

SKRIPSI

**“ANALISIS PENGENDALIAN BANJIR DAERAH ALIRAN SUNGAI
KELONGKONG
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS
(Studi Kasus di Desa Terong Tawah)”**



Disusun Oleh :

MUH. SAHID
41311A0043

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2019**

**“ANALISIS PENGENDALIAN BANJIR DAERAH ALIRAN SUNGAI
KELONGKONG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS
(Studi Kasus di Desa Terong Tawah)”**



Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing :

1. Pembimbing I


Dr. Eng. M. ISLAMY RUSYIDA, ST., MT
NIDN. 0824017501

Tanggal : 22-05-2019

2. Pembimbing II


AGUSTINI ERNAWATI, ST., M.Tech
NIDN. 0810087001

Tanggal : 24-04-2019

Mengetahui :

**Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram**


Ir. ISFANARI, ST., MT
NIDN. 0830086701

**Ketua Program Studi Rekayasa Sipil
Universitas Muhammadiyah Mataram**


TITIK WAHYUNINGSIH, ST., MT
NIDN. 0819097401

**"ANALISIS PENGENDALIAN BANJIR DAERAH ALIRAN SUNGAI
KELONGKONG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-RAS
(Studi Kasus di Desa Terong Tawah)"**

Yang Diperiapkan Dan Disusun Oleh :

Nama : MUH. SAHID

NIM : 41311A0043

Telah dipertahankan di depan tim penguji

Pada tanggal : 26 Juni 2019

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan tim penguji :

Susunan Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Dr. Eng. M. Islamy Rusyida, ST., MT

.....(Ketua)

2. Titik Wahyuningsih, ST., MT

.....(Anggota 1)

3. Yulia Putri Wijaya, ST., MT

.....(Anggota 2)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram

Ketua Program Studi Rekayasa Sipil
Universitas Muhammadiyah Mataram


Ir. ISFANARI, ST., MT
NIDN. 0830086701


TITIK WAHYUNINGSIH, ST., MT
NIDN. 0819097401

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Menjadi orang besar tidak harus berangkat dari keluarga yang berasal dari orang besar. Kesuksesan atau kegagalan yang didapat hari ini dan hari esok adalah bukan warisan dari siapapun. Maka, semangatlah untuk terus berjuang"

(Penulis)

"Istiqomahlah, karena dengan istiqomah itu tidak ada yang tidak bisa dilakukan"

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini merupakan bagian dari niatku untuk beribadah kepada Allah SWT. Semoga dengan selesainya skripsi ini dicatat sebagai amal ibadahku kepada-Nya.

Amin ya rabbal alamin.

Dengan segenap rasa syukur, sebagai bentuk terimakasihku kepada keluarga tersayang. Maka skripsi ini aku persembahkan untuk :

❖ *Kakek tercinta (Almarhum) dan nenek tercinta. Kepada keduanya saya belajar arti keikhlasan dan kasih sayang. Semoga kasih sayangnya kepadaku selama ini mendapat balasan kasih sayang yang setimpal disisi Allah SWT. Amin...*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa, Tuhan semesta alam, yang telah melimpahkan berkat, kasih dan rahmat kepada hamba-Nya, sehingga dengan penuh rasa syukur penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan alam, Baginda Rasul Allah Muhammad Saw. serta iringan do'a untuk keluarga, sahabat, dan seluruh pengikutnya hingga akhir zaman.

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.

Selesainya tugas akhir 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. Dengan rasa Ta'dzim dan ucapan terimakasih saya kepada Dr.Eng.M.Islamy Rusyda, ST.,MT., dan Agustini Ernawati, ST.,M.Tech., yang telah meluangkan banyak waktu untuk membantu, membimbing, dan sekaligus mendidik serta mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
2. Terimakasih ibu Titik Wahyuningsih, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Rekayasa Sipil yang selalu mensupport dan menyemangati saya dari mulai masuk kuliah hingga selesai.
3. Terimakasih bapak Ir.Isfanari,ST.,MT., selaku Dekan Fakultas Teknik yang selalu berpesan kepada semua mahasiswanya untuk menjadi alumni yang mampu berdaya saing kapanpun dan dimanapun.

4. Kepada kedua orang tua tercinta, Almarhum ibunda tercinta Khodijah, yang setiap saat pesan-pesan beliau selalu hadir dalam jiwa saya. Kasih sayang, motivasi dan semangatnya selalu saya rasakan di setiap nafas saya. Almarhum Ayahanda tercinta Rahmat Efendi, sosok ayah yang sangat bijaksana dalam mendidik saya sampai akhir hayatnya. Sungguh keduanya menjadi semangat dalam hidup.
5. Kepada nenek, Almarhum kakek dan bibik yang telah membesarkan saya sampai saat ini, ucapan terimakasih tidak akan pernah cukup untuk membalas jasa-jasanya. Sungguh keduanya menjadi semangat dalam hidup saya.
6. Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat hingga saya-pun bisa selesai.
7. Terima kasih kepada TIM BIGSQUAD CONSULTANT yang selalu membantu dalam banyak hal, memberikan dedikasi yang baik dan semangat sehingga penyusunan skripsi ini bisa diselesaikan.
8. 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 2019

Penulis

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai Kelongkong merupakan sungai yang secara wilayah berada di desa terong bawah kabupaten Lombok barat. Daerah aliran sungai kelongkong memiliki panjang 11,85 km dengan luas DAS 11,08 km². Daerah aliran sungai kelongkong hampir setiap tahunnya tertimpa banjir di sepanjang bantaran sungai yang berdampingan dengan perumahan Lingkar Asri. Dengan adanya persoalan banjir tersebut maka dilakukan analisis dalam rangka mengetahui kenaikan muka air yang terjadi pada sungai tersebut sehingga dapat dilakukan pengendalian.

Analisis dilakukan dengan menggunakan program softwer HEC-RAS 4.1.0. Data-data yang digunakan untuk menganalisa tersebut diantaranya adalah data debit, data elevasi yang berbentuk gambar potongan melintang dan potongan memanjang sungai yang didapat dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Provinsi Nusa Tenggara Barat. Bagian sungai yang dianalisa adalah sepanjang 964 m yang merupakan bantaran sungai yang sering terjadi banjir.

Dari hasil analisa dengan program HEC-RAS 4.1.0 tersebut didapat kenaikan muka air melebihi tanggul eksisting sungai baik itu tanggul kiri sungai maupun tanggul kanan sungai. Dari hasil analisa, kenikan muka air di sepanjang bantaran sungai tersebut rata-rata dengan ketinggian 0,6 m sampai dengan 1,60 m. Sehingga dapat disimpulkan bahwa di daerah aliran sungai kelongkong tersebut memang benar terjadi banjir.

Kata Kunci : Pengendalian, Banjir, HEC-RAS 4.1.0

ABSTRACT

Kelongkong watershed is a river that is regionally located in the Terong Tawah village of West Lombok. The Kelongkong watershed has a length of 11.85 km with a watershed area of 11.08 km². The Kelongkong watershed flooded almost every year along the riverbank adjacent to the Lingkar Asri Housing. With the flooding problem, an analysis was done in order to find out the rise in water level that occurs in the river so that it can be controlled.

The analysis was performed using the HEC-RAS 4.1.0 software program. The data which were analyzed including discharge data, elevation data in the form of cross-section images and lengthwise river crossings were obtained from the Balai Wilayah Sungai (BWS) of West Nusa Tenggara Province. The part of the river analyzed was 964 m long, a riverbank which often floods.

Based on the results of the analysis with the HEC-RAS 4.1.0 program, it was found that the increase in water level exceeded the existing river embankment both the left bank and the right bank of the river. From the result of analysis, the increase of the water level along the riverbank was with an average height of 0.6 m to 1.60 m. So it can be concluded that in the Kelongkong watershed flood really happened.

Keywords : Control, Flood, HEC-RAS 4.1.0

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN	3
1.3 MANFAAT	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	4

2.2	LANDASAN TEORI.....	5
2.2.1	Siklus Hidrologi.....	5
2.2.2	Daerah Aliran Sungai.....	6
2.2.3	Pengukuran Hujan.....	7
2.2.4	Analisis Curah Hujan Rerata Daerah.....	7
2.2.5	Analisis Frekuensi.....	10
2.2.6	Distribusi Log Normal.....	12
2.2.7	Distribusi Log Person type III.....	14
2.2.8	Analisis Intesitas Hujan.....	15
2.2.9	Waktu Konsentrasi.....	16
2.2.10	Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	16
2.2.11	Pengukuran Debit.....	19
2.2.12	Aspek Hidraulika.....	20
2.2.13	Jenis-Jenis Aliran.....	20
2.2.14	Aliran Seragam.....	21

2.2.15 Kekasaran Dasar.....	23
2.3 PEMODELAN DENGAN PROGRAM HEC-RAS 4.1.0.....	23
2.3.1 Analisis Penampang Eksisting Sungai.....	24
2.3.2 Langkah-langkah Menggunakan Hec-Ras	27

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 LOKASI PENELITIAN	36
3.2 TAHAP PERSIAPAN	37
3.3 PENGUMPULAN DATA	37
3.3.1 Data Geometri Sungai Kelongkong.....	37
3.3.2 Peta DAS Sungai Kelongkong	38
3.3.3 Data Penampang Sungai.....	39
3.3.4 Data Curah Hujan.....	39
3.3.5 Hujan Rancangan.....	39
3.3.6 Banjir Rancangan dengan HSS Nakayasu.....	39
3.4 PEMODELAN DENGAN PROGRAM HE-RAS 4.1.0.....	40

3.4.1	Persiapan Data	40
3.4.2	Nilai Kekasaran Penampang (n)	40
3.4.3	Pembuatan Skema Alur Sungai.....	40
3.4.4	Input Data Elevasi	41
3.4.5	Aliran <i>Steady Flow</i>	41
3.4.6	<i>Input</i> Data Debit.....	41
3.4.7	Output Data Hasil Pemodelan Hec-Ras 4.1.0.....	41
3.5	BAGAN ALIR.....	41
3.5.1	Bagan Alir Penelitian	42
3.5.2	Bagan Alir Analisa Hec-Ras	43
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	ANALISIS HIDRAULIKA DAS KELONGKONG	44
4.2	DATA ANALISIS	44
4.2.1	Data Geometri Sungai	44
4.2.2	Data Curah Hujan.....	48
4.2.3	Curah Hujan Rerata Daerah.....	48

4.2.4 Hujan Rancangan.....	49
4.2.5 Analisis Hidrograf Banjir.....	50
4.2.6 Analisa Debit Dengan Metode Hss Nakayasu.....	53
4.3 PEMODELAN GEOMETRI SUNGAI DENGAN HEC-RAS	53
4.3.1 Pemodelan Alur Sungai.....	53
4.3.2 Pemodelan Geometri Sungai.....	56
4.4 INPUT DATA KEKASARAN DASAR (n)	57
4.5 PEMODELAN ALIRAN SUNGAI	58
4.6 HASIL OUTPUT PROGRAM HEC-RAS 4.1.0	59
4.6.1 <i>Running</i> Program.....	59
4.6.2 <i>Data Output</i>	60
4.6.3 Pototongan Melintang Sungai Kondisi Eksisting.....	60
4.6.4 Pototongan Memanjang Sungai Kondisi Eksisting	71
4.6.5 <i>Data Output</i> Tabel Kondisi Eksisting.....	73
4.6.6 Potongan Melintang Sungai Desain Rencana	73
4.6.7 Potongan Memanjang Sungai Desain Rencana.....	84

4.6.7 Data <i>Output</i> Tabel Desain Rencana	84
4.7 Solusi Pengendalian Banjir	85
4.7.1 Pembuatan Tanggul Sungai.....	86
4.7.2 Normalisasi.....	86
4.7.2 Jenis Konstruksi Tanggul	86

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN	88
5.2 SARAN	88

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

2.1	Poligon Thiessen.....	9
2.2	Jenis-Jenis Aliran.....	21
2.3	Gambar Dari Persamaan Energi.....	26
2.4	Pembagian Tampang Sungai.....	27
2.5	Jendela New Project.....	28
2.6	Jendela Geometri Data.....	29
2.7	Jendela Editor Data <i>Cross Section</i>	30
2.8	Jendela Editor Data Aliran <i>Steady Flow</i>	32

2.9	Jendela Editor Kondisi Batas.....	33
2.10	Tampilan <i>Steady Flow Analysis</i>	35
3.1	Peta Lokasi Penelitian DAS Kelongkong.....	36
3.2	Daerah Lokasi Penelitian DAS Kelongkong.....	37
3.3	Peta DAS Sungai Kelongkong.....	38
3.4	Bagan Alir Penelitian.....	42
3.5	Bagan Alir HEC-RAS.....	43
4.1	Peta Situasi Alur Daerah Aliran Sungai Kelongkong.....	45
4.2	Kondisi eksisting dan kodisi rencana sungi kelongkong.....	46
4.3	Geometri Sungi Kelongkong.....	55
4.4	Peniruan Geometri Sungi Kelongkong.....	56
4.5	Tampang Lintang Pada River Station.1	57
4.6	Input data <i>manning</i> (n) pada HEC-RAS	58
4.7	Input data Q2 dan Q5	59
4.8	Hitungan Aliran Permanen.....	59
4.9	<i>Running</i> Program.....	60

4.10	<i>Output</i> Potongan Melintang (<i>Cross Section</i>) Sungai.....	61
4.11	<i>Output</i> Potongan Memanjang (<i>Long Section</i>) Sungai.....	71
4.12	<i>Output</i> Potongan Melintang (<i>Cross Section</i>) Sungai.....	73
4.13	<i>Output</i> Potongan Memanjang (<i>Long Section</i>) Sungai.....	84
4.14	Tipikal Konstruksi Talud Sungai.....	87

DAFTAR TABEL

2.1	Syarat Pemilihan Distribusi.....	12
2.2	Ketentuan Nilai Kekasaran Dasar (n).....	23
4.1	Elevasi Tampang Sungai Eksisting.....	47
4.2	Elevasi Tampang Sungai Rencana.....	48
4.3	Curah Hujan Rerata Daerah.....	49
4.4	Curah Hujan maksimum DAS Kelongkong.....	49
4.5	Tabel Distribusi Logpearson.....	50
4.6	Tabel Curah Hujan Rancangan Dengan Berbagai Kala Ulang.....	50
4.7	Tabel Hujan Jam-Jaman Tr 2 Tahun.....	52
4.8	Tabel Hujan Jam-Jaman Tr 5 Tahun.....	52

4.9	Data Debit Dengan Kala Ulang 2 Tahun.....	53
4.10	Data Debit Dengan Kala Ulang 5 Tahun.....	54
4.11	<i>Output</i> Data Debit Dengan Kala Ulang 5 Tahun.....	72
4.12	<i>Output</i> Data Debit Dengan Kala Ulang 5 Tahun.....	85



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bencana banjir telah menjadi persoalan tiada akhir bagi manusia di seluruh dunia dari dulu, sekarang dan yang akan datang. Bencana ini bisa merupakan akibat dari peristiwa alam atau akibat dari aktifitas dan kegiatan manusia dan bahkan bisa secara bersamaan diakibatkan alam dan manusia.

Di Indonesia, walaupun waktu terjadinya banjir dan besarnya bervariasi hampir semua daerah menghadapi bahaya banjir yang signifikan. Kerugian dan kerusakan akibat banjir adalah dua pertiga dari semua bencana alam yang terjadi. Setiap tahun lebih dari 300 peristiwa banjir terjadi menggenangi 150.000 ha dan merugikan sekitar satu juta orang. Saat ini kecenderungan bencana banjir terus meningkat baik di perkotaan maupun pedesaan. Beberapa kejadian banjir besar yang terjadi di beberapa daerah seperti di Jakarta, Kalimantan, Nusa Tenggara Barat (NTB) dan beberapa daerah lain di Indonesia menunjukkan bukti peningkatan tersebut.

Kejadian banjir yang terjadi khususnya di Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan bencana yang kerap terjadi di beberapa daerah seperti salah satu contoh adalah kota Mataram dan kabupaten Lombok Barat. Daerah yang kerap tertimpa banjir berada di beberapa daerah di kabupaten Lombok Barat. Daerah yang sering tertimpa banjir salah satunya adalah desa Terong Tawah yang berada di pinggiran kota Mataram. Kejadian banjir tersebut cukup meresahkan masyarakat atau penduduk yang tinggal di daerah 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 wilayah ini tidak mencakup keseluruhan desa Terong Tawah, namun hanya terjadi di sekitaran perumahan lingkaran asri yang secara topografi berdampingan dengan sungai yang melintasi wilayah tersebut.

Sungai Terong Tawah merupakan salah satu anak sungai dari Sungai Kelongkong. Berdasarkan Keputusan Presiden No. 12 Tahun 2012 Sungai Terong

Tawah berada pada DAS Kelongkong dengan Nomor koordinat 175. Sungai Terong Tawah membatasi wilayah antara desa Terong Tawah dan Desa Bajur, di sepanjang daerah sempadan sungai telah beralih fungsi menjadi permukiman penduduk. Dengan kondisi alih fungsi lahan tersebut, masyarakat yang berdomisili di Desa Terong Tawah dengan jumlah KK berjumlah \pm 90 KK sering mengalami banjir yang disebabkan oleh pendangkalan dan penyempitan sungai yang diakibatkan adanya longsor dan tumpukan sedimen.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan analisis mengenai persoalan banjir yang terjadi guna mengetahui berapa besar kenaikan muka air banjir di sungai tersebut dan bagaimana langkah yang akan dilakukan sebagai upaya penyelesaian persoalan 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 input 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 Kelongkong?
- 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 Kelongkong.
- 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 Desa Terong Tawah.

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 964 m, di perumahan Lingkar Asri.
- 2) Program yang digunakan untuk menganalisis banjir yaitu program HEC-RAS 4.1.0.
- 3) Struktur hidraulika 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 m³/dt, periode 5 tahun (Q_5)=57.68 m³/dt, periode 10 tahun (Q_{10})=64.88 m³/dt dan periode 25 tahun (Q_{25})=72.79 m³/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.

Di Amerika, secara umum bencana banjir menyebabkan kerusakan yang lebih parah dibandingkan dengan bencana alam lainnya (Grigg,1996). Bencana banjir merupakan bencana alam yang paling merusak dan mahal. 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 Padolo Dengan Saluran Pengelak. Pengendalian Banjir Sungai Padolo dengan Saluran Pengelak, bertujuan untuk mengurangi debit banjir pada Sungai Padolo. Dari perhitungan banjir Sungai Padolo dengan Q_5 tahunan = 233,294 m³/dt, jika direduksi dengan Q pengelak = 50 m³/dt, maka debit banjir dihilir Sungai Padolo menjadi 183,294 m³/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 $Q_{25}=1014.618 \text{ m}^3/\text{detik}$, banjir terparah terjadi pada stasiun 1091. Untuk $Q_{50} = 1127.357 \text{ m}^3/\text{detik}$, 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 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 (*perkulasi*) 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 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 merata 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 merata 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 adalah metode yang paling sederhana untuk menghitung hujan merata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan.

Metode rerata aljabar memberikan hasil yang baik apabila:

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

Hujan merata pada seluruh DAS diberikan oleh bentuk berikut :

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

dengan :

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| \bar{p} | = hujan merata 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 apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun.

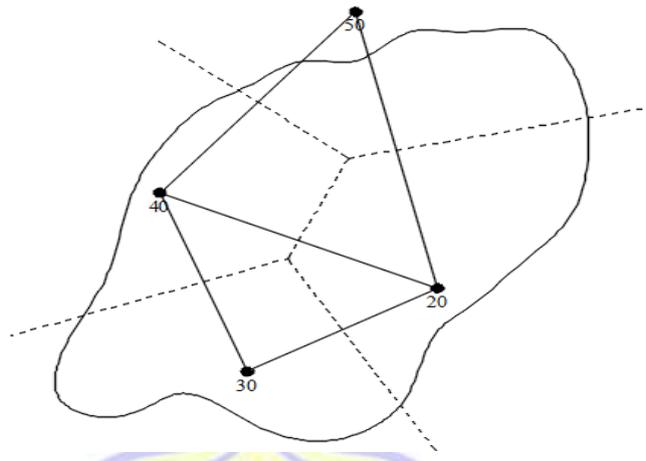
- a) Stasiun pencatat hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang berdekatan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2.
- b) Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis terputus) sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- c) Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga seperti ditunjukkan dengan gambar 2.2.
- d) Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.
- e) Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f) Jumlah dari hitungan pada butir e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematik mempunyai bentuk berikut ini.

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

Dengan :

- \bar{p} = hujan rerata kawasan
- $p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$ = hujan di stasiun 1, 2, 3, . . . , n
- $A_1 + A_2 + \dots + A_n$ = luas stasiun

Gambar 2.1 Poligon thiessen



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).

Pembuatn 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 ditulis :

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

atau

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

dengan :

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

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 kepencengan (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.

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

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

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 persamaan standar dapat diberikan sebagai berikut:

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

dengan :

Sd = Standar deviasi

x_i = Data curah hujan

n = Jumlah

3. Koefisien Kemencengan (*Skewness*)

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrian dari suatu bentuk distribusi. Persamaan yang diberikan adalah sebagai berikut:

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

dengan :

C_s = Koefisien kemencengan

Sd = Standar deviasi

X_i = Curah hujan

n = Jumlah data

4. Koefisien Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(x_i - \bar{x})\}^4}{Sd^4} \quad (2.8)$$

5. Koefisien Variasi (C_v)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antar deviasi standar dengan nilai rata-rata hitungan suatu distribusi. Persamaan yang diberikan adalah sebagai berikut:

$$C_v = \frac{Sd}{\bar{x}} \quad (2.9)$$

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 pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Syarat pemilihan distribusi

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

2.2.6 Distribusi log normal

Sebaran log normal merupakan sebaran yang terdiri dari dua parameter yairu μ_n dan σ_n^2 , yang masing-masing merupakan harga tengah dan variansi untuk fungsi logaritma dari variabelnya. Kemungkinan fungsi kerapatannya (*probability density function*) sebagai berikut :

$$P(x) = \frac{1}{x\sigma_n\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu_n}{\sigma_n}\right)^2} \quad (2.10)$$

dengan :

$P(X)$ = fungsi kerapatan peluang normal

π = 3,14156

e = 2,71828

σ_n = standar deviasi nilai X

μ_n = nilai X rata-rata

dengan :

$$\text{Nilai X rata-rata } \mu_n = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\mu^4}{\mu^2 + \sigma^2} \right) \quad (2.11)$$

(2.12)

$$\text{Variasi } \sigma^n = \ln \left(\frac{\sigma^2 + \mu^2}{\mu^2} \right) \quad (2.13)$$

$$\text{Koefisien variasi } Cv = \frac{\sigma_n}{\mu_n} = (e^{\sigma_n} - 1)^{0.5} \quad (2.14)$$

$$\text{Kewfisien kemencengan } Cs = 3Cv + Cv^3 \quad (2.14)$$

$$\text{Koefisien kortosis } Ck = Cv^8 + Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv \quad (2.15)$$

Sebaran lor normal juga sering dipakai untuk analisis frekuensi hujan harian maksimum. Sebarannya mempunyai persamaan transformasi sebagai berikut :

$$\text{Log } X_{tr} = \log x + k \cdot S \log x \quad (2.16)$$

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.

$$X_{tr} = \bar{x} + k \cdot S \quad (2.17)$$

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 sdimetris (*skewness*) $Cs = +$ (positif) atau $\log Cs \approx 0$ atau $Cs = Cv^3 + 3Cv$, dengan koefisien kortosis sebesar $Ck \approx 3$.

2.2.7 Distribusi log person type III

Paramete-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 rumus berikut ini :

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \quad (2.18)$$

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 dengan rumus berikut :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.19)$$

dengan :

Sd = standar deviasi

d) Menghitung koefisien Skewness

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (2.19)$$

dengan :

C_s = Koefisien Skewness

e) Menghitung logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus berikut ini :

$$\log Q = \overline{\log x} + G \cdot s_1 \quad (2.19)$$

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:

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

Dengan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = 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 rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940) yang dapat di tulis sebagai berikut:

$$tc = \frac{0.01947L^{0.77}}{s^{0.385}} \quad (2.19)$$

Dengan:

tc = 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 sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{CAR_o}{3,60(0.30T_p + T_{0,30})} \quad (2.20)$$

Dengan :

Q_p = debit puncak banjir (m³/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)

Nlai tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir T_p , dihitung dengan persamaan :

$$T_p = t_g + 0,80t_r \quad (2.21)$$

Dengan :

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

t_g = waktu konsentrasi (jam)

untuk $L < 15$ km nilai $t_g = 0,21 L^{0,70}$ (2.22)

untuk $L > 15$ km nilai $t_g = 0,40 + 0,058 L$ (2.23)

t_r = waktu hujan efektif (jam)

$t_r = 0,50 t_g$ sampai t_g (jam) (2.24)

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

$$T_{0,30} = \alpha \times t_g \quad (2.25)$$

Nilai α 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 seperti pada Gambar 2.5, mempunyai persamaan :

$$0 \leq t \leq T_p$$

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,40} \quad (2.26)$$

Dengan :

Q_t = debit limpasan sebelum sampai puncak banjir (jam)

T = waktu (jam)

Bagian lengkung turun (*decreasing limb*) hidrograf satuan mempunyai

$$T_p \leq t \leq T_p + T_{0,30}$$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,30 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,30}} \right) \quad (2.27)$$

$$T_p + T_{0,5} \leq t \leq T_p + T_{0,30} + 1,5 T_{0,30}$$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,30 \left(\frac{t-T_p+0,50T_{0,30}}{1,5T_{0,30}} \right) \quad (2.28)$$

$$t \geq T_p + T_{0,30} + 1,5T_{0,30}$$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,30 \left(\frac{t-T_p+1,50T_{0,30}}{2T_{0,30}} \right) \quad (2.29)$$

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 (*dalam Chow, 1992*)

➤ 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).

2) Berdasarkan ruang pemantauan (*dalam Chow, 1992*)

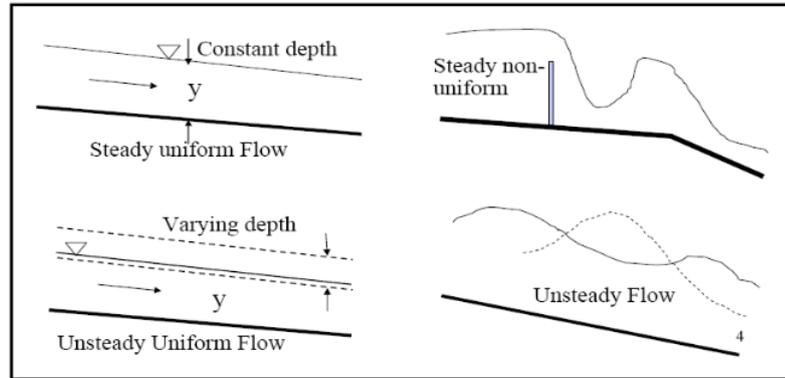
➤ Aliran Seragam (*Uniform Flow*)

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.



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) (*dalam Suripin, 2004*)

Perhitungan debit air

$$Q = A \cdot V \tag{2.2}$$

(2.1)

$$\tag{2.3}$$

$$R = A / P$$

$$A = \frac{1}{2} a + b.h \tag{2.4}$$

dengan:

Q = Debit aliran (m³/dtk)

P = Keliling penampang basah (m)

A = Luas penampang basah (m²)

R = Jari –jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

n = Kekasaran Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \tag{2.1}$$

(2.2)

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 berikut :

Tabel 2.2 Ketentuan nilai kekasaran dasar (n)

Manning's Values of natural stream (Main Channels)				
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

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 Kelongkong 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 HECRAS. 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 dendritic, 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 (α); 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.

- Persamaan energi di tulis sebagai berikut: (Istiarto, 2014)

Persamaan untuk Dasar Perhitungan Profil

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (2.3)$$

dengan:

y_2, y_1 = elevasi air di penampang melintang (m)

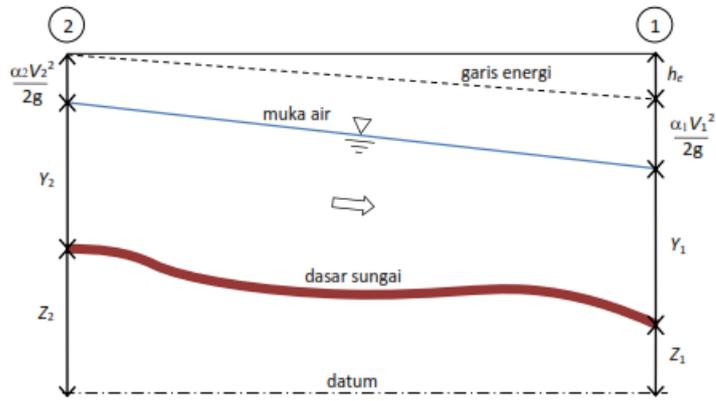
z_2, z_1 = elevasi penampang utama (m)

V_2, V_1 = kecepatan rata-rata (total pelepasan /total area aliran) (m/s)

α_2, α_1 = besar koefisien kecepatan

g = percepatan gravitasi (m/s²)

h_e = tinggi energi (m).



Gambar 2.3 Gambar dari Persamaan Energi
(Sumber: Istiarto, 2014)

➤ Kehilangan tinggi energy

$$h_e = \bar{L}S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2.4)$$

$$L = \frac{\bar{L}_{lob} Q_{lob} + \bar{L}_{ch} Q_{ch} + \bar{L}_{rob} Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \quad (2.5)$$

dengan :

L = Panjangnya antar dua penampang melintang.

Sf = Kemiringan energi antar dua penampang melintang.

C = Koefisien kontraksi atau ekspansi.

Lob, Lch, Lrob = panjang jangkauan antar dua potongan melintang yang berturut-turut untuk arus di dalam tepi kiri, saluran utama, dan tepi kanan.

Qob, Qch, Qrob = perhitungan rata-rata debit yang berturut-turut untuk arus antara bagian tepi kiri, saluran utama, dan tepi kanan.

$$Q = K S_f^{1/2} \quad (2.6)$$

$$K = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} \quad (2.7)$$

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3} \quad (2.8)$$

dengan:

K = kekasaran dasar untuk tiap bagian

n = Koefisien kekasaran manning untuk tiap bagian.

A = Area arus untuk tiap bagian.

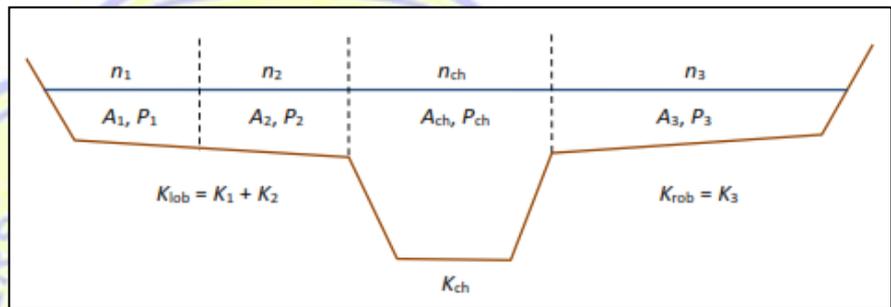
R = Radius hidraulik untuk tiap bagian (area : garis keliling basah).

n_c = koefisien padanan atau gabungan kekasaran.

P = garis keliling basah keseluruhan saluran utama.

P_i = garis keliling basah bagian i .

n_i = koefisien kekasaran untuk bagian i .



Gambar 2.4 Pembagian tampang sungai

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:

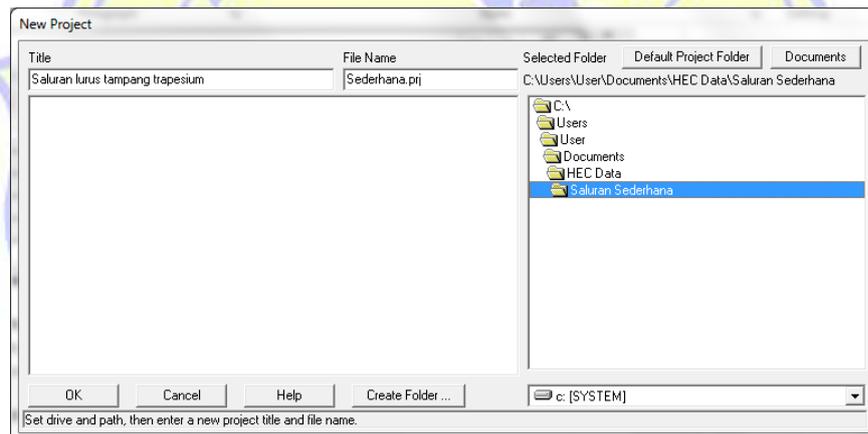
- 1) Perhitungan profil muka air aliran seragam (*steady flow*).
- 2) Simulasi aliran seragam.

Kedua komponen tersebut akan menggunakan representasi data geometri serta perhitungan hidrolika dan geometri seperti pada umumnya. Versi program yang digunakan dari HEC-RAS yaitu HEC-RAS 4.1.0 mendukung perhitungan profil muka air aliran tunak dan tidak tunak. Terdapat lima langkah penting dalam membuat model hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS :

- 1) Memulai proyek baru
- 2) Memasukkan data geometri
- 3) Memasukkan data aliran *steady flow*
- 4) Menyimpan data
- 5) Melakukan perhitungan (Run data)
- 6) Output hasil data

A. 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 2.5 berikut:



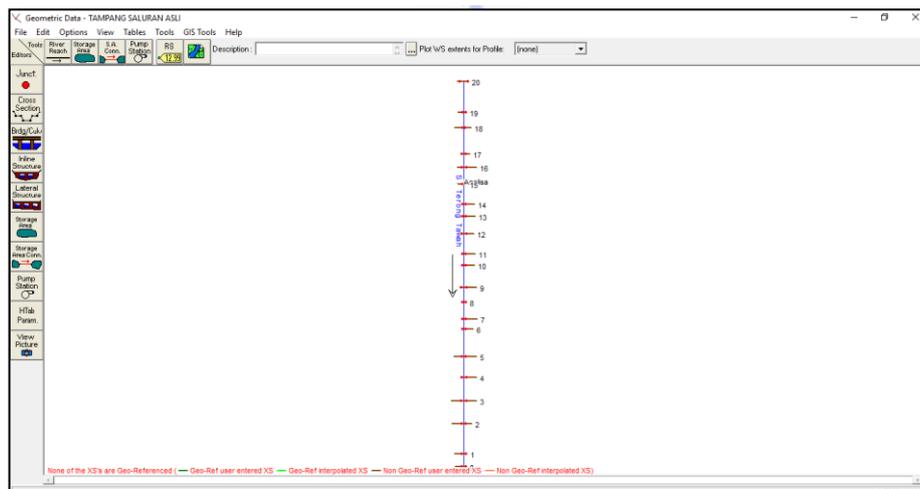
Gambar 2.5 Jendela *New Project*

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*.

B. 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 2.6. (ketika anda membuka pekerjaan baru, layar akan kosong).



Gambar 2.6 Jendela geometri data

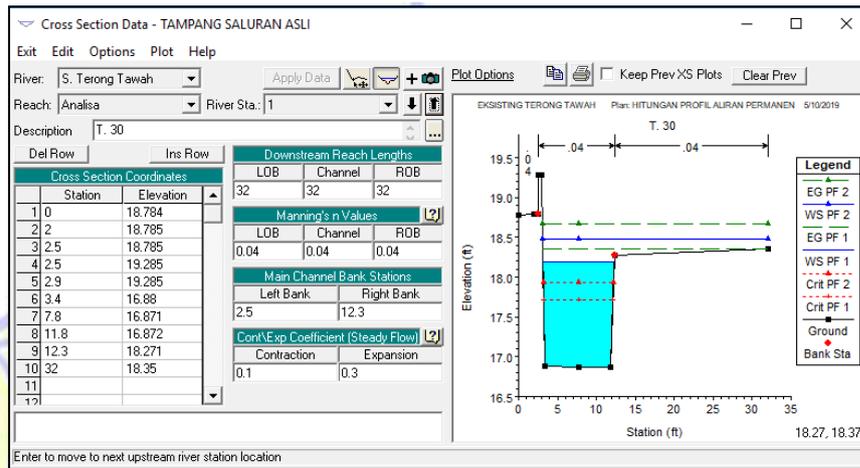
1) Menggambar Skema Alur Sungai

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 2.7 berikut:



Gambar 2.7 Jendela editor data *Cross Section*

Data masukan yang dibutuhkan untuk setiap *cross-section* ditunjukkan pada editor data *cross-section* seperti pada Gambar 2.7. 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) Masukkan informasi tambahan yang diperlukan (misal: bendungan, penghalang aliran, dsb), melalui menu *Options*.

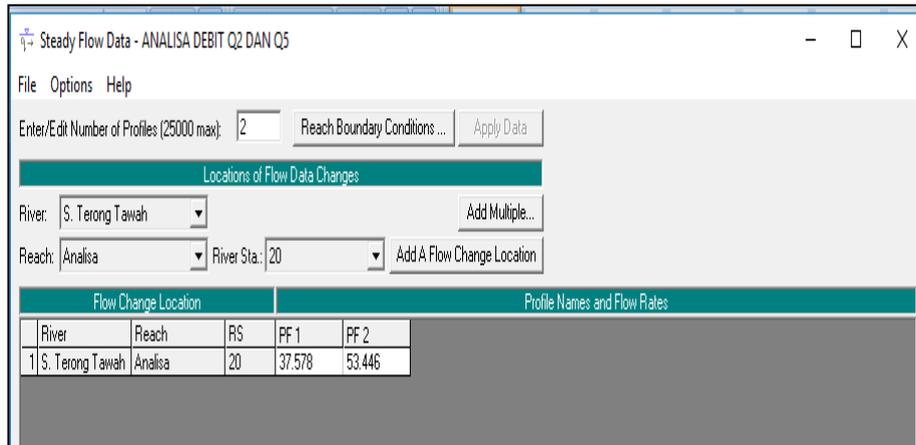
- 5) Tekan tombol *Apply Data*. Setelah semua data geometri dimasukkan, simpanlah melalui *Save Geometric Data As* pada menu *File* yang terletak pada tampilan utama editor Geometric Data.

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*).

C. 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 2.8 berikut:



Gambar 2.8 *Jendela editor data aliran Steady Flow*

1) Data Aliran

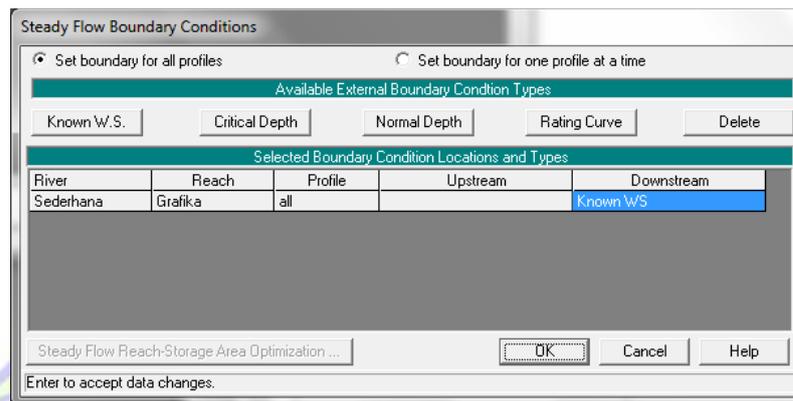
Untuk data-data yang diperlukan adalah :

- 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 2.9 berikut:



Gambar 2.9 Jendela editor kondisi batas

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.

- a) *Known Water Surface Elevations*. Untuk kondisi ini pengguna harus memasukkan muka air yang diketahui pada setiap profil.

- b) *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.
- c) *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.
- d) *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.

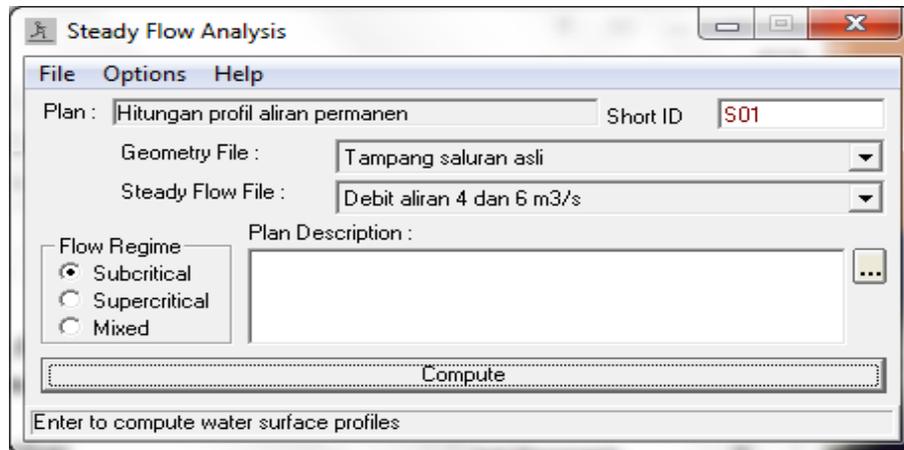
D. Menyimpan data

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*.

E. 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 2.10 berikut:



Gambar 2.10 Tampilan *steady flow analysis*

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*.

F. 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*)

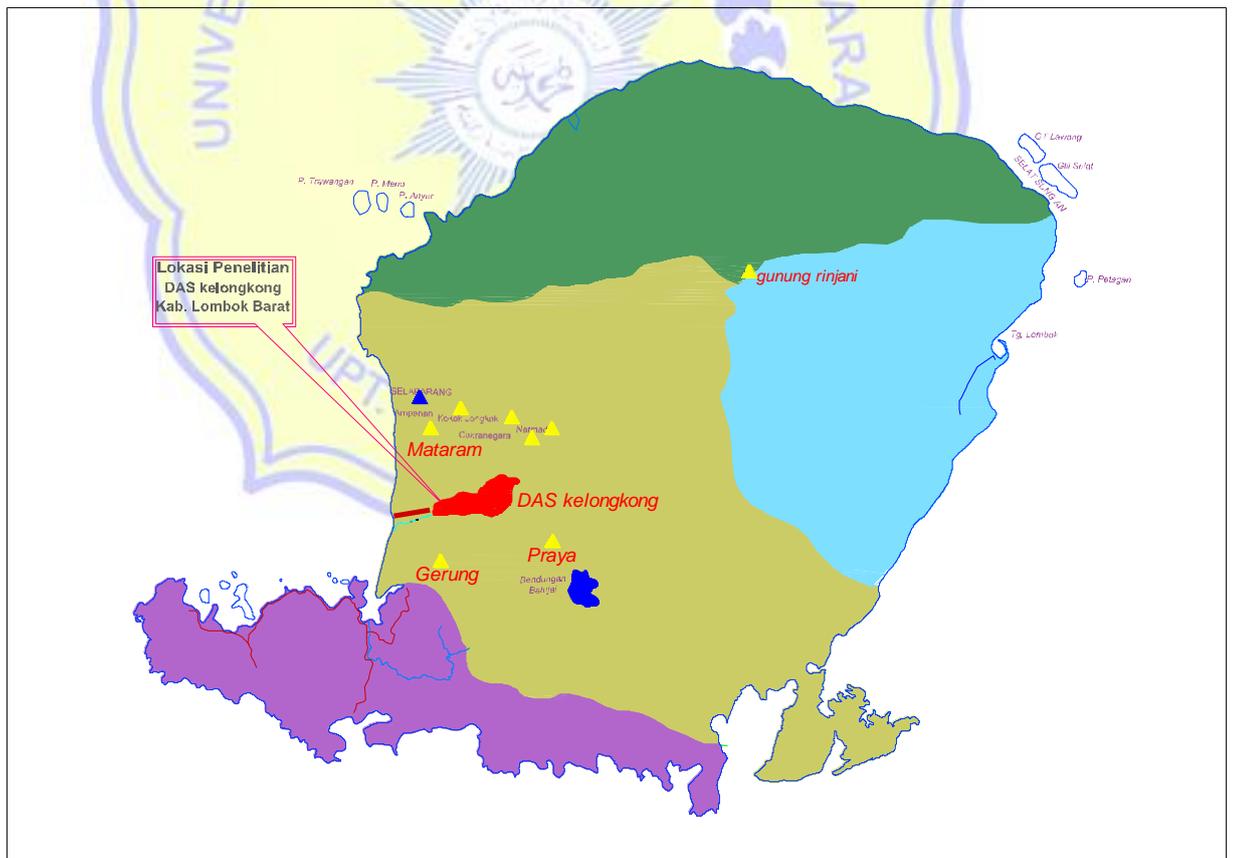
BAB III

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 kota Mataram dan kabupaten lombok barat. Jika lebih spesifik lagi ada beberapa daerah di kabupaten lombok barat yang sering tertimpa banjir salah satunya adalah sungai kelongkong yang berada di desa terong bawah. Sungai kelongkong ini berada di pinggiran kota mataram.

Lokasi penelitian dilaksanakan di sepanjang daerah aliran Sungai kelongkong di Kabupaten Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Untuk peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 dan daerah lokasi penelitian pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian DAS Kelongkong

Peta yang menggambarkan alur Daerah Sungai Kelongkong dimulai dari hulu dan hilirnya yang bermuara ke Laut.

b) Data penampang memanjang dan melintang sungai

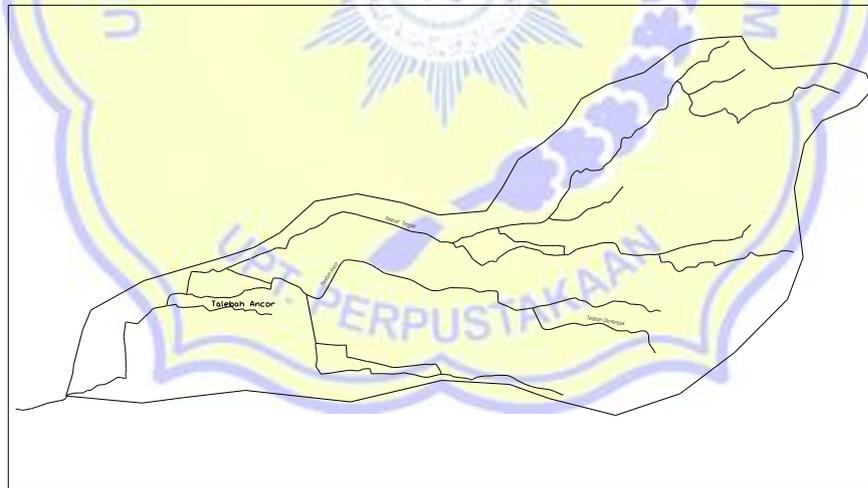
Yaitu gambar detail potongan memanjang dan melintang (*cross section*) beserta posisi stasioningnya. Data tersebut nantinya digunakan dalam pemodelan penampang sungai pada program HEC-RAS.

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 dua tahun dan data debit dengan kala ulang lima tahun.

3.3.2 Peta DAS sungai kelongkong

Batas-batas DAS kelongkong memiliki luas 11.06 km². Luas das diperoleh dari batas-batas kontur yang berdasarkan luas ril dilapangan. Adapun peta DAS yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut :



Gambar 3.3 Peta DAS sungai kelongkong

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 diperoleh bahwa ada dua data debit yang digunakan, yaitu data debit dengan kala ulang dua tahun dan data debit dengan kala ulang 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 kelongkong, 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 dua tahun dan data debit dengan kala ulang 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 $n=0,04$. 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 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 kelongkong 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 dua tahun dan data debit dengan kala ulang kima 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

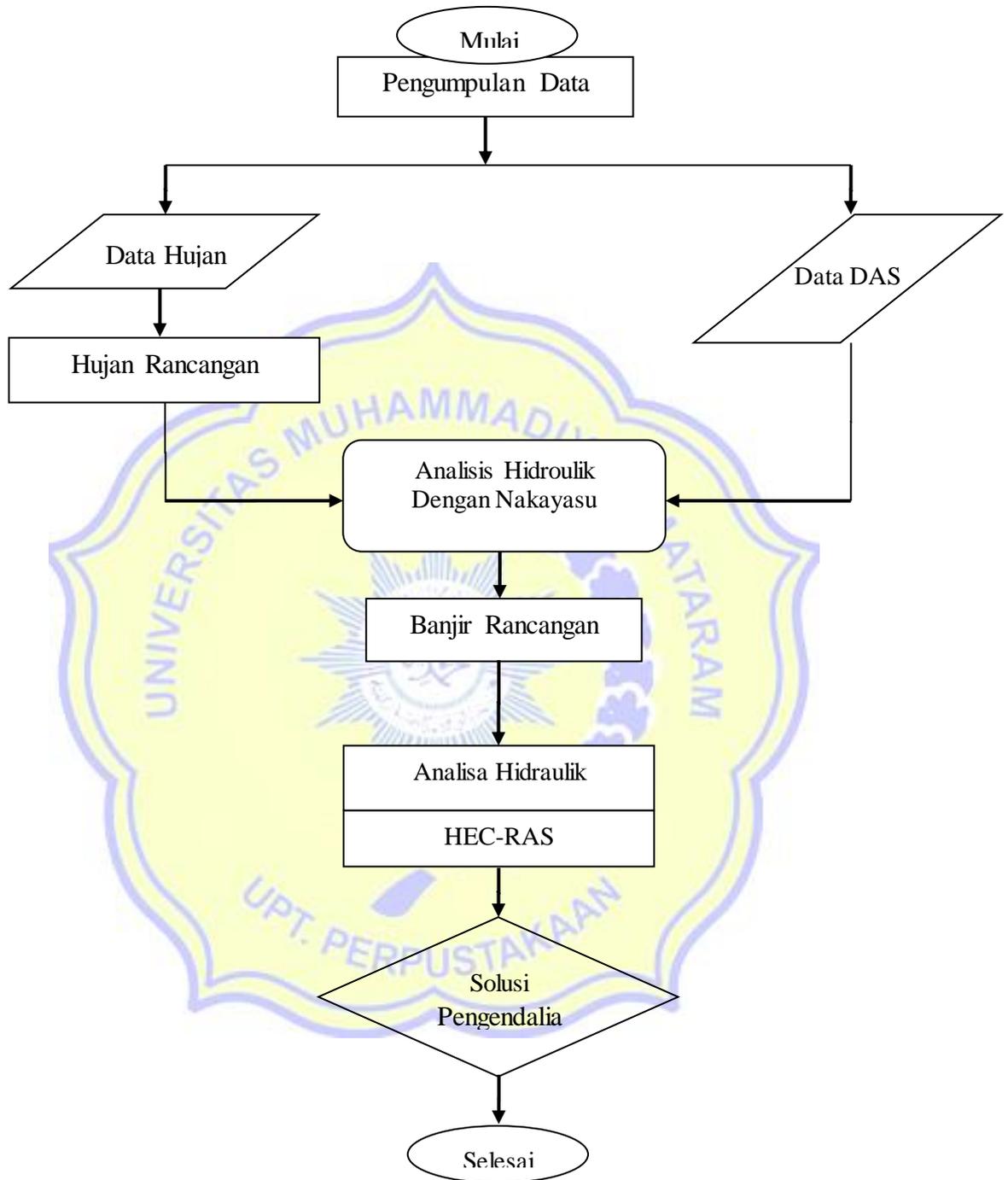
Setelah semua data diinput maka selanjutnya adalah me-*Running* data. Data-data yang sudah diinput akan dianalisa secara otomatis oleh program HEC-RAS. Dengan demikian hasil analisis tersebut akan menghasilkan output data. Data-data tersebut berupa tampang melintang sungai dan tampang memanjang sungai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

3.5 Bagan Alir

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

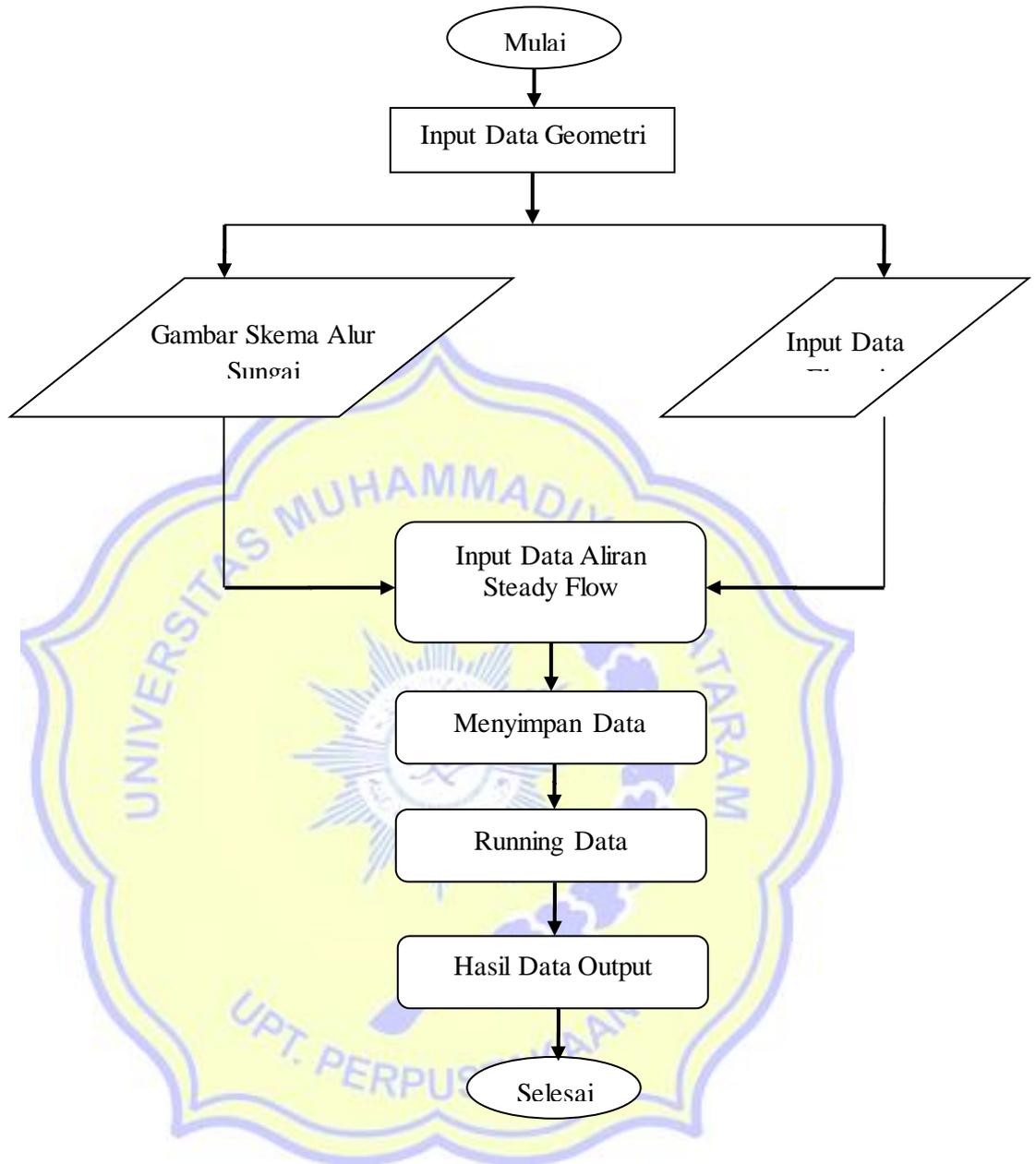


3.5.1 Bagan alir penelitian



Gambar 3.4 Bagan alir Penelitian

3.5.2 Bagan alir HEC-RAS



Gambar 3.5 Bagan alir Hec-Ras