

ALTERNATIF ANALISA BANGUNAN PENGENDALI BANJIR PADA SUNGAI WAY LAALA DI PROVINSI MALUKU (Studi Kasus di Sungai Way Laala, Kabupaten Seram Barat)

Erni Yulianti

Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Bendungan Sigura-Gura No.2, Malang
E-mail: erniyulianti00@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian yang dilakukan pada Sungai Way Laala ini terletak pada Kecamatan Huamual yang aliran sungainya memiliki potensi daya rusak air yang cukup besar. Kondisi air pada musim penghujan di aliran Sungai Way Laala tersebut sangat besar dan berpotensi mengganggu aktifitas masyarakat di Kabupaten Seram Bagian Barat. Ketinggian banjir di kawasan permukiman saat banjir terbesar terjadi tahun 2018 adalah dua meter, sedangkan satu meter pada saat banjir biasa/baniir kecil yang rutin terjadi setiap tahunnya. Banjir ini juga disebabkan oleh luapan Sungai Way laala ke permukiman warga dengan elevasi yang lebih rendah dari sungai. Tujuan penelitian yang akan dilakukan disini adalah untuk mengetahui kondisi sungai dan merencanakan bangunan air struktural yang mengamati hulu dan hilir menjadi satu kesatuan perencanaan dengan berpedoman pada *One River, One Plan, One Management Integrated* dalam usaha pengendalian daya rusak air yang terukur. Sehingga dapat dijadikan acuan dalam pelaksanaan konstruksi Pengaman Banjir Sungai Way Laala. Metode yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya debit rencana diantaranya adalah Metode Nakayasu, ITB 1 & ITB 2, SCS, dan Snyder. Pada penelitian ini memilih salah satunya sesuai dengan lokasi dan karakteristik sungainya. Hasil dari penelitian ini adalah mendapatkan analisis alternatif bangunan struktural dalam pengendalian banjir dalam jangka waktu pendek, menengah, dan jangka panjang. Sehingga diberikan tiga kesimpulan dalam solusi alternatif bangunan pengendalian banjir di sungai tersebut, yaitu : jangka pendek dilakukan *dredging* sedalam dua meter, solusi kedua dalam jangka menengah dilakukan *dredging* dan Pembuatan Tanggul setinggi satu setengah meter. Sedangkan solusi ketiga jangka panjang melalui analisisnya akan melakukan *dredging*, pembuatan tanggul dan pembuatan bangunan check dam

Kata kunci : *Pengendalian Banjir, Pengelolaan Sungai, Indonesia Water Journal*

ABSTRACT

This research was conducted on the Way Laala River, located in Huamual District, whose river flow has a large potential for water damage. The water condition in the rainy season in the Way Laala River is very large and has the potential to disrupt community activities in West Seram Regency. The height of the flood in residential areas when the biggest floods occurred in 2018 was two meters, while one meter during ordinary floods/small floods that routinely occur every year. This flood was also caused by the overflow of the Way Laala River into residential areas with an elevation lower than the river. The purpose of the research that will be carried out here is to determine the condition of the river and plan structural water structures that observe upstream and downstream into a unified plan based on One River, One Plan, One Management Integrated in an effort to control measurable water damage. So that it can be used as a reference in the construction of Way Laala River Flood Protection. Methods that can be used to calculate the amount of the planned debit include the Nakayasu Method, ITB 1 & ITB 2, SCS, and Snyder. In this study, choosing one of them according to the location and characteristics of the river. The result of this research is to get an analysis of alternative structural buildings in flood control in the short, medium, and long term. Thus, three conclusions according to the location and characteristics of the river. The result of this research is to get an analysis of alternative structural buildings in flood control in the short, medium, and long term. Thus, three conclusions are given in alternative solutions for flood control buildings on the river, namely: in the short term dredging is carried out as deep as two meters, the second solution in the medium term is dredging and the construction of embankments as high as one and a half meters. Meanwhile, the third long-term solution through the analysis will be dredging, embankment construction and check dam construction.

Keywords : *Flood Control, River Management.*

PENDAHULUAN

Pengendalian banjir dan daya rusak air hingga saat ini masih banyak terjadi pada semua wilayah Indonesia. Hal ini terjadi juga pada sungai-sungai yang berada di Provinsi Maluku, tepatnya di Sungai Way Laala pada Kabupaten Seram Bagian Barat yang tepatnya terletak antara 107 19'–117 16' Lintang Selatan dan antara 127 20'–129 1' Bujur Timur. Berdasarkan letak geografisnya, Kabupaten Seram Bagian Barat berada di antara Laut Seram, Laut Banda, Laut Buru, dan Kabupaten Maluku Tengah. Wilayah Kecamatan Huamual berada pada Wilayah Pulau Seram, Kabupaten Seram bagian barat. Berdasarkan letak geografisnya Kecamatan Huamual memiliki batas-batas sebagai berikut: Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Huamual Belakang, wilayah Sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Banda, wilayah Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Seram Barat, dan wilayah Sebelah Barat berbatasan dengan Selat Manipa. Berdasarkan data kependudukan dari catatan sipil Kecamatan Huamual, disebutkan memiliki jumlah penduduk hingga tahun 2019 adalah sebanyak 12.432 Jiwa yang terdiri dari 6.388 jiwa laki – laki dan 6.044 jiwa

Pengendalian banjir dan daya rusak air hingga saat ini masih banyak terjadi pada semua wilayah Indonesia. Hal ini terjadi juga pada sungai-sungai yang berada di Provinsi Maluku, tepatnya di Sungai Way Laala pada Kabupaten Seram Bagian Barat yang tepatnya terletak antara 107 19'–117 16' Lintang Selatan dan antara 127 20'–129 1' Bujur Timur. Berdasarkan letak geografisnya, Kabupaten Seram Bagian Barat berada di antara Laut Seram, Laut Banda, Laut Buru, dan Kabupaten Maluku Tengah. Wilayah Kecamatan Huamual berada pada Wilayah Pulau Seram, Kabupaten Seram bagian barat. Berdasarkan letak geografisnya Kecamatan Huamual memiliki batas-batas sebagai berikut: Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Huamual Belakang, wilayah Sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Banda, wilayah Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Seram Barat, dan wilayah Sebelah Barat berbatasan dengan Selat Manipa. Berdasarkan data kependudukan dari catatan sipil Kecamatan Huamual, disebutkan memiliki jumlah penduduk hingga tahun 2019 adalah sebanyak 12.432 Jiwa yang terdiri dari 6.388 jiwa laki – laki dan 6.044 jiwa perempuan (*Kecamatan Huamual dalam angka, 2019*)

Berdasarkan data hasil perkebunan memiliki kontribusi yang cukup besar dalam pengembangan pertanian. Pada tahun 2016 sebagian besar produksi hasil perkebunan mengalami penurunan, kecuali tanaman kelapa dan cengkeh melalui data dari Dinas Kehutanan dan perkebunan. Kecamatan Huamual saat ini dimekarkan dari Kecamatan Seram Barat pada tahun 2010. Sedangkan pada penyusunan Pola Pengelolaan Sumber Daya Air ini yang ditinjau yaitu *WS Ambon Seram*. Pada Wilayah Sungai Ambon Seram ini memiliki luas wilayah seluas 19.197,27 Km² dengan posisi 20 43' 27" LU – 40

47' 00" LU dan 127 28' 12" BT – 1310 45' 37" BT dimana jumlah DAS sebanyak 166 DAS.

Tata guna lahan di Kabupaten Seram Bagian Barat dengan luas wilayah daratan 470.457,43 Ha sebagian besar masih merupakan: Hutan Primer (411.473,79 Ha atau 87.46 %) dan Lahan Terbuka (24.639,82 Ha atau 5.24 %), sedangkan sisanya berupa penggunaan lahan yang lain yang relatif lebih luas yaitu Belukar/Semak (23.222,07 Ha atau 4.94 %), Hutan Mangrove (5.451,25 Ha atau 1.16 %), Perkebunan (2.750,76 Ha atau 0,58 %), Perkampungan (950,29 Ha atau 0,20%), dan Perkotaan (76,31 Ha atau sebesar 0.02 %).

Untuk kondisi curah hujan dan klimatologi menurut data BMKG pada tahun 2020 di Stasiun. Klimatologi Kairatu memberikan penjelasan bahwa jumlah hari hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari sebanyak 24 hari, dengan curah hujan tertinggi 515,2 mm. Sedangkan suhu udara rata-rata bervariasi antara 25,3 s/d 28,0 derajat celcius. Untuk tekanan udara rata-rata berkisar antara 1008,9 s/d 1011,7 mb. Sedangkan Kelembaban rata-rata per bulan adalah berkisar antara 82 s/d 91 %. Kondisi data kecepatan angin rata-rata bulanan berkisar antara 2,0 s/d 8,0 knot, tingkat penyinaran matahari berkisar antara 20 s/d 70 % dimana penyinaran minimum terjadi pada bulan Juli, sedangkan penyinaran maksimum terjadi pada bulan Maret.

Ketinggian banjir di kawasan permukiman saat banjir terbesar terjadi tahun 2018 adalah 2 meter, sedangkan 1 meter pada saat banjir biasa/baniir kecil yang rutin terjadi setiap tahunnya. Banjir ini juga disebabkan oleh luapan Sungai Way laala ke permukiman warga dengan elevasi yang lebih rendah dari sungai. Akibat kondisi sungai yang masih merupakan sungai alami maka dinding sungai sering terjadi longsor dan menyebabkan sedimentasi pada sungai

Penelitian yang dilakukan pada Sungai Way Laala ini terletak pada Kecamatan Huamual yang aliran sungainya memiliki potensi daya rusak air yang cukup besar. Kondisi air pada musim penghujan di aliran Sungai Way Laala tersebut sangat besar dan berpotensi mengganggu aktifitas masyarakat di Kabupaten Seram bagian barat. Kerugian harta benda dan hilangnya nyawa adalah resiko yang tidak dapat dielakkan lagi apabila terjadi banjir. Maka dari itu dilakukan penelitian ini mengenai bangunan pengendali banjir yang direncanakan akan dibangun/ dibuat pada sungai tersebut supaya tidak menimbulkan banjir yang berkepanjangan pada tiap tahunnya saat terjadi hujan yang tinggi.

Rumusan Masalah

Terdapat dua rumusan masalah yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah

- Bagaimana kondisi sungai eksisting saat ini dan berapa besarnya curah hujan eksisting dan debit

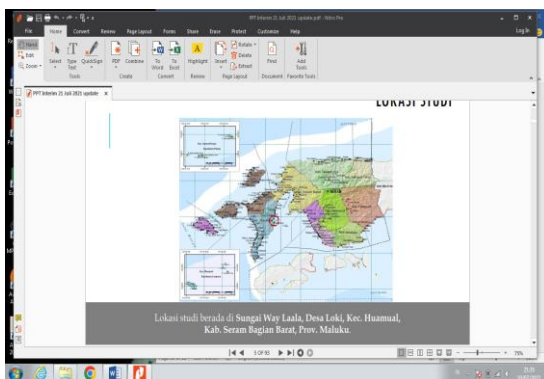
- banjir saat ini yang mengalir pada Sungai Way Laala?
- b. Bangunan pengendali banjir apa yang cocok dan dapat diterapkan/ dibangun pada lokasi sungai tersebut dalam waktu jangka pendek, menengah, dan panjang?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dilakukan disini adalah untuk mengetahui kondisi sungai dan merencanakan bangunan air struktural yang mengamati hulu dan hilir menjadi satu kesatuan perencanaan dengan berpedoman pada *One River, One Plan, One Management Integrated* dalam usaha pengendalian daya rusak air yang terukur. Sehingga dapat dijadikan acuan dalam pelaksanaan konstruksi Pengaman Banjir Sungai Way Laala dan penerapan sempadan sungai

Lokasi Studi Penelitian

Lokasi studi penelitian ini berada di Sungai Way Laala, tepatnya di Desa Loki, Kecamatan Huamual, Kabupaten Seram bagian barat, Provinsi Maluku. Lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Lokasi Studi Penelitian

METODE

Analisis Hidrologi

Dalam melakukan suatu analisa hidrologi sering kita dihadapkan pada suatu kejadian-kejadian ekstrim seperti contohnya banjir dan kekeringan. Banjir itu mempengaruhi bangunan-bangunan air seperti tanggul, bendung, bendungan, gorong-gorong dan lainnya. Bangunan-bangunan tersebut harus direncanakan untuk dapat melewati debit banjir maksimum yang paling terjadi. Bangunan harus dipertimbangkan bukan hanya saja keamanan bangunan melainkan juga kehidupan dan fasilitas-fasilitas lainnya yang terancam keselamatannya apabila bangunan itu runtuh. (Triatmodjo, 2015)

Analisis Data Curah Hujan

Analisis curah hujan dalam penelitian ini adalah untuk menentukan curah hujan rata-rata menggunakan analisis berikutnya. Terdapat tiga metode umum untuk

menghitung curah hujan rata-rata dalam suatu kawasan studi yaitu. (Sri Harto, 1993)

a. Metode Rata-rata Aljabar

Metode ini menjumlahkan keseluruhan data curah hujan yang tercatat dari semua stasiun hujan yang ada. Pengukuran akan dibagi sesuai dengan banyaknya jumlah stasiun. Metode ini dapat dilakukan di daerah yang datar dan harus memiliki banyaknya stasiun pengukuran akan tersebar secara merata. (Sosrodarsono, 2006) Curah hujan dapat dihitung dengan rumus:

$$R = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (1)$$

dimana

R = Curah hujan rata-rata

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Curah hujan pada setiap stasiun

n = Jumlah stasiun penakar hujan

b. Metode Poligon Thiessen

Metode ini dilakukan dengan cara membagi suatu daerah yang mewakili setiap stasiun penakar hujan. Selanjutnya daerah-daerah tersebut dibentuk dengan menggambarkan garis-garis tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan dua stasiun pengukur hujan tersebut. Untuk menghitung curah hujan rata-rata dapat dilakukan dengan menjumlahkan hasil perkalian antara data curah hujan di stasiun pengukuran dengan luas daerah yang wakulkan, kemudian dibagi dengan luas seluruh DAS. (Sosrodarsono, 2006) Curah hujan dapat dihitung dengan rumus:

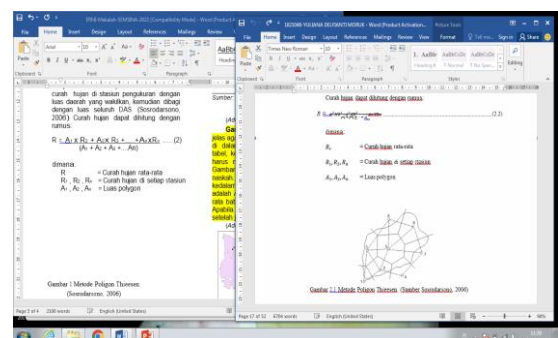
$$R = \frac{A_1 \times R_1 + A_2 \times R_2 + \dots + A_n \times R_n}{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

R = Curah hujan rata-rata

R_1, R_2, R_n = Curah hujan di setiap stasiun

A_1, A_2, A_n = Luas polygon



Gambar 2. Metode Poligon Thiessen. (Sosrodarsono, 2006)

c. Metode Isohyet

Metode ini lakukan dengan cara membagi DAS dengan garis-garis yang menghubungkan suatu titik yang memiliki curah hujan sama besar

(Isohyet). Curah hujan biasa didapatkan dengan cara menjumlahkan perkalian curah hujan rata-rata diantara dua garis dengan luas daerah. Selanjutnya antara dua garis tersebut membagi hasilnya dengan luas DAS (Sosrodarsono, 2006)

$$R = \frac{(R_1 + R_{i+1}) + (R_2 + R_{i+2}) + (R_n + R_{i+n})}{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)} \quad (3)$$

dimana:

R = Curah hujan rata-rata
 $R_1 + R_{i+1}$ = Curah hujan di setiap stasiun
 A_1, A_2, A_n = Luas daerah garis terdekat

Tujuan Analisis data hidrologi ialah untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan data hidrologi yang dikumpulkan (Soewarno, 1995). Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam analisis hidrologi, yaitu menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya, menentukan luas pengaruh daerah stasiun-stasiun hujan, menentukan curah hujan maksimum harian rata-rata DAS dari data curah hujan yang ada, menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun, menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya curah hujan rencana di atas pada periode ulang T tahun, embandingkan antara debit air yang tersedia dengan kapasitas sungai.

1. Analisis Distribusi Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi untuk suatu penelitian dalam perencanaan minimal 10 tahun pengamatan yang diperoleh dari stasiun pencatat curah hujan terdekat di lokasi. Terdapat dua metode distribusi hujan yang dapat digunakan untuk menganalisa hidrologi sebagai berikut :

a. Metode Distribusi Frekuensi Gumbel

$$X_T = \bar{X} + k \cdot S_x \quad (4)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (5)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (6)$$

dimana :

X_T = besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

$\bar{X}$ = rata-rata x maksimum dari seri data X_i

k = faktor frekuensi

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Y_n, S_n = besaran yang mempunyai fungsi dari jumlah pengamatan

Y_t = reduksi sebagai fungsi dari probabilitas

n = jumlah data

b. Metode Distribusi Frekuensi Log Pearson Type III

Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi Log Pearson Type III adalah dengan mengkonversikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis,

$$\log X = \Sigma / n \quad (7)$$

$$Cs = n \frac{\sum_1^n (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-1)S_1^3} \quad (8)$$

Nilai X bagi setiap probabilitas dihitung dari persamaan :

$$\log X = \log \bar{X} + k \cdot S_{\log X} \quad (9)$$

Dimana :

$\log X$ = logaritma rata-rata

$S_{\log X}$ = standart deviasi dari logaritma

Cs = koefisien kemencengan

k = faktor frekuensi

n = jumlah data keterangan

X_T = besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

$\bar{X}$ = rata-rata hitung variat

S_x = standart deviasi

K = faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss)

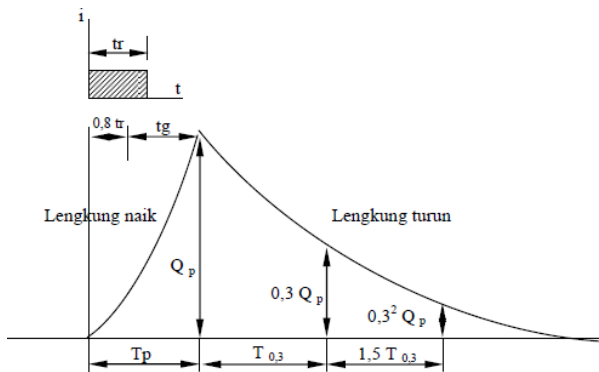
2. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana atau Hidrograf banjir rencana merupakan debit maksimum yang diperkirakan akan terjadi di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan. Debit rencana dapat ditaksir dengan menggunakan cara hidrograf satuan yang didasarkan oleh parameter dan karakteristik pengaliran. Teori hidrograf satuan adalah cara perhitungan yang teliti dan juga sederhana. Metode yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya debit rencana diantaranya adalah Metode Nakayasu, Metode Hidrograf Satuan Sintetik ITB 1 & ITB 2, Metode Hidrograf Satuan Sintetik SCS, dan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder. Pada penelitian yang akan dilakukan, penulis memilih Metode Nakayasu untuk menghitung debit banjir rencana. Metode ini dikembangkan oleh Nakayasu. Hidrograf satuan sintetik Nakayasu dikembangkan berdasarkan hasil pengamatan dari hidrograf satuan alami yang berasal dari sejumlah besar DAS yang ada di Jepang. Mungkin karena sungai di Jepang relatif pendek dengan kemiringan besar, *time lag* menjadi lebih kecil dan puncaknya relatif tajam (Sosrodarsono, 2006).

1. Bentuk Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Tak Berdimensi

Hidrograf satuan tak berdimensi Nakayasu adalah hidrograf sintetis yang diekspesikan dalam bentuk perbandingan antara debit Q dengan debit puncak Q_p dan waktu t dengan waktu naik T_p dan selanjutnya dibentuk menjadi kurva HSS

Nakayasu (Natakusumah, 2014) seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini



Gambar 3. Hidrograf Satuan Sintesis menurut Nakayasu (Sosrodarsono, 2006).

2. Data karakteristik fisik DAS

Akan diperoleh beberapa elemen penting seperti Luas DAS (A) dan panjang sungai (L) dari peta DAS yang dianalisa dan kemudian elemen-elemen tersebut dapat digunakan untuk menentukan bentuk dari hidrograf satuan sintetik Nakayasu.

3. Time lag (Tg) dan Waktu Puncak (Tp)

Waktu puncak dan Time lag dapat ditentukan dari persamaan berikut ini :

$$T_g = 0.4 + 0.058L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \quad (10)$$

$$T_g = 0.21 L^{0.7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km} \quad (11)$$

$$T_p = T_g + 0.8 t_r \quad (12)$$

$$T_r = 0.5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (13)$$

Dimana :

T_p = peak time (jam)

T_g = time lag yaitu waktu terjadinya hujan sampai terjadinya debit puncak (jam)

T_r = suatu waktu curah hujan (jam)

L = panjang sungai

4. Debit Puncak untuk hujan efektif 1 mm pada daerah seluas A km² Jika harga waktu puncak dan waktu dasar diketahui, maka debit puncak hidrograf satuan sintesis akibat tinggi hujan satu satuan Re=1 mm yang jatuh selama durasi hujan satu satuan Tr=1 jam, dapat dihitung sbb:

$$Q_p = \frac{A \cdot Re}{3.6 (0.3 T_p + T_{0.3})} \quad (14)$$

Dimana :

Q_p = debit puncak banjir (m³/det)

Re = hujan efektif satuan (1mm)

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

A = luas daerah pengaliran sampai outlet

$T_{0.3}$ = waktu penurunan debit, dari puncak sampai 30%

$$(T_{0.3} = \alpha T_g)$$

α = parameter hidrograf, dimana

$\alpha = 2.0$ = pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1.5$ = pada bagian naik hidrograf lambat dan turun cepat

$\alpha = 3.0$ = pada bagian naik hidrograf cepat dan turun lambat

5. Persamaan Bentuk Dasar Hidrograf Satuan

Bentuk Hidrograf Satuan Nakayasu terdiri dari empat segmen kurva yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

a. Pada waktu kurva naik : $0 < t < T_p$

$$Q(t) = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right) \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \quad (15)$$

Dimana :

$Q(t)$ = limpasan sebelum mencari debit puncak (m³)

T = waktu (jam)

6. Pada waktu kurva

Selang nilai : $T_p < t \leq (T_p + T_{0.3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0.3 \frac{(t - T_p)(t - T_p)}{T_{0.3} T_{0.3}} \quad (16)$$

Selang nilai : $(T_p + T_{0.3}) \leq t \leq (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0.3 \frac{(t - T_p + 0.5 T_{0.3})(t - T_p + 0.5 T_{0.3})}{1.5 T_{0.3} 1.5 T_{0.3}} \quad (17)$$

Selang nilai : $t > (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0.3 \frac{(t - T_p + 0.5 T_{0.3})(t - T_p + 0.5 T_{0.3})}{2 T_{0.3} 2 T_{0.3}} \quad (18)$$

Rumus-rumus di atas merupakan rumus empiris, maka penerapannya terhadap suatu daerah aliran harus didahului dengan suatu pemilihan parameter-parameter yang sesuai yaitu T_p dan α , dan pola distribusi hujan agar didapatkan suatu pola hidrograf yang realistik.

3. Analisis Sungai menggunakan HEC-RASS

HEC-RASS merupakan aplikasi bantuan yang di ciptakan oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam Institute For Water Resource (WR), di bawah US Army Corps of Engineers (USACE). HEC-RAS merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen (steady and unsteady one dimensional flow model).

HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi yaitu : Hitungan profil muka air alir permanen dan Simulasi aliran tidak permanen. Berikut ini merupakan tampilan utama pada HEC-RASS :



Gambar 4 Tampilan Layar Utama HEC-RAS

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan dihitung berdasarkan analisis Probabilitas Frekuensi dengan mengacu pada SK SNI M-18-1989 dan *Manual On Flood Control Planning Japan International Cooperation Agency (JICA)* tentang Metode Perhitungan debit banjir. Metode perhitungan curah hujan rancangan yang digunakan adalah :

Tabel 1. Analisa Hujan Harian Maksimum Tahunan

No.	Tahun	Hujan	
		(mm)	Tanggal Kejadian
1	2004	82	25 Juni
2	2005	67	25 Nopember
3	2006	227	9 Juli
4	2007	95	11 Mei
5	2008	172	30 Februari
6	2009	167	27 Juni
7	2010	198	29 Juni
8	2011	277	5 Agustus
9	2012	77	10 Maret
10	2013	89	18 Juni
11	2014	231	25 Mei
12	2015	166	1 Agustus
13	2016	99	25 Oktober
14	2017	100	27 Mei & 27 Juli
15	2018	125	26 Juni
16	2019	143	6 oktober
Jumlah		2315.000	
Rerata		144.688	
Maksimum		277.000	
Minimum		67.000	
St. Deviasi		63.699	
n		16	

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 2. Analisa Metode E.J. Gumbel

T	1/T	Yt	X
2	0.500	0.367	135.476
5	0.200	1.500	205.462
10	0.100	2.250	251.799
25	0.040	3.199	310.347
50	0.020	3.902	353.780
100	0.010	4.600	396.893

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 3. Analisa Metode Log Pearson Tipe III

T	1/T	K	log X	X
2	0.500	-0.018	2.118	131.107
5	0.200	0.835	2.281	190.953
10	0.100	1.293	2.368	233.559
25	0.040	1.788	2.463	290.469
50	0.020	2.112	2.525	334.975
100	0.010	2.407	2.581	381.415

Sumber : Hasil perhitungan

Perhitungan selanjutnya harus dilakukan uji kesesuaian distribusi untuk menguji apakah pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Uji ini dilakukan secara vertikal dengan metode *Chi Square* dan secara horisontal dengan metode *Smirnov Kolmogorof*. Untuk perhitungan hujan rancangan dan uji kesesuaian distribusi serta uji pemilihan distribusi untuk masing-masing alternatif dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Analisa Kala Ulang Hujan Rancangan dan Uji Distribusi Hujan

NO	KALA ULANG (Tahun)	HUJAN RANCANGAN (mm)	
		METODE GUMBEL	METODE LOG PEARSON III
1	2	135.476	131.107
2	5	205.462	190.953
3	10	251.799	233.559
5	25	310.347	290.469
6	50	353.780	334.975
7	100	396.893	381.415

UJI SMIRNOV KOLMOGOROV

DMax (%)	93.682	0.885
α (%)	5.000	5.000
D kritis (%)	34.000	22.667
HIPOTESA	TIDAK DITERIMA	DITERIMA

UJI CHI SQUARE

Chi-Square hitung	0.875	2.125
Chi-Square kritis	7.815	7.815
Derajat bebas	2	2
Derajat signifikansi (%)	5	5
HIPOTESA	DITERIMA	DITERIMA

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan tingkat kesalahan dari Uji *Smirnov Kolmogorov* dan *Chi Square*, maka dipilih Hujan Rancangan dengan Log Pearson Tipe III.

2. Analisa Distribusi Hujan Jam-jaman

Data hujan jam-jaman dalam penelitian ini tidak ada di lokasi, maka distribusi hujan rencana di daerah aliran sungai tiap jamnya ditetapkan berdasarkan pengamatan distribusi hujan.

Tabel 5. Distribusi Hujan Netto Jam-jaman untuk berbagai Periode Ulang

Waktu (jam)	Ratio (%)	Kumulatif (%)	Curah Hujan Tiap Jam (mm)						
			2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th	
1	58.48	58.48	29.28	50.78	66.94	89.33	107.33	126.48	
2	15.20	73.68	7.61	13.20	17.40	23.22	27.90	32.87	
3	10.66	84.34	5.34	9.26	12.21	16.29	19.57	23.06	
4	8.49	92.83	4.25	7.37	9.72	12.97	15.58	18.36	
5	7.17	100.00	3.59	6.22	8.21	10.95	13.16	15.50	
Probabilitas Hujan Harian (XT)			131.11	190.95	233.56	290.47	334.98	381.41	
Koefisien Pengaliran			0.38	0.45	0.49	0.53	0.55	0.57	
Hujan Efektif			50.07	86.83	114.47	152.75	183.52	216.27	

Sumber : Hasil perhitungan

3. Analisa Debit Banjir Rancangan

Dalam penelitian ini jika tidak tersedia debit pengamatan banjir, maka untuk analisa debit banjir digunakan pendekatan hidrograf satuan, yaitu hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan lebih, yang merata di seluruh DAS, dengan intensitas tetap dalam satuan waktu. Konsep dasar pada hidrograf satuan ialah bahwa hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan grafik distribusi yang hampir sama.

Hidrograf satuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, ITB 1 & ITB 2, Hidrograf Satuan Sintetik SCS, dan Snyder. Sedangkan dibawah ini merupakan perhitungan analisa Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Luas DAS = 23.40 km²
 Panjang sungai = 7.00 km
 Parameter alfa = 3

$t_g = 0.820$ jam $L < 15$ km

$t_r = 0.820$

$T_p = 1.476$ jam

$T_{0.3} = 2.460$ jam

$Q_p = 2.239$ m³/detk

$Q_a = Q_p \cdot (t/T_p)^{2.4}$; $(0 < t \leq T_p)$ 0 1.476

$Q_{d1} = Q_p \cdot 0.3 \cdot ((t - T_p)/T_{0.3})$; $(T_p < t \leq (T_p + T_{0.3}))$ 1.476 3.9358

$Q_{d2} = Q_p \cdot 0.3 \cdot ((t - T_p + 0.5 \cdot T_{0.3})/1.5 \cdot T_{0.3})$; $(T_p + T_{0.3} < t \leq (T_p + T_{0.3} + 1.5 \cdot T_{0.3}))$ 3.9358 7.625545

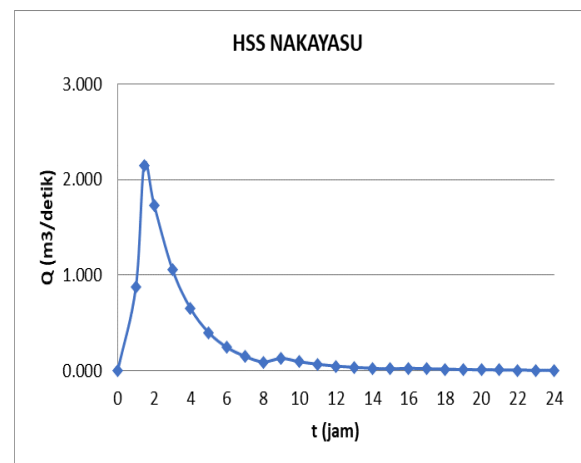
$Q_{d3} = Q_p \cdot 0.3 \cdot ((t - T_p + 1.5 \cdot T_{0.3})/2 \cdot T_{0.3})$; $t > T_p + T_{0.3} + 1.5 \cdot T_{0.3}$ 7.625545

Tabel 6. Analisa Hidrograf Banjir Rancangan Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /dt)	Ket
0	0.000	Qa
1	0.880	
1.451	2.150	Qd1
2	1.733	
3	1.062	
4	0.651	Qd2
5	0.399	
6	0.245	
7	0.150	
8	0.092	
9	0.129	
10	0.093	
11	0.067	Qd3
12	0.048	
13	0.035	
14	0.025	
15	0.018	
16	0.026	
17	0.020	
18	0.016	
19	0.012	
20	0.010	
21	0.008	
22	0.006	
23	0.005	
24	0.004	
25	0.003	
26	0.002	
27	0.002	
28	0.001	
29	0.001	
30	0.001	

31	0.001	
32	0.001	
33	0.000	
34	0.000	
35	0.000	
36	0.000	
37	0.000	
38	0.000	
39	0.000	
40	0.000	
41	0.000	
42	0.000	
43	0.000	
44	0.000	
45	0.000	
46	0.000	
47	0.000	
48	0.000	
49	0.000	
50	0.000	
51	0.000	

Sumber : Hasil perhitungan

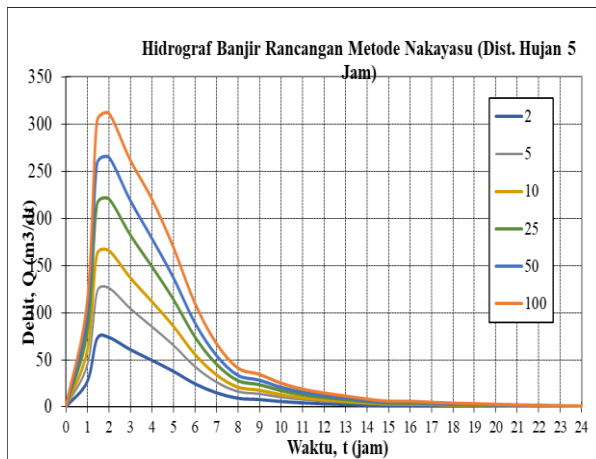


Gambar 5. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Tabel 7. Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu

No	Waktu (jam)	Qt (m ³ /dt)						
			2	5	10	25	50	100
			Tahun	Tahun	Tahun	Tahun	Tahun	Tahun
1	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1	0.88	26.641	45.554	59.776	79.469	95.303	112.152
3	1.451	2.15	71.792	122.920	161.368	214.606	257.411	302.958
4	2	1.73	73.526	126.234	165.870	220.752	264.879	311.833
5	3	1.06	60.564	104.249	137.099	182.585	219.157	262.210
6	4	0.65	49.342	85.089	111.970	149.191	179.118	221.071
7	5	0.40	37.789	65.239	85.880	114.463	137.444	170.044
8	6	0.24	24.652	42.572	56.047	74.705	89.708	110.665
9	7	0.15	15.111	26.095	34.355	45.792	54.988	67.833
10	8	0.09	9.263	15.995	21.058	28.069	33.705	41.579
11	9	0.13	7.869	13.552	17.825	23.742	28.500	34.712
12	10	0.09	5.798	9.986	13.135	17.496	21.003	25.439
13	11	0.07	4.352	7.498	9.863	13.139	15.773	19.007
14	12	0.05	3.347	5.769	7.590	10.112	12.139	14.902
15	13	0.03	2.639	4.551	5.989	7.980	9.580	11.720
16	14	0.03	1.904	3.284	4.321	5.758	6.913	8.457
17	15	0.02	1.374	2.370	3.118	4.155	4.988	6.103
18	16	0.03	1.381	2.375	3.123	4.159	4.991	6.042

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 6. Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu (Distribusi Hujan 5 jam)

Dibawah ini merupakan perhitungan analisa Hidrograf Satuan Sintetik ITB-1

I. Karakteristik DAS dan Hujan

1. Nama DAS/Sungai = Wae Laala
2. Luas daerah aliran Sungai (A) = 23.40 Km²
3. Panjang Sungai Utama (L) = 7.00 Km
4. Tinggi Hujan = 1.00 mm
5. Durasi Hujan Tr = 1.00 Jam

II. Perhitungan Waktu Puncak (Tp) Dan Waktu Dasar (Tb)

1. Koefisien waktu (C_p) = 1.00 <-- Kalibrasi
2. Time Lag (t_p) = 2.61 Jam
 $t_p = C_p \cdot 0.8122 L^{0.6}$
3. Waktu Puncak Tp = 3.11 Jam
4. Waktu Dasar T_b/T_p = 15.00 Jam

III. Debit Puncak (QP)

1. Cp. Koefisien Puncak (C_p) = 0.600 <-- Kalibrasi
2. Alpha = 1.500
3. Luas HSS tak berdimensi (Numerik) = 2.21465
4. Qp = 0.944 m³/s
5. Volume Hujan pada DAS (V_{DAS}) = 23,400 m³
6. Volume HSS Berdimensi (V_{HSS}) = 23,400 m³
7. Tinggi Limpasan (DRO) = 1.000 mm

Tabel 8. Analisa Hidrograf Satuan Sintetik ITB-1

T (jam)	HSS Tak berdimensi		HSS berdimensi		
	t=T/Tp (2)	q=Q/Qp (3)	A (4)	Q=q×Qp (5)	V(m3) (6)
0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.00	0.32149	0.27561	0.04430	0.26006	468.10319
2.00	0.64299	0.83660	0.17878	0.78940	1889.03062
3.00	0.96448	0.99882	0.29504	0.94247	3117.38020
3.11	1.00000	1.00000	0.03550	0.94358	375.09837
4.00	1.28597	0.94437	0.27802	0.89110	2937.54230
5.00	1.60746	0.81334	0.28255	0.76745	2985.38967
6.00	1.92896	0.66856	0.23821	0.63084	2516.92861
7.00	2.25045	0.53509	0.19348	0.50490	2044.32998
8.00	2.57194	0.42119	0.15372	0.39743	1624.18522
9.00	2.89344	0.32787	0.12041	0.30937	1272.23477
10.00	3.21493	0.25325	0.09341	0.23896	987.00145
11.00	3.53642	0.19451	0.07198	0.18354	760.49695
12.00	3.85791	0.14876	0.05518	0.14037	583.02939
13.00	4.17941	0.11340	0.04214	0.10701	445.27373
14.00	4.50090	0.08623	0.03209	0.08136	339.06188
15.00	4.82239	0.06543	0.02438	0.06174	257.58126
16.00	5.14389	0.04957	0.01849	0.04677	195.31306
17.00	5.46538	0.03750	0.01399	0.03538	147.86995
18.00	5.78687	0.02833	0.01058	0.02674	111.80869
19.00	6.10837	0.02139	0.00799	0.02018	84.45170
20.00	6.42986	0.01613	0.00603	0.01522	63.73091
21.00	6.75135	0.01216	0.00455	0.01147	48.05717
22.00	7.07284	0.00916	0.00343	0.00864	36.21425
23.00	7.39434	0.00690	0.00258	0.00651	27.27423
24.00	7.71583	0.00519	0.00194	0.00490	20.53094

Sumber : Hasil perhitungan

Dibawah ini merupakan perhitungan analisa Hidrograf Satuan Sintetik ITB-2

I. Karakteristik DAS dan Hujan

1. Nama DAS/Sungai = Wae Laala
2. Luas daerah aliran Sungai (A) = 23.40 Km²
3. Panjang Sungai Utama (L) = 7.00 Km
4. Tinggi Hujan = 1.00 mm
5. Durasi Hujan Tr = 1.00 Jam

II. Perhitungan Waktu Puncak (Tp) Dan Waktu Dasar (Tb)

1. Koefisien waktu (C_p) = 1.00 <-- Kalibrasi
2. Time Lag (t_p) = 2.61 Jam
 $t_p = C_p \cdot 0.8122 L^{0.6}$
3. Waktu Puncak Tp = 3.11 Jam
4. Waktu Dasar T_b/T_p = 15.00

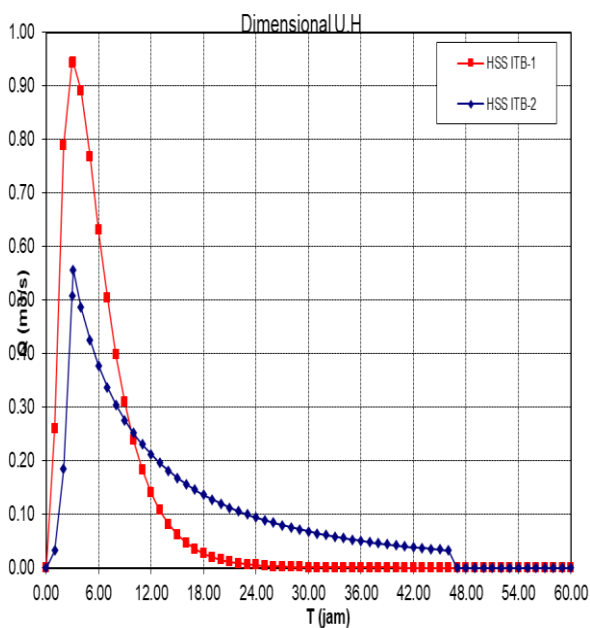
III. Debit Puncak (QP)

1. Cp. Koefisien Puncak (C_p) = 0.500 <-- Kalibrasi
2. Alpha = 2.500
3. Beta = 1.000
4. Luas HSS tak Berdimensi (Numerik) = 3.756569875
5. Qp = 0.556 m³/s
6. Volume Hujan pada DAS (V_{DAS}) = 23,400 m³
7. Volume HSS Berdimensi (V_{HSS}) = 23,400 m³
8. Tinggi Limpasan (DRO) = 1.000 mm

Tabel 9. Analisa Hidrograf Satuan Sintetik ITB-2

T (jam)	HSS Tak berdimensi			HSS berdimensi	
	$t=T/T_p$	$q=Q/Q_p$	A	$Q=q \times Q_p$	V(m3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1.00	0.32149	0.27561	0.04430	0.26006	468.10319
2.00	0.64299	0.83660	0.17878	0.78940	1889.03062
3.00	0.96448	0.99882	0.29504	0.94247	3117.38020
3.11	1.00000	1.00000	0.03550	0.94358	375.09837
4.00	1.28597	0.94437	0.27802	0.89110	2937.54230
5.00	1.60746	0.81334	0.28255	0.76745	2985.38967
6.00	1.92896	0.66856	0.23821	0.63084	2516.92861
7.00	2.25045	0.53509	0.19348	0.50490	2044.32998
8.00	2.57194	0.42119	0.15372	0.39743	1624.18522
9.00	2.89344	0.32787	0.12041	0.30937	1272.23477
10.00	3.21493	0.25325	0.09341	0.23896	987.00145
11.00	3.53642	0.19451	0.07198	0.18354	760.49695
12.00	3.85791	0.14876	0.05518	0.14037	583.02939
13.00	4.17941	0.11340	0.04214	0.10701	445.27373
14.00	4.50090	0.08623	0.03209	0.08136	339.06188
15.00	4.82239	0.06543	0.02438	0.06174	257.58126
16.00	5.14389	0.04957	0.01849	0.04677	195.31306
17.00	5.46538	0.03750	0.01399	0.03538	147.86995
18.00	5.78687	0.02833	0.01058	0.02674	111.80869
19.00	6.10837	0.02139	0.00799	0.02018	84.45170
20.00	6.42986	0.01613	0.00603	0.01522	63.73091
21.00	6.75135	0.01216	0.00455	0.01147	48.05717
22.00	7.07284	0.00916	0.00343	0.00864	36.21425
23.00	7.39434	0.00690	0.00258	0.00651	27.27423
24.00	7.71583	0.00519	0.00194	0.00490	20.53094

Sumber : Hasil perhitungan

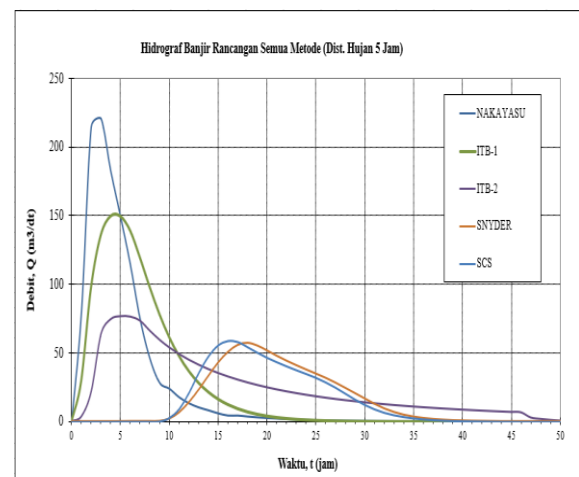


Gambar 7. Hidrograf Satuan Sintetik Metode ITB-1 & ITB-2

Tabel 10. Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Semua Metode (25th)

No	Waktu (jam)	25 Tahun				
		NAKAYASU	ITB-1	ITB-2	SNYDER	SCS
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1	79.469	29.531	3.702	0.000	0.000
3	2	214.606	97.316	21.903	0.000	0.000
4	3	220.752	135.705	63.825	0.000	0.000
5	4	182.585	149.635	74.600	0.000	0.000
6	5	149.191	149.593	76.699	0.000	0.100
7	6	114.463	139.257	76.393	0.100	0.100
8	7	74.705	119.648	73.340	0.100	0.100
9	8	45.792	98.145	66.088	0.100	0.100
10	9	28.069	78.394	59.437	0.200	0.300
11	10	23.742	61.597	53.833	1.900	2.900
12	11	17.496	47.878	49.038	6.500	9.300
13	12	13.139	36.935	44.886	13.900	20.900
14	13	10.112	28.339	41.255	23.100	35.300
15	14	7.980	21.655	38.053	33.300	47.400
16	15	5.758	16.496	35.210	43.000	55.400
17	16	4.155	12.535	32.671	50.700	58.600
18	17	4.159	9.507	30.391	55.800	57.900
19	18	3.443	7.199	28.335	57.300	54.200
20	19	2.843	5.444	26.472	55.300	50.200
21	20	2.361	4.112	24.779	51.700	46.500
22	21	1.977	3.103	23.234	47.800	43.300
23	22	1.548	2.340	21.821	44.200	40.300
24	23	1.212	1.764	20.524	40.900	37.500

Sumber : Hasil perhitungan

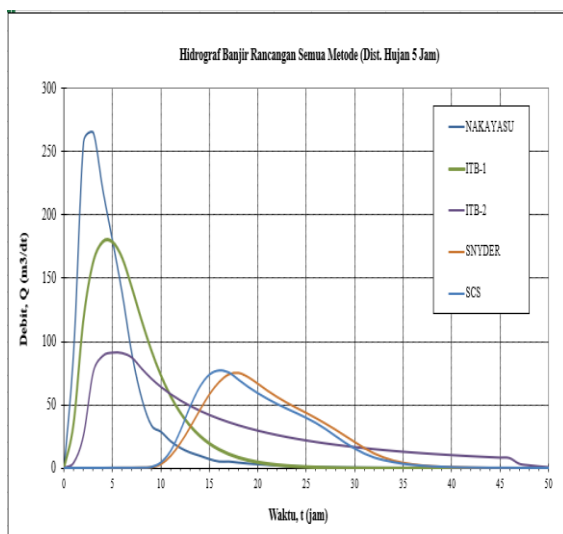


Gambar 8. Hidrograf Banjir Rancangan Semua Metode (25th)

Tabel.11 Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Semua Metode (50th)

No	Waktu (jam)	50 Tahun				
		NAKAYASU	ITB-1	ITB-2	SNYDER	SCS
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1	95.303	35.217	4.415	0.000	0.000
3	2	257.411	116.056	26.121	0.000	0.000
4	3	264.879	161.838	76.116	0.000	0.000
5	4	219.157	178.450	88.966	0.000	0.000
6	5	179.118	178.400	91.469	0.000	0.100
7	6	137.444	166.074	91.104	0.100	0.100
8	7	89.708	142.689	87.463	0.100	0.100
9	8	54.988	117.045	78.814	0.200	0.200
10	9	33.705	93.490	70.882	0.500	0.700
11	10	28.500	73.459	64.199	2.900	4.400
12	11	21.003	57.098	58.482	9.400	13.500
13	12	15.773	44.048	53.530	19.500	29.400
14	13	12.139	33.796	49.199	31.900	48.400
15	14	9.580	25.825	45.381	45.400	64.000
16	15	6.913	19.672	41.991	57.900	73.800
17	16	4.988	14.949	38.962	67.600	77.100
18	17	4.991	11.337	36.244	73.600	75.500
19	18	4.133	8.585	33.791	74.800	69.800
20	19	3.413	6.492	31.570	71.500	64.100
21	20	2.835	4.904	29.550	66.300	59.100
22	21	2.374	3.701	27.708	60.800	54.600
23	22	1.858	2.791	26.023	55.800	50.500
24	23	1.455	2.103	24.476	51.300	46.800

Sumber : Hasil perhitungan

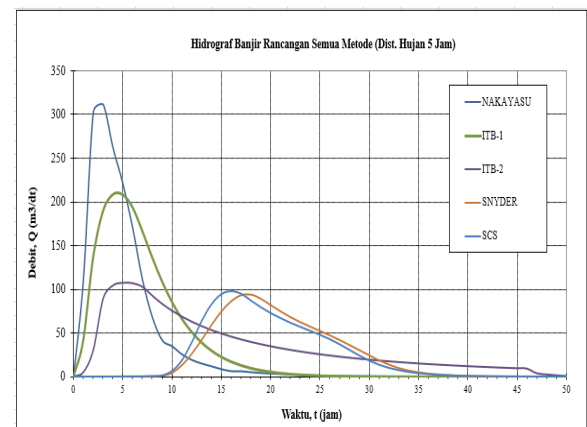


Gambar 9. Hidrograf Banjir Rancangan Semua Metode (50th)

Tabel 12. Rekapitulasi Hidrograf Banjir Rancangan Semua Metode (100th)

No	Waktu (jam)	100 Tahun				
		NAKAYASU	ITB-1	ITB-2	SNYDER	SCS
1	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1	112.152	41.225	5.168	0.000	0.000
3	2	302.958	135.854	30.577	0.000	0.000
4	3	311.833	189.447	89.101	0.000	0.000
5	4	262.210	208.893	104.143	0.000	0.000
6	5	221.071	208.834	107.073	0.100	0.100
7	6	170.044	194.405	106.646	0.100	0.100
8	7	110.665	167.030	102.383	0.100	0.200
9	8	67.833	137.012	92.260	0.300	0.400
10	9	41.579	109.439	82.974	0.900	1.200
11	10	34.712	85.991	75.152	4.300	6.500
12	11	25.439	66.838	68.458	13.000	18.600
13	12	19.007	51.562	62.662	26.100	39.200
14	13	14.902	39.561	57.592	42.000	63.400
15	14	11.720	30.230	53.122	59.100	82.600
16	15	8.457	23.028	49.154	74.600	94.100
17	16	6.103	17.499	45.609	86.400	97.500
18	17	6.042	13.272	42.427	93.200	94.600
19	18	4.985	10.049	39.556	94.000	86.800
20	19	4.105	7.599	36.955	89.200	79.200
21	20	3.460	5.740	34.591	82.000	72.500
22	21	2.891	4.332	32.435	74.800	66.800
23	22	2.263	3.267	30.462	68.200	61.500
24	23	1.772	2.462	28.652	62.400	56.800

Sumber : Hasil perhitungan

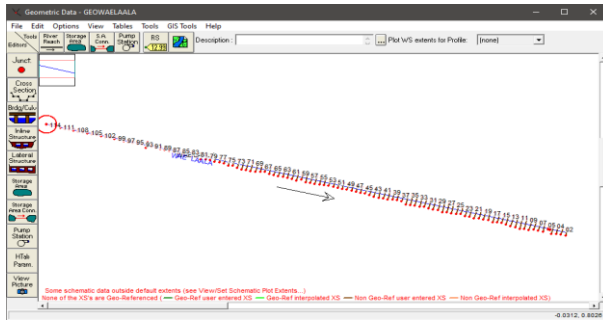


Gambar10. Hidrograf Banjir Rancangan Semua Metode (100th)

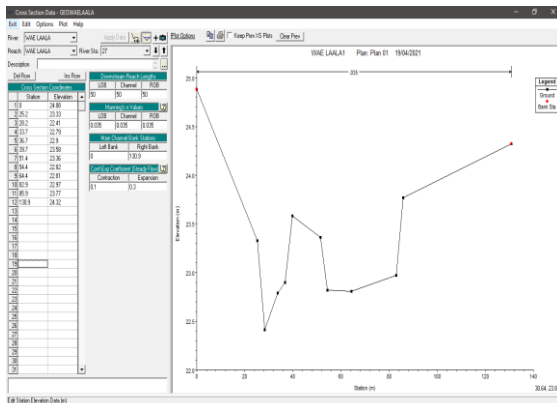
4. Analisa Hidrolika Pada Sungai

Analisa Hidrolika dengan Pemodelan *HEC-RAS*. Analisa menggunakan *Unsteadyflow* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Memodelkan garis aliran sungai sebagai tempat *cross section*,
- Menginput data *cross section*, setiap 50m sebanyak 114 data.

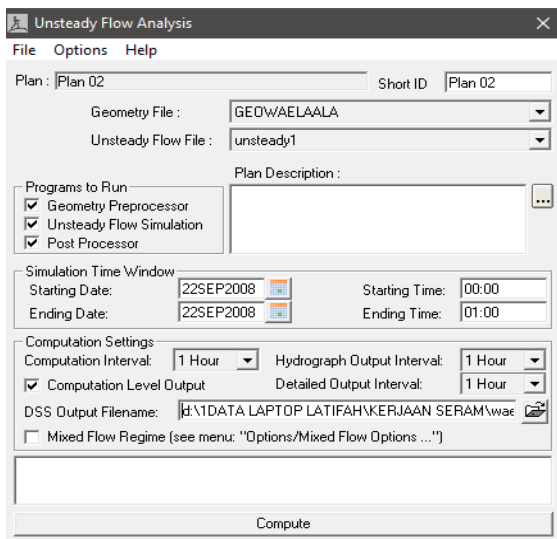


Sumber : Hasil perhitungan



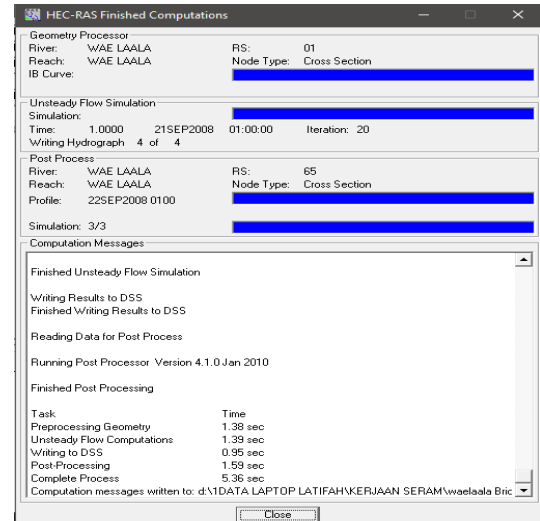
Sumber : Hasil perhitungan

- Menginput data debit banjir kala ulang pada menu *unsteady flow* (digunakan debit banjir rencana kala ulang 50 tahun dari model hidrograf banjir ITB-2
- *Me-running* pemodelan program

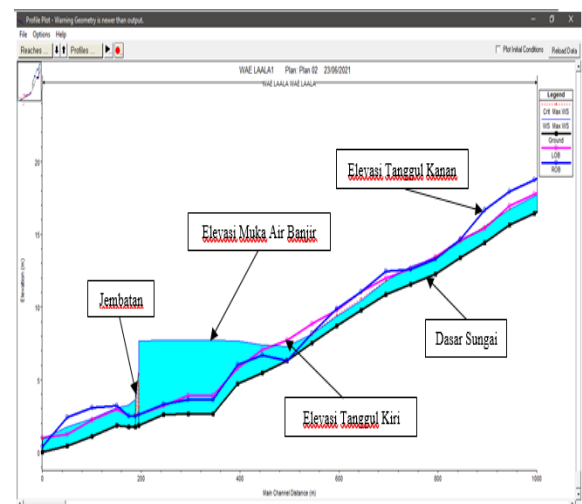


Sumber : Hasil perhitungan

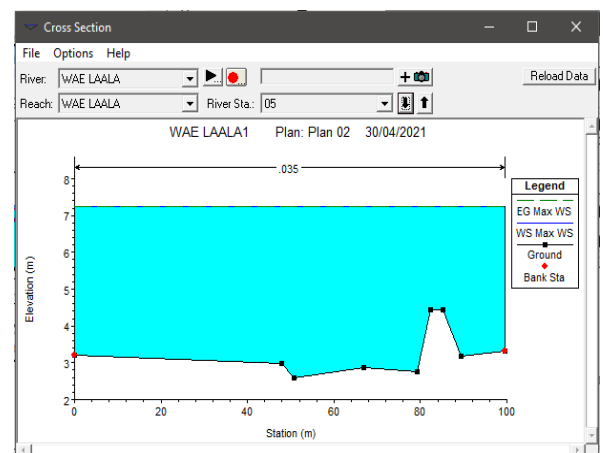
- Proses Komputasi Aliran *Unsteady Flow*



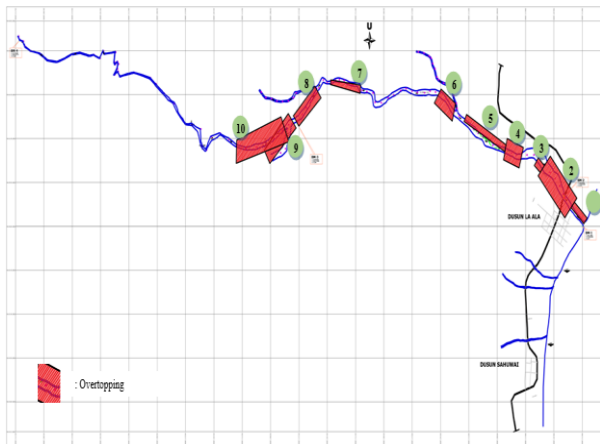
Sumber : Hasil perhitungan



Gambar.11. Hasil Pemodelan Kondisi *Long Section* Pemodelan Sungai Wae Laala dengan Debit Banjir 50th (Sumber: Hasil perhitungan)



Gambar.12. Kondisi *Cross Section* 05 Sungai Wae Laala dengan Debit Banjir 50th (Sumber: Hasil perhitungan)



Gambar 13. Peta Situasi dan Lokasi Tanggul yang kondisinya Overtopping
 (Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 13. Letak Tanggul yang kondisinya Overtopping

NO	STA	JARAK	KONDISI TANGGUL	
		(meter)	LOB	ROB
1	1-4	150	Overtopping	Aman
2	4-10	350	Overtopping	Overtopping
3	10-11	50	Aman	Overtopping
4	14-17	150	Overtopping	Overtopping
5	17-25	500	Overtopping	Aman
6	27-30	150	Overtopping	Overtopping
7	44-51	350	Aman	Overtopping
8	54-59	250	Overtopping	Overtopping
9	59-66	350	Overtopping	Aman
10	66-72	300	Overtopping	Overtopping

Sumber : Hasil perhitungan

5. Alternatif Pengendalian Banjir

- Alternatif Jangka Pendek (*dredging*). Berdasarkan hasil survey lapangan dan informasi yang didapatkan pada saat di lapangan, dasar sungai sangat dangkal berbeda dengan kondisi 20 tahun lalu, yang mana freeboard jembatan dapat dilalui oleh truk pasir. Sehingga harus dilakukan *dredging* sedalam 2,5 meter pada palung utama sungai.
- Alternatif Jangka Menengah (*Dredging* dan Pembuatan Tanggul). Selain dilakukan *dredging* untuk menambah kapasitas tampungan sungai, diperlukan pula pembuatan tanggul guna menangkis debit banjir rencana. Tanggul direncanakan setinggi 1 meter dari elevasi sempadan sungai.
- Jangka Panjang (*Dredging* dilengkapi Tanggul dan Check dam) Check dam berfungsi menjadi Bangunan Pengendali Sedimen. Sehingga dapat menahan benturan dari sedimen yang terangkut, dan tidak terjadi pendangkalan sungai akibat penumpukan sedimen di bagian hilir. Check dam diletakkan di titik tertentu di bagian hulunya.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dari penelitian dan analisa yang telah dilakukan adalah Debit banjir rencana yang

dimasukkan adalah kala ulang 50 tahun dari model hidrograf banjir ITB-2 dengan debit puncak 91.469 m³/dt. Setelah dilakukan running pemodelan, terjadi overtopping di beberapa tanggul eksisting. Sehingga diberikan tiga Solusi Alternatif yang disarankan adalah: **Jangka Pendek:** *Dredging* sedalam 2 meter dengan kemiringan 1:2. **Jangka Menengah:** *Dredging* dan Pembuatan Tanggul setinggi 1.5 meter. **Jangka Panjang:** *Dredging*, Tanggul dan Pembuatan bangunan Check dam

Untuk alternative jangka pendek bisa dilakukan *dredging* sejauh 3.5 km dengan kedalaman rata-rata adalah 2 m. dari perhitungan diperkirakan volume tampungan akan kembali penuh dalam waktu 8 tahun. Untuk alternative jangka menengah bisa dilakukan kombinasi *dredging* dan tanggul sesuai dengan data lokasi yang disarankan. Untuk alternative jangka panjang bisa dilakukan kombinasi *dredging*, tanggul dan check dam. Terkait dengan belum keseluruhan sistem drainase permukiman yang terpasang di Desa Way Laala, diharapkan pemerintah kabupaten atau pihak akademisi terkait dapat memasukkan dalam program penelitian dalam menunjang pembangunan daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (2019). "Kecamatan Huamual dalam angka". Kabupaten Seram barat. Provinsi Maluku
- Dimaz Pradana Putra, Surhayanto. (2014). "*Perencanaan Normalisasi Sungai Beringin di Kota Semarang*" Tugas Akhir. Semarang. Universitas Diponegoro Semarang.
- Fahriza, Ramadhani Helmy. (2015) "*Normalisasi Kali Kedungwaru Guna Pengendalian Banjir di Kecamatan Kedungwaru Kabupaten Tulungagung*" Tugas Akhir. Malang. Institut Teknologi Nasional Malang
- Kensaku Sosrodarsono, Suyono, dan Takeda. (1993). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramitha
- Kodoatie, R.J., dan Sjarief, R.(2008) *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Andi, Yogyakarta
- Kodoatie, Robert J . (2013). *Rekayasa Manajemen Banjir Kota*. Andi, Yogyakarta.
- Laksono, Menko Kesra Agung. (2014) *Kerugian akibat bencana di Ambon capai Rp 1 triliun*. <https://www.merdeka.com/peristiwa/kerugian-akibat-bencana-di-ambon-capai-rp-1-triliun.html>, Ambon: merdeka.com.
- Maulana, Ikhsan. (2014) "Perencanaan Pengendalian Banjir Sungai Tuntang di Desa Trimulyo Kabupaten Demak" Tugas akhir. Semarang. Universitas Diponegoro Semarang
- Pratama, Dhani. (2015) "Studi Normalisasi Kapasitas Penampang Sungai (Studi Kasus Sungai Engkulik di Kabupaten Sintang)." Tugas akhir. Pontianak. Universitas Tanjungpura
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). *Modul Metode Pengendalian Banjir Pelatihan Pengendalian Banjir*
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). *Modul Perhitungan Hidrologi Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar*

Rahayu, dkk. (2009) *Banjir dan Upaya Penanggulangannya* (Pusat Mitigasi Bencana), Bandung.
Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova, Bandung
Sosrodarsono.S (2006) "Hidrologi untuk Pengairan". Pradnya. Paramita, Jakarta.

Sri Harto, B. (1993)." Hidrologi": Teori, Masalah, Penyelesaian.Yogyakarta: Gramedia. Pustaka Umum, Yogyakarta.
Subarkah, Imam. (1980) *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma, Bandung
Triadmodjo, Bambang (2015) "*Hidrologi Terapan*". Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.