

SKRIPSI

**“STUDI PERENCANAAN PENGENDALIAN BANJIR PADA HILIR SUNGAI
SOMBE LEWARA (STUDI KASUS)”**



OLEH

**AINUN ANAS
105 810 1455 11**

**MUH RAIS
105 810 1537 11**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN SIPIL TEKNIK PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2018



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

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Ainun anas** dengan nomor induk Mahasiswa **K 105 81 1455 11** dan **Muh. Rais** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 1537 11**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/22201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu tanggal 06 Juni 2018

Panitia Ujian :

Makassar,

16 Syawal 1439 H

30 Juni 2018 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Ratna musa, MT

b. Sekretaris : Farida Gaffar, ST., MT

3. Anggota

: 1. Dr. Ir. H. Darwis Pangruisseng, M.Si

2. Amrullah Mansida, ST., MT

3. Ir. Hamzah AL Imran, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

Ir. H. Marudding Laining, MS

Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny, ST., MT



Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

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 : Studi Perencanaan Pengendalian Banjir Pada Hilir Sungai Sombe Lewara (Studi Kasus)

**Nama : AINUN ANAS
MUH. RAIS**

**Sambuk : 105810145511
105810153711**

ABSTRACT

Makassar, 30 Juni 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. H. Marudding Laining, MS

Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, ST..
NBM : 975 288

ABSTRAK

Studi pengendalian banjir Sungai Sombe Lewara dengan menggunakan SMS (Surface Water Modelling System) dibimbing oleh ; Ratna Musa dan Nenny T. Karim. Secara alamiah, banjir adalah suatu proses yang merupakan peristiwa yang terjadi saat aliran yang berlebihan merendam suatu daratan. Melalui banjir, muatan sedimen yang mengalir dari daerah sumbernya di pengunungan atau didaerah perbukitan kedaratan yang lebih renda. Penelitian kali ini bertujuan Untuk menggambarkan simulasi tinggi muka air dan penanganan banjir di Sungai Ahuni. Analisis yang digunakan adalah Model Resource Managament Associates-2 (RMA-2) dan Modul Geometri File Generation (MGFN), yang merupakan bagian dari program Surface Water Modelling System Versi 10.1 (SMS 10.1) untuk menganalisis tinggi dan nilai kedalaman muka air serta pola pengaliran dari hasil perhitungan debit rencana 2,5,10,50,dan 100, Tahun. Dari Hasil pemrograman surface water modeling system versi 10.1 dengan bantuan data-data yang telah di input, menghasilkan adanya perbedaan elavasi eksisting tanah dan membentuk model dan penampang Sungai sesuai keadaan di lapangan. Pada gambar model ini di dapatkan elevasi terendah berada pada elevasi 3 meter mdpl dan elevasi tertinggi berada pada elevasi 12 meter. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa perbandingan metode,didapatkan debit (Qr) pada sungai Sombe lewara Dari awal grafik menunjukkan dengan tinggi antara 1-2 meter pada sungai menghasilkan debit antara 25 – 50 Q(m3/det), dan diakhir grafik dengan tinggi berada di antara 4 – 4.5 meter dan menghasilkan debit berkisar antara 450 – 500 Q (m3/det).

Kata kunci :Resource Managament Associates-2 (RMA-2)

ABSTRACT

The study of Sombe Lewara River flood control using SMS (Surface Water Modeling System) is guided by; Ratna Musa and Nenny T. Karim. Naturally, flooding is a process that is an event that occurs when excessive flows soak a land. Through flooding, sediment loads flowing from the source area in the mountains or in the hills that are more lacey. This study aims to describe the simulation of water level and flood management on the Sombe Lewara River. The analysis used is the Model Resource Managament Associates-2 (RMA-2) and the Geometry File Generation Module (MGFN), which is part of the Surface Water Modeling System Version 10.1 program (SMS 10.1) to analyze the height and value of depth of water level and drainage patterns from the results of the calculation of discharge plans 2,5,10,50, and 100, Years. From the programming results of the surface water modeling system version 10.1 with the help of the data that has been inputted, resulting in a difference in the existing land elavation and form the model and cross section of the River according to the conditions in the field. In this model, the lowest elevation is at an elevation of 3 meters above sea level and the highest elevation is at an elevation of 12 meters. From the results of calculations using several method comparisons, obtained a discharge (Qr) on the annual river. From the beginning of the graph shows the height between 1-2 meters on the river produces a discharge between 25-50 Q (m3 / sec), and at the end of the graph with a height between 4 - 4.5 meters and produces a discharge ranging between 450 - 500 Q (m3 / det).

Keywords: Resource Managament Associates-2 (RMA-2)

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT. Karena berkat Rahmat dan Hidayat NYA lah sehingga kami dapat menyusun dan menyelesaikan proposal hasil untuk ujian seminar ini dengan baik.

Tugas skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada jurusan Teknik Sipil (pengairan) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul dan tugas skripsi kami adalah : “**STUDI ANALISIS POLA ALIRAN PADA HILIR SUNGAI SOMBE LEWARA KOTA PALU**”.

Kami menyadari sepenuhnya didalam penulisan skripsi hasil ini masih terdapat kekurangan – kekurangan, baik dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan – perhitungannya. Oleh karena itu kami sebagai penyusun skripsi ini menerima segala koreksi dan saran sehingga kami dapat memperbaiki penyempurnaan skripsi untuk ujian tutup, sehingga kelak dapat bermanfaat bagi orang banyak.

Tugas skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan setinggi tingginya kepada :

1. **Bapak Dr. H. Abd Rahman Rahim, MM** Sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
2. **Bapak Hamzah Al Imran, S.T., M.T** Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. **Bapak Muh. Syafaat S. Kuba, S.T** Sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. **Bapak Muh. Amir Zainuddin, S.T.,M.T** Sebagai Wakil Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. **Bapak Ir. H. Maruddin Laining, MS** Selaku pembimbing I dan **Ibu Dr. Nenny T. Karim, S.T., M.T.** Selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga tugas skripsi untuk ujian seminar ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Bapak ibu dosen serta staff pegawai pada fakultas Teknikatas segala waktunya telah membimbing dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Ayahanda dan ibunda dan saudara saudara tercinta kami banyak mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya atas segala kelimpahan kasih sayang dan doa serta dorongan dan pengorbanannya selama ini.
8. Rekan - rekan Mahasiswa Teknik , Saudara Seperjuanganku **Mahasiswa Sipil Non Reg 2011 Terkhusus anak-anak Cakurdus**

(Usman, Farid, Rahman, Adhy, Jojo, Tiar, Wandy, Hidayat, Ainun, Anas, Muh Rais.) yang dengan keakraban, doa serta bantuan dan dukungannya sangat membantu dalam menyelesaikan tugas skripsi ini.

Semoga semua pihak tersebut mendapatkan pahala yang berlipat ganda disisi ALLAH SWT . dan tugas skripsi hasil ini yang sederhana dapat bermanfaat bagi kami khususnya, rekan-rekan masyarakat bangsa dan Negara.

Makassar, Mei 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat penulisan.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum	5
B. Morfologi Muara Sungai	7
C. Pola Aliran Sungai.....	9
D. Dasar Dasar Analisis Hidrologi.....	14
E. Analisis Debit Banjir Rencana	23

F. Model Resources Managemen Associates-2	26
G. Inventarisasi masalah banjir dan upaya pengendalian ...	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian	35
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	36
C. Alat Dan Bahan	36
D. Model Analisis	37
E. Pembuatan Model Matematis.....	42
F. Flow Chart Penelitian/bagan Alur Penelitian.....	59
G. Flow Char Program	60

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data	62
B. Analisa Parameter Statistik.....	62
C. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Person.	63
D. Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	64
E. Perhitungan Banjir Rencana Metode Non Hidrograf	64
F. Hasil Simulasi Banjir.....	72
G. Upaya Pengendalian Banjir	80

BAB V KESIMPULAN DA SARAN

A. Kesimpulan.....	81
B. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Secara alamiah, banjir adalah suatu proses yang merupakan peristiwa yang terjadi saat aliran yang berlebihan merendam suatu daratan. Melalui banjir, muatan sedimen yang mengalir dari daerah sumbernya di pegunungan atau di daerah perbukitan ke daratan yang lebih rendah.

Bencana banjir yang terjadi disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor alamiah dan faktor ulah manusia itu sendiri. Misalnya penggundulan hutan sehingga memperbesar limpasan air, membangun pemukiman tanpa pengindahan tata ruang wilayah yang benar sehingga mengurangi daerah resapan, membuang sampah di sungai yang akan menyebabkan penyempitan, pendangkalan dan penyumbatan sehingga akan mengurangi kapasitas saluran.

Hasil inventarisasi yang dilakukan dan informasi dari warga setempat banjir sering terjadi yang mengenai daerah pemukiman dan perkebunan disepanjang alur sungai. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah desain pengendalian banjir agar dapat berguna untuk pengamanan pemukiman dan perkebunan juga sarana umum jalan dan jembatan yang merupakan kebutuhan utama agar semua kebutuhan sosial dan ekonomi dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Sungai Sombe Lewara merupakan salah satu sungai yang ada di Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah (SUL-TENG). Sungai Sombe Lewara pada waktu musim hujan air terbuang ke daerah pemukiman dan persawahan warga, belum adanya konsep perencanaan yang terpadu dan belum dimanfaatkannya dengan baik.

Seiring dengan berkembangnya zaman dan teknologi maka pekerjaan manusia semakin mudah dengan adanya penggunaan aplikasi komputer *Software surface water modelling system (SMS)* maka untuk mensimulasi tinggi muka air yang terjadi akan semakin mudah dan cepat dengan adanya data yang lengkap.

Dengan latar belakang dari permasalahan diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dan pembuatan tulisan dengan judul ***“Studi Analisis Pola Aliran Pada Hilir Sungai Sombe Lewara Kota Palu”***.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana model simulasi tinggi muka air di sungai Sombe Lewara ?
2. Bagaimana simulasi pola arah aliran yang terjadi di sungai Sombe Lewara ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah maka penelitian ini bertujuan

sebagai berikut :

1. Mensimulasikan tinggi muka air di Sungai Sombe Lewara.
2. Untuk mengetahui pola arah aliran yang terjadi di Sungai Sombe - Lewara.

D. Batasan Masalah

Dalam melaksanakan penelitian, penulis menggunakan parameter sebagai batasan masalah dalam menyusun tugas akhir.

1. Analisis yang digunakan adalah Model Resource Management Associates-2 (RMA-2) dan Modul Geometri File Generation (MGFN), yang merupakan bagian dari program Surface Water Modelling System Versi 10.1 (SMS 10.1) untuk menganalisis tinggi dan nilai kedalaman muka air serta pola pengaliran dari hasil perhitungan debit rencana 2, 5,10, 50, dan 100. Tahun.
2. Penentuan batas pemodelan didasarkan titik pengambilan data area rendah sekitar sungai Sombe Lewara.
3. Aliran dianggap dua dimensi horizontal dengan kecepatan merata pada tiap kedalaman.
4. Fluida dianggap tidak mampat.
5. Pengaruh gesekan angin dan bumi diabaikan.
6. Elevasi muka air di muara sungai sebagai kondisi batas bawah dan perubahan debit digunakan sebagai kondisi batas atas.

E. Manfaat Penulisan

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan manfaat tentang pemodelan aliran sungai dengan menggunakan program SMS (*Surface Water Modelling System*)
2. Untuk mengetahui gambaran Sungai Sombe Lewara dan Memberikan rekomendasi mengenai upaya pencegahan pengendalian banjir.

F. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang pendahuluan yang meliputi latar belakang rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan teori-teori dasar untuk mendukung penyelesaian masalah yang terjadi beserta penanganannya. Menjelaskan tipe-tipe aliran sungai dan klasifikasi berdasarkan kecepatan aliran

BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan tahapan - tahapan pelaksanaan dalam menganalisis data dan mensimulasikan *Software Surface Water Modelling System*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membuat data, membuat pemodelan hidrolika, banjir dalam upaya pengendalian banjir serta penanggulangan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Sungai merupakan air larian alami yang terbentuk akibat siklus hidrologi. Sungai mengalir secara alami dari tempat yang tinggi menuju tempat yang lebih rendah seperti, lautan, danau, atau sungai lainnya.

a. Penampang Sungai.

Terdapat dua bentuk penampang pada sungai, yaitu penampang melintang dan penampang memanjang. Tampang lintang dari suatu sungai terdiri dari:

- 1) Dasar sungai yang dangkal yang apabila airnya surut akan diisioleh endapan Tanggul-tanggul alam pada kedua sisinya
- 2) Bantaran banjir atau *flood plain* penampung luapan banjir yang akan tergenang pada saat sungai meluap.
- 3) Pada penampang memanjang, sebuah sungai dapat dibagi menjadi beberapa bagian yang berbeda sifat-sifatnya yaitu:
 - 1) Hulu sungai
 - 2) Bagian tengah sungai
 - 3) Hilir sungai

b. Bagian Sungai

Pada bagian dari sungai, sesungguhnya dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian yang dipengaruhi oleh pasang surut dan tidak dipengaruhi oleh pasang surut. Bagian sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut terletak pada hilir sungai, dan bagian yang tidak dipengaruhi pada pasang surut air laut terletak pada bagian hulu sungai. Dilihat dari pengaruh pasang surut, jenis sungai dibagi menjadi dua, yaitu sungai non-pasang surut dan sungai pasang surut.

1) Sungai non-pasang surut

Sungai non-pasang surut merupakan sungai yang ketinggian airnya tidak dipengaruhi oleh gaya pasang surut. Sungai non-pasang surut biasanya terletak pada daerah hulu sungai.

2) Sungai Pasang Surut

Selalu terjadi perubahan periodik pada ketinggian muka air dari sungai di bagian hilir, karena pengaruh dari pasang surut. Pasang surut akan menjalar ke bagian hilir dari sungai dan mempengaruhi perubahan kedudukan muka air di bagian sungai itu. Bersamaan dengan variasi debit yang datang dari hulu sungai, panjang jarak pengaruh air pasang ke arah hulu dapat dijelaskan sebagai berikut, pada saat debit dari hulu sungai minimum, maka pengaruh pasang dari laut akan maksimum, sedangkan apabila terjadi debit besar dari hulu, maka pengaruh pasang akan minimum. Jauhnya jarak dari pengaruh pasang

naik, disebut *tidalreach*. Untuk debit air tertentu dari hulu sungai, maka tidal reach di bagi menjadi tiga daerah yaitu,

- 1) Daerah dimana terjadi penyusupan atau intrusi air asin, terdapat dua arah aliran pada ruas ini.
- 2) Daerah pertemuan antara pengaruh pasang dan debit sungai dari hulu.
- 3) Daerah dengan arah aliran tetap ke arah hilir, tetapi dengan kecepatannya yang berubah sesuai dengan siklus pasang. Semakin tinggi pasang, maka semakin rendah kecepatannya.

B. Morfologi Muara Sungai

Muara sungai dapat dibedakan dalam tiga kelompok, yang tergantung pada faktor dominan yang mempengaruhinya. Ketiga faktor tersebut adalah gelombang, debit sungai, dan pasang surut (Nur Yuwono, 1994).

1) Muara Yang Didominasi Gelombang Laut

Pada muara dimana yang mendominasi sirkulasi aliran di muara adalah gelombang laut, dimana gelombang yang besar pada pantai berpasir akan menyebabkan/ menimbulkan angkutan (transport) sedimen (pasir), baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar/sepanjang pantai. Semakin besar gelombang semakin besar angkutan sedimen dan semakin banyak sedimen yang mengendap di muara.

2) Muara Yang Didominasi Debit Sungai

Muara dimana debit sepanjang tahun cukup besar yang bermuara di laut dengan gelombang relative kecil, sungai tersebut membawa angkutan sedimen dari hulu cukup besar. Pada waktu air surut sedimen tersebut akan terdorong ke muara dan menyebar di laut. Pada saat dimana air mulai pasang, kecepatan aliran bertambah besar dan sebagian suspensi dari laut masuk kembali ke sungai bertemu dengan sedimen yang berasal dari hulu. Selama periode dari titik balik ke air pasang maupun air surut kecepatan aliran bertambah sampai mencapai maksimum dan kemudian berkurang lagi. Dengan demikian dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang mengendap lebih banyak daripada yang tererosi, sehingga terjadi pengendapan di depan mulut sungai.

3) Muara Yang Didominasi Pasang Surut

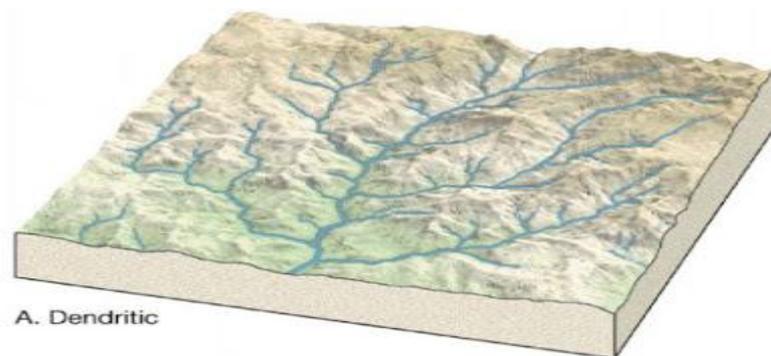
Muara dimana pasang surut merupakan faktor dominan dalam sirkulasi aliran di muara, yakni apabila tinggi pasang surut cukup besar, maka volume air pasang yang masuk ke sungai sangat besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu air surut, Volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian kecepatan arus selama air surut tersebut besar, yang cukup potensial untuk

membentuk muara sungai. Muara sungai tipe ini berbentuk corong atau lonceng.

C. Pola Aliran Sungai

Pola aliran sungai merupakan pola dari organisasi atau hubungan keruangan dari lembah-lembah, baik yang dialiri sungai maupun lembah yang kering atau tidak dialiri sungai. Ada beberapa macam pola aliran sebagai berikut :

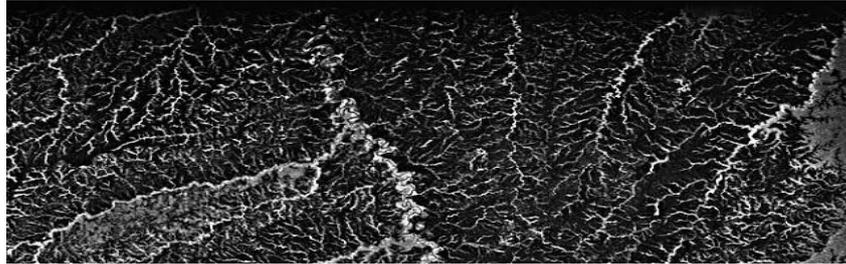
1) Pola *Dendritis*



Gambar 1. Pola *Dendritis*

Pola *dendritis* yaitu suatu pola aliran sungai, dimana cabang-cabang (anak sungai) bermuara pada aliran utama (induk) dengan sudut yang tidak teratur. Jadi yang bermuara pada aliran utama (induk) dengan sudut lancip, tumpul, maupun siku-siku. Biasanya pola ini terdapat pada daerah batuan sedimen atau batuan beku.

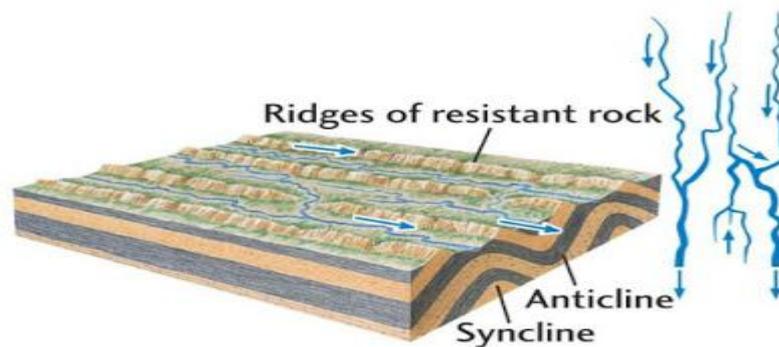
2) Pola Pinate



Gambar 2. Pola Pinate

Pola pinate adalah bentuk khusus dari pola dendritis yang mempunyai ciri yaitu anak sungainya hampir sejajar dengan induk sungai dan bermuara pada induk sungai dengan sudut lancip. Sudut lancip tersebut menunjukkan kecuraman lereng yang besar.

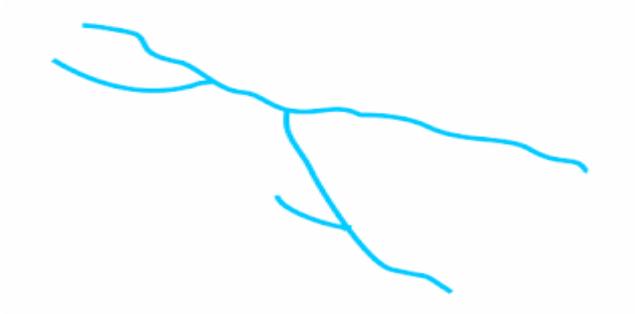
3) Pola *Trellis*



Gambar 3. Pola *Trellis*

Pola *trellis* yaitu sungai-sungai yang memperlihatkan letak paralel menurut strike. Anak-anak sungainya yang sekunder bergabung secara tegak pada sungai-sungai yang paralel tadi. Biasanya pola sungai semacam ini terdapat di daerah berstruktur lipatan.

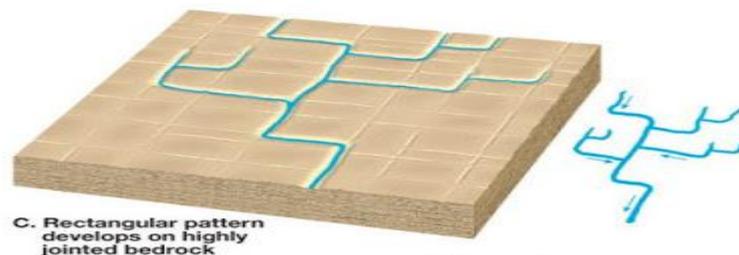
4) Pola Barbed



Gambar 4. Pola Barbed

Pola barbed biasanya terdapat pada daerah aliran hulu dan daerah alirannya tidak begitu luas. Pada pola ini cabang-cabang sungai bergabung dengan sungai utama dengan sudut yang meruncing ke arah hulu. Biasanya pola ini terbentuk sebagai akibat pembajakan sungai (arus). Bentuknya seperti sungut atau gunting terbuka.

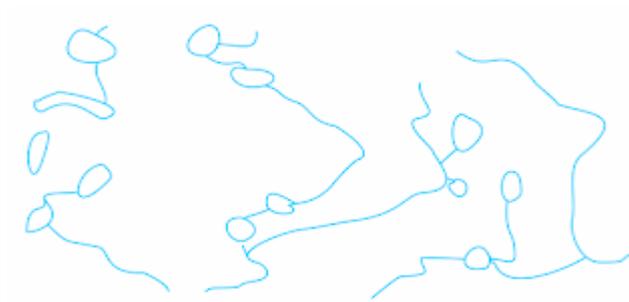
5) Pola Rectangular



Gambar 4. Pola Rectangular

Pola *rectangular* yaitu suatu pola dimana sungai induk dengan anak-anaknya membelok dengan membentuk sudut 90° (siku). Hal ini dipengaruhi oleh sistem retakan atau patahan.

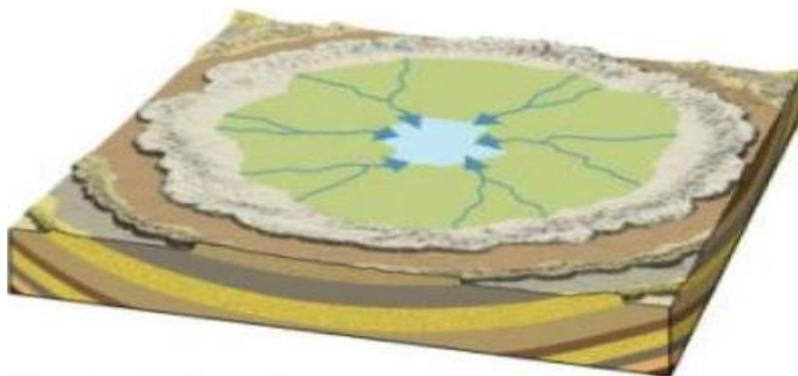
6) Pola Deranged



Gambar 6. Pola deranged

Pola deranged yaitu suatu pola aliran sungai yang tidak beraturan. Pola ini biasanya terdapat di danau atau rawa. Sungai-sungainya mengalir keluar masuk rawa atau danau. Anak-anak sungainya pendek-pendek.

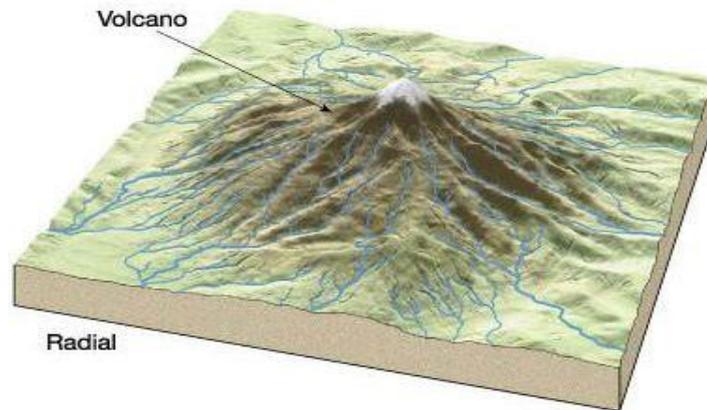
7) Pola Memusat (*Centrepetal*)



Gambar 7. Pola Memusat

Pola memusat yaitu suatu pola aliran sungai yang terdapat pada daerah depresi atau cekungan kawah. Aliran-aliran sungai mengalir dari lereng menuju cekungan.

8) Pola Radial



Gambar 8. Pola Radial

Pola radial yaitu suatu pola aliran sungai yang tersebar dari suatu puncak, seperti kubah, gunung api dan lain lain.

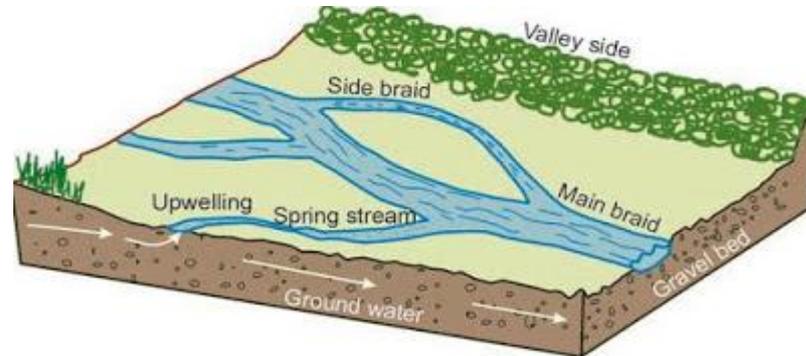
9) Pola Anular (Melingkar)



Gambar 9. Pola Anular

Pola anular yaitu suatu pola aliran sungai yang terdapat pada daerah dengan struktur kubah yang sudah sampai pada peringkat dewasa. Pola aliran ini menyerupai cincin.

10) Pola Teranyam (*Braided*)



Gambar 10. Pola Teranyam.

Pola braided terbentuk sebagai akibat aliran sungai yang terbagi karena adanya gangguan pada aliran (arus) sungai seperti pengendapan ditengah sungai atau sungai tersebut tiba-tiba melalui suatu daerah yang terangkat dan lain-lain.

D. Dasar Dasar Analisis Hidrologi

1. Curah Hujan Area

Data yang diperoleh adalah data curah hujan yang ada pada masing masing stasiun dalam area (DAS). Untuk mengetahui harga curah hujan areal adalah dengan mengambil harga rata-rata. Ada beberapa cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan diatas areal tertentu dari angka curah hujan dibeberapa titik pos penakar atau pencatat diantaranya :

a. Metode rata-rata (aljabar).

- b. Metode polygon Thiessen.
- c. Metode Isohyet.

Untuk memilih metode yang akan digunakan, perlu diperhatikan data yang tersedia serta letak pos penangkar dalam peta (DAS).

2. Analisa Parameter Statistika

Untuk menetapkan metode yang digunakan pada analisa curah hujan maka terlebih dahulu dihitung parameter statistiknya, yaitu :

- a. Curah hujan rata rata

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

- b. Standar deviasi

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

- c. Koefisien keragaman

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (3)$$

- d. Koefisien Skewness

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} \dots\dots\dots (4)$$

- e. Koefisien kurtosis

$$C_k = \frac{n^3 \times \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^4} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana : x = curah hujan satuan (mm)

n = jumlah tahun pengamatan

Dengan mengetahui parameter statistik (skewnes, kurtosis dan keragaman maka akan ditentukan jenis yang akan digunakan pada perhitungan curah hujan antara lain :

- a. Metode normal jika koefisien skewnes $C_s \approx 0,00$ dan koefisien kurtosis $C_k \approx 3,0$
- b. Metode Log Normal jika $C_s \approx 3 C_v$
- c. Metode Gumbel jika koefisien skewnes $C_s \approx 1,14$ dan koefisien kurtosis $C_k \approx 5,4$
- d. Metode Log Person tipe III, jika nilai hasil perhitungan parameter statistic diastidak adayang memenuhi.

3. Analisa Curah Hujan

Berdasarkan hasil perhitungan analisa parameter statistik, maka dapat ditentukan metode yang digunakan untuk perhitungan analisa curah hujan. Prosedur perhitungan curah hujan rencana untuk masing-masing metode adalah :

- a. Metode Normal

1. Menentukan nilai faktor frekuensi K berdasarkan priode ulang dari

tabel Nilai variabel Reduksi Gauss.

2. Menghitung nilai curah hujan rencana untuk periode ulang t tahun dengan menggunakan persamaan.

$$X = \bar{X} + K \cdot S_x \dots\dots\dots(6)$$

Dimana : X = curah hujan rencana untuk periode ulang t tahun

\bar{X} = curah hujan rata rata

K = faktor frekuensi

S_x = standar deviasi

b. Metode Log Normal

- 1) Menentukan nilai faktor frekuensi K berdasarkan nilai koefisien keragaman (C_v).
- 2) Menghitung nilai curah hujan rencana untuk periode ulang t tahun dengan menggunakan persamaan metode normal.

c. Metode Gumbel

1. Menentukan nilai Reduced Mean (Y_n), dan Reduced Standart (S_n), berdasarkan banyaknya sampel (n).
2. Menghitung Reduced variate (Y_t) berdasarkan periode yang diinginkan dengan rumus.

$$Y_T = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) \dots\dots\dots (7)$$

Dimana T = waktu periode ulang

3. Menghitung nilai faktor frekuensi K dengan rumus

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (8)$$

4. Menghitung nilai curah hujan rencana untuk periode ulang t tahun dengan menggunakan persamaan metode Normal

d. Metode Log person III

1. Tentukan logaritma dari semua variat X
2. Hitung Nilai rata ratanya dengan rumus

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots (9)$$

3. Hitung dengan standar deviasidengan rumus

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (10)$$

4. Hitung koefisien kemencengan , dengan rumus

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times (S \log X)^3} \dots\dots\dots (11)$$

5. Menghitung Nilai curah hujan rencana untuk periode ulang t tahun dengan menggunakan persamaan

$$\log X_1 = \overline{\log X} + K \cdot S \log X \dots\dots\dots (12)$$

Dimana :

$\log X$ = logaritma curah hujan rencana untuk periode ulang t tahun

$\overline{\log X}$ = logaritma rerata dari curah hujan

K = koefisien distribusi

$\overline{S \log X}$ = standar deviasi

e. Menghitung anti Log X

Dari hasil perhitungan curah hujan ini akan diperoleh nilai intensitas curah hujan untuk periode ulang 2,5,10,20,50 dan 100 tahun.

f. Sistem Aritmatik

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata

R_1, R_2, R_3, R_n = curah hujan pada masing-masing stasion

n = jumlah stasiun curah hujan

4. Pola Distribusi Hujan

a. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. (Soewarno, 1995 :198).

Uji kesesuaian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Data diurutkan dan tentukan besar peluangnya masing-masing (P_e).
2. Ditentukan nilai masing-masing peluang teoritis (P_t)
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis Δ_{hit} .
4. Berdasarkan nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga Δ_{cr} (Tabel 2-33).
5. Apabila Δ_{hit} lebih kecil dari Δ_{cr} maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila Δ_{hit} lebih besar dari Δ_{cr} maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima

Tabel 1. Nilai Kritis (Δ_{cr}) dari Smirnov-Kolmogorov

N	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
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	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	1,07 ----- \sqrt{n}	1,22 ----- \sqrt{n}	1,36 ----- \sqrt{n}	1,63 ----- \sqrt{n}

Sumber : M.M.A. Shahin, *Statistical Analysis in Hydrology, Volume2, 1976, hal.280*

b. Uji Chi-Kuadrat (Chi Square)

Uji ini diterapkan untuk menguji simpangan dalam arah vertical, agar distribusi frekuensi yang dipilih bisa diterapkan.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$X^2 = \sum (E_f - O_f)^2 / E_f \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

X^2 = Harga *chi – Square*

E_f = Frekuensi (banyaknya pengamatan)

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

Nilai X^2 yang terdapat ini harus lebih kecil dari harga X^2_{cr} (Kai – Kuadrat Kritis) pada tabel 2 - 38, untuk suatu derajat nyata tertentu (*level of significance*), yang sering diambil sebesar 5 % atau $\alpha = 0,05$.

Derajat kebebasan ini secara umum dapat dihitung dengan persamaan :

$$DK = K - (P + 1) \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

DK = Derajat Kebebasan

K = Banyaknya kelas

P = Banyaknya keterikatan atau sama dengan banyaknya parameter, yang untuk sebaran Kai-Kuadrat adalah sama dengan dua (2)

Tabel. 2 Nilai dari Chi – Kuadrat

DK	Probabilitas dari X^2					
	0,200	0,100	0,050	0,01	0,005	0,001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	7.879	10.827
2	3.219	4.605	5.991	9.210	10.597	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	12.838	16.268
4	5.989	7.779	9.488	13.277	14.860	18.465
5	7.289	9.236	11.070	15.086	16.750	20.517
6	8.558	10.645	12.592	16.812	18.548	22.457
7	9.803	12.017	14.067	18.475	20.278	24.322
8	11.030	13.362	15.507	20.090	21.955	26.125
9	12.242	14.987	16.919	21.666	23.589	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	25.188	29.588
11	14.631	17.275	19.675	24.725	26.757	31.264
12	15.812	18.549	21.026	26.217	28.300	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	29.819	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	31.319	36.123
15	19.311	22.307	24.996	30.578	32.801	37.697
16	20.465	23.542	26.296	32.000	34.267	39.252
17	21.615	24.769	27.587	33.409	35.718	40.790
18	22.760	25.989	28.869	34.805	37.156	42.312
19	23.900	27.204	30.144	36.191	38.582	43.820
20	25.038	28.412	31.410	37.566	39.997	45.315

Sumber :M.M.AShahin, Statistical Analysis in Hydrology, Volume 2, 1976, hal.283

E. Analisis Debit Banjir Rencana

Analisa banjir rancangan dianalisa dengan beberapa metode yang disesuaikan dengan luas daerah aliran sungai (DAS).

Untuk perhitungan debit banjir digunakan metode Rational Jepang, metode Der Weduwen, metode Nakayasu, dan Hasper

1. Metode Rational

Metode rational merupakan hubungan empiris antara curah hujan-limpasan air hujan, berdasarkan rumus rational sebagai berikut :

$$Q_r = \frac{1}{3.6} C I A \dots\dots\dots(21)$$

Dimana :

Q= debit banjir dalam m³/det

C= koefisien limpasan air hujan (run off)

I= Intensitas hujan pada kala ulang T (mm/jam)

A= Luas daerah aliran sungai, km²

2. Metode Der Weduwen

Rumus banjir Der Weduwen didasarkan pada rumus berikut :

$$Q_n = \alpha \beta q_n f \dots\dots\dots(22)$$

$$\alpha = (1 - 4,1/(\beta q_n + 7))$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120 + A}$$

$$q_n = \frac{Rn}{240} \cdot \frac{67,65}{t + 1,45}$$

$$t = 0,25 L Q^{-0,125} I^{-0,25}$$

Dimana :

Q_n = debit banjir (m^3/det) dengan periode ulang n tahun

R_n = curah hujan maksimum harian ($mm/hari$) dengan periode ulang n tahun

α = koefisien limpasan air hujan

β = koefisien pengurangan luas untuk curah hujan di

Daerah aliran sungai

q_n = luasan curah hujan $m^3/dt.km^2$ periode ulang tahunan

f = luas daerah aliran, km^2 sampai $100 km^2$

t = lamanya hujan, jam

L = panjang sungai, km

I = kemiringan (Melchior) sungai atau medan

3. Metode Nakayasu

Waktu puncak dari debit puncak hidrograf sintesis satuan adalah:

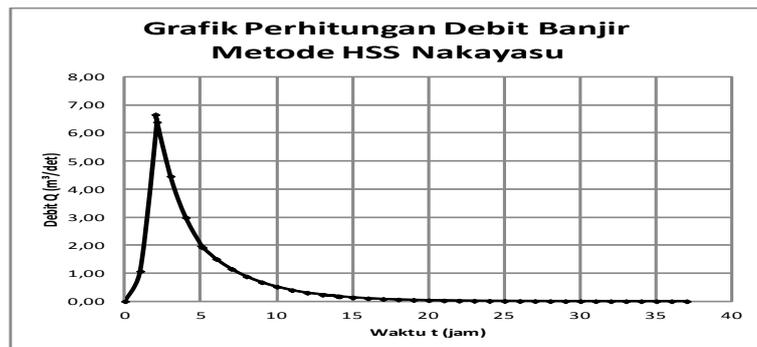
$$t_p = t_g + 0,81. \dots \dots \dots (23)$$

$$Q_r = \frac{I}{3} \cdot A \cdot R_o \frac{I}{(0,3 t_p + t 0,3)} \dots \dots \dots (24)$$

Dimana : t_p = tenggang waktu (*time lag*) dari permulaan hujan sampai dengan puncak banjir (jam)

t_g = waktu konsentrasi (jam)

- t_r = satuan lama hujan, $0,5 t_g - t_g$
- A = luas DAS (km^2)
- R_o = satuan kedalaman hujan (mm)
- $t_{0,3}$ = waktu saat debit sama dengan 0,3 kali debit puncak (jam)



Gambar 1 Ordinal Hss Nakayasu.

4. Metode Hasper

Rumus banjir Hasper didasarkan pada rumus berikut :

$$Q_n = \alpha \beta q_n f \dots\dots\dots(22)$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot A^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot A^{0,7}}$$

$$l = \frac{H}{0,9 \cdot L}$$

$$t = 0,1 \times l^{0,8} \times i^{0,3}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3,7 \times 10^{-0,4 \cdot t}}{t^2 + 15} \times \frac{f^{0,75}}{12}$$

$$R = \frac{t \times R_5}{0,0008 \times (260 - r)}$$

$$q = \frac{1 \cdot R}{36 \cdot t}$$

Dimana :

Q = debit banjir (m³/det) dengan periode ulang n tahun

R = curah hujan maksimum harian (mm/hari) dengan periode ulang n tahun

α = koefisien limpasan air hujan

β = koefisien pengurangan luas untuk curah hujan di

Daerah aliran sungai

q_n = luasan curah hujan m³/dt.km² periode ulang tahunan

f = luas daerah aliran, km² sampai 100 km²

t = lamanya hujan, jam

L = panjang sungai, km

I = kemiringan (Melchior) sungai atau medan

F. Model *Resources Managemen Associates-2*

Model *Resources Managemen Associates-2* mampu menghitung perubahan elevasi permukaan perairan dan komponen kecepatan arus horizontal untuk aliran permukaan bebas subkritis dalam medan aliran dua dimensi. Pada dasarnya modul ini menyelesaikan masalah aliran turbulen persamaan Raynolds yang diturunkan dari persamaan Naver-Stokes. Pengaruh kekasaran diperhitungkan dengan koefisien manning atau Shezy. sementara karakteristik turbulensi diperhitungkan dengan memasukkan koefisien kekentalan turbulen (eddy viscosity).

Model *Resources Managemen Associates-2* dapat digunakan untuk menghitung kasus *steady flow* dan *unsteady flow* (dinamis). *Steady Flow* adalah suatu aliran dimana kecepatan dan tinggi muka air tidak berubah dalam waktu, misalnya aliran akibat pasang surut banjir dan sebagainya. Dapat juga menentukan kondisi batas (debit atau perubahan elevasi muka air). Konstan atau berubah terhadap waktu sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapanagan. Pemilihan kondisi batas tersebut biasanya tergantung dari ketersediaan data, kebutuhan darei besarnya pengaruh terhadap model yang disimulasikan.

Sebagai persamaan pengatur, model ini menggunakan persamaan konservasi massa dan momentum yang diintegrasikan terhadap kedalaman persamaan konservasi massa:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = n \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial y} \right) + n \frac{\partial h}{\partial x} + y \frac{\partial h}{\partial x} = U$$

Persamaan konservasi momentum

Arah x

$$n \frac{\partial u}{\partial t} + nu \frac{\partial u}{\partial x} + nv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{x} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gn \left(\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gun^2}{(1.48 \ 1/6)^2}$$

$$(u^2+v^2)^{1/2} - \zeta v^2 \sin \psi + 2h\omega v \sin \emptyset = 0$$

Arah y

$$n \frac{\partial u}{\partial t} + nu \frac{\partial u}{\partial x} + nv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{x} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 y}{\partial X^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 y}{\partial y^2} \right) + gn \left(\frac{\partial g}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{gun^2}{(1.48 \ 1/6)^2}$$

$$(u^2+v^2)^{1/2} - \zeta v^2 \sin \psi + 2h\omega v \sin \emptyset = 0$$

Keterangan :

h = kedalaman perairan

t = waktu

U, v = komponen kecepatan arah x dan y

∂ = kecepatan fluida

G = Percepatan gravitasi

E = koefisien kekentalan *turbulen*

Y_y = dalam arah normal bidang y

X_y dan y_x = masing-masing berimpit dengan bidang x dan y

a = elevasi dasar perairan

n = koefisien kekasaran manning

ζ = koefisien tegangan geser angin empiris

V_a = kecepatan angin

Ψ = arah angin

Ω = kecepatan rotasi bumi

\emptyset = posisi lintang geografis

Persamaan konservasi massa dan momentum tersebut diatas diselesaikan dengan metode elemen hingga menggunakan metode sisa berbobot (*weighted residuals*) galerking

G. Inventarisasi Upaya Pengendalian Banjir

Groundsill adalah bagian dari system pengendali sedimen yang

berada pada sungai berupa bendung rendah dengan fungsi utamanya mencegah penurunan dasar sungai secara berlebihan dengan cara menahan sebagian sedimen yang terbawa oleh aliran air.

Aliran sedimen yang terbawa oleh air sungai dari hulu sungai sumber lewara ke hilir Sungai Palu, memiliki dampak yang besar terhadap bentuk morfologi sungai.

Sedimentasi yang terjadi dapat menyebabkan aggradasi (kenaikan) dasar sungai hingga berakibat kerusakan-kerusakan pada daerah aliran sungai. Pengaturan dan pengendalian dilakukan dengan membangun bangunan-bangunan pengendali aliran sedimen yang dikenal dengan Bangunan Sabo.

Bangunan pengendalian terdiri dari bendung penahan sedimen (check dam), kantong sedimen, dam konsolidasi, bangunan pelimpah kantong sedimen, *Groundsill*, dan beberapa bangunan pelengkap.

Tahapan-tahapan pengendali sedimen harus diperhitungkan secara tepat agar terjadi keseimbangan antara pasokan sedimen dengan kebutuhan penampang sungai maupun lingkungan alirannya.

Groundsill merupakan bangunan paling hilir yang fungsinya melindungi bangunan-bangunan melintang sungai yang memiliki hubungan langsung dengan aggradasi sungai.

Selain itu merupakan bangunan penerus sistem aliran sungai sebelum memasuki sistem kanalisasi yang seimbang.

Selain pasokan sedimen yang berkurang, pembuatan sudetan

dihilirnya dan penambangan dapat membuat kemiringan dasar sungai menjadi besar, hal ini disebabkan oleh ruas sungai pada lokasi tersebut berkurang. Dengan demikian gaya tarik (*tractive force*) aliran sungai meningkat serta keseimbangan dasar sungai terganggu dan terjadilah pergeseran-pergeseran dasar sungai untuk mencari keseimbangan yang baru. Proses pergeseran antara lain akan terjadi secara vertikal yang berupa penurunan dasar sungai. Dalam keadaan seperti hal ini diperlukan adanya Bangunan Groundsill guna menstabilkan dasar sungai tersebut.

1. Jenis dan bentuk *Groundsill* dibagi menjadi (Sosrodarsono,1985)

a. Groundsill Berdasarkan Bentuk Mercu

Dibawah ini tipe tipe Groundsil berdasarkan bentuk strukturnya:

1) Tipe Ambang Datar (*bed gindlework*)

Adalah jenis *groundsill* dimana hampir tidak memiliki terjunan dan elevasi mercunya hampir sama dengan permukaan dasar sungai dan berfungsi untuk menjaga agar permukaan dasar sungai tidak menjadi turun kembali, seperti pada gambar (1).

2) Tipe Ambang Pelimpah (*headwork*)

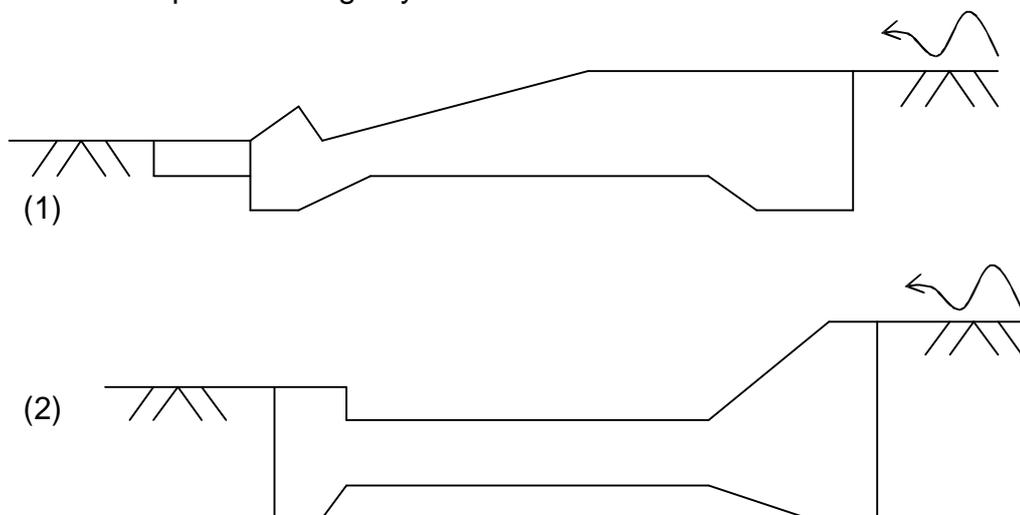
Tipe ini memiliki terjunan sehingga elevasi permukaan dasar sungai di sebelah hulu *groundsill* lebih tinggi dari elevasi permukaan dasar sungai di sebelah hilirnya dan tujuannya adalah untuk melandaikan kemiringan dasar sungai seperti yang ditunjuk kandalam gambar3.1(2) di bawah.

b. Berdasarkan bentuk terhadap melintang sungai,yaitu:

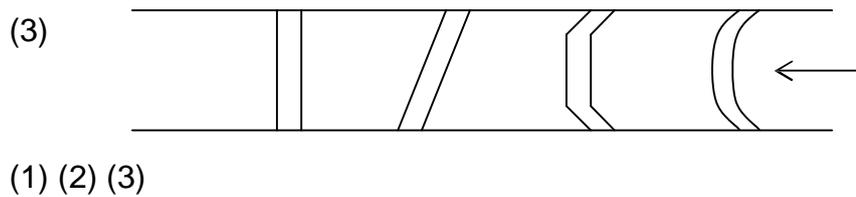
- 1) Tipe tegak lurus, adalah *groundsill* dengan bentuk tegak lurus terhadap arah aliran sungai. (gambar1.1)
- 2) Tipe diagonal, adalah *groundsill* dengan bentuk diagonal terhadap aliran sungai.(gambar1.2)
- 3) Tipe polygonal.(gambar2.1/2)
- 4) Tipe lengkung.(gambar2.3/4)

Kedua tipe terakhir tersebut tidak umum dan hanya untuk kondisi yang khusus saja karena berbagai kelemahan antara lain tubuh *groundsill* akan lebih panjang ukurannya dan limpasan air terpusat di tengah serta harga konstruksinya lebih mahal.

Berdasarkan definisi diatas *Groundsill* Srandakan merupakan *groundsill* dengan tipe mercu pelimpah (*head work*) dan berbentuk tegak lurus terhadap aliran sungainya.



Gambar 2. *Groundsill* dengan tipe ambangnya.



Gambar 3. Denah *groundsill* dan limpasannya.

c. Dilihat dari konstruksinya *groundsill* dapat dibedakan menjadi:

- 1) *Groundsill* beton, adalah *groundsill* yang material utamanya berbahan beton dan dilengkapi pula dengan konsolidasi dasar dari blok-blok beton. Keuntungan dari konstruksi ini adalah pemeliharaan sangat mudah yaitu dengan menambah lapisan-lapisan blok-blok beton dengan penimbunan lapis selanjutnya di atas timbunan lama jika terjadi penurunan dasar sungai.
- 2) *Groundsill* pasangan batu, biasanya dibuat untuk tipe dengan ambang datar dengan tinggi tekanan yang kecil dibagian tengah sungai. Biasanya hamparan batu atau blok-blok beton dipergunakan sebagai pondasi tubuh ambang dan permukaannya diliputi dengan pasangan batu, batu kosong maupun batu biasa. Untuk jenis batu biasa dipergunakan pada bagian sungai yang arusnya deras.
- 3) *Groundsill* matras, adalah jenis *groundsill* yang dibentuk dari batang-batang dan disusun hingga mendapatkan ketinggian ambang. *Groundsill* jenis ini ada jenis matras beton, matras kayu dan matras ranting.

2. Bagian-bagian pada bangunan *groundsill*

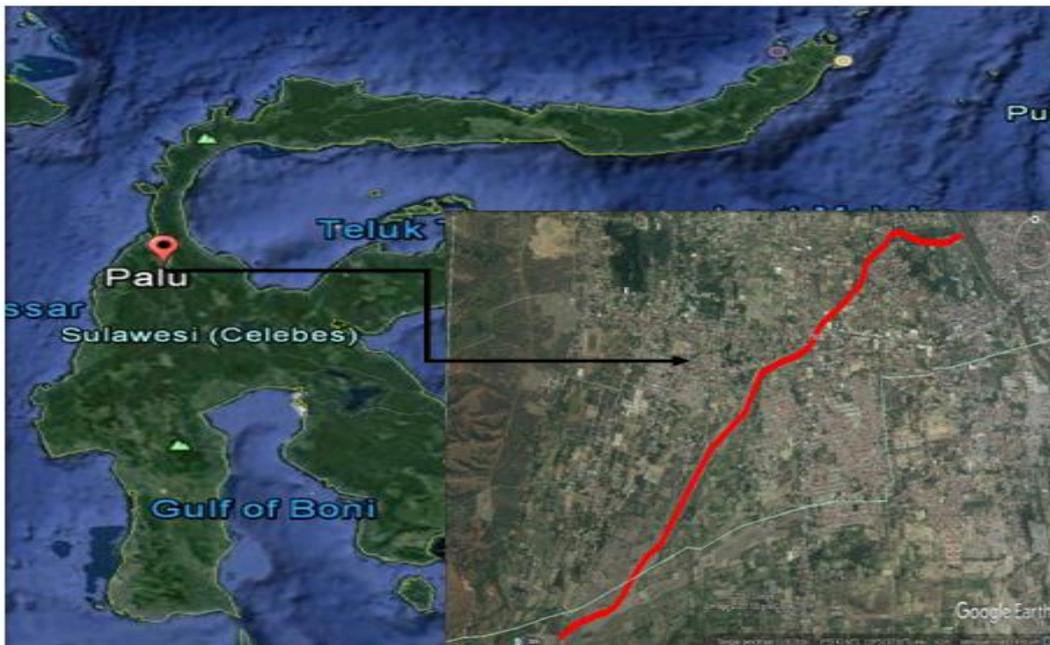
- a. Tubuh bendung (*Main Dam*), merupakan bangunan utama dari *groundsill* memiliki ketinggian mercuyang harus diperhitungkan secara hidrolis agar mendapatkan gradasi dasar sungai yang stabil dan aman. Desain mercuyang semakin tinggi gaya tarik aliran air sungainya akan semakin menurun, mengakibatkan terlalu tinggi dasar sungai disebelah hulu dan akan mengakibatkan gerusan pada sebelah hilir *groundsill*. Lantai terjun pada tubuh bendung memiliki kelandaian tertentu dan mempunyai fungsi secara langsung terhadap energi loncatan air pada kolam olak.
- b. Apron Hilir (*Down-stream Apron*), termasuk bagian dari kolam olak dengan panjang yang ditentukan berdasarkan ketinggian muka air hulu yang berfungsi untuk melindungi dasar sungai dari turbulensi air yang jatuh pada lantai terjun.
- c. Apron Depan (*Up-stream Apron*), merupakan bagian *groundsill* yang berada disebelah hulu bendung dengan fungsi mengurangi pengaruh *piping* pada *groundsill*.
- d. *Side Wall* dan *Wing Wall*, adalah bangunan pengarah aliran air sungai dan merupakan bagian yang rentan terhadap gerusan maupun ketidakstabilan tanah fondasinya. Bangunan ini perlu pula dilindungi terhadap bahaya *piping* dengan memasang tirai (*sheet-pile*) pada dasar pondasinya. Untuk kondisi daerah yang tanah pondasinya keras dimungkinkan kesulitan dalam pekerjaan pemancangan tiraiter sebut.

- e. *Rip-Rap*, adalah bagian pelengkap *ground sill* yang berfungsi melindungi dasar sungai dari gerusan akibat energi turbulensi air pada bagian ujung apron hilir. *Rip-rap* dapat terbuat dari bronjong batuan yang disusun hingga ketebalan yang dinyatakan aman terhadap bahaya pasir apung (*quicksand*). Bagian ini biasa disebut dengan lantai konsolidasi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan waktu penelitian



Lokasi studi berada di Sub DAS Sombe Lewara. Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Sombe Lewara secara administratif terletak di Kota Palu, kabupaten Sigi dan kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara geografis terletak pada 00054'10,3" - 01002'02,3" Lintang Selatan dan 119044'30,0" - 119052'16,7" Bujur Timur. Luas Sub DAS Sombe Lewara sebesar 84,125 km² yang berada di dua kabupaten dan satu kota. Sub DAS Sombe Lewara termasuk beriklim tropis, dengan penyinaran matahari lebih dari 50% sepanjang tahun. Suhu mencapai 34⁰ pada siang hari dan 23⁰C pada malam hari serta bermuara pada Sungai Palu.

Rencana waktu penelitian selama 2 bulan, dimana pada bulan pertama yakni diawal bulan merupakan pengambilan data topografi dan pada bulan kedua yakni merupakan pengambilan data Hidrologi dan pengelolaan data.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Penelitian yang digunakan adalah simulasi pengendalian banjir, dengan menggunakan metode Sofwear SMS (*Surface Water Modelling System*) versi 10.1

2. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua sumber data, yang terdiri dari :

- a. Data primer yakni data yang diperoleh langsung dari lapangan dengan menggunakan alat TS (*Total Station*).
- b. Data sekunder yaitu yang diperoleh dari hasil data yang telah ada, yaitu dari stasiun curah hujan Porame dan stasiun Tanamea

C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. *Hardware*, berupa labtop dengan processor intel(R) core™ i5-3230M CPU@2.60GHz,(4cpus) 2.6 GHz memory 4096 MB RAM, dan VGA AMD Radeon graphic (0x6840)

2. Software yaitu program yang digunakan untuk mensimulasikan tinggi muka air adalah *Surface Water Modelling System (SMS)* versi 10.1
 - a. *Resource Management Associates-2 (RMA-2)*
 - b. *Geometry File Generation*
3. Software bantu lain yang digunakan, seperti :
 - a. Auto cad civil 3D land Desktop companion 2009
 - b. Notepad
 - c. Microsoft Exel

D. Model Analisis

1. Analisis Data Curah Hujan

Dari data lapangan kemudian diolah sebagai bahan analisa hasil kajian sesuai dengan tujuan dan sasaran penelitian. Data yang diolah merupakan data curah hujan maksimum tahunan dari masing-masing stasiun selama 15 tahun dari tahun 2003 - 2016. Untuk perencanaan simulasi banjir pada Sungai Sombe Lewara, data yang diperoleh merupakan acuan untuk menentukan debit banjir rencana Sungai Sombe Lewara. Selain data curah hujan yang dilakukan pula pengukuran untuk mendapatkan data topografi yang akan dilakukan pada pemodelan simulasi banjir Sungai Sombe Lewara.

Analisis hidrolika ini membutuhkan masukan data yang berupa hidrografi banjir pada bagian hulu Sungai. Hal ini disebabkan pada bagian hilir sungai berbatasan dengan sungai palu, sehingga dibutuhkan data elevasi muka pada air pada titik hilir.

a. Curah Hujan Wilayah (*Areal Rainfall*)

Untuk mendapatkan gambaran mengenai distribusi hujan di wilayah studi, maka dipilih beberapa stasiun yaitu stasiun Porame dan stasiun Tanamea. Karena hanya dua stasiun yang dipakai, maka untuk menentukan *Areal Rainfall* dari masing-masing stasiun yang ada, digunakan metode rata-rata Aljabar.

b. Curah Hujan rencana

Perhitungan curah hujan rencana dapat ditentukan setelah dianalisa parameter statistiknya, sehingga ditentukan pemilihan terhadap distribusi Log Pearson III.

c. Pola Distribusi Hujan

Pembagian distribusi hujan efektif jam-jaman diperoleh berdasarkan perhitungan curah hujan rencana efektif dari hasil perhitungan curah hujan rencana selama tahun 2003 sampai dengan 2016 di Stasiun Porame dan Tanamea. Dalam perhitungan untuk mendapatkan hidrograf banjir dengan cara satuan sintetik, diperlukan bagian distribusi curah hujan rencana efektif jam-jaman yang terjadi dalam suatu selang waktu. Untuk itu diperlukan selang waktu antara 5-7 jam. Pembagian curah hujan rencana efektif untuk tiap jam dihitung dengan Cara Smirnov Kolmogorof, dan Chi Kuadrat dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi transformasi langsung mengikuti proses linear dan tidak berubah oleh waktu.

d. Debit Banjir Rencana

Berdasarkan data yang dikumpulkan, maka digunakan metode Rational, Hasper, Melchior dan Nakayasu. untuk menghitung debit banjir rencana dan menggambarkan hidrograf banjir. Hidrograf satuan merupakan hidrograf aliran langsung yang disebabkan oleh hujan efektif setebal satu millimeter yang jatuh merata di atas daerah aliran sungai dalam periode tertentu.

2. Analisis Pemodelan Program

Langkah awal untuk melakukan pemodelan banjir di Sungai Sombe Lewara, yaitu dengan menginput data geometri yang telah diolah di Microsoft Office Excel ke bentuk Notepad. Kemudian pada file Notepad yang biasanya otomatis tersimpan dengan tipe file “.txt.”, diubah menjadi tipe file “.xy.” sehingga dapat terbaca oleh Software *Surface Water Modelling System* (SMS) 10.1.

a. Model Map

Konsep pada tahapan ini bertujuan untuk membuat kontruksi permukaan Sungai secara digital. Langkah-langkah pembuatan Model Map adalah sebagai berikut ;

- 1) Masukkan titik kordinat (*scatter*) melalui **Menubar File – Open**, selanjutnya pilih file notepad yang akan digunakan, yang telah kita ubah menjadi tipe “xy”.
- 2) Membuat garis tepi pemodelan dengan menggunakan icon **Create**

Feature Arc (symbol) dari **Toolbar Dynamic Tools**. Garis batas ini merupakan batas area kerja yang akan diproses oleh SMS 10.1 Pada saat pembuatan batas pemodelan selesai, pastikan bahwa hanya ada dua Point, kemudian semua titik Vertex pada Arc terdistribusi merata jaraknya, dengan mengatur melalui **Menubar Feature Objects - Redistribute Vertices**

- 3) Membuat Poligon, melalui **Menubar Feature Objects – Build Polygons**, kemudian klik icon **Select Feature Polygon (symbol)**. Hal ini dikarenakan SMS hanya dapat mengubah Model Map menjadi Model Mesh bila telah menjadi polygon tertutup.

b. Model Mesh

Software *Surface Water Modelling System* (SMS) 10.1 hanya dapat running apabila *Feature Arc* yang telah dibuat dikonversikan menjadi model mesh grid. Titik-titik node yang telah dikonversikan ke mesh grid akan membentuk suatu domain area sungai. Langkah-langkah pembuatan Model Mesh adalah sebagai berikut :

- 1) Pilih polygon (area batas pemodelan) kemudian melalui **Menubar Feature Objects – Map -2D Mesh**.
- 2) Sebelum memasukkan data debit banjir rencana, terlebih dahulu menginterpolasikan peta terhadap kordinat titik Z-nya, melalui **Menubar Scatter – Interpolate to Mesh** pada **Module Scatter**, kemudian kita mencentang Map Z agar kita dapat melihat kontur dasar Sungainya.

3) Input Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana yang merupakan batas atas (flow BC) dan tinggi muka air sebagai batas bawah (head BC) dari sungai, dapat dengan langkah sebagai berikut;

- a) Buat syarat batas aliran dengan menggunakan icon **Create Nodestring** (symbol) pada **Tollbar Dynamic Tools** pada **Module Mesh Module**. Klik titik C disertai menahan tombol **SHIFT** pada keyboard, lalu klik titik D dua kali.
- b) Setelah terbentuk garis antara titik C dan D, gunakan fasilitas **Select Nodestring** (symbol) kemudian pada **Menu Bar RMA-2** pilih **Assign BC** untuk memasukkan nilai debit banjir rencana pada hulu dan tinggi muka air pada bagian hilir.
- c. Running RMA – 2 (Resources Management Associates -2)

Pada tahapan ini, data hasil running GFGEN akan digunakan dalam proses simulasi, sehingga outputnya:

- 1) Tinggi muka air dan kedalaman air pada Sungai Sombe Lewara.
- 2) Pola dan kecepatan aliran yang terjadi di Sungai Sombe Lewara.

Proses running RMA-2 yaitu dengan mengklik **Run RMA-2** setelah Running GFGEN selesai.

Kemudian akan muncul kembali kotak dialog **Run Model**, pilih **OK** atau **ENTER**.

d. Data Browser

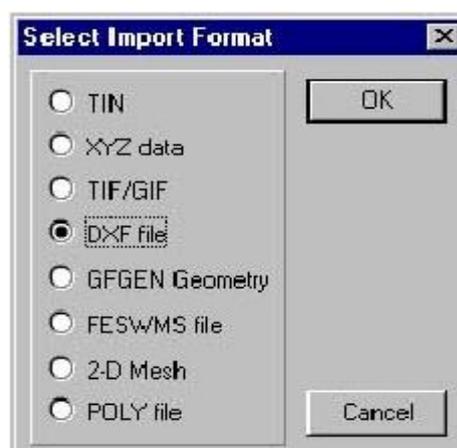
Untuk menampilkan hasil output dengan mencantumkan

keterangannya dapat dilakukan melalui **Menu** **Data** pilih **Data Browser**, kemudian import file dengan tipe “.sol.” yang telah di running RMA-2, lalu klik **Done**.

E. Pembuatan Model Matematis

1. Impor geometri saluran

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian kali ini dengan melakukan impor geometri saluran. Cara ini lebih mudah dilakukan dari pada menggambar geometri saluran secara manual. Dengan cara ini, saat membuat titik ketika menggambar mesh akan lebih mudah karena tinggal menjiplak gambar yang ada. Tidak semua *file* dapat diimpor dengan cara ini, adapun *file* yang dapat diimpor adalah *file-file* dengan format TIN, XYZ data, TIF/GIF, DXF *file*, GFGEN geometry FESWMS *file*, 2-D Mesh dan POLY *file*. Cara yang dilakukan adalah dengan menekan *File*, Import..., lalu mengisi kotak dialog yang ada sesuai dengan format *file* yang dimiliki. Kemudian klik OK untuk memilih *file* yang akan diimpor.



Gambar 4. Kotak dialog Select Import Format.

Dalam pelaksanaan penelitian ini, dari hasil scan gambar peta sungai sombe lewara kemudian gambar diperjelas menggunakan Auto Cad 2010 untuk mendapatkan *file* yang berformat DXF.

a. Pembuatan Domain / Geometri Model (*Pre Processing Unit*)

Boss SMS telah menyediakan peralatan (*toolpalette*) yang digunakan untuk membuat model matematis sesuai dengan yang diinginkan dan harus mengikuti aturan-aturan yang ditentukan dalam pembuatan domain. Selain itu jika telah mempunyai domain dari program lain seperti pengukuran, foto suatu saluran (sungai) dan lain-lain, dapat diambil dan dijadikan domain pada Boss SMS, namun dalam tugas akhir ini hanya akan dijelaskan cara pembuatan domain dengan piranti yang ada pada Boss SMS.

b. Pembuatan *node*.

Uraian dibawah ini akan manerangkan cara pembuatan *node* dilengkapi dengan gambar-gambar untuk memperjelas uraian diatasnya, adapun langkah pembuatannya adalah sebagai berikut:

- 1) Menekan tombol  "create node sstring dengan *mouse*, klik satu kali pada gambar peta, koordinat secara otomatis akan terisi, lanjutkan dengan titik-titik yang lain.
- 2) Untuk memudahkan pembuatan *node* digunakan menu *nodes* yang terdapat pada sisi atas jendela tayang. Misalnya kita akan membuat titik-titik kemudian dari kiri kekanan atau atas kebawah cukup membuat

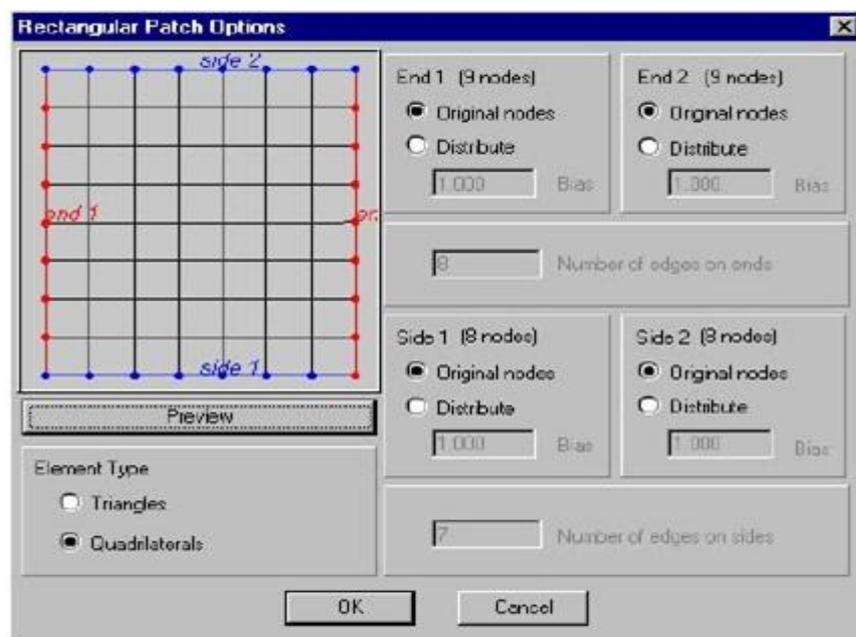
dua buah titik, kemudian pilih tombol “” *select nodes tool*, klik salah satu titik kemudian dengan menekan tombol *shift* pada papan keyboard klik satu titik yang lain. Pilih menu *nodes* dan klik *node interpopts* dan isikan beberapa titik atau segmen yang di inginkan dalam number of *interval sinstring*, tekan *linear* jika ingin titik-titik lurus diantaranya dan tekan *arch* jika membuat titik-titik setengah lingkaran diantaranya, kemudian isi nilai jari-jari setengah lingkaran tadi, secara otomatis koordinat langsung terisi. Kemudian lanjutkan sampai semua titik yang diinginkan terpenuhi.

c. Pembuatan elemen /jaring-jaring(*mesh*)

Langkah-langkah pembuatan mesh atau jaring-jaring dapat dilihat dibawah ini:

- 1) Pilih tombol “” *create node string tool* dan klik semua titik-titik yang telah dibuat tadi dan harus dibagi menjadi empat empat bagian yaitu atas, bawah kiri dan kanan jika kita menggunakan piranti *rectangular patch*. Namun hanya tiga bagian jika menggunakan piranti *triangular patch* pada menu *element*. Pada saat mengklik setiap titik maka warna titik akan berubah menjadi merah dan merah tua setelah menekan tombol *enter* atau klik dua kali, maka keempat *node string* akan terbentuk.
- 2) Setelah *node string* terbentuk klik tombol “” *select node string tool*, maka akan muncul beberapa kotak sesuai dengan grup *node string* yang telah dibuat diatas, dan sambil menekan tombol *shift* klik keempat

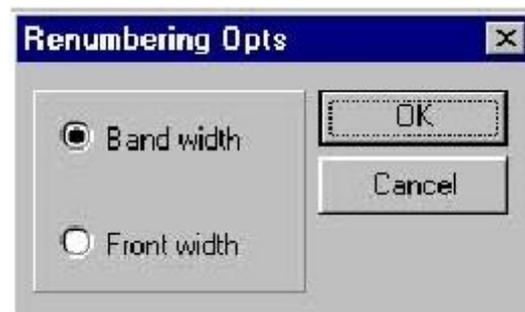
kotak yang ada, maka warna kotak akan berubah menjadi hitam. Kemudian dari menu program pilih *element* dan klik *rectangular patch*, pada jendela tayang akan muncul kotak dialog *rectangular patch*. *Element type* pilih *quadrilaterals* untuk bentuk segiempat dan *triangles* untuk bentuk segitiga, tekan tombol *preview* maka jaring elemen telah terbentuk. Untuk lebih jelas terlihat pada gambar5



Gambar5.Kotak dialog *Rectangular Patch Option*.

- 3) Jika jaring elemen telah terbentuk untuk memenuhi kaidah perhitungan numerik elemen hingga diperlukan penomoran *node* dan *element*. SMS secara otomatis akan menomori *node* dan *element* yang kita buat yaitu dengan terlebih dahulu menekan tombol  "*select node string tool* sehingga muncul kotak. Dipilih kotak pada bagian hulu atau hilir dengan mengklik sehingga warna kotak menjadi hitam, kemudian menekan menu *element* dan pilih *renumber*, maka pada monitor akan

muncul kotak dialog *renumberingopts* dan pilih metode penomoran dari depan (*front width*) atau dari belakang (*band width*), dan jaring elemen telah ternomori, seperti gambar 6 dibawah.



Gambar6.Kotak dialog *renumbering options*.

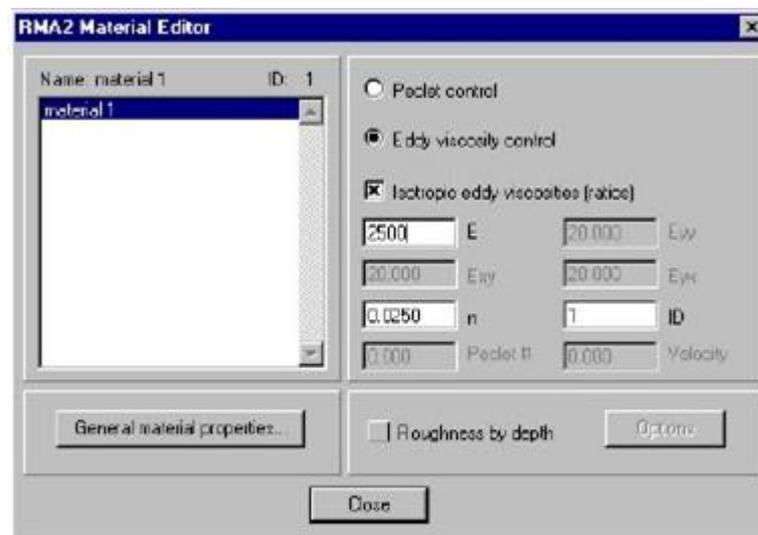
- 4) Setelah selesai (*node* dan *element*) kemudian simpan dalam menu RMA2 pilih *save geometry* dan berinama.

2.Input RMA2

Setelah domain geometri terbentuk, selanjutnya dapat diisikan kondisi batas, pengisian dilakukan pada menu RMA2. Kondisi batas disini berupa debit pada hulu saluran (*flow*) dan elevasi muka air (*head*) pada hilir, nilai E_{dann} , satuan perhitungan, banyaknya iterasi, suhu, percepatan gravitasi, tipe penyelesaian (*steady* atau *dynamic*) dan pengecekan adanya elemen yang kering (*dryelement*) karena tidak terkena air. Cara pengisian parameter aliran dan kondisi batas adalah sebagai berikut:

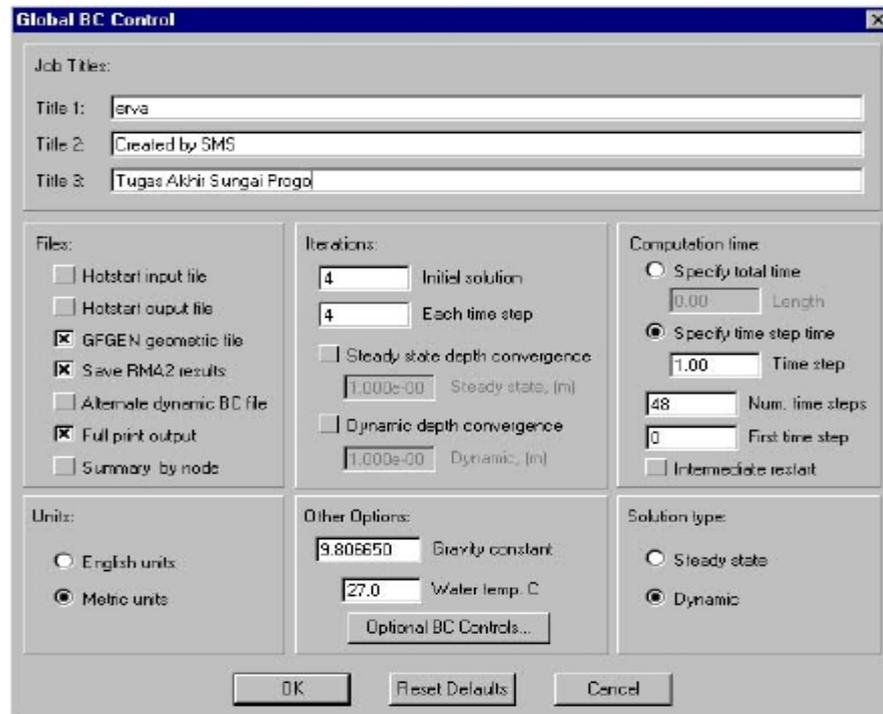
- a. Dengan menu RMA2 pilih *material properties*, maka pada layar monitor akan muncul kotak dialog RMA2 *material editor*. Kemudian isi parameter aliran untuk daerah luasan yang terbantuk, seperti Eddy

Viscosity (E) yang berfungsi untuk mengontrol pola aliran dan angka manning (n). Contoh pengisian *material properties* seperti pada gambar 7 dibawah ini:



Gambar7. Pengisian *material properties*.

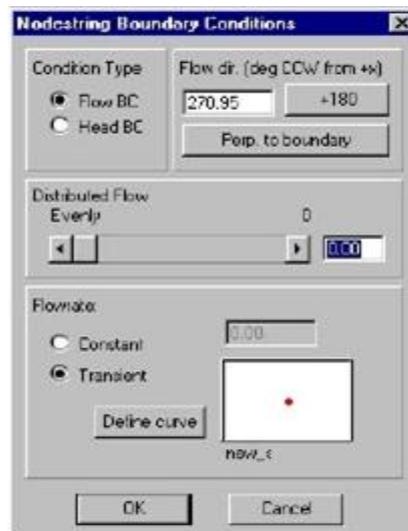
- b. Untuk pengaturan simulasi dilakukan melalui menu RMA2 dengan pilihan *RMA2 control*, secara otomatis akan muncul kotak dialog global *BC control*. Kemudian kita isikan input data *Boundary Condition* secara umum. Contoh pengisian seperti pada gambar 8.



Gambar8.Kotak dialog *global BC Control*.

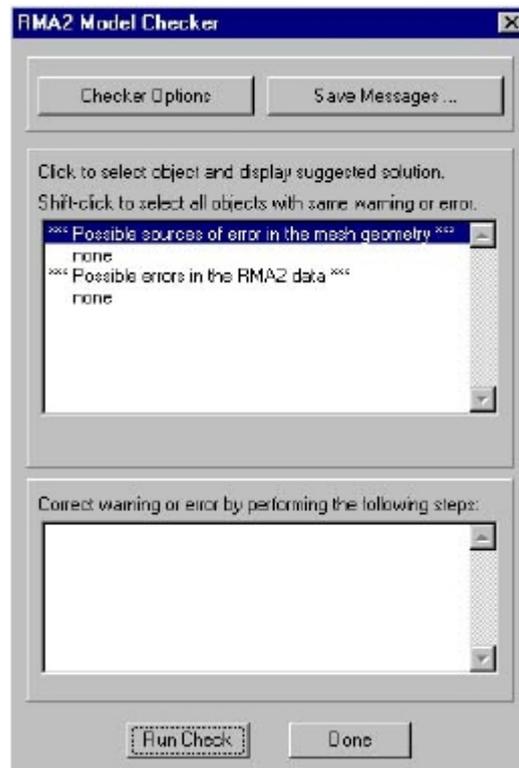
- c. Pengisian kondisi batas dilakukan dengan memilih tombol  "select node stringtool, secara otomatis akan muncul kotak dibagian hulu, klik sampai berwarna hitam, dari menu RMA2 pilih assign BC, secara otomatis akan muncul kotak node string boundarycondition, pilih flow BC dan isikan debit sesuai kebutuhan, constant maupun transient. Pada bagian hilir cara pengisiannya sama, namun yang diaktifkan adalah head BC dan isikan nilai elevasi mukaair, jika pada saat pengisian tipe solusi pada RMA2 control diambil steady maka elevasi pada kotak yang muncul adalah pilihan constant saja namun jika dipilih dynamic maka terdapat dua pilihan yaitu constant atau transient. Jika dipilih transient, harus mengisi kotak dialog XY series editor aliran pasang surut yang ditentukan. Hal ini juga berlaku pada saat pengisian

flow BC atau debit. Pengisian *node string boundarycondition* seperti gambar 9 berikut:



Gambar 9. Pengisian *boundarycondition* pada bagian hilir.

- d. Setelah semua data terisi, sebelum menyimpan *file* dalam *file. bc*, cek dulu pada model check. SMS akan memberikan komentar jika terjadi kesalahan atau kekurangan pada geometri maupun dalam penginputan data, seperti pada gambar 7. Setelah tidak ada kesalahan kemudian simpan dan berinama (sebaiknya dibuat sama dengan *file. Geo* agar memudahkan mengingat dan memperkecil kemungkinan kesalahan dalam pengetikan nama *file*).



Gambar10.Kotak RMA2 *mode lchecker*.

Setelah yakin domain tanpa ada kesalahan pada penginputan data geometri dan kondisi batas, makalangkah selanjutnya yang dilakukan adalah mengeksekusi program. Ada dua macam running pada RMA2, yaitu GFGEN dan RMA2 serta satu eksekusi pada SED2D namun pada naskah ini tidak dijelaskan eksekusi SED2D karena batasan masalah tidak meninjau pola sedimentasi. Langkah-langkah running dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Run GFGEN

Program ini dimaksudkan untuk mengubah data *file geometry* dengan format ASCII kedalam *format binary*. Ada tiga buah *file* yang dibutuhkan dalam pemrosesan program ini yaitu *file geometry* (file.geo),

file print out put (file.ot1), dan *file binary* (file.bin). Cara menjalankan program ini adalah sebagai berikut:

- a) Eksekusi melalui SMS pada menu RMA2, dengan menekan *run* GFGEN, secara langsung akan muncul jendela MSDOS yang di dalamnya program numeris tersebut. Dan isikan dengan *file-file* yang diperintahkan oleh program tersebut, jangan lupa dimana posisi menyimpan data tadi. Kekurangan dengan cara ini adalah pada saat running selesai, maka program dalam MSDOS ini tidak berhenti tetapi langsung menghilang dan kembali keprogram SMS dalam MS Windows. Selain itu dapat juga mengeksekusi program melalui MSDOS sehingga kekurangan dengan cara sebelumnya dapat teratasi. Cara yang lain adalah menjalankan melalui *windows explorer* dengan terlebih dulu mengubah *properties file* Gfgv 430. pif. Caranya adalah klik kanan *file* Gfgv 430. Pif kemudian tekan *properties*. Jika pada attribute, kotak yang tercentang adalah *read-only* dan centang *archive*. Kemudian tekan program, padabagian Cmdline ubah tulisan GVG430. EXE menjadi GVG430.EXE/h dan kotak *closeonexit* yang tercentang dikosongkan. Berikut ini adalah urutan *file* masukan saat melakukan running GFGEN.

Enter gfggenrun *control* input file name

File.geo

Enter full print out put *filen* ame

File.ot1

NOBANNER WERESUPLIEDASINPUT

Enter the binary out put geometryf ile name

File.bin

- b) Setelah semua perintah selesai, secara otomatis program mengeksekusi data masukan tadi, bila telah ada tanda berupa suara (*beep*) dan terdapat tulisan *stop program terminated*, maka eksekusi program telah selesai. Namun adakalanya juga program tidak berhasil melakukan running akibat kurang tepatnya dalam penginputan data, program otomatis berhenti (tanda stop) serta muncul komentar kesalahan.

2) Run RMA2

Setelah eksekusi program GFGEN selesai dan tidak terdapat komentar *error..*, maka out put dari program diatas telah dapat dibaca pada *file. ot1* dan juga berbentuk file. Bin sehingga menjadi masukan untuk program dinamik RMA2. Cara *running* RMA2 sama dengan saat *running* GFGEN hanya *file-file* yang diisikan berbeda. *File-file* yang harus kita tuliskan adalah *file.bc*, *file. ot2*, *file. Bin* (hasil *running* GFGEN), *file. Sol* (hasil *running* RMA2) dan *file. Rsr* (hot start), jika kita memerlukan pengulangan *running*. Bila eksekusi telah selesai akan terdengar bunyi (*beep*) dan terdapat tulisan RMA2 *hasfinish edinitialsolution* serta *stop program terminated*. Namun sering kali program tidak bisa dieksekusi sampai selesai, maka eksekusi berhenti ditengah jalan dan menuliskan kesalahan yang terjadi (*error..*).Ini berarti terdapat kesalahan pada saat

penginputan data di RMA2. Buka kembali menu RMA2 isikan kembali dengan parameter-parameter yang benar, simpan dalam file. Bc dan eksekusi program sampai berhenti. Adapun urutan *file* masukan saat melakukan *running* RMA2 adalah sebagai berikut:

ENTER RUN *CONTROL* INPUT FILE NAME

File.bc

ENTER FULL RESULTS LISTING OUTPUT FILE NAME

File.ot2

RMA2 VERSION 4.30 READING INPUT DATA ... UNIT=2

READ VARIABLE RECRD=T1 erv CHKDMS= DMS =

NO BANNERS ON INPUT *CONTROL* FILE ...REWIND

T1 erva

T2 Created by SMS

T3 Tugas Akhir Sungai sombe lewara

SI 0

\$L 0 0 60 64 0 3 0

<< CAUTION >> AutoPEC/N LU turned off via \$L

<< CAUTION >> Final Binary for vorticity is turned off via \$L

ENTER INPUT GEOMETRY FILE (binary)

File.bin

ENTER FINAL RMA-2 SOLUTION/RESULTS FILE (binary)

File.sol

Kemudian program secara otomatis akan berjalan, menghitung

kecepatan, elevasi muka air disetiap titik dan nilai maksimum dan minimal dari keduanya beserta lokasinya (*node*).

3. Penentuan Lokasi (Gages)

Gages digunakan untuk menentukan suatu lokasi yang akan ditinjau dalam suatu penelitian untuk dilihat kondisi hidrodinamik dan sedimentasi sepanjang waktu pengujian yang berupa grafik. Ada dua cara penentuan nilai pada lokasi tersebut, yaitu:

- Nilai diambil dengan melakukan interpolasi dari titik-titik sekitar.
- Nilai diambil dari titik terdekat.

Adapun langkah-langkah yang harus ditempuh adalah:

- Pilih menu data dan klik data browser atau tekan tombol "data browser". Kemudian klik tombol *import*, sehingga muncul kotak dialog *import data set* seperti gambar 8.



Gambar11. Kotak dialog *data set browser*.

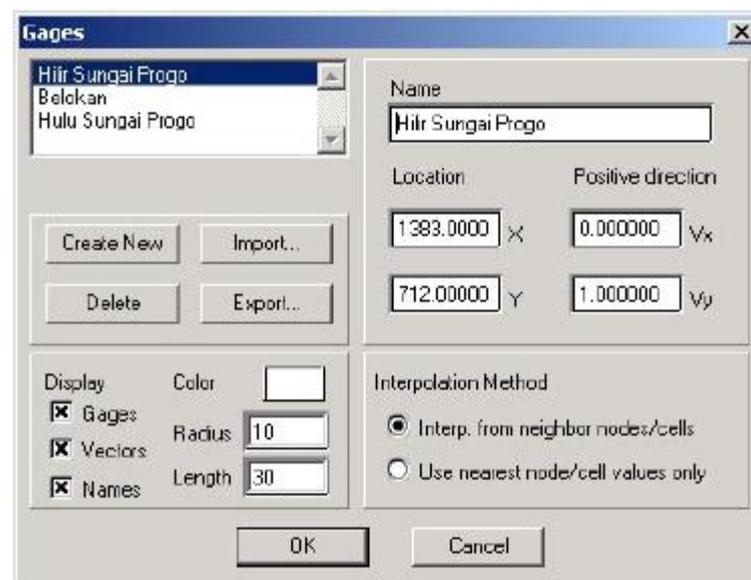
File-file yang mendukung masukan *data browser*.

Tipe File	File yang didukung
Generic file	HIVEL2D, SMS-created data file
TAB file	RMA2, RMA4, SED2D-WES, RMA10
FESWMS file	FLOMOD, FLO2DH
ADCIRC file	ADCIRC hydrodynamic
ADCIRC harmonic file	ADCIRC wave information
CGWAVE file	CGWAVE

Pilih TAB file kemudian pilih file. Sol untuk data hidrodinamik

- b. Tekan tombol *creategagetool* kemudian klik lokasi yang akan ditinjau.

Jika koordinat titik ingin diubah maka pilih menu data dan pilih gages, maka kotak dialog akan ditampilkan.



Gambar 12. Pengisian koordinat lokasi yang ditinjau.

Penentuan nilai pada lokasi ini adalah:

- 1) Jika dipilah *interp. from neighbour nodes cells*, maka nilai pada lokasi tersebut merupakan interpolasi dari titik-titik di sekitarnya.

- 2) Jika dipilih *use nearest node cell values only*, maka pada lokasi tersebut diambil dari nilai titik terdekat.

4. Pembacaan informasi (*output*)

Informasi atau *output* yang akan didapatkan dapat dibagi menjadi 3 bentuk dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Ketiganya merupakan suatu informasi yang saling melengkapi.

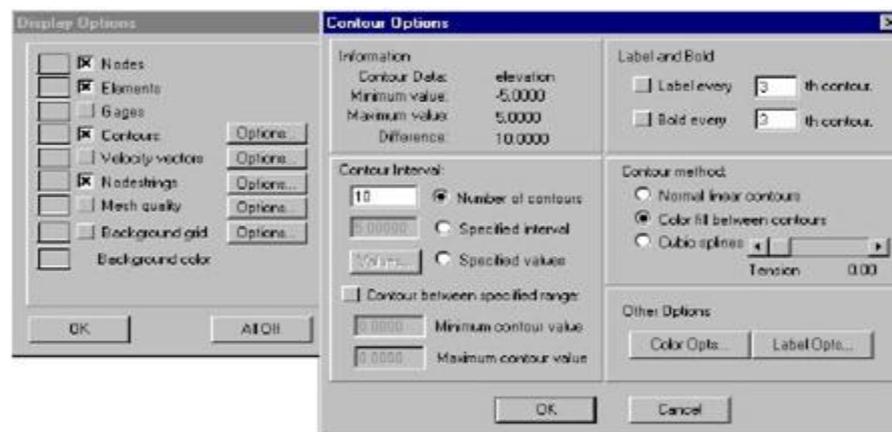
Tampilan dengan *loop film* sangat baik untuk ditampilkan sehingga kontur maupun vektor dapat diperlihatkan setiap interval waktu selama waktu pengujian. Kekurangan dengan cara ini adalah bahwa hasil yang didapatkan hanya merupakan suatu interval nilai tertentu dan bukannya suatu bilangan eksak. Adapun cara penayangan adalah sebagai berikut:

Tekan tombol “  ” *data browser* yang ada disamping kiri jendela tayang, secara otomatis akan muncul kotak dialog data set *browser*, pilih *import* kemudian setelah muncul kotak pilihan, klik *file biner* hasil hitungan TABS (TABS file), pilih file.sol untuk pola aliran dari RMA2

- a. Penampilan vector atau salar.

Masih di *data browser*, pilih waktu yang ingin ditayangkan kemudian kembali ke menu utama dan tekan tombol “  ” *display option*, klik kotak disamping *velocity vector* tekan *enter* atau tekan OK, secara otomatis garis-garis vektor akan terlihat. Jika merubah tampilan

velocity vector dengan cara mengklik option yang ada disebelah kanan *velocity vector*, isikan parameter-parameter yang kita inginkan. Dengan cara sama dapat pula ditunjukkan hasil-hasil berupa kontur, yaitu dengan mengklik kotak *contours* dan klik *option* bila ingin mengubah tampilan, seperti ditunjukkan gambar 13.

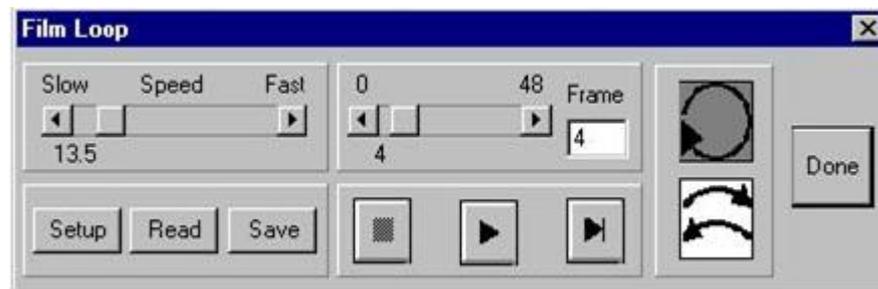


Gambar13.Kotakdialogvectorandcontouroption.

b. Penampilan secara visual dengan *loop film*.

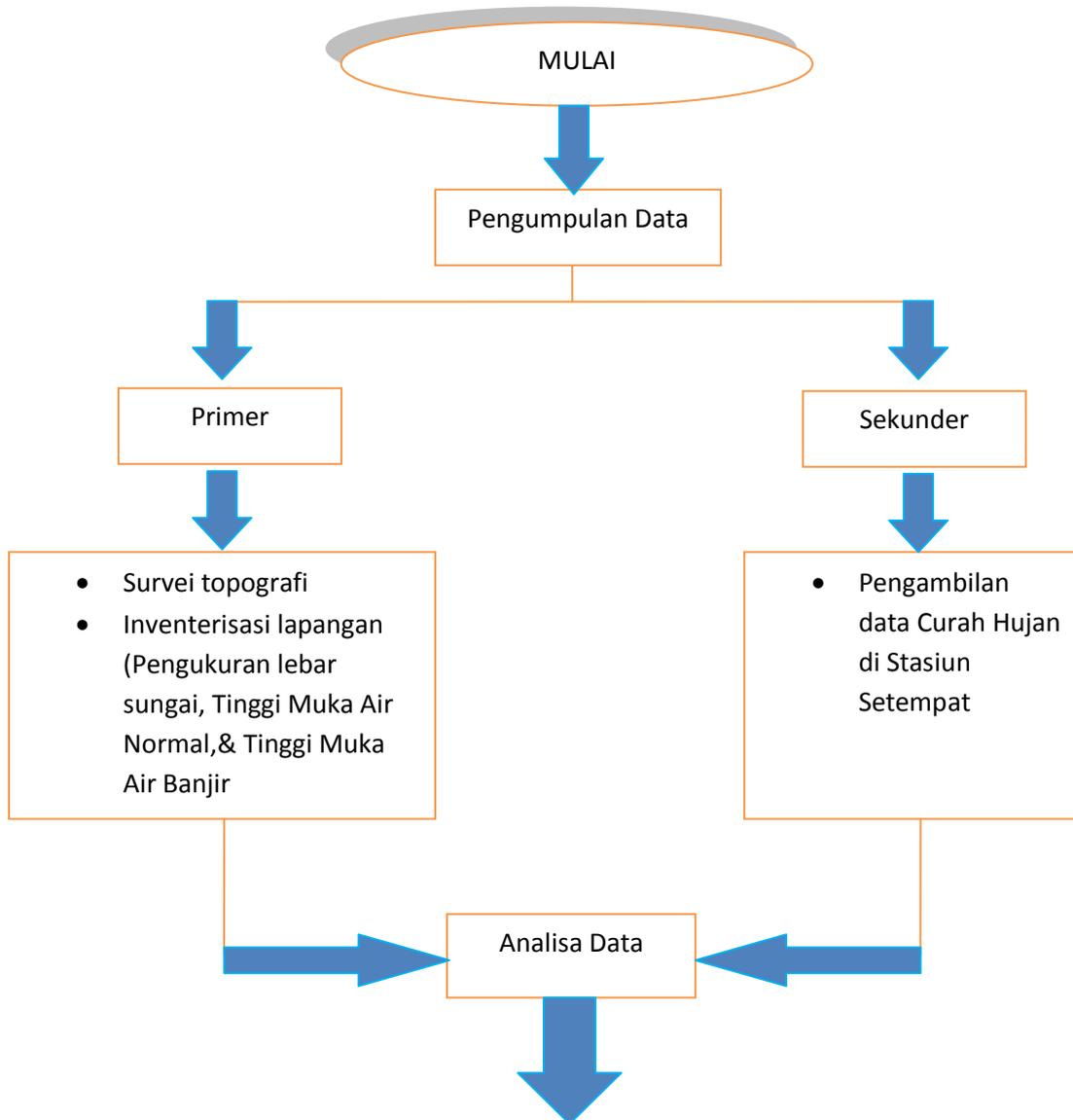
Pilih menu data yang terdapat pada sisi atas jendela tayang, klik *film loop*, secara otomatis akan keluar kotak dialog *film loop*, pilih *setup* untuk mengisikan parameter-parameter yang kita inginkan seperti data *option (vector data set)* pilihan *flow trace* akan menyala, isi *frame* dengan angka yang tidak terlalu besar agar proses tidak terlalu lama, jangan lupa seting *display option* yang akan menampilkan besar tayangan yang kita inginkan (pemilihan 100% menyebabkan proses berjalan lama).

Setelah keluar tampilan *film loop*, tunggu sampai proses selesai dan tekan *play* untuk mengaktifkan *film loop*.

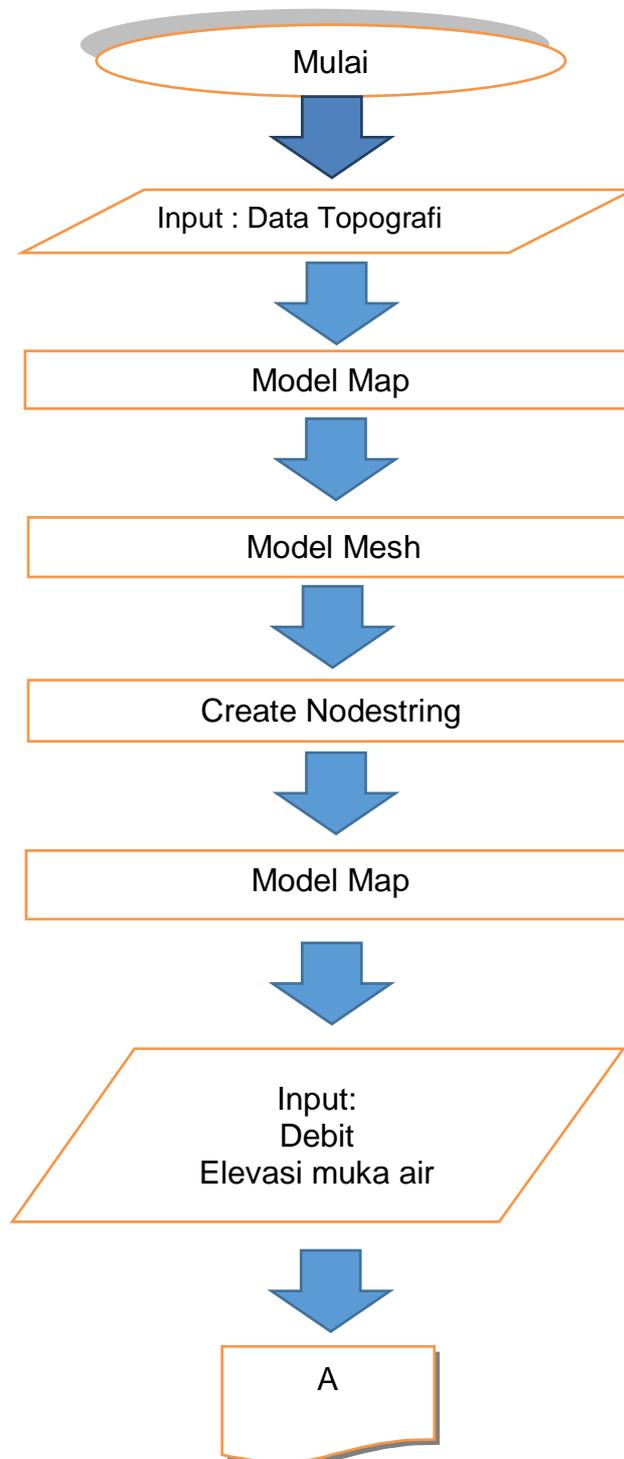


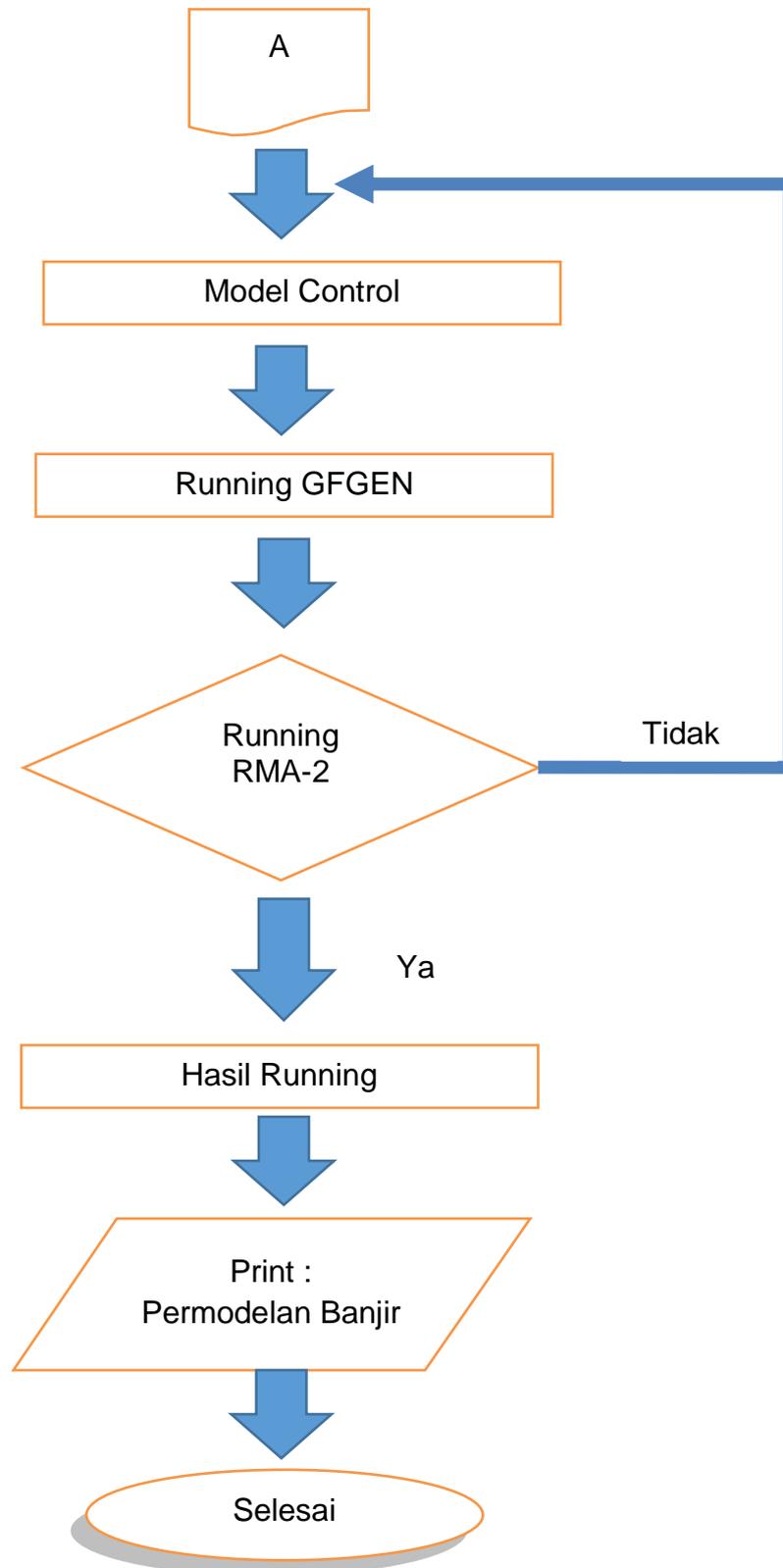
Gambar14. *FilmLoop*.

F. Flow Chart Penelitian



G. Flow Chart Program





Gambar 15.Diagram Alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data

Untuk melakukan pemodelan banjir dibutuhkan data debit banjir rencana yang merupakan hasil perhitungan dari data curah hujan. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan maximum harian yang terjadi dalam satu tahun karena yang dihitung adalah debit banjir maximum.

Data curah hujan yang tersedia adalah data curah hujan dari dua stasiun penakar hujan yaitu stasiun curah hujan kelas II Porame dan Tanamea dari tahun 2003 - 2016 yang selanjutnya dianalisa dengan *Metode Log Person III*. Data ini digunakan untuk menganalisa *high flow* (Debit Banjir) dengan periode ulang 5,10,20,50 dan 100 tahun. Dari analisa ini didapat besar debit banjir perencanaan yang berguna untuk menjaga keamanan konstruksi. Untuk selanjutnya data curah hujan dari stasiun penakar hujan yang ada pada lampiran.

B. Analisa Parameter Statistik

Untuk menentukan jenis metode yang digunakan pada perhitungan curah hujan rencana, terlebih dahulu dilakukan analisa parameter statistika yang telah di dapatkan hasilnya dari perhitungan

dengan menggunakan rumus yang telah di tentukan di awal penelitian ini pada hal 10 - 11

Tabel. 3.Parameter Statistika

NO	Parameter Statistik	\bar{X}	Sd	C_v	C_s	C_k	Satuan
1	Hasil	1,819	0,135	0.074	0,678	6,390	Mm

Dari hasil perhitungan statistik ditetapkan bahwa perhitungan curah hujan rencana digunakan dengan metode LOG PERSON TIPE III.

C. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Person Tipe III

Perhitungan curah hujan dapat dihitung dengan persamaan (12) dengan nilai G diambil dengan kepecegannya (C_s) untuk rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan rencana. Disajikan dalam table berikut

Tabel 4 : Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Periode Ulang	G	Xt (mm)
1	5	0.801	84,590
2	10	1,350	100,343
3	25	1,982	122,155
4	50	2,413	139,734
5	100	2,828	158,978

Sumber hasil perhitungan.

D. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana pada sungai Sombe Lewara dihitung dengan menggunakan metode Rational Jepang, Metode Weduwen, metode Hasper, dan Metode Nakayasu yang disesuaikan dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS).

Untuk perhitungannya terlebih dahulu diketahui parameternya antara lain :

1. Luas esment area : 83,53 Km²
2. Panjang sungai : 19 km
3. Kemiringan sungai : 0.00075 m
4. Lebar penampang sungai : ± 22 m
5. Lebar dasar sungai : ± 18 m

Adapun hasil perhitungan banjir rencana yang akan digunakan dalam pemodelan banjir sungai Sombe Lewara yang merupakan debit banjir rencana Maksimum dari setiap priode ulang sebagai berikut :

E. Perhitungan Banjir Rencana Metode Non Hidrograf

1. Metode Rasional Jepang

Rumus dasar yang digunakan adalah :

$$Q = a. r. A$$

$$Q = (a. r. A) 0.278$$

1.1 *Run off Koefisien*

Besarnya *Run off koefisien* tergantung dari faktor-faktor daerah

pengaliran seperti misalnya, jenis tanah, kemiringannya, keadaan hutan penutupnya dan sebagainya juga tergantung dari besar kecilnya banjir.

1.2 Intensitas Hujan

Karena intensitas hujan pada umumnya sukar didapat, juga di Indonesia, maka untuk mendapatkan intensitas hujan (r) selama *time of concentration* (t), yang biasanya 6 jam, dipergunakan hujan sehari (R).

$$r = \frac{R}{6} \times \frac{6 \times 0,667}{t}$$

1.3 Time Of Konsentrasi (t)

Disini dianggap bahwa lamanya hujan yang akan menyebabkan debit banjir adalah sama dengan *time of concentration* (t). Dan untuk menghitung (t), dipakai rumus :

$$V = 72 \times \left(\frac{H}{L}\right)^{0,6}$$

1.4 Prosedur perhitungan

Dengan rumus-rumus dibawah ini dengan perhitungan debit maksimum dilakukan :

a. Tentukan nilai a

b. R_t dihitung dengan rumus :

$$\log (R_t + b) = \frac{Y + I \times Z}{a}$$

c. $r = \frac{R}{24} \times \frac{24^{2/3}}{t}$

$$d. \quad t = \frac{L}{V}$$

$$e. \quad V = 72 \times \frac{H^{0.6}}{L}$$

$$f. \quad Q = (a.r.F) 0.278$$

Perhitungan Banjir Rancangan

Diketahui :

$$\text{Daerah pengaliran sungai bergunung luas :} = 83,53 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang sungai (L)} = 19 \text{ km}$$

$$\text{Beda tinggi (H)} = 0.765 \text{ km}$$

Kita ingin mengitung Q_{50} (debit dengan periode ulang 50 tahun, disini dianggap bahwa *probability* untuk $Q = probability$ untuk R).

$$a. \quad a = \frac{0.75 + 0.85}{2} = 0.8$$

$$\begin{aligned} b. \quad V &= 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \\ &= 72 \left(\frac{0.77}{19} \right)^{0.6} \\ &= 10,478 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$i = \frac{H}{0.9 \times L} = \frac{0,765}{0,9 \times 19}$$

$$i = 0,0447$$

$$\begin{aligned} c. \quad t &= \frac{L}{V} = \frac{19}{10,478} \\ &= 1,81 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d \ I &= \left(\frac{R_5}{24}\right) \cdot \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \\
 &= \left(\frac{84,589}{24}\right) \cdot \left(\frac{24}{1,81}\right)^{2/3} \\
 &= 19,72 \text{ mm/jam (cara mononobe)} \\
 e. \ Q &= 0.278 \times a \times I \times A \\
 &= 0.278 \times 0,8 \times 19,72 \times 84 \\
 &= 366,1 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tabel 5 Hasil Perhitungan Debit Metode Rasional Jepang

Kala Ulang	α	R (mm)	tc (Jam)	A (Km ²)	I (mm/jam)	Q _{maks} (m ³ /det)
5	0,80	84,5899	1,81	84	19,72	366,07
10		100,3427			23,39	434,24
25		122,1546			28,48	528,63
50		139,7342			32,58	604,71
100		158,9782			37,06	687,99

Sumber : Hasil perhitungan

2. Metode Weduwen

Perhitungan banjir rencana metode “ weduwen” hanya untuk DAS<100 Km. Besarnya debit dihitung dengan rumus:

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

2.1. Prosedur Perhitungan

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$$

$$b = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot A}{120 + A}$$

$$q = \frac{67 \cdot 65}{t + 1.45}$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{b \cdot qn + 7}$$

$$t = 0,25 \times L \times Q^{-0,25} \times i^{0,25}$$

2.2. Perhitungan Banjir Rencana

Diketahui :

$$A = 83.530 \text{ km}^2$$

$$L = 19.00 \text{ km}^2$$

$$t_{\text{asumsi}} = 0.4 \text{ km}^2$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot A}{120 + A}$$

$$= \frac{120 + \frac{0,4+1}{0,4+9} \cdot 84}{120 + 84} = \frac{132,44}{204} = 0,651$$

$$q = \frac{67,65}{t+1,45} \times \frac{R_n}{240}$$

$$= \frac{67,65}{0,4+1,45} \times \frac{84,590}{240}$$

$$= 12,889$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot q + 7}$$

$$= 1 - \frac{4,1}{0,65 \cdot 12,889 + 7} = 0,734$$

2.3. Asumsi benar sehingga nilai Q dapat dihitung

$$Q = \alpha \times \beta \times q \times A$$

$$= 0,73 \times 0,651 \times 12,889 \times 84$$

$$= 513,879 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 t &= 0,25 \times L \times Q^{-0,25} \times i^{0,25} \\
 &= 0,25 \times 19 \times 513,879^{-0,25} \times 0,04474^{0,25} \\
 &= 100
 \end{aligned}$$

Tabel 6 Hasil Perhitungan Debit Metode Weduwen

Kala Ulang	R24 (mm/hari)	t _{Coba} (Jam)	q	β	α	Qmaks (m ³ /dt)	Kontrol t (Jam)
5	84,59	0,4	12,889	0,651	0,734	513,88	1,00
10	100,34	0,4	15,289	0,651	0,758	629,98	0,98
25	122,15	0,4	18,612	0,651	0,785	794,62	0,95
50	139,73	0,4	17,506	0,651	0,777	739,38	0,96
100	158,98	0,4	20,843	0,651	0,801	907,01	0,93

Sumber: Hasil perhitungan

3. Metode Haspers

$$\text{Diketahui : } A = 83,53 \text{ km}^2$$

$$L = 19 \text{ km}^2$$

$$\alpha = \frac{1+0,012 \cdot A^{0,7}}{1+0,075 \cdot A^{0,07}}$$

$$= \frac{1+0,012 \cdot 84^{0,7}}{1+0,075 \cdot 84^{0,07}}$$

$$= \frac{1,266}{2,661}$$

$$\alpha = 0,476$$

$$i = 0,04474$$

$$t = 0,1 \times L^{0,8} \times i^{-0,3}$$

$$= 0,1 \times 19^{0,8} \times 0,04474^{-0,3}$$

$$\begin{aligned}
&= 2,7 \text{ jam} \\
\frac{1}{\beta} &= 1 + \frac{t+3,7 \cdot 10^{-0,4t}}{t^2+15} \times \frac{f^{0,75}}{12} \\
&= 1 + \frac{2,7+3,7 \cdot 10^{-0,4 \cdot 2,67789}}{3^2+15} \\
\beta &= \frac{1}{1,311} \\
\beta &= 0,763 \\
R &= \frac{t \cdot R_5}{0,0008 \cdot (260-R)} = \frac{2,7 \cdot 84,59}{2,7+0} \\
&= 62,690 \\
q &= \frac{1 \cdot R}{36 \cdot t} = \frac{62,690}{3,6 \times 2,7} = 6,503 \text{ m}^3/\text{dtk} \\
Q_5 &= \alpha \times \beta \times q \times A \\
&= 0,476 \times 0,763 \times 6,503 \times 83,53 \\
&= 197,124 \text{ m}^3/\text{dtk}
\end{aligned}$$

4. Metode Nakayasu

Cara Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Data-data diketahui sebagai berikut

$$\begin{aligned}
\text{Luas Das (A)} &= 83,53 \text{ km}^2 \\
\text{panjang sungai (L)} &= 19,00 \text{ km} \\
R_0 &= 1 \text{ mm hujan satuan (mm)} \\
C &= 1,00 \\
\alpha &= 2
\end{aligned}$$

Penyelesaian :

Waktu antara hujan sampai debit puncak banjir T_g ($L > 15\text{km}$)

$$\begin{aligned} T_g &= 0,4 + (0,058 \times L) \\ &= 0,4 + (0,058 \times 19) \\ &= 1,50 \text{ jam} \end{aligned}$$

waktu hujan T_r

$$\begin{aligned} T_r &= 0,5 \times T_g \\ &= 0,5 \times 1,50 \\ &= 0,75 \text{ jam} \end{aligned}$$

waktu mencapai puncak T_p

$$\begin{aligned} T_p &= T_g + (0,8 \times T_r) \\ &= 1,50 + (0,8 \times 0,75) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{03} &= \alpha \times T_q \\ &= 2 \times 1,50 \\ &= 3,004 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{03} &= \alpha \times T_q \\ \alpha &= \frac{T_{03}}{T_g} = \frac{3,004}{1,50} = 2,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{03} &= 2,1028 + 3,004 \\ &= 5,1068 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,5 T_{0,3} &= 1,5 \times 3,004 \\ &= 4,51 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + 1,5 T_{0,3} &= 2,1028 + 4,506 \\ &= 6,6088 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p + T_{0,3} + T_{0,3}^2 &= 2,1028 + 3 + 9,02 \\ &= 14,13 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= \frac{C \cdot R_0 \cdot A}{3,6(0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \\
 &= \frac{1 \cdot 1 \cdot 83,5}{3,6(0,3 \cdot 2,1 + 3)} = \frac{83,53}{13,09} = 6,3834 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Tabel 7.Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana Sungai Sombe- Lewara

No	Kala Ulang	Metode				Debit Rencana (m ³ /dt)
		Rasional	Weduwen	Hasper	Nakayasu	
1	5	366,07	513,88	272,55	297,00	272,55
2	10	434,24	629,98	322,59	352,31	322,59
3	25	528,63	794,62	391,52	428,89	391,52
4	50	604,71	739,38	446,76	490,61	446,76
5	100	687,99	907,01	506,93	558,18	506,93

Sumber: Hasil Pehitungan

F. Hasil Simulasi Banjir

Software *Surface water modeling system (SMS) 10.1* secara default akan menganalisis perhitungan Hidrolika dari penampang sungai, yang telah di input data topografi dan debit banjir rencana sehingga akan didapatkan kedalaman air (h), serta pola dan kecepatan aliran untuk masing masing periode kala ulang.

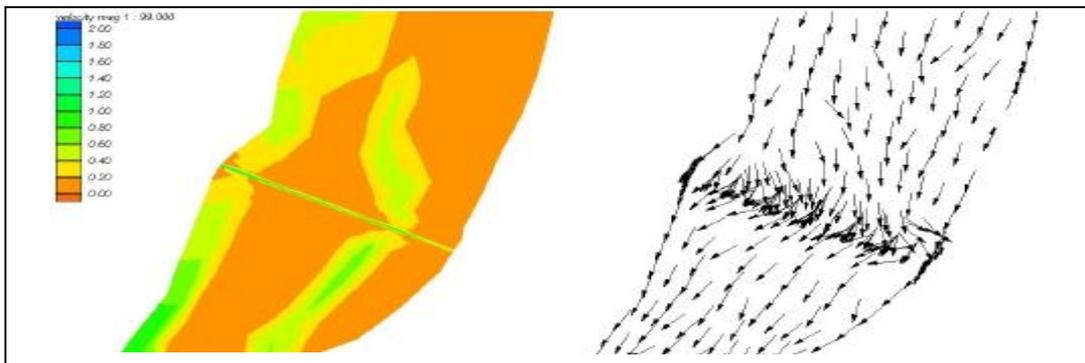
Data input parameter yang cukup dominan, yang paling memengaruhi hasil simulasi hidrodinamik adalah nilai ε (*Eddy Viscosity*) dan n (*Manning*). Nilai ε (*Eddy Viscosity*) yang diambil sebesar 2400 – 4800 karena muara pada hilir sungai Sombe Lewara elevasinya dalam,

sedangkan nilai n (*Manning*) adalah 0,5 pada delta sungai dan 0,075 pada alur aliran sungai

1. Pola Aliran

Dari hasil visual kontur kecepatan sungai dapat dilihat Pada gambar 16.a. Aliran air pada potongan ini mengalami pengurangan kecepatan dan membuat kedalaman air mengalami kenaikan yang di akibatkan adanya bekas olakan atau perubahan elevasi kontur tanah pada sungai yang membuat pola aliran seakan-akan mengelak tidak beraturan sehingga dapat menimbulkan terjadinya gerusan atau scouring pada penampang Sungai

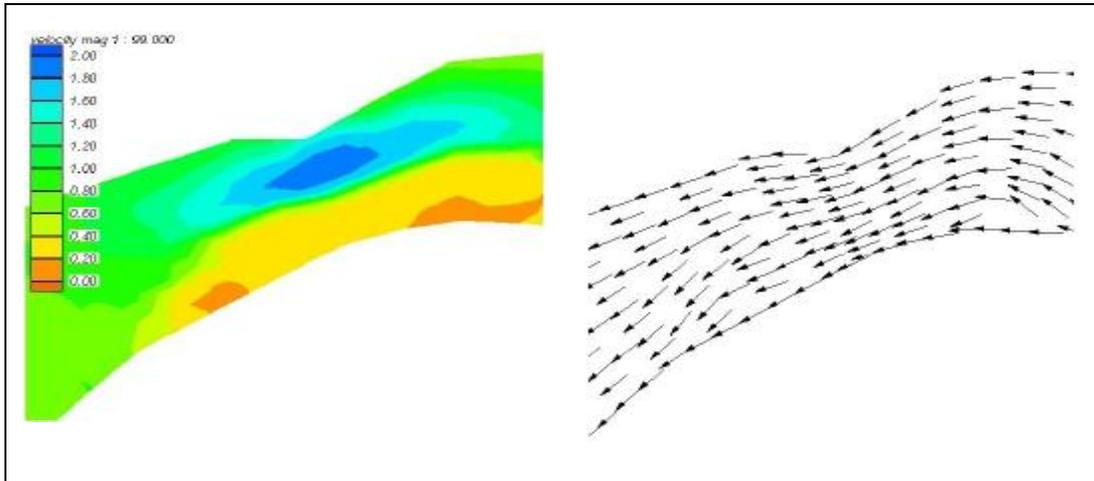
Berikut adalah potongan potongan aliran yg terjadi di sungai sombe lewara :



Gambar 16.a kontur dan vektor kecepatan yang terjadi di groundsil (hulu sungai).

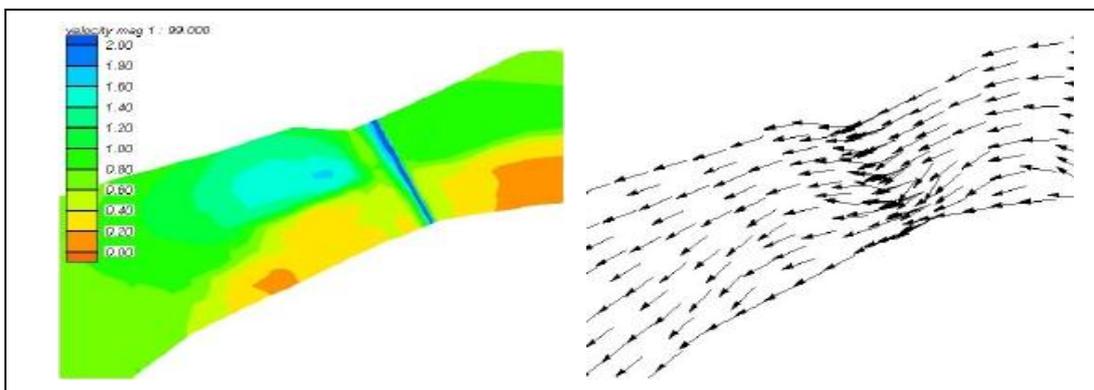
Pada gambar 16.a yang terjadi adalah aliran turbulen yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. aliran ini terjadi karena adanya hambatan atau perbedaan elevasi yang signifikan sehingga

membuat pola aliran berubah yang awalnya laminar menjadi turbulen.



Gambar 16.b kontur dan vektor kecepatan yang terjadi di grounsil (hilir sungai)

Pada potongan ini sama halnya dengan gambar 16.b yang terjadi adalah aliran turbulen yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. aliran ini terjadi karena adanya hambatan atau perbedaan elevasi yang signifikan sehingga membuat pola aliran berubah yang awalnya laminar menjadi turbulen.



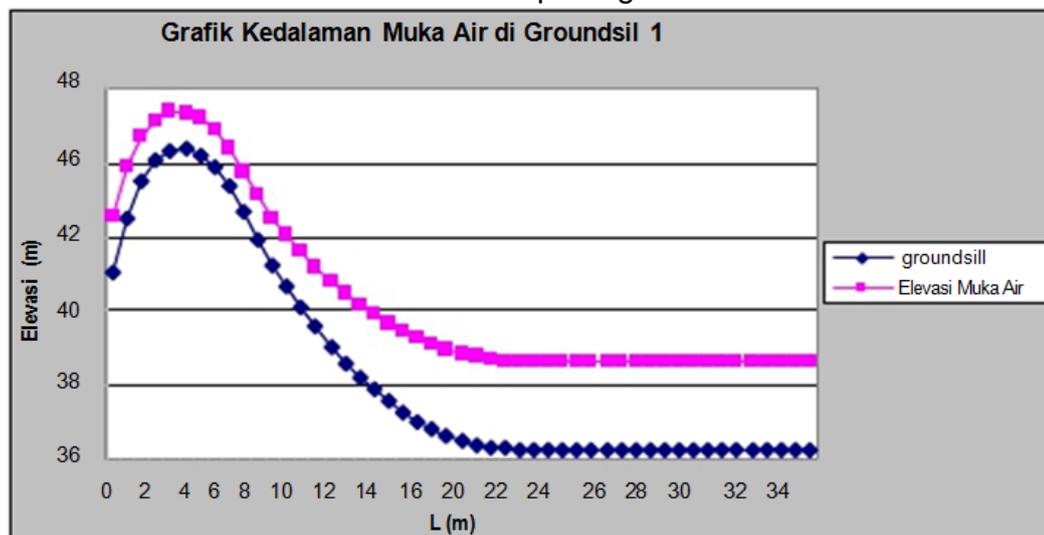
Gambar 16.c Potonga kontur dan vektor aliran sungai

Pada gambar 16.d yang terjadi adalah aliran Laminer, aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lanima-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain, dan juga terlihat panjang dari aliran yang seragam menandakan kecepatannya seragam dari sisi hulu menuju ke sisi hilir.

2. Simulasi Tinggi Muka Air

Simulasi kedalaman air dari hasil topografi dan hitungan hidrologi yang di input ke program SMS 10.1. Hasil simulasi di detailkan dengan grafik simulasi pada daerah yang di teliti, yaitu pada bagian groundsil.

Tabel 8 :Grafik kedalaman muka air pada groundsil



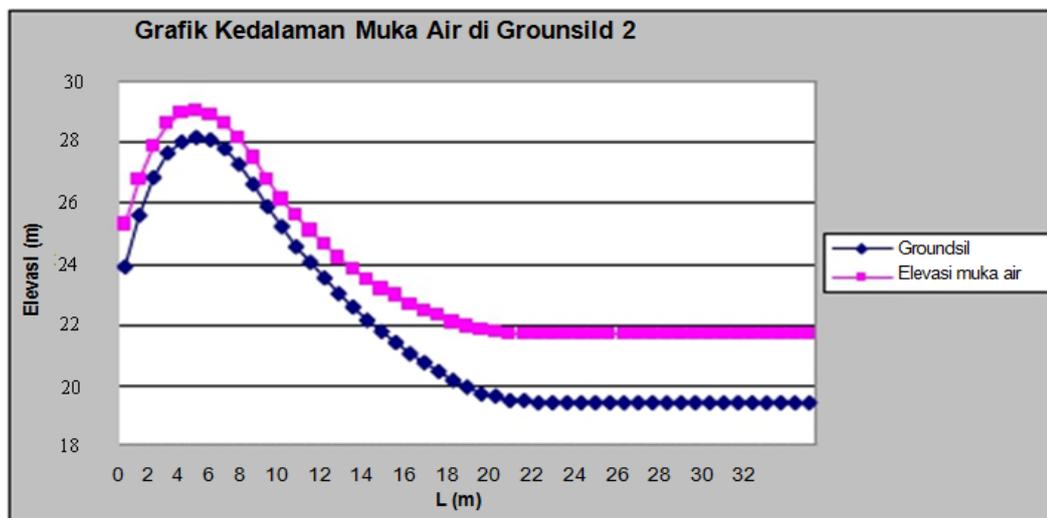
Sumber: hasil running

Dari hasil running perogram menghasilkan pola aliran di hulu goundsill ini dipengaruhi oleh bangunan groundsil yang seakan akan menghambat laju aliran air sehingga menyebabkan kecepatan aliran turun, dapat dilihat pada garaik elevasi muka air lebih tinggi akibat adanya bangunan groundsil dibanding elevasi muka air tanpa adanya bangunan

groundsil.

Groundsil ini juga menyebabkan naiknya elevasi muka air di hulu. Hal ini disebabkan aliran air dari hulu terhalang oleh bendung. Adanya bangunan yang menghalangi aliran ini membuat air terakumulasi dan mengumpul di hulu bendung agar terjadi kesetimbangan air, sehingga elevasi muka air di daerah ini naik.

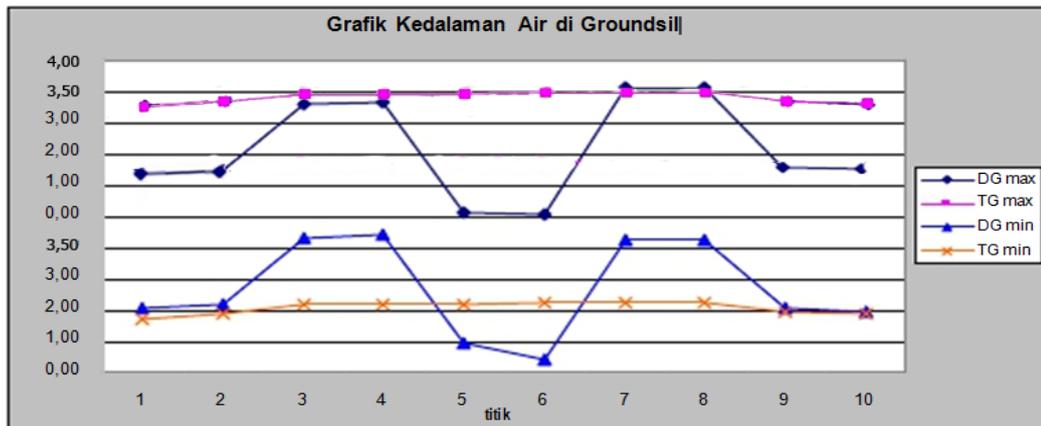
Tabel 9 grafik kedalaman muka air di groundsil 2



Sumber: hasil running

Seperti halnya di groundsil 1, pola aliran di groundsil 2 ini dipengaruhi oleh bangunan groundsil. Adanya bendung pada bangunan groundsil menyebabkan aliran air terhalang, hal ini membuat air terakumulasi di hulu bendung sehingga elevasi muka air di daerah ini naik sehingga menyebabkan kecepatan aliran di hulu bendung menurun karena laju aliran dihambat oleh bendung .

Tabel 10. Grafik kedalaman air



Sumber: hasil perhitungan

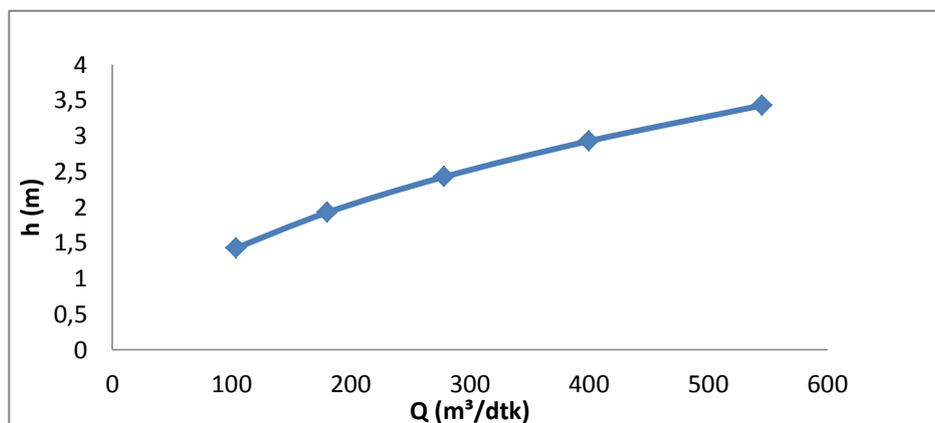
Dari hasil input data dan running pemograman di hasilkan grafik kedalaman air atau muka air banjir (MAB) Sungai Sombe Lewara. Menunjukkan 2 Cross Section yaitu pada cross section pertama saat muka air normal (TG min) menunjukkan elevasi antara 1 - 2 meter berwarna kuning dengan eksisting tanah (DG) menunjukkan elevasi 3 - 4 meter berwarna biru. dan pada cross section kedua saat muka air banjir (TG max) menunjukkan elevasi 3 - 3.5 meter berwarna ungu dengan (DG) eksisting tanah menunjukkan elevasi 3 - 4 meter berwarna hitam Tinggi muka air dari hasil running menunjukkan terjadinya banjir atau meluapnya air melebihi penampang Sungai

Tabel 11. Hasil debit, tinggi muka air dan lebar penampang

Nama Sungai	Q hitung (m ³ /det)	Tinggi Muka Air (m/det)	Lebar Penampang Basah (m)
Sungai Sombe Lewara	732,75	3,42	28,70
	544,63	2,92	26,70
	385,02	2,42	24,70
	253,02	2,92	22,70
	147,94	2,42	20,70
	2,99	0,92	18,70
	0,40	0,42	16,70

Sumber: Hasil perhitungan

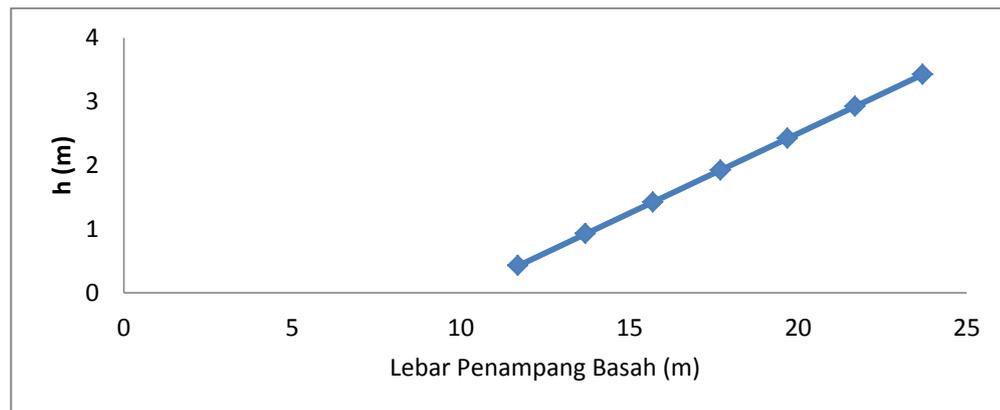
Dari hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa perbandingan metode, di dapatkan debit (Q_r) pada sungai Sombe Lewara. Dari grafik ini menunjukkan di awal grafik dengan tinggi antara 1-2 meter pada sungai menghasilkan debit antara 100 – 200 Q (m³/det), dan diakhir grafik dengan tinggi berada di antara 3 – 3.5 meter pada Sungai menghasilkan debit berkisar antara 500 – 600 Q (m³/det)



Gambar 17. Grafik tinggi muka air terhadap debit banjir.

Dari grafik ini menunjukkan perbandingan antara tinggi penampang Sungai dan lebar permukaan air atau penampang basah

pada Sungai Sombe Lewara. Pada awal grafik dengan tinggi antara 1-2 meter pada Sungai menunjukkan penampang basah Sungai berada di antara 20 – 25 meter, dan di akhir grafik dengan tinggi berada di antara 4 – 4.5 meter pada Sungai menunjukkan penampang basahnya berada pada 35 – 40 meter



Gambar 18. Grafik tinggi muka air normal dan banjir berdasarkan hasil hitungan.

Tabel 12. Penampang Sungai Sombe Lewara

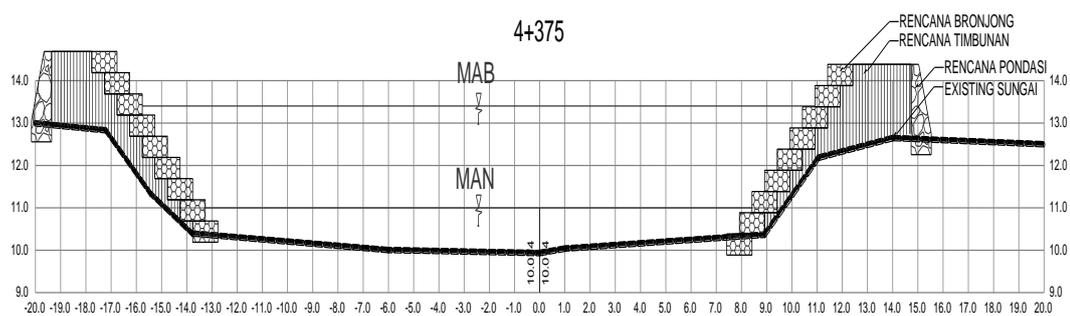
Q_{50}	Q hitung (m^3/det)	A (m^2)	V (m/det)	P (m)	R (m)	$R^{2/3}$ (m)	b (m)	h (m)
446,76	545,12	57,70	9,45	21,86	2,64	1,91	10,00	3,42
	399,82	46,35	8,63	20,13	2,30	1,74	10,00	2,92
	278,62	36,00	7,74	18,40	1,96	1,56	10,00	2,42
	180,31	26,65	6,76	16,67	1,60	1,37	10,00	1,92
	103,70	18,30	5,67	14,93	1,23	1,15	10,00	1,42
	2,06	10,95	0,19	13,20	0,83	0,88	10,00	0,92
	0,27	4,61	0,06	11,47	0,40	0,54	10,00	0,42

Sumber: Hasil hitungan

Dari hasil perhitungan di peroleh tinggi muka air banjir berdasarkan debit rencana (Q_r). Tinggi muka air dari hasil perhitungan menunjukkan terjadinya banjir atau meluapnya air melebihi penampang Sungai.

G. Upaya Pengendalian Banjir

Dari hasil penelitian ini dapat di tentukan jenis pengendalian Banjir yang di anggap memenuhi untuk mencegah terjadinya banjir pada sungai Sombe Lewara, berdasarkan data-data yang di peroleh dari hasil perhitungan dan perbandingan simulasi dari program yang di jalankan yaitu SMS 10.1 adalah pembangunan Tanggul.



Gambar 19. Penanganan dengan menggunakan Bronjong

Penanganan banjir pada Sungai Sombe Lewara sebaiknya di lakukan dengan menggunakan konstruksi bronjong ,karena merupakan suatu konstruksi yang dari pemasangan ini untuk melindungi lereng tebing Sungai dimana terdapat permasalahan penggerusan dan dapat di pasang melebihi tinggi penampang Sungai,di karenakan hasil pada penelitian ini menunjukkan terjadinya banjir pada Sungai sombe lewara disebabkan karena pola aliran yang tidak seragam atau terjadinya turbulen.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dipaparkan di depan, maka beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

- 1) Hasil Simulasi kedalaman air dan debit rencana yang menghasilkan tinggi muka air pada Sungai sombe lewara yang menggunakan 2 perbandingan percobaan antara program Software dan manual. Dengan menggunakan software dihasilkan MAB 3 – 4 Meter dari dasar Sungai, sedangkan secara manual di hasilkan MAB 3.42 meter dari dasar Sungai.
- 2) Hasil simulasi pola aliran pada Sungai sombe lewara menunjukkan terjadinya pola aliran Sungai dendritic yang merupakan pola aliran yang menyerupai percabangan batang pohon. Percabangannya tidak teratur dan memiliki arah juga sudut yang beragam, khususnya pada daerah groundsil. Pola arah aliran pada Sungai sombe lewara di pengaruhi oleh arah aliran yang berubah dan banyaknya sedimen pada Sungai. Aliran air terhalang oleh adanya belokan Sungai yang menyebabkan aliran membelok. Sehingga dapat menjadi penyebab terjadinya erosi di tepi kiri-kanan pada daerah belokan Sungai.

B. Saran

- 1) Untuk penelitian selanjutnya dengan perangkat lunak ini dihitung juga pola sedimentasi yang terjadi sepanjang Sungai sombe lewara ini. Sehingga hasil yang di dapatkan benar-benar mewakili kondisi asli yang terjadi di lapangan.
- 2) Perlunya perhatian pada setiap daerah Sungai khususnya pada daerah belokan yang dapat merubah pola aliran sungai
- 3) Untuk penelitian selanjutnya perlu adanya pengujian tanah. Sehingga penentuan metode penanganan banjir di Sungai sombe lewara ini tepat dalam hal pemilihan konstruksi penanganan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan musyawarah perguruan tinggi teknik sipil seluruh Indonesia. 1997. *Rekayasa hidrologi* Semarang .universitas Diponegoro
- Harto,sri 1993. *Analisis hidrologi*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama
- Linsley,dkk.1986 *Hidrologi untuk insiyur*. Jakarta : Erlangga
- Soewarno. 1991. *Hidrologi. Pengukuran dan pengolahan data aliran sungai*. Bandung : Nova0
- Soewarno. 1995. *Hidrologi jilid 1. Aplikasi metode statistic untuk analisa data*.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi jilid 2. Aplikasi metode statistic untuk analisa data*.
- Sosrodarsono, suyono dan tominaga, masateru(EDS). Diterjemahkan oleh gayo,yusuf.1994. *perbaikan dan pengaturan sungai*. Jakarta : PT pradnya paramita
- Raju, K.G.R., 1986, Aliran Melalui Saluran Terbuka, Erlangga Jakarta.*
- Sosrodarsono, S., 1985, Perbaikan dan Pengaturan Sungai, cetakan I, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.*
- Army corps of engineers,1997,Boss SMS User 's Manual, internasional and brigham Young University, USA.*
- Kodoatie J. Robert, sugiyanto,2001, banjir ,pustaka belajar , Yogyakarta.
- M .Das , 1993 mekanika tanah prinsip prinsip rekayasa geoteknis, Erlangga Surabaya
- Bowslesh,J.E.,1991,Analisa dan Desain Pondasi,Edisi keempat jilid 1 ,Erlangga,Jakarta.
- Das,M.B.,1984,*Principles of Foundation Engineering Fourt Edition,Library of Congress Cataloging in Publication Data.*

LAMPIRAN

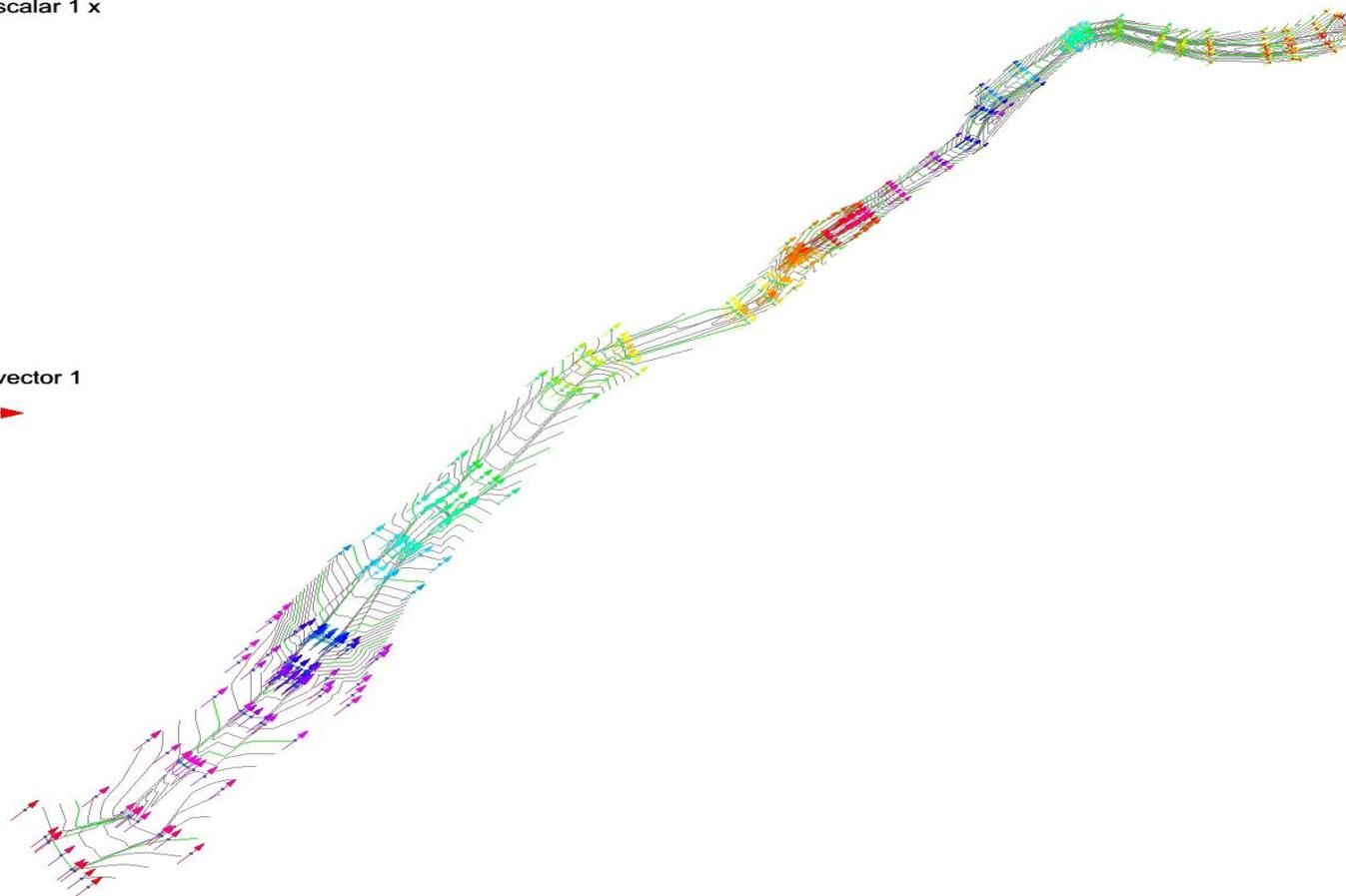
lampiran.1

Scatter Module scalar 1 x

- 67.0
- 61.0
- 55.0
- 49.0
- 43.0
- 37.0
- 31.0
- 25.0
- 19.0
- 13.0

Scatter Module vector 1

- 100.29 ft/s
- 12.75 ft/s



Lampiran 2

2.1 Metode Rasional Jepang

Kala Ulang	α	R (mm)	tc (Jam)	A (Km ²)	I (mm/jam)	Qmaks (m ³ /det)
5	0,80	84,5899	1,81	84	19,72	366,07
10		100,3427			23,39	434,24
25		122,1546			28,48	528,63
50		139,7342			32,58	604,71
100		158,9782			37,06	687,99

Sumber: Hasil hitungan

Catatan: Nilai R diambil dari perhitungan curah hujan Log person type III

2.2 Metode Weduwen

Kala Ulang	R24 (mm/hari)	t _{Coba} (Jam)	q	β	α	Qmaks (m ³ /dt)	Kontrol t (Jam)
5	84,59	0,4	12,889	0,651	0,734	513,88	1,00
10	100,34	0,4	15,289	0,651	0,758	629,98	0,98
25	122,15	0,4	18,612	0,651	0,785	794,62	0,95
50	139,73	0,4	17,506	0,651	0,777	739,38	0,96
100	158,98	0,4	20,843	0,651	0,801	907,01	0,93

Sumber: Hasil hitungan

Catatan: Perhitungan banjir rencana metode Weduwen hanya untuk DAS

<100 km.

2.3 HSS Nakayasu:

Tabel perhitungan HSS Nakayasu:

t (jam)	Q m ³ /dtk	Keterangan
0	0,0000	Qnaik
1	1,0724	
2,1028	6,3834	Qpuncak
2	6,6519	Qturun1
3	4,4554	
4	2,9842	
5,1068	1,9150	Qturun2
5	1,9705	
6	1,5084	
7	1,1547	
8	0,8840	
9	0,6767	
10	0,5180	
11	0,3966	
12	0,3036	
14,13	0,1718	Qturun3
13	0,2324	
14	0,1779	
15	0,1362	
16	0,1043	
17	0,0798	
18	0,0611	
19	0,0468	
20	0,0358	
21	0,0274	
22	0,0210	
23	0,0161	
24	0,0123	
25	0,0094	
26	0,0072	
27	0,0055	
28	0,0042	
29	0,0032	
30	0,0025	
31	0,0019	
32	0,0015	
33	0,0011	
34	0,0008	
35	0,0007	
36	0,0005	
37	0,0004	

Sumber: Hasil hitungan

Lampiran. 4

Tabel perhitungan distribusi hujan efektif

(Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman						Q total (m ³ /dtk)
		R1 34,9137	R2 9,0748	R3 6,3658	R4 5,0678	R5 4,2795	R6 3,7408	
0	0,0000	0,0000						0,0000
1	1,0724	37,4400	0,0000					37,4400
2,103	6,3834	222,8695	9,7314	0,0000				232,6009
2	6,6519	232,2438	57,9285	6,8264	0,0000			296,9986
3	4,4554	155,5547	60,3650	40,6355	5,4345	0,0000		261,9897
4	2,9842	104,1891	40,4320	42,3447	32,3498	4,5892	0,0000	223,9048
5,107	1,9150	66,8609	27,0809	28,3621	33,7105	27,3182	4,0115	187,3441
5	1,9705	68,7963	17,3785	18,9967	22,5790	28,4673	23,8793	180,0970
6	1,5084	52,6653	17,8816	12,1906	15,1232	19,0671	24,8837	141,8115
7	1,1547	40,3166	13,6888	12,5435	9,7050	12,7710	16,6669	105,6917
8	0,8840	30,8634	8,0220	9,6024	9,9859	8,1955	11,1633	77,8325
9	0,6767	23,6267	10,4791	9,6024	9,9859	8,1955	7,1638	69,0533
10	0,5180	18,0868	6,1411	7,3509	7,6444	8,4327	7,3712	55,0271
11	0,3966	13,8459	4,7011	4,3078	5,8520	6,4554	5,6428	40,8051
12	0,3036	10,5994	3,5988	3,2977	3,4294	4,9418	4,3197	30,1869
14,13	0,1718	5,9982	2,7550	2,5245	2,6253	2,8960	3,3068	20,1059
13	0,2324	8,1141	1,5591	1,9326	2,0098	2,2170	2,5315	18,3640
14	0,1779	6,2116	2,1090	1,0936	1,5385	1,6972	1,9379	14,5878
15	0,1362	4,7551	1,6145	1,4794	0,8706	1,2992	1,4835	11,5024
16	0,1043	3,6401	1,2360	1,1325	1,1778	0,7352	1,1357	9,0573
17	0,0798	2,7866	0,9462	0,8670	0,9016	0,9946	0,6427	7,1386
18	0,0611	2,1332	0,7243	0,6637	0,6902	0,7614	0,8694	5,8422
19	0,0468	1,6330	0,5545	0,5081	0,5284	0,5829	0,6655	4,4724
20	0,0358	1,2501	0,4245	0,3889	0,4045	0,4462	0,5095	3,4237
21	0,0274	0,9570	0,3249	0,2978	0,3096	0,3416	0,3900	2,6209
22	0,0210	0,7326	0,2487	0,2279	0,2370	0,2615	0,2986	2,0064
23	0,0161	0,5608	0,1904	0,1745	0,1815	0,2002	0,2286	1,5359
24	0,0123	0,4293	0,1458	0,1336	0,1389	0,1532	0,1750	1,1758
25	0,0094	0,3287	0,1116	0,1023	0,1063	0,1173	0,1339	0,9001
26	0,0072	0,2516	0,0854	0,0783	0,0814	0,0898	0,1025	0,6891
27	0,0055	0,1926	0,0654	0,0599	0,0623	0,0687	0,0785	0,5275
28	0,0042	0,1474	0,0501	0,0459	0,0477	0,0526	0,0601	0,4038
29	0,0032	0,1129	0,0383	0,0351	0,0365	0,0403	0,0460	0,3091

30	0,0025	0,0864	0,0293	0,0269	0,0280	0,0308	0,0352	0,2366
31	0,0019	0,0661	0,0225	0,0206	0,0214	0,0236	0,0270	0,1812
32	0,0015	0,0506	0,0172	0,0158	0,0164	0,0181	0,0206	0,1387
33	0,0011	0,0388	0,0132	0,0121	0,0125	0,0138	0,0158	0,1062
34	0,0008	0,0297	0,0101	0,0092	0,0096	0,0106	0,0121	0,0813
35	0,0007	0,0227	0,0077	0,0071	0,0074	0,0081	0,0093	0,0622
36	0,0005	0,0174	0,0059	0,0054	0,0056	0,0062	0,0071	0,0476
37	0,0004	0,0133	0,0045	0,0041	0,0043	0,0048	0,0054	0,0365

Sumber: hasil hitungan

Catatan: Kala ulang 5 tahun

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman						Q total (m ³ /dtk)
		R1 41,4155	R2 10,7648	R3 7,5512	R4 6,0115	R5 5,0765	R6 4,4375	
0	0,0000	0,0000						0,0000
1	1,0724	44,4122	0,0000					44,4122
2,103	6,3834	264,3735	11,5437	0,0000				275,9172
2	6,6519	275,4935	68,7162	8,0976	0,0000			352,3074
3	4,4554	184,5230	71,6066	48,2028	6,4465	0,0000		310,7789
4	2,9842	123,5918	47,9614	50,2303	38,3742	5,4438	0,0000	265,6016
5,107	1,9150	79,3120	32,1241	33,6438	39,9883	32,4056	4,7585	222,2323
5	1,9705	81,6079	20,6149	22,5343	26,7838	33,7686	28,3262	213,6357
6	1,5084	62,4729	21,2116	14,4608	17,9395	22,6179	29,5177	168,2204
7	1,1547	47,8246	16,2380	14,8795	11,5123	15,1493	19,7707	125,3742
8	0,8840	36,6109	12,4306	11,3906	11,8455	9,7217	13,2422	95,2415
9	0,6767	28,0266	12,4306	11,3906	11,8455	9,7217	8,4979	81,9128
10	0,5180	21,4550	7,2847	8,7198	9,0680	10,0031	8,7439	65,2745
11	0,3966	16,4244	5,5766	5,1100	6,9418	7,6576	6,6936	48,4041
12	0,3036	12,5733	4,2690	3,9119	4,0681	5,8621	5,1241	35,8085
14,13	0,1718	7,1152	3,2681	2,9946	3,1142	3,4354	3,9227	23,8501
13	0,2324	9,6252	1,8494	2,2925	2,3840	2,6299	3,0029	21,7838
14	0,1779	7,3683	2,5018	1,2973	1,8250	2,0132	2,2988	17,3044
15	0,1362	5,6406	1,9152	1,7549	1,0328	1,5412	1,7598	13,6445
16	0,1043	4,3180	1,4661	1,3435	1,3971	0,8721	1,3472	10,7440
17	0,0798	3,3056	1,1223	1,0284	1,0695	1,1798	0,7624	8,4680
18	0,0611	2,5305	0,8592	0,7873	0,8187	0,9032	1,0313	6,9302
19	0,0468	1,9372	0,6577	0,6027	0,6268	0,6914	0,7895	5,3052
20	0,0358	1,4829	0,5035	0,4614	0,4798	0,5293	0,6044	4,0613
21	0,0274	1,1352	0,3854	0,3532	0,3673	0,4052	0,4627	3,1090
22	0,0210	0,8690	0,2951	0,2704	0,2812	0,3102	0,3542	2,3800
23	0,0161	0,6653	0,2259	0,2070	0,2153	0,2374	0,2711	1,8220
24	0,0123	0,5093	0,1729	0,1585	0,1648	0,1818	0,2076	1,3948
25	0,0094	0,3899	0,1324	0,1213	0,1261	0,1392	0,1589	1,0677
26	0,0072	0,2985	0,1013	0,0929	0,0966	0,1065	0,1216	0,8174
27	0,0055	0,2285	0,0776	0,0711	0,0739	0,0815	0,0931	0,6257
28	0,0042	0,1749	0,0594	0,0544	0,0566	0,0624	0,0713	0,4790
29	0,0032	0,1339	0,0455	0,0417	0,0433	0,0478	0,0546	0,3667
30	0,0025	0,1025	0,0348	0,0319	0,0332	0,0366	0,0418	0,2807
31	0,0019	0,0785	0,0266	0,0244	0,0254	0,0280	0,0320	0,2149
32	0,0015	0,0601	0,0204	0,0187	0,0194	0,0214	0,0245	0,1645
33	0,0011	0,0460	0,0156	0,0143	0,0149	0,0164	0,0187	0,1259
34	0,0008	0,0352	0,0120	0,0110	0,0114	0,0126	0,0143	0,0964
35	0,0007	0,0269	0,0091	0,0084	0,0087	0,0096	0,0110	0,0738
36	0,0005	0,0206	0,0070	0,0064	0,0067	0,0074	0,0084	0,0565
37	0,0004	0,0158	0,0054	0,0049	0,0051	0,0056	0,0064	0,0432

Sumber: Hasil hitungan

Catatan: Kala ulang 10 tahun.

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman						Q total (m ³ /dtk)
		R1 50,4182	R2 13,1047	R3 9,1927	R4 7,3183	R5 6,1800	R6 5,4020	
0	0,0000	0,0000						0,0000
1	1,0724	54,0663	0,0000					54,0663
2,103	6,3834	321,8414	14,0530	0,0000				335,8943
2	6,6519	335,3786	83,6533	9,8578	0,0000			428,8898
3	4,4554	224,6335	87,1720	58,6809	7,8478	0,0000		378,3341
4	2,9842	150,4574	58,3870	61,1491	46,7158	6,6272	0,0000	323,3364
5,107	1,9150	96,5524	39,1071	40,9571	48,6807	39,4497	5,7929	270,5398
5	1,9705	99,3473	25,0960	27,4327	32,6059	41,1090	34,4836	260,0745
6	1,5084	76,0529	25,8225	17,6043	21,8391	27,5344	35,9340	204,7872
7	1,1547	58,2204	19,7677	18,1139	14,0147	18,4423	24,0683	152,6273
8	0,8840	44,5692	15,1327	13,8666	14,4204	11,8349	16,1207	115,9445
9	0,6767	34,1188	15,1327	13,8666	14,4204	11,8349	10,3451	99,7185
10	0,5180	26,1188	8,8682	10,6152	11,0392	12,1775	10,6445	79,4635
11	0,3966	19,9946	6,7888	6,2208	8,4508	9,3222	8,1487	58,9259
12	0,3036	15,3064	5,1970	4,7622	4,9524	7,1364	6,2380	43,5924
14,13	0,1718	8,6619	3,9784	3,6456	3,7912	4,1821	4,7753	29,0345
13	0,2324	11,7174	2,2514	2,7908	2,9022	3,2015	3,6556	26,5190
14	0,1779	8,9700	3,0456	1,5793	2,2217	2,4508	2,7985	21,0660
15	0,1362	6,8667	2,3315	2,1364	1,2573	1,8762	2,1423	16,6104
16	0,1043	5,2567	1,7848	1,6355	1,7008	1,0617	1,6400	13,0795
17	0,0798	4,0241	1,3663	1,2520	1,3020	1,4363	0,9281	10,3088
18	0,0611	3,0806	1,0460	0,9584	0,9967	1,0995	1,2555	8,4366
19	0,0468	2,3582	0,8007	0,7337	0,7630	0,8417	0,9611	6,4584
20	0,0358	1,8053	0,6130	0,5617	0,5841	0,6443	0,7357	4,9441
21	0,0274	1,3820	0,4692	0,4300	0,4471	0,4933	0,5632	3,7848
22	0,0210	1,0580	0,3592	0,3292	0,3423	0,3776	0,4312	2,8974
23	0,0161	0,8099	0,2750	0,2520	0,2620	0,2891	0,3301	2,2180
24	0,0123	0,6200	0,2105	0,1929	0,2006	0,2213	0,2527	1,6980
25	0,0094	0,4746	0,1611	0,1477	0,1536	0,1694	0,1934	1,2998
26	0,0072	0,3633	0,1234	0,1130	0,1176	0,1297	0,1481	0,9950
27	0,0055	0,2781	0,0944	0,0865	0,0900	0,0993	0,1134	0,7617
28	0,0042	0,2129	0,0723	0,0662	0,0689	0,0760	0,0868	0,5831
29	0,0032	0,1630	0,0553	0,0507	0,0527	0,0582	0,0664	0,4464
30	0,0025	0,1248	0,0424	0,0388	0,0404	0,0445	0,0509	0,3417
31	0,0019	0,0955	0,0324	0,0297	0,0309	0,0341	0,0389	0,2616
32	0,0015	0,0731	0,0248	0,0228	0,0237	0,0261	0,0298	0,2003
33	0,0011	0,0560	0,0190	0,0174	0,0181	0,0200	0,0228	0,1533
34	0,0008	0,0429	0,0145	0,0133	0,0139	0,0153	0,0175	0,1174
35	0,0007	0,0328	0,0111	0,0102	0,0106	0,0117	0,0134	0,0898
36	0,0005	0,0251	0,0085	0,0078	0,0081	0,0090	0,0102	0,0688
37	0,0004	0,0192	0,0065	0,0060	0,0062	0,0069	0,0078	0,0526

Sumber: Hasil hitungan

Catatan : Kala ulang 50 tahun.

t (Jam)	Qt (m ³ /dtk)	Distribusi Hujan Efektif Jam-jaman						Q total (m ³ /dtk)
		R1 65,6168	R2 17,0552	R3 11,9638	R4 9,5244	R5 8,0430	R6 7,0305	
0	0,0000	0,0000						0,0000
1	1,0724	70,3647	0,0000					70,3647
2,103	6,3834	418,8609	18,2893	0,0000				437,1502
2	6,6519	436,4789	108,8708	12,8295	0,0000			558,1792
3	4,4554	292,3496	113,4501	76,3703	10,2135	0,0000		492,3835
4	2,9842	195,8130	75,9878	79,5826	60,7983	8,6249	0,0000	420,8066
5,107	1,9150	125,6583	50,8959	53,3037	63,3556	51,3418	7,5392	352,0945
5	1,9705	129,2957	32,6612	35,7023	42,4350	53,5014	44,8787	338,4743
6	1,5084	98,9791	33,6067	22,9111	28,4226	35,8347	46,7664	266,5206
7	1,1547	75,7710	25,7268	23,5743	18,2395	24,0018	31,3237	198,6370
8	0,8840	58,0046	19,6945	18,0467	18,7675	15,4025	20,9803	150,8962
9	0,6767	44,4040	15,0766	18,0467	18,7675	15,4025	13,4636	125,1610
10	0,5180	33,9924	11,5415	13,8152	14,3670	15,8484	13,8533	103,4178
11	0,3966	26,0220	8,8353	8,0961	10,9983	12,1324	10,6051	76,6892
12	0,3036	19,9205	6,7637	6,1978	6,4453	9,2876	8,1185	56,7333
14,13	0,1718	11,2730	5,1778	4,7446	4,9340	5,4428	6,2149	37,7870
13	0,2324	15,2496	2,9301	3,6321	3,7771	4,1666	4,7576	34,5132
14	0,1779	11,6740	3,9637	2,0554	2,8915	3,1896	3,6421	27,4163
15	0,1362	8,9367	3,0343	2,7804	1,6363	2,4418	2,7881	21,6177
16	0,1043	6,8413	2,3228	2,1285	2,2135	1,3818	2,1344	17,0223
17	0,0798	5,2372	1,7782	1,6294	1,6945	1,8692	1,2078	13,4164
18	0,0611	4,0092	1,3613	1,2474	1,2972	1,4309	1,6339	10,9798
19	0,0468	3,0691	1,0421	0,9549	0,9930	1,0954	1,2508	8,4053
20	0,0358	2,3495	0,7977	0,7310	0,7602	0,8386	0,9575	6,4345
21	0,0274	1,7986	0,6107	0,5596	0,5819	0,6419	0,7330	4,9258
22	0,0210	1,3769	0,4675	0,4284	0,4455	0,4914	0,5611	3,7708
23	0,0161	1,0540	0,3579	0,3279	0,3410	0,3762	0,4296	2,8866
24	0,0123	0,8069	0,2740	0,2510	0,2611	0,2880	0,3288	2,2098
25	0,0094	0,6177	0,2097	0,1922	0,1999	0,2205	0,2517	1,6917
26	0,0072	0,4729	0,1606	0,1471	0,1530	0,1688	0,1927	1,2950
27	0,0055	0,3620	0,1229	0,1126	0,1171	0,1292	0,1475	0,9914
28	0,0042	0,2771	0,0941	0,0862	0,0897	0,0989	0,1129	0,7589
29	0,0032	0,2121	0,0720	0,0660	0,0686	0,0757	0,0865	0,5810
30	0,0025	0,1624	0,0551	0,0505	0,0525	0,0580	0,0662	0,4447
31	0,0019	0,1243	0,0422	0,0387	0,0402	0,0444	0,0507	0,3405
32	0,0015	0,0952	0,0323	0,0296	0,0308	0,0340	0,0388	0,2606
33	0,0011	0,0729	0,0247	0,0227	0,0236	0,0260	0,0297	0,1995
34	0,0008	0,0558	0,0189	0,0174	0,0180	0,0199	0,0227	0,1527
35	0,0007	0,0427	0,0145	0,0133	0,0138	0,0152	0,0174	0,1169
36	0,0005	0,0327	0,0111	0,0102	0,0106	0,0117	0,0133	0,0895
37	0,0004	0,0250	0,0085	0,0078	0,0081	0,0089	0,0102	0,0685

Sumber: Hasil hitungan

Catatan : Kala ulang 100 tahun

Tabel Hasil Perhitungan HSS Nakayasu.

t (jam)	Q total				
	5 thn	10 thn	25 thn	50 thn	100 thn
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	37,4400	44,4122	54,0663	61,8472	70,3647
2,103	232,6009	275,9172	335,8943	384,2339	437,1502
2	296,9986	352,3074	428,8898	490,6125	558,1792
3	261,9897	310,7789	378,3341	432,7813	492,3835
4	223,9048	265,6016	323,3364	369,8687	420,8066
5,107	187,3441	222,2323	270,5398	309,4740	352,0945
5	180,0970	213,6357	260,0745	297,5026	338,4743
6	141,8115	168,2204	204,7872	234,2587	266,5206
7	105,6917	125,3742	152,6273	174,5923	198,6370
8	77,8325	95,2415	115,9445	132,6304	150,8962
9	69,0533	81,9128	99,7185	110,0104	125,1610
10	55,0271	65,2745	79,4635	90,8993	103,4178
11	40,8051	48,4041	58,9259	67,4061	76,6892
12	30,1869	35,8085	43,5924	49,8659	56,7333
14,13	20,1059	23,8501	29,0345	33,2130	37,7870
13	18,3640	21,7838	26,5190	30,3354	34,5132
14	14,5878	17,3044	21,0660	24,0976	27,4163
15	11,5024	13,6445	16,6104	19,0009	21,6177
16	9,0573	10,7440	13,0795	14,9618	17,0223
17	7,1386	8,4680	10,3088	11,7923	13,4164
18	5,8422	6,9302	8,4366	9,6508	10,9798
19	4,4724	5,3052	6,4584	7,3879	8,4053
20	3,4237	4,0613	4,9441	5,6556	6,4345
21	2,6209	3,1090	3,7848	4,3295	4,9258
22	2,0064	2,3800	2,8974	3,3144	3,7708
23	1,5359	1,8220	2,2180	2,5372	2,8866
24	1,1758	1,3948	1,6980	1,9423	2,2098
25	0,9001	1,0677	1,2998	1,4869	1,6917
26	0,6891	0,8174	0,9950	1,1382	1,2950
27	0,5275	0,6257	0,7617	0,8714	0,9914
28	0,4038	0,4790	0,5831	0,6670	0,7589
29	0,3091	0,3667	0,4464	0,5106	0,5810
30	0,2366	0,2807	0,3417	0,3909	0,4447
31	0,1812	0,2149	0,2616	0,2992	0,3405
32	0,1387	0,1645	0,2003	0,2291	0,2606
33	0,1062	0,1259	0,1533	0,1754	0,1995
34	0,0813	0,0964	0,1174	0,1342	0,1527
35	0,0622	0,0738	0,0898	0,1028	0,1169
36	0,0476	0,0565	0,0688	0,0787	0,0895
37	0,0365	0,0432	0,0526	0,0602	0,0685

Sumber: Hasil hitungan

No	Kala Ulang	Qmaks m ³ /dtk
1	5	296,9986
2	10	352,3074
3	25	428,8898
4	50	490,6125
5	100	558,1792

Sumber: Hasil hitungan

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Banjir Sungai Sombe Lewara

No	Kala Ulang	Metode				Debit Rencana (m ³ /dt)
		Rasional	Weduwen	Hasper	Nakayasu	
1	5	366,07	513,88	272,55	297,00	272,55
2	10	434,24	629,98	322,59	352,31	322,59
3	25	528,63	794,62	391,52	428,89	391,52
4	50	604,71	739,38	446,76	490,61	446,76
5	100	687,99	907,01	506,93	558,18	506,93

Sumber: Hasil hitungan

Hasil Perhitungan Hubungan Antara Tinggi Muka Air Dengan Debit Banjir

Q hitung (m ³ /det)	A (m ²)	V (m/det)	P (m)	R (m)	R ^{2/3} (m)	b (m)	h (m)
545,12	57,70	9,45	21,86	2,64	1,91	10,00	3,42
399,82	46,35	8,63	20,13	2,30	1,74	10,00	2,92
278,62	36,00	7,74	18,40	1,96	1,56	10,00	2,42
180,31	26,65	6,76	16,67	1,60	1,37	10,00	1,92
103,70	18,30	5,67	14,93	1,23	1,15	10,00	1,42
2,06	10,95	0,19	13,20	0,83	0,88	10,00	0,92
0,27	4,61	0,06	11,47	0,40	0,54	10,00	0,42

Sumber: Hasil hitungan

Hasil perhitungan hubungan antara debit, tinggi muka air dan lebar permukaan air

Sungai Sombe Lewara

No	Nama Sungai	Debit (m ³ /det)	Kecepatan (m/det)	Tinggi Muka Air (m/det)	Lebar Penampang Basah (m)	Elevasi Muka Air (m)
2	Sungai Somme Lewara	446,760	0,06	0,42	11,70	13,16
			0,19	0,92	13,70	13,66
			5,67	1,42	15,70	14,16
			6,76	1,92	17,70	14,66
			7,74	2,42	19,70	15,16
			8,63	2,92	21,70	15,66
			9,45	3,42	23,70	16,16

Sumber: Hasil hitungan