

**ANALISIS HIDROLOGI TERHADAP SABO DAM KD 4.1 SUNGAI
JENEBERANG KABUPATEN GOWA**



**UNIVERSITAS
TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Fakultas
Teknik

Universitas Bosowa

Oleh

Meri Rante Rura

45 15 041 084

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA
MAKASSAR
2019**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. 333 / SK / FT / UNIBOS / III / 2019, Tanggal 15 Maret 2019, perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Jum'at / 15 Maret 2019
Nama : **MERI RANTE RURA**
Nomor Stambuk : **45 15 041 084**
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **“ANALISIS HIDROLOGI TERHADAP SABO DAM KD
4.1 SUNGAI JENEBERANG KAB. GOWA“**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan Tim penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua/ Ex Officio : Ir. A. Rumpang Yusuf, MT (.....)
Sekertaris/Ex Officio : Ir. Hj. Satriawati C., MSP (.....)
Anggota : Ir. Burhanuddin Badrun, M.Sp (.....)
Hijriah, ST.MT (.....)

Makassar, April 2019

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bosowa



(Dr. Ridwan, ST., M.Si)
NIDN. 09 101271 01

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Jurusan Sipil



(Nurhadijah Yuniarti, ST., MT)
NIDN : 09 160682 01

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MERI RANTE RURA
Nomor Stambuk : 45 15 041 084
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **ANALISIS HIDROLOGI TERHADAP SABO DAM KD
4.1 SUNGAI JENEBERANG KABUPATEN GOWA**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan / mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Maret 2019

Yang Menyatakan



MERI RANTE RURA

ANALISIS HIDROLOGI TERHADAP SABO DAM KD 4.1 SUNGAI JENEBERANG KAB. GOWA

Meri Rante Rura¹⁾, Rumpang Yusuf²⁾, Satriawati Cangara³⁾

Abstrak: Longsor yang terjadi pada gunung Bawakaraeng pada tahun 2004 mengakibatkan material runtuh mencapai volume 200-300 juta m^3 , yang terbawa aliran sungai Jeneberang dan berakibat sedimentasi waduk Bili-bili yang sangat besar. Untuk mengurangi potensi bahaya tersebut dilakukan upaya pencegahan berupa pembuatan bangunan pengendali sedimen (Sabo dam) salah satunya Sabo Dam KD 4.1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya debit banjir sedimen dan tinggi muka air di atas mercu bangunan sabo dam. Data-data yang dibutuhkan adalah data curah hujan, peta topografi, peta DAS Jeneberang, dan gambar rencana sabo dam KD 4.1. Data-data tersebut diolah dan dijadikan dasar untuk menghitung debit banjir sedimen serta tinggi muka air di atas mercu bangunan. Hasil penelitian didapat debit banjir sedimen dengan menggunakan metode rasional sebesar 783,15 m^3 /detik pada periode ulang 100 tahun. Tinggi muka air di atas mercu bangunan sebesar 4.5 m.

Kata kunci: Sungai jeneberang, Sabo Dam KD 4.1, debit banjir sedimen, tinggi muka air.

Abstract

Hydrologic Analysis of Sabo Dam KD 4.1., Jeneberang Stream, Gowa District.

Mount Bawakaraeng landslide disaster in 2004 causing collapsed materials about 200-300 million m^3 , carried by Jeneberang stream and causing sedimentation to Bili-bili reservoir. In order to reduce the potential danger, preventive attempt that has been done is construction of sediment control installation (Sabo Dams), one of them is KD 4.1. Sabo Dam. This research is heading to find the flowrate of sediment flood and the altitude of water surface on the apex of Sabo Dam KD 4.1. installation. This research requires data of rainfall, land topography, Jeneberang watershed map, and KD 4.1 blueprint. The data mentioned above has been processed and used as the basis to calculate sediment flood flowrate and water surface altitude on the apex of Sabo Dam KD 4.1. installation. The research conclude the sediment flood flowrate using rational method is 783,15 m^3 /second in 100 years cycle. The water surface altitude on the apex of Sabo Dam KD 4.1 is 4.5 meters.

Key words: Jeneberang Stream, Sabo Dam KD 4.1, sediment flood flowrate, water surface altitude

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat dan karunia yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Hidrologi terhadap Sabo Dam KD 4.1 Sungai Jeneberang Kab. Gowa**”.

Tugas Akhir ini dibuat dengan maksud untuk memenuhi salah satu persyaratan oleh setiap mahasiswa Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa untuk menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana (S1).

Penulis sadar bahwasanya masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran guna penyempurnaan pada tahapan selanjutnya.

Makassar, Maret 2019

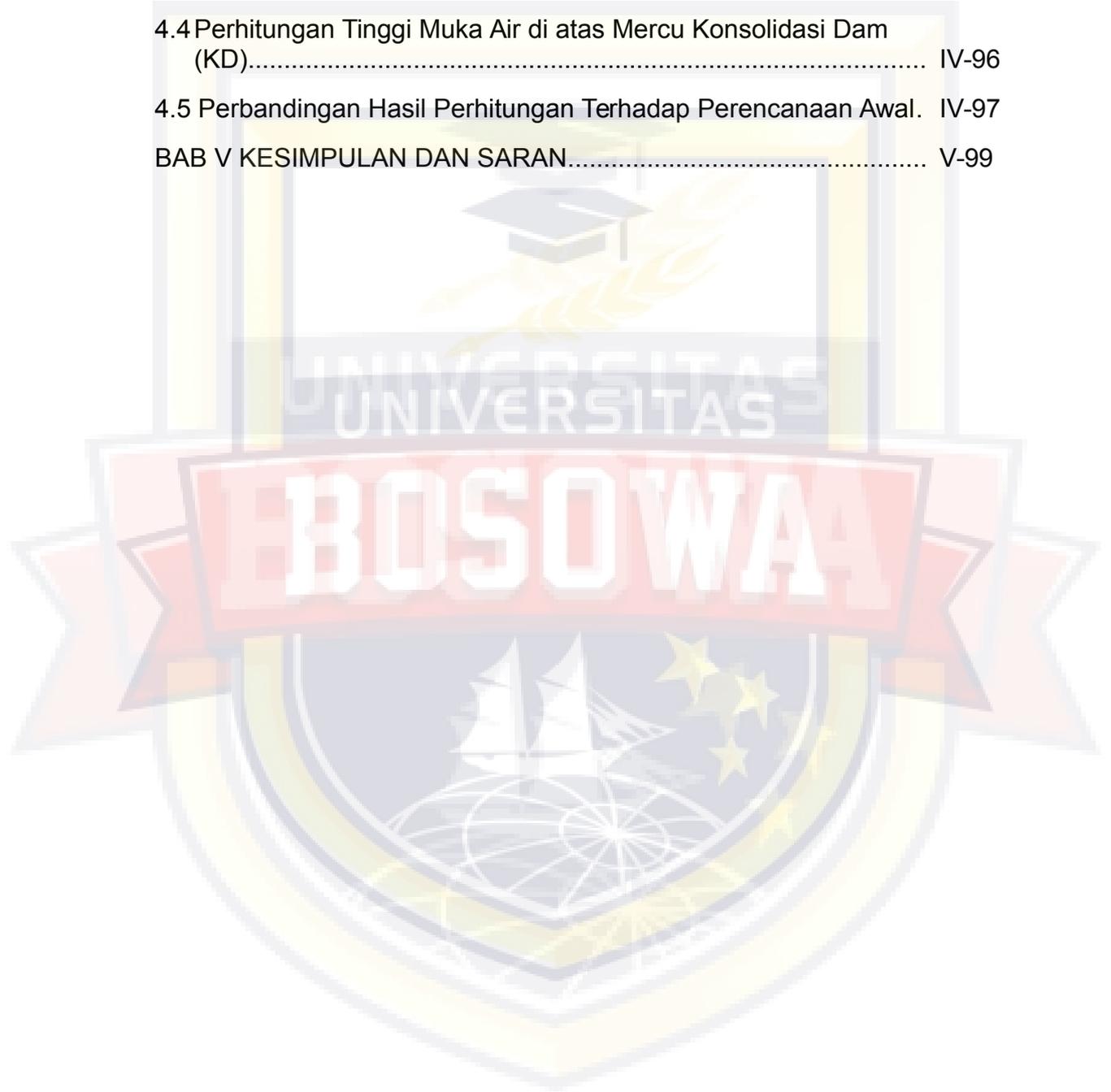
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latarbelakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Maksud dan Tujuan Penulisan.....	I-4
1.4 Batasan Masalah.....	I-4
1.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-6
2.1 Analisa Hidrologi.....	II-6
2.1.1 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	II-8
2.1.2 Curah Hujan Rencana.....	II-12
2.1.2.1 Perbaikan Data.....	II-12
2.1.2.2 Analisis Curah Hujan Area.....	II-13
2.1.2.3 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata.....	II-19
2.1.2.4 Analisis Frekuensi.....	II-20
2.2 Definisi Sungai.....	II-49
2.2.1 Perilaku Sungai.....	II-50
2.2.2 Erosi dan Sedimentasi.....	II-50
2.3 Pengertian Sedimen.....	II-51
2.3.1 Proses Sedimentasi.....	II-51
2.3.2 Mekanisme Pengangkutan Sedimen.....	II-52
2.4 Bendungan Penahan Sedimen.....	II-53

2.5 Pola Penganggungan Longsor Sedimen.....	II-56
2.6 Debit Banjir Sabo Dam.....	II-57
2.7 Tinggi Muka Air di atas Mercu Sabo Dam.....	II-58
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	III-60
3.1 Lokasi Penelitian.....	III-60
3.2 Metode Analisis dan Pembahasan Penelitian.....	III-61
3.3 Lingkup Kegiatan.....	III-61
3.4 Uraian Kegiatan.....	III-62
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	III-63
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	IV-65
4.1 Analisa Hidrologi.....	IV-65
4.1.1 Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS).....	IV-67
4.1.2 Luas Pengaruh Daerah Stasiun-stasiun Curah Hujan.....	IV-68
4.1.3 Curah Hujan Maksimum Rata-rata Daerah Aliran Sungai.....	IV-69
4.1.4 Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang.....	IV-70
4.1.5 Analisis Curah Hujan Area.....	IV-72
4.1.6 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana.....	IV-74
4.1.6.1 Parameter Statistik.....	IV-74
4.1.6.2 Pemilihan Jenis Distribusi.....	IV-81
4.1.6.3 Pemilihan Uji Sebaran.....	IV-82
4.1.7 Uji kecocokan Sebaran.....	IV-82
4.1.7.1 Uji Sebaran Smirnov-Kolmogorov.....	IV-82
4.1.7.2 Uji Sebaran Chi Kuadrat.....	IV-83

4.2 Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	IV-86
4.3 Debit Banjir Sabo Dam.....	IV-95
4.4 Perhitungan Tinggi Muka Air di atas Mercu Konsolidasi Dam (KD).....	IV-96
4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Terhadap Perencanaan Awal.	IV-97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-99



DAFTAR TABEL

NOMOR	TEKS	HALAMAN
Tabel 2.1	Persyaratan Parameter Statistik Suatu Ditrubusi	II-25
Tabel 2.2	Tabel Nilai Reduced Variated (Yt)	II-26
Tabel 2.3	Tabel Nilai Reduced Standart Deviation dan Nilai Reduced Mean II-27	
Tabel 2.4	Faktor Frekuensi K_T Log Person III(G atau G_s positif)	II-28
Tabel 2.5	Faktor Frekuensi K_T Log Person III (G atau G_s negatif)	II-29
Tabel 2.6	Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss	II-31
Tabel 2.7	Tabel Nilai Parameter Chi-Kuadrat Kritis, X^2_{cr} (Uji satu sisi) II-35	
Tabel 2.8	Tabel Nilai ΔP Kritis II-38	
Tabel 2.9	Koefisien Pengaliran (C) II-40	
Tabel 2.10	Presentase β_2 menurut Melchior II-47	
Tabel 2.11	Perkiraan Intensitas Curah Hujan Harian Menurut Melchior II-48	
Tabel 2.12	Penambahan Presentase Menurut Melchior II-49	
Tabel 4.1	Luas pengaruh stasiun hujan terhadap DAS sungai Jeneberang IV-69	
Tabel 4.2	Data curah hujan harian maksimum rata-rata di sungai Jeneberang IV-70	
Tabel 4.3	Hasil Analisis data curah hujan harian maksimum IV-71	

Tabel 4.4	Curah Hujan maksimum harian rata-rata dengan metode Thiessen	
	IV-74	
Tabel 4.5	Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi	
	IV-75	
Tabel 4.6	Perhitungan Distribusi hujan dengan Metode Gumbel	IV-76
Tabel 4.7	Perhitungan Distribusi Hujan dengan Metode Normal	IV-79
Tabel 4.8	Perhitungan distribusi hujan dengan metode Log Normal	
	IV-80	
Tabel 4.9	Perhitungan Distribusi hujan dengan metode Log Person	III
	IV-81	
Tabel 4.10	Jenis Distribusi dan pemilihannya	
	IV-82	
Tabel 4.11	Perhitungan uji sebaran Smirnov-Kolmogorov	
	IV-83	
Tabel 4.12	Perhitungan uji sebaran Chi-Kuadrat	
	IV-84	
Tabel 4.13	Debit banjir rencana metode rasional	
	IV-88	
Tabel 4.14	Debit banjir rencana metode weduwen	
	IV-91	
Tabel 4.15	Debit banjir rencana metode haspers	
	IV-92	
Tabel 4.16	Rekapitulasi debit banjir rencana	
	IV-94	
Tabel 4.17	Perbandingan Debit Banjir Periode Ulang 100 Tahun	
	IV-97	
Tabel 4.18	Perbandingan Tinggi Muka Air (hw) diatas mercu KD	
	4.1	
	IV-97	



DAFTAR GAMBAR

NOMOR	TEKS	HALAMAN
Gambar 2.1	Bentuk DAS pada Aliran permukaan	II-10
Gambar 2.2	Stasiun Hujan pada suatu DAS	II-15
Gambar 2.3	Poligon Thiessen	II-17
Gambar 2.4	Metode Isohiet	II-19
Gambar 2.5	Grafik Koefisien Pebandingan Curah Hujan	II-44
Gambar 2.6	Sketsa memanjang Sabo dam	II-55
Gambar 2.7	Sketsa memanjang bendung	II-55
Gambar 2.8	Sketsa Tinggi Muka Air diatas Mercu	II-59
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	III-60
Gambar 4.1	Luas DAS yang ditinjau	IV-67
Gambar 4.2	DAS Sungai Jeneberang	IV-68
Gambar 4.3	Luas pengaruh daerah stasiun-stasiun hujan	IV-69
Gambar 4.4	Grafik curah hujan rencana metode Gumbel	IV-86
Gambar 4.5	Perhitungan debit banjir rencana	IV-94
Gambar 4.6	Sketsa Tinggi muka air (hw) hasil perhitungan	IV-98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latarbelakang

Curah hujan dalam waktu lama dengan intensitas tinggi, serta longsor yang terjadi di daerah pegunungan dapat menyebabkan material pegunungan mengalir menuju sungai. Kecepatan dan volume material yang besar bersifat merusak terhadap apapun yang dilalui aliran tersebut. Oleh karena itu, untuk mengurangi besarnya sedimen yang dibawa oleh aliran debris dan mengurangi kecepatan aliran maka perlu adanya pengendalian sedimen.

Pada tanggal 26 Maret 2004 terjadi longsor pada gunung Bawakaraeng mengakibatkan material yang runtuh mencapai volume 200-300 juta m^3 . Material gunung mengalir di sungai Jeneberang dan berakibat sedimentasi Waduk Bili-Bili yang sangat besar. Hal ini jika tidak diantisipasi dengan benar dapat menimbulkan bencana yang dapat membahayakan kehidupan masyarakat sekitar dan dapat merusak fasilitas bendungan Bili-bili. Untuk itu guna mencegah terjadinya bencana yang diakibatkan oleh longsor, maka dibangun suatu sistem pengendalian yang biasa disebut bangunan bendung pengendali sedimen (*sabo dam*). Fungsi utama dari bangunan *sabo dam* adalah untuk menahan,

menampung dan menekan material sedimen / *debris* di alur sungai bagian hulu sungai yang terbawa oleh aliran lahar dingin. Material sedimen / *debris* yang terbawa aliran sungai semaksimal mungkin dapat ditahan oleh bangunan *sabo dam*, sehingga tidak dapat mencapai bagian hilir sungai. Lokasi bangunan *sabo dam* terdapat di sepanjang aliran sungai Jeneberang hingga waduk Bili-bili. Material sedimen/debris yang terbawa aliran sungai sepanjang tahun menyebabkan beberapa *sabo dam* yang ada hancur dan kantong-kantong material yang ada sudah tidak kuat menampung lagi. Hancurnya *sabo dam* di sungai Jeneberang menyebabkan meluapnya longsor kepemukiman warga maupun lahan pertanian yang ada. Disamping itu juga terjadi banyaknya endapan material di bagian waduk Bili-bili. Bencana susulan akibat aliran debris pada Januari 2006 dan 27 Februari 2007 mengakibatkan kerusakan pada bangunan Sabo dam. Oleh karena itu, untuk menjaga agar kerusakan tidak bertambah parah maka Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, dalam hal ini Pejabat Pembuat Kebijakan Pengendalian Sedimen Bawakaraeng terus melakukan rehabilitasi dan pembangunan Sabo Dam Series.

Berdasarkan rencana Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air yang akan membangun kembali sabo dam pada lokasi Konsolidasi Dam KD 4.1. Sepanjang aliran Sungai Jeneberang ini terdapat beberapa bangunan *sabo*

dam, diantaranya *Sabo Dam Series 7-1 ~ 7-7*, CD 1 ~ CD 4, KD 1 – KD 4, KD 2.2, KD 2.3, Sand Pocket 1 ~ sand Pocket 5. Daya tampung material pada bangunan KD 4 sudah tidak kuat lagi menampung sedimen yang dibawa oleh aliran sedimen tiap tahunnya dan melihat bangunan CD 1 yang mengalami kerusakan akibat dasar sungai semakin menurun, maka perlu membuat sabo dam lagi untuk memenuhi kantong material yang dilalui aliran material sungai jeneberang dan untuk menormalisasi kembali dasar sungai yang semakin menurun. Sehingga direncanakan bangunan sabo dam KD 4.1, yang berada diantara CD 1 dan KD 4.

Berdasarkan latar belakang yang ada, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “**Analisis Hidrologi Terhadap Sabo Dam KD-4 Sungai Jeneberang Kab. Gowa**”. Hasil output yang akan didapat untuk perencanaan bentuk, dan ukuran hidrolis bangunan pengendali sedimen (*Sabo Dam*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah yang harus dijawab dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana besaran curah hujan rencana pada daerah aliran sungai Jeneberang?
- b. Bagaimana perhitungan debit banjir rencana?
- c. Bagaimana besarnya sedimen debit banjir bangunan sabo dam KD 4.1?

- d. Bagaimana dimensi bangunan pengendali sedimen?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Adapun maksud penelitian ini adalah untuk mengevaluasi debit banjir rencana, besarnya debit banjir sedimen, dan tinggi muka air di atas mercu yang direncanakan pada bangunan sabo dam KD 4.1.

1.3.2 Tujuan Penelitian

- a. Menghitung besaran curah hujan rencana pada daerah aliran sungai Jeneberang
- b. Menghitung debit banjir rencana
- c. Menghitung besarnya sedimen debit banjir bangunan sabo dam KD 4.1
- d. Mengevaluasi dimensi bangunan sabo dam

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini hal - hal yang akan kami bahas mengenai :

- a. Perhitungan data curah hujan
- b. Perhitungan frekuensi curah hujan
- c. Perhitungan debit banjir rencana
- d. Perhitungan debit banjir rencana

1.5 Sistematika Penulisan

Pembahasan penulisan akan dikemukakan berdasarkan

sistematika berikut:

- **Bab I Pendahuluan**

Meliputi : latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud

dan tujuan, batasan masalah dan sistematika pembahasan

- **Bab II Tinjauan pustaka**

Meliputi : Studi terdahulu dan landasan teori yang berkaitan dengan permasalahan dan upaya yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah. Teori-teori tersebut akan dijadikan dasar pemikiran dalam pembahasan masalah.

- **Bab III Metodologi Penelitian**

Meliputi : lokasi penelitian, metode penelitian yang terdiri dari pengumpulan data dan analisa data serta alur penelitian merupakan susunan penelitian dari tahap awal hingga tahap penyelesaian masalah.

- **Bab IV Analisa dan Pembahasan**

Meliputi: Hasil Analisis yang didapatkan beserta pembahasannya.

- **Bab V Kesimpulan**

Meliputi: kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian, beserta saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Hidrologi

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi.

Hidrologi banyak dipelajari oleh para ahli dibidang teknik sipil dan pertanian. Ilmu tersebut dapat dimanfaatkan untuk beberapa kegiatan berikut:

1. Memperkirakan besarnya banjir yang ditimbulkan oleh hujan deras, sehingga dapat direncanakan bangunan-bangunan untuk mengendalikannya seperti pembuatan tanggul banjir, saluran drainasi, gorong-gorong jembatan dan sebagainya,
2. Memperkirakan jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu jenis tanaman, sehingga dapat direncanakan bangunan untuk melayani kebutuhan tersebut,

3. Memperkirakan jumlah air yang tersedia di suatu sumber air (mata air, sungai, danau, dan lain sebagainya). Untuk dapat dimanfaatkan guna berbagai keperluan seperti air baku.

Ilmu hidrologi lebih banyak didasarkan pada pengetahuan empiris daripada teoritis. Hal ini karena banyaknya parameter yang berpengaruh pada kondisi hidrologi di suatu daerah, seperti kondisi klimatologi (angin, suhu udara, kelembaban udara, penyinaran matahari), kondisi lahan (daerah aliran sungai, DAS) seperti jenis tanah, tata guna lahan, kemiringan lahan, dan sebagainya. Banyaknya parameter tersebut mengakibatkan analisis hidrologi sulit diselesaikan secara analitis. Disamping itu kondisi hidrologi juga sangat dinamis yang tergantung pada perubahan/kegiatan yang dilakukan oleh manusia, seperti perubahan tata guna lahan (penggundulan hutan, penghijauan, perubahan lahan sawah menjadi daerah pemukiman atau industri, perubahan lahan menjadi sawah atau fungsi lainnya), perubahan penutup permukaan tanah (dari tanah, rumput, atau pepohonan menjadi permukaan aspal dan beton, dan lain sebagainya).

Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.
- b. Menentukan luas pengaruh daerah stasiun-stasiun hujan.
- c. Menentukan curah hujan maksimum tiap tahunnya dari data curah hujan yang ada.
- d. Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun.
- e. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan

rencana di atas pada periode ulang T tahun.

2.1.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai ditentukan berdasarkan topografi daerah tersebut, dimana daerah aliran sungai tersebut dibatasi oleh punggung punggung bukit di antara dua buah sungai sampai ke sungai yang ditinjau. Kita dapat menentukan daerah aliran sungai pada peta topografi dengan cara membuat garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memiliki elevasi kontur tertinggi di sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau.

Besar kecilnya aliran permukaan dipengaruhi oleh banyak faktor yang dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu faktor – faktor yang berkaitan dengan iklim (khususnya curah hujan), dan faktor – faktor yang berkaitan dengan karakteristik daerah aliran sungai (DAS).

Parameter hujan yang berpengaruh terhadap aliran permukaan meliputi intensitas, waktu atau durasi, dan penyebaran hujan. Intensitas hujan yaitu kedalaman air hujan per satuan waktu tidak dapat dihitung terpisah dengan durasi hujan. Tinggi curah hujan yang sama yang terjadi pada dua durasi yang berbeda akan menghasilkan permukaan yang berbeda. Hujan dengan intensitas hujan yang tinggi akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan curah hujan yang kurang intensif untuk total kedalaman yang sama. Hal ini terjadi karena hujan dengan intensitas hujan yang tinggi dapat mengakibatkan laju infiltrasi terlampaui dengan selisih yang cukup besar dibandingkan dengan curah hujan yang kurang intensif.

Durasi hujan berkaitan langsung dengan volume aliran permukaan. Sebagaimana diungkapkan sebelumnya, bahwa laju infiltrasi

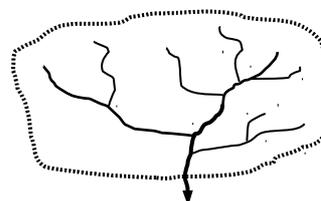
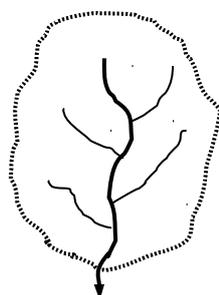
pada suatu kejadian hujan akan menurun sejalan dengan bertambahnya waktu. Oleh karena itu hujan dengan durasi singkat tidak dapat menghasilkan aliran permukaan. Hujan dengan intensitas yang sama dengan durasi lebih lama akan menghasilkan total volume aliran permukaan yang lebih besar.

Karakteristik DAS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi (Suripin, 2004) :

a. Luas dan Bentuk DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luasnya DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan.

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai. Pengaruh bentuk DAS terhadap aliran permukaan dapat ditunjukkan dengan memperhatikan hidrograf – hidrograf yang terjadi pada dua buah DAS yang bentuknya berbeda namun mempunyai luas yang sama dan menerima hujan dengan intensitas yang sama.



(a) DAS memanjang

(b) DAS melebar

Gambar 2.1. Bentuk DAS pada Aliran Permukaan

(Suripin, 2004)

Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS yang melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air dititik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak diseluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung lainnya. Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis, atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terpaut banyak, artinya air dari hulu sudah tiba sebelum aliran di titik kontrol mengecil atau habis.

b. Topografi

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan, keadaan dan kerapatan parit dan atau saluran, dan bentuk-bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DAS dengan kemiringan curam disertai parit atau saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang

lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang dan adanya cekungan-cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi, sehingga memperbesar laju aliran permukaan.

c. Tata guna lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai $C = 0$ menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai $C = 1$ menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Pada DAS yang masih baik harga C mendekati 0, semakin rusak suatu DAS, harga C makin mendekati satu.

2.1.2 Curah Hujan Rencana

2.1.2.1 Perbaikan Data

Didalam pengukuran hujan sering dialami permasalahan yaitu tidak tercatatnya data hujan karena rusaknya alat atau pengamat tidak mencatat data. Data yang hilang ini dapat diisi dengan nilai perkiraan.

Masalah ini perlu diselesaikan dengan melakukan koreksi berdasarkan data dari beberapa stasiun disekitarnya (*Triatmojo, 2008*).

Ada beberapa macam cara mengisi data hujan yang hilang yaitu :

a. Metode Aljabar

Metode ini digunakan jika perbedaan curah hujan tahunan normal di stasiun terdekat < 10 % dari stasiun yang kehilangan data tersebut.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

R_x = Curah hujan stasiun yang datanya dicari (mm)

R_i = Curah hujan stasiun i , $i = 1, 2, \dots, n$ (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

b. Metode Perbandingan Normal

Digunakan jika perbedan curah hujan tahunan normal di stasiun terdekat > 10 % dari stasiun hujan yang kehilangan data tersebut.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (*Triatmojo, 2008*) :

$$R_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_x \times R_i}{N_i} \right) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

R_x = Curah hujan stasiun yang datanya dicari (mm)

N_x = Rata-rata curah hujan tahunan stasiun yang dicari (mm)

R_i = Curah hujan stasiun i , $i = 1, 2, \dots, n$ (mm)

N_i = Rata – rata curah hujan tahunan stasiun i , $i = 1, 2, \dots, n$ (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

c. Metode Kebalikan Kuadrat Jarak

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R_x = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

R_x = Curah hujan stasiun yang datanya dicari (mm)

R_i = Curah hujan stasiun i , $i = 1, 2, \dots, n$ (mm)

L_i = Jarak stasiun hujan yang kehilangan data dengan stasiun hujan terdekat.

2.1.2.2 Analisis Curah Hujan Area

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan pembuatan *Sabo Dam*. Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata – rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm.

Curah hujan area ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Cara – cara perhitungan curah hujan area dari pengamatan curah hujan di beberapa titik adalah sebagai berikut :

a. Metode Rata-rata Aljabar

Metode Rata – rata Aljabar ditentukan dengan cara menjumlahkan tinggi hujan dari semua tempat pengukuran selama kala tertentu, dibagi dengan jumlah pos pengukuran, metode ini sebaiknya dipakai pada daerah yang datar, pos hujan banyak dan sifatnya merata.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (*Triatmodjo, 2008*).

$$= \bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

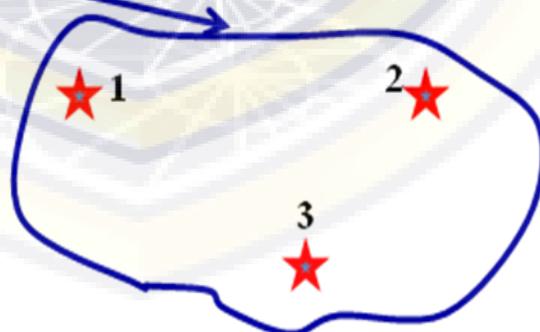
\bar{P} = Tinggi hujan rata-rata (mm)

P_i = Tinggi hujan pada setiap stasiun hujan yang diamati, $i = 1, 2, \dots$

(mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

BatasDAS



Gambar 2.2. Stasiun Hujan pada Suatu DAS

b. Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan mempertimbangkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Triatmodjo, 2008).

Metode Thiessen ditentukan dengan cara membuat polygon antar pos hujan pada suatu luas DAS kemudian tinggi hujan rata – rata daerah dihitung dari jumlah perkalian antara tiap – tiap luas polygon dan tinggi hujannya dibagi dengan luas seluruh DAS. Metode ini cocok untuk menentukan tinggi curah hujan rata-rata, apabila pos hujannya tidak banyak dan tinggi hujannya tidak merata.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 2008):

$$= \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

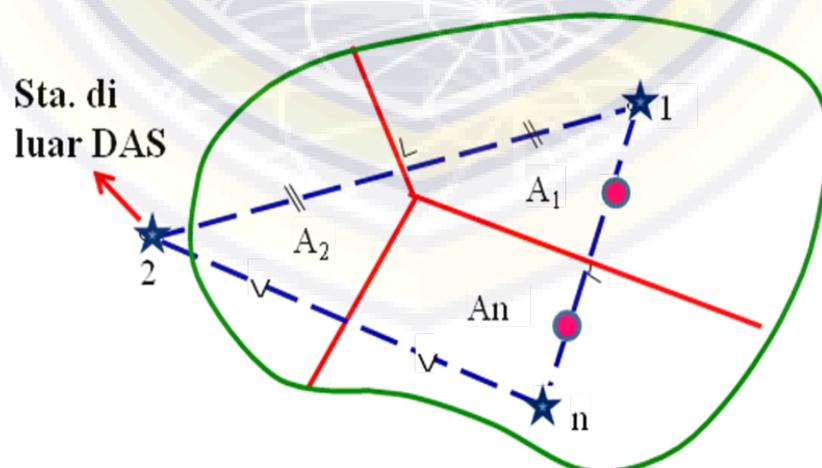
- = Tinggi hujan rata-rata (mm)
- $P_i \bar{p}$ = Tinggi hujan pada setiap pos, $i = 1, 2, \dots, n$ (mm)
- A_i = Luas daerah poligon i , $i = 1, 2, \dots, n$ (km²)

Prosedur penerapan Metode Thiessen ini meliputi langkah –

langkah sebagai berikut :

- a. Stasiun hujan digambarkan pada peta DAS yang akan ditinjau.

- b. Stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang sama.
- c. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga.
- d. Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh polygon
- e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada dalam poligon.
- f. Jumlah dari hitungan pada butir e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut.



Gambar 2.3. Poligon *Thiessen*

c. Metode Isohyet

Metode *Isohyet* ditentukan dengan cara menggunakan peta garis kontur tinggi hujan suatu daerah dan tinggi hujan rata – rata DAS dihitung dari jumlah hujan perkalian tinggi hujan rata – rata diantara garis *isohyet* dengan luas antara kedua garis *isohyet* tersebut, dibagi luas seluruh DAS. Metode ini cocok untuk daerah pegunungan dan yang berbukit – bukit .

Cara ini adalah cara rasionil yang terbaik jika garis-garis *isohyets* dapat digambar dengan teliti. Akan tetapi jika titik-titik pengamatan itu banyak dan variasi curah hujan di daerah yang bersangkutan besar, maka pada pembuatan peta *isohyet* akan terdapat kesalahan pribadi si pembuat peta. Peta *isohyet* harus mencantumkan antara lain sungai – sungai utamanya dan garis-garis kontur yang cukup. Pada pembuatan peta *isohyet*, maka topografi, arah angin dan lain – lain di daerah bersangkutan harus turut dipertimbangkan. Jadi untuk membuat peta *isohyet* yang baik, diperlukan pengetahuan / keahlian yang cukup.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (*Triatmodjo,*

$$2008): \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

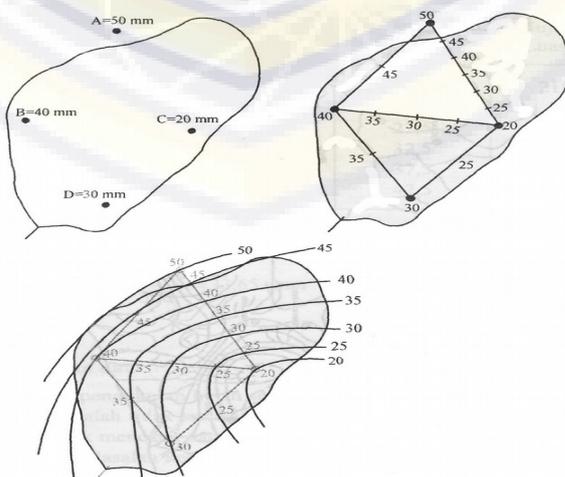
\bar{p} = Tinggi hujan rata-rata (mm)

A_i = luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet, $i = 1, 2, \dots, n$ (km²).

l_i = garis isohyet, $i = 1, 2, \dots, n$ (mm).

Prosedur penerapan Metode *Isohyet* ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau.
- b. Dari hasil kedalaman hujan di stasiun yang berdampingan dibuat interpolasi.
- c. Dibuat kurva yang menghubungkan titik-titik interpolasi yang mempunyai kedalaman hujan yang sama. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis *isohyet* dan intervalnya.
- d. Diukur luas daerah antara dua *isohyet* yang beruntun dan kemudian dikalikan dengan nilai rerata dari nilai kedua garis tersebut.
- e. Jumlah dari hitungan pada butir d untuk seluruh garis *isohyet* dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan kedalaman hujan rerata daerah tersebut.



Gambar 2.4. Metode Isohiet

2.1.2.3 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Cara yang ditempuh untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata DAS adalah sebagai berikut :

1. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
2. Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
3. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
4. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
5. Ulangi langkah 2 dan 3 setiap tahun.

Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan.

2.1.2.4 Analisis Frekuensi

Dalam melakukan analisis hidrologi sering dihadapkan pada kejadian ekstrim seperti banjir dan kekeringan. Banjir mempengaruhi bangunan air seperti bendung, bendungan, tanggul, jembatan, gorong –

gorong, dsb. Bangunan tersebut harus direncanakan untuk dapat melewati debit banjir maksimum yang mungkin terjadi. Bangunan harus diperhitungkan tidak hanya keamanan bangunan itu sendiri, tetapi juga kehidupan dan fasilitas – fasilitas lain yang terancam keselamatannya apabila bangunan tersebut runtuh, sebagai contoh, runtuhnya suatu bendungan yang menampung jutaan meter kubik air dapat berakibat bencana terhadap kehidupan yang berada di sebelah hilir bendungan. Oleh karena itu bendungan harus direncanakan untuk dapat menahan debit banjir yang sangat besar. Penduduk dan harta benda yang ada di hilirnya harus benar – benar terlindungi keselamatannya.

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Besarnya kejadian ekstrim mempunyai hubungan terbalik dengan probabilitas kejadian, misalnya frekuensi kejadian debit banjir besar adalah lebih kecil dibanding dengan frekuensi debit – debit sedang atau kecil. Dengan analisis frekuensi akan diperkirakan besarnya banjir dengan interval kejadian tertentu seperti 10 tahunan, 100 tahunan, 1000 tahunan, dan juga berapakah frekuensi banjir dengan besar tertentu yang mungkin terjadi selama suatu periode waktu, misalnya 100 tahun.

Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau data hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, data terukur selama beberapa tahun (*Triatmodjo, 2008*).

Dalam analisis frekuensi data hujan atau data digunakan untuk memperoleh nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu : *Gumbel*, *Normal*, *Log Normal*, dan *Log Pearson Type III*.

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

- a. Parameter statistik
- b. Pemilihan jenis sebaran
- c. Uji kecocokan sebaran
- d. Perhitungan debit banjir rencana

a. Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata – rata (\bar{X}), standar deviasi (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien kemencengan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k).

Untuk memudahkan perhitungan, maka proses analisisnya dilakukan secara matriks dengan menggunakan tabel. Sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut :

1) Nilai Rata – rata

Nilai rata – rata merupakan nilai yang cukup representative dalam suatu distribusi. Nilai rata – rata dapat digunakan untuk pengukuran

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

sesuatu distribusi dan mempunyai bentuk sebagai berikut
(Triatmodjo, 2008) :

$$= \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

\bar{X}
= Nilai rata – rata curah hujan

X_i = Nilai pengukuran dari suatu hujan ke-i

n = jumlah data curah hujan

2) Standar Deviasi (S_d)

Tidak semua variat atau variable hidrologi sama dengan nilai rata – ratanya, tetapi ada yang lebih besar atau lebih kecil. Besarnya kesebaran variat disekitar nilai rata – rata disebut varian atau penyebaran. Penyebaran data dapat diukur dengan deviasi standard dan varian sebagai berikut :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

S_d = Standar deviasi

\bar{X} = Nilai rata – rata curah hujan

X_i = Nilai pengukuran dari suatu hujan ke- i

n = jumlah data curah hujan

3) Koefisien Variasi (C_v)

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata – rata dari suatu sebaran.

Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

(Triatmodjo, 2008) :

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana :

C_v = Koefisien variasi curah hujan

S_d = Standar deviasi

\bar{X} = Nilai rata – rata curah hujan

4) Koefisien Kemencengan (C_s)

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi.

Besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini (Triatmodjo, 2008):

$$\bar{a} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

$$C_s = \frac{a}{S^3} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana :

- Cs = Koefisien kemencengan curah hujan
- a = Parameter kemencengan
- Sd = Standar deviasi dari sampel curah hujan
- \bar{X} = Nilai rata-rata dari data sampel curah hujan
- Xi = Curah hujan ke i
- n = Jumlah data curah hujan

Untuk distribusi simetris, asimetri adalah $a = 0$ dan $C_s = 0$. Apabila distribusi condong ke kanan (distribusi dengan panjang ekor ke kanan), $C_s > 0$, untuk bentuk condong ke kiri (distribusi dengan ekor panjang ke kiri), $C_s < 0$.

5) Koefisien Kurtosis (C_k)

Koefisien kurtosis adalah suatu nilai yang menunjukkan keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut

(Triatmodjo, 2008) :

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana :

C_k = Koefisien kurtosis curah hujan

n = Jumlah data curah hujan

X_i = Curah hujan ke- i

\bar{X} = Nilai rata-rata dari data sampel

Sd = Standar deviasi

Penentuan distribusi probabilitas yang sesuai data tersebut dengan syarat masing – masing jenis distribusi seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. *Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi*

No.	Distribusi	Persyaratan
1.	<i>Gumbel</i>	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$
2.	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k = 3$
3.	Log Normal	$C_s \approx C_v^2 + 3C_v = 3$ $C_k = 5,383$
4.	Log <i>Pearson III</i>	$C_s \neq 0$

Sumber : Triatmodjo, 2008

b. Pemilihan Jenis Sebaran

Penentuan jenis sebaran yang akan digunakan untuk analisis frekuensi dapat dipakai beberapa cara sebagai berikut :

- 1) Sebaran *Gumbel*
- 2) Sebaran Log *Pearson Tipe III*
- 3) Sebaran Log Normal
- 4) Sebaran Normal

1) Sebaran Gumbel

Jika data hujan yang dipergunakan dalam perhitungan adalah berupa sampel (populasi terbatas), maka perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel.

Distribusi Gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti pada analisis frekuensi banjir (Triatmodjo, 2008).

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + S_d \times K \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana :

X_T = Hujan rencana atau debit dengan periode ulang T tahun.

\bar{X} = Nilai rata-rata dari data hujan (X) (mm).

S_d = Standar deviasi dari data hujan (X) (mm).

K = Faktor Frekuensi Gumbel

$$K = \frac{t - Y_n}{S_n} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Y_t = Reduced variated

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right] \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Nilai Y_t bisa ditentukan berdasarkan Tabel 2.2.

S_n = Reduced standard deviasi ditentukan berdasarkan Tabel 2.3.

Y_n = Reduced mean ditentukan berdasarkan Tabel 2.3.

Tabel 2.2. Tabel Nilai Reduced Variated (Y_t)

Periode Ulang T (tahun)	Y_t
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
25	3,1255
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Kamiana (2011)

Tabel 2.3. Tabel Nilai Reduced Standart Deviation dan Nilai Reduced

Mean					
N	Sn	Yn	N	Sn	Yn
10	0,9497	0,4952	60	1,1750	0,5521
15	1,0210	0,5128	70	1,1850	0,5548
20	1,0630	0,5236	80	1,1940	0,5567
25	1,0910	0,5390	90	1,2010	0,5586
30	1,1120	0,5362	100	1,2060	0,5600
35	1,1280	0,5403	20	1,2360	0,5672
40	1,1410	0,5436	500	1,2590	0,5724
45	1,1520	0,5463	1000	1,2590	0,5745
50	1,1610	0,5485			

Sumber : Kamiana (2011)

2) Sebaran Log Pearson Tipe III

Pearson telah mengembangkan banyak model matematik fungsi distribusi untuk membuat persamaan empiris dari suatu distribusi. Ada 12 tipe distribusi *Pearson*, Namun hanya distribusi Log *Pearson III* yang banyak digunakan dalam hidrologi. (Triatmodjo, 2008).

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T \times S \text{Log } X \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana :

$\text{Log } X_T$ = Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T.

$$\overline{\text{Log } X} = \text{Nilai rata - rata Log X} \\ \overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X}{n} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

S Log X = Standar deviasi dari Log X

$$S \text{ Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2}{n-1} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

K_T = Variable standar, besarnya bergantung koefisien kepercengan (C_s atau G)

Nilai K_T bisa ditentukan berdasar Tabel 2.4 dan 2.5

Tabel 2.4. Faktor Frekuensi K_T Log *Pearson* III (G atau G_s positif)

G or C_s	Return period in years						
	2	5	10	25	50	100	200
	Excedence probabilitas						
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,9	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909
2,8	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,097	3,932	4,783
2,6	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,3	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,454
2,1	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,9	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,2273
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,293	2,848	3,499	4,147
1,7	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,5	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1,0	-0,165	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576

Sumber : Kamiana (2011)

Tabel 2.5. Faktor Frekuensi K_T Log *Pearson* III (G atau G_s negatif)

G or	Return period in years
------	------------------------

Cs	2	5	10	25	50	100	200
	Excedence probabilitas						
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
0	0,842	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,995	2,108
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,3	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,5	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,7	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,059	1,087	1,097
-1,9	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
-2,1	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,3	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2,4	0,351	0,722	0,795	0,823	0,826	0,832	0,833
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
-2,6	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769
-2,7	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741
-2,8	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,9	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-3,0	0,396	0,636	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667

Sumber : Kamiana (2011)

3) Sebaran Normal

Distribusi Normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang juga disebut distribusi *Gauss*. Distribusi Normal mempunyai dua parameter yaitu rerata dan deviasi standar dari populasi (Triatmodjo, 2008).

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana :

X_T = Hujan rencana atau debit dengan periode ulang T tahun (mm)

\bar{X} = Nilai rata-rata dari data hujan (X) (mm)

S_d = Standar deviasi dari data hujan (X) (mm)

K_T = faktor frekuensi, nilainya bergantung dari T

nilai K_T bisa ditentukan berdasar Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode Ulang, T (tahun)	K_T
1	1,001	-3,05
2	1,005	-2,58
3	1,010	-2,33
4	1,050	-1,64
5	1,110	-1,28
6	1,250	-0,84
7	1,330	-0,67
8	1,430	-0,52
9	1,670	-0,25
10	2,000	0
11	2,500	0,25
12	3,330	0,52
13	4,000	0,67
14	5,000	0,84
15	10,000	1,28
16	20,000	1,64
17	50,000	2,05
18	100,000	2,33
19	200,000	2,58
20	500,000	2,88
21	1000,000	3,09

Sumber : Suripin (2004)

4) Sebaran Log Normal

Distribusi Log Normal digunakan apabila nilai – nilai dari variabel random tidak mengikuti distribusi normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi normal.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Kamiana, 2011) :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log}X} + K_T \times S\text{Log}X \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana :

$\text{Log } X_T$ = Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T

$\overline{\text{Log}X}$ = Nilai rata – rata Log X

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i}{n} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

S Log X = Deviasi standar dari log X

$$S \text{ Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1} \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

K_T = Faktor frekuensi, nilainya bergantung pada T

= Nilai K_T bisa ditentukan berdasar Tabel 2.4.

c. Uji Kecocokan Sebaran

Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dapat dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Ada dua cara yang dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu Metode *Chi-Kuadrat* (X^2) dan Metode *Smirnov-Kolmogorof*.

1) Metode Chi – Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan Metode *Chi-*

Kuadrat adalah sebagai berikut (Kamiana, 2011) :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots\dots\dots (2.23)$$

dimana :

χ^2 = Parameter *Chi - Kuadrat* terhitung.

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya.

O_f = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama.

n = Jumlah sub kelompok.

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering

diambil adalah 5 %. Derajat kebebasan (D_k) dihitung dengan rumus :

$$D_k = K - (p + 1) \dots\dots\dots (2.24)$$

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } n \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana :

D_k = Derajat kebebasan

p = Banyaknya parameter, untuk uji *Chi - Kuadrat* adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis, atau

dirumuskan sebagai berikut :

$$\chi^2 < \chi^2_{cr} \dots\dots\dots (2.26)$$

dimana :

χ^2 = Parameter *Chi - Kuadrat* terhitung.

χ^2_{cr} = Parameter *Chi - Kuadrat* Kritis

= Nilai χ_{cr} bisa ditentukan melalui Tabel 2.7.

Prosedur perhitungan dengan menggunakan Metode *Chi-Kuadrat*

adalah sebagai berikut :

1. Urutkan dari data besar ke kecil atau sebaliknya.

2. Menghitung jumlah kelas.
3. Menghitung derajat kebebasan (D_k) dan X^2_{cr} .
4. Menghitung kelas distribusi.
5. Menghitung interval kelas.
6. Perhitungan nilai X^2
7. Bandingkan nilai X^2 terhadap X^2_{cr} .

Tabel 2.7. Tabel Nilai Parameter Chi-Kuadrat Kritis, X^2_{cr} (Uji Satu Sisi)

D k	α							
	Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,851	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,553	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,525	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,266	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,388	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319

1	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,448	30,578	32,801
5								
1	5,142	5,812	6,908	7,692	26,296	28,845	32,000	34,267
6								
1	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
7								
1	6,625	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
8								
1	6,844	7,633	8,907	10,117	30,114	32,852	36,191	38,582
9								
2	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
0								
2	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
1								
2	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
2								
2	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
3								
2	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
4								
2	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,644	44,314	46,928
5								
2	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
6								
2	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,693	49,645
7								
2	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
8								
2	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
9								
3	13,787	14,953	16,791	18,493	43,733	46,979	50,892	53,672
0								

Sumber : Kamiana (2011)

2) Metode Smirnov – Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan Metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut (Kamiana, 2011) :

1. Urutkan data (X_i) dari besark ke kecil atau sebaliknya.
2. Tentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurutkan tersebut $P(X_i)$ dengan rumus tertentu, rumus Weibull misalnya.

$$P(X_i) = \frac{n+1}{i} \dots\dots\dots (2.27)$$

dimana :

n = Jumlah data

i = Nomor urut data (dari besar ke kecil atau sebaliknya)

3. Tentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurutkan tersebut $P'(X_i)$ berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih.

4. Hitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data :

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i) \dots\dots\dots(2.28)$$

5. Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, jika “tidak” artinya Distribusi Probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

6. ΔP kritis juga dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Tabel Nilai ΔP Kritis

N	α (derajat kepercayaan)			
	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
$N > 50$	$\frac{107}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber : Kamiana (2011)

2.1.3 Debit Banjir Rencana

Untuk menentukan debit banjir rencana (*design flood*) perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metoda rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau. Untuk menghitung intensitas curah hujan dapat digunakan rumus empiris (*Triatmodjo, 2008*) sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.29)$$

dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Perhitungan debit banjir rencana digunakan beberapa metode pendekatan yaitu : Metode *Rasional*, Metode *Weduwen*, Metode *Haspers*, dan Metode *Melchior*.

a. Metode *Rasional*

Metode *Rasional* merupakan rumus yang tertua dan yang terkenal diantara rumus – rumus empiris. Metode *Rasional* dapat digunakan untuk menghitung debit puncak sungai atau saluran namun dengan daerah pengaliran yang terbatas.

Dalam *Asdak (2007)*, dijelaskan jika ukuran daerah pengaliran > 300 ha, maka ukuran daerah pengaliran perlu dibagi menjadi beberapa bagian sub daerah pengaliran kemudian Rumus *Rasional* diaplikasikan pada masing-masing sub daerah pengaliran (*Kamiana, 2010*).

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (*SK SNI M-18-1989-F*) :

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2.30)$$

dimana :

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/dt)

C = Koefisien pengaliran

Nilai C bisa ditentukan melalui Tabel 2.8.

I = Intensitas hujan (mm/jam)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.31)$$

R_{24} = Curah hujan harian (mm)

t_c = L : v

$$= L : (72 \times S^{0,6}) \dots\dots\dots (2.32)$$

L = Jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau (km)

S = Kemiringan Lereng

Koefisien pengaliran (C) dapat diperkirakan dengan meninjau tata guna lahan. Sedang besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Koefisien Pengaliran (C)

Deskripsi lahan / karakter permukaan	Koefisien pengaliran (C)
Business :	
• Perkotaan	0,70-0,95
• Pinggiran	0,50-0,70
Perumahan :	
• Rumah tinggal	0,30-0,50
• Multiunit, terpisah	0,40-0,60
• Multiunit, tergabung	0,60-0,75
• Perkampungan	0,25-0,40
• Apartemen	0,50-0,70
Perkerasan :	
• Aspal dan beton	0,70-0,95
• Batu bata, paving	0,50-0,70
Halaman berpasir :	

• Datar (2%)	0,05-0,10
• Curam (7%)	0,15-0,20
Halaman tanah :	
• Datar (2%)	0,13-0,17
• Curam (7%)	0,18-0,22
Hutan :	
• Datar 0 – 5 %	0,10-0,40
• Bergelombang 5 – 10 %	0,25-0,50
• Berbukit 10 – 30 %	0,30-0,60

Sumber : Suripin, 2004

b. Metode Weduwen

Metode *Weduwen* berlaku untuk luas DAS hingga 100 km².

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (SK SNI M-18-1989-F) :

$$Q_{\max} = \alpha \times \beta \times I \times A \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

dimana :

Q_{\max} = Debit maksimum (m³/dt)

α = Koefisien aliran

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{I+7} \quad \dots\dots\dots (2.34)$$

β = Koefisien reduksi

$$\beta = \frac{120 + ((t+1)/(t+9))A}{(120+A)} \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

A = Luas daerah pengaliran (km²)

t = Lamanya hujan (jam)

$$\frac{0,476 \times A^{3/8}}{(\alpha \times \beta \times I)^{1/8} \times (S)^{1/4}} \quad \text{II-39}$$

$$t = \dots\dots\dots (2.36)$$

I = Intensitas hujan ($m^3/det/km^2$)

$$I = \frac{67,65}{t+1,45} \dots\dots\dots (2.37)$$

Langkah – langkah perhitungan debit banjir maksimum dengan Metode Weduwen adalah sebagai berikut (*Kamiana, 2011*) :

1. Coba harga t .
2. Hitung harga β berdasarkan persamaan (2.37).
3. Hitung I berdasarkan persamaan (2.39).
4. Hitung harga α berdasarkan persamaan (2.36).
5. Hitung harga t berdasarkan persamaan (2.38).
6. Cek harga t hitung apakah sudah sama dengan harga t coba, jika tidak sama maka ulangi dari langkah 1.
7. Tentukan nilai α , β , dan I pada saat nilai t sudah tetap (sama dengan t perhitungan sebelumnya).
8. Hitung Q_{maks} berdasarkan nilai α , β , dan I pada saat nilai t pada langkah 7.

Langkah – langkah perhitungan debit maksimum dengan periode ulang i tahun dengan Metode Weduwen adalah sebagai berikut (*Kamiana, 2011*) :

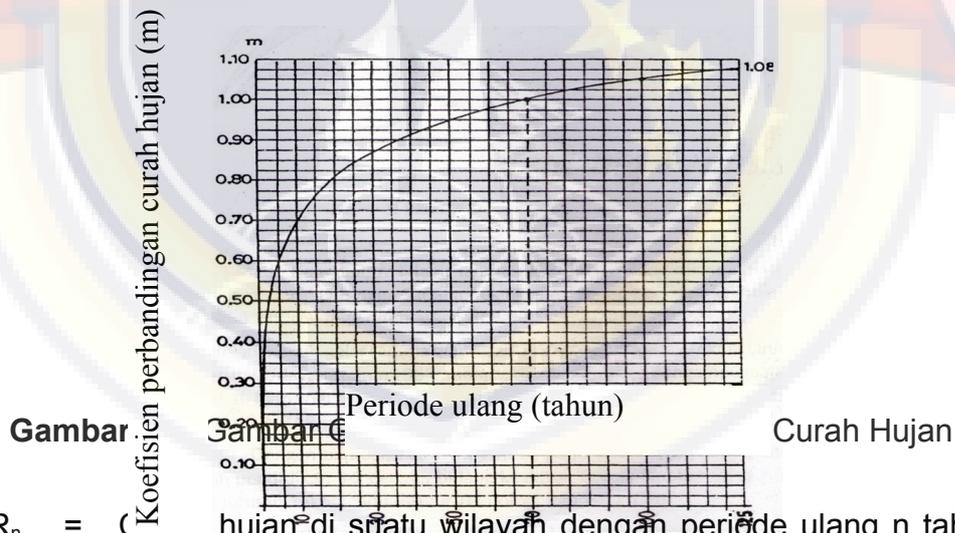
1. Gunakan langkah – langkah perhitungan 1 s/d 8 Q_{maks}

2. Hitung curah hujan dengan periode ulang i tahun (R_i) :

$$R_i = \frac{m_i}{m_n} \times R_n \dots\dots\dots (2.38)$$

m_i = Koefisien perbandingan curah hujan di suatu wilayah dengan periode ulang i tahun (R_i ; besarnya belum diketahui) dengan curah hujan dengan periode ulang 70 tahun (R_{70}), lihat grafik pada gambar 2.5.

m_n = Koefisien perbandingan curah hujan di suatu wilayah dengan periode ulang n tahun (R_n ; besarnya sudah diketahui) dengan curah hujan dengan periode ulang 70 tahun (R_{70}), lihat grafik pada gambar 2.5.



R_n = (Curah Hujan di suatu wilayah dengan periode ulang n tahun, besarnya sudah diketahui.

3. Hitung Q_i

$$Q_{maks} \times \frac{R_i}{240}$$

$$Q_i = \dots\dots\dots (2.39)$$

c. Metode Haspers

Dalam Subarkah, 1980 Metode Haspers berlaku untuk luas DAS hingga 200 km². Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode Haspers menggunakan persamaan berikut (Kamiana, 2011) :

$$Q_{\max} = \alpha \times \beta \times I \times A \dots\dots\dots (2.40)$$

dimana :

Q_{\max} = Debit maksimum (m³/dt)

α = Koefisien aliran

$$\alpha = \frac{1+0,012 \times A^{0,7}}{1+0,075 \times A} \dots\dots\dots (2.41)$$

β = Koefisien reduksi

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3,7 \times 10^{0,4t})}{(t^2 + 15)} \times \frac{A^{3/4}}{12} \dots\dots\dots (2.42)$$

t = Waktu konsentrasi (jam)

$$t = 0,1 \times L^{0,8} \times i^{-0,3} \dots\dots\dots (2.43)$$

A = Luas DAS (km²)

L = Panjang sungai (km)

i = Kemiringan sungai

I = Intensitas hujan (m³/km²/det)

$$I = \frac{R_t}{3,6t} \dots\dots\dots (2.44)$$

Berdasarkan Haspers ditentukan :

- Untuk $t < 2$ jam,

$$R_t = \frac{t \times R_{24}}{t+1 - 0,0008(260 - R_{24})(2-t)^2} \dots\dots\dots (4.45)$$

- Untuk $2 \text{ jam} < t < 19$ jam,

$$R_t = \frac{t \times R_{24}}{t+1} \dots\dots\dots (4.46)$$

- Untuk $19 \text{ jam} < t < 30$ hari,

$$R_t = 0,707 \times R_{24} \times (t+1) \dots\dots\dots (4.47)$$

d. Metode Melchior

Metode *Melchior* berlaku untuk luas DAS lebih dari 100 km².

Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode *Melchior* menggunakan persamaan berikut (*Kamiana, 2011*) :

$$Q_{\max} = \alpha \times \beta \times I \times A \dots\dots\dots (2.48)$$

dimana :

- Q_{\max} = Debit maksimum (m³/dt)
- α = Koefisien pengaliran
- β = Koefisien reduksi
- I = Intensitas hujan (m³/dt/km²)
- A = Luas daerah pengaliran (km²)

Langkah-langkah perhitungan debit maksimum (Q_{\max}) dalam

Metode *Melchior* adalah (*Kamiana, 2011*) :

1. Menentukan α

Melchior menetapkan koefisien pengaliran (α) sebagai angka perbandingan antara limpasan dan curah hujan total, yang besarnya tergantung dari kemiringan, vegetasi, keadaan tanah,

temperatur, angin penguapan, dan lama hujan. Pada umumnya koefisien pengaliran ini bernilai 0,42-0,62.

2. Menentukan β

- Koefisien reduksi (β) ditentukan dengan rumus :

$$\beta = \beta_1 \times \beta_2 \quad \dots\dots\dots (2.49)$$

- Nilai β_1 ditentukan berdasarkan rumus :

$$F = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta \quad \dots\dots\dots (2.50)$$

dengan :

F = luas elips yang mengelilingi daerah aliran sungai dengan sumbu panjang (a) tidak lebih dari 1,5 kali pendek (b). Besaran F dinyatakan dalam km², dan nilainya > luas daerah pengaliran (A).

- Nilai β_2 ditentukan berdasarkan hubungan antara F dan lama hujan, lihat Tabel 2.10

Tabel 2.10. Presentase β_2 menurut Melchior

F (km ²)	Lama hujan, t (jam)										
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	24
0	44	64	80	89	92	92	93	94	95	96	100
10	37	57	70	80	82	84	87	90	91	95	100
50	29	45	57	66	70	74	79	83	88	94	100
300	20	33	43	52	57	61	69	77	85	93	100
~	12	23	32	42	50	54	66	74	83	92	100

Sumber : Kamiana, 2011

3. Menentukan I

Intensitas hujan ditentukan dengan rumus :

$$I = \frac{10 \times \beta \times R_{24} \text{ maks}}{36 \times t_c} \dots\dots\dots (2.51)$$

$$t_c = \frac{10 \times L}{36 \times V} \dots\dots\dots (2.52)$$

$$V = 1,31^5 \times (Q \times S^2)^{0,2} \dots\dots\dots (2.53)$$

dimana :

R_{24} = hujra harian

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

V = Kecepatan air rata-rata (m/det)

Q = $\beta_1 \times I_{\text{coba}} \times F$ (m^3/dt)

L = Panjang sungai (km)

S = kemiringan rata-rata sungai

$$S = \frac{H}{0,9L} \dots\dots\dots (2.54)$$

H = beda tinggi antara titik pengamatan dan titik terjauh sungai (km)

L = panjang sungai (km)

Dalam menghitung nilai pada persamaan (2.51) dilakukan dengan coba-coba (I_1), sebab nilai t_c bergantung V , nilai V bergantung Q , dan nilai Q bergantung pula pada nilai I yang justru dicari nilainya.

Untuk keperluan perhitungan coba-coba nilai I dapat digunakan Tabel 2.11

Tabel 2.11. *Perkiraan Intensitas Hujan Harian Menurut Melchior*

Luas	I	Luas elips	I	Luas elips	I
------	---	------------	---	------------	---

elips km ²	m ³ /km ² /det	km ²	m ³ /km ² /det	km ²	m ³ /km ² /det
0,14	29,60	144	4,75	720	2,30
0,72	22,45	216	4,00	1080	1,85
1,20	19,90	288	3,60	1440	1,55
7,20	14,15	360	3,30	2100	1,20
14	11,85	432	3,05	2880	1,00
29	9,00	504	2,85	4320	0,70
72	6,25	576	2,65	5760	0,54
108	5,25	648	2,45	7200	0,48

Sumber : Kamiana, 2011

Nilai I yang digunakan dalam persamaan (2.51) tersebut perlu ditambah dengan presentase tertentu, tergantung pada nilai t_c .

Nilai penambahan dapat dilihat pada Table 2.12

Tabel 2.12. Penambahan Presentase Menurut Melchior

t_c Menit	%	t_c menit	%	t_c menit	%
0-40	2	895-980	13	1860-1950	24
40-115	3	980-1070	14	1950-2035	25
115- 190	4	1070-1155	15	2035-2120	26
190-270	5	1155-1240	16	2120-2210	27
270-360	6	1240-1330	17	2210-2295	28
360-450	7	1330-1420	18	2295-2380	29
450-540	8	1420-1510	19	2380-2465	30
540-630	9	1510-1595	20	2465-2550	31
630-720	10	1595-1680	21	2550-2640	32
720-810	11	1680-1770	22	2640-2725	33
810-895	12	1770-1860	23	2725-2815	34

Sumber : Kamiana, 2011

2.2 Definisi Sungai

Sebagian besar air hujan yang turun ke permukaan tanah, mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami

bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat, akhirnya melimpah ke danau atau ke laut. Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Bagian yang senantiasa tersentuh aliran air ini disebut aliran sungai. Dan perpaduan antara alur sungai dan aliran air di dalamnya disebut sungai (Suyono, 1984).

Menurut Olviana (2013), bahwa sungai adalah saluran alamiah di permukaan bumi yang menampung dan menyalurkan air hujan dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah dan akhirnya bermuara di danau atau di laut. Di dalam aliran air terangkut juga material-material sedimen yang berasal dari proses erosi yang terbawa oleh aliran air dan dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan akibat sedimentasi dimana aliran tersebut bermuara.

2.2.1 Perilaku Sungai

Sungai merupakan suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun di dasar sungai, terangkut ke hilir oleh aliran sungai (Suyono, 1984).

2.2.2 Erosi dan Sedimentasi

Erosi dan sedimentasi merupakan serangkaian proses yang berkaitan dengan proses pelapukan, pelepasan, pengangkutan dan

pengendapan material tanah/kerak bumi. Erosi dapat disebabkan oleh angin, air atau aliran gletser (es) (Suyono, 1984).

Secara umum, terjadinya erosi ditentukan oleh faktor-faktor iklim (terutama intensitas hujan), topografi, karakteristik tanah, vegetasi penutup tanah, dan tata guna lahan. Pemahaman tentang pengaruh erosi di daerah tangkapan air (onsite) dan dampak yang ditimbulkan di daerah hilir (offsite) tidak hanya memerlukan pemahaman tentang proses-proses terjadinya erosi, tetapi juga pemahaman tentang mekanisme transpor sedimen melalui aliran sungai (Asdak, 2001).

2.3 Pengertian Sedimen

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya yang mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, saluran air, sungai, dan waduk (Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Chay Asdak).

2.3.1 Proses Sedimentasi

Proses sedimentasi yaitu proses terkumpulnya butir-butir tanah yang terjadi karena kecepatan aliran air yang mengangkut bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan (settling velocity). Proses sedimentasi dapat terjadi pada lahan-lahan pertanian maupun di sepanjang dasar sungai, dasar waduk, muara, dan sebagainya.

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, transpotasi (angkutan), pengendapan (deposotion) dan pemadatan (compaction) dari sedimen itu sendiri. Proses tersebut berjalan sangat kompleks dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel

halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. Apabila partikel tanah tersebut terkikis dari permukaan bumi atau dari dasar dan tebing sungai maka endapan yang dihasilkan akan bergerak atau berpindah menurut arah aliran yang membawanya menjadi angkutan sedimen. (Soewarno, 1991).

2.3.2 Mekanisme Pengangkutan Sedimen

Mekanisme pengangkutan butir-butir tanah yang dibawa dalam air yang mengalir dapat digolongkan menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

a. Wash Load Movement

Butir-butir tanah yang sangat halus berupa lumpur yang bergerak bersama-sama dalam aliran air, konsentrasi sedimen merata di semua bagian pengaliran. Bahan wash load berasal dari pelapukan lapisan permukaan tanah yang menjadi lepas berupa debu-debu halus selama musim kering. Debu halus ini selanjutnya dibawa masuk ke saluran atau sungai baik oleh angin maupun oleh air hujan yang turun pertama pada musim hujan, sehingga jumlah sedimen pada awal musim hujan lebih banyak dibandingkan dengan keadaan yang lain.

b. Suspended Load Movement

Butir-butir tanah bergerak melayang dalam aliran air. Gerakan butir-butir tanah ini terus menerus dikompresir oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran. Bahan suspended load terjadi dari pasir halus yang bergerak akibat pengaruh turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, maka semakin besar pula angkutan suspended load.

c. Saltation Load Movement

Pergerakan butir-butir tanah yang bergerak dalam aliran air antara pergerakan suspended load dan bed load. Butir-butir tanah bergerak secara terus menerus meloncat-loncat (skip) dan melambung (bounce) sepanjang saluran tanpa menyentuh dasar saluran. Bahan-bahan saltation load terdiri dari pasir halus sampai dengan pasir kasar.

d. Bed Load Movement

Merupakan angkutan butir-butir tanah berupa pasir kasar (coarse sand) yang bergerak secara menggelinding (rolling), mendorong dan menggeser (pushing and sliding) terus menerus pada dasar aliran yang pergerakannya dipengaruhi oleh adanya gaya seret (drag force) aliran yang bekerja di atas butir-butir tanah yang bergerak.

2.4 Bendungan Penahan Sedimen

Bendungan Penahan Sedimen/Sabo Dam merupakan struktur yang dapat berfungsi untuk menahan, mengendalikan, mengumpulkan, mengarahkan dan mengelola endapan dari aliran sedimen sepanjang sistem sungai. Selain sebagai pengendali sedimen akibat longsor yang terjadi, Sabo Dam juga bermanfaat sebagai pengendali erosi hutan dan daerah pertanian serta mencegah bahaya longsor.

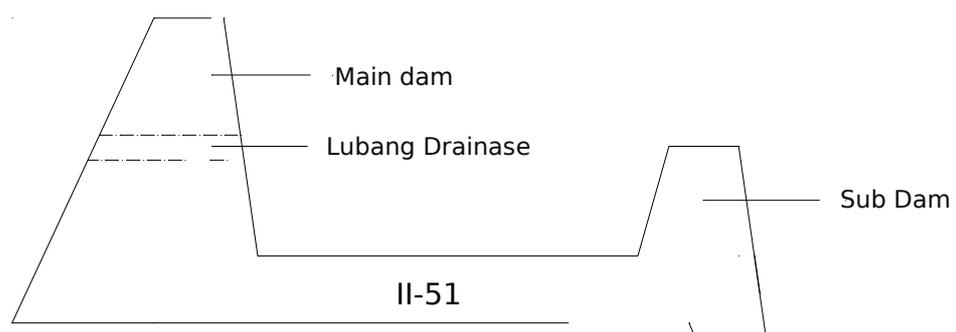
Prinsip-prinsip pengendalian sedimen antara lain :

- a. Menampung endapan sedimen di daerah hulu dan mengurangi produksi sedimen dari alur sungai dan tebing sungai dengan membangun penahan sedimen (*sabo dam*).

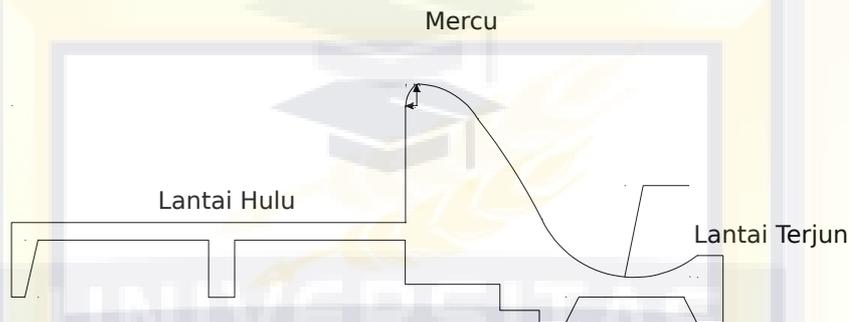
- b. Menahan endapan sedimen di daerah endapan dengan membangun kantong kantong lahar dan tanggul.
- c. Mengarahkan aliran banjir di daerah hilir dengan pembuatan dam konsolidasi, tanggul, dan perbaikan alur sungai.

Upaya penanggulangan masalah erosi dan sedimentasi telah lama dilakukan di Indonesia dengan menitik beratkan pada upaya pencegahan dengan menggunakan teknologi sederhana berupa penghutanan dan bendung pengendali sedimen. Teknologi *sabo* mulai dikenalkan di Indonesia sejak kedatangan tenaga ahli *sabo* dari Jepang, Mr. Tomoaki Yokota, pada tahun 1970. *Sabo* berasal dari bahasa Jepang yang terdiri dari dua kata yaitu *sa* yang berarti pasir dan *bo* yang berarti pengendalian, dengan demikian secara harfiah *sabo* mengandung pengertian pengendali pasir. Akan tetapi dalam kenyataannya *sabo* merupakan suatu sistem penanggulangan bencana alam akibat erosi dan sedimentasi. Termasuk di dalamnya erosi dan sedimentasi yang disebabkan oleh adanya lahar hujan, sedimen luruh, tanah longsor, dan lain-lain.

Bentuk *sabo dam* memiliki perbedaan dengan bangunan bendung seperti di bawah ini :



Gambar. 2.1 Sketsa memanjang Sabo Dam



Gambar. 2.2 Sketsa memanjang Bendung

Jenis pekerjaan *sabo* terbagi atas dua bagian, yaitu :

1. Pekerjaan langsung, yaitu pemantapan lereng bukit sebagai upaya pencegahan terjadinya erosi, antara lain sengkedan, penghutan, bendung pengendali sedimen, dan lain-lain.
2. Pekerjaan tidak langsung, sebagai upaya pengendalian aliran sedimen dan sedimen luruh (*debris flow*), antara lain bendung penahan sedimen, kantong sedimen, normalisasi/kanalisasi alur, tanggul dan lain-lain.

Aliran *debris* adalah aliran sedimen dalam jumlah yang banyak akibat longsor yang mengalir ke sungai berdasarkan kemiringan gunung.

2.5 Pola Penanggulangan Longsor Sedimen

Tingkat intensitas hujan yang cukup tinggi akan mengakibatkan sedimentasi yang berada pada bagian hulu akan berpotensi bergerak ke bawah terbawa oleh air menuju sungai-sungai sampai ke hilir sebagai aliran *debris* atau aliran lahar dingin. Pergerakan aliran *debris* bila tidak diantisipasi dengan baik akan menimbulkan bahaya banjir lahar dingin yang akan membahayakan kehidupan manusia di sekitarnya termasuk fasilitas-fasilitas di sekitar gunung.

Daerah produksi sedimen adalah daerah yang terletak pada lereng bagian hulu dengan kemiringan $> 6 \%$. Penanggulangan banjir lahar dingin pada daerah produksi sedimen ini dapat diantisipasi dengan cara membuat bangunan penahan sedimen, dam konsolidasi dan dam pengarah aliran. Dengan dibuat bangunan ini diharapkan dapat mengurangi besarnya aliran *debris* dan memperkecil kecepatan aliran tersebut.

Pada daerah transportasi sedimen, yaitu daerah yang memiliki kemiringan berkisar antara 3% s/d 6% yang merupakan daerah perkampungan dan pertanian, dapat diantisipasi dengan cara membangun dam konsolidasi, normalisasi alur, dam penahan sedimen / *sabo*, dan tanggul.

Sedangkan daerah endapan sedimen, yaitu daerah yang terletak pada bagian hilir dengan kemiringan $< 3 \%$ dapat diatasi dengan

membangun bangunan kantong lumpur, dam konsolidasi, dan normalisasi aliran. Pada penyusunan tugas akhir ini penulis akan menganalisis perhitungan hidrologi yang dapat digunakan untuk merencanakan tipe, bentuk, dan ukuran hidrolis bangunan penahan sedimen (sabo dam).

Dalam penentuan lokasi sabo dam yang perlu diperhatikan adalah:

- Sabo dam dibangun pada sungai daerah transportasi lahar yaitu pada daerah yang memiliki kemiringan 3% s/d 6% dimana sedimen yang melewati sungai tersebut masih banyak.
- Sabo dam dibangun pada sungai yang kemiringannya belum stabil sehingga akan menyebabkan tingkat erosi yang tinggi karena kecepatan aliran yang besar.

2.6 Debit Banjir Sabo Dam

Debit banjir rencana dalam perencanaan ini adalah debit yang timbul akibat adanya gabungan massa air dan massa sedimen yang tererosi yang diperkirakan melimpas pada alur Sungai Jeneberang. Besarnya debit banjir rencana dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_d = \alpha \cdot Q_p \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana:

Q_d = debit banjir rencana (m³/det)

Q_p = debit banjir puncak (m³/det)

α = konsentrasi kandungan sedimen

$$\alpha = \frac{C^* i}{C^* - C_d}$$

$$C^* = 0,6 \left(\frac{i}{\tan \theta} \right)$$

$$C_d = \frac{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right) (\tan \phi - \tan \theta)}{\rho_w}$$

ρ_w = berat volume air (gr/cm³)

ρ_s = berat volume sedimen (gr/cm³)

$\tan \theta$ = kemiringan dasar sungai

$\tan \phi$ = koefisien gesekan dalam sedimen.

2.6 Tinggi Muka Air di atas Mercur Sabo Dam

Berdasarkan Pd T-12-2004-A, tinggi air yang mengalir di atas mercu/ peluap dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_d = (2/15) C_d \sqrt{2g} (3B_1 + 2B_2) h_w^{3/2} \dots \dots \dots (2.56)$$

Keterangan :

Q_d = debit banjir rencana (m³/det)

C_d = koefisien debit (0,60 - 0,66)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/det²)

B_1 = lebar peluap bagian bawah (m)

$$B_1 = a \cdot \sqrt{Q_d} \dots \dots \dots (2.57)$$

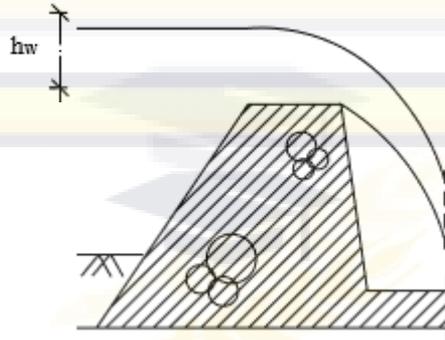
a = koefisien limpasan

B_2 = lebar muka air di atas peluap (m)

$$B_2 = B_1 + 2.m.hw \dots \dots \dots (2.58)$$

m = kemiringan tepi pelimpah

hw = tinggi air di atas mercu/ peluap (m)



Gambar 2.3. Sketsa Tinggi Muka Air diatas Mercu

UNIVERSITAS

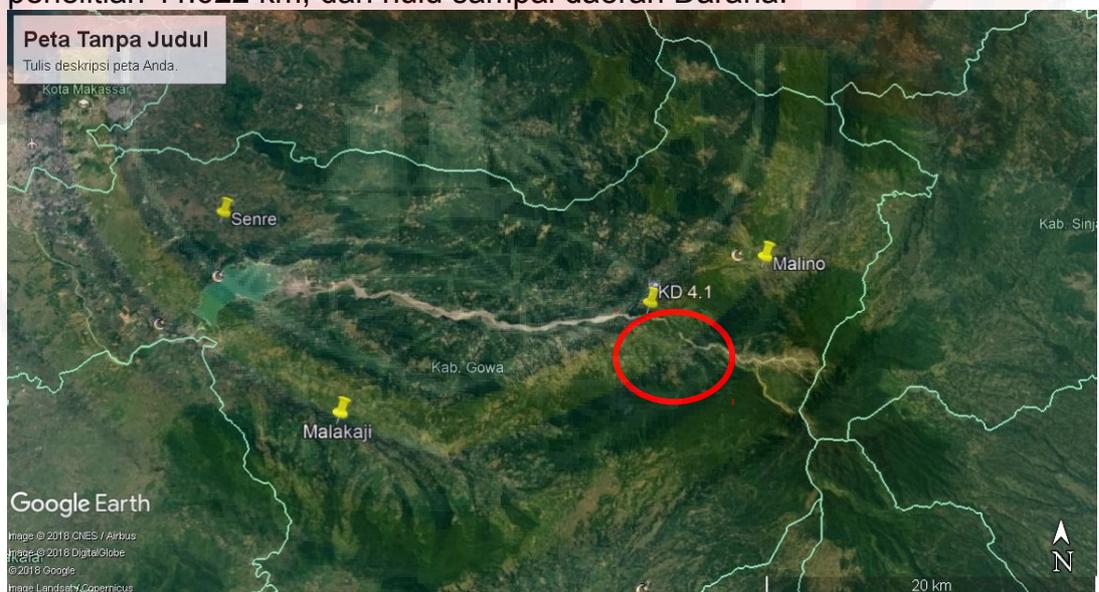
BOSOWA

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang yang terletak di kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Lokasi ini berjarak sekitar 70 km dari Kota Makassar dan dapat dicapai dengan perjalanan darat dengan memakan waktu kurang lebih 2 jam perjalanan. Panjang sungai jeneberang dari hulu kehilir 75 km, aliran sungai Jeneberang dibendung dibendungan raksasa Bili-Bili, 40 km dari hulu. Sedangkan, ruas sungai yang digunakan untuk penelitian 11.622 km, dari hulu sampai daerah Daraha.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth)

Stasiun curah hujan yang berada dilokasi penelitian yaitu:

- a. Stasiun Senre (5°12'59"LS 119°35'1,0"BT)
- b. Stasiun Malakaji (5°20'36"LS 119°40'5,0"BT)
- c. Stasiun Malino (5°15'28"LS 119°55'15"BT)

3.2 Metode Analisis dan pembahasan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Studi literatur

Studi literatur adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan mengadakan studi dari jurnal, skripsi terkait dan buku-buku/pustaka yang berkaitan dengan masalah yang dibahas dalam penulisan ini.

- b. Analisis perhitungan

Analisis perhitungan berdasarkan data-data dan metode yang digunakan.

3.3 Lingkup Kegiatan

Lingkup kegiatan dalam menganalisis data hidrologi ini, dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah disini adalah masalah teknis dan non teknis dimana kedua masalah tersebut sangat berkaitan erat dalam menganalisis data hidrologi ini. Masalah teknis meliputi

- b. Pengumpulan data

Dalam menganalisis data merupakan faktor yang sangat penting, oleh sebab itu diusahakan semua data yang berkaitan dengan data peta topografi wilayah perencanaan yang akan direncanakan debit banjir rencananya diambil dari Dinas PSDA Sulsel.

c. Analisis Data

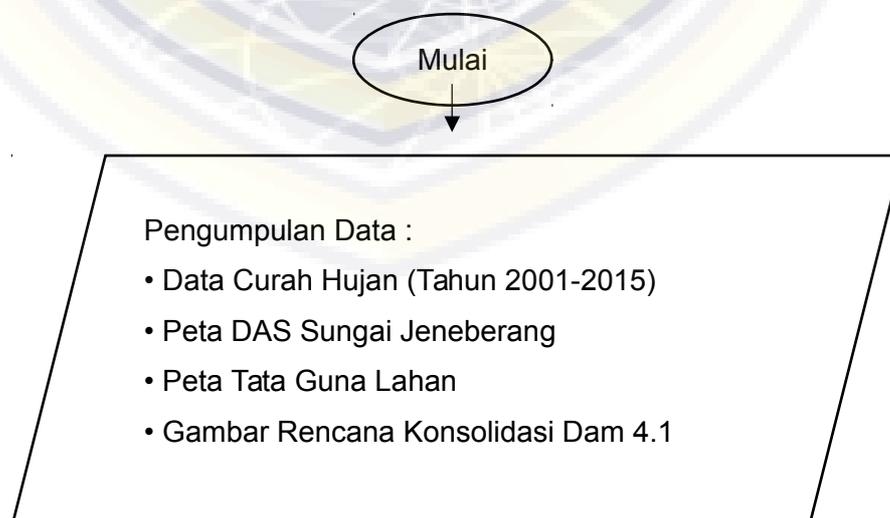
Analisis data : data hidrologi.

3.4 Uraian Kegiatan

Langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitian ini adalah :

1. Menentukan topik yang dipilih dengan cara mengidentifikasi masalah-masalah yang terjadi untuk dicari solusinya.
2. Setelah dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang ada, diperoleh solusi dari permasalahan tersebut.
3. Pengkajian dan pembelajaran lebih lanjut terhadap perhitungan yang akan dilakukan dengan cara :
 - a. Studi literatur, yaitu mempelajari artikel, jurnal, karya tulis, situs web, serta buku-buku yang terkait dengan judul penelitian.
 - b. Konsultasi dengan dosen pembimbing terkait metode yang akan digunakan
4. Melakukan perhitungan dan Analisis dari data yang ada.
5. Membandingkan hasil perhitungan dengan data perhitungan yang telah dilakukan oleh Konsultan Perencana.

3.5 Diagram Alir Penelitian





BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Data hidrologi merupakan bahan informasi yang sangat penting dalam pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air, pemanfaatan dan pengelolaan sumber-sumber air yang tepat dan rehabilitasi sumber-sumber alam seperti air, tanah dan hutan yang telah rusak. Fenomena hidrologi seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran dan konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah menurut waktu. Dengan demikian suatu nilai dari sebuah data hidrologi itu hanya dapat terjadi lagi pada waktu yang berlainan sesuai dengan fenomena pada saat pengukuran nilai itu dilaksanakan.

Kumpulan data hidrologi dapat disusun dalam bentuk daftar atau tabel. Sering pula daftar atau tabel tersebut disertai dengan gambar-gambar yang biasa disebut diagram atau grafik, dan dapat disajikan dalam bentuk peta tematik, seperti peta curah hujan dan peta tinggi muka air dengan maksud supaya lebih dapat menjelaskan tentang persoalan yang dipelajari.

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

Analisis hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi daerah pengaliran Sungai Jeneberang, terutama di lokasi *sabo dam* KD 4-1 di Sungai Jeneberang. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu perencanaan bangunan air. Data untuk penentuan debit banjir rencana pada tugas akhir ini adalah data curah hujan, dimana curah hujan merupakan salah satu dari beberapa data yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana.

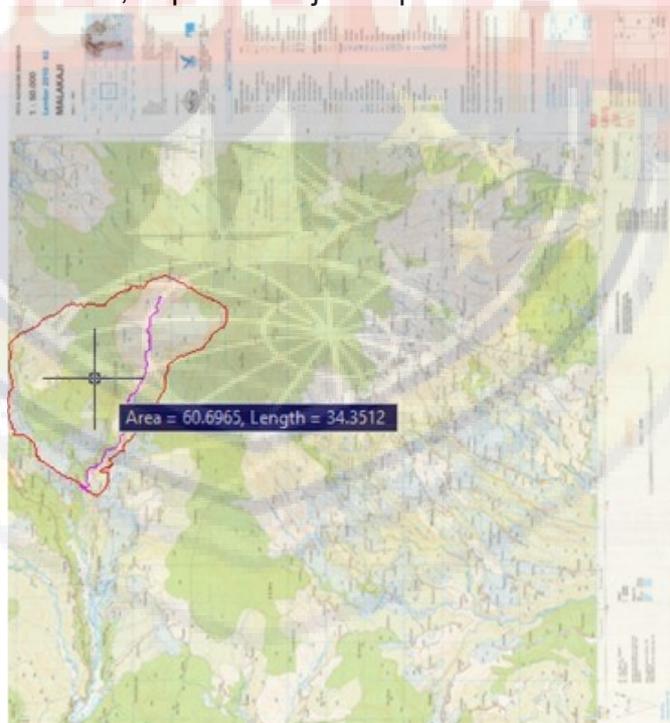
4.1.1 Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS) Jeneberang

Wilayah Sungai Jeneberang berada pada posisi antara $4^{\circ}25'15,6''$ LS sampai $6^{\circ}28'40''$ LS dan $119^{\circ}20'20,4''$ BT sampai $120^{\circ}19'12''$ BT yang mempunyai luas wilayah sungai $9.389,47 \text{ km}^2$. Sungai utama di Wilayah Sungai Jeneberang yaitu Sungai Jeneberang dengan panjang 80 km dan luas daerah aliran sungai (DAS) sebesar $784,80 \text{ km}^2$.

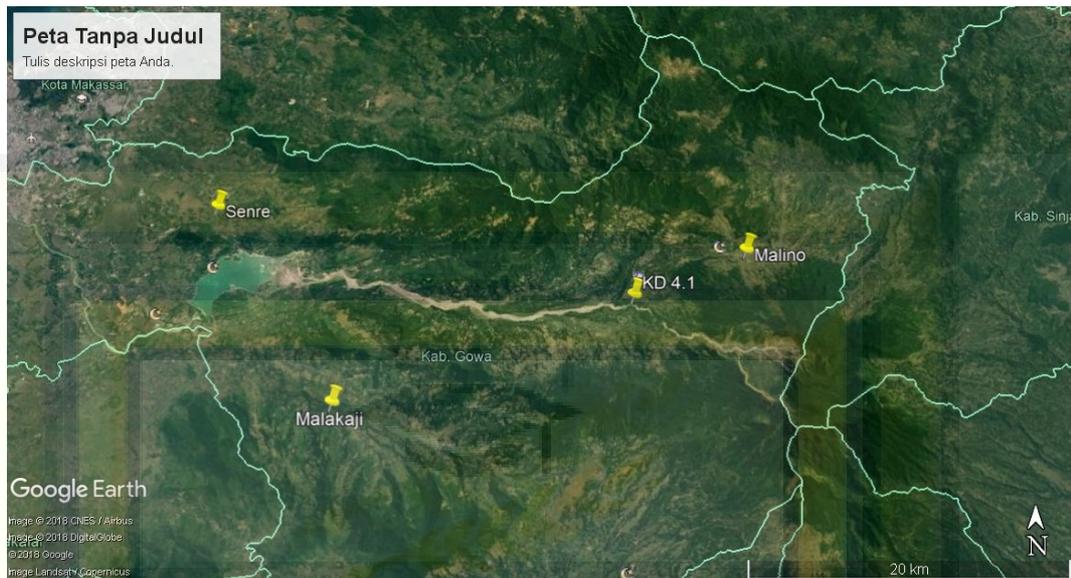
(<http://bbwspompenganjeneberang.org/profil/wilayah-administratif/>)

Penentuan luasan ini dengan menggunakan program *AutoCAD*.

Gambar DAS Sungai Jeneberang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Untuk penentuan luasan pengaruh stasiun hujan di DAS Sungai Jeneberang, digunakan tiga stasiun, yaitu Stasiun Hujan Malino, Stasiun Hujan Malakaji, dan Stasiun Hujan Sendre, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2.



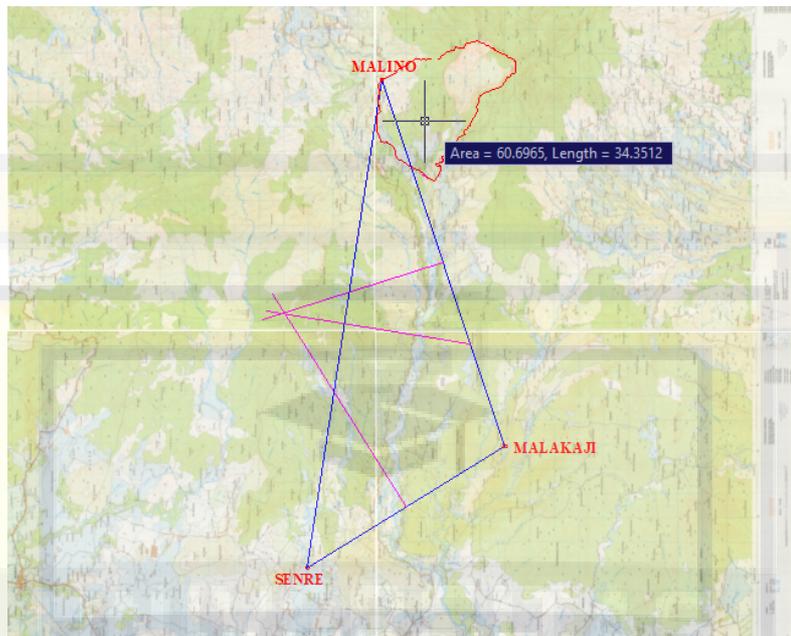
Gambar 4.1 Luas DAS yang ditinjau
(Sumber: Penulis)



Gambar. 4.2 DAS Sungai Jeneberang

4.1.2 Luas Pengaruh Daerah Stasiun-stasiun Curah Hujan

Menghitung luas pengaruh daerah stasiun-stasiun hujan terhadap luas DAS Jeneberang menggunakan metode Poligon. DAS Sungai Jeneberang terbagi dalam luasan poligon yang diperoleh dengan cara menarik garis lurus dari Stasiun Malino, Stasiun Malakaji dan Stasiun Senre sehingga membentuk segitiga, kemudian dibagi segitiga tersebut pada batas garis sumbuanya sehingga membentuk luasan yang mewakili dari masing-masing stasiun hujan tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.3 Luas pengaruh daerah stasiun-stasiun hujan
(Sumber: Penulis)

Berdasarkan hasil perhitungan, maka didapat luas pengaruh untuk setiap stasiun curah hujan ditunjukkan pada tabel. 4.1.

Tabel 4.1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Sungai Jeneberang

No	Nama Stasiun	Luas DPS (km ²)	Koef. Thiessen
1	Malino	60.696	100
2	Senre	-	-
3	Malakaji	-	-
	Luas Total	60.696	100

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.3 Curah Hujan Maksimum Rata-Rata Daerah Aliran Sungai

Data curah hujan harian maksimum yang didapat dari Dinas Sumber Daya Air, Provinsi Sul-Sel dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Rata – rata di Sungai Jeneberang

No	Tahun	Pos Pengamatan		
		Malino	Sendre	Malakaji
1	2001		123	96
2	2002	125	183	98
3	2003	163	138	31
4	2004	137	125	30
5	2005	70	110	56
6	2006	220	303	37
7	2007	135	225	37
8	2008	75	190	37
9	2009	93	180	40
10	2010	96	123	39
11	2011	133	90	29
12	2012	17	118	28
13	2013	275	203	28
14	2014	125	115	46
15	2015	119	169	28

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.4 Analisis data curah hujan yang hilang

Dalam analisis curah hujan diperlukan data yang lengkap dalam arti kualitas dan panjang datanya. Data curah hujan di atas terlihat bahwa masing-masing stasiun ada data yang hilang atau rusak. Untuk melengkapi data yang hilang atau rusak menggunakan data curah hujan referensi yang di ambil dari stasiun lain yang memiliki data yang lengkap dan diusahakan letak stasiunnya paling dekat dengan stasiun yang hilang datanya. Untuk perhitungan data yang hilang digunakan rumus berikut.

$$R_x = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \frac{N_x \times R_i}{N_i} \right)$$

dimana :

R_x = Curah hujan stasiun yang datanya dicari (mm)

N_x = Rata – rata curah hujan tahunan stasiun yang dicari (mm)

R_i = Curah hujan stasiun i, i = 1, 2, ..., n (mm)

N_i = Rata – rata curah hujan tahunan stasiun i, i = 1, 2, ..., n (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

Tabel. 4.3 Hasil Analisis Data Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Pos Pengamatan		
		Malino	Sendre	Malakaji
1	2001	119	123	96
2	2002	192	183	98
3	2003	163	138	31
4	2004	251	125	30
5	2005	70	110	56
6	2006	220	303	37
7	2007	135	225	37
8	2008	75	190	37
9	2009	93	180	40
10	2010	96	123	39
11	2011	133	90	29
12	2012	17	118	28
13	2013	275	203	28
14	2014	125	115	46
15	2015	119	169	28

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan data curah hujan yang hilang :

• Untuk Stasiun Malino pada tahun 2001

Diketahui :

- Data curah hujan Stasiun Sendre (mm) = 123
- Rata-rata curah hujan tahunan untuk Stasiun Sendre(mm) = 3562
- Data curah hujan Stasiun Malakaji (mm) = 96
- Rata-rata curah hujan tahunan untuk Stasiun Malakaji(mm)= 2883
- Rata-rata curah hujan tahunan untuk Stasiun Malino (mm) = 3516

$$R_{2001} = \frac{1}{2} \left(\left(\frac{3516 \times 123}{3562} \right) + \left(\frac{3516 \times 96}{2883} \right) \right)$$

$$R_{2001} = 119 \text{ mm}$$

4.1.5 Analisis Curah Hujan Area

Terdapat beberapa metode dalam menentukan curah hujan area.

Yaitu metode rata-rata aljabar, metode *Thiessen* dan metode *Isohiet*.

Dengan pertimbangan yang berbeda-beda, yaitu sebagai berikut :

a. Metode Rata-rata Aljabar

Dalam metode ini stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS. Tetapi stasiun hujan yang berada di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Namun, jika memperhitungkan stasiun hujan yang berada di luar DAS maka akan memberikan hasil dengan perbedaan yang cukup besar. Sehingga metode ini tidak sesuai digunakan, karena stasiun hujan yang digunakan berada diluar DAS Sungai Jeneberang.

b. Metode *Thiessen*

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hal ini sangat sesuai dengan kondisi yang terjadi pada DAS Sungai Jeneberang.

c. Metode *Isohiet*

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode *Isohiet*, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis *Isohiet* adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis *Isohiet* tersebut. Metode ini bisa diterapkan pada DAS Sungai Jeneberang, tetapi dibutuhkan ketelitian yang tinggi dan analisis yang berpengalaman. Sehingga metode *Isohiet* tidak dipilih dalam menentukan curah hujan area pada DAS Sungai Jeneberang.

Besarnya curah hujan maksimum harian rata-rata DAS yang dihitung dengan Metode *Thiessen*, mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Metode *Thiessen* digunakan karena karakter penyebaran hujan dan jumlah stasiun memenuhi syarat.

Curah hujan maksimum dihitung berdasarkan rekapitulasi data curah hujan harian setiap tahun di masing-masing stasiun hujan. Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan. Hasil perhitungan curah hujan daerah rata-rata dengan menggunakan Metode *Thiessen* ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel. 4.4 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata dengan Metode *Thiessen*

No.	Tahun	Stasiun Pencatat Hujan						Hujan Max Harian Max Rata-rata (mm)
		Malino		Senre		Malakaji		
		Curah Hujan	100.00%	Curah Hujan	0.00%	Curah Hujan	0.00%	
1	2001	119	119	123	0.00	96	0.00	119.27
2	2002	192	192	183	0.00	98	0.00	192.00
3	2003	163	163	138	0.00	31	0.00	163.00
4	2004	251	251	125	0.00	30	0.00	251.00
5	2005	70	70	110	0.00	56	0.00	70.00
6	2006	220	220	303	0.00	37	0.00	220.00
7	2007	135	135	225	0.00	37	0.00	135.00
8	2008	75	75	190	0.00	37	0.00	75.00
9	2009	93	93	180	0.00	40	0.00	93.00
10	2010	96	96	123	0.00	39	0.00	96.00
11	2011	133	133	90	0.00	29	0.00	133.00
12	2012	17	17	118	0.00	28	0.00	17.00
13	2013	275	275	203	0.00	28	0.00	275.00
14	2014	125	125	115	0.00	46	0.00	125.00
15	2015	119	119	169	0.00	28	0.00	119.00

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.6 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

4.1.6.1 Parameter Statistik

Tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata – ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau kecil dari nilai rata – ratanya. Besarnya dispersi dilakukan dengan pengukuran dispersi, yakni melalui perhitungan parametrik statistik untuk

$(X_i - \bar{X})$, $(X_i - \bar{X})^2$, $(X_i - \bar{X})^3$, $(X_i - \bar{X})^4$ terlebih dahulu.

Dimana : X_i = Besarnya curah hujan DAS (mm)

\bar{X}_t = Rata – rata curah hujan maksimum DAS (mm)

Macam pengukuran dispersi antara lain sebagai berikut :

a. Standart Deviasi (S_d)

Perhitungan standar deviasi digunakan Persamaan 2.8.

b. Koefisien Variasi (C_v)

Perhitungan koefisien variasi digunakan Persamaan 2.9.

c. Koefisien Skewness (C_s)

Perhitungan koefisien Skewness digunakan Persamaan 2.10 - 2.11.

d. Koefisien Kurtosis (C_k)

Perhitungan koefisien kortosis digunakan Persamaan 2.12.

Tabel 4.5 menunjukkan beberapa parameter yang menjadi syarat penggunaan metode sebaran. Dari tabel tersebut ditunjukkan beberapa nilai C_s , C_v , dan C_k yang menjadi persyaratan dari penggunaan empat jenis metode sebaran. Hasil perhitungan distribusi hujan dengan metode sebaran Normal, Log *Pearson III*, *Gumbel*, dan Log Normal dapat dilihat seperti pada Tabel 4.6 – Tabel 4.9.

Tabel 4.5. *Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi*

No.	Distribusi	Persyaratan
1.	Gumbel	$C_s \leq 1,14$ $C_k \leq 5,4$
2.	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
3.	Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3z$

4.	Log Pearson III	Cs ≠ 0
----	-----------------	--------

Sumber: Kamiana, 2010

Tabel 4.6. Perhitungan Distribusi Hujan dengan Metode Gumbel

No.	Tahun	R rencana (X _i)	(X _i - X _{rt})	(X _i - X _{rt}) ²	(X _i - X _{rt}) ³	(X _i - X _{rt}) ⁴
1	2001	119	-19.62	384.80	-7548.42	148072.57
2	2002	192	53.12	2821.25	149852.06	7959460.38
3	2003	163	24.12	581.56	14024.47	338206.42
4	2004	251	112.12	12569.88	1409277.28	158001763.96
5	2005	70	-68.88	4745.08	-326862.71	22515789.29
6	2006	220	81.12	6579.72	533716.74	43292676.39
7	2007	135	-3.88	15.09	-58.62	227.70
8	2008	75	-63.88	4081.24	-260727.85	16656479.83
9	2009	93	-45.88	2105.39	-96604.93	4432673.23
10	2010	96	-42.88	1839.08	-78868.29	3382230.68
11	2011	133	-5.88	34.63	-203.77	1199.09
12	2012	17	-121.88	14855.84	-1810697.58	220696050.52
13	2013	275	136.12	18527.42	2521867.81	343265184.32
14	2014	125	-13.88	192.78	-2676.67	37164.36
15	2015	119	-19.88	395.40	-7862.25	156337.31
	Jumlah	2083.27	0.00	69729.14	2036627.28	820883516.05
	X_{rt}	138.88				

Sumber: Perhitungan

Berikut ini contoh pengukuran dispersi antara lain sebagai berikut:

a. Deviasi Standar (S)

Perhitungan deviasi standar digunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

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

dimana :

S = deviasi standar

X_i = nilai variat ke i

X = nilai rata-rata variat

n = jumlah data

S = deviasi standar

$$S = \sqrt{\frac{69729.14}{15-1}}$$
$$= 68.173$$

b. Koefisien Skewness (C_s)

Kemencengan Skewness adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Perhitungannya menggunakan persamaan 2.10 sebagai berikut:

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

Dimana :

C_s = koefisien skewness

X_i = nilai variat ke i

X = nilai rata-rata variat

N = jumlah rata

S = deviasi standar

$$C_s = \frac{15 \times 2036627.28}{(15-1) \times (15-2) \times (68.173^3)}$$

$$C_s = 0.530$$

c. Pengukuran Kurtosis (C_k)

Koefisien Kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Perhitungan digunakan persamaan 2.12 sebagai berikut:

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

Dimana:

C_k = koefisien kurtosis

X_i = nilai variat ke i
 X = nilai rata-rata variat
 n = jumlah data
 S = deviasi standar

$$Ck = \frac{15^2 \times 820883516.05}{(15-1) \times (15-2) \times (15-3) \times (68.173)^4}$$

$$Ck = 3.915$$

d. Koefisien variasi (C_v)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi. Perhitungan menggunakan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$C_v = \frac{S}{X}$$

Dimana :

C_v = koefisien variasi

X = nilai rata-rata variat

$$C_v = \frac{68.173}{138.88}$$

$$C_v = 0.491$$

Sd	68.173	
Cv	0.491	
Cs	0.530	Cs ≤ 1.139
Ck	3.915	Ck ≤ 5.4002

Tabel 4.7. Perhitungan Distribusi Hujan dengan Metode Normal

No.	Tahun	R rencana (X_i)	$(X_i - X_{rt})$	$(X_i - X_{rt})^2$	$(X_i - X_{rt})^3$	$(X_i - X_{rt})^4$
1	2001	119	-19.62	384.80	-7548.42	148072.57
2	2002	192	53.12	2821.25	149852.06	7959460.38
3	2003	163	24.12	581.56	14024.47	338206.42
4	2004	251	112.12	12569.88	1409277.28	158001763.96
5	2005	70	-68.88	4745.08	-326862.71	22515789.29
6	2006	220	81.12	6579.72	533716.74	43292676.39
7	2007	135	-3.88	15.09	-58.62	227.70

8	2008	75	-63.88	4081.24	-260727.85	16656479.83
9	2009	93	-45.88	2105.39	-96604.93	4432673.23
10	2010	96	-42.88	1839.08	-78868.29	3382230.68
11	2011	133	-5.88	34.63	-203.77	1199.09
12	2012	17	-121.88	14855.84	-1810697.58	220696050.52
13	2013	275	136.12	18527.42	2521867.81	343265184.32
14	2014	125	-13.88	192.78	-2676.67	37164.36
15	2015	119	-19.88	395.40	-7862.25	156337.31
	Jumlah	2083.27	0.00	69729.14	2036627.28	820883516.05
	X_{rt}	138.88				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sd	68.173	
Cv	0.491	
Cs	0.530	Cs ≈ 0
Ck	3.915	Ck = 3

Tabel 4.8. Perhitungan Distribusi Hujan dengan Metode Log Normal

N o.	Tahun	R_i	$\text{Log } R_i$	$(\text{Log } R_i - \text{Log } R_{rt})$	$(\text{Log } R_i - \text{Log } R_{rt})^2$	$(\text{Log } R_i - \text{Log } R_{rt})^3$	$(\text{Log } R_i - \text{Log } R_{rt})^4$
1	2001	119	2.08	0.0661	0.0044	-0.0003	0.0000
2	2002	192	2.28	0.1406	0.0198	0.0028	0.0004
3	2003	163	2.21	0.0695	0.0048	0.0003	0.0000
4	2004	251	2.40	0.2570	0.0661	0.0170	0.0044
5	2005	70	1.85	0.2976	0.0885	-0.0263	0.0078
6	2006	220	2.34	0.1998	0.0399	0.0080	0.0016
7	2007	135	2.13	0.0123	0.0002	0.0000	0.0000
8	2008	75	1.88	0.2676	0.0716	-0.0192	0.0051
9	2009	93	1.97	0.1742	0.0303	-0.0053	0.0009

10	2010	96	1.98	0.1604	0.0257	-0.0041	0.0007
11	2011	133	2.12	0.0188	0.0004	0.0000	0.0000
12	2012	17	1.23	0.9122	0.8321	-0.7591	0.6924
13	2013	275	2.44	0.2967	0.0880	0.0261	0.0077
14	2014	125	2.10	0.0457	0.0021	-0.0001	0.0000
15	2015	119	2.08	0.0671	0.0045	-0.0003	0.0000
	Jumlah	2083.268	31.08	1.0584	1.2784	-0.7605	0.7211
	R_{rata-rata}	138.88	2.14				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sd	0.091	
Cv	0.043	
Cs	-82.319	$Cs \approx C_v^2 + 3C_v = 1.17$
Ck	1068.545	$Ck = 5.8$

Tabel 4.9. Perhitungan Distribusi Hujan dengan Metode Log Pearson III

N o.	Tahun	R _i	Log R _i	(LogR _i - LogR _t)	(LogR _i - LogR _t) ²	(LogR _i - LogR _t) ³	(LogR _i - LogR _t) ⁴
1	2001	119	2.08	0.0661	0.0044	-0.0003	0.0000

2	2002	192	2.28	0.1406	0.0198	0.0028	0.0004
3	2003	163	2.21	0.0695	0.0048	0.0003	0.0000
4	2004	251	2.40	0.2570	0.0661	0.0170	0.0044
5	2005	70	1.85	0.2976	0.0885	-0.0263	0.0078
6	2006	220	2.34	0.1998	0.0399	0.0080	0.0016
7	2007	135	2.13	0.0123	0.0002	0.0000	0.0000
8	2008	75	1.88	0.2676	0.0716	-0.0192	0.0051
9	2009	93	1.97	0.1742	0.0303	-0.0053	0.0009
10	2010	96	1.98	0.1604	0.0257	-0.0041	0.0007
11	2011	133	2.12	0.0188	0.0004	0.0000	0.0000
12	2012	17	1.23	0.9122	0.8321	-0.7591	0.6924
13	2013	275	2.44	0.2967	0.0880	0.0261	0.0077
14	2014	125	2.10	0.0457	0.0021	-0.0001	0.0000
15	2015	119	2.08	0.0671	0.0045	-0.0003	0.0000
	Jumlah	2083.268	31.08	1.0584	1.2784	-0.7605	0.7211
	R_{rata-rata}	138.88	2.14				

Sumber: Hasil Perhitungan

Sd	0.091	
Cv	0.043	
Cs	-82.319	Cs ≠ 0
Ck	1068.545	

4.1.6.2 Pemilihan Jenis Distribusi

Syarat dalam pemilihan jenis distribusi mengacu pada Tabel 4.10 dengan hasil sesuai tabel sebagai berikut:

Tabel 4.10 Jenis Distribusi dan pilihannya

N o.	Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan
1	Gumbel	$C_s = 0.530$	$C_s = 1.14$	Mendekati
		$C_k = 3.915$	$C_k = 5.4$	
2	Normal	$C_s = 0.530$	$C_s \approx 0$	Tidak Memenuhi
		$C_k = 3.915$	$C_k = 3$	
3	Log Normal	$C_s = -82.319$	$C_s \approx C_v^2 + 3C_v = 1.17$	Tidak Memenuhi
		$C_k = 1068.545$	$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 5.8$	
4	Log Pearson III	$C_s = -82.319$	$C_s \neq 0$	Tidak Memenuhi
		$C_k = 1068.545$		

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan kriteria pada Tabel 4.10 maka dipilih jenis Distribusi

Gumbel.

4.1.6.3 Pemilihan Uji Sebaran

Dari tabel di atas terlihat bahwa parameter statistik dari data tidak ada yang memenuhi untuk distribusi normal, log normal dan log pearson III, sehingga dimungkinkan data yang ada mengikuti distribusi Gumbel.

4.1.7 Uji Kecocokan Sebaran

4.1.7.1 Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Metode Smirnov – Kolmogorov dikenal dengan uji non para metrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi.

Ketentuannya adalah sebagai berikut:

- Diketahui:

$$\sum X_i : 2083.27$$

$$X_{rt} : 138.84$$

$$S_d : 68.173$$

$$\alpha : 0.05$$

Tabel 4.11 Perhitungan Uji Sebaran *Smirnov-Kolmogorov*

Tahun	X_i	m	$P(x) = \frac{m}{(n+1)}$	$P(x <)$	$f(t) = \frac{(X_i - X_{rt})/S}{x}$	$P'(x) = \frac{m}{(n-1)}$	$P'(x <)$	D
1	2	3	4	$\frac{5}{1} - (4)$	6	7	$\frac{8}{1} - 7$	$\frac{9}{5} - 8$
2012	19.17	12	0.750	0.250 0	1.764 2	0.857	0.143	0.107
2005	70.86	5	0.313	0.687 5	0.989 3	0.357	0.643	0.045
2008	77.47	8	0.500	0.500 0	0.890 1	0.571	0.429	0.071
2009	94.87	9	0.563	0.437 5	0.629 3	0.643	0.357	0.080
2010	96.58	10	0.625	0.375 0	0.603 7	0.714	0.286	0.089
2001	119.3 5	1	0.063	0.937 5	0.262 3	0.071	0.929	0.009
2015	120.0 8	15	0.938	0.062 5	0.251 4	1.071	-0.071	0.134
2014	124.7 9	14	0.875	0.125 0	0.180 8	1.000	0.000	0.125

2011	132.0 8	11	0.688	0.312 5	0.071 5	0.786	0.214	0.098
2007	136.9 4	7	0.438	0.562 5	0.001 4	0.500	0.500	0.063
2003	162.4 6	3	0.188	0.812 5	0.384 1	0.214	0.786	0.027
2002	191.8 1	2	0.125	0.875 0	0.824 0	0.143	0.857	0.018
2006	221.7 8	6	0.375	0.625 0	1.273 5	0.429	0.571	0.054
2004	248.2 9	4	0.250	0.750 0	1.670 8	0.286	0.714	0.036
2013	273.4 5	13	0.813	0.187 5	2.048 1	0.929	0.071	0.116

Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.7.2 Uji Sebaran Chi-Kuadrat

Pengujian kecocokan sebaran digunakan untuk menguji apakah sebaran dari data yang ada memenuhi syarat untuk digunakan sebagai data perencanaan. Uji Chi-Kuadrat ini menggunakan persamaan seperti pada persamaan 2.23 – 2.26 dan ketentuannya adalah sebagai berikut:

- Digunakan distribusi Gumbel tipe I karena hasil perhitungan sebaran mendekati syarat jenis ini yaitu untuk $C_s \approx 1,139$ dan $C_k \approx 5,4002$ (dalam Soewarno, 1995).

$$P(X \leq x) = e^{-(e)^y}$$

- Diketahui

K = Banyaknya kelas

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

$$= 1 + 3,3 \log 15$$

$$= 4,88 \approx 5$$

P = banyaknya parameter, untuk uji *Chi-Kuadrat* adalah 1

DK = derajat kebebasan

$$= K - (p+1)$$

$$= 5 - (1+1)$$

$$= 3$$

Ef = banyak pengamatan yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

$$= \frac{n}{K} = \frac{15}{5} = 3$$

$$\Delta R = \frac{(R_{max} - R_{min})}{(K-1)} = \frac{(275-17)}{(5-1)} = 64.5 \text{ mm}$$

$$\text{Rawal} = (R_{min} - \frac{1}{2} \Delta R)$$

$$= (17 - 32.25) = -15.25 \text{ mm}$$

Tabel 4.12. Perhitungan Uji Sebaran Chi – Kuadrat

Kemungkinan	Ef	Of	Ef-Of	(Ef-Of) ² /Ef
-15.25 < X < 49.25	3	1	2	1.33
49.25 < X < 113.75	3	4	-1	0.33
113.75 < X < 178.25	3	6	-3	3.00
178.25 < X < 242.75	3	2	1	0.33
242.75 < X < 307.25	3	2	1	0.33
Jumlah				5.33

Dari Tabel 4.12 diperoleh nilai Chi-Kuadrat = 5.33 dan Dk = 3 dengan $\alpha = 0.05$ dari tabel Chi-Kuadrat didapat nilai Chi-Kuadrat Kritis = 7,851. Nilai Chi Kuadrat < nilai Chi-Kuadrat Kritis, maka distribusi Gumbel

Tipe I dapat diterima. Untuk selanjutnya digunakan distribusi Gumbel tipe I dalam perhitungan.

Mencari curah hujan dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Untuk Distribusi Gumbel tipe I dan ketentuan sebagai berikut:

$$a = 0.0188$$

$$X_0 = 138.88$$

$$Y = a (X - X_0)$$

$$Y = 0.0188 (X - 138.88)$$

$$X = \frac{Y + 2.611}{0.0188}$$

Berdasarkan tabel nilai variabel reduksi Gumbel (*dalam Soewarno, 1995*)

didapat variabel reduksi Gumbel sebagai berikut:

Untuk periode ulang 2 tahun	Y = 0.366
Untuk periode ulang 5 tahun	Y = 1.510
Untuk periode ulang 10 tahun	Y = 2.250
Untuk periode ulang 20 tahun	Y = 2.970
Untuk periode ulang 50 tahun	Y = 3.900
Untuk periode ulang 100 tahun	Y = 4.600

$$X_2 = \frac{0.366 + 2.611}{0.0188} = 158.351 \text{ mm}$$

$$X_5 = \frac{1.510 + 2.611}{0.0188} = 219.202 \text{ mm}$$

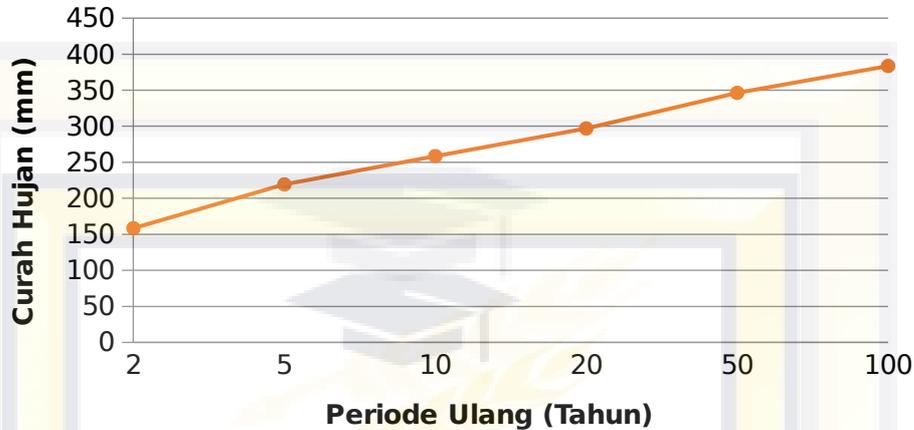
$$X_{10} = \frac{2.250 + 2.611}{0.0188} = 258.563 \text{ mm}$$

$$X_{20} = \frac{2.970 + 2.611}{0.0188} = 296.861 \text{ mm}$$

$$X_{50} = \frac{3.900 + 2.611}{0.0188} = 346.329 \text{ mm}$$

$$X_{100} = \frac{4.600 + 2.611}{0.0188} = 383.563 \text{ mm}$$

Grafik Curah Hujan Rencana



Gambar 4.4 Grafik Curah Hujan Rencana Metode Gumbel
(Sumber: Penulis)

4.2 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Analisa perhitungan debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan Metode Rasional, Metode *Weduwen* dan Metode *Haspers*.

a. Metode Rasional

Pada metode ini menggunakan rumus sesuai dengan persamaan ...

sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{3,6} f r A$$

Dimana :

Q = debit banjir rencana (m³/det)

f = koefisien pengaliran

Melihat pada kondisi penutupan lahan di sekitar lokasi penelitian

yang di dominasi oleh halaman berpasir, maka nilai f yang digunakan

mengacu pada Tabel 2.9 adalah 0.20.

A = luas DAS (km²) = 108.9491 km²

r = intensitas hujan selama t jam (mm/jam)

$$r = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

R₂₄ = curah hujan harian (mm)

$$T = \frac{l}{w}$$

T = waktu konsentrasi (jam)

$$w = 72 \times (H/l)^{0.6} \text{ (km/jam)}$$

w = waktu kecepatan perambatan (m/det atau km/jam)

l = jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau (km) =

11.62 km

H = beda tinggi ujung hulu dengan tinggi titik yang ditinjau (km)

$$H = (2,200 - 619) \text{ m} = 1,581 \text{ m} = 1.581 \text{ km}$$

Berikut ini contoh perhitungan debit banjir rencana periode ulang 2

tahun mengacu pada data yang ada, diawali dengan perhitungan

waktu kecepatan perambatan (w) sebagai berikut :

$$w = 72 \times (H/l)^{0.6} \text{ (km/jam)}$$

$$= 72 \times (1.58 / 11.622)^{0.6}$$

$$= 21.753 \text{ km/jam}$$

Perhitungan waktu konsentrasi (T) menggunakan persamaan:

$$T = \frac{l}{w}$$

$$= \frac{11.622}{21.753}$$

$$= 0.534 \text{ jam}$$

Perhitungan intensitas hujan (r) menggunakan persamaan:

$$r = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

$$= \frac{158.351}{24} \left(\frac{24}{0.534} \right)^{2/3}$$

$$= 83.377 \text{ mm/jam}$$

Sehingga perhitungan debit banjir rencana (Q) periode ulang 2 tahun

metode Rasional menggunakan persamaan;

$$Q = (1/36) \times f \times r \times A$$

$$= (1/36) \times 0.2 \times 83.377 \times 60.969$$

$$= 281.147 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Rasional

dapat dilihat pada Tabel 4.13. sebagai berikut :

Tabel 4.13 Debit Banjir Rencana Metode Rasional

No	Periode Ulang (tahun)	R ₂₄ (mm)	A (km ²)	L (km)	H (km)	f	W (km/jam)	T (jam)	r (mm/jam)	Q (m ³ /detik)
1	2	158.351	60.696	11.622	1.581	0.20	21.753	0.534	83.377	281.147
2	5	219.202	60.696	11.622	1.581	0.20	21.753	0.534	115.417	389.186
3	10	258.564	60.696	11.622	1.581	0.20	21.753	0.534	136.142	459.071

4	20	296.862	$\frac{60.69}{6}$	$\frac{11.62}{2}$	$\frac{1.58}{1}$	0.20	21.753	$\frac{0.53}{4}$	156.307	527.067
5	50	346.330	$\frac{60.69}{6}$	$\frac{11.62}{2}$	$\frac{1.58}{1}$	0.20	21.753	$\frac{0.53}{4}$	182.354	614.896
6	100	383.564	$\frac{60.69}{6}$	$\frac{11.62}{2}$	$\frac{1.58}{1}$	0.20	21.753	$\frac{0.53}{4}$	201.958	681.004

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Metode Weduwen

Metode *Weduwen* berlaku untuk luas DAS hingga 100 km².

Perhitungan dengan Metode *Weduwen* menggunakan Persamaan 2.33 –

2.39 sebagai berikut :

$$Q_t = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A$$

Dimana:

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

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

$$q_n = \frac{R_n}{240} \left(\frac{67,65}{t+1,45} \right)$$

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

R_n = curah hujan maksimum (mm/hari)

α = koefisien limpasan

β = koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS

q_n = debit per satuan luas (m³/det km²)

A = luas daerah pengaliran (km²) = 60.969 km²

t = lama curah hujan (jam)

L = panjang sungai (km) = 11.622 km

I = gradien sungai atau medan yaitu kemiringan rata-rata

sungai

$$I = 0.136$$

Berikut ini contoh perhitungan debit banjir rencana periode ulang 2

tahun mengacu pada data yang ada, diawali dengan perhitungan

lamanya curah hujan (t) dimana debit (Q) yang digunakan dalam

perhitungan menggunakan debit hasil perhitungan Metode Rasional

dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 t &= 0.25 \times L \times Q^{-0.125} \times I^{-0.25} \\
 &= 0.25 \times 11.622 \times 281.147^{-0.125} \times 0.136^{-0.25} \\
 &= 2.291 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien pengurangan daerah (β) ditentukan dengan

persamaan:

$$\begin{aligned}
 \beta &= \frac{120 + \left(\frac{t+1}{t+9}\right)A}{(120+A)} \\
 &= \frac{120 + \left(\frac{2.291+1}{2.291+9}\right)60.696}{(120+60.696)} \\
 &= 0.76
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit banjir (q_n) dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 q_n &= \frac{Rn}{240} \left(\frac{67.65}{t+1.45}\right) \\
 &= \frac{158.157}{240} \left(\frac{67.65}{2.291+1.45}\right) \\
 &= 11.93 \text{ m}^3/\text{det.km}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien limpasan (α) ditentukan menggunakan

persamaan:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 1 - \left(\frac{4.1}{\beta \cdot q_n + 7}\right) \\
 &= 1 - \left(\frac{4.1}{0.76 \times 11.93 + 7}\right) \\
 &= 0.75
 \end{aligned}$$

Sehingga debit banjir rencana (Q) periode ulang 2 tahun metode

Weduwen menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 Q_t &= \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \\
 &= 0.75 \times 0.76 \times 11.93 \times 60.696 \\
 &= 411.211 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Weduwen

dapat dilihat pada Tabel 4.14 sebagai berikut:

Tabel 4.14 Debit Banjir Rencana Metode Weduwen

No	Periode Ulang (tahun)	R_{24} (mm)	A (km ²)	L (km)	I	t (jam)	β	q_n (m ³ /det.km ²)	α	Q (m ³ /detik)
1	2	158.35 1	60.69 6	11.622	0.13 6	2.291	0.76	11.93	0.7 5	411.211
2	5	219.20 2	60.69 6	11.622	0.13 6	2.200	0.76	16.93	0.7 9	619.795
3	10	258.56 4	60.69 6	11.622	0.13 6	2.155	0.76	20.22	0.8 2	760.599

4	20	296.86 2	60.69 6	11.622	0.13 6	2.118	0.76	23.45	0.8 3	900.826
5	50	346.33 0	60.69 6	11.622	0.13 6	2.078	0.76	27.67	0.8 5	1085.653
6	100	383.56 4	60.69 6	11.622	0.13 6	2.051	0.76	30.88	0.8 7	1227.004

Sumber : Hasil perhitungan

c. Metode Haspers

Perhitungan dengan Metode Haspers menggunakan

persamaan 2.40 – 2.47 sebagai berikut :

$$Q_{\max} = k \times \beta \times q \times A \text{ (m}^3\text{/detik)}$$

Dimana:

$$Q_{\max} = \text{Debit banjir periode ulang tertentu (m}^3\text{/det)}$$

k = koefisien run off

$$k = \frac{1+0,012 \times A^{0.7}}{1+0,075 \times A}$$

β = koefisien reduksi

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3.7 \times 10^{0.4r})}{(t^2 + 15)} \times \frac{A^{\frac{3}{4}}}{12}$$

t = Waktu konsentrasi (jam)

$$t = 0.1 \times L^{0.8} \times S^{-0.3}$$

A = Luas Das (km²) = 60.696 km²

L = Panjang Sungai (km) = 11.622 km

I = kemiringan sungai = 0.136

q = Hujan maksimum (m³/km²/det)

$$q = \frac{Rt}{3,6t}$$

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Hasper

dapat dilihat pada Tabel: 4.15 sebagai berikut:

Tabel: 4.15 Debit Banjir Rencana Metode Haspers

No	Periode Ulang (tahun)	R ₂₄ (mm)	A (km ²)	L (km)	I	t (jam)	β	k	r (mm/hari)	q (m ³ /det.k m ²)	Q (m ³ /detik)
1	2	158.35 1	60.69 6	11.622	0.13 6	1.295	0.37 9	0.52	89.34	19.17	229.779
2	5	219.20 2	60.69 6	11.622	0.13 6	1.295	0.37 9	0.52	123.68	26.54	318.078
3	10	258.56 4	60.69 6	11.622	0.13 6	1.295	0.37 9	0.52	145.88	31.30	375.195
4	20	296.86 2	60.69 6	11.622	0.13 6	1.295	0.37 9	0.52	167.49	35.94	430.767
5	50	346.33	60.69	11.622	0.13	1.295	0.37	0.52	195.40	41.92	502.549

		0	6		6		9				
6	100	$\frac{383.56}{4}$	$\frac{60.69}{6}$	11.622	$\frac{0.13}{6}$	1.295	$\frac{0.37}{9}$	0.52	216.41	46.43	556.578

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut ini contoh perhitungan debit banjir rencana periode ulang

2 tahun mengacu pada data yang ada, diawali dengan

perhitungan lamanya curah hujan (t) dengan menggunakan

persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 t &= 0.1 \times L^{0.8} \times i^{0.3} \\
 &= 0.1 \times 11.622^{0.8} \times 0.136^{0.3} \\
 &= 1.295 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien reduksi (α) menggunakan persamaan

sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{\beta} &= 1 + \frac{t+3,7+10^{0,4t}}{(t^2+15)} \times \frac{A^{\frac{3}{4}}}{12} \\
 \frac{1}{\beta} &= 1 + \frac{1.295+3,7 \times 10^{0,4(1.66)}}{(1.295^2+15)} \times \frac{60.696^{\frac{3}{4}}}{12}
 \end{aligned}$$

$$\beta = 0.379$$

perhitungan koefisien *run off* (k), menggunakan persamaan sebagai

berikut:

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1+0.012 \times A^{0.7}}{1 \pm 0.075 \times A^{0.7}} \\
 &= \frac{1+0.012 \times 60.696^{0.7}}{1+0.075 \times 60.696^{0.7}} \\
 &= 0.52
 \end{aligned}$$

Perhitungan distribusi hujan (r) menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{t \times Rt}{t+1} \\
 &= \frac{1.295 \times 158.351}{1.295+1} \\
 &= 89.34 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan intensitas hujan (q) menggunakan persamaan:

$$q = \frac{r}{3,6(t)}$$

$$= \frac{89.34}{3,6(1.295)}$$

$$= 19.17 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{det}$$

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

$$= 0.52 \times 0.379 \times 19.17 \times 60.696$$

$$= 229.779 \text{ m}^3/\text{det}$$

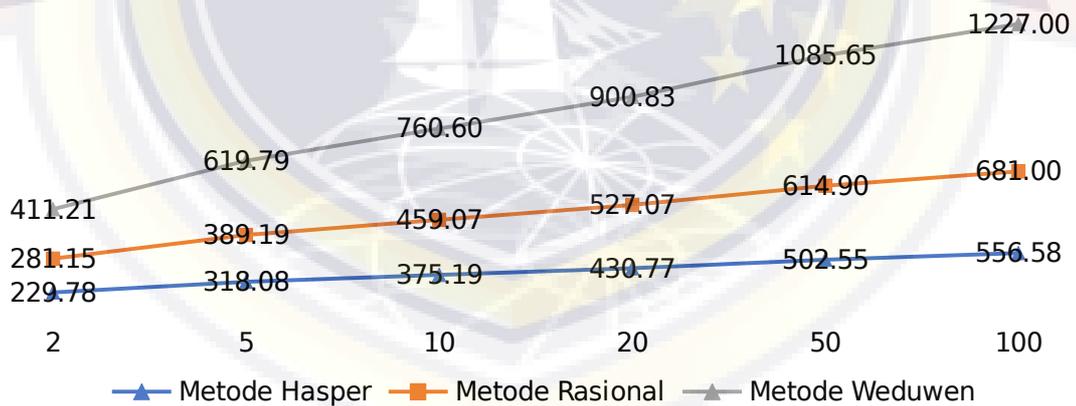
Hasil Perhitungan debit banjir Metode Rasional, Metode Weduwen, Metode Haspers dirangkum dalam Tabel 4.16 sebagai berikut:

Tabel 4.16 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana

No	Periode Ulang (tahun)	R ₂₄ (mm)	Debit Rencana (m ³ /detik)		
			Metode Rasional	Metode Weduwen	Metode Hasper
1	2	131.78	281.15	411.21	229.78
2	5	176.95	389.19	619.79	318.08
3	10	206.85	459.07	760.60	375.19
4	20	235.17	527.07	900.83	430.77
5	50	244.65	614.90	1085.65	502.55
6	100	272.68	681.00	1227.00	556.58

Sumber: Hasil Perhitungan

Debit Banjir Rencana



Gambar 4.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dari perhitungan debit diatas, diketahui terjadi perbedaan perhitungan antara ketiga metode tersebut. Oleh karena itu berdasarkan pertimbangan keamanan dan periode ulang sesuai dengan desain

perencanaan bangunan *sabo dam* yaitu 100 tahun digunakan perhitungan Metode Rasional. Di karenakan kemungkinan terjadi debit banjir 100 tahunan terjadi pada beberapa tahun ke depan. Maka debit banjir rencana yang digunakan adalah sebesar 681.00 m³/det.

4.3 Debit banjir sabo dam

Perhitungan debit banjir digunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$Q_d = \alpha \times Q_p$$

Dimana:

Q_d = Debit Banjir rencana (m³/dt)

Q_p = Debit banjir periode ulang tertentu (m³/dt)
= 681.00 m³/dt

α = koefisien konsentrasi kandungan sedimen

$$\alpha = \frac{C^*}{C^* - C_d}$$

C^* = konsentrasi sedimen

= 0.6 (untuk aliran debris)

C_d = 0.08 (bersumber pada data perencanaan)

α = 0.6/(0.6-0.08)
= 1.15

Hasil perhitungan debit banjir rencana adalah sebagai berikut:

$$Q_d = \alpha \times Q_p = 1.15 \times 681.00 = 783.15 \text{ m}^3/\text{dtk.}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka debit banjir rencana untuk periode ulang 100 tahun adalah 783.15 m³/detik. Untuk bangunan penahan sedimen, debit banjir yang dimaksud adalah debit banjir yang terjadi akibat gabungan massa air dan massa sedimen yang terbawa oleh air tersebut.

4.4 Perhitungan Tinggi Muka Air di atas Mercu Konsolidasi Dam

(KD)

Perhitungan tinggi muka air di atas mercu mengacu pada Pd T-12-2004-

A menggunakan persamaan ... sebagai berikut:

$$Q_d = (2/15) C_d \sqrt{2g} (3B_1 + 2B_2) h_w^{3/2}$$

Dimana:

Q_d = debit banjir rencana (m³/det)

C_d = koefisien debit (0,60 - 0,66)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/det²)

B_1 = lebar peluap bagian bawah (m)
 = 44 m (mengacu pada gambar rencana)
 B_2 = lebar muka air di atas peluap (m)
 = $B_1 + 2.m.h_w$
 m = kemiringan tepi pelimpah
 = 0.50 (mengacu pada gambar rencana)
 h_w = tinggi air di atas mercu/ peluap (m)
 $783.15 = (2/15) \times 0.6 \times \sqrt{2 \times 9.81} (3 \times 44 + 2(44 + 2 \times 0.5 \times h_w)) h_w^{3/2}$
 $783.15 = 0.354 (224 + 2h_w) h_w^{3/2}$
 $783.15 = 79.296 h_w^{3/2} + 0.708 h_w^{5/2}$
 Dari persamaan tersebut diperoleh nilai $h_w = 4.49 \text{ m} \approx 4.5 \text{ m}$
 $B_2 = B_1 + 2.m.h_w$
 = $44 + (2 \times 0.5 \times 4.5)$
 = 48.5 m

Penentuan tinggi jagaan pada peluap (w) mengacu pada Pd T-12-2004-A dengan debit desain antara 500 – 2000 (m^3/det), maka ditetapkan nilai $w = 1.50 \text{ m}$.

4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Terhadap Perencanaan Awal
 Perbandingan debit banjir untuk periode ulang 100 tahun (Q_{100}) antara data perencanaan awal tahun 2006 dengan hasil perhitungan pada bangunan KD 4.1 ditampilkan pada tabel 4.18 sebagai berikut:
Tabel 4.17 Perbandingan Debit Banjir Periode Ulang 100 Tahun (Q_{100})

Periode Ulang	Debit Rencana (m^3/detik)	
	Perencanaan Tahun 2006	Hasil Perhitungan
100 tahun	800	783.15

Sumber: Hasil perhitungan dan Perencanaan Tahun 2006

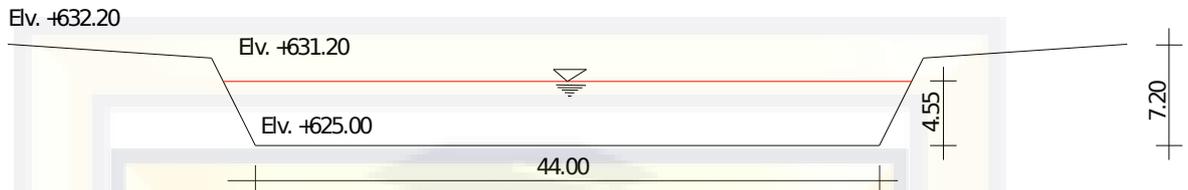
Mengacu pada gambar desain bangunan KD 4.1, maka hasil perhitungan tinggi muka air (h_w) diatas mercu KD 4.1 antara hasil analisa perhitungan dengan data perencanaan awal tahun 2006 ditampilkan pada tabel 4.19 sebagai berikut:

Tabel 4.18 Perbandingan Tinggi Muka Air (h_w) diatas mercu KD 4.1

No	Periode Ulang	$Q_{rencana}$ (m^3/det)	h_w (meter)	Keterangan
1	100 tahun	800.00	4.55	Perencanaan Tahun 2006

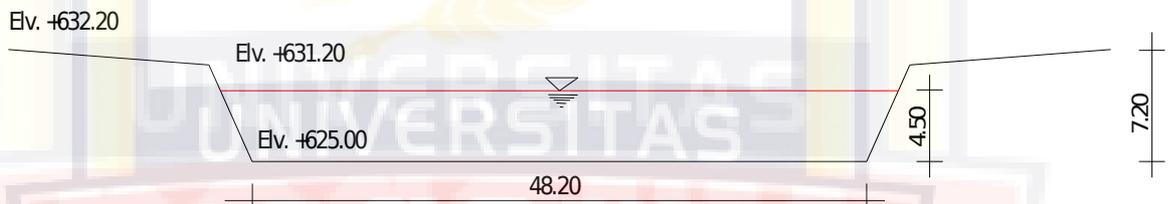
2	100 tahun	783.15	4.49	Hasil Perhitungan
---	-----------	--------	------	-------------------

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4.6 Sketsa Tinggi Muka Air (hw) Perencanaan Tahun 2006

Sumber: Perencanaan



Gambar 4.7 Sketsa Tinggi Muka Air (hw) Hasil Perhitungan

(Sumber: Penulis)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya serta mengacu pada data perencanaan Tahun 2006, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, besarnya curah hujan rencana menggunakan data curah hujan 2001 – 2015 pada daerah aliran sungai Jeneberang pada periode ulang 2 tahun sebesar 158.351 mm, 5 tahun sebesar 219.202 mm, 10 tahun sebesar 258.563 mm, 20 tahun sebesar 296.861 mm, 50 tahun sebesar 346.329 mm, dan 100 tahun sebesar 393.861 mm.
2. Dari perhitungan debit banjir rencana menggunakan 3 metode, diketahui terdapat perbedaan perhitungan. Oleh karena itu berdasarkan pertimbangan keamanan dan periode ulang sesuai desain perencanaan bangunan sabo dam yaitu 100 tahun maka digunakan hasil perhitungan metode rasional sebesar 681.00 m³/det.
3. Debit Banjir Sedimen
Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka debit banjir rencana untuk periode ulang 100 tahun adalah 783.15 m³/detik sedangkan debit banjir rencana berdasarkan perencanaan pada tahun 2006 adalah 800 m³/detik.

4. Untuk perhitungan tinggi muka air di atas mercu KD 4.1 menggunakan lebar bawah mercu KD 4.1 sebesar 44 meter sesuai gambar rencana, diperoleh tinggi muka air diatas mercu KD 4.1 sebesar 4.55 meter pada data perencanaan 2006 dan sebesar 4.5 meter pada hasil perhitungan. Disimpulkan bahwa hasil perhitungan dan perencanaan adalah sama.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, maka diberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan perhitungan lanjutan untuk dimensi dan stabilitas bangunan KD 4.1.
2. Data-data yang digunakan untuk analisis sebaiknya diuji terlebih dahulu dan disesuaikan dengan kondisi lapangan maupun peristiwa-peristiwa alam yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Anjaribowo, Nanda dkk. (2014): Perencanaan Sabo Dam Kali Putih, Jurnal Karya Teknik Sipil Volume 3 (Nomor 4): Halaman 956–962 (Online).
<http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/jkts>. [12 September 2018]

Hardiyatno, Hary Christady. (2012): Tanah Longsor & Erosi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta

Kamiana, I Made, 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Nainggolan, Susi Suryanta. (2016): Perencanaan Check Dam Penampung Sedimen Di Sungai Jepara Kecamatan Way Jepara Kabupaten Lampung Timur, JRSDD Volume 4 (Nomor 1): Halaman 23-32 (Online).
<https://media.neliti.com/media/publications/127163-ID-perencanaan-check-dam-penampung-sedimen.pdf>. [15 September 2018]

PERENCANAAN Volume 18 (Nomor 2): Halaman 107-114 (Online).
<https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jtsp/article/viewFile/7478/5257>. [15 September 2018]

Soemarto, CD. (1986): Hidrologi Teknik, Usaha Nasional, Surabaya.

Soesanto, M.H., dan Susanti, Triana. (2006): Perencanaan Bangunan Pengendali Sedimen Waduk Selorejo Kabupaten Malang. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Sutopo, Yeri dkk. (2016): Perencanaan Sand Pocket Sebagai Bangunan Pengendali Aliran Sedimen di Kali Opak Yogyakarta, JURNAL TEKNIK SIPIL

Triatmodjo, Bambang. (2008): Hidrologi Terapan, Beta Offset, Yogyakarta

Wikipedia. Sungai Jeneberang. (online). (https://id.wikipedia.org/wiki/Sungai_Jeneberang, diakses 30 Agustus 2018).

YACHIYO ENGINEERING CO., LTD. (2006): Detailed Design for Sabo Facilities

