running into the HEC-RAS program, namely the discharge value with a ten-year return period  $Q_{10} = 86,216 \text{ m}^3 / \text{s}$  and discharge data with a twenty-five year return period  $Q_{25} = 121,364 \text{ m}^3 / \text{s}$ . And the results of the analysis with the HEC-RAS 4.1.0 program have shown that, there has been an increase in floodwater level in rivers that cross the river embankment boundaries. However, it is varied, in that the right or left barriers is not entirely flooded because the left and right barriers have different heights. The height of the floodwater level rise in the river occurs between  $\pm 1.5$  to 2.5 meters from the height of the existing barriers.

**Keywords:** HEC-RAS, Flood Control



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah menciptakan langit dan bumi yang tanpa tiang dan beserta isinya, berkat ridho-Nya, sehingga urusan Skripsi yang berjudul: “Pengendalian banjir pada sungai dodu, desa dodu kecamatan rasanae timur dengan analisa hec-ras di kota bima” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Solawat serta salam tak lupa penulis khaturkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang telah memperjuangkan dinul islam.

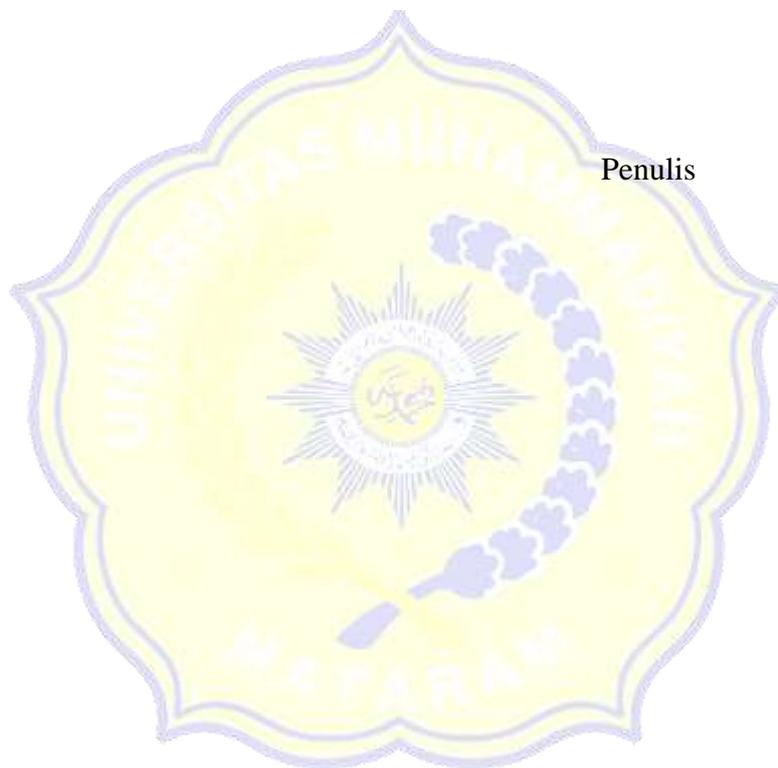
Dengan penuh keterbatasan, dalam skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, baik dalam penyusunan maupun penulisan akibat terbatasnya kemampuan penulis, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis berharap adanya kritik dan saran pembaca yang sifatnya membangun, dengan harapan skripsi ini dapat dipahami dengan baik dan bermanfaat bagi orang lain.

Selesaiannya Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak baik itu bantuan dalam bentuk sumbangsih pikiran, moril dan bahkan dalam bentuk materil, sehingga skripsi ini bisa diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Drs. H Arsyad Abd. Gani, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram dan Selaku Dosen Pembimbing I
3. Titik Wahyuningsih, ST., MT., Selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Agustini Eranawti, ST., MT., Selaku Dosen Pembimbing II
5. Kepada kedua orang tuaku tercinta, yang tak pernah lelah berjuang untuk anaknya tercinta setiap hari mengeluarkan tetesan keringan dan semangatmu untukku. Terima kasih atas do'a- do'amu serta kasih sayang yang penuh mendalam serta nasehat-nasehat, motivasi mu untukku selama ini.
6. Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat hingga saya-pun bisa selesai.

7. Segalah pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, hingga skripsi ini selesai.

Mataram, Agustus 2020



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.3 Manfaat .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Landasan Teori.....	5
2.2.1 Siklus hidrologi.....	5
2.2.2 Daerah aliran sungai .....	7
2.2.3 Pengukuran hujan .....	7

2.2.4 Analisis curah hujan rerata daerah.....	8
2.2.5 Analisis frekuensi .....	11
2.2.6 Distribusi log normal .....	14
2.2.7 Distribusi log person type III.....	16
2.2.8 Analisis intensitas hujan .....	17
2.2.9 Waktu konsentrasi .....	18
2.2.10 Hidrograf satuan sintetik nakayasu.....	18
2.2.11 Pengukuran debit .....	21
2.2.12 Aspek hidraulika.....	22
2.2.13 Jenis-jenis aliran .....	23
2.2.14 Aliran seragam.....	24
2.2.15 Kekasaran dasar .....	26
2.3 Pemodelan Dengan Program HEC-RAS 4.1.0 .....	26
2.3.1 Analisis penampang eksisting sungai .....	28
2.3.2 Langkah-langkah menggunakan hec-ras .....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	33
3.2 Tahap Persiapan .....	34
3.3 Pengumpulan Data .....	34
3.3.1 Data geometri sungai dodu .....	34
3.3.2 Peta das sungai dodu .....	35
3.3.3 Data penampang sungai .....	35
3.3.4 Data curah hujan .....	35
3.3.5 Hujan rancangan .....	36
3.3.6 Banjir rancangan dengan hss nakayasu .....	36
3.4 Pemodelan dengan Program HE-RAS 4.1.0 .....	37

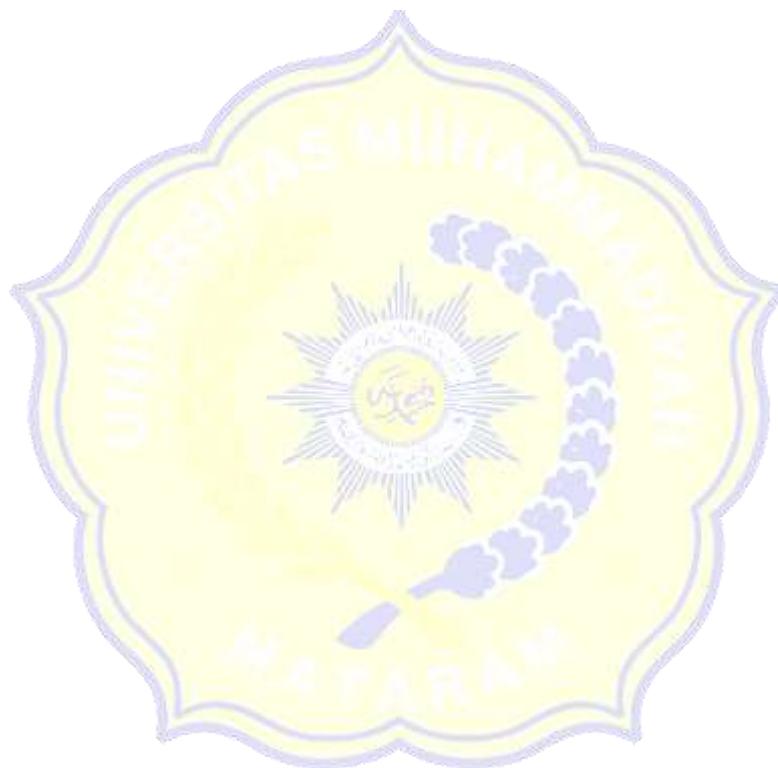
3.4.1	Persiapan data .....	37
3.4.2	Nilai kekasaran penampang (n) .....	37
3.4.3	Pembuatan skema alur sungai.....	38
3.4.4	<i>Input</i> data elevasi .....	38
3.4.5	Aliran <i>steady flow</i> .....	38
3.4.6	<i>Input</i> data debit .....	39
3.4.7	<i>Output</i> data hasil pemodelan Hec-Ras 4.1.0.....	39
3.5	Bagan Alir .....	49
3.5.1	Bagan alir penelitian .....	50
3.5.2	Bagan alir analisa hec-ras .....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>52</b>
4.1.	Analisis Hidraulika Daerah Aliran Sungai Dodu .....	52
4.2	Data Analisis .....	52
4.2.1	Data geometris sungai.....	52
4.2.2	Data curah hujan.....	58
4.2.3	Curah hujan rerata daerah .....	58
4.2.4	Hujan rancangan .....	59
4.2.5	Analisis hidrograf banjir .....	62
4.2.6	Analisa debit dengan metode hss nayakasu.....	65
4.3	Pemodelan Geometri Sungai dengan Program HEC-RAS 4.1.0.....	70
4.3.1	Data geometris sungai.....	71
4.3.2	Pemodelan geometris sungai .....	72
4.4	<i>Input</i> Data Kekasara Dasar (n) .....	74
4.5	Pemodelan Aliran Sungai .....	75
4.6	Hasil <i>Output</i> Program HEC-RAS 4.1.0.....	76
4.6.1	<i>Running</i> program .....	76

4.6.2	Data output.....	77
4.6.3	Potongan melintang ( <i>cross section</i> ) sungai kondisi eksisting.. .....	77
4.6.4	Potongan memanjang ( <i>cross section</i> ) Sungai kondisi eksisting....	79
4.6.5	Data output tabel kondisi eksisting.....	80
4.6.6	Potongan melintang sungai ( <i>cross section</i> ) desain rencana.....	81
4.6.7	Potongan memanjang ( <i>long section</i> ) sungai desain rencana .....	82
4.6.8	Data output tabel desain rencana .....	83
4.6.9	Pebuatan tanggulSungai.....	84
4.6.10	Normalisasi sungai.....	84
4.6.11	Jenis konstruksi tanggul .....	84
4.7	Solusi Pengendalian Banjir .....	85
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>86</b>
5.1	Kesimpulan .....	86
5.2	Saran .....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Poligon theissen .....	9
Gambar 2.2 Jenis-jenis aliran .....	24
Gambar 2.3 Aliran berubah beraturan .....	30
Gambar 2.4 Pembagian tampang sungai .....	32
Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian DAS Dodu Kota Bima.....	33
Gambar 3.2 Peta DAS sungai Dodu .....	35
Gambar 3.3 Jendela <i>New Project</i> .....	40
Gambar 3.4 Jendela geometri data .....	41
Gambar 3.5 Jendela editor data <i>Cross Section</i> .....	42
Gambar 3.6 Jendela editor data aliran <i>Steady Flow</i> .....	44
Gambar 3.7 Jendela editor kondisi batas .....	46
Gambar 3.8 Tampilan <i>stead y flow analysis</i> .....	48
Gambar 3.9 Bagan alir Penelitian.....	50
Gambar 3.10 Bagan alir Program Hec-Ras 4.1.0 .....	51
Gambar 4.1 Peta situasi alur Daerah Aliran Sungai Dodu .....	53
Gambar 4.2 Kondisi eksisting dan kondisi rencana sungai Dodu di titik T14.....	54
Gambar 4.3 Grafik Data Debit dengan Kala Ulang 10 dan 25 Tahun.....	70
Gambar 4.4 Geometri Sungai Dodu .....	71
Gambar 4.5 Peniruan geometri sungai Dodu.....	72
Gambar 4.6 Tampang lintang pada river Sta.1 .....	73
Gambar 4.7 <i>Input</i> data kekasaran <i>manning</i> (n) pada HEC-RAS.....	74
Gambar 4.8 <i>Input</i> data debit Q10 dan Q25.....	75
Gambar 4.9 Hitungan aliran permanen.....	76

Gambar 4.10 <i>Running</i> program .....	77
Gambar 4.11 <i>Output</i> potongan melintang ( <i>croos section</i> ) sungai .....	78
Gambar 4.12 <i>Output</i> potongan memanjang ( <i>long section</i> ) sungai .....	79
Gambar 4.13 <i>Output</i> potongan melintang ( <i>croos section</i> ) sungai .....	81
Gambar 4.14 <i>Output</i> potongan memanjang ( <i>long section</i> ) Sungai .....	82
Gambar 4.15 Tipikal konstruksi talud sungai.....	85



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat pemilihan distribusi .....	13
Tabel 2.2 Ketentuan nilai kekasaran dasar (n) .....	26
Tabel 4.1 Elevasi tampang sungai eksisting .....	56
Tabel 4.2 Elevasi tampang sungai eksisting .....	57
Tabel 4.3 curah hujan rerata daerah.....	58
Tabel 4.4 Curah hujan maksimum DAS Dodu.....	59
Tabel 4.5 Tabel distribusi log pearson.....	60
Tabel 4.6 Tabel curah hujan rancangan dengan berbagai kala ulang .....	61
Tabel 4.7 Tabel hujan jam-jaman Tr 10 tahun .....	64
Tabel 4.8 Tabel hujan jam-jaman Tr 25 tahun .....	65
Tabel 4.9 Data debit dengan kala ulang 10 tahun.....	66
Tabel 4.10 Data debit dengan kala ulang 25 tahun.....	68
Tabel 4.11 <i>Output</i> data debit dengan kala ulang 25 tahun .....	80
Tabel 4.12 <i>Output</i> data debit dengan kala ulang 25 tahun .....	83

## DAFTAR NOTASI



$A$	= Luas penampang basah
$A$	= Luas tampang basah tiap bagian tampang
$A_1$	= Luas daerah Thiessen
$A_1$	= Luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet
$\alpha_1$	= Besar koefisien kecepatan
$C$	= Koefisien kontraksi atau ekspansi.
$C_s$	= Koefisien kemencengan
$C_v$	= Koefisien variasi
$g$	= Percepatan gravitasi
$h_e$	= Tinggi energi
$I$	= Kemiringan saluran
$I$	= Intersitas curah hujan
$I_1$	= Garis isohiet
$K$	= Nilai karakteristik distribusi log normal
$K$	= Kapasitas angkut tiap bagian tampang
$k$	= Faktor frekuensi
$L$	= Panjang maksimum perjalanan air
$L$	= Panjangnya antar dua penampang melintang.
$L_{ch}$	= Panjang jangkauan antar dua potongan melintang yang berturut-turut untuk arus di dalam tepi kiri
$L_{ob}$	= Panjang jangkauan antar dua potongan melintang yang berturut-turut untuk arus di dalam tepi kanan
$\log X_{tr}$	= Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

$\log x$  = Nilai rata-rata kejadian

$L_{rob}$  = Panjang jangkauan antar dua potongan melintang yang berturut-turut untuk arus di dalam saluran utama

$n$  = Kekasaran Manning

$n$  = Jumlah data

$n$  = Koefisien kekasaran *Manning* tiap bagian tampang

$P$  = Keliling penampang basah

$\bar{p}$  = Hujan rerata kawasan

$p_1$  = Hujan di stasiun 1

$Q$  = Debit aliran

$Q_{ch}$  = Perhitungan rata-rata debit yang berturut-turut untuk arus antara bagian tepi kiri

$Q_p$  = Debit puncak banjir

$Q_{ob}$  = Perhitungan rata-rata debit yang berturut-turut untuk arus antara bagian tepi kanan

$Q_{rob}$  = Perhitungan rata-rata debit yang berturut-turut untuk arus antara bagian saluran utama

$Q_t$  = Debit limpasan sebelum sampai puncak banjir

$R$  = Jari –jari hidrolis

$R$  = Curah hujan daerah rata-rata

$R$  = Radius hidrolik tiap bagian tampang.

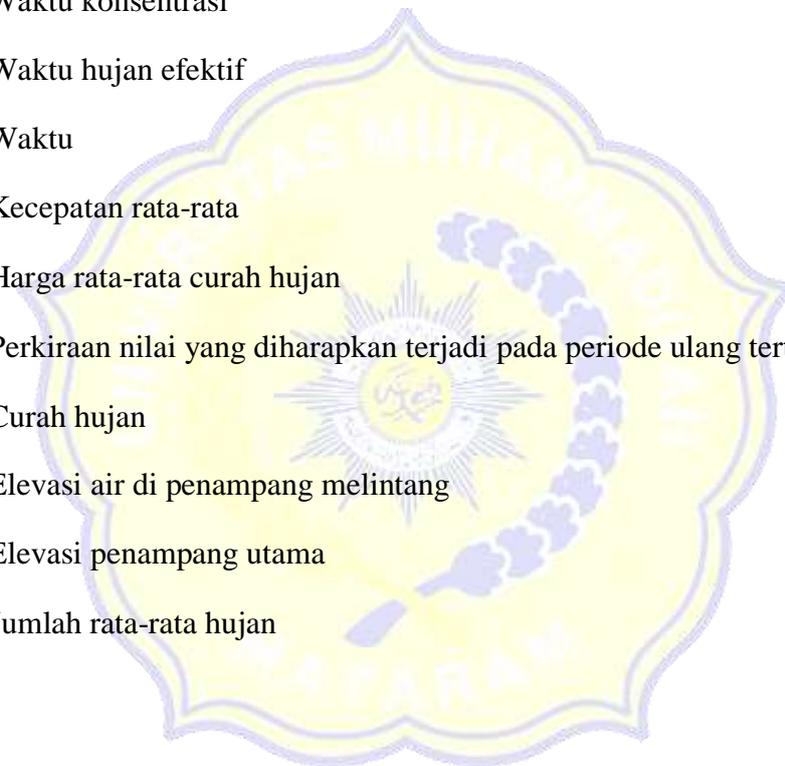
$R_o$  = Hujan satuan

$R_1$  = Curah hujan ditiap titik pos Curah hujan

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 1 hari

$s$  = Kemiringan daerah aliran sungai

$S_d$	= Standar deviasi
$S_f$	= Kemiringan energi antar dua penampang melintang
$T$	= Lamanya curah hujan
$t_c$	= Waktu konsentrasi
$T_{0,3}$	= Waktu yang diperlukan penurunan debit
$T_p$	= Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir
$t_g$	= Waktu konsentrasi
$t_r$	= Waktu hujan efektif
$T$	= Waktu
$V_1$	= Kecepatan rata-rata
$\bar{X}$	= Harga rata-rata curah hujan
$X_{tr}$	= Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.
$X_i$	= Curah hujan
$y_1$	= Elevasi air di penampang melintang
$z_1$	= Elevasi penampang utama
$\sum x_i$	= Jumlah rata-rata hujan



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Sungai merupakan salah satu sumber daya air yang banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air baku sehingga keberadaannya sangat penting dalam menunjang kebutuhan manusia. Seiring dengan perubahan kondisi di wilayah sungai, perubahan tata guna lahan dan pertumbuhan penduduk membuat sungai tidak berfungsi optimal sebagaimana mestinya sehingga akibat dari perubahan tersebut adalah timbulnya bencana khususnya bencana banjir yang mengakibatkan banyak kerugian.

Kejadian banjir yang terjadi khususnya di Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan bencana alam yang kerap terjadi di beberapa daerah seperti contoh adalah Kabupaten Lombok Timur dan Kabupaten Sumbawa. Pada tahun 2016 Kota Bima mengalami banjir bandang yang cukup dahsyat di beberapa titik salah satunya di Kelurahan Dodu Kecamatan Rasanae Timur. Kejadian banjir tersebut cukup meresahkan masyarakat atau penduduk yang tinggal di wilayah tersebut. Karena hampir setiap tahunnya air sungai meluap (*offer toping*) yang mengakibatkan sarana infrastruktur dan rumah-rumah tergenang sehingga mengganggu aktifitas masyarakat. Banjir yang terjadi di DAS Dodu Kota Bima merupakan banjir bandang dahsyat yang melanda Kota Bima. Bencana banjir tersebut mengakibatkan 13 desa di 5 kecamatan tenggelam. Bencana banjir menimbulkan kerusakan dan kerugian infra-struktur, persawahan dan perumahan warga. Penanganan banjir harus segera dilakukan mengingat DAS Dodu yang melewati pemukiman warga. (*Dinas perkerjaan umum, 2020*)

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan analisis mengenai masalah banjir yang terjadi di Kota Bima guna mengetahui berapa besar kenaikan muka air banjir di sungai tersebut dan bagaimana langkah yang akan

dilakukan sebagai upaya penyelesaian masalah banjir tersebut. Dalam hal ini akan dilakukan analisis kenaikan muka air banjir serta kondisi eksisting sungai dengan menggunakan program HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's - River Analysis System*) versi 4.1.0.

Ada beberapa alasan kenapa kemudian analisis dilakukan dengan menggunakan program HEC-RAS. Seperti yang sudah dipaparkan sebelumnya bahwa analisa dengan HEC-RAS merupakan bentuk tiruan atau simulasi yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi dari apa yang sebetulnya terjadi dilapangan. Aplikasi ini sudah dilengkapi dengan berbagai item input data yang dibutuhkan dalam analisa. Seperti halnya input data penampang sungai, river reach, data manning dan data yang lainnya. Dengan selesainya diinput data-data yang dibutuhkan maka, dapat dilakukan analisa dengan otomatis oleh program HEC-RAS. Sehingga dengan demikian aplikasi ini dapat memudahkan untuk menganalisa kejadian yang sebenarnya dengan cukup mudah.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang di atas dapat dibuat beberapa rumusan masalah antara lain:

- 1) Berapa debit banjir rancangan di DAS Dodu?
- 2) Bagaimana proses analisis hidroulika dengan program HEC-RAS 4.1.0?
- 3) Bagaimana solusi untuk pengendalian banjir?

## **1.3. Tujuan**

Dari rumusan masalah, hal-hal yang ingin dicapai antara lain:

- 1) Untuk mengetahui debit banjir rancangan di DAS Dodu.
- 2) Untuk mengetahui bagaimana proses analisis hidroulika dengan program HEC-RAS.
- 3) Untuk mengetahui solusi pengendalian banjir

#### **1.4. Manfaat**

Secara umum manfaat yang diharapkan adalah meningkatnya pengetahuan penyusun dalam analisis banjir menggunakan program HEC-RAS 4.1.0. Secara khusus, manfaat yang diharapkan anatara lain:

- 1) Sebagai referensi dalam analisis banjir menggunakan program HEC-RAS.
- 2) Sebagai referensi peneliti selanjutnya dalam mengevaluasi penyebab banjir di Kelurahan Dodu

#### **1.5. Batasan Masalah**

Agar pembahasan lebih terarah maka diperlukan batasan masalah untuk mencegah melebarnya lingkup permasalahan. Adapun batasan permasalahannya adalah sebagai berikut:

- 1) Hanya menganalisis lokasi sungai yang sering terjadi banjir yaitu sepanjang 1167.05 m, di kelurahan Dodu.
- 2) Program yang digunakan untuk menganalisis banjir yaitu program HEC-RAS 4.1.0.
- 3) Struktur hidrolika pada sungai yang dimodelkan dalam program HEC-RAS 4.1.0 hanya bangunan pengendali banjir.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Hambali (2015) melakukan penelitian tentang Analisis Pengaruh air balik (*Back Water*) terhadap Banjir Sungai Rangkui Kota Pangkal pinang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelusuran aliran melalui pemodelan aliran tak seragam (*unstedsy flow*) menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Beberapa data yang digunakan sebagai input ditetapkan berdasarkan analisis dan perhitungan. *Boundary condition* sebelah hulu digunakan debit rencana kala ulang 2,5,10 dan 25 tahun, sedangkan *boundary condition* sebelah hilir adalah tinggi muka air pasang tertinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya debit rencana pada periode ulang 2 tahun ( $Q_2$ )=46.08 m<sup>3</sup>/dt, periode 5 tahun ( $Q_5$ )=57.68 m<sup>3</sup>/dt, periode 10 tahun ( $Q_{10}$ )=64.88 m<sup>3</sup>/dt dan periode 25 tahun ( $Q_{25}$ )=72.79 m<sup>3</sup>/dt. Tinggi muka air tertinggi dengan kenaikan muka air banjir (luapan) berkisar antara 0.15-1.4 m untuk kondisi tanpa pasang surut dan 0.60-1.90 m untuk kondisi dengan pengaruh pasang surut. Semakin tingginya pasang surut yang terjadi, maka backwater sangat berpengaruh terhadap kenaikan elevasi di muka air hulu maupun hilir yang menyebabkan kenaikan elevasi muka air pada periode waktu tertentu, hingga melebihi elevasi tanggul yang ada saat ini.

Secara umum bencana banjir menyebabkan kerusakan yang lebih parah dibandingkan dengan bencana alam lainnya (Grigg,1996). Bencana banjir merupakan bencana alam yang paling merusak. Banjir diperhitungkan kurang lebih 85 % seluruh bencana yang diumumkan Presiden AS setiap tahunnya dan 65 juta ha (7 % dari tanah di AS) adalah dalam dataran banjir (Schilling dkk., 1987).

Nugroho (2011) melakukan penelitian tentang Pengendalian Banjir Sungai Dengan Saluran Pengelak, bertujuan untuk mengurangi debit banjir pada Sungai Dodu. Dari perhitungan banjir Sungai Dodu dengan  $Q_5$  tahunan = 233,294 m<sup>3</sup>/dt, jika direduksi dengan  $Q$  pengelak = 50 m<sup>3</sup>/dt, maka debit banjir dihilir Sungai

Dodu menjadi 183,294 m<sup>3</sup>/dt. Dengan menggunakan *Software Hec-Ras* terlihat bahwa dengan rencana saluran pengelak dapat mengurangi debit banjir di daerah hilir di Kota Bima, yang dampaknya bisa mengurangi Kota Bima yang tergenang dari banjir sekitar 69,55 % (185 ha), dimana sebelum adanya rencana saluran pengelak yang tergenang banjir seluas 266 ha.

Analisis yang berkaitan dengan evaluasi pengendalian banjir pada sungai juga pernah dilakukan oleh Widia (2008) dengan judul Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Wulan dengan Menggunakan Program HEC-RAS 4.0 pada kondisi *Steady*. Hasil analisis kapasitas penampang Sungai Wulan dengan HEC-RAS 4.1.0 terdapat beberapa potongan yang mengalami banjir. Untuk Q<sub>25</sub>=1014.618 m<sup>3</sup>/detik, banjir terparah terjadi pada stasiun 1091. Untuk Q<sub>50</sub> = 1127.357 m<sup>3</sup>/detik, banjir terparah terjadi pada stasiun 1178. Alternatif untuk meningkatkan kapasitas penampang sungai pada daerah yang mengalami banjir di sepanjang Sungai Wulan adalah membangun tanggul setinggi 2 m-3.25 m (sudah termasuk tinggi jagaan 0.8 m).

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Siklus hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir

ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (*perkolasi*) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut dan proses tersebut akan berlangsung terus menerus.

Dalam siklus hidrologi terjadi presipitasi. Presipitasi selalu diidentikkan dengan hujan, khususnya di Indonesia, namun hujan bukan satu-satunya bentuk dari presipitasi. Selain hujan, presipitasi dapat berbentuk hujan salju, kabut, embun dan hujan es. Meski presipitasi dapat berubah menjadi berbagai bentuk tapi pada akhirnya akan kembali menjadi bentuk awal yaitu air. Hal ini menunjukkan bahwa volume air di permukaan bumi sifatnya tetap. Meskipun tetap, perubahan iklim, cuaca dan perbedaan letak mengakibatkan volume dalam bentuk tertentu berubah, tetapi secara keseluruhan volume air tetap. Siklus air secara alami berlangsung cukup panjang dan cukup lama. Sulit untuk menghitung secara tepat berapa lama air menjalani siklusnya, karena sangat tergantung pada kondisi geografis, pemanfaatan oleh manusia dan sejumlah faktor lain.

Dalam proses menuju permukaan bumi, presipitasi dapat berevaporasi kembali atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah. Setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara berulang dalam tiga cara yang berbeda yaitu evaporasi/transpirasi, infiltrasi/perkolasi dan air aliran permukaan.

- a) Evaporasi/transpirasi - Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dan sebagainya akan menguap ke angkasa (atmosfer) dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (*precipitation*) dalam bentuk hujan, salju, es.
- b) Infiltrasi / perkolasi ke dalam tanah - Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak

secara vertikal atau horizontal dibawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.

- c) Air permukaan - Air bergerak diatas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau, makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah dapat dilihat biasanya pada daerah urban. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan disekitar daerah aliran sungai menuju laut.

### 2.2.2 Daerah aliran sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pengunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Triatmodjo, 2008). batasan DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur, biasanya dengan menggunakan peta topografi.

DAS disebut juga sebagai *watershed* atau *catchment area*. DAS ada yang kecil dan ada juga yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub DAS dan sub DAS dapat terdiri dari beberapa sub-sub DAS, tergantung banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu sistem sungai utama.

Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai.

### 2.2.3 Pengukuran hujan

Di Indonesia, pengukuran hujan dilakukan oleh beberapa instansi diantaranya adalah Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG), Dinas Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, Dinas Pertanian, dan beberapa

instansi lain. Masing-masing instansi tersebut mengelola sendiri stasiun hujannya. Bisa terjadi dua atau lebih stasiun hujan berada pada jarak yang berdekatan namun instansi yang mengelolanya berbeda.

Alat penakar hujan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu penakar hujan biasa (*manual raingauge*) dan penakar hujan otomatis (*automatic raingauge*). Alat penakar hujan otomatis ada beberapa jenis yaitu alat penakar hujan jenis pelampung, alat penakar hujan jenis timba jungkit, dan alat penakar hujan jenis timbangan.

#### 2.2.4 Analisis curah hujan rerata daerah

Dalam suatu luasan daerah sering terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran hujan, data hujan yang tercatat di masing-masing stasiun tersebut dapat tidak sama. Apabila hal tersebut terjadi maka dalam analisis hidrologinya diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu metode rerata aritmatik, metode poligon thiessen, dan metode isohiet.

##### 1. Metode rerata aritmatik (aljabar)

Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan.

- a) Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- b) Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

(Triatmodjo,2008)

Metode rerata aljabar memberikan hasil yang baik dapat di hitung dengan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan :

- $\bar{p}$  = hujan rerata kawasan
- $p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$  = hujan di stasiun 1, 2, 3, . . . , n
- $n$  = jumlah stasiun

## 2. Metode Thiessen

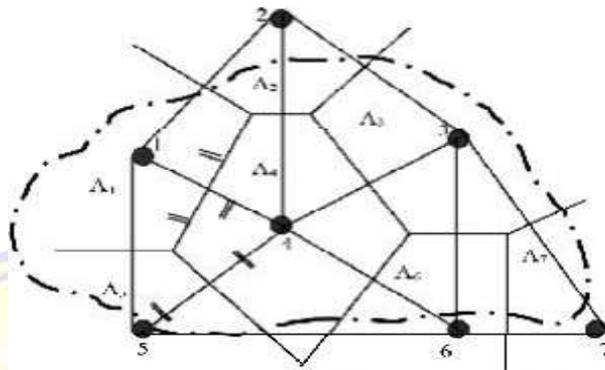
Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan untuk menentukan tinggi curah hujan rerata daerah yaitu metode poligon Thiessen, karena poligon Thiessen dapat digunakan untuk menentukan luas pengaruh daerah stasiun hujan yang memiliki sebaran tidak merata. Gambar polygon Thiessen dapat dilihat pada gambar 2.1. (Soemarto, 1987).

Perbandingan luas poligon untuk setiap stasiun yang besarnya  $A_n/A$  dapat dihitung dengan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$R = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

- $R$  : Curah hujan daerah rata-rata  
 $R_1, R_2, \dots, R_n$  : Curah hujan di tiap titik pos Curah hujan  
 $A_1, A_2, \dots, A_n$  : Luas daerah Thiessen yang mewakili titik pos curah hujan  
 $n$  : Jumlah pos curah hujan



Gambar 2.1 Poligon Thiessen  
 (Sumber: Soemarto, 1987)

### 3. Metode isohiet

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut. (Triatmodjo, 2008).

Pembuatan garis isohiet dilakukan dengan prosedur berikut ini :

- a) Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau.
- b) Dari nilai kedalaman hujan di stasiun yang berdampingan dibuat interpolasi dengan pertambahan nilai yang ditetapkan.
- c) Dibuat kurva yang menghubungkan titik-titik interpolasi yang mempunyai kedalaman hujan yang sama. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis isohiet dan intervalnya.

- d) Diukur luas daerah antara dua isohiet yang berurutan dan kemudian dikalikan dengan nilai rerata dari nilai kedua garis isohiet.
- e) Jumlah dari hitungan pada butir d untuk seluruh garis isohiet dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan kedalaman hujan rerata daerah tersebut. Secara matematis hujan rerata tersebut dapat dihitung dengan persamaan 2.3 dan persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$\bar{p} = \frac{A_1 \frac{I_1+I_2}{2} + A_2 \frac{I_2+I_3}{2} + A_3 \frac{I_3+I_4}{2} + \dots + A_n \frac{I_n+I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Atau

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i+I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan :

- $\bar{p}$  = hujan rerata kawasan
- $I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$  = garis isohiet ke 1, 2, 3 . . . . , n+1
- $A_1 + A_2 + \dots + A_n$  = luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiet ke 1 dan 2, 2 dan 3, . . . . , n dan n+1

### 2.2.5 Analisis frekuensi

Dalam perencanaan dan perancangan bangunan air, sering kali diperlukan besaran-besaran tertentu baik besaran hujan atau debit yang akan digunakan sebagai besaran rancangan (*design value*). Misalnya dalam pembangunan tanggul banjir akan dibangun untuk melindungi satu daerah terhadap banjir dengan besaran tertentu, maka seluruh rancangan akan didasarkan pada banjir-rancangan tersebut (*design flood*). Besaran ini merupakan besaran banjir yang rata-rata akan disamai atau dilampaui sekali dalam T tahun. T (tahun) ini disebut sebagai kala-ulang (*return periode*) yang dapat diperoleh dari data terukur baik hujan maupun debit dan membandingkannya dengan model tertentu.

Parameter statistik sangat perlu diperhitungkan, seperti koefisien kepengcengan (Cs), koefisien puncak (Ck), dan koefisien keseragaman (Cv). Parameter ini digunakan dalam menentukan pemilihan agihan yang akan digunakan untuk menghitung hujan rancangan dengan kala ulang 2 tahun dan seterusnya dapat dihitung dengan persamaan 2.5 sebagai berikut:

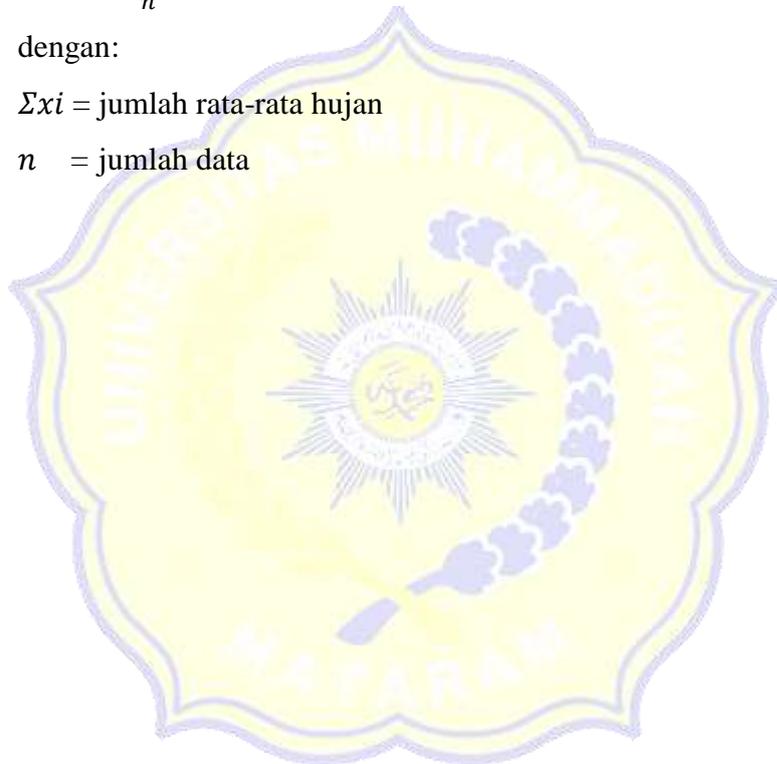
1. Curah hujan rata-rata ( $\bar{x}$ )

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan:

$\sum xi$  = jumlah rata-rata hujan

$n$  = jumlah data



## 2. Standar deviasi (Sd)

Standar deviasi adalah suatu nilai pengukuran dispresi terhadap data yang dikumpulkan.

Secara teoritis standar deviasi dapat dihitung dengan persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan :

- Sd = Standar deviasi
- $x_i$  = Data curah hujan
- n = Jumlah

## 3. Koefisien kemencengan (*Skewness*)

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrian dari suatu bentuk distribusi. dapat dihitung dengan persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{(x_i - \bar{x})\}^2}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan :

- Cs = Koefisien kemencengan
- Sd = Standar deviasi
- $X_i$  = Curah hujan
- n = Jumlah data

#### 4. Koefisien kurtosis (Ck)

Untuk koefisien kurtosis (Ck) dapat dihitung dengan persamaan 2.8 sebagai berikut :

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(x_i - \bar{x})\}^4}{sd^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

#### 5. Koefisien variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilairata-rata hitungan suatu distribusi. dapat dihitung dengan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$Cv = Sd/\bar{x} \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan:

Sd = Standar deviasi

$\bar{x}$  = Hujan rerata

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing distribusi yang ada dalam tabel 2.1. (Sriharto,1993)

**Tabel 2.1** Syarat pemilihan distribusi

No	Sebaran	Syarat	Keterangan
1	Normal	$Cs \approx 0$	Jika analisis tidak ada yang memenuhi syarat tersebut, maka digunakan sebaran Log Pearson Type III.
2	Log Normal	$Cs/Cv \approx 3$	
3	Gumbel	$Cs \approx 1,1396$ $Ck \approx 5,4002$	

(Sumber:Sriharto,1993)

### 2.2.6 Distribusi log normal

Sebaran log normal merupakan sebaran yang terdiri dari dua parameter yaitu  $\mu_n$  dan  $\sigma_n^2$ , yang masing-masing merupakan harga tengah dan variansi untuk fungsi logaritma dari variabelnya. Kemungkinan fungsi kerapatannya (*probability density function*). dapat dihitung dengan persamaan 3.0 sampai dengan persamaan 3.2 sebagai berikut :

$$P(x) = \frac{1}{x\sigma_n\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_n}{\sigma_n}\right)^2} \dots\dots\dots(3.0)$$

dengan :

$P(X)$  = fungsi kerapatan peluang normal

$\pi$  = 3,14156

$e$  = 2,71828

$\sigma_n$  = standar deviasi nilai X

$\mu_n$  = nilai X rata-rata

dengan :

Nilai X rata-rata  $\mu_n$  =  $\frac{1}{2} \ln \left( \frac{\mu^4}{\mu^2 + \sigma^2} \right)$

Variasi  $\sigma^n$  =  $\ln \left( \frac{\sigma^2 + \mu^2}{\mu^2} \right)$

Koefisien variasi Cv =  $\frac{\sigma_n}{\mu_n} = (e^{\sigma_n} - 1)^{0.5}$

Koefisien kemencengan Cs =  $3Cv + Cv^3$

Koefisien kortusis Ck =  $Cv^8 + Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv$

Sebaran log normal juga sering dipakai untuk analisis frekuensi hujan harian maksimum. dapat dihitung dengan persamaan transformasi 3.1 sebagai berikut :

$$\text{Log } X_{tr} = \log x + k . S \log x \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :

- $\log X_{tr}$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu
- $\log x$  = nilai rata-rata kejadian
- $k$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi peluang atau periode ulang
- $S \log x$  = standar deviasi

Apabila prosedur perhitungan tidak menggunakan nilai logaritmik, maka persamaannya sama seperti persamaan, tetapi dipakai nilai karakteristik distribusi log normal yang nilainya tergantung pada nilai koefisien variasi. dapat dihitung dengan persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$X_{tr} = \bar{x} + k . S \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan :

- $X_{tr}$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.
- $\bar{x}$  = nilai rata-rata kejadian.
- $S$  = standar deviasi.
- $K$  = nilai karakteristik distribusi log normal, nilainya tergantung dari nilai koefisien variasinya.

Sebaran log normal mempunyai sifat khusus bahwa besarnya koefisien simetris (*skewness*)  $C_s = +$  (positif) atau  $\log C_s \approx 0$  atau  $C_s = C_v^3 + 3C_v$ , dengan koefisien kurtosis sebesar  $C_k \approx 3$ .

### 2.2.7 Distribusi log person type III

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson Type III adalah :

- a) Harga rata-rata
- b) Standar deviasi
- c) Koefisien kemencengan

Untuk menghitung banjir perencanaan, dalam praktek *Hydrology Committee of the Water Resources Council, USA*, menganjurkan pertama kali mentransform data keharga-harga logaritmanya, kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya. Karena transformasi tersebut, maka cara ini disebut Log Pearson Type III.

Garis besar cara Log Pearson Type III adalah sebagai berikut :

- a) Mengubah data debit banjir tahunan sebanyak n buah  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  menjadi  $\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$
- b) Menghitung harga rata-ratanya dengan persamaan 3.3 berikut ini :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan :

- $\bar{X}$  = harga rata-rata curah hujan
- n = jumlah data
- $X_i$  = nilai curah hujan tiap-tiap tahun (mm)

- c) Menghitung harga standar deviasinya dapat dihitung dengan persamaan 3.4 berikut :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan :

Sd = standar deviasi

- d) Menghitung koefisien *Skewness* dapat dihitung dengan persamaan 3.5 berikut :

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan :

Cs = Koefisien Skewness

- e) Menghitung logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki dengan persamaan 3.6 berikut ini :

$$\log Q = \overline{\log x} + G \cdot s_1 \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan :

harga-harga G dapat diambil dari tabel 2.8 untuk harga-harga  $C_s$  positif, dan dari Tabel 2.9 untuk harga  $C_s$  negatif. Jadi dengan harga  $C_s$  yang dihitung dan waktu balik yang dikehendaki G dapat diketahui.

- f) Mencari antilog dari log Q untuk mendapatkan debit banjir dengan waktu balik yang dikehendaki  $Q_T$ .

### 2.2.8 Analisis intensitas hujan

Analisa intensitas hujan dengan mononobe dilakukan Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian maka intensitas hujan dapat dihitung dengan Persamaan Mononobe 3.7 :

$$I = (R_{24}/24) \times (24 / t)^{2/3} \dots\dots\dots(3.7)$$

Dengan:

I = intersitas curah hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub>= curah hujan maksimum dalam 1 hari (mm)

T = lamanya curah hujan (jam)

### 2.2.9 Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari titik terjauh daerah tangkapan hujan ke saluran keluar (*outlet*) atau waktu yang dibutuhkan air awal curah hujan sampai serempak terkumpul mengalir ke saluran keluar (*outlet*).

Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah persamaan yang dikembangkan oleh kirpich (1940) yang dapat di hitung dengan persamaan 3.8 sebagai berikut:

$$t_c = \frac{0.01947L^{0.77}}{s^{0.3}} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dengan:

T<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (menit)

L = panjang maksimum perjalanan air (m)

s = kemiringan daerah aliran sungai  $S = \frac{\Delta H}{L}$

### 2.2.10 Hidrograf satuan sintetik nakayasu

Nakayasu telah melakukan penelitian hidrograf banjir pada beberapa sungai di jepang (Hadisusanto, 2010). dalam penggunaan metode hidrograf satuan sintetik nakayasu, diperlukan beberapa parameter yang berhubungan dengan karakteristik daerah aliran sungai, antara lain yaitu :

- 1) Luas daerah aliran sungai

2) Panjang sungai utama

3) Koefisien aliran

Dalam penelitiannya Nakayasu telah membuat rumus hidrograf satuan sintetik Nakayasu dengan persamaan 3.9 sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{CAR_o}{3,60(0,30T_p + T_{0,30})} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dengan :

$Q_p$  = debit puncak banjir ( $m^3/detik$ )

$R_o$  = hujan satuan (mm)

$T_p$  = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$  = waktu yang diperlukan penurunan debit, dari debit puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

Nilai tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir  $T_p$ , dihitung dengan persamaan 4.0 sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,80t_r \dots\dots\dots(4.0)$$

Dengan :

$T_p$  = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$t_g$  = waktu konsentrasi (jam)

untuk  $L < 15$  km nilai  $t_g = 0,21 L^{0,70}$

untuk  $L > 15$  km nilai  $t_g = 0,40 + 0,058 L$

$t_r$  = waktu hujan efektif (jam)

$t_r = 0,50 t_g$  sampai  $t_g$  (jam)

Waktu yang diperlukan penurunan debit  $T_{0,30}$  dihitung dengan persamaan 4.1 sebagai berikut :

$$T_{0,30} = \alpha \times t_g \dots \dots \dots (4.1)$$

Nilai  $\alpha$  merupakan faktor koefisien yang ditetapkan berdasarkan bentuk hidrograf banjir yang terjadi pada daerah aliran sungai.

- Untuk daerah aliran  $\alpha = 2,0$
- Untuk bagian naik hidrograf yang lamabat dan bagian menurun yang cepat  $\alpha = 1,5$
- Untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat  $\alpha = 3,0$

Bagian lengkung naik (*rising limb*) hidrograf satuan dapat dihitung dengan persamaan 4.2 dan persamaan 4.3 :

$$0 \leq t \leq T_p \dots \dots \dots (4.2)$$

$$Q_t = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,40} \dots \dots \dots (4.3)$$

Dengan :

$Q_t$  = debit limpasan sebelum sampai puncak banjir (jam)

$T$  = waktu (jam)

Bagian lengkung turun (*decreasing limb*) hidrograf satuan dapat dihitung dengan persamaan 4.4 sampai dengan persamaan 4.9.

$$T_p \leq t \leq T_p + T_{0,30} \dots \dots \dots (4.4)$$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,30 \left( \frac{t-T_p}{T_{0,30}} \right) \dots \dots \dots (4.5)$$

$$T_p + T_{0,5} \leq t \leq T_p + T_{0,30} + 1,5 T_{0,30} \dots \dots \dots (4.6)$$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,30 \left( \frac{t-T_p+0,50T_{0,30}}{1,5T_{0,30}} \right) \dots \dots \dots (4.7)$$

$$t \geq T_p + T_{0,30} + 1,5T_{0,30} \dots \dots \dots (4.8)$$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,30 \left( \frac{t-T_p+1,50T_{0,30}}{2T_{0,30}} \right) \dots \dots \dots (4.9)$$

### 2.2.11 Pengukuran debit

Pengukuran debit sungai dilakukan dengan pemasangan alat *current meter* di suatu lokasi yang dipasang di sungai yang ditetapkan, yang memungkinkan pengamatan secara kontinyu dan teratur terhadap elevasi muka air dan debit serta data lainnya, seperti angkutan sedimen dan salinitas. Pengukuran debit dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini.

- 1) Pemilihan lokasi stasiun pengukuran
- 2) Pengukuran kedalaman sungai
- 3) Pengukuran elevasi muka air secara kontinyu dan harian.
- 4) Pengukuran kecepatan aliran.
- 5) Hitungan debit.
- 6) Membuat *rating curve* yaitu hubungan antara elevasi muka air dan debit.
- 7) Dari *rating curve* yang telah dibuat pada langkah ke 6, dicari debit aliran berdasar pencatatan elevasi muka air.
- 8) Persentasi dan publikasi data struktur dan terhitung.

Alat pengukur tinggi elevasi yang sering digunakan di Indonesia adalah *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* atau pencatat muka air otomatis. Dengan alat ini elevasi muka air tercatat kontinyu sepanjang waktu. Alat ukur yang banyak digunakan di Indonesia menggunakan pelampung. Pelampung tersebut mengikuti gerak naik turunnya muka air, dan gerak tersebut diteransfer keroda gigi yang mereduksi fluktuasi muka air. Roda gigi tersebut dihubungkan dengan pena pencatat dengan mencatat pada kertas grafik yang digulung pada silinder yang berputar. Untuk menghindari pengaruh gelombang dan arus sungai, pelampung ditempatkan pada sumur pengamatan. Sumur pengamatan dapat ditempatkan disungai atau ditebing sungai.

Dalam hal yang kedua sumur tersebut dihubungkan kesungai dengan menggunakan pipa. Hasil pencatatan berupa grafik fluktuasi muka air sungai

sebagai fungsi waktu. Dengan mengaitkan elevasi muka air tersebut dengan tampang melintang sungai dapat dihitung luas tampang aliran.

#### 2.2.12 Aspek hidraulika

Hidraulika adalah bagian dari “hidrodinamika” yang terkait dengan gerak air atau mekanika aliran. Ditinjau dari mekanika aliran, terdapat dua macam aliran yaitu aliran saluran tertutup dan aliran saluran terbuka. Dua macam aliran tersebut dalam banyak hal mempunyai kesamaan tetapi berbeda dalam satu ketentuan penting. Perbedaan tersebut adalah pada keberadaan permukaan bebas, aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas, sedangkan aliran saluran tertutup tidak mempunyai permukaan bebas karena air mengisi seluruh penampang saluran. Dengan demikian aliran saluran terbuka mempunyai permukaan yang berhubungan dengan atmosfer, sedang aliran saluran tertutup tidak mempunyai hubungan langsung dengan tekanan atmosfer.

Walau pada umumnya perencanaan saluran ditunjukkan untuk karakteristik saluran buatan, namun konsep hidraulikan dapat juga diterapkan sama baiknya pada saluran alam. Apabila saluran terbuka terhadap atmosfer, seperti sungai, kanal, gorong-gorong, maka alirannya disebut Aliran saluran terbuka atau Aliran permukaan bebas. Apabila aliran mempunyai penampang penuh seperti aliran melalui suatu pipa, disebut Aliran saluran tertutup atau Aliran penuh.

Analisis hidraulika dimaksud untuk mengetahui profil muka air sungai pada kondisi eksisting terhadap banjir rencana dan hasil pengamatan yang diperoleh. Analisis hidraulika dilakukan pada seluruh penampang sungai untuk mendapatkan lokasi sungai yang diinginkan, yaitu untuk mengetahui pada lokasi yang tidak banjir. karena dengan analisa hidraulika dapat diketahui ketinggian muka air sepanjang alur sungai yang ditinjau atau profil memanjang sungainya.

### 2.2.13 Jenis-jenis aliran

#### 1) Berdasarkan waktu pemantauan

##### ➤ Aliran tetap (*steady flow*)

Aliran tunak atau aliran permanen (*permanent flow*) adalah kondisi dimana komponen aliran tidak berubah terhadap waktu. Contohnya adalah aliran di saluran/sungai pada kondisi tidak ada perubahan aliran (tidak ada hujan, tidak banjir, dan lain-lain).

##### ➤ Aliran tak tetap (*unsteady flow*)

Aliran tak tunak atau aliran tidak permanen (*impermanent flow*) adalah kondisi dimana komponen aliran berubah terhadap waktu. Contoh aliran di saluran/sungai pada kondisi ada perubahan aliran (ada hujan, ada banjir, dan lain-lain) atau aliran yang dipengaruhi muka air pasang-surut (muara sungai di laut).

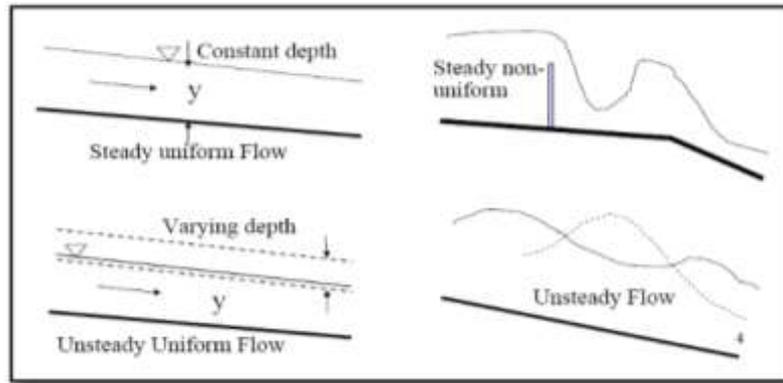
##### ➤ Berdasarkan ruang pemantauan aliran seragam (*uniform flow*)

Aliran seragam adalah kondisi dimana komponen aliran tidak berubah terhadap jarak. Contoh aliran di saluran/sungai pada kondisi tidak ada pengaruh pembendungan/terjunan, tidak ada penyempitan/pelebaran yang ekstrim.

##### ➤ Aliran berubah (*varied flow*) atau tidak seragam (*non uniform flow*)

Aliran tidak seragam (*non -uniform flow*) adalah kondisi dimana komponen aliran berubah terhadap jarak. Contoh aliran di saluran/sungai pada kondisi ada pengaruh pembendungan/terjunan, ada penyempitan/pelebaran yang ekstrim.

Berikut adalah gambar jenis-jenis aliran dapat dilihat pada gambar 2.2. (*dalam Chow, 1992*)



**Gambar 2.2** Jenis-jenis Aliran

(sumber: Chow, 1992)

#### 2.2.14 Aliran seragam

Aliran seragam adalah kondisi dimana komponen aliran tidak berubah terhadap jarak. Contoh aliran di saluran/sungai pada kondisi tidak ada pengaruh pembendungan/terjunan, tidak ada penyempitan/pelebaran yang ekstrim.

##### a. Prinsip aliran seragam

- Kedalaman aliran adalah konstan dalam waktu dan ruang.
- Gaya gravitasi yang ada di imbangi oleh gaya friksi yang ada.
- Aliran yang benar-benar seragam jarang ditemukan dalam kenyataan dan ada beberapa aliran yang diasumsikan sebagai aliran seragam.

##### b. Pembentukan aliran seragam

- Aliran air dalam saluran terbuka akan mengalami hambatan saat mengalir ke hilir.
- Hambatan akan dilawan oleh komponen gaya berat yang bekerja dalam arah geraknya.
- Bila hambatan seimbang dengan gaya berat maka aliran yang terjadi adalah aliran seragam.

- c. Kecepatan aliran seragam (Rumus Manning) dapat dihitung dengan persamaan 4.7 dan 4.8 : (dalam Suripin, 2004).

Perhitungan debit air

$$Q = A \cdot V$$

$$R = A / P$$

$$A = \frac{1}{2} a + b \cdot h \dots \dots \dots (5.0)$$

dengan:

Q = Debit aliran ( m<sup>3</sup>/dtk )

P = Keliling penampang basah ( m )

A = Luas penampang basah ( m<sup>2</sup> )

R = Jari –jari hidrolis ( m )

I = Kemiringan saluran

n = Kekasaran manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots \dots \dots (5.1)$$

dengan:

V : Kecepatan rata-rata (m/dt)

R : Jari-jari hidrolis (m)

S : Kemiringan garis energi

n : koefisien kekasaran

Berdasarkan rumus di atas diketahui bahwa kapasitas penampang dipengaruhi oleh kekasaran penampang.

#### 2.2.15 Kekasaran dasar (n)

Kekasaran dasar merupakan kondisi karakteristik penampang sungai yang ada. Kondisi karakteristik ini dipengaruhi oleh kekasaran

penampang. Hasil ini dapat didapat dari ketentuan berdasarkan jenis karakteristik sungai. Sehingga dari semua jenis karakteristik sungai memiliki nilai kekasaran dasar ( $n$ ) berdasarkan seperti yang terlihat pada tabel 2.2. (Chow, 1959)

**Tabel 2.2** Ketentuan nilai kekasaran dasar ( $n$ )

<i>Manning's Values of natural stream (Main Channels)</i>				
No.	Keterangan	Minimum	Normal	Maximum
a	Bersih, lurus, penuh, tidak ada genangan yang dalam	0.025	0.030	0.033
b	Sama seperti yang diatas, tetapi lebih banyak bebatuan dan rumput	0.030	0.035	0.400
c	Bersih, berliku-liku, dan terdapat genangan-genangan	0.033	0.040	0.450
d	Bersih, berliku-liku, tetapi terdapat bebatuan dan genangan	0.035	0.045	0.500
e	Berliku-liku, lebih dalam, bagian dasar sungai lebih banyak bebatuan, rumput dan genangan	0.040	0.048	0.550
f	Bersih, berliku-liku, tidak ada bebatuan	0.045	0.050	0.060
g	Lembam, banyak rumput, dan genangan yang dalam	0.050	0.070	0.080
h	Terlalu banyak rumput semak-semak, genangan yang dalam dan banyak pohon-pohon	0.070	0.100	0.150
i	Pasangan batu	0.0.17	0.0.17	0.0.17

(Sumber : Chow, 1959)

### 2.3 Pemodelan Dengan Program HEC-RAS

Program HEC-RAS merupakan paket program dari ASCE (*american society of civil engineers*). Paket program ini memakai cara langkah standar sebagai dasar perhitungannya. Secara umum HEC-RAS dapat dipakai untuk menghitung aliran tetap *steady flow*, berubah perlahan dengan penampang saluran prismatic atau non-prismatic, baik untuk aliran sub-kritis maupun super-kritis, dan aliran tak tetap *non-steady flow*. Paket program ini untuk menghitung profil muka air di sepanjang ruas sungai. Data masukan untuk program ini adalah data *cross-section* di sepanjang sungai, profil memanjang sungai, parameter hidrolika sungai (kekasaran dasar dan tebing sungai), parameter bangunan sungai, debit aliran (debit rencana), dan tinggi muka air di muara.

Untuk menganalisa kapasitas awal sungai digunakan program yang bernama HEC-RAS (*hydrologic engineering center-river analysis system*) atau Pusat perencanaan hidrology-dan system analisis sungai. *Software* ini dapat digunakan untuk melakukan perhitungan aliran tetap dan aliran tak tetap (*steady flow dan unsteady flow*). Sungai Dodu merupakan sungai alam dengan penampang melintang sungai yang tidak beraturan (*non uniform* dan berkelok-kelok (*meandering river*) sehingga termasuk sungai yang tergolong *steady flow*. Sehubungan aliran yang terjadi berupa aliran tidak seragam (*non uniform flow*), dan untuk mempercepat proses perhitungan digunakan Program HEC-RAS. Sedangkan untuk sungai buatan atau saluran dengan penampang yang seragam (*uniform*), aliran yang terjadi berupa aliran seragam (*uniform flow*) dan dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan kontinuitas dan rumus Manning.

Komponen-komponen utama yang tercakup dalam analisa HEC-RAS ini adalah :

- Perhitungan profil muka air aliran tetap (*steady flow water surface profile computations*).
- Simulasi aliran tak tetap (*unsteady flow simulation*) dan perhitungan profil muka air.

Komponen-komponen ini menghitung profil muka air dengan proses iterasi dari data masukan yang telah diolah sesuai dengan kriteria dan standar yang diminta oleh paket program ini. Sedangkan output dari program ini dapat berupa grafik maupun tabel. Diantaranya adalah plot dari skema alur sungai, potongan melintang, profil, lengkung debit (*rating curve*), hidrograf (*stage and flow hydrograph*), juga variabel hidrolis lainnya. Selain itu juga dapat menampilkan gabungan potongan melintang (*crosssection*) yang membentuk alur sungai secara tiga dimensi lengkap dengan alirannya.

### 2.3.1 Analisis penampang eksisting sungai

Analisis penampang eksisting sungai dengan menggunakan program HEC-RAS. Komponen sistem modeling ini dimaksudkan untuk menghitung profil permukaan air untuk arus bervariasi secara berangsur-angsur tetap (*steady gradually varied flow*). Sistem mampu menangani suatu jaringan saluran penuh, suatu sistem dendritik, atau sungai tunggal. Komponen ini mampu untuk memperagakan *subcritical*, *supercritical*, dan campuran kedua jenis profil permukaan air.

Dasar perhitungan yang digunakan adalah persamaan energi satu dimensi. Kehilangan energi diakibatkan oleh gesekan (persamaan manning) dan kontraksi/ekspansi (koefisien dikalikan dengan perubahan tinggi kecepatan). Persamaan momentum digunakan dalam situasi dimana jika permukaan air profil dengan cepat bervariasi. Situasi ini meliputi perhitungan jenis arus campuran yaitu lompatan hidrolis dan mengevaluasi profil pada pertemuan sungai (simpangan arus).

Efek berbagai penghalang seperti jembatan, parit bawah jalan raya, bendungan, dan struktur di dataran banjir tidak dipertimbangkan di dalam perhitungan ini. Sistem aliran tetap dirancang untuk untuk menaksir perubahan di dalam permukaan profil air dalam kaitan dengan perubahan bentuk penampang, dan tanggul. Fitur khusus yang dimiliki komponen aliran tetap meliputi: berbagai analisa rencana (*multiple plan analysis*); berbagai perhitungan profil (*multiple profile computations*). HEC-RAS mampu untuk melakukan perhitungan *one-dimensional* profil air permukaan untuk arus tetap bervariasi secara berangsur-angsur (*gradually varied flow*) di dalam saluran alami atau buatan. Berbagai jenis profil air permukaan seperti subkritis, superkritis, dan aliran campuran juga dapat dihitung.

Topik dibahas dalam bagian ini meliputi persamaan untuk perhitungan profil dasar; pembagian potongan melintang untuk perhitungan saluran pengantar; Angka manning (n) komposit untuk saluran utama;

pertimbangan koefisien kecepatan ( $\alpha$ ); evaluasi kerugian gesekan; evaluasi kerugian kontraksi dan ekspansi; prosedur perhitungan; penentuan kedalaman kritis; aplikasi menyangkut persamaan momentum; dan pembatasan menyangkut aliran model tetap. Profil permukaan air dihitung dari satu potongan melintang kepada yang berikutnya dengan pemecahan persamaan energi dengan suatu interaktif prosedur disebut metode langkah standard.

### 1. Persamaan energi

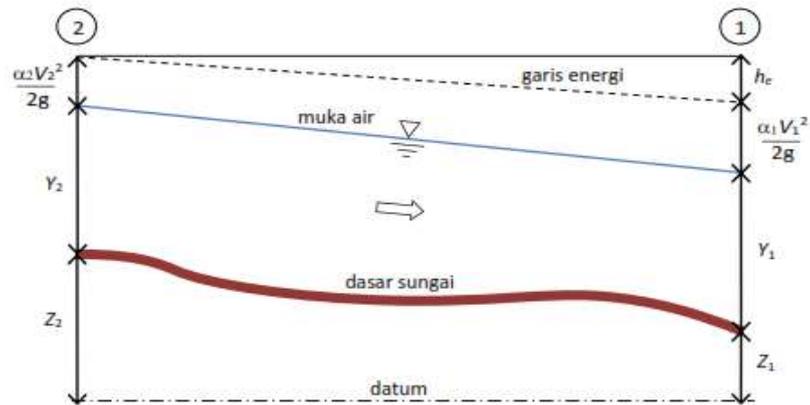
HEC-RAS menghitung profil muka air di sepanjang alururut dari satu tampang lintang ke tampang lintang berikutnya. prosedur perhitungan didasarkan pada penyelesaian persamaan aliran satu dimensi melalui saluran terbuka. Aliran satu dimensi ditandai dengan besarnya kecepatan yang sama pada seluruh penampang atau digunakan kecepatan rata-rata. profil muka air dihitung dari suatu penampang dengan persamaan energi melalui prosedur iterative yang disebut dengan *Standard Step Method*. dapat dihitung dengan Persamaan Energi 4.9. (Chow, 1997)

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots(5.2)$$

dengan:

- $y_2, y_1$  = elevasi air di penampang melintang (m)
- $z_2, z_1$  = elevasi penampang utama (m)
- $V_2, V_1$  = kecepatan rata-rata (total pelepasan /total area aliran) (m/s)
- $\alpha_2, \alpha_1$  = besar koefisien kecepatan
- $g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $h_e$  = tinggi energi (m).

Gambar 2.3 Diagram aliran berubah beraturan mengilustrasikan profil aliran yang menunjukkan komponen aliran sesuai dengan suku-suku pada persamaan energi. Dari diagram aliran pada Gambar 2.3, tampak bahwa kedalaman aliran diukur ke arah vertical. (Chow, 1997)



**Gambar 2.3** Aliran Berubah Beraturan

(Sumber: Chow, 1997)

2. Kehilangan tinggi energi

Kehilangan (tinggi) energi,  $h_e$ , di antara dua tampang lintang terdiri dari dua komponen, yaitu kehilangan energi karena gesekan (*friction losses*) dan kehilangan energi karena perubahan tampang (*contraction or expansion losses*). kehilangan energi antara tampang 2 dan 1 dinyatakan dengan persamaan 5.0 dan persamaan 5.1 sebagai berikut berikut:

$$h_e = LS_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots(5.3)$$

$$L = \frac{\bar{L}_{lob} Q_{lob} + L_{ch} \bar{Q}_{ch} + L_{rob} Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \dots\dots\dots(5.4)$$

dengan :

L = Panjangnya antar dua penampang melintang.

$S_f$  = Kemiringan energi antar dua penampang melintang.

$C$  = Koefisien kontraksi atau ekspansi.

$L_{ob}$ ,  $L_{ch}$ ,  $L_{rob}$  = panjang jangkauan antar dua potongan melintang yang berturut-turut untuk arus di dalam tepi kiri, saluran utama, dan tepi kanan.

$Q_{ob}$ ,  $Q_{ch}$ ,  $Q_{rob}$  = perhitungan rata-rata debit yang berturut-turut untuk arus antara bagian tepi kiri, saluran utama, dan tepi kanan. Dapat dihitung dengan persamaan.

### 3. Kapasitas angkut tampang

Kapasitas angkut dan kecepatan rata-rata di suatu tampang dihitung dengan membagi tampang menjadi beberapa bagian; di setiap bagian, kecepatan terbagi merata. Bagian-bagian tersebut dikelompokkan menjadi tiga alur yaitu alur bantaran kiri (*left overbank*), alur utama (*main channel*), dan alur bantaran kanan (*right overbank*). Besarnya debit dihitung perbagian penampang sungai dengan mengacu pada persamaan 5.2 dan persamaan 5.3 sebagai berikut :

$$Q = K S_f^{1/2} \dots\dots\dots(5.5)$$

$$K = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} \dots\dots\dots(5.6)$$

dengan:

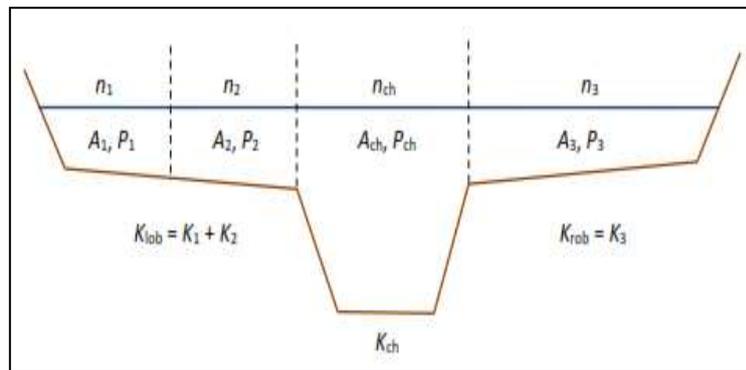
$K$  = kapasitas angkut tiap bagian tampang,

$n$  = koefisien kekasaran manning tiap bagian tampang.

$A$  = luas tampang basah tiap bagian tampang,

$R$  = radius hidrolis tiap bagian tampang.

Kapasitas angkut total suatu tampang adalah jumlah kapasitas angkut bagian tampang seperti yang diperlihatkan Gambar 2.10. (Chow, 1997)



**Gambar 2.4** Pembagian tampang sungai

(Sumber : Chow, 1997)

### 2.3.2 Langkah-langkah menggunakan HEC-RAS

HEC-RAS adalah sistem *software* terintegrasi, yang didesain untuk digunakan secara interaktif pada kondisi tugas yang beraneka macam. Sistem ini terdiri dari interface grafik pengguna, komponen analisa hidrolika terpisah, kemampuan manajemen dan tampungan data, fasilitas pelaporan dan grafik. Sistem HEC-RAS pada akhirnya akan memuat empat komponen analisa hidrolika satu dimensi untuk:

- 1) Perhitungan profil muka air aliran seragam (*steady flow*).
- 2) Simulasi aliran seragam.

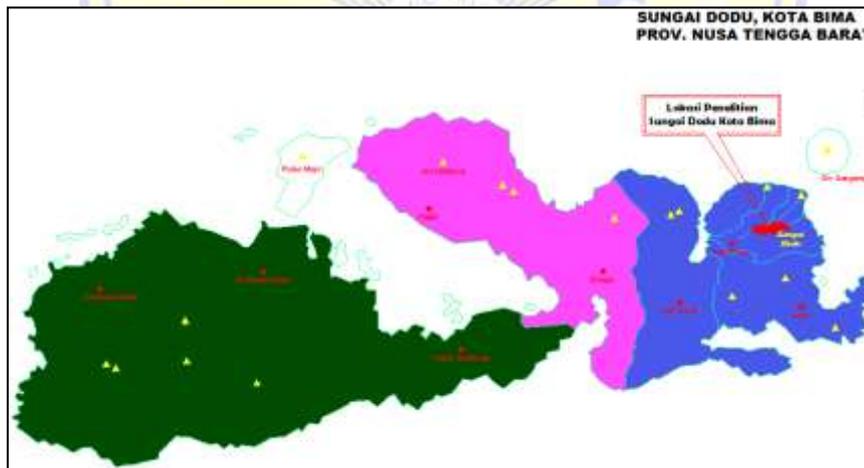
Kedua komponen tersebut akan menggunakan representasi data geometri serta perhitungan hidrolika dan geometri seperti pada umumnya.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Kejadian banjir yang terjadi khususnya di Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan bencana yang kerap terjadi di beberapa daerah seperti salah satu contoh adalah Kabupaten Lombok Timur dan kabupaten Sumbawa. Jika lebih spesifik lagi ada beberapa daerah di Kota Bima yang sering tertimpa banjir salah satunya adalah sungai dodu yang berada di desa dodu. Sungai Dodu ini berada di Kecamatan Rasanae Timur Kota Bima.

Lokasi penelitian dilaksanakan di sepanjang daerah aliran Sungai Dodu di Kota Bima Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Untuk peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



**Gambar 3.1** Peta lokasi penelitian DAS Dodu Kota Bima

*(Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Kota Bima 2020)*

### 3.2 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yang dimaksud adalah pengumpulan literatur dan referensi yang menjadi landasan teori, serta sebagai langkah pelaksanaan. Tahap persiapan

ini akan memberikan gambaran tentang langkah-langkah yang diambil selanjutnya untuk kemudian dijadikan sebagai tahapan penelitian.

### **3.3 Pengumpulan Data**

Data terdiri dari dua macam yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait, sedangkan data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung.

Dalam penelitian ini diperlukan data sekunder yang diperoleh dari instansi-instansi terkait. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya :

#### **3.3.1 Data geometri sungai dodu**

Data geometri sungai digunakan untuk perhitungan hidraulika sungai dengan memodelkan dalam program HEC-RAS. Data ini dikelola oleh Balai Wilayah Sungai (BWS), Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Data Geometri sungai yang dibutuhkan berupa:

a) Peta situasi alur daerah sungai dodu

Peta yang menggambarkan alur daerah sungai dodu dimulai dari hulu dan hilirnya yang bermuara ke Laut.

b) Data penampang memanjang dan melintang sungai

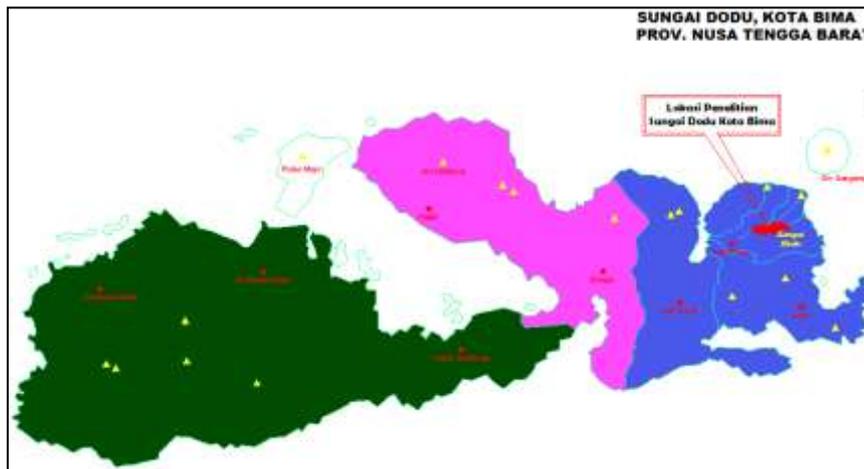
Yaitu gambar detail potongan memanjang dan melintang (*cross section*) beserta posisi stasioningnya. Data tersebut nantinya digunakan dalam pemodelan penampang sungai pada program HEC-RAS.

c) Data debit

Data debit yang digunakan adalah berdasarkan data yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara Barat (NTB). Data debit yang digunakan adalah data debit dengan kala ulang sepuluh tahun dan data debit dengan kala ulang dua lima tahun.

#### **3.3.2 Peta das sungai dodu**

Peta das dodu dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



**Gambar 3.2** Peta DAS sungai Dodu

(Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Kota Bima 2020)

### 3.3.3 Data penampang sungai

Penampang sungai yang dimaksud merupakan data yang sudah didesain berdasarkan hasil pengambilan yang dilakukan oleh surveyor dari dinas Balai Wilayah Sungai (BWS). Bentuk output data yang dimaksud adalah gambar desain penampang melintang sungai (*cross section*) dan penampang memanjang sungai (*long section*).

### 3.3.4 Data curah hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) diatas permukaan horizontal bila tidak terjadi penguapan (*evaporasi*), air permukaan (*runoff*) dan air yang terserap oleh tanah (*infiltrasi*). Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan satuan millimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Dalam pengambilan nilai curah hujan akan diambil nilai tertinggi sebagai dasar perencanaan. Maka dalam setiap penentuan nilai curah hujan

akan diambil nilai maksimum dari nilai setiap bulannya dalam tahun tertentu.

### 3.3.5 Hujan rancangan

Hujan rancangan adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Hujan rancangan melihat berapa besarnya kedalaman hujan di suatu titik yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan keairan, atau hidrograf berupa distribusi hujan sebagai fungsi waktu selama hujan deras.

### 3.3.6 Banjir rancangan dengan HSS Nakayasu

Metode yang digunakan untuk mendapatkan debit adalah menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu. Berdasarkan hasil analisa yang di peroleh bahwa ada dua data debit yang digunakan, yaitu data debit dengan kala ulang sepuluh tahun dan data debit dengan kala ulang dua puluh lima tahun. Selanjutnya kemudian data debit tersebut *diinput* kedalam program HEC-RAS 4.1.0.

## 3.4 Pemodelan Dengan Program HEC-RAS 4.1.0

Untuk melakukan analisis daerah aliran Sungai Dodu, penulis menggunakan program HEC-RAS 4.1.0. Program ini digunakan untuk melakukan analisis hidraulika. Dalam program HEC-RAS 4.1.0 dapat dimodelkan penampang sungai serta, kenaikan muka air yang terjadi dan debit yang dihasilkan.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 3.4.1 Persiapan data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data elevasi sungai dalam bentuk gambar potongan melintang (*cross section*) dan

gambar potongan memanjang (*long section*) serta data debit dengan kala ulang sepuluh tahun dan data debit dengan kala ulang dua puluh lima tahun. Data tersebut kemudian diinput ke dalam program HEC-RAS 4.1.0. Data-data tersebut diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB).

#### 3.4.2 Nilai kekasaran penampang (n)

Data kekasaran penampang sungai yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Provinsi Nusa Tenggara Barat. Data kekasaran penampang sungai yang digunakan adalah  $n=0,045$ . Data tersebut kemudian selanjutnya diinput ke dalam program HEC-RAS 4.1.0.

#### 3.4.3 Peniruan skema alur sungai

Setelah semua data disiapkan maka langkah pertama yang harus dilakukan dalam pemodelan dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1.0 adalah dengan peniruan skema alur sungai. Alur sungai yang dimaksud adalah menggambar bentang sungai dengan panjang berdasarkan data yang sudah didapat dari gambar desain potongan memanjang sungai (*long section*) sungai.

#### 3.4.4 Input data elevasi

Menginput data elevasi sungai bertujuan untuk mendesain penampang sungai secara otomatis yang akan dihasilkan oleh program HEC-RAS 4.1.0. Masing-masing tampang tampang sungai harus diinput berdasarkan elevasi masing-masing tampang. Bagian tampang yang akan diinput adalah tampang melintang dari gambar desain dan banyak tampang yang ada pada gambar desain.

### 3.4.5 Aliran *steady flow*

Didalam program HEC-RAS 4.1.0 terdapat dua jenis aliran, yaitu aliran tetap (*stead flow*) dan aliran tidak tetap (*unsteady flow*). Namun dalam hal ini jenis aliran yang akan digunakan adalah aliran tetap (*stedy flow*) karena daerah aliran sungai Dodu merupakan sungai yang tergolong dalam jenis aliran tetap (*steady flow*).

### 3.4.6 *Input* data debit

Berdasarkan nilai debit yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) bahwa data debit yang digunakan adalah data debit dengan kala ulang sepuluh tahun dan data debit dengan kala ulang dua puluh lima tahun. Dua data debit tersebut selanjutnya diinput ke dalam program HEC-RAS 4.1.0.

### 3.4.7 *Output* data hasil pemodelan dengan HEC-RAS 4.1.0

Setelah semua data diinput maka selanjutnya adalah me-*Running* data. Data-data yang sudah diinput akan dianalisa secara otomatis oleh program HEC-RAS. Dengan demikian hasil analisis tersebut akan menghasilkan output data. Data-data tersebut berupa tampang melintang sungai dan tampang memanjang sungai serta. Selain itu juga data *output* yang dihasilkan adalah data debit, muka air banjir. Data-data tersebut ditampilkan dalam bentuk tabel.

Dalam mengoperasikan program HEC-RAS 4.1.0 ada beberapa langkah yang harus dilakukan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam mengoperasikan program HEC-RAS 4.1.0 sebagai berikut:

#### 1. Memulai proyek baru

Langkah pertama dalam mengembangkan model hidrolika dengan HEC-RAS adalah menetapkan direktori yang diinginkan untuk memasukkan judul dan menyimpan pekerjaan atau proyek baru. Untuk

mengawali proyek baru, buka file menu pada jendela utama HEC-RAS dan pilih **New Project**, Akan muncul tampilan **New Project** seperti pada gambar 3.3 berikut:



**Gambar 3.3** Jendela *New Project*

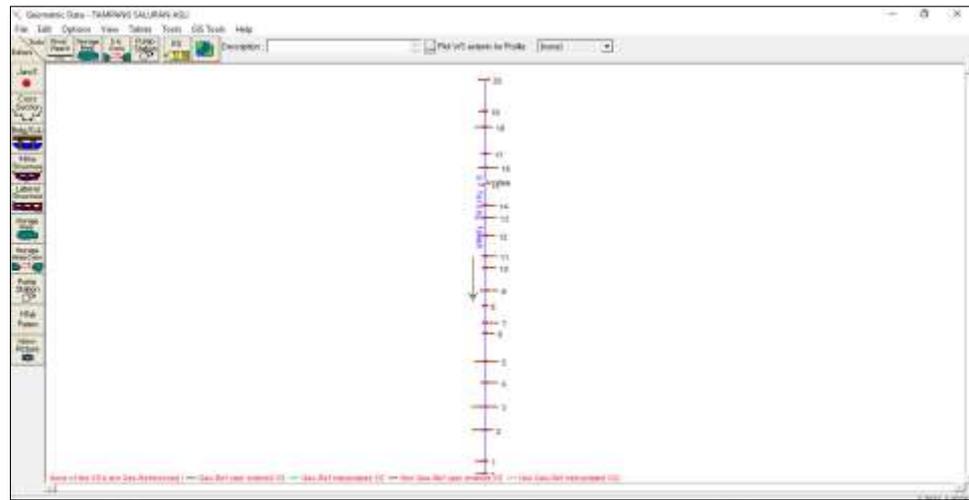
(Sumber : HEC-RAS 4.1.0 2020)

Masukan judul proyek dan nama file. Nama file harus dengan ekstensi “.prj”. Kemudian tekan “**OK**”. Setelah tombol “**OK**” ditekan, muncul *message box* yang menampilkan judul dan *directory* tempat pekerjaan disimpan. Jika informasi dalam *message box* benar, tekan “**OK**”. Jika sebaliknya tekan “**cancel**” untuk kembali ke tampilan **New Project**.

## 2. Memasukkan data geometri

Sebelum data geometri dan data aliran dimasukkan, harus ditentukan terlebih dahulu Sistem Satuan (*English atau Metric*) yang akan digunakan. Langkah ini dilakukan dengan memilih Unit System dari menu *Option* pada jendela utama HEC-RAS. Langkah selanjutnya adalah memasukkan data geometri yang diperlukan, yang terdiri dari skema sistem sungai, data *cross section*, dan data bangunan hidrolika. Data geometri dimasukan dengan memilih Geometric Data pada menu Edit pada

jendela utama. Setelah opsi ini terpilih, jendela geometri data akan muncul seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4. (ketika anda membuka pekerjaan baru, layar akan kosong).



**Gambar 3.4** Jendela geometri data  
(Sumber : HEC-RAS 4.1.0 2020)

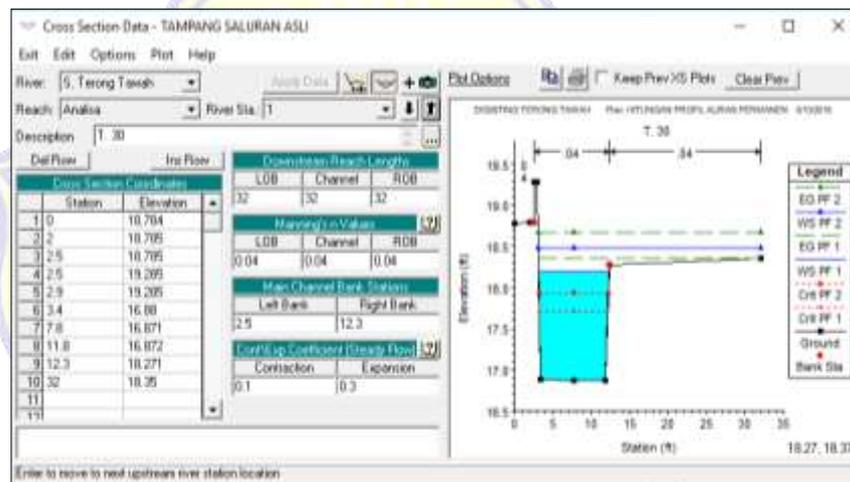
1) Menggambar Skema Alur Sungai

Langkah pertama dalam memasukkan data geometri adalah menggambar skema sistem sungai. Ini dilakukan garis demi garis, dengan menekan tombol *River Reach* dan kemudian menggambar alur dari hulu ke hilir (dalam arah positif). Setelah alur digambar, masukkan nama sungai dan ruas (*reach*). Jika terdapat pertemuan antara ruas sungai, masukan pula nama titik pertemuan (*junction*) tersebut.

2) Memasukkan Data

*Cross Section* Setelah skema sistem sungai tergambar, selanjutnya memasukkan data cross-section dan data bangunan hidrolika. Tekan tombol *Cross Section* akan memunculkan editor *cross section*. Editor ini seperti ditampilkan pada gambar 2.7. Seperti pada tampilan, setiap

*cross-section* memiliki nama sungai (*River*), ruas (*Reach*), *River Station*, dan *Description*, yang berfungsi untuk menggambarkan letak *cross section* tersebut pada sistem sungai. “*River Station*” tidak secara aktual menunjukkan letak *cross-section* pada sistem sungai (miles atau kilometer beberapa), tetapi hanya berupa angka (1,2,3,..dst.). *Cross section* diurutkan dari nomor *river station* terbesar ke nomor *River Station* terkecil. Pada sistem sungai, *cross section* dengan nomor *river station* terbesar akan terletak di hulu sungai. Contoh tampilan gambar dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut:



**Gambar 3.5** Jendela editor data *Cross Section*

(Sumber : HEC-RAS 4.1.0 2020)

Data masukan yang dibutuhkan untuk setiap *cross-section* ditunjukkan pada editor data *cross-section* seperti pada Gambar 3.5. Langkah-langkah dalam memasukkan data *Cross Section* adalah sebagai berikut:

1. Pilih sungai dan ruas sungai yang akan di-entry data *cross section*-nya, dengan cara menekan panah pada kotak *River* dan *Reach*.

2. Pada menu *Options* pilih *Add a New Cross Section*. Kotak input muncul, masukan nomor river station untuk *cross section* yang baru kemudian tekan OK.
3. Masukkan semua data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan data yang terdapat pada layar *editor cross section*.
4. Masukan informasi tambahan yang diperlukan (misal: bendungan, penghalang aliran, dsb), melalui menu *Options*.
5. Tekan tombol *Apply Data*. Setelah semua data geometri dimasukkan, simpanlah melalui *Save Geometric Data As* pada menu *File* yang terletak pada tampilan utama editor Geometric Data.

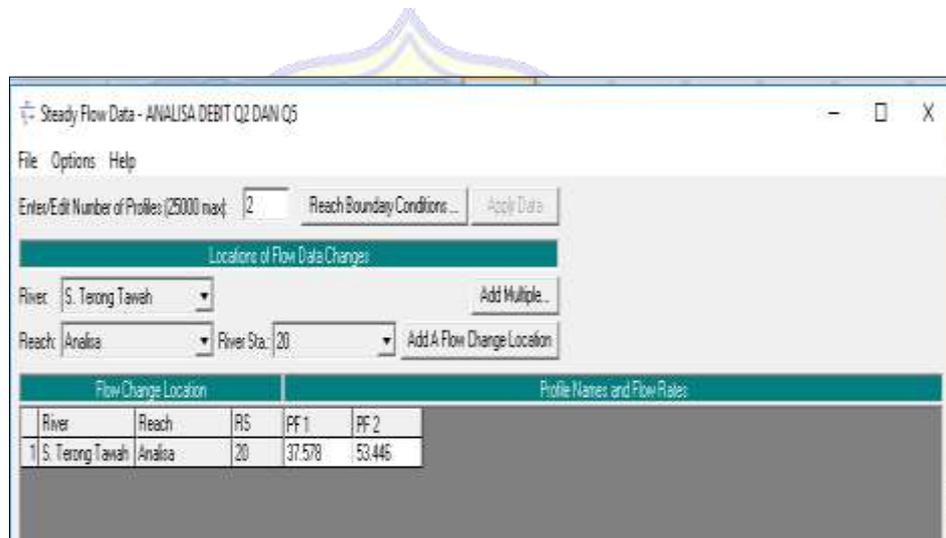
Data-data yang diperlukan adalah:

- 1) Nama sungai (*River*) dan ruas sungai (*Reach*), dengan tanah panah yang terletak pada kotak, pilih sungai (*River*) dan ruas sungai (*Reach*) yang hendak dimasukkan data *cross section*-nya.
- 2) Gambaran (*Description*), diisi dengan informasi tambahan tentang lokasi *cross section* pada sistem sungai.
- 3) *Cross Section X-Y Coordinates*. Tabel ini digunakan untuk memasukkan informasi stasiun dan elevasi dari *cross section*. Stasiun *cross section* (koordinat  $x$ ) dimasukkan dari kiri ke kanan, dengan pandang ke arah hilir.
- 4) Jarak *cross section* dengan *cross section* di bawahnya (*Downstreams Reach Lengths*). Jarak ini terbagi atas jarak tepi bantaran kiri (LOB), saluran utama (*Channel*), dan tepi bantaran kanan (ROB).
- 5) Koefisien kekasaran *Manning* (*Manning's n Values*), terdiri dari koefisien untuk bantaran sebelah kiri, saluran utama, dan bantaran sebelah kanan.
- 6) Stasiun tepi saluran utama (*Main Channel Bank Station*), merupakan titik terluar dari saluran utama.

7) Koefisien kontraksi dan ekspansi (*Contraction and Expansion Coefficients*)

3. Memasukkan data aliran *steady flow*

Setelah semua data geometri dimasukkan, langkah selanjutnya adalah memasukkan data aliran *steady flow* yang dibutuhkan. Pilih *Steady Flow Data* dari menu Edit pada tampilan utama HEC-RAS. *Editor* data *steady flow* akan muncul seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6 berikut



**Gambar 3.6** Jendela editor data aliran *Steady Flow*  
(Sumber : HEC-RAS 4.1.0 2020)

1) Data Aliran

Untuk data-data yang diperlukan adalah :

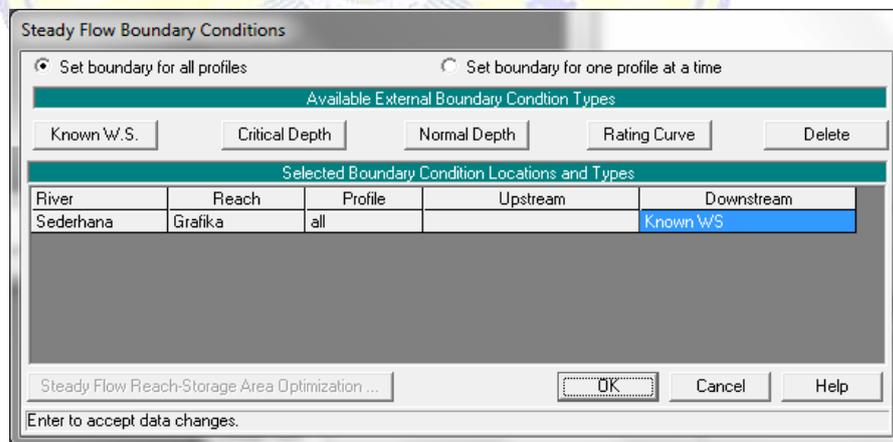
- Jumlah profil yang akan dihitung;
- Data aliran maksimum; dan
- Data yang diperlukan untuk kondisi batas.

Langkah pertama adalah memasukkan jumlah profil yang akan dihitung, dan kemudian data alirannya. Data aliran dimasukkan langsung ke dalam tabel. Data aliran dimasukkan dari hulu ke hilir. Setelah data aliran

dimasukkan, besarnya aliran dianggap tetap sampai menemui lokasi yang memiliki nilai aliran berbeda. Untuk menambahkan lokasi perubahan aliran pada tabel, pilih sungai dan ruas sungai dimana pada tempat tersebut diinginkan ada perubahan besar aliran. Setelah itu pilihlah stasiun yang diinginkan dan tekan *Add Flow Change Location*, lokasi perubahan aliran akan ditambahkan pada tabel. Setiap profil secara otomatis akan diberi nama berdasarkan nomor profil (PF1,PF2, dst). Nama profil ini bisa diubah melalui menu *Options*, *Edit Profiles Names*. Nama profil ini umumnya diganti dengan lamanya periode ulang banjir/aliran yang ada dibawahnya, misal: 10 tahun, 50 tahun, dan sebagainya.

## 2) Kondisi Batas

Setelah semua data aliran dimasukkan kedalam tabel, langkah selanjutnya adalah kondisi batas yang mungkin dibutuhkan. Untuk memasukkan data kondisi batas, tekan tombol *Boundary Conditions*. Untuk gambar tampilannya dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut:



**Gambar 3.7** Jendela editor kondisi batas

(Sumber : HEC-RAS 4.1.0 2020)

Kondisi batas diperlukan untuk menentukan permukaan air mula-mula di ujung-ujung sistem sungai (hulu dan hilir). Muka air awal dibutuhkan

oleh program untuk memulai perhitungan. Pada resim aliran subkritik, kondisi batas hanya diperlukan di ujung sistem sungai bagian hilir. Jika resim aliran superkritik yang hendak dihitung, kondisi batas hanya diperlukan pada ujung hulu dari sistem sungai. Jika perhitungan resim aliran campuran yang akan dibuat, kondisi batas harus dimasukkan pada kedua ujung sistem sungai. Editor kondisi batas berisi daftar tabel untuk setiap ruas. Tiap ruas memiliki kondisi batas hulu dan hilir. Kondisi batas internal secara otomatis terdaftar pada tabel, didasarkan pada bagaimana sistem sungai ditetapkan pada editor data geometri. Pengguna hanya diminta untuk memasukkan kondisi batas eksternal yang diperlukan. Untuk memasukkan kondisi batas, gunakan pointer mouse untuk memilih lokasi pada tabel yang diinginkan. Kemudian pilih kondisi batas dari empat tipe yang tersedia.

- i. *Known Water Surface Elevations*. Untuk kondisi ini pengguna harus memasukkan muka air yang diketahui pada setiap profil.
- ii. *Critical Depth*. Ketika kondisi batas ini yang dipilih, pengguna tidak diminta untuk memasukkan informasi lebih lanjut. Program akan menghitung kedalaman kritis untuk setiap profil dan menggunakannya sebagai kondisi batas.
- iii. *Normal Depth*. Pada tipe ini, pengguna diminta untuk memasukkan kemiringan energi yang ingin dipergunakan dalam perhitungan kedalaman normal (persamaan *Manning*) pada lokasi tersebut. Kedalaman normal akan dihitung untuk tiap profil didasarkan pada kemiringan yang telah dimasukkan. Jika kemiringan energi tidak diketahui, pengguna harus memperkirakannya dengan memasukkan salah satu dari kemiringan muka air dan kemiringan dasar saluran.
- iv. *Rating Curve*. Ketika tipe ini dipilih, pengguna diminta untuk memasukkan kurva elevasi-debit. Untuk setiap profil, elevasi ditambahkan dari kurva. Fitur tambahan editor kondisi batas

memungkinkan pengguna dapat menentukan tipe kondisi batas yang berbeda untuk tiap profil pada satu lokasi.

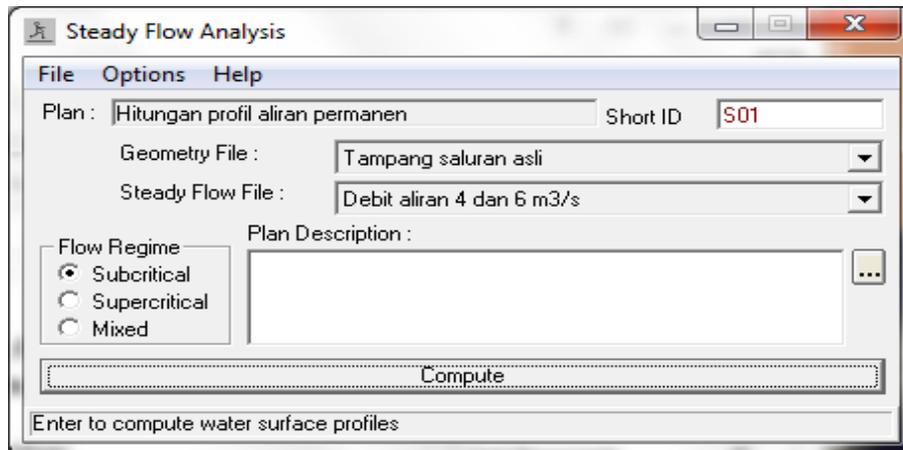
Hal ini dilakukan dengan memilih option “*Set boundary for one profile at a time*” di sebelah atas tampilan. Ketika option ini dipilih, tabel akan menyediakan baris bagi tiap profil pada setiap lokasi. Pengguna selanjutnya dapat memilih lokasi dan profil yang diinginkan untuk diubah tipe kondisi batasnya. Setelah semua data kondisi batas dimasukkan, tekan OK untuk kembali ke editor data *steady flow*. Tekan tombol *Apply Data* agar data diterima.

4. Menyimpan data

Langkah terakhir dalam mengembangkan data *steady flow* adalah menyimpan informasi yang sudah dibuat. Untuk menyimpan data, pilih *Save Flow Data As* dari menu File pada editor data *steady flow*.

5. Melakukan perhitungan (*running data*)

Setelah semua data geometri dan data aliran dimasukkan, pengguna dapat memulai perhitungan profil muka air. Untuk melakukan simulasi, pilih *Steady Flow Analysis* dari menu Run pada tampilan utama HEC-RAS. Tampilan *Steady Flow Analysis* akan muncul seperti pada Gambar 3.8 berikut:



**Gambar 3.8** Tampilan *steady flow analysis*

(Sumber : HEC-RAS 4.1.0 2020)

Sebelum perhitungan dilakukan, pertama kali tentukan terlebih dahulu data geometri dan aliran (*plan*) mana yang akan dihitung. Kemudian pilih resim aliran yang diinginkan. Perhitungan dilakukan dengan menekan tombol compute pada jendela *Steady Flow Analysis*. Ketika tombol ini ditekan, HEC-RAS mengemas semua data untuk *plan* yang dipilih dan menuliskannya pada *run file*.

#### 6. *Output* hasil data

Setelah melakukan *run* data maka, selanjutnya program HEC-RAS mendapatkan beberapa data *output*. Namun yang akan ditampilkan disini adalah data yang sangat prinsip. Adapun data tersebut adalah :

- 1) Data potongan melintang (*cross section*)
- 2) Data ketinggian muka air (*water surface profiles*)
- 3) Data potongan memanjang (*long section*)
- 4) Data profil muka air, debit dll (*profile summary table*)

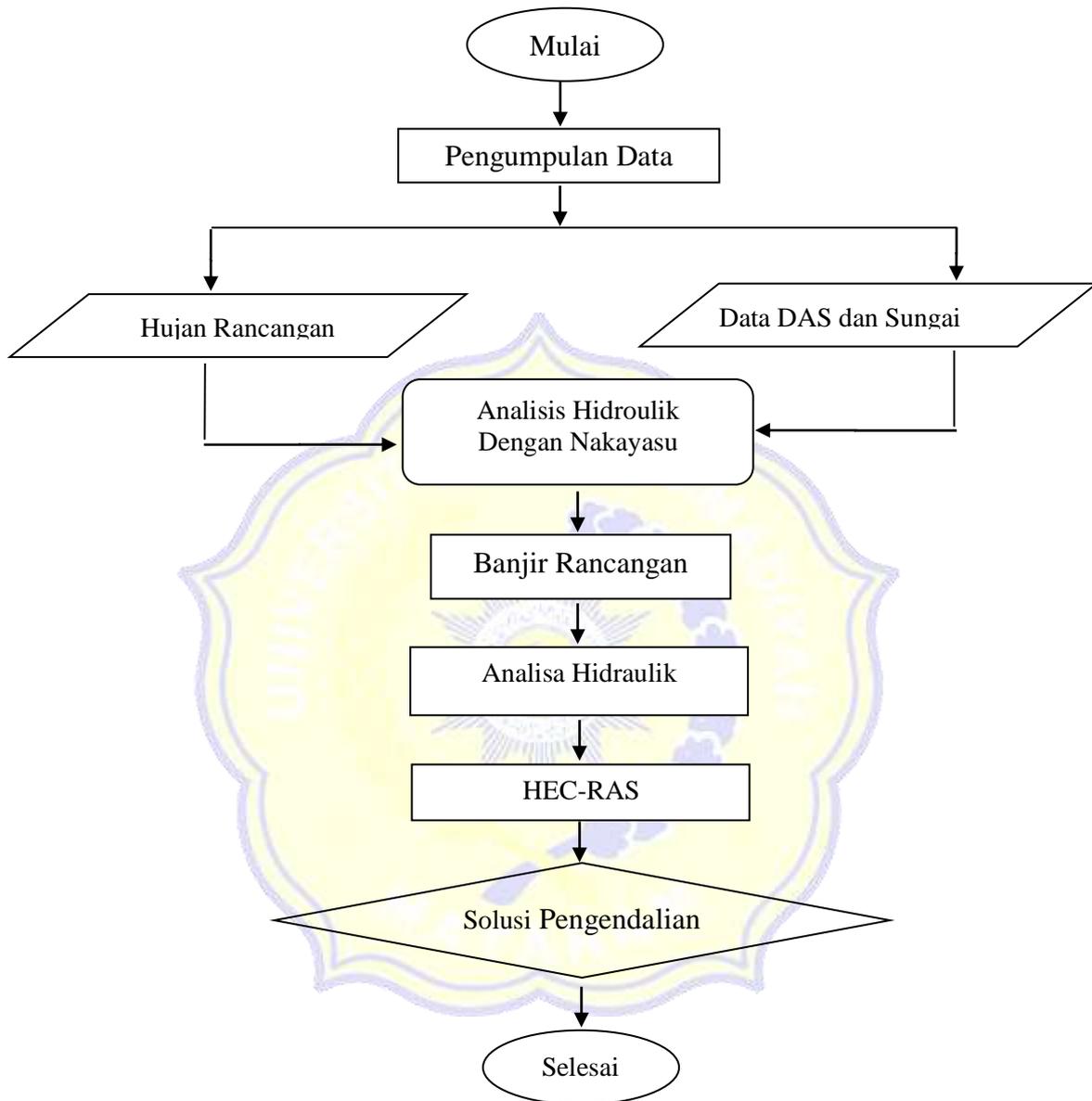
### 3.5 Bagan Alir

Bagan alir dalam hal ini terbagi menjadi dua, yaitu bagan alir penelitian dan bagan alir proses pengerjaan analisis data menggunakan program HEC-RAS. Adapun bagan alir yang dimaksud adalah sebagai berikut :

#### 3.5.1 Bagan alir penelitian

Dalam studi penelitian ini ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dari pengumpulan data sampai dengan hasil analisa dalam studi ini, seperti yang diilustrasikan dalam gambar 3.9 sebagai berikut.



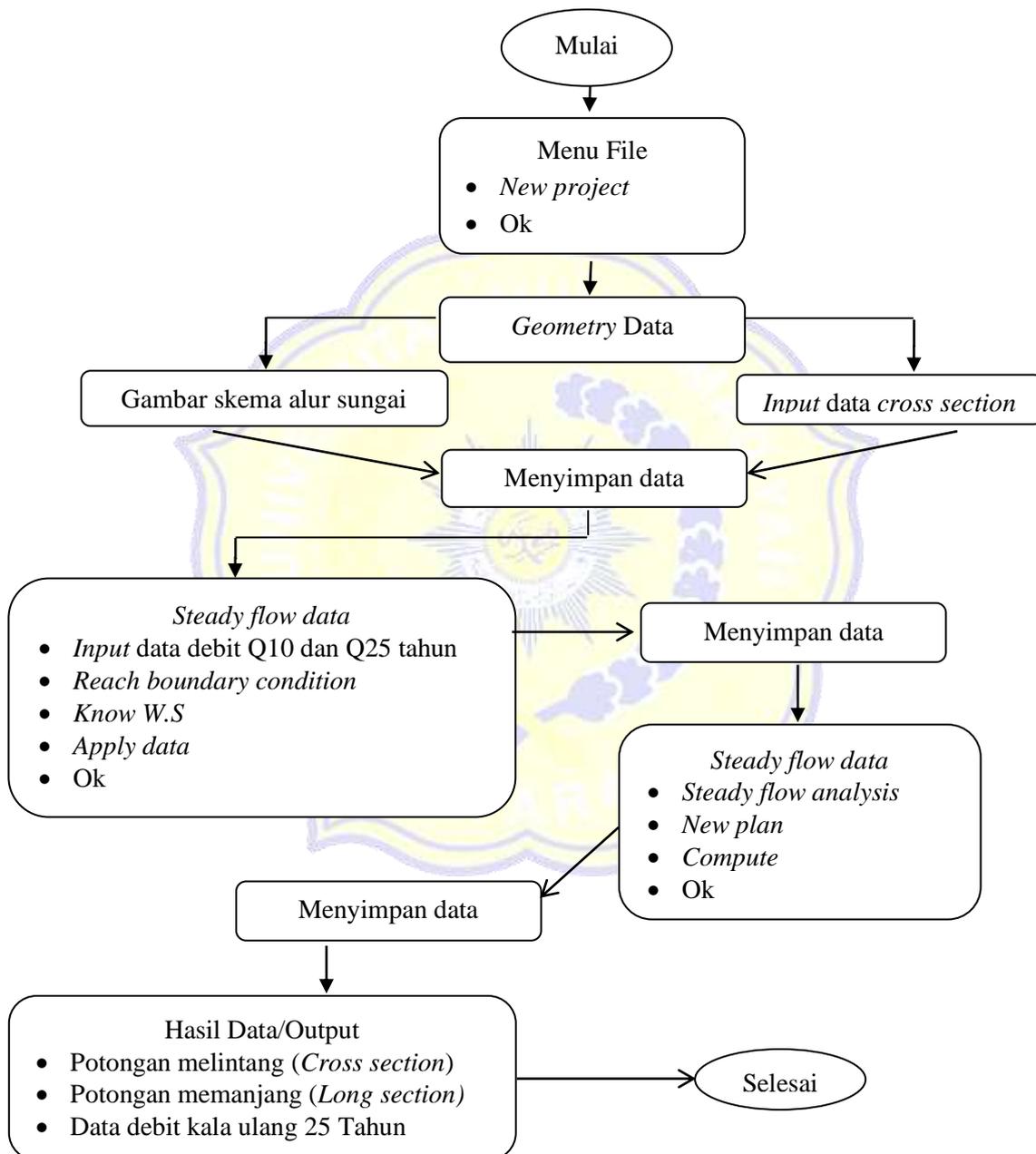


**Gambar 3.9** Bagan alir Penelitian

*(Sumber : Hasil analisa 2020)*

### 3.5.2 Bagan alir program HEC-RAS

Dalam proses analisis menggunakan program HEC-RAS 4.1.0 ada beberapa langkah yang harus dilakukan seperti yang diilustrasikan dalam gambar 3.10 sebagai berikut.



**Gambar 3.10** Bagan alir Program Hec-Ras 4.1.0

(Sumber : Hasil analisa 2020)