

SKRIPSI

**SIMULASI KOMPUTASI DEBIT SUNGAI TAKALALLA
(STUDI KASUS DUSUN TAKALALLA KAB. SINJAI)**



25/05/2021

1.200
Semb. Alunmy

P/0025/SIP/2100
ARM
s¹

ARMILA

105 81 11019 16

MUH. NUR AKBAR

105 81 11272 17

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2021**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Armila** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11019 16 dan **Muh. Nur Akbar** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11272 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 27 Februari 2021.

Panitia Ujian :

Makassar,

15 Rajab 1442 H

27 Februari 2021 M

1. Pengawas Umum :

- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag.
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.

2. Penguji :

- a. Ketua : Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, S.T., M.T., IPM.
- b. Sekretaris : Farida Gaffar, S.T., M.M.

3. Anggota : 1. Dr. Ir. H. Riswal K, M.T.

2. Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, S.T., M.T.

3. Mahmuddin, S.T., M.T., IPM.

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM.

Fausiah Latief, S.T., M.T.

Dekan :

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T., IPM.

NBM. : 855 500



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **SIMULASI KOMPUTASI DEBIT SUNGAI TAKALALLA**
(STUDI KASUS DUSUN TAKALALLA KAB. SINJAI)

Nama : ARMILA
MUH. NUR AKBAR

Stambuk : 105 81 11019 16
105 81 11272 17

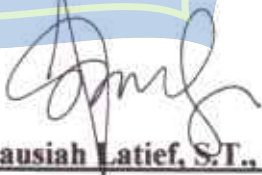
Makassar, 15 Rajab 1442 H
27 Februari 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing :

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM.


Fausiah Latief, S.T., M.T.

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan



Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T., IPM.

NBM : 1183 084

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ***“Simulasi Komputasi Debit Sungai Takalalla (Studi Kasus Dusun Takalalla Kabupaten Sinjai)”*** yang disusun berdasarkan hasil dari beberapa referensi terkait.

Penulisan skripsi ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Program Strata I Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapat bimbingan, bantuan, maupun dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya melalui kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedelapan orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, pengertian dan perhatian serta dorongan, baik berupa moril maupun materi.
2. Bapak **Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag.** selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T., IPM.** selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak **Ir. Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM.** selaku Sekertaris Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar.

5. Ibu **Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM.** sebagai Pembimbing I penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu **Fauziah Latif, ST., MT.** sebagai Pembimbing II penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak dan ibu dosen serta seluruh staf dan karyawan Universitas Muhammadiyah Makassar pada Jurusan Teknik Sipil.
8. Seluruh saudara / saudari seperjuangan kami.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam dunia Pendidikan Teknik Sipil.

Makassar, Februari 2021

Penulis

ABSTRAK

Sungai Takalalla merupakan salah satu sungai yang terletak di Kab. Sinjai dan bermuara di Selat Bone. Permasalahan banjir di Sungai Takalalla ini merupakan masalah yang selalu berulang kali terjadi dan yang paling parah terjadi pada tahun 2016 di mana terjadi banjir bandang. Jumlah rumah yang terendam mencapai 105 rumah, sehingga menyebabkan kerugian yang cukup besar bagi penduduk sekitar antara lain kerusakan kebun, sawah siap panen, ternak dan sebagainya. Dengan adanya persoalan banjir tersebut maka dilakukan analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir serta analisis hidrolika untuk mendapatkan tinggi muka air banjir di Sungai Takalalla.

Analisis curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan metode Log Pearson III. Untuk menghitung debit banjir sungai Takalalla ini digunakan data curah hujan di stasiun Arango, Apparang III, dan Sangkala dengan periode pencatatan tahun 1999 s/d 2018. Untuk perhitungan debit banjir menggunakan program HEC-HMS dan untuk perhitungan tinggi muka air menggunakan program HEC-RAS.

Dari hasil analisis, debit banjir rencana dengan berbagai kala ulang menggunakan program HEC-HMS memberikan hasil yang beragam. Dan untuk hasil tinggi muka air yang menggunakan program HEC-RAS pada kala ulang 2,5,10,20,25, dan 50 tahun cenderung terjadi luapan di sisi kiri sungai, sehingga pada kondisi eksisting sungai tidak dapat menampung debit banjir yang ada.

Kata Kunci : Debit Banjir Rencana, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS

ABSTRACT

Takalalla River is one of the rivers located in the district. Sinjai and empties into the Bone Strait. The problem of flooding in the Takalalla River is a recurring problem and the worst occurred in 2016 where there was a flash flood. The number of houses submerged reached 105 houses, causing considerable losses for local residents, including damage to gardens, rice fields ready for harvest, livestock and so on. With the problem of flooding, a hydrological analysis was carried out to obtain flood discharge and hydraulic analysis to obtain the flood water level in the Takalalla River.

The analysis of the planned rainfall was calculated using the Log Pearson III method. To calculate the flood discharge of the Takalalla river, rainfall data were used at Arango, Apparang III, and Sangkala stations with the recording period of 1999 to 2018. For the calculation of flood discharge using the HEC-HMS program and for calculating the water level using the HEC-RAS program.

From the results of the analysis, the planned flood discharge with various times of return using the HEC-HMS program gave mixed results. And for the results of the water level using the HEC-RAS program at the 2,5,10,20,25, and 50 years return period there tends to be an overflow on the left side of the river, so that in the existing conditions the river cannot accommodate the existing flood discharge.

Keywords: Planned Flood Discharge, Water Level, HEC-HMS, HEC-RAS

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR NOTASI SINGKATAN.....	x
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. LANDASAN TEORI.....	6
A. Analisis Hidrologi.....	6
B. Daerah Aliran Sungai.....	7
C. Analisis Curah Hujan Rencana.....	8
D. Analisa Frekuensi.....	12
E. Pengujian Kecocokan Distribusi.....	22
1. Uji Chi-Kuadrat.....	23
2. Uji Smirnov-Kolmogorof.....	26

F.	Analisa Intensitas Hujan	29
G.	Debit Banjir Rencana	30
H.	Hidrograf Satuan	30
I.	Pemodelan HEC-HMS	31
J.	Analisa Hidrolika	35
1.	Pemodelan HEC-RAS	35
2.	Langkah-Langkah Menggunakan HEC-RAS	37
K.	Penelitian Terdahulu	44
BAB III. METODE PENELITIAN		47
A.	Lokasi Penelitian	47
B.	Tahapan Persiapan	47
1.	Studi Literatur	47
2.	Survey Lokasi	49
C.	Pengumpulan Data	49
1.	Data Primer	49
2.	Data Sekunder	49
D.	Analisa Data	50
E.	Bagan Alir	52
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		53
A.	Analisis Hidrologi	53
B.	Penentuan Daerah Aliran Sungai	54
C.	Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan	54
D.	Analisis Curah Hujan	55

1.	Data Hujan	55
2.	Penentuan Hujan Kawasan / Wilayah	60
E.	Analisis Frekuensi	66
1.	Pengukuran Dispersi	66
2.	Pemilihan Jenis Distribusi	68
F.	Pengujian Kecocokan Distribusi	73
1.	Uji Chi-Kuadrat	73
2.	Uji Smirnov-Kolmogorof	78
G.	Perhitungan Distribusi Jam-Jaman	80
H.	Analisis Debit Banjir dengan Aplikasi HEC-HMS	83
I.	Analisis Hidrolika dengan Aplikasi HEC-RAS	91
BAB V. PENUTUP		98
1.	Kesimpulan	98
2.	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		99
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi Penelitian.....	48
Gambar 2. Bagan Alir	52
Gambar 3. Luas Pengaruh Stasiun Hujan pada DAS Bua.....	56
Gambar 4. Basin Model DAS Bua.....	84
Gambar 5. Hasil Run Kala Ulang 2 Tahun.....	88
Gambar 6. Hasil Run Kala Ulang 5 Tahun.....	88
Gambar 7. Hasil Run Kala Ulang 10 Tahun.....	89
Gambar 8. Hasil Run Kala Ulang 20 Tahun.....	89
Gambar 9. Hasil Run Kala Ulang 25 Tahun.....	90
Gambar 10. Hasil Run Kala Ulang 50 Tahun.....	90
Gambar 11. Penampang Memanjang Sungai Takalalla.....	92
Gambar 12. Profil Melintang Titik S.14.....	93
Gambar 13. Profil Melintang Titik S.16.....	93
Gambar 14. Profil Melintang Titik S.18.....	94
Gambar 15. Profil Melintang Titik S.20.....	94
Gambar 16. Profil Melintang Titik S.22.....	95
Gambar 17. Profil Melintang Titik S.24.....	95
Gambar 18. Peta Genangan Banjir Kala Ulang 20 Tahun	95

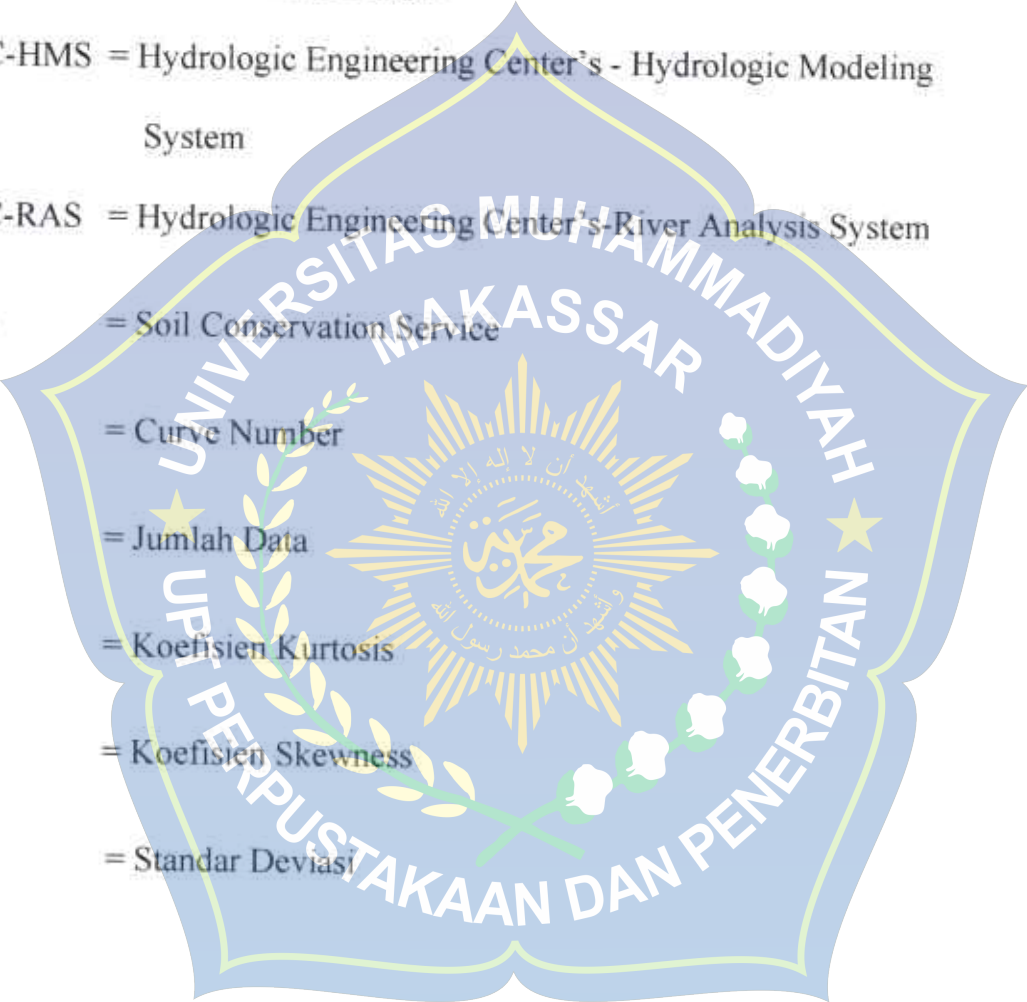
DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pertimbangan cara yang dapat digunakan	11
Tabel 2. Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi	15
Tabel 3. Nilai k Distribusi Pearson Tipe III	18
Tabel 4. Hubungan Reduksi Variant Rata dengan jumlah data	20
Tabel 5. Hubungan antara deviasi standar dan reduksi varian	21
Tabel 6. Nilai Chi Kuadrat Teoritis	25
Tabel 7. Nilai Delta Kritis (Do) untuk uji keselarasan Smirnof Kolmogorof	29
Tabel 8. Matriks Penelitian Terdahulu	45
Tabel 9. Luas Pengaruh Stasiun Hujan pada DAS	55
Tabel 10. Curah Hujan Maksimum	57
Tabel 11. Curah Hujan Max Dengan Kejadian Yang Sama	58
Tabel 12. Hasil Perhitungan Hujan Wilayah Metode Poligon Thiessen	62
Tabel 13. Perhitungan Parameter Dasar Statistik	66
Tabel 14. Penentuan Distribusi Curah Hujan	69
Tabel 15. Hasil Perhitungan Hujan Wilayah Metode Poligon Thiessen	70
Tabel 16. Perhitungan Distribusi Log Pearson III	71
Tabel 17. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	73
Tabel 18. Perhitungan Chi	73

Tabel 19. Nilai Batasan Chi	76
Tabel 20. Chi Kuadrat Hitung	77
Tabel 21. Smirnov Kolmogorof Hitung	78
Tabel 22. Periode Ulang Hujan Harian Maksimum	80
Tabel 23. Perhitungan Hujan Netto	82
Tabel 24. Perhitungan Hujan Netto Jam-Jaman	83
Tabel 25. Nilai Debit Beberapa Kala Ulang	91
Tabel 26. Rekapitulasi Tinggi Muka Air (20 Tahun)	96



DAFTAR NOTASI SINGKATAN



DAS	= Daerah Aliran Sungai
HEC-HMS	= Hydrologic Engineering Center's - Hydrologic Modeling System
HEC-RAS	= Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System
SCS	= Soil Conservation Service
CN	= Curve Number
n	= Jumlah Data
C _k	= Koefisien Kurtosis
C _s	= Koefisien Skewness
S _d	= Standar Deviasi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Banjir merupakan bencana alam yang seringkali terjadi di musim penghujan yang merebak di berbagai Daerah Aliran Sungai (DAS) di sebagian besar wilayah Indonesia. Banjir adalah suatu kondisi dimana terjadi peningkatan debit air sungai sehingga meluap dan menggenangi daerah sekitarnya.

Sungai Takalalla merupakan salah satu sungai yang terletak di Kab. Sinjai dan bermuara di Selat Bone. Permasalahan banjir di Sungai Takalalla ini merupakan masalah yang selalu berulang kali terjadi dan yang paling parah terjadi pada tahun 2016 dimana terjadi banjir bandang. Jumlah rumah yang terendam mencapai 105 rumah, sehingga menyebabkan kerugian yang cukup besar bagi penduduk sekitar antara lain kerusakan kebun, sawah siap panen, ternak dan sebagainya.

Umumnya banjir terjadi pada periode tertentu terutama pada saat curah hujan tinggi di daerah hulu. Akibat kemiringan lereng yang cukup terjal serta dangkalnya sungai Takalalla menyebabkan penampang sungai tidak mampu menahan debit banjir yang terjadi sehingga aliran air menggerus tebing-tebing sungai disepanjang sungai Takalalla dan menyebabkan pelebaran sungai yang cukup besar.

Selain menyebabkan pelebaran sungai, air yang meluap juga merendam wilayah-wilayah di sepanjang sungai terutama di daerah Muara di Desa Sinjai mendapatkan dampak yang cukup besar mengingat daerah tersebut juga dipengaruhi oleh pasang-surut dari teluk Bone.

Dari permasalahan yang terjadi, untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Oleh karena itu, diperlukan analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir serta analisis hidrolika untuk mendapatkan tinggi muka air banjir di Sungai Takalalla dengan berbagai kala ulang.

Sebagai tindak lanjut dari hal diatas, kami mengangkat sebuah tugas akhir dengan judul ***“Simulasi Komputasi Debit Sungai Takalalla (Studi Kasus Dusun Takalalla Kabupaten Sinjai)”***

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai debit banjir rencana pada sungai Takalalla menggunakan aplikasi HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*)?
2. Bagaimana tinggi muka air banjir pada Sungai Takalalla menggunakan aplikasi HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System*)?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan nilai debit banjir pada Sungai Takallala dengan menggunakan aplikasi HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*).
2. Untuk mendapatkan tinggi muka air banjir pada Sungai Takalalla menggunakan aplikasi HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*).

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Sebagai bahan informasi untuk instansi terkait yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di Sungai Takalalla.
2. Sebagai bahan referensi kepada pihak yang ingin melakukan penelitian selanjutnya.

E. Batasan Masalah

Agar tujuan penulisan ini mencapai sasaran yang diinginkan dan lebih terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah, diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di Sungai Takallala di sepanjang $\pm 10,243$ km yang sering terjadi banjir di Sungai Takalalla.

2. Metode yang digunakan untuk perhitungan debit banjir adalah aplikasi HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*) dan untuk tinggi muka air adalah aplikasi HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System*).
3. Dalam penelitian ini digunakan data curah hujan 20 tahun
4. Stasiun curah hujan yang digunakan 3 (tiga) stasiun yaitu Sta. Arango, Sta. Apparang III, dan Sta. Sangkala

F. Sistematika Penulisan

Penulisan ini merupakan susunan yang serasi dan teratur oleh karena itu dibuat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok-pokok uraian sehingga mencakup pengertian tentang apa dan bagaimana, jadi sistematika penulisan diuraikan sebagai berikut:

Bab I PENDAHULUAN yang berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II KAJIAN PUSTAKA yang berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini, meliputi teori tentang analisa hidrologi, analisa hidrolika, serta teori tentang aplikasi HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*), dan HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System*).

Bab III METODE PENELITIAN yang berisi tentang metode penelitian yang terdiri atas lokasi penelitian, pengumpulan data, analisa data dan bagan alur penelitian.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN yang berisi tentang hasil penelitian yang menguraikan besar debit banjir pada Sungai Takalalla menggunakan aplikasi HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*), dan besar tinggi muka air banjir pada Sungai Takalalla menggunakan aplikasi HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's-River Analysis System*).

Bab V PENUTUP yang berisi tentang kesimpulan dan dari hasil penelitian, serta saran-saran dari penulis.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Analisis Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (hydrologic phenomena). Data hidrologi merupakan bahan informasi yang sangat penting dalam pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air, pemanfaatan dan pengelolaan sumber-sumber air yang tepat dan rehabilitasi sumber-sumber alam seperti air, tanah dan hutan yang telah rusak. Fenomena hidrologi seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran dan konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah menurut waktu (Soewarno, 1995).

Dengan demikian suatu nilai dari sebuah data hidrologi itu hanya dapat terjadi lagi pada waktu yang berlainan sesuai dengan fenomena pada saat pengukuran nilai itu dilaksanakan. Kumpulan data hidrologi dapat disusun dalam bentuk daftar atau tabel dan disertai dengan gambar-gambar yang biasa disebut diagram atau grafik, dan dapat disajikan dalam bentuk peta tematik, seperti peta curah hujan dan peta tinggi muka air dengan maksud supaya lebih dapat menjelaskan tentang persoalan yang dipelajari.

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang

terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisis untuk menetapkan berbagai sifat dan besaran hidrauliknya. Demikian juga pada dasarnya bangunan-bangunan tersebut harus dirancang berdasarkan suatu standar perancangan yang benar sehingga diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan. Pengertian memuaskan dalam hal ini adalah bahwa bangunan hidraulik tersebut harus dapat berfungsi baik struktural maupun fungsional dalam jangka waktu yang ditetapkan.

Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu perencanaan bangunan air. Data untuk penentuan debit banjir rencana pada tugas akhir ini adalah data curah hujan, dimana curah hujan merupakan salah satu dari beberapa data yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana

B. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan 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 subDAS dan subDAS dapat terdiri dari beberapa sub-subDAS, 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.

C. Analisis Curah Hujan Rencana

Dalam penentuan curah hujan, data dari pencatat atau penakar hanya didapatkan curah hujan di suatu titik tertentu (*point rainfall*). Jika di dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal. Untuk mendapatkan harga curah hujan areal dapat dihitung dengan beberapa metode:

a. Metode Rata-rata Aljabar

Metode perhitungan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran curah hujan di stasiun hujan di dalam area tersebut. Metode ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika topografi rata atau datar, stasiun hujan banyak dan tersebar secara merata di area tersebut serta hasil penakaran masing-masing stasiun hujan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh stasiun hujan di seluruh area.

$$\text{Rumus} = R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

(Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, 2003, hal : 27)

Dengan:

R = curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, R_n = curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)

n = banyaknya stasiun hujan

b. Metode Poligon Thiessen

Metode ini berdasarkan atas rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar.

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

(C.D. Soemarto, 1999. hal :11)

Persamaan di atas dapat ditulis menjadi persamaan di bawah ini:

$$R = R_1.C_1 + R_2.C_2 + \dots + R_n.C_n$$

$$C = \text{Koefisien Thiessen} = \frac{A}{A + A + \dots + A}$$

Dengan:

R = Curah hujan rata-rata DAS (mm)

R_1, R_2, R_n = Curah hujan pada setiap stasiun hujan 1, 2, ..., n (mm)

A_1, A_2, A_n = Luas daerah pengaruh dari setiap stasiun hujan 1, 2, ..., n (Km²)

Metode Thiessen dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang diwakili. Akan tetapi metode ini dipandang belum memuaskan karena pengaruh topografi tidak nampak. Demikian juga apabila ada salah satu stasiun hujan tidak berfungsi, misalnya rusak atau data tidak benar, maka poligon harus diubah (Sri Harto, 1993).

c. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan tempat kedudukan dari harga curah hujan yang sama. Isohyet ini diperoleh dengan cara interpolasi dari harga-harga curah hujan titik (*point rainfall*).

$$\text{Rumus} = R = \frac{\left(\frac{R_1+R_2}{2}\right) A_2 + \left(\frac{R_2+R_3}{2}\right) A_3 + \dots + \left(\frac{R_{n-1}+R_n}{2}\right) A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.3)$$

(C.D. Soemarto, 1999. hal :11)

Dengan:

R = curah hujan rata-rata (mm).

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = curah hujan stasiun 1, 2, ..., n (mm).

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = luas bagian yang dibatasi oleh isohyet (km^2).

Metode ini adalah cara yang paling teliti untuk mendapatkan hujan daerah rata-rata, tetapi memerlukan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat. Pada menggambar garis-garis Isohyet sebaiknya juga memperhatikan pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (Sosrodarsono, 2003).

Dari ketiga metode diatas perlu dipilih metode yang sesuai pada suatu daerah tangkapan air. Ada ketentuan-ketentuan yang digunakan untuk menentukan metode apa yang akan dipakai seperti tabel dibawah ini

Tabel 1. Pertimbangan Cara yang Dapat Digunakan

Parameter	Kondisi	Cara yang dapat digunakan
Jumlah stasiun hujan	Cukup	Aritmetika, Thiessen Polygon, Ishoyet
	Terbatas	Rerata Aritmetik, Thiessen Poligon
Luas Das	>5000 km^2 (Besar)	Ishoyet
	501 – 5000 km^2 (sedang)	Thiessen Poligon
	<500 km^2 (kecil)	Rerata Aritmatik
Kondisi Topografi	Pegunungan	Thiessen Poligon
	Dataran	Aljabar
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Ishoyet dan Thiessen Poligon

Sumber: Suripin, 1998

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang (T) dengan persamaan :

$$\text{Log } Q = \overline{\text{Log } X} + k.Sd \dots\dots\dots (2.13)$$

6. Hitung anti Log Q dengan persamaan :

$$QT = \text{Anti Log } Q \dots\dots\dots (2.14)$$

- c. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan maksimum dengan menggunakan metode gumbel didasarkan pada persamaan sebagai berikut:

$$X_n = X + K \times Sx \dots\dots\dots (2.15)$$

$$K_t = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$SX = \left[\frac{\sum X^2 - \bar{X} \times \sum X}{n - 1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

X_n = Besarnya aliran/curah hujan untuk periode ulang n tahun

$\bar{X}$ = Curah hujan maksimum rata-rata selama pengamatan

K_t = Faktor frekuensi

S_x = Standar deviasi

n = Periode ulang

Y_n = *Reduced Mean* sebagai fungsi dari banyak data (n)

S_n = *Reduced standar Deviasi* sebagai fungsi banyaknya data(n)

Y_t = *Reduced variate*

Tabel 3. Nilai k Distribusi Pearson tipe III

(CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,606	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,420	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,420	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,420	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,420	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,420	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,420	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,420	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,053	2,326	2,576	3,090

Tabel 3. Nilai k Distribusi Pearson tipe III (lanjutan)

(CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,196	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,245	0,817	0,994	1,116	1,161	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,063	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,711	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber: Soewarno, 1995

Tabel 4. Hubungan reduksi Variat Rata (Y_n) dengan jumlah data (n)

n	Y_n	N	Y_n	n	Y_n
10	0,4952	41	0,5442	72	0,5552
11	0,4996	42	0,5448	73	0,5555
12	0,5053	43	0,5453	74	0,5557
13	0,5070	44	0,5258	75	0,5559
14	0,5100	45	0,5463	76	0,5561
15	0,5128	46	0,5468	77	0,5563
16	0,5157	47	0,5473	78	0,5565
17	0,5181	48	0,5447	79	0,5567
18	0,5202	49	0,5481	80	0,5569
19	0,5220	50	0,5485	81	0,5570
20	0,5235	51	0,5489	82	0,5572
21	0,5252	52	0,5493	83	0,5574
22	0,5268	53	0,5497	84	0,5576
23	0,5283	54	0,5501	85	0,5578
24	0,5296	55	0,5504	86	0,5580
25	0,5309	56	0,5508	87	0,5581
26	0,5320	57	0,5511	88	0,5583
27	0,5332	58	0,5515	89	0,5585
28	0,5343	59	0,5518	90	0,5586
29	0,5353	60	0,5521	91	0,5587
30	0,5362	61	0,5524	92	0,5589
31	0,5371	62	0,5527	93	0,5591
32	0,5380	63	0,5530	94	0,5592
33	0,5388	64	0,5533	95	0,5593
34	0,5396	65	0,5535	96	0,5595
35	0,5403	66	0,5538	97	0,5596

Tabel 4. Hubungan reduksi Variat Rata (Y_n) dengan jumlah data (n)

n	Y_n	N	Y_n	n	Y_n
36	0,5410	67	0,5540	98	0,5598
37	0,5418	68	0,5543	99	0,5599
38	0,5424	69	0,5545	100	0,5600

Sumber: Soewarno, 1991

Tabel 5. Hubungan antara deviasi standar dan reduksi variat (σ_n) dengan jumlah data (n)

n	σ_n	N	σ_n	n	σ_n
10	0,9497	41	11,436	72	11,873
11	0,9676	42	11,458	73	11,881
12	0,9833	43	11,480	74	11,890
13	0,9972	44	11,490	75	11,898
14	10,089	45	11,518	76	11,906
15	10,206	46	11,538	77	11,915
16	10,316	47	11,557	78	11,923
17	10,411	48	11,574	79	11,930
18	10,493	49	11,590	80	11,938
19	10,566	50	11,607	81	11,945
20	10,629	51	11,623	82	11,953
21	10,969	52	11,638	83	11,959
22	10,754	53	11,653	84	11,967
23	10,811	54	11,667	85	11,973
24	10,864	55	11,681	86	11,980
25	10,914	56	11,696	87	11,987
26	10,961	57	11,708	88	11,994
27	11,004	58	11,721	89	12,001
28	11,047	59	11,734	90	12,007

Tabel 5. Hubungan antara deviasi standar dan reduksi variat (σ_n) dengan jumlah data (n) (lanjutan)

n	σ_n	N	σ_n	n	σ_n
29	11,086	60	11,747	91	12,013
30	11,124	61	11,759	92	12,020
31	11,159	62	11,770	93	12,026
32	11,193	63	11,782	94	12,032
33	11,226	64	11,793	95	12,038
34	11,255	65	11,803	96	12,044
35	11,285	66	11,814	97	12,049
36	11,313	67	11,824	98	12,055
37	11,339	68	11,834	99	12,060
38	11,363	69	11,844	100	12,065
33	11,226	64	11,793	95	12,038
34	11,255	65	11,803	96	12,044
35	11,285	66	11,814	97	12,049
36	11,313	67	11,824	98	12,055
37	11,339	68	11,834	99	12,060
38	11,363	69	11,844	100	12,065

Sumber: Soewarno, 1991

E. Pengujian Kecocokan Distribusi / Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran ini digunakan untuk menguji sebaran data apakah memenuhi syarat untuk data perencanaan. Pengujian kecocokan sebaran ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu Chi-Kuadrat ataupun dengan Smirnov Kolmogorov. Umumnya pengujian dilaksanakan dengan cara mengambarkkan data pada kertas peluang dan menentukan

apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva frekuensi teoritisnya (Soewarno, 1995).

1. Uji *Chi-Kuadrat*

Uji *Chi-Kuadrat* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

$$\text{Rumus} = \chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.18)$$

(Soewarno, 1995: hal: 194)

Dengan:

- χ^2 = Harga *Chi-kuadrat* terhitung
- G = Jumlah sub kelompok
- O_i = Jumlah data yang teramati terdapat pada sub kelompok ke-i
- E_i = Jumlah data yang secara teoritis terdapat pada sub kelompok ke-i

Adapun prosedur pengujian *Chi-kuadrat* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- a. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- b. Kelompokkan data menjadi G sub-group, tiap-tiap sub-group minimal terdapat empat buah data pengamatan

Pengelompokan data (G) dapat dihitung dengan rumus :

$$G = 1 + 1,37 \ln (n) \quad n = \text{jumlah data}$$

- c. Hitung jumlah pengamatan yang teramati di dalam tiap-tiap sub-group (O_i).
- d. Hitung jumlah atau banyaknya data yang secara teoritis ada di tiap-tiap sub-group (E_i).
- e. Tiap-tiap sub-group hitung nilai $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ pada tiap sub grup
- f. Jumlah seluruh G sub-group nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-kuadrat hitung
- g. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ ($R=2$ untuk distribusi normal dan binomial, dan $R=1$ untuk distribusi poisson).

Dapat disimpulkan bahwa setelah diuji dengan *Chi-kuadrat* pemilihan jenis sebaran memenuhi syarat distribusi, maka curah hujan rencana dapat dihitung. Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- a. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- b. Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.

- c. Apabila peluang lebih kecil dari 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

Tabel 6. Nilai Chi Kuadrat Teoritis

Dr	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,25	0,01	0,05
1	3.90E-05	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156

Tabel 6. Nilai Chi Kuadrat Teoritis (lanjutan)

19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber: Soewarno, 1991

2. Uji Smirnov-Kolmogorof

Pengujian kecocokan sebaran dengan cara ini dinilai lebih sederhana dibanding dengan pengujian dengan cara *Chi-Kuadrat*. Dengan membandingkan kemungkinan (*probability*) untuk setiap variat, dari distribusi empiris dan teoritisnya, akan terdapat perbedaan (Δ) tertentu (Soewarno, 1995).

Apabila harga Δ max yang terbaca pada kertas probabilitas kurang dari Δ kritis untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka

dapat disimpulkan bahwa penyimpangan yang terjadi disebabkan oleh kesalahankesalahan yang terjadi secara kebetulan (Soewarno, 1995).

Prosedur uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* sebagai berikut:

- a. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} \quad 2.19$$

$$P(X_n) = 1 - P(X) \quad 2.20$$

Dengan:

$P(X)$ = Peluang

m = Nomor urut kejadian

n = Jumlah data

- b. Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_m = P'(X_m)$$

$$X_n = P'(X_n)$$

$$f(t) = \frac{x - \bar{x}}{sd} \dots\dots\dots 2.21$$

Dengan:

$F(t)$ = distribusi normal standar

x = curah hujan

$\bar{x}$ = curah hujan rata-rata

c. Tentukan peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke- m $P'(X_m)$,
peluang teoritis tersebut didapat dari tabel

d. Tentukan peluang pengamatan dari rumus:

$$P(X_m) = 1 - P'(X_m) \dots\dots\dots 2.22$$

e. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar
peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D_{\max} = (P(X_n) - P'(X_n)) \dots\dots\dots 2.23$$

f. Berdasarkan tabel nilai kritis (Smirnov-Kolmogorof test) tentukan
harga D_0 (tabel 7)

g. Apabila $D < D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima,
apabila $D > D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat
diterima

Tabel 7. Nilai delta kritis (D_0) untuk uji keselarasan *Smirnof-Kolmogorof*

Jumlah data	α derajat kepercayaan			
	0.2	0.1	0.05	0.01
N				
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$n > 50$	$1.07/n^{0.5}$	$1.22/n^{0.5}$	$1.36/n^{0.5}$	$1.63/n^{0.5}$

Sumber: Soewarno, 1995

F. Analisa 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:

$$\text{Rumus} = I = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3} \dots \dots \dots (2.24)$$

$$R'_t = t \cdot R_t - (t - 1) \cdot (R_{(t-1)}) \dots \dots \dots (2.25)$$

(C.D.Soemarto, 1999. hal :14)

Dengan:

R_{24} = Curah Hujan Maksimum dalam 1 Hari (mm)

I = Intensitas Curah Hujan Rata-rata (mm)

R_t^* = Persentase Intensitas Curah Hujan Rata-rata (dalam t jam)

t = Waktu Konsentrasi Hujan (jam)

T = Waktu mulai hujan (jam)

G. Debit Banjir Rencana

Dalam analisis hidrologi yang dihitung adalah debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit banjir maksimum dari suatu sungai atau saluran yang besarnya didasarkan pada periode ulang tertentu. Debit banjir rencana, dijadikan dasar dalam merencanakan suatu bangunan hidrolis dengan tujuan agar bangunan yang direncanakan mampu menerima jumlah banjir yang kemungkinan terjadi pada periode ulang yang direncanakan. Dalam menganalisis debit banjir rencana akan digunakan program/software HEC-HMS.

H. Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan adalah hidrograf aliran langsung (*direct runoff*) hasil dari hujan efektif yang terjadi secara merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu yang ditetapkan (Sri Harto, 1993).

Konsep hidrograf satuan sintetis digunakan untuk mensintesiskan hidrograf dari DAS yang tidak terukur. Hidrograf satuan sintetis ditentukan apabila pada suatu DAS yang ditinjau tidak ada pencatatan tinggi muka air.

Chow, dkk. (1998) menyebutkan terdapat tiga tipe hidrograf satuan sintetik, yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hubungan karakteristik hidrograf satuan (puncak dan waktu puncak) dengan karakteristik DAS, contohnya hidrograf satuan Snyder.
2. Berdasarkan hidrograf satuan yang tidak berdimensi, contohnya hidrograf satuan SCS.
3. Berdasarkan metode perhitungan simpanan DAS, contohnya hidrograf satuan Clark dan pemodelan modifikasi Clark's (*ModClark*).

I. Pemodelan HEC-HMS

HEC-HMS adalah software yang dikembangkan oleh *U.S Army Corps of Engineering*. Software ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah wilayah sungai. HEC-HMS di desain untuk bisa diaplikasikan dalam area geografik yang sangat luas untuk menyelesaikan masalah, meliputi suplai air daerah pengaliran sungai, hidrologi banjir dan limpasan air di daerah kota kecil ataupun kawasan tangkapan air alami. Hidrograf satuan yang dihasilkan dapat digunakan langsung ataupun digabungkan dengan software lain yang digunakan dalam ketersediaan air, drainase perkotaan, ramalan dampak urbanisasi, desain pelimpah, pengurangan

kerusakan banjir, regulasi penanganan banjir, dan sistem operasi hidrologi (*U.S Army Corps of Engineering*, 2001).

Model HEC – HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu DAS (Daerah Aliran Sungai). Model HEC-HMS mengemas berbagai macam metode yang digunakan dalam analisa hidrologi. Dalam pengoperasiannya menggunakan basis sistem *windows*, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan. Di dalam model HEC-HMS mengangkat teori klasik hidrograf satuan untuk digunakan dalam permodelannya, antara lain hidrograf satuan sintetik *Snyder, Clark, SCS*, ataupun kita dapat mengembangkan hidrograf satuan lain dengan menggunakan fasilitas *user define hydrograph* (*U.S Army Corps of Engineering*, 2001). Sedangkan untuk menyelesaikan analisis hidrologi ini, digunakan hidrograf satuan sintetik dari *SCS (soil conservation service)* dengan menganalisa beberapa parameternya.

Langkah-langkah pengerjaan estimasi debit banjir pada daerah tangkapan hujan dengan model HEC-HMS dijabarkan sebagai berikut :

a. *Basin Model* (Model Daerah Tangkapan Air)

Pada basin model tersusun atas gambaran fisik daerah tangkapan air dan sungai. Elemen-elemen hidrologi berhubungan dengan jaringan yang mensimulasikan proses limpasan permukaan langsung (*run off*). Elemen-

elemen yang digunakan untuk mensimulasikan limpasan adalah *subbasin*, *reach*, dan *junction*. Pemodelan hidrograf satuan memiliki kelemahan pada luas area yang besar, maka perlu dilakukan pemisahan area *basin* menjadi beberapa *sub basin* berdasarkan percabangan sungai dan perlu diperhatikan batas-batas luas daerah yang berpengaruh pada DAS tersebut.

b. *Sub Basin Loss Rate Method* (Proses kehilangan air)

Loss rate method adalah pemodelan untuk menghitung kehilangan air yang terjadi karena proses infiltrasi dan pengurangan tampungan. Metode yang digunakan pemodelan ini adalah *Initial and Constant Loss Method*. Konsep dasar dari metode ini memperhitungkan rata-rata kehilangan air hujan yang terjadi selama hujan berlangsung. Infiltrasi merupakan hasil dari proses penyerapan air hujan oleh permukaan tanah, sedang pengurangan tampungan akibat dari perbedaan topografi pada suatu DAS. Air hujan yang jatuh akan diinfiltrasi atau dievaporasikan, hal ini akan sangat berpengaruh pada debit banjir yang akan mengalir pada sungai tersebut. Metode ini terdiri dari satu parameter (*Constant Rate*) dan satu kondisi yang telah ditentukan (*Initial Loss*), yang menggambarkan keadaan fisik DAS seperti tanah dan tata guna lahan.

c. *Sub Basin Transform* (Transformasi hidrograf satuan limpasan)

Transform adalah pemodelan metode hidrograf satuan yang digunakan. Unit hidrograf merupakan metode yang sangat familiar dan dapat diandalkan. Di HEC-HMS, hidrograf SCS dapat digunakan dengan

mudah, parameter utama yang dibutuhkan adalah waktu lag yaitu tenggang waktu (*time lag*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf.

$$\text{Rumus} = t_L = \frac{L^{0.8} \times (S + 1)^{0.7}}{1900 \times Y^{0.5}} \quad (2.26)$$

Dengan:

L = Panjang *overland flow* (ft)

S = Retensi maksimum (inchi)

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2.27)$$

CN = *Curve number*, yang berisi pengaruh dari tanah, tata guna lahan, kondisi hidrologi dan *soil moisture*.

Panjang *overland flow* dapat dicari dengan rumus berikut:

Untuk catchment simetrik dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{Panjang} = \frac{\text{Luas}}{2 \times \text{panjang saluran}}$$

Sedangkan untuk daerah aliran satu sisi, panjang aliran permukaan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Panjang} = \frac{\text{Luas}}{\text{panjang saluran}}$$

d. *Meteorologic Model* (Model data curah hujan)

Meteorologic Model merupakan masukan data curah hujan (*presipitasi*) efektif dapat berupa 15 menitan atau jam-jaman. Desain *hyetograph* harus didasarkan pencatatan kejadian hujan nyata. Perlu diperhatikan curah hujan kawasan diperoleh dari hujan rata-rata metode

thiessen dengan memperhatikan pengaruh stasiun-stasiun curah hujan pada kawasan tersebut. Curah hujan jam-jaman tersebut dapat digambarkan menjadi sebuah *stage hyetograph*.

e. *Run Configuration* (Konfigurasi eksekusi data)

Setelah semua variabel masukan diatas dimasukkan, untuk mengeksekusi pemodelan agar dapat berjalan, maka basin model dan meteorologic model harus disatukan. Hasil eksekusi metode ini dapat dilihat dalam grafik dan nilai outputnya. Untuk melihat hasil grafik limpasan atau tabel dapat langsung dengan mengklik elemen, simpul maupun penghubung elemen.

J. **Analisa Hidrolika**

Analisis hidrolika dimaksud untuk mengetahui tinggi muka air sungai pada kondisi eksisting terhadap banjir rencana. Analisis hidrolika dilakukan pada seluruh penampang sungai untuk mendapatkan lokasi sungai yang diinginkan, yaitu untuk mengetahui pada lokasi yang banjir. Karena dengan analisa hidrolika dapat diketahui ketinggian muka air sepanjang alur sungai yang ditinjau atau profil memanjang sungainya.

1. **Pemodelan HEC-RAS**

HEC-RAS merupakan paket program dari USACE (*US Army Corps of Engineer*), yaitu *software* yang didesain untuk melakukan berbagai analisis hidrolika. HEC-RAS mampu menampilkan perhitungan muka air satu dimensi untuk aliran dalam saluran alami ataupun buatan. HEC-RAS

juga mampu memperhitungkan penampang muka air aliran subkritis, superkritis, dan campuran (*mixed flow*).

Software ini memiliki empat komponen hitungan hidrolika, yaitu: profil muka air aliran permanen (*steady*), simulasi aliran tak permanen (*unsteady*), transpor sedimen serta hitungan kualitas air. Elemen yang paling penting dalam HEC-RAS adalah tersedianya geometri saluran, baik memanjang maupun melintang.

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*).

Output dari hasil analisa ini dengan menggunakan program HEC-RAS 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 hidrolik lainnya. Selain itu juga dapat menampilkan gabungan potongan melintang (*cross*

section) yang membentuk alur sungai secara tiga dimensi lengkap dengan alirannya.

2. Langkah-langkah menggunakan HEC-RAS

Terdapat lima langkah penting dalam membuat model hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS sebagai berikut.

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*.

Setelah itu pilih drive dan path tempat pekerjaan akan disimpan (untuk memilih, *double click directory* yang diinginkan pada kotak *directories*), kemudian masukan judul proyek dan nama file. Nama file harus dengan ekstensi “.prj”. Kemudian tekan “OK”. Setelah itu 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 dipakai.

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 saluran, data *cross section*. Data geometri dimasukkan dengan memilih *Geometric Data* pada menu *Edit* pada jendela utama.

1. Menggambar skema alur saluran

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

2. Memasukkan data cross section

Setelah skema sistem saluran tergambar, selanjutnya memasukkan data cross-section. Tekan tombol *Cross Section* akan memunculkan editor cross section. Pada tampilan ini, setiap cross section memiliki nama sungai (*River*), ruas (*Reach*), *River Station* dan *Description*, yang berfungsi untuk menggambarkan letak cross section tersebut pada sistem saluran. “*River Station*” tidak secara aktual menunjukkan letak cross section pada sistem saluran (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 saluran/sungai, cross section dengan nomor river station terbesar akan terletak di hulu saluran/sungai. Data masukan yang dibutuhkan untuk setiap cross section ditunjukkan pada editor data cross-section. Langkah langkah dalam memasukkan data cross section adalah sebagai berikut:

- a) Pilih saluran /sungai dan ruas saluran yang akan di-entry data cross sectionnya, dengan cara menekan panah pada kotak River dan Reach.
 - b) Pada menu Options pilih Add a New Cross Section. Kotak input muncul, masukkan nomor river stasiun untuk cross section yang baru kemudian tekan OK.
 - c) Masukkan semua data yang diperlukan. Data data yang diperlukan data yang terdapat pada layar editor cross section.
 - d) Tekan tombol Aplly Data. Setelah semua data geometri dimasukkan, simpanlah melalui Save Geometric Data As pada menu File yang terletak pada tampilan utama editor Geometric Data
- c. Memasukkan data aliran dan kondisi batas

Setelah semua data geometri dimasukkan, langkah selanjutnya adalah memasukkan data aliran *steady flow* yang dibutuhkan. Pilih *steady flow* dari menu *Edit* pada tampilan utama HEC-RAS.

1. Data aliran

Informasi 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 di bawahnya, misal: 10 tahun, 50 tahun, dsb.

2. Kondisi Batas

Setelah semua data aliran dimasukkan ke dalam tabel, langkah selanjutnya adalah kondisi batas yang mungkin dibutuhkan. Untuk memasukkan data kondisi batas, tekan tombol Boundary Conditions.

Kondisi batas diperlukan untuk menentukan permukaan air mula-mula di ujung-ujung sistem saluran/sungai (hulu dan hilir). Muka air awal dibutuhkan oleh program untuk memulai perhitungan. Pada resim aliran subkritik, kondisi batas hanya diperlukan di ujung sistem saluran/sungai bagian hilir. Jika resim aliran superkritik yang hendak dihitung, 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

1. Known Water Surface Elevations.

Untuk kondisi ini harus memasukkan muka air yang diketahui setiap profil

2. 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.

3. 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.

4. 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 suatu 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.

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*.

d. Melakukan perhitungan hidrolika (*Run 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.

Sebelum perhitungan dilakukan, pertama kali tentukan dahulu data geometri dan aliran (plan) mana yang akan dihitung. Kemudian pilih resim aliran yang akan 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.

e. Menampilkan dan mencetak hasil (*Output*)

Setelah perhitungan model diselesaikan, anda dapat menampilkan hasil. Beberapa fitur untuk menampilkan hasil tersedia pada menu *View* dari jendela utama. Menu ini terdiri dari:

1. Plot Cross Section
2. Plot profil
3. Plot rating curve
4. Plot perspektif X-Y-Z
5. Keluaran dalam bentuk tabel untuk lokasi tertentu (tabel keluaran detail)
6. Keluaran dalam bentuk tabel untuk banyak lokasi (tabel rekapitulasi profil).

K. Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang dijadikan referensi dalam penelitian mengenai Analisis Debit Sungai Takalalla menggunakan Software HEC-HMS dan HEC-RAS untuk Penanggulangan Banjir sebagai berikut :

Tabel 8. Matriks Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul	Tahun	Variabel	Metode
1.	Restu Wigati, Sudarsono, Intan Dwi Cahyani	Analisa Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1 (Study Kasus Sub DAS Cisimeut Hilir HM 0+00 sampai dengan HM 69+00)	2016	- Banjir	Analisis yang digunakan untuk menghitung debit banjir yaitu metode snyder dan metode SCS. Analisis melalui software HEC – RAS.
2.	Restu Wigati, Sudarsono, Tia Mutia	Analisa Banjir Menggunakan Software HEC-RAS 4.1.0 (Study Kasus Sub - DAS Ciberang HM 0+00 sampai dengan HM 34 + 00)	2016	Debit Banjir	Analisis debit banjir menggunakan metode HSS SCS dan metode HSS snyder. Analisis kapasitasnya menggunakan software HEC – RAS 4.1.0.
3.	Dewi Parwati Suadnya, Jeffry s. F. Sumaraw,	Analisis Pengaruh Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir	2017	- Banjir - Tinggi Muka Air	Metode yang digunakan untuk analisis hidrologi adalah program HEC – HMS dan

No.	Penulis	Judul	Tahun	Variabel	Metode
	Tiny Mananoma	Sungai Sario di titik Kawasan Citraland.			untuk analisis hidrolika menggunakan HEC-RAS untuk tinggi muka Air banjir.
4.	Scrivilly Witsly Sondak Hanny Tangkudung, Liany Hendratta	Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Girian Kota Bitung	2019	- Banjir - Tinggi Muka Air	Metode yang digunakan untuk analisis hidrologi adalah program HEC – HMS dan untuk analisis hidrolika menggunakan HEC-RAS untuk tinggi muka Air banjir.
5.	Billy Kapantow Tiny Mananoma, Jeffry S.F Sumarauw	Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Paniki di Kawasan Holland Village	2017	- Banjir - Tinggi Muka Air	Metode yang digunakan untuk analisis hidrologi adalah program HEC – HMS dan untuk analisis hidrolika menggunakan HEC-RAS untuk tinggi muka Air banjir.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dimaksud adalah pada Sungai Takalalla, yang mana lokasinya berada pada sebelah Timur Kota Sinjai tepatnya pada Dusun Takkalala Desa Sanjai Kecamatan Sinjai Timur Kabupaten Sinjai. (Gambar 1).

Sungai Takallala masuk dalam Wilayah Sungai Jeneberang pada DAS Bua, Sungai Takkalala berada di hilir dari pertemuan tiga sungai yaitu Sungai Aparang, Sungai Bua dan Sungai Gareccing lalu bermuara di Teluk Bone. Sungai Bua sebagai sungai utama dari Sungai Takallala.

B. Tahapan Persiapan

Dengan adanya tahap persiapan ini akan memberikan gambaran tentang langkah-langkah yang akan diambil selanjutnya. Adapun tahap persiapan meliputi:

1. Studi literatur/pustaka

Studi literatur dimaksudkan sebagai landasan teori dan arahan sehingga mempermudah dalam pengumpulan data, analisis data maupun dalam penyusunan hasil penelitian.

Tabel 11. Curah Hujan Max Dengan Kejadian Yang Sama (Lanjutan)

No	Tahun	Tanggal	Curah Hujan Max dengan Kejadian yang Sama		
			Stasiun Arango	Stasiun Apparang III	Stasiun Sangkala
Koefisien			0,28	0,61	0,11
9	2007	19-Jul-07	45	35	0
		14-Jul-07	17	120	76
		24-Jul-07	14	20	180
10	2008	31-Mei-08	50	125	0
		27-Mei-08	43	125	9
		09-Dec-08	14	27	200
11	2009	09-Dec-09	43	18	0
		19-Apr-09	28	90	0
		20-Apr-09	21	0	61
12	2010	03-Nov-10	92	12	0
		24-Jun-10	38	160	10
		03-Jul-10	56	70	150
13	2011	19-Mei-11	80	17	25
		25-Jun-11	1	125	0
		25-Apr-11	5	8	65
14	2012	06-Jul-12	43	85	27
		07-Jun-12	42	104	19
		05-Jul-12	37	33	45
15	2013	03-Jul-13	92	25	20
		11-Jul-13	38	120	22
		13-Jul-13	14	17	30
16	2014	11-Mei-14	168	105	0
		22-Jun-14	53	180	0
		23-Mei-14	95	102	65

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 11. Curah Hujan Max Dengan Kejadian Yang Sama (Lanjutan)

No	Tahun	Tanggal	Curah Hujan Max dengan Kejadian yang Sama		
			Stasiun Arango	Stasiun Apparang III	Stasiun Sangkala
Koefisien			0,28	0,61	0,11
17	2015	07-Jun-15	104	110	8
		07-Jun-15	104	110	8
		16-Jul-15	14	0	75
18	2016	08-Jul-16	112	80	15
		13-Jun-16	0	115	0
		06-Jun-16	0	0	207
19	2017	20-Jun-17	187	110	10
		28-Mei-17	14	220	13
		09-Feb-17	0	0	56
20	2018	02-Jul-18	168	114	73
		13-Mei-18	110	172	16
		04-Jul-18	15	5	120

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Penentuan Hujan Kawasan / Wilayah

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan (catchment area) tersebut, yaitu dengan menganalisis data curah hujan maksimum yang didapat dari tiga stasiun penakar hujan yaitu Sta Arango, Sta Apparang III, dan Sta Sangkala. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah Metode Poligon Thiessen seperti Persamaan 2.2 Bab II sebagai berikut (Soemarto, 1999):

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_1 + \dots A_n}$$

$$R = (R_1 \times C_1 + R_2 \times C_2 + R_3 \times C_3)$$

Contoh perhitungan curah hujan wilayah:

Data curah hujan pada tanggal 03 Juli 1999

$$R_1 (\text{Sta. Arango}) = 89 \text{ mm}$$

$$R_2 (\text{Sta. Apparang III}) = 175 \text{ mm}$$

$$R_3 (\text{Sta. Sangkala}) = 30 \text{ mm}$$

$$C_1 (\text{Koefisien Sta. Arango}) = 0,28$$

$$C_2 (\text{Koefisien Sta. Apparang III}) = 0,61$$

$$C_3 (\text{Koefisien Sta. Sangkala}) = 0,11$$

Hujan wilayah pada tanggal 03 Juli 1999 adalah sebagai berikut:

$$R = (89 \times 0,28 + 175 \times 0,61 + 30 \times 0,11) = 134,97 \text{ mm}$$

Setelah didapatkan hujan wilayah pada setiap tanggal di tahun yang sama, maka dipilih yang paling maksimum untuk mewakili tiap tahun.

Untuk curah hujan wilayah tahun selanjutnya dapat dilihat pada tabel 12

Tabel 12. Hasil Perhitungan Hujan Wilayah Metode Poligon Thiessen

No	Tahun	Stasiun Arango	Stasiun Apparang III	Stasiun Sangkala	R	Hujan Wilayah
Koefisien		0,28	0,61	0,11		
1	1999	89	175	30	134,97	134,97
		11	200	9	126,07	
		21	0	75	14,13	
2	2000	118	0	14	34,58	140,30
		0	230	0	140,30	
		86	0	145	40,03	
3	2001	70	50	6	50,76	93,19
		49	120	57	93,19	
		49	120	57	93,19	
4	2002	165	78	16	95,54	103,66
		97	120	30	103,66	
		18	40	37	33,51	
5	2003	85	0	6	24,46	73,97
		21	110	9	73,97	
		33	0	71	17,05	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 12. Hasil Perhitungan Hujan Wilayah Metode Poligon Thiessen (Lanjutan)

No	Tahun	Stasiun Arango	Stasiun Apparang III	Stasiun Sangkala	R	Hujan Wilayah
6	2004	0,28	0,61	0,11		
		38	30	0	28,94	
		26	85	0	59,13	59,13
		12	50	170	52,56	
		38	80	50	64,94	
		13	80	0	52,44	64,94
7	2005	27	60	83	53,29	
		255	150	36	166,86	
		255	150	36	166,86	166,86
		40	70	43	58,63	
		45	35	0	33,95	
		17	120	76	86,32	86,32
9	2007	14	20	180	35,92	
		50	125	0	90,25	
		43	125	9	89,28	90,25
10	2008	14	27	200	42,39	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 12. Hasil Perhitungan Hujan Wilayah Metode Poligon Thiessen (Lanjutan)

No	Tahun	Stasiun Arango	Stasiun Apparang III	Stasiun Sangkala	R	Hujan Wilayah
11	2009	Koefisien	0,28	0,61	0,11	
			43	18		23,02
			28	90	0	62,74
12	2010		21	0	61	12,59
			92	12	0	33,08
			38	160	10	109,34
13	2011		56	70	150	74,88
			80	17	25	35,52
			1	125	0	76,53
14	2012		5	8	65	13,43
			43	85	27	66,86
			42	104	19	77,29
15	2013		37	33	45	35,44
			92	25	20	43,21
			38	120	22	86,26
		14	17	30	17,59	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 12. Hasil Perhitungan Hujan Wilayah Metode Poligon Thiessen (Lanjutan)

No	Tahun	Stasiun Arango	Stasiun Apparang III	Stasiun Sangkala	R	Hujan Wilayah
Koefisien		0,28	0,61	0,11		
16	2014	168	105		111,09	124,64
		53	180	0	124,64	
		95	102	65	95,97	
17	2015	104	110	8	97,10	97,10
		104	110	8	97,10	
		14	0	75	12,17	
18	2016	112	80	15	81,81	81,81
		0	115	0	70,15	
		0	0	207	22,77	
19	2017	187	110	10	120,56	139,55
		14	120	13	139,55	
		0	0	56	6,16	
20	2018	168	114	73	124,61	137,48
		110	172	16	137,48	
		15	5	120	20,45	

Sumber: Hasil Perhitungan

E. Analisis Frekuensi

Dari hasil perhitungan hujan rerata kawasan dengan metode Thiessen, perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan harian yang akan digunakan dalam menentukan debit banjir rencana.

1. Pengukuran Dispersi

Besarnya dispersi dapat dihitung dengan pengukuran dispersi yaitu dengan melakukan analisis sesuai dengan parameter statistik $(X_i - \bar{X})$, $(X_i - \bar{X})^2$, $(X_i - \bar{X})^3$ dan $(X_i - \bar{X})^4$. Adapun analisis perhitungan parameter statistik tersebut dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 13. Perhitungan Parameter Dasar Statistik

Tahun	Hujan Rencana (X_i)	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2004	59,13	-41,19	1696,33	-69865,80	2877527,94
2009	62,74	-37,58	1411,99	-53057,77	1993725,23
2005	64,94	-35,38	1251,50	-44273,57	1566244,12
2003	73,97	-26,35	694,14	-18288,11	481827,65
2011	76,53	-23,79	565,80	-13458,34	320126,90
2012	77,29	-23,03	530,22	-12209,10	281132,93
2016	81,81	-18,51	342,49	-6338,30	117299,77
2013	86,26	-14,06	197,59	-2777,36	39039,91
2007	86,32	-14,00	195,90	-2741,94	38377,60
2008	90,25	-10,07	101,33	-1020,08	10268,67
2001	93,19	-7,13	50,79	-361,93	2579,32
2015	97,10	-3,22	10,35	-33,28	107,04
2002	103,66	3,34	11,18	37,38	124,97

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 13. Perhitungan Parameter Dasar Statistik (Lanjutan)

Tahun	Xi	xi - xrata"	(xi - x) ²	(xi-x) ³	(xi-x) ⁴
2010	109,34	9,02	81,42	734,73	6629,79
2014	124,64	24,32	591,63	14390,58	350029,20
1999	134,97	34,65	1200,87	41614,18	1442076,90
2018	137,48	37,16	1381,13	51327,47	1907508,29
2017	139,55	39,23	1539,27	60390,85	2369344,51
2000	140,30	39,98	1598,68	63920,83	2555778,61
2006	166,86	66,54	4428,04	294657,11	19607515,15
Jumlah	2006,33	0,00	17880,63	302647,52	33967264,49
Rata"	100,32	0,00	894,03	15132,38	1798363,22

Sumber: Hasil Perhitungan

Macam pengukuran dispersi untuk mendapatkan parameter statistik sebagai berikut:

a. Standar Deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{17880,63}{20 - 1}}$$

$$Sd = 30,68$$

b. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sd}{Xi \text{ rata}}$$

$$Cv = \frac{30,68}{100,32} = 0,31$$

c. Koefisien Asimetri (Kemencengan) (C_s)

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$a = \frac{20}{(20-1)(20-2)} \times (302647,52)$$

$$a = 17698,69$$

$$C_s = \frac{a}{Sd^3}$$

$$C_s = \frac{17698,69}{30,68^3} = 0,61$$

d. Koefisien Kurtosis

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)Sd^4} \sum (X_i - \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{20^2}{(20-1)(20-2)30,68^4} \sum (35967264,49)$$

$$C_k = 32,23$$

2. Pemilihan Jenis Distribusi

Untuk dapat menentukan jenis distribusi yang akan dipakai sebelumnya dilakukan pencocokan parameter statistik dengan syarat-syarat dari jenis distribusi. Berikut tabel syarat jenis distribusi ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 14. Penentuan Distribusi Curah Hujan

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan	Ket
1	Normal	$C_s = 0$	0,61	tidak diterima
		$C_k = 3$	32,23	
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	0,95	tidak diterima
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	4,63	
3	Gumbel	$C_s = 1,14$	0,61	tidak diterima
		$C_k = 5,4$	32,23	
4	log pearson III	Selain dari nilai diatas/flexibel		Diterima

Sumber: Bambang Triatmojo

Berdasarkan tabel diatas, jenis distribusi yang sesuai dengan persyaratan adalah Log-Pearson III. Selanjutnya dilakukan perhitungan distribusi untuk mencari nilai curah hujan rancangan dengan periode ulang tertentu. Dalam penelitian ini periode ulang yang digunakan untuk mencari nilai curah hujan yaitu, 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun.

Berikut langkah-langkah analisis perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan Log-Pearson III sebagai berikut:

1. Urutkan data kecil ke besar dan ubah data curah hujan n $X_1, X_2, X_3, \dots$

X_n menjadi $\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$

Tabel 15. Hasil Perhitungan Hujan Wilayah Metode Poligon Thiessen

No	Tahun	Hujan Wilayah	Tahun	Xi	Log Xi
1	1999	134,97	2004	59,13	1,7718
2	2000	140,30	2009	62,74	1,7975
3	2001	93,19	2005	64,94	1,8125
4	2002	103,66	2003	73,97	1,8691
5	2003	73,97	2011	76,53	1,8838
6	2004	59,13	2012	77,29	1,8881
7	2005	64,94	2016	81,81	1,9128
8	2006	166,86	2013	86,26	1,9358
9	2007	86,32	2007	86,32	1,9361
10	2008	90,25	2008	90,25	1,9554
11	2009	62,74	2001	93,19	1,9694
12	2010	109,34	2015	97,10	1,9872
13	2011	76,53	2002	103,66	2,0156
14	2012	77,29	2010	109,34	2,0388
15	2013	86,26	2014	124,64	2,0957
16	2014	124,64	1999	134,97	2,1302
17	2015	97,10	2018	137,48	2,1382
18	2016	81,81	2017	139,55	2,1447
19	2017	139,55	2000	140,30	2,1471
20	2018	137,48	2006	166,86	2,2224
Jumlah					39,6523
Rata-Rata					1,9826

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Menghitung harga rata-rata dengan rumus:

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n}$$

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{39,6523}{20} = 1,9826$$

3. Menghitung harga standar deviasi dengan rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,3232}{20 - 1}} = 0,1304$$

4. Hitung koefisien kemencengan dengan rumus:

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n - 1)(n - 2)Sd^3}$$

$$Cs = \frac{0,0067}{(20 - 1)(20 - 2)0,1304^3} = 0,1756$$

Tabel 16. Perhitungan Distribusi Log Pearson III

No.	X_i	$\text{Log } X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	59,1300	1,7718	-0,2108	0,0444	-0,0094	0,0020
2	62,7400	1,7975	-0,1851	0,0343	-0,0063	0,0012
3	64,9400	1,8125	-0,1701	0,0289	-0,0049	0,0008
4	73,9700	1,8691	-0,1136	0,0129	-0,0015	0,0002
5	76,5300	1,8838	-0,0988	0,0098	-0,0010	0,0001
6	77,2900	1,8881	-0,0945	0,0089	-0,0008	0,0001
7	81,8100	1,9128	-0,0698	0,0049	-0,0003	0,0000
8	86,2600	1,9358	-0,0468	0,0022	-0,0001	0,0000
9	86,3200	1,9361	-0,0465	0,0022	-0,0001	0,0000
10	90,2500	1,9554	-0,0272	0,0007	0,0000	0,0000
11	93,1900	1,9694	-0,0132	0,0002	0,0000	0,0000
12	97,1000	1,9872	0,0046	0,0000	0,0000	0,0000

Tabel 16. Perhitungan Distribusi Log Pearson III (Lanjutan)

No.	Xi	Log Xi	(Xi - X)	(Xi - X) ²	(Xi - X) ³	(Xi - X) ⁴
13	103,6600	2,0156	0,0330	0,0011	0,0000	0,0000
14	109,3400	2,0388	0,0562	0,0032	0,0002	0,0000
15	124,6400	2,0957	0,1130	0,0128	0,0014	0,0002
16	134,9700	2,1302	0,1476	0,0218	0,0032	0,0005
17	137,4800	2,1382	0,1556	0,0242	0,0038	0,0006
18	139,5500	2,1447	0,1621	0,0263	0,0043	0,0007
19	140,3000	2,1471	0,1644	0,0270	0,0044	0,0007
20	166,8600	2,2224	0,2397	0,0575	0,0138	0,0033
16	134,9700	2,1302	0,1476	0,0218	0,0032	0,0005
17	137,4800	2,1382	0,1556	0,0242	0,0038	0,0006
18	139,5500	2,1447	0,1621	0,0263	0,0043	0,0007
19	140,3000	2,1471	0,1644	0,0270	0,0044	0,0007
20	166,8600	2,2224	0,2397	0,0575	0,0138	0,0033
JUMLAH		39,6523	0,0000	0,3232	0,0067	0,0103
RATA-RATA		1,9826				

Sumber: Hasil Perhitungan

5. Menghitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang (T)

dengan rumus:

$$\text{Log } Q = \overline{\text{Log } X} + k \cdot S_d$$

$$\text{Log } Q = 1,98 + (-0,0291 \times 0,13) = 1,9788$$

Nilai k didapatkan berdasarkan harga Cs (tabel terlampir)

6. Menghitung anti Log Q dengan rumus:

$$Q_T(R) = \text{Anti Log } Q$$

$$Q_T(R_2) = \text{Anti Log } 1,9788 = 95,2401$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 17. Perhitungan Curah Hujan Rencana Berdasarkan Periode (T)

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	0,1756	-0,0291	1,9788	95,2401
5	20	0,1756	0,8315	2,0911	123,3269
10	10	0,1756	1,2988	2,1520	141,9093
20	5	0,1756	1,7248	2,2076	161,2748
25	4	0,1756	1,8100	2,2187	165,4541
50	2	0,1756	2,1463	2,2625	183,0409

Sumber: Hasil Perhitungan

F. Pengujian Kecocokan Distribusi

Berdasarkan Tabel 17 jenis distribusi yang sesuai dengan persyaratan yaitu distribusi Log-Pearson III, namun masih perlu dilakukan uji kecocokan distribusi kembali menggunakan dua buah metode yaitu Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi Kuadrat

Pengujian dengan Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menentukan jumlah kelas, frekuensi dan derajat kebebasan. Berdasarkan perhitungan metode Log Person III maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 18. Perhitungan Chi

Tahun	Data CH Xi	Peringkat m	Peluang P = m/(n+1)	(xi - x)	(xi - x)
2004	1,7718	1	5	-0,2108	0,0444
2009	1,7975	2	10	-0,1851	0,0343
2005	1,8125	3	14	-0,1701	0,0289
2003	1,8691	4	19	-0,1136	0,0129

Tabel 18. Perhitungan Chi (lanjutan)

Tahun	Data CH	Peringkat	Peluang	(xi - x)	(xi - x)
	Xi	m	P = m/(n+1)		
2011	1,8838	5	24	-0,0988	0,0098
2012	1,8881	6	29	-0,0945	0,0089
2016	1,9128	7	33	-0,0698	0,0049
2013	1,9358	8	38	-0,0468	0,0022
2007	1,9361	9	43	-0,0465	0,0022
2008	1,9554	10	48	-0,0272	0,0007
2001	1,9694	11	52	-0,0132	0,0002
2015	1,9872	12	57	0,0046	0,0000
2002	2,0156	13	62	0,0330	0,0011
2010	2,0388	14	67	0,0562	0,0032
2014	2,0957	15	71	0,1130	0,0128
1999	2,1302	16	76	0,1476	0,0218
2018	2,1382	17	81	0,1556	0,0242
2017	2,1447	18	86	0,1621	0,0263
2000	2,1471	19	90	0,1644	0,0270
2006	2,2224	20	95	0,2397	0,0575

Sumber: Hasil Perhitungan

$$Sd = 0,1304$$

$$G = 1 + 3,322 \log n$$

$$G = 1 + 3,322 \log 20$$

$$G = 5,322 \sim 5,0$$

Maka dibagi menjadi 5 sub kelompok dengan batasan

1. Peluang 20 %

$$k = 0,8315 \text{ (Tabel Terlampir)}$$

$$\log X = xi + (k \times Sd)$$

$$\text{Log } X = 1,9826 + (0,8315 \times 0,1304)$$

$$\text{Log } X = 2,0911$$

2. Peluang 40 %

$$k = 0,2578 \text{ (Tabel Terlampir)}$$

$$\text{Log } X = x_i + (k \times S_d)$$

$$\text{Log } X = 1,9826 + (0,2578 \times 0,1304)$$

$$\text{Log } X = 2,0162$$

3. Peluang 60 %

$$k = -0,3024 \text{ (Tabel Terlampir)}$$

$$\text{Log } X = x_i + (k \times S_d)$$

$$\text{Log } X = 1,9826 + (-0,3024 \times 0,1304)$$

$$\text{Log } X = 1,9432$$

4. Peluang 80 %

$$k = -0,8490 \text{ (Tabel Terlampir)}$$

$$\text{Log } X = x_i + (k \times S_d)$$

$$\text{Log } X = 1,9826 + (-0,8490 \times 0,1304)$$

$$\text{Log } X = 1,8719$$

Tabel 19. Nilai Batasan Chi

Kelompok	Nilai Batas
I	$X \leq 1,8719$
II	$1,8719 < X \leq 1,9432$
III	$1,9432 < X \leq 2,0162$
IV	$2,0162 < X \leq 2,0911$
V	$X \geq 2,0911$

Sumber: Hasil Perhitungan

$$Ei = \frac{n}{G} = \frac{20}{4} = 5$$

Menghitung Chi Kuadrat hitung dengan rumus:

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(Oi - Ei)^2}{Ei}$$

Contoh Perhitungan:

$$Xh^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(5 - 4)^2}{4}$$

$$Xh^2 = 0,250$$

Untuk perhitungan chi-kuadrat hitung bisa dilihat pada Tabel 19

Tabel 20. Chi Kuadrat Hitung

Nilai Batas	O _i	E _i	(O _i - E _i) ²	Xh ²
$X \leq 1,8719$	4	4	0,00	0,00
$1,8719 < X \leq 1,9432$	5	4	1,00	0,25
$1,9432 < X \leq 2,0162$	4	4	0,00	0,00
$2,0162 < X \leq 2,0911$	1	4	9,00	2,25
$X > 2,0911$	6	4	4,00	1,00
	20	20	14,00	3,50

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas maka diperoleh

Hitungan Chi Kuadrat

P

Derajat Kebebasan (DK)

Derajat Signifikasi (α)

Sehingga diperoleh nilai chi teoritis

Berdasarkan hasil perhitungan dengan distribusi Log-Pearson III, nilai Chi-

Kuadrat (=3,50) lebih kecil dari nilai Chi-teoritis (=5,991). Maka dapat

disimpulkan bahwa nilai distribusi Log-Pearson III dapat diterima.

$$= 3,50$$

$$= 2$$

$$= G - (P + 1) = 5 - (2 + 1) = 2$$

$$= 5 \%$$

$$= 5,991 \text{ (Tabel Terlampir)}$$

2. Smirnov Kolmogorof

Tabel 21. Smirnov Kolmogorof Hitung

Tahun	Xi	Peringkat (m)	$P = \frac{m}{(n+1)}$	$P(x \leq) = 1 - P(x)$	$f(t) = (x_i - x) / s_d$	$P'(x)$	$P'(x <)$	D
1	2	3	$4 = 3 / (n+1)$	5 = nilai 1-4	6 = $(2 \cdot x_{rata}) / s_d$	7 = nilai 1-8	8	9 = 8-5
2004	1,7718	1	0,048	0,952	-1,616	0,047	0,953	0,001
2009	1,7975	2	0,095	0,905	-1,419	0,076	0,924	0,019
2005	1,8125	3	0,143	0,857	-1,304	0,093	0,907	0,049
2003	1,8691	4	0,190	0,810	-0,871	0,195	0,805	0,004
2011	1,8838	5	0,238	0,762	-0,757	0,234	0,766	0,005
2012	1,8881	6	0,286	0,714	-0,724	0,246	0,754	0,040
2016	1,9128	7	0,333	0,667	-0,535	0,315	0,685	0,019
2013	1,9358	8	0,381	0,619	-0,359	0,379	0,621	0,002
2007	1,9361	9	0,429	0,571	-0,357	0,380	0,620	0,048
2008	1,9554	10	0,476	0,524	-0,208	0,434	0,566	0,042
2001	1,9694	11	0,524	0,476	-0,102	0,473	0,527	0,050

Tabel 21. Smirnov Kolmogorof Hitung (Lanjutan)

Tahun	Xi	Peringkat (m)	$P = \frac{m}{(n+1)}$	$P(x<) = 1 - P(x)$	$f(t) = (x_i - x) / sd$	$P'(x)$	$P'(x<)$	D
1	2	3	$4 = 3 / (n+1)$	5 = nilai 1-4	6 = $(2 - x_{rata}) / sd$	7 = nilai 1-8	8	9 = 8-5
2015	1,9872	12	0,571	0,429	0,035	0,522	0,478	0,049
2002	2,0156	13	0,619	0,381	0,253	0,598	0,402	0,021
2010	2,0388	14	0,667	0,333	0,431	0,660	0,340	0,006
2014	2,0957	15	0,714	0,286	0,867	0,812	0,188	0,098
1999	2,1302	16	0,762	0,238	1,132	0,864	0,136	0,102
2018	2,1382	17	0,810	0,190	1,193	0,877	0,123	0,068
2017	2,1447	18	0,857	0,143	1,243	0,888	0,112	0,031
2000	2,1471	19	0,905	0,095	1,261	0,896	0,104	0,009
2006	2,2224	20	0,952	0,048	1,838	0,963	0,037	0,011
Jumlah	39,6523						Dmax	0,1024

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa
Nilai n 20 dan Signifikasi 5 % maka diperoleh Do (Tabel terlampir)

Do = 0,2940

Dmax = 0,1024

Karena Do > Dmax maka persamaan distribusi dapat diterima

Berdasarkan pengujian kecocokan distribusi yang telah dilakukan menggunakan metode chi square dan smirnov kolmogorof maka perhitungan curah hujan rencana dengan distribusi Log Pearson III dapat digunakan untuk menganalisa distribusi hujan jam-jaman.

G. Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman

Setelah ditentukan distribusi hujan jam-jaman dengan distribusi Log Pearson III dan diperoleh nilai X_T sebagai periode ulang hujan harian maksimum.

Tabel 22. Periode Ulang Hujan Harian Maksimum

Periode Ulang (T)	X_T (mm)
2	95,2401
5	123,3269
10	141,9093
20	161,2748
25	165,4541
50	183,0409

Sumber: Perhitungan

Nilai X_T yang telah didapat kemudian digunakan untuk perhitungan intensitas curah hujan (i). Dalam mencari intensitas curah hujan digunakan metode Mononobe dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, dan 50 tahun dengan nilai durasi curah hujan (t) menggunakan jam ke-1 sampai dengan jam ke-6.

$$\text{Rumus} = I = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{t}{T}\right)^{2/3}$$

untuk daerah di Indonesia rata-rata $t = 6$ jam, maka:

$$T = 1 \text{ jam } R_1 = R_{24}/6 * (6/1)^{2/3} = 0.55 * R_{24}$$

$$T = 2 \text{ jam } R_2 = R_{24}/6 * (6/2)^{2/3} = 0.35 * R_{24}$$

$$T = 3 \text{ jam } R_3 = R_{24}/6 * (6/3)^{2/3} = 0.26 * R_{24}$$

$$T = 4 \text{ jam } R_4 = R_{24}/6 * (6/4)^{2/3} = 0.22 * R_{24}$$

$$T = 5 \text{ jam } R_5 = R_{24}/6 * (6/5)^{2/3} = 0.19 * R_{24}$$

$$T = 6 \text{ jam } R_6 = R_{24}/6 * (6/6)^{2/3} = 0.17 * R_{24}$$

Curah Hujan jam-jaman

$$\text{Rumus} = R'_t = t \cdot R_t - (t - 1) \cdot (R_{(t-1)})$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ jam, } R_1 &= (1 * 0.55 R_{24}) - (1-1) * R_0 \\ &= 0.55 R_{24} - 0 \end{aligned}$$

$$0.55 R_{24} = 55\% * R_{24}$$

$$\begin{aligned} 2 \text{ jam, } R_2 &= (2 * 0.35 R_{24}) - ((2-1) * 0.55 R_{24}) \\ &= 0.70 R_{24} - 0.55 R_{24} \end{aligned}$$

$$0.14 R_{24} = 14\% * R_{24}$$

3 jam, R3 = (3*0.26 R₂₄) - ((3-1)*0.35 R₂₄)
 = 0.81 R₂₄ - 0.70 R₂₄

0.10 R₂₄ = 10%* R₂₄

4 jam, R₂₄ = (4*0.22 R₂₄) - ((4-1)*0.26 R₂₄)
 = 0.88 R₂₄ - 0.81 R₂₄

0.08 R₂₄ = 8%*R₂₄

5 jam, R5 = (5*0.19 R₂₄) - ((5-1)*0.22 R₂₄)
 = 0.96 R₂₄ - 0.88 R₂₄

0.07 R₂₄ = 7%* R₂₄

6 jam, R6 = (6*0.17 R₂₄) - ((6-1)*0.19 R₂₄)
 = 1.02 R₂₄ - 0.96 R₂₄

0.06 R₂₄ = 6%* R₂₄

Tabel 23. Perhitungan Hujan Netto

Kala Ulang	Curah Hujan Rancangan	Koef. Pengaliran	Hujan Netto Rn
(Tahun)	(mm)	(C)	(mm)
2	95.2401	0.7000	66.6680
5	123.3269	0.7000	86.3289
10	141.9093	0.7000	99.3365
20	161.2748	0.7000	112.8923
25	165.4541	0.7000	115.8179
50	183.0409	0.7000	128.1286

Sumber: Perhitungan

Tabel 24. Perhitungan Hujan Netto Jam-jaman

T	Rt	Hujan Netto (Rn, mm) dengan Kala Ulang (Tahun)					
		2	5	10	20	25	50
		66.668	86.329	99.337	112.892	115.818	128.129
(Jam)	(%)	Hujan Netto Jam-jaman = Rn x Rt					
1	55%	36.689	47.509	54.667	62.127	63.737	70.512
2	14%	9.536	12.348	14.209	16.148	16.567	18.328
3	10%	6.689	8.662	9.967	11.621	11.621	12.856
4	8%	5.325	6.896	7.935	9.252	9.252	10.235
5	7%	4.497	5.823	6.701	7.813	7.813	8.643
6	6%	3.931	5.090	5.857	6.829	6.829	7.555

Sumber: Perhitungan

H. Analisis Debit Banjir dengan Aplikasi HEC-HMS

Dalam menganalisis debit banjir rencana akan dihitung dengan menggunakan metode SCS (Soil Conservation Service) dengan program HEC-HMS.

Permodelan HEC-HMS ini mempunyai langkah-langkah yaitu input data, analisis terhadap parameter model dan output aplikasi HEC-HMS

1. Memasukkan Data

Untuk dapat memasukkan data pada HEC-HMS diperlukan komponen sebagai berikut:

a. Basin Model

Data yang perlu dimasukkan pada Basin Model ini adalah peta SubDAS dengan nilai estimasi awal luas masing-masing SubDAS

sebagai parameter. Untuk mempermudah dalam penempatan elemen-elemen hidrologi pada basin model maka gunakan peta DAS BUA sebagai background pada layer HEC-HMS. Langkah selanjutnya tempatkan elemen berupa sub-basin, junction dan reach pada basin model.



Gambar 4. Basin Model DAS Bua

b. *Meteorologic Model*

Untuk dapat menginput data pada *Meteorologic Model* yang diperlukan adalah model presipitasi yang menggunakan *Specified Hyotograph* yaitu berasal dari *Time Series Data* dan akan digunakan pada seluruh SubDAS.

c. *Control Specification*

Untuk dapat menginput data pada *Control Specification* yang diperlukan adalah waktu awal simulasi yaitu tanggal dimana simulasi dimulai dan tanggal berakhirnya simulasi beserta interval waktu. Tanggal awal simulasi ini adalah tanggal 01 Januari 2021

sampai 02 Januari 2021. Waktu dimulai pukul 00:00 sampai pukul 00:00 dengan interval waktu 1 jam.

d. *Time Series Data*

Cara mengolah Time Series Data menggunakan data *Precipitation Gages* seperti data hujan dan *Discharge Gages* seperti data debit. Untuk data hujan *Gage 1* pada HEC-HMS menggunakan data distribusi hujan jam-jaman yang telah dihitung dengan kala ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 20 tahunan, 25 tahunan, dan 50 tahunan.

2. Pemodelan terhadap Parameter HEC-HMS

a. Parameter SCS Loss Model (SCS Curve Number)

Dalam mencari nilai awal parameter *Curve Number*, *Impervious* dan *Initial Abstraction* berdasarkan dari nilai estimasi. Penentuan nilai parameter dilakukan untuk mencari nilai yang akan dimasukkan kedalam software HEC-HMS yang berkaitan dengan hasil dari besar wilayah penggunaan lahan dan kelompok tanah yang sudah ditentukan sebelumnya. Dalam menentukan nilai curve number (CN) dapat melihat tabel curve number dengan penjelasan tentang deskripsi dan kondisi permukaan beserta pembagian kelompok tanah yang memiliki nilai CN berbeda-beda.

Sedangkan dalam mencari nilai *impervious* sama halnya dalam mencari nilai CN. Nilai *impervious* ditentukan dari tabel *imperviousness* berdasarkan jenis penggunaan lahan. Nilai *impervious* diambil secara bertahap yaitu dengan pembagian per SubDAS yang diteliti.

Initial Abstraction atau abstraksi awal ialah jumlah intersesi dan tampungan permukaan (*depression storage*) yang harus dipenuhi sebelum terjadi limpasan (*overland flow*).

Pendekatan standar dalam SCS adalah untuk memperkirakan bahwa abstraksi awalnya adalah 20 % dari jumlah kehilangan S (dimana $S = 25.4 * (1000/CN - 10)$). Namun, umumnya diketahui bahwa rumus ini tidak fleksibel dan lebih baik menetapkan abstraksi awal secara eksplisit seperti suatu kedalaman dalam mm. Untuk studi ini digunakan $I_a = 2 \text{ mm}$.

b. *Parameter Transform Model (SCS Unit Hydrograph Method)*

Nilai parameter untuk *lag time* pada *SCS unit hydrograph method* menggunakan nilai CN yang sudah ditentukan dan kemiringan sungai. Berikut perhitungan *lag time* untuk SCS pada SubDAS Gareccing.

Rumus Lag Time

$$t_L = \frac{L^{0.8} \times (S + 1)^{0.7}}{1900 \times Y^{0.5}}$$

Contoh perhitungan pada SubDAS Gareccing:

$$L = 105679,14 \text{ ft}$$

$$Y = 0,03$$

$$CN = 64,72$$

$$S = (1000/64,72) - 10$$

$$= 5,45$$

$$t_L = \frac{L^{0.8} \times (S + 1)^{0.7}}{1900 \times Y^{0.5}}$$

$$t_L = \frac{105679,14^{0.8} \times (5,45 + 1)^{0.7}}{1900 \times 0,03^{0.5}}$$

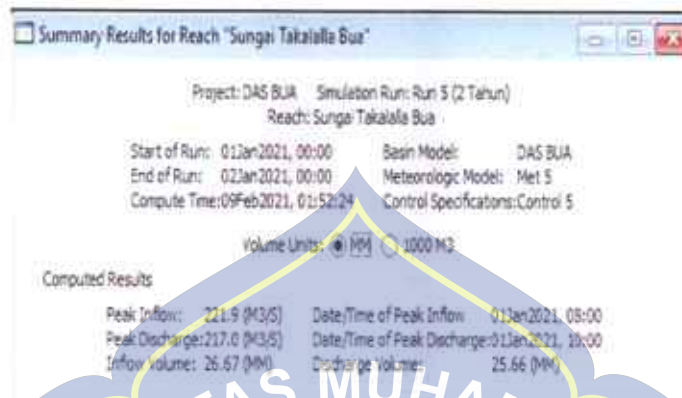
$$t_L = 2,52 \text{ jam} = 151,28 \text{ menit}$$

Perhitungan t_L subDAS selanjutnya dapat dilihat pada tabel (Lampiran Inputan HEC-HMS)

Setelah nilai t_L didapatkan pada semua subDAS, lalu diinput ke dalam HEC-HMS sebagai parameter *SCS Unit Hydrograph* seperti pada tabel

3. Output Aplikasi HEC-HMS

Sesudah membuat *simulation run* maka akan memperoleh debit dengan beberapa kala ulang. Output dari penggunaan program HEC-HMS sebagai berikut:



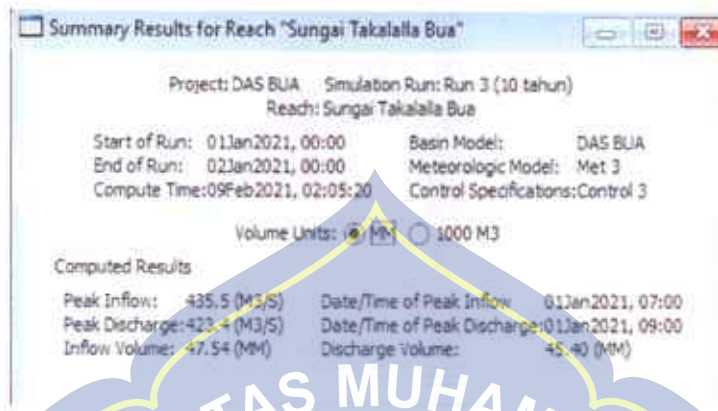
Gambar 5. Hasil Run Kala Ulang 2 Tahun

Berdasarkan hasil nilai parameter-parameter yang sudah di input dan dilakukan simulasi RUN pada HEC-HMS akan mendapatkan nilai periode hujan 2 tahunan dengan debit puncak (*peak discharge*) seperti pada Gambar 5 dengan hasil debit 217,0 m³ /s.



Gambar 6. Hasil Run Kala Ulang 5 Tahun

Berdasarkan hasil nilai parameter-parameter yang sudah di input dan dilakukan simulasi RUN pada HEC-HMS akan mendapatkan nilai periode hujan 5 tahunan dengan debit puncak (*peak discharge*) seperti pada Gambar 6 dengan hasil debit 328,9 m³ /s.



Gambar 7. Hasil Run Kala Ulang 10 Tahun

Berdasarkan hasil nilai parameter-parameter yang sudah di input dan dilakukan simulasi RUN pada HEC-HMS akan mendapatkan nilai periode hujan 10 tahunan dengan debit puncak (peak discharge) seperti pada Gambar 7. dengan hasil debit 423,4 m³/s.



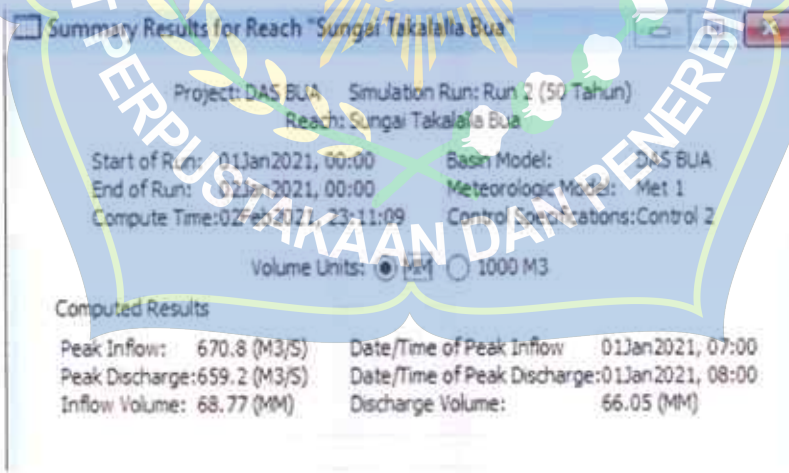
Gambar 8. Hasil Run Kala Ulang 20 Tahun

Berdasarkan hasil nilai parameter-parameter yang sudah di input dan dilakukan simulasi RUN pada HEC-HMS akan mendapatkan nilai periode hujan 20 tahunan dengan debit puncak (peak discharge) seperti pada Gambar 8. dengan hasil debit 523,7 m³/s.



Gambar 9. Hasil Run Kala Ulang 25 Tahun

Berdasarkan hasil nilai parameter-parameter yang sudah di input dan dilakukan simulasi RUN pada HEC-HMS akan mendapatkan nilai periode hujan 25 tahunan dengan debit puncak (peak discharge) seperti pada Gambar 9. dengan hasil debit 549,3 m³ /s.



Gambar 10. Hasil Run Kala Ulang 50 Tahun

Berdasarkan hasil nilai parameter-parameter yang sudah di input dan dilakukan simulasi RUN pada HEC-HMS akan mendapatkan nilai periode hujan 50 tahunan dengan debit puncak (peak discharge) seperti pada Gambar 10. dengan hasil debit 659,2 m³ /s.

Tabel 25. Nilai Debit beberapa Kala Ulang

No	Kala Ulang	Debit (m ³ /s)
1	2 Tahun	217,0
2	5 Tahun	328,9
3	10 Tahun	423,4
4	20 Tahun	523,7
5	25 Tahun	549,3
6	50 Tahun	659,2

Sumber: Hasil Perhitungan

I. Analisis Hidrolika dengan Aplikasi HEC-RAS

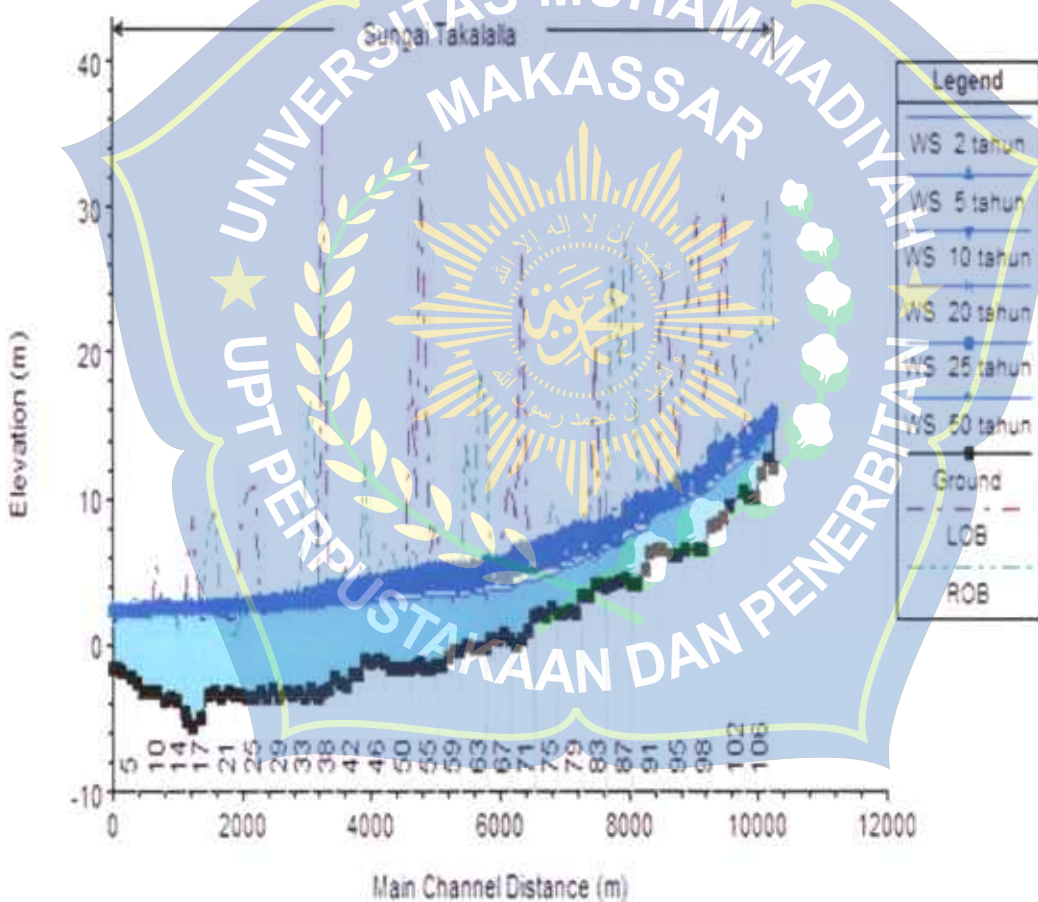
Analisis hidrolika dimaksud untuk mengetahui tinggi muka air sungai pada kondisi eksisting terhadap banjir rencana.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, simulasi pemodelan dilakukan dengan menggunakan program HEC-RAS. Simulasi dilakukan berdasarkan data topografi yang diperoleh, pemodelan hanya dilakukan ±10,243 km dari muara sungai, karena berdasarkan informasi yang didapat pada kawasan tersebut seringkali terjadi banjir.

Pada penelitian ini dilakukan proses simulasi aliran steady, maka hasil dari analisis hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS dapat disajikan dalam beberapa bentuk tampilan, seperti penampang melintang, penampang memanjang, hingga peta genangan akibat luapan Sungai Takalalla. Berikut merupakan hasil dari analisis hidrolika Sungai Takalalla pada kondisi eksisting. Penampang memanjang hasil dari simulasi dengan menggunakan

software HEC-RAS berupa sketsa penampang melintang sungai dengan profil elevasi keadaan muka air banjir. Bilamana ketinggian muka air banjir lebih tinggi dari tanggul baik sisi kanan maupun sisi kiri sungai, maka pada daerah tersebut terjadi limpasan setinggi elevasi yang ditampilkan.

1. Penampang Memanjang Sungai



Gambar 11. Penampang Memanjang Sungai Takalalla pada Kondisi Eksisting

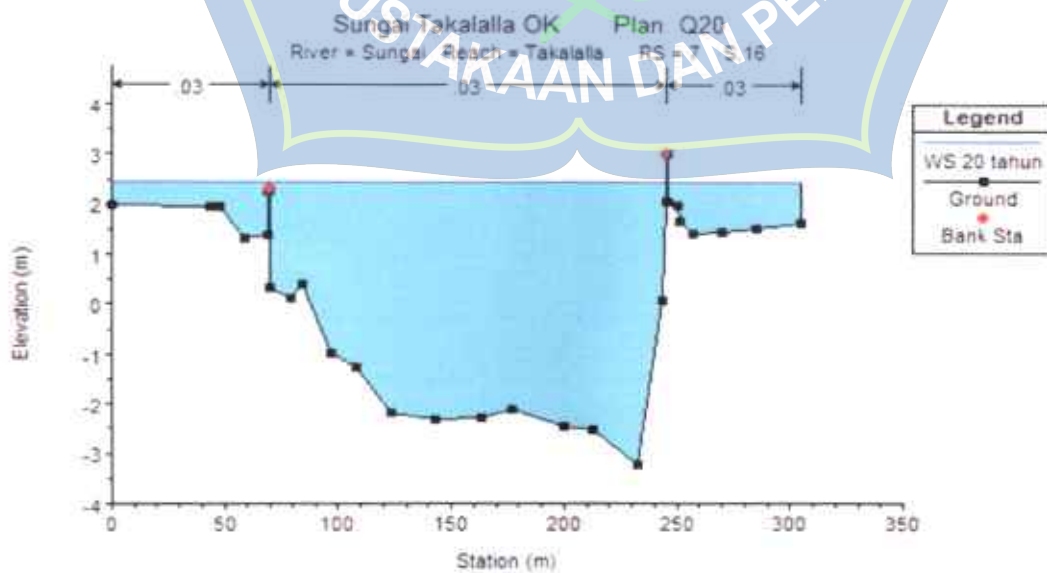
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada kondisi eksisting tidak dapat menampung debit banjir yang ada, hal ini dapat dilihat pada tinggi muka air maksimun telah melebihi tanggul kanan dan kiri sungai.

2. Penampang Melintang Sungai



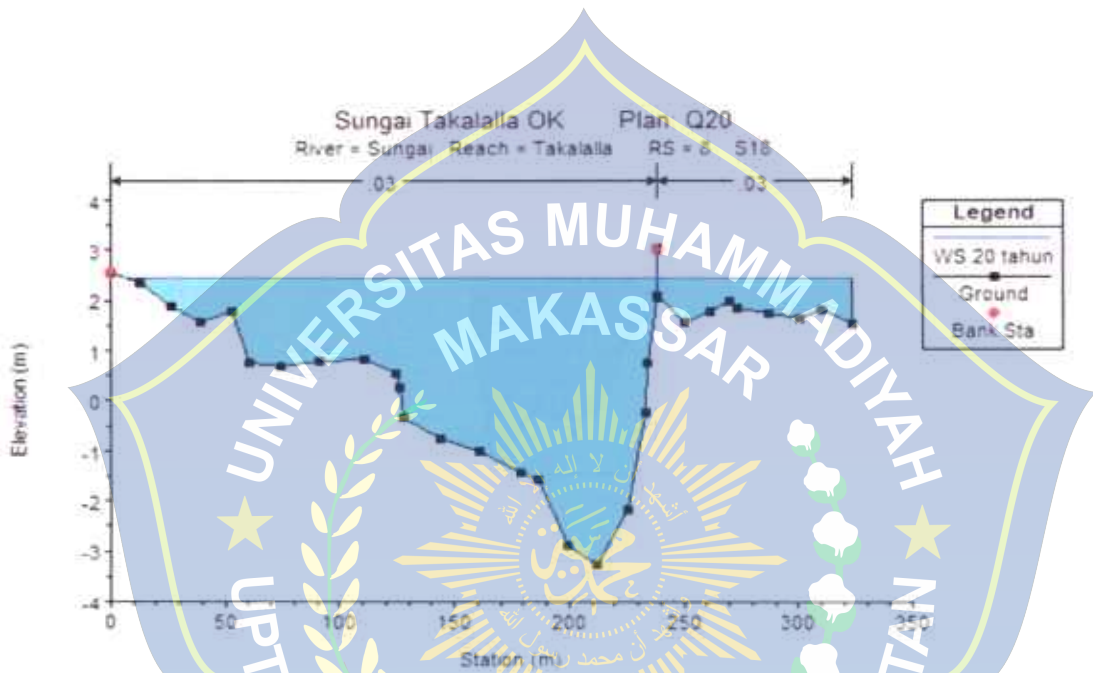
Gambar 12. Profil Melintang Titik S.14

Dari gambar dapat dilihat bahwa pada kondisi sungai eksisting titik S.14 terjadi luapan di bagian kiri sungai.



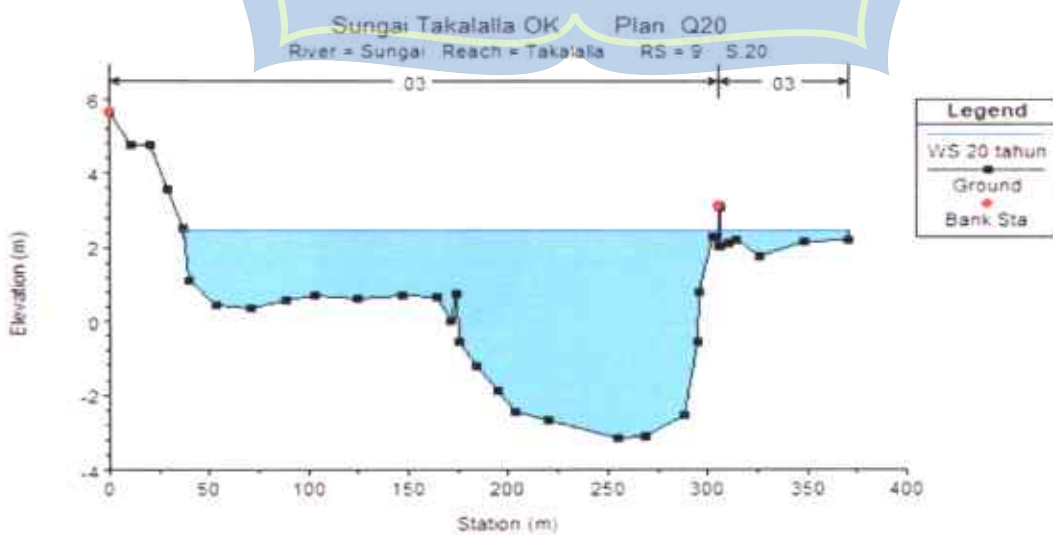
Gambar 13. Profil Melintang Titik S.16

Dari gambar dapat dilihat bahwa pada kondisi sungai eksisting titik S.16 terjadi luapan di bagian kiri sungai.



Gambar 14. Profil Melintang Titik S.16

Dari gambar dapat dilihat bahwa pada kondisi sungai eksisting titik S.18 mampu menampung debit banjir.



Gambar 15. Profil Melintang Titik S.20

DAFTAR PUSTAKA

Hidrologic Engineering Center. 2010. *HEC-RAS User's Manual Version 4.1*. U.S. Army Corps of Engineers, Davis CA.

Hidrologic Modeling System. 2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual Version 4.1*. U.S. Army Corps of Engineers, Davis CA.

Hidrologic Modeling System. 2015. *HEC-HMS User's Manual Version 4.1*. U.S. Army Corps of Engineers, Davis CA.

Soewarno. 1995. "*Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data)*". Bandung: Nova.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Soemarto, C.D. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda. *Hidrologi untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2003.

Triatmodjo, Bambang. 2010. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmodjo, Bambang. 2010. *Hidrolika I*. Yogyakarta: Beta Offset.

Ven Te Chow, 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga. Jakarta.



DATA INPUTAN HEC-HMS