

ARTIKEL ILMIAH

**ANALISIS EFEKTIVITAS DIMENSI SALURAN PENGELAK
BENDUNGAN TIU SUNTUK TERHADAP DEBIT BANJIR
RENCANA**

*Analysis of The Effectiveness of The Dimension of Tiu Suntuk Dam Diversion
Channel on The Design Flood Discharge*

Artikel Ilmiah
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**NOVIANTY DWI KUN PUSPASARI
F1A 018 144**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

ARTIKEL ILMIAH

ANALISIS EFEKTIVITAS DIMENSI SALURAN PENGELAK
BENDUNGAN TLU SUNTUK TERHADAP DEBIT BANJIR
RENCANA

*Analysis of the Effectiveness of the Dimension of Tlu Suntuk Dam Diversion
Channel on the Design Flood Discharge*

Oleh:

NOVIANTY DWI KUN PUSPASARI
FIA 018 144

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing

1. Pembimbing Utama



Ir. Heri Sulistiyono, M.Eng., Ph.D
NIP. 19651113 199403 1 001

Tanggal, Februari 2023

2. Pembimbing Pendamping



Ir. Lilik Hanifah, MT.
NIP. 19590610 198803 2 001

Tanggal, Februari 2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Harjadi, S.T., M.Sc.(Eng), Dr.Eng.
NIP. 19731027 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

**ANALISIS EFEKTIVITAS DIMENSI SALURAN PENGELAK
BENDUNGAN TIU SUNTUK TERHADAP DEBIT BANJIR
RENCANA**

*Analysis of the Effectiveness of the Dimension of Tiu Suntuk Dam Diversion
Channel on the Design Flood Discharge*

Oleh:

**NOVIANTY DWI KUN PUSPASARI
F1A 018 144**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada Tanggal, 18 Januari 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
Susunan Tim Penguji

1. Penguji 1



M. Bagus Budianto, ST., MT
NIP. 19701206 199803 1 006

2. Penguji 2



Dr. Ery Setiawan, ST., MT
NIP. 19711227 199903 1 003

3. Penguji 3



Yusron Saadi, ST., M.Sc(Eng)., Ph.D.
NIP. 19661020 199403 1 003

Mataram, Februari 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhammad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D
NIP. 19720222 199903 1 002

ANALISIS EFEKTIVITAS DIMENSI SALURAN PENGELAK BENDUNGAN TIU SUNTUK TERHADAP DEBIT BANJIR RENCANA

Novianty Dwi Kun Puspasari¹, Heri Sulistiyono², Lilik Hanifah³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Email: noviantypuspasari@gmail.com

INTISARI

Bendungan Tiu Suntuk terletak di Kecamatan Brang Ene, Kabupaten Sumbawa Barat. Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi suatu bendungan perlu adanya pengelakan sungai selama proses konstruksi bendungan berlangsung. Namun, apabila suatu permasalahan seperti banjir yang lebih besar di lapangan terjadi dapat menyebabkan bangunan pengelak dikhawatirkan menjadi tidak efektif lagi fungsinya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari dimensi saluran pengelak bendungan terhadap hasil analisis debit banjir rencana.

Analisis efektivitas dimensi saluran pengelak bendungan Tiu Suntuk ditinjau dari elevasi muka air banjir maksimum akibat debit banjir rencana periode ulang 25 tahun terbesar dari ketiga metode hidrograf satuan sintetik (HSS) Gama I, Nakayasu, dan Snyder. Analisis dilakukan secara manual dengan metode penelusuran banjir (*flood routing*) dan simulasi *software HEC-RAS v.5.0.7* pada saluran pengelak.

Berdasarkan hasil analisis debit banjir rencana periode ulang 25 Tahun pada HSS Gama I, HSS Nakayasu, dan HSS Snyder beturut-turut adalah 567,541 m³/detik, 728,111 m³/detik, dan 394,391 m³/detik. Dalam menentukan efektivitas digunakan nilai debit banjir HSS Nakayasu sebesar 728,111 m³/detik pada analisis penelusuran banjir (*flood routing*) dan simulasi *software HEC-RAS v.5.0.7* pada saluran pengelak. Berdasarkan hasil dua metode analisis tersebut didapatkan bahwa dimensi saluran pengelak eksisting apabila ditinjau dari aspek fungsinya dinyatakan sudah tidak efektif karena hasil analisis menunjukkan elevasi muka air akibat debit banjir rencana maksimum dan elevasi puncak bendungan yang diperoleh dari hasil analisis melebihi elevasi puncak bendungan pengelak (cofferdam) eksisting.

Kata Kunci: Bendungan, HSS Gama I, HSS Nakayasu, HSS Snyder, Penelusuran Banjir, *HEC-RAS v.5.0.7*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bendungan adalah bangunan yang berfungsi sebagai penahan laju air dengan terbentuknya waduk atau danau sebagai bangunan pengendali banjir yang letaknya berada di hulu sungai. Tidak hanya memiliki kemampuan dalam mengendalikan banjir bendungan nantinya juga dapat digunakan sebagai sumber Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), penyuplai saluran irigasi dan kebutuhan air baku, serta sebagai sarana rekreasi.

Pembangunan Bendungan Tiu Suntuk secara administratif terletak di Kecamatan Brang Ene, Kabupaten Sumbawa Barat. Walaupun pembangunan bendungan ini berada di Kecamatan Brang Ene, pelaksanaan pembangunannya merupakan suatu solusi terhadap permasalahan yang melanda Kecamatan Taliwang yang berada di dataran rendah dan letaknya berada di hilir pertemuan

beberapa sungai. Selain letaknya yang rentan akan bahaya genangan air Kecamatan Taliwang juga memiliki areal pertanian yang sebagian besar telah mengalami penurunan kinerja (penurunan efisiensi).

Dalam perencanaan pembangunan suatu bendungan yang menutup sungai perlu mempertimbangkan metode yang digunakan dalam pengelakan sungai selama proses konstruksi bendungan berlangsung. Metode pengelakan yang digunakan pada pelaksanaan pembangunan Bendungan Tiu Suntuk adalah saluran pengelak tertutup berupa konduit.

Kemungkinan terjadinya suatu banjir yang lebih besar daripada debit banjir rencana yang digunakan dalam perencanaan bangunan pengelak dalam konstruksi dapat mungkin terjadi. Hal ini dapat menyebabkan fungsi dari bangunan tersebut menjadi tidak efektif digunakan selama konstruksi berlangsung karena ditakutkan bangunan yang seharusnya

mampu mencegah dampak yang fatal sudah tidak relevan dengan keadaan lapangan. Oleh karena itu diperlukan adanya analisis terhadap kemampuan saluran pengelak eksisting terhadap debit banjir rencana baru untuk mengetahui kelayakan bangunan pengelak dalam menghadapi berbagai kondisi sungai yang dapat berubah sewaktu-waktu.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dibutuhkan adanya analisis terhadap kemampuan saluran pengelak eksisting dari hasil perencanaan terdahulu terhadap debit banjir rencana baru yang dapat digunakan bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan terhadap permasalahan yang mungkin akan dihadapi, baik dalam mengevaluasi besarnya curah hujan dan debit banjir hingga menentukan kemampuan saluran pengelak eksisting. Oleh karena itu dilakukan “**Analisis Efektivitas Dimensi Saluran Pengelak Bendungan Tiu Suntut Terhadap Debit Banjir Rencana**” untuk menentukan efektivitas saluran pengelak terhadap nilai debit banjir rencana baru dari hasil analisis menggunakan metode hidrograf satuan sintetik (HSS) Gamma I, Nakayasu, dan Snyder.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana kala ulang 25 tahun yang dianalisis dan efektivitas dari dimensi saluran pengelak Bendungan Tiu Suntut terhadap debit banjir periode ulang 25 tahun dari hasil analisis yang dilakukan.

C. Batasan masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Debit banjir dihitung berdasarkan kala ulang 25 tahun dengan menggunakan data curah hujan minimal 10 tahun.
2. Dimensi eksisting saluran pengelak dianalisis dengan menggunakan debit banjir rencana kala ulang 25 tahun sebagaimana perencanaan sebelumnya.
3. Kala ulang hujan dianggap sama dengan kala ulang banjir.
4. Data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait termasuk data geometri saluran pengelak.
5. Pemodelan dengan program HEC-RAS dilakukan dalam model 1D pada saluran pengelak menggunakan jenis aliran tetap (*steady flow*).
6. Tidak memperhitungkan pertimbangan stabilitas tubuh bendungan secara keseluruhan.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberi manfaat dan informasi tambahan terkait kajian ulang terhadap efektivitas dimensi saluran pengelak ketika menghadapi masalah seperti *overtopping* (banjir).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

Simatupang, S.A., dkk (2020) menganalisis debit banjir rencana periode ulang 25 tahun dengan HSS Nakayasu untuk menentukan dimensi terowongan pengelak. Nilai debit didapatkan sebesar 492,333 m³/detik sedangkan pada perencanaan sebelumnya sebesar 485 m³/detik. Sehingga terjadi perubahan dimensi terowongan pengelak tipe tapal kuda dari 6 m menjadi 6,25 m.

Safe'ie, dkk (2020) menganalisis debit banjir periode ulang 10 tahun dengan metode HSS Nakayasu untuk menentukan ukuran saluran drainase dengan melakukan simulasi daya tampung menggunakan aplikasi program HEC-RAS. Didapatkan hasil analisis debit banjir lebih besar daripada debit banjir eksisting yang mampu ditampung oleh saluran drainase. Oleh karena itu dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran drainase.

Firmanto, dkk (2020) dalam penelitiannya terkait perencanaan terowongan pengelak Bendungan Tugu di Kabupaten Trenggalek melakukan analisis debit banjir rancangan dengan menggunakan kala ulang 25 tahun dengan metode hidrograf satuan sintesis Nakayasu. Penelitiannya dilakukan sebagai studi alternatif untuk mengetahui nilai debit banjir rencana kala ulang 25 tahun dan dimensi dari terowongan pengelak pada Bendungan Tugu. Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh nilai debit banjir sebesar 298,16 m³/detik dan terowongan pengelak berbentuk lingkaran dengan dimensi 4 m.

Alif dan Andawayanti (2018) menganalisis menggunakan aplikasi HEC-RAS untuk mengetahui keadaan eksisting sungai ketika terjadi luapan terhadap debit banjir periode ulang 25 tahun di Sungai Mujur, Kecamatan Tempeh Lor, Kabupaten Lumajang. Dari hasil analisis debit banjir rencana kala ulang 25 tahun dengan metode HSS Nakayasu didapatkan sebesar 463,561 m³/detik. Kemudian analisis dilanjutkan dengan program HEC-RAS untuk mengetahui luapan yang dialami di sepanjang titik sungai yang ditinjau. Dari hasil analisis diketahui bahwa beberapa titik pada

sungai mengalami luapan dan perlu dilakukan penanganannya.

B. Landasan Teori

1) Bendungan

Menurut Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2010 bendungan adalah bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

2) Bangunan pengelak

Dalam tahap konstruksi pembangunan bangunan air seperti bendungan memerlukan adanya sistem pengelakan air sungai agar proses pekerjaan dapat dilaksanakan. Dalam Modul Desain Bangunan Pelengkap oleh Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi tahun 2017 disebutkan bahwa pemilihan jenis pengelakan yang tepat perlu memperhatikan beberapa pertimbangan, antara lain:

- Karakteristik aliran sungai
- Banjir desain yang digunakan, sesuai dengan resiko yang dihadapi
- Metode pengalihan/pengelakan sungai
- Spesifikasi yang diperlukan

Biasanya debit banjir dengan kemungkinan periode perulangan antara 10 sampai 20 tahun dapat digunakan sebagai debit banjir rencana pada periode pelaksanaan konstruksi bendungan urugan, yang selanjutnya dapat dipergunakan untuk menentukan kapasitas rencana saluran pengelak. Selanjutnya, apabila kerusakan-kerusakan suatu bendungan pengelak diperkirakan akan dapat menimbulkan kerugian-kerugian yang cukup besar, termasuk kemungkinan-kemungkinan membawa korban jiwa, sehingga mengakibatkan pembangunannya tidak mungkin dilanjutkan lagi atau terjadi kelambatan-kelambatan yang serius, maka dapat diambil probabilitas debit banjir rencana yang melebihi 20 tahun (*Sosrodarsono dan Takeda, 2002*).

3) Analisis hidrologi

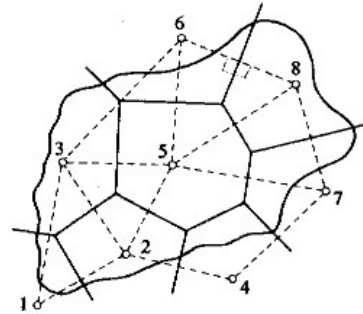
a. Pengujian data curah hujan

Sebelum digunakan dalam analisis hidrologi, perlu dilakukan analisis statistik untuk memastikan kelayakan data curah yang digunakan. Adapun analisis statistik yang digunakan untuk pengujian data curah hujan

yakni uji konsistensi data, uji ketiadaan trend, dan uji persistensi.

b. Curah hujan wilayah

Metode Poligon Thiessen digunakan untuk mengetahui luas daerah pengaruh yaitu dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili stasiun hujan yang disebut Koefisien Thiessen.



Gambar 1. Poligon thiessen (*Sosrodarsono & Takeda, 2003*).

Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3}$$

Keterangan:

- P = curah hujan yang tercatat
- A = luas area poligon
- n = jumlah pos hujan

c. Pemilihan distribusi curah hujan

Besarnya hujan rencana ditentukan berdasarkan analisis frekuensi atau distribusi probabilitas yang sesuai dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi. Adapun distribusi probabilitas yang umum digunakan yaitu:

- Distribusi Probabilitasi Gumbel,
- Distribusi Probabilitas Normal,
- Distribusi Probabilitas Log Normal, Dan
- Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

d. Pemilihan uji kecocokan

Uji kecocokan dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis (*Kamiana, 2011*). Terdapat metode pengujian kecocokan terhadap distribusi probabilitas, yaitu Metode Uji *Chi-Kuadrat* (X^2) dan Metode *Smirnov-Kolmogorof*.

4) Analisis debit banjir rencana

a. Hidrograf satuan sintetik Gama I

Adapun persamaan debit puncak hidrograf satuan sintetik Gama I, sebagai berikut:

$$Q_p = 0,1836 \times A^{0,5886} \times Tr^{-0,4008} \times JN^{0,2381}$$

Keterangan:

A = luas DAS (km²)

JN = jumlah pertemuan sungai

T_r = waktu puncak (jam)

Q_p = debit puncak hidrograf (m³/detik)

b. HSS Nakayasu

Adapun persamaan debit puncak hidrograf satuan sintetik Nakayasu, sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \times A \times R_0 \times \frac{1}{(0,3 \times t_p + t_{0,3})}$$

Keterangan:

A = luas DAS (km²)

R₀ = satuan kedalaman hujan (mm)

t_p = waktu puncak (jam)

t_{0,3} = waktu saat debit sama dengan 0,3 kali debit puncak (jam)

Q_p = debit puncak hidrograf (m³/detik)

c. HSS Snyder

Adapun persamaan debit puncak hidrograf satuan sintetik Snyder, sebagai berikut:

$$Q_p = qp \times A$$

Keterangan:

A = luas DAS (km²)

qp = puncak hidrograf satuan (m³/detik/km²)

Q_p = debit puncak hidrograf (m³/detik)

Dengan ordinat hidrografnya menggunakan persamaan ALEXEJEV, sebagai berikut:

$$Y = \frac{Q}{Q_p}$$

$$X = \frac{t}{T_p}$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}}$$

$$a = 1.32\lambda^2 + 0.15\lambda + 0.045$$

$$\lambda = \frac{Q_p \times T_p}{h \times A}$$

5) Kapasitas saluran pengelak

a. Kondisi aliran bebas (*free flow*)

Aliran bebas terjadi ketika seluruh panjang terowongan belum terisi penuh oleh air sehingga masih berupa aliran terbuka (*open channel flow*). Untuk menentukan kecepatan aliran bebas dalam saluran pengelak digunakan pendekatan persamaan Manning.

b. Kondisi aliran tekan (*pressure flow*)

Aliran tekan terjadi pada saat seluruh panjang penampang saluran atau alirannya terisi

penuh oleh air, sehingga terjadi aliran tekan. Dalam hal ini kecepatan airnya ditentukan oleh perbedaan tinggi tekan.

6) Penelusuran aliran

Analisis penelusuran banjir lewat saluran pengelak didasarkan pada persamaan kontinuitas sebagai berikut (*Soemarto, 1995*):

$$I - O = \frac{dS}{dt}$$

Keterangan:

I = debit yang masuk (m³/dt)

O = debit yang keluar (m³/dt)

dS = perubahan besarnya tampungan tampungan/*storage* (m³)

dt = periode penelusuran (dt)

Dari persamaan kontinuitas di atas, dapat ditentukan elevasi puncak bendungan pengelak, sebagai berikut:

$$h = HWL + hf$$

Keterangan:

h = Elevasi puncak bendungan (m)

HWL = Elevasi muka air (*High Water Level*) (m)

hf = tinggi jagaan (*freeboard*) (m)

7) Pemodelan aliran saluran pengelak menggunakan program HEC-RAS

Pemodelan aliran dilakukan dalam model satu dimensi menggunakan pendekatan hidrolika untuk aliran seragam dengan aliran permanen (*steady flow*) yang dibantu menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Analisis hidrolika aliran pada dasarnya adalah mencari kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang alur yang ditimbulkan oleh debit yang masuk ke dalam alur dan kedalaman aliran di batas hilir.

Persamaan Saint Venant terdiri dari dua persamaan dasar yaitu persamaan keseimbangan massa dan persamaan keseimbangan momentum. Aliran tunak (*steady flow*) memiliki persamaan umum dari hukum kontinuitas dan hukum momentum konservatif yang merupakan bagian dari persamaan Saint Venant yang dimana (Pratiwi, dkk. 2013):

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + g(S_f - S_o) = 0$$

Karena aliran merupakan aliran tunak (*steady flow*), maka nilai $\frac{\partial v}{\partial x} = 0$, $V \frac{\partial v}{\partial x} = 0$, dan $g \frac{\partial h}{\partial x} = 0$. Sehingga, diperoleh:

$$S_f - S_o = 0$$

maka,

$$\frac{n^2 V^2}{\sqrt[3]{R^4}} - S_o = 0$$

Dengan demikian perhitungan aliran seragam tunak dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan Manning, sebagai berikut:

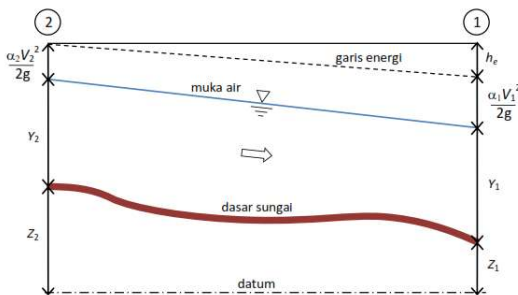
$$V = \frac{1}{n^2} R^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}}$$

Dalam analisis profil muka air di sepanjang alur secara berurutan dari satu tampang melintang ke tampang melintang berikutnya digunakan persamaan energi yang dengan metode yang dikenal sebagai *standard step method* (Metode Tahap Standar). Persamaan energi antara dua tampang melintang adalah sebagai berikut:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dengan:

- Y_1, Y_2 = kedalaman aliran (m)
- Z_1, Z_2 = elevasi dasar saluran (m)
- V_1, V_2 = kecepatan rata-rata (m²/dt)
- α_1, α_2 = koefisien
- g = percepatan gravitasi (m²/dt)
- h_e = kehilangan tinggi energi (m)



Gambar 2. Diagram aliran berubah beraturan (Istiarto, 2012).

8) Efektivitas dimensi saluran pengelak terhadap debit banjir rencana kala ulang 25 tahun

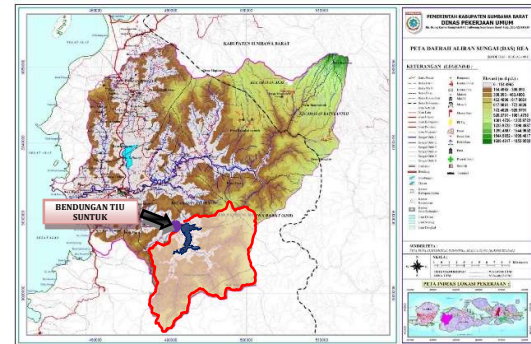
Kriteria efektivitas dalam penelitian ini menitikberatkan pada aspek fungsi, dimana efektivitas saluran pengelak adalah infrastruktur yang dapat meredam debit banjir sebesar mungkin sehingga elevasi muka air tidak melebihi elevasi puncak bendungan pengelak. Hal ini dikarenakan penentuan elevasi puncak bendungan pengelak direncanakan berdasarkan hasil penelusuran banjir pada saluran pengelak, sehingga dari hasil analisis dapat diketahui apakah debit banjir rencana maksimum menyebabkan kenaikan elevasi muka air yang

mungkin memerlukan perubahan elevasi puncak bendungan pengelak.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Wilayah yang menjadi lokasi dari penelitian ini terletak di Sungai Brang Ene, DAS Rea, Wilayah Sungai (WS) Sumbawa. Secara administratif lokasi bendungan ini terletak di Dusun Hijrah, Desa Mujahiddin, Kecamatan Brang Ene, Kabupaten Sumbawa Barat.



Gambar 3. Lokasi penelitian.

B. Pengumpulan Data

Data dalam penelitian didapatkan dari Instansi Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara I. Adapun data yang digunakan dalam analisis ini, yaitu:

1. Data teknis bendungan Tiu Suntuk terkait debit banjir rencana, bangunan pengelak, dan bendungan pengelak.
2. Data curah hujan harian sepanjang 14 tahun dari tahun 1994 – 2007.
3. Potongan memanjang dan melintang saluran pengelak.
4. Peta DAS Brang Rea beserta stasiun yang berpengaruh.
5. Data kapasitas waduk Bendungan Tiu Suntuk (tabel dan grafik lengkung kapasitas).

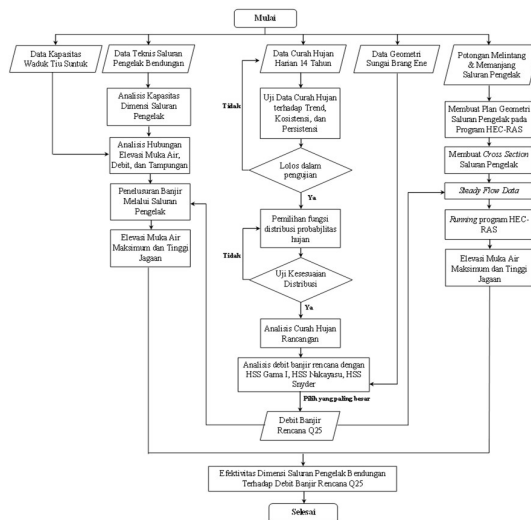
C. Analisis Data

Analisis efektivitas dimensi saluran pengelak bendungan Tiu Suntuk terhadap debit banjir rencana diawali dengan mencari besarnya debit banjir rencana periode ulang 25 tahun dari data curah hujan yang didapat menggunakan metode hidrograf satuan sintetik (HSS), yakni HSS Gama I, HSS Nakayasu, dan HSS Snyder. Nilai debit banjir periode ulang 25 tahun yang digunakan adalah nilai debit banjir terbesar. Kemudian digunakan sebagai data masukkan dalam pemodelan aliran pada saluran pengelak menggunakan program HEC-RAS dengan jenis

aliran tetap (*steady flow*) untuk diketahui elevasi muka air yang terjadi apabila debit banjir tersebut dialirkan melalui saluran pengelak dengan dimensi eksisting. Sedangkan nilai dari hidrograf Nakayasu beserta waktunya menjadi data masukkan dalam analisis penelusuran banjir pada saluran pengelak untuk mendapatkan besarnya *outflow* yang mampu dialirkan saluran pengelak agar dapat diketahui elevasi muka air maksimum yang diakibatkan oleh debit banjir rencana periode ulang 25 tahun.

D. Bagan Alir

Secara garis besar penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan seperti yang terlihat pada bagan alir berikut:



Gambar 4. Bagan alir penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASANA

A. Pengujian data curah hujan

Data hujan yang digunakan dalam pengujian data curah hujan adalah data curah hujan tahunan yang didapatkan dari tiga stasiun yaitu Stasiun Tepas, Stasiun Taliwang, dan Stasiun Jereweh. Data hujan yang diperoleh dari masing-masing stasiun di uji kelayakannya menggunakan uji konsistensi RAPS, uji ketiadaan trend, dan uji persistensi.

Rekapitulasi hasil pengujian data curah hujan dengan uji konsistensi RAPS disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi uji konsistensi data RAPS seluruh stasiun hujan.

Stasiun Hujan	$Q/n^{0.5}$ hitung	$Q/n^{0.5}$ tabel	$R/n^{0.5}$ hitung	$R/n^{0.5}$ tabel	Kesimpulan
Tepas	0,96	1,472	1,29	1,712	Data Konsisten/Pangkah
Taliwang	0,90		1,305		Data Konsisten/Pangkah
Jereweh	0,93		1,34		Data Konsisten/Pangkah

Rekapitulasi hasil pengujian data curah hujan dengan uji ketiadaan trend disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi uji ketiadaan trend seluruh stasiun hujan.

Stasiun Hujan	KP	hitung	tcritis	Kesimpulan
Tepas	0,077	0,431	1,960	Data Tidak Ada Tren
Taliwang	0,010	0,054		Data Tidak Ada Tren
Jereweh	0,111	0,624		Data Tidak Ada Tren

Rekapitulasi hasil pengujian data curah hujan dengan uji persistensi disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi uji persistensi seluruh stasiun hujan.

Stasiun Hujan	KS	hitung	tcritis	Kesimpulan
Tepas	-0,021	-0,115	1,960	Data <i>random</i> /Persistensi
Taliwang	0,227	1,275		Data <i>random</i> /Persistensi
Jereweh	-0,089	-0,492		Data <i>random</i> /Persistensi

Adapun data curah hujan maksimum pertahun yang didapatkan dari ketiga stasiun hujan, yakni stasiun Tepas, stasiun Taliwang, dan stasiun Jereweh sepanjang 33 tahun dari tahun 1988 – 2020 disajikan dalam tabel 4.

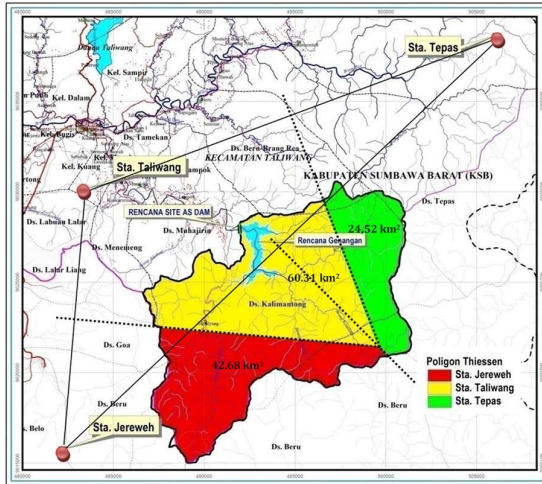
Tabel 4. Curah hujan maksimum pertahun.

No	Tahun	Stasiun Tepas	Stasiun Taliwang	Stasiun Jereweh	Curah Hujan Max (mm)
		0,1923	0,4730	0,3347	
1	1988	57,00	75,0	62,8	67,45
2	1989	176,43	102,0	103,5	116,81
3	1990	75,00	76,0	107,1	86,20
4	1991	61,00	95,0	75,3	81,88
5	1992	59,00	85,0	69,1	74,66
6	1993	235,00	110,0	101,9	131,34
7	1994	57,10	175,3	97,9	126,67
8	1995	104,50	98,0	87,7	95,79
9	1996	64,70	212,4	115,7	151,62
10	1997	91,70	80,0	89,9	85,56
11	1998	103,57	82,0	225,3	134,13
12	1999	167,35	72,0	189,7	129,73
13	2000	125,12	102,7	231,9	150,26
14	2001	140,33	63,0	79,0	83,21
15	2002	165,30	70,0	86,2	93,76
16	2003	119,50	90,93	97,61	98,66
17	2004	183,10	84,9	67,8	97,723
18	2005	117,20	125,0	94,4	113,24
19	2006	145,50	59,0	108,7	92,28
20	2007	50,50	135,5	78,8	100,16
21	2008	110,71	81,0	43,5	74,15
22	2009	147,91	87,0	227,9	145,87
23	2010	140,10	90,0	88,0	98,98
24	2011	61,81	42,0	46,0	47,15
25	2012	57,80	42,0	40,0	44,37
26	2013	100,14	45,0	100,0	74,01
27	2014	49,28	35,0	59,8	46,05
28	2015	78,37	87,0	69,9	79,61
29	2016	88,96	95,0	108,8	98,45
30	2017	128,50	153,0	89,1	126,90
31	2018	75,23	71,0	93,5	79,35
32	2019	99,74	115,0	76,0	99,01
33	2020	93,86	98,0	105,8	99,81

Dan koefisien thiessen untuk masing-masing wilayah per stasiun hujan didapatkan dengan menggunakan metode polygon thiessen.

Tabel 5. Luas daerah tangkapan hujan masing-masing stasiun hujan.

No.	Nama Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Koefisien Thiessen (%)
1	Tepas	24,52	19,23
2	Taliwang	60,31	4,3
3	Jereweh	42,68	33,47
TOTAL		127,51	100



Gambar 5. Peta DAS, lokasi stasiun hujan, dan poligon thiessen.

Selanjutnya data curah hujan harian maksimum diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil dan dilakukan analisis frekuensi menggunakan parameter statistik. Dari hasil analisis frekuensi tersebut dapat ditentukan jenis distribusi probabilitas yang cocok menurut persyaratan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Pemilihan jenis distribusi frekuensi.

No.	Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan
1	Gumbel	C _s = 1,14 C _k = 5,4	C _s = 0,821
2	Normal	C _s = 0 C _k = 3	C _k = 2,857
3	Log Normal	C _s = 3C _v	3C _v = 0,291
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas	

Hujan rancangan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan tipe distribusi probabilitas Log Pearson Type III sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}T} + K_T \times S \text{Log } \bar{X}T \\ &= 1,970 + 1,489 \times 0,14 \\ &= 2,175 \\ X_T &= 10^{\text{Log } X_T} \\ &= 10^{2,175} \\ &= 149,538 \text{ mm} \end{aligned}$$

Selanjutnya, dilakukan uji kecocokan terhadap distribusi probabilitas yang digunakan

dalam menentukan besarnya hujan rancangan. Uji kecocokan dilakukan dengan menggunakan uji *Chi Kuadrat* (X^2) dan Smirnov-Kolmogorov. Dimana hasil dari kedua uji kecocokan menunjukkan bahwa distribusi probabilitas yang digunakan adalah cocok.

Dalam penelitian ini intensitas curah hujan dianalisis dengan persamaan metode Mononobe.

$$\begin{aligned} RT &= \frac{1}{t} \times \left(\frac{t}{T}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{1}{6} \times \left(\frac{6}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0,347 R_{24} \\ Rt &= T \times RT - ((T - 1) \times (RT - 1)) \\ &= 1 \times 0,347 R_{24} - ((1 - 1) \times 0,550 R_{24}) \\ &= 0,5848 \\ Rn &= C \times R (25 \text{ Tahun}) \\ &= 0,8 \times 149,538 = 119,753 \text{ mm} \\ Re &= Rt \times Rn \\ &= 0,143 \times 119,753 = 17,130 \text{ mm} \end{aligned}$$

Demikian berikutnya seluruh perhitungan dilakukan sesuai dengan contoh perhitungan diatas sehingga diperoleh perhitungan distribusi curah hujan periode ke-T pada Tabel 7.

Tabel 7. Curah hujan efektif jam-jaman.

Jam Ke (T)	RT	Rt	Rn	Re
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0,550	0,550	119,753	65,903
2	0,347	0,143	119,753	17,130
3	0,265	0,100	119,753	12,016
4	0,218	0,080	119,753	9,566
5	0,188	0,067	119,753	8,078
6	0,167	0,059	119,753	7,061

B. Analisis debit banjir rencana

Debit banjir rencana periode ulang 25 tahun dianalisis dengan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik (HSS) Gama I, Nakayasu, dan Snyder.

Adapun debit puncak HSS Gama I diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,1836 \times A^{0,5886} \times T_r^{-0,4008} \times JN^{0,2381} \\ &= 0,1836 \times 127,51^{0,5886} \times 2,841^{-0,4008} \times 79^{0,2381} \\ &= 5,933 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tabel 8. Analisis debit banjir HSS Gama I.

Waktu (Jam)	Qr (m³/dt)	Re Periode Ulang 25 Tahun						Q total (m³/dt)
		Jam Ke-1	Jam Ke-2	Jam Ke-3	Jam Ke-4	Jam Ke-5	Jam Ke-6	
		65,903	17,130	12,016	9,566	8,078	7,061	
0	0,000	0,000					0,000	
1	2,406	158,532	0,000				158,532	
2	4,811	317,064	82,412				399,476	
2,841	6,835	450,458	117,083	0,000			567,541	
3	5,467	360,264	93,640	65,686	0,000		519,590	
4	4,388	289,202	75,170	52,730	41,978	0,000	459,080	
5	3,523	232,157	60,343	42,329	33,698	28,457	396,984	
6	2,828	186,365	48,440	33,980	27,051	22,844	338,647	
7	2,270	149,605	38,885	27,277	21,715	18,338	271,850	
8	1,822	120,095	31,215	21,897	17,432	14,721	218,228	
9	1,463	96,407	25,058	17,578	13,994	11,817	175,183	
10	1,174	77,391	20,115	14,111	11,233	9,486	140,628	
11	0,943	62,125	16,148	11,327	9,018	7,615	112,889	
12	0,757	49,871	12,963	9,093	7,239	6,113	90,622	
13	0,607	40,034	10,406	7,299	5,811	4,907	72,747	
14	0,488	32,138	8,353	5,860	4,665	3,939	58,398	
15	0,391	25,798	6,706	4,704	3,745	3,162	46,879	
16	0,314	20,710	5,383	3,776	3,006	2,538	37,632	
17	0,252	16,625	4,321	3,031	2,413	2,038	30,209	
18	0,203	13,346	3,469	2,433	1,937	1,636	24,251	
19	0,163	10,713	2,785	1,953	1,555	1,313	19,467	
20	0,130	8,600	2,235	1,568	1,248	1,054	15,627	
21	0,105	6,904	1,794	1,259	1,002	0,846	12,545	
22	0,084	5,542	1,440	1,010	0,804	0,679	10,070	
23	0,068	4,449	1,156	0,811	0,646	0,545	8,084	
24	0,054	3,571	0,928	0,651	0,518	0,438	6,489	

Berdasarkan hasil analisis HSS Gamma I debit banjir maksimum sebesar 567,541 m³/detik dengan waktu puncak pada jam 2,841.

Adapun debit puncak HSS Nakayasu diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_p &= \frac{1}{3,6} x A x R_0 x \frac{1}{(0,3 x T_p + t_{0,3})} \\
 &= \frac{1}{3,6} x 127,51 x 1 x \frac{1}{(0,3 x 2,604 + 3,255)} \\
 &= 8,776 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Tabel 9. Analisis debit banjir HSS Nakayasu.

Waktu (Jam)	Qr (m³/dt)	Re Periode Ulang 25 Tahun						Q Total (m³/dt)
		Jam Ke-1	Jam Ke-2	Jam Ke-3	Jam Ke-4	Jam Ke-5	Jam Ke-6	
		65,903	17,130	12,016	9,566	8,078	7,061	
0	0,000	0,000					0,000	
1	0,882	58,125	0,000				58,125	
2	4,655	306,786	79,740				386,526	
2,604	8,769	577,902	150,209	0,000			728,111	
3	7,574	499,136	129,736	91,007	0,000		719,879	
4	5,232	344,804	89,622	62,868	50,049	0,000	547,343	
5	3,614	238,192	61,911	43,429	34,574	29,196	407,302	
5,859	2,631	173,371	45,063	31,610	25,165	21,251	296,459	
6	2,541	167,435	43,520	30,528	24,303	20,523	304,249	
7	1,985	130,842	34,009	23,856	18,992	16,038	237,756	
8	1,551	102,247	26,576	18,643	14,841	12,533	185,795	
9	1,212	79,901	20,768	14,568	11,598	9,794	145,190	
10	0,947	62,439	16,229	11,384	9,063	7,653	113,459	
10,741	0,789	52,011	13,519	9,483	7,549	6,375	94,511	
11	0,752	49,578	12,886	9,040	7,196	6,077	90,090	
12	0,625	41,207	10,711	7,513	5,981	5,051	74,878	
13	0,520	34,249	8,902	6,245	4,971	4,198	62,234	
14	0,432	28,466	7,399	5,190	4,132	3,489	51,726	
15	0,359	23,659	6,150	4,314	3,434	2,900	42,992	
16	0,298	19,664	5,111	3,585	2,854	2,410	35,732	
17	0,248	16,344	4,248	2,980	2,372	2,003	29,699	
18	0,206	13,584	3,531	2,477	1,972	1,665	24,684	
19	0,171	11,290	2,935	2,059	1,639	1,384	20,516	
20	0,142	9,384	2,439	1,711	1,362	1,150	17,052	
21	0,118	7,799	2,027	1,422	1,132	0,956	14,173	
22	0,098	6,482	1,685	1,182	0,941	0,795	11,779	
23	0,082	5,388	1,400	0,982	0,782	0,660	9,790	
24	0,068	4,478	1,164	0,816	0,650	0,549	8,137	

Berdasarkan hasil analisis HSS Nakayasu debit banjir maksimum sebesar 728,111 m³/detik dengan waktu puncak adalah 2,604 jam

Adapun debit puncak HSS Snyder diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A \\
 &= 0,027575 \times 127,51 \\
 &= 3,516 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Dimana ordinat hidrograf dihitung dengan persamaan ALEXEJEV sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{Q_p \cdot T_p}{h \cdot A} = 0,926667$$

$$a = 1,32\lambda^2 + 0,15\lambda + 0,045 = 1,3175$$

$$x = \frac{t}{T_p} = 1,027$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} = 0,998$$

$$Q = Q_p \times Y = 4,035 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 10. Analisis debit banjir HSS Snyder.

Waktu (Jam)	Q _r (m ³ /dt)	Re Periode Ulang 25 Tahun						Q total (m ³ /dt)
		Jam Ke-1	Jam Ke-2	Jam Ke-3	Jam Ke-4	Jam Ke-5	Jam Ke-6	
		65,903	17,130	12,016	9,566	8,078	7,061	
0	0,000	0,000						0,000
1	0,000	0,000	0,000					0,000
2	0,00138	0,091	0,000	0,000				0,091
3	0,082	5,395	0,024	0,000	0,000			5,419
4	0,531	35,014	1,402	0,017	0,000	0,000		36,433
5	1,421	93,643	9,101	0,984	0,013	0,000	0,000	103,741
6	2,440	160,770	24,340	6,384	0,783	0,011	0,000	192,288
7	3,251	214,256	41,788	17,074	5,082	0,661	0,010	278,871
8	3,698	243,730	55,690	29,313	13,592	4,292	0,578	347,195
8,767	3,794	250,009	64,045	39,949	24,219	12,130	4,039	394,391
9	3,786	249,488	63,350	39,065	23,336	11,478	3,752	390,469
10	3,599	237,195	64,847	44,439	31,100	19,706	10,033	387,320
11	3,243	213,711	61,652	45,489	35,378	26,262	17,226	379,717
12	2,806	184,947	55,548	43,247	36,213	29,875	22,956	372,788
13	2,355	155,170	48,072	38,966	34,429	30,581	26,114	333,332
14	1,928	127,055	40,332	33,721	31,020	29,074	26,731	287,934
15	1,548	102,026	33,024	28,292	26,845	26,196	25,414	241,797
16	1,224	80,641	26,519	23,166	22,523	22,670	22,898	198,416
17	0,955	62,913	20,960	18,602	18,442	19,020	19,816	159,754
18	0,737	48,552	16,352	14,703	14,809	15,574	16,626	126,616
19	0,563	37,127	12,620	11,471	11,705	12,506	13,613	99,042
20	0,427	28,172	9,650	8,852	9,132	9,885	10,932	76,622
21	0,322	21,234	7,322	6,769	7,047	7,712	8,640	58,725
22	0,241	15,913	5,519	5,136	5,389	5,951	6,741	44,650
23	0,180	11,866	4,136	3,872	4,089	4,551	5,202	33,715
24	0,134	8,809	3,084	2,901	3,082	3,453	3,978	25,308

Berdasarkan hasil analisis HSS Snyder debit banjir maksimum sebesar 394,391 m³/detik pada jam 8,767.

C. Analisis Kapasitas Saluran Pengelak

Debit banjir rancangan yang digunakan untuk analisis kapasitas saluran pengelak dengan kala ulang 25 tahun (Q₂₅ tahun) adalah nilai debit banjir terbesar yang telah dianalisis sebelumnya menggunakan hidrograf satuan sintesis (HSS) Nakayasu yaitu 635,747 m³/detik.

Analisis kapasitas saluran pengelak dilakukan untuk mendapatkan nilai kecepatan aliran dalam penampang dan debit yang mampu dialirkan oleh dimensi penampang saluran dimulai dari saluran pengarah pengelak dan saluran pengelak (konduit).

Tabel 11. Analisis kapasitas saluran pengarah pengelak.

Elevasi	A (m ²)	V (m/det)	Q (m ³ /det)
48,56	0,000	0,000	0,000
49,56	8,500	2,805	23,845
50,56	19,000	3,517	66,829
51,56	31,500	3,587	112,987
52,56	46,000	3,478	160,001
53,56	62,500	3,339	208,672

Tabel 12. Analisis kapasitas saluran pengelak (konduit).

Elevasi (m)	HA (m)	hL (m)	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
45,75	0,00	0,00	0,000	0,000
48,75	3,00	3,75	1,073	9,659
49,75	4,00	4,75	5,160	4,441
50,75	5,00	5,75	5,677	51,097
51,75	6,00	6,75	6,151	55,362
52,75	7,00	7,75	6,591	59,321
53,75	8,00	8,75	7,004	63,032
54,75	9,00	9,75	7,393	66,537
55,75	10,00	10,75	7,763	69,865
56,75	11,00	11,75	8,116	73,043
57,75	12,00	12,75	8,454	76,087
58,75	13,00	13,75	8,779	79,015
59,75	14,00	14,75	9,093	81,838
60,75	15,00	15,75	9,396	84,566
61,75	16,00	16,75	9,690	87,210
62,75	17,00	17,75	9,975	89,775
63,75	18,00	18,75	10,252	92,270
64,75	19,00	19,75	10,522	94,698
65,75	20,00	20,75	10,785	97,066
66,75	21,00	21,75	11,042	99,377
67,75	22,00	22,75	11,293	101,636
68,75	22,50	23,25	11,416	102,747
69,75	24,00	24,75	11,779	106,010
70,75	25,00	25,75	12,015	108,130
71,75	26,00	26,75	12,246	110,210
72,75	27,00	27,75	12,472	112,251
73,05	27,30	28,05	12,540	112,856

Dimana dalam hasil analisis, debit banjir hingga elevasi muka air adalah 73,05 m saluran mampu mengalirkan debit banjir sebesar 116,697 m³/detik.

A. Penelusuran Banjir Melalui Saluran Pengelak

Analisis penelusuran banjir pada saluran pengelak dilakukan dengan menyiapkan tabel hubungan antara elevasi muka air, tampungan, dan debit (H – Q – S) pada saluran pengelak (konduit) terlebih dahulu. Tabel hubungan elevasi muka air, tampungan, dan debit adalah tabel yang menunjukkan kondisi disaat saluran pengelak (konduit) telah terpenuhi air seluruh dimensinya hingga menimbulkan suatu genangan di sebelah hulunya untuk menunjukkan bagaimana debit yang mampu dialirkan oleh penampang saluran pengelak (konduit) dan volume genangan yang terjadi di hulu.

Selanjutnya dilakukan analisis penelusuran banjir di saluran pengelak dengan durasi banjir dan debit banjir yang didapatkan dengan hidrograf satuan sintetik (HSS) Nakayasu.

Dari tabel hasil analisis dengan program HEC-RAS diatas diketahui bahwa elevasi muka air maksimum pada saluran pengelak akibat debit banjir rencana maksimum kala ulang 25 tahun sebesar 728,111 m³/detik adalah 71,80 m, yakni pada STA 0+00 yakni penampang saluran pengelak paling hulu.

Dari elevasi muka air maksimum yang didapat kemudian dapat dihitung elevasi puncak bendungan pengelak dengan tinggi jagaan (hf) minimum yang digunakan yakni 2 m, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H &= HWL + hf \\ &= (+71,80) + 2,0 \\ &= (+73,80) \text{ m} \approx +74,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga elevasi puncak bendungan pengelak (*cofferdam*) berdasarkan hasil analisis penelusuran banjir diatas berada pada elevasi +74,00 m.

C. Pembahasan

Dalam perencanaan elevasi puncak bendungan pengelak (*cofferdam*) ditentukan berdasarkan tingginya muka air maksimum hasil analisis penelusuran banjir pada saluran pengelak yang ditambah dengan tinggi jagaan yang dianggap aman saat menghadapi debit banjir yang besar selama konstruksi berlangsung. Dimana elevasi puncak bendungan pengelak (*cofferdam*) eksisting yakni pada elevasi +73,00 m.

Berdasarkan hasil analisis penelusuran banjir pada didapatkan elevasi muka air maksimum akibat debit banjir rencana kala ulang 25 tahun sebesar 728,111 m³/detik adalah +71,443 m yang berarti elevasi puncak bendungan pengelak (*cofferdam*) berada pada elevasi +73,50 m. Dari hasil analisis saluran pengelak menggunakan program HEC-RAS juga didapatkan elevasi muka air maksimum pada saluran pengelak adalah +71,80 m yang berarti elevasi puncak bendungan pengelak (*cofferdam*) berada pada elevasi +74,00 m.

Tabel 14. Perbandingan hasil elevasi muka air dan bendungan pengelak.

Elevasi muka air maksimum debit banjir kala ulang 25 Tahun		
Analisis Penelusuran Banjir (Manual)	Analisis Program HEC-RAS	Konsultan Perencana
+71,443 m	+71,80 m	+68,534 m
Elevasi bendungan pengelak rencana		
Analisis Penelusuran Banjir (Manual)	Analisis Program HEC-RAS	Konsultan Perencana
+73,443 m	+73,80 m	+7W3,00 m
+73,50 m	+74,00 m	

Sehingga dari hasil analisis dapat diketahui bahwa elevasi puncak bendungan pengelak yang diperoleh dari hasil analisis penelusuran banjir

(*flood routing*) maupun analisis saluran pengelak dengan program HEC-RAS didapatkan bahwa dimensi saluran pengelak eksisting apabila ditinjau dari aspek fungsinya dinyatakan sudah tidak efektif. Dari hasil analisis menunjukkan elevasi muka air akibat debit banjir rencana maksimum dan elevasi puncak bendungan yang diperoleh dari hasil analisis melebihi elevasi puncak bendungan pengelak (*cofferdam*) eksisting sehingga diperlukan adanya perubahan elevasi puncak bendungan pengelak eksisting untuk mencegah terjadinya limpahan diatas puncak bendungan pengelak.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis debit banjir kala ulang 25 tahun dengan menggunakan tiga metode hidrograf satuan sintetik (HSS), yaitu HSS Gama I, HSS Nakayasu, dan HSS Snyder didapatkan nilai debit banjir maksimum berturut-turut adalah 567,541 m³/detik, 728,111 m³/detik, dan 394,391 m³/detik.
2. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dengan melakukan penelusuran banjir (*flood routing*) pada saluran pengelak dan analisis profil muka air menggunakan HEC-RAS, didapatkan bahwa dimensi saluran pengelak eksisting apabila ditinjau dari aspek fungsinya dinyatakan sudah tidak efektif. Dari hasil analisis menunjukkan elevasi muka air akibat debit banjir rencana maksimum dan elevasi puncak bendungan yang diperoleh dari hasil analisis melebihi elevasi puncak bendungan pengelak (*cofferdam*) eksisting sehingga diperlukan adanya perubahan elevasi puncak bendungan pengelak eksisting untuk mencegah terjadinya limpahan diatas puncak bendungan pengelak.

B. Saran

Dari kesimpulan yang didapatkan, adapun hal-hal yang penulis sarankan adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan yang lebih panjang akan menghasilkan hasil yang lebih akurat untuk mempertajam hasil analisis.
2. Penambahan ukuran efektivitas, sampel, dan referensi yang lebih banyak dapat

meningkatkan akurasi yang tinggi dalam kajian efektivitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alif, C. J., & Andawayanti, U. (2018). Aplikasi HEC RAS Untuk Analisa dan Penanganan Banjir Di Sungai Mujur Kecamatan Tempeh Lor Kabupaten Lumajang. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*.
- Atitami, D. (2009). *Evaluasi Fungsi Rencana Saluran Pengelak Dalam Pengendalian Banjir Kota Bantaeng Sulawesi Selatan*. Surakarta: Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret .
- Badan Pembinaan Konstruksi dan Sumber Daya Manusia Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi. (2005). *Pelatihan Ahli Supervisi Terowongan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Firmanto, B. N. (2020). Studi Alternatif Perencanaan Terowongan Pengelak Bendungan Tugu Kabupaten Trenggalek.
- Hermansyah, & Yusuf, M. (2020). *Studi Perbandingan Debit Banjir Rancangan dengan Debit Aktual di Sungai Jenelatan Kabupaten Gowa*. Makassar: Universitas Muhammdiyah Makassar.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Balai Penerapan Teknologi Konstruksi. (2018). *Knowledge Management: Penerapan Teknologi Konstruksi Edisi 11*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Balai Penerapan Teknologi Konstruksi.
- Konstruksi, P. P. (2017). *Modul Desain Bangunan Pelengkap Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia.
- Pratiwi, A., Widjajanti, T., & Wyrasti, A. F. (2013). Penurunan Persamaan Saint Venant Secara Geometris. *Beta*, 172-200.
- Safe'ie, I., Rahman, T., & Haryanto, B. (2020). Studi Pengendalian Banjir Di Jalan Pramuka Kota Samarinda Menggunakan Software HEC-RAS. *Jurnal Teknologi Sipil*.
- Simatupang, S. A., Tanan, B., & Lukman, M. (2020). Tinjauan Perencanaan Terowongan Pengelak Bendungan Karalloe di Kabupaten Gowa. *Paulus Civil Engineering Journal*, Volume 2 No. 1.
- Soemarto. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1*. Bandung: NOVA.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2002). *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suripin. (2018). *Mekanika Fluida dan Hidraulika Saluran Terbuka untuk Teknik Sipil*. Yogyakarta: ANDI.
- Syarifudin, & PU-SDA. (2017). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.