

KAJIAN EFEKTIFITAS *GULLY PLUG* DALAM PENGENDALIAN *RUN OFF* DI KAWASAN HULU DAS PULISAN

Kelvin H. Auwyanto^{1*}, Tiny Mananoma², Jeffry S. F. Sumarauw³

^{1,2,3} Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia.

*e-mail: auwyantokelvin22@gmail.com¹

Abstract: The flood problem in Pulisan village that occurred in 2019 is one of the issues that needs to be addressed immediately because it causes harm to residents living around the river and disrupts vehicle traffic. One of the causes of flooding in the Pulisan River is the large run-off and large flow rates that trigger the potential for flooding. Therefore, it is necessary to control runoff in the upstream area of the Pulisan River. This study aimed to study the effectiveness of gully plugs in controlling run off in the Upper and Pulisan Regions. The analysis begins by calculating the frequency of rain using the Pearson III log. The MRG Araren-Pinenek rain post and the Maen Climatology rain post are the sources of maximum daily rainfall data used for the period 2002–2021. The HEC-HMS software is used to help obtain the parameters needed to obtain a peak discharge of 2,2 m³/sec. After the peak discharge test results are satisfactory, an analysis of the planned return flood discharge is carried out using the HEC-HMS software with calibrated parameters. The peak discharge for each return period is then entered into the HEC-RAS software to analyze the water level and flow rate when using a gully plug at each section. The simulation results show that of several types of gully plugs, a significant reduction in flow velocity is seen in the type 60 gully plug, namely that the flow velocity is 0.6–1 m/sec and that the flow velocity does not cause sediment in the channel.

Keywords: Gully Plug, Run Off, Sungai Pulisan, Torrential

Abstrak: Masalah banjir di desa Pulisan yang terjadi pada tahun 2019 menjadi salah satu isu yang perlu segera diatasi dikarenakan menyebabkan kerugian bagi warga yang tinggal di sekitar sungai, serta mengganggu lalu lintas kendaraan. Salah satu penyebab banjir di sungai Pulisan adalah besarnya *run off* serta laju aliran yang besar sehingga memicu potensi kejadian banjir. Oleh karena itu, dibutuhkan pengendalian run off di Kawasan hulu sungai Pulisan. Tujuan penelitian ini untuk melakukan kajian efektivitas gully plug dalam pengendalian run off di Kawasan Hulu dan Pulisan. Analisis dimulai dengan menghitung frekuensi hujan dengan menggunakan Log Pearson III. Pos hujan MRG Araren-Pinenek dan pos hujan Klimatologi Maen merupakan sumber data curah hujan harian maksimum yang digunakan dengan rentang waktu yaitu tahun 2002 s/d 2021. Software HEC-HMS digunakan untuk membantu mendapatkan parameter-parameter yang diperlukan guna untuk mendapatkan debit puncak 2,2 m³/detik. Setelah hasil uji debit puncak memenuhi maka dilakukan analisis debit banjir rencana kala ulang menggunakan software HEC-HMS dengan parameter-parameter yang sudah terkalibrasi. Debit puncak setiap kala ulang kemudian dimasukkan ke dalam software HEC-RAS untuk menganalisis tinggi muka air dan laju aliran pada saat menggunakan gully plug pada setiap penampang. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dari beberapa tipe gully plug, pengurangan kecepatan aliran yang signifikan ada pada gully plug tipe 60 yaitu kecepatan alirannya menjadi 0,6 – 1 m/detik, kecepatan aliran tersebut tidak menyebabkan endapan di saluran.

Kata kunci: Pasang Selokan, Lari, Sungai Pulisan, Lebat

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai wilayah geografis yang dialiri oleh beberapa sungai menjadi satu aliran (Andawayanti, 2019; Fitriyani, 2022). Pergeseran musim dan penggunaan air oleh manusia secara signifikan mempengaruhi tingkat permukaan air tanah (Ely, 2019; Nufutomo, 2022). Daerah resapan adalah daerah yang dikelilingi pegunungan yang darinya air mengalir ke sungai yang lebih besar. Garis kontur peta topografi digunakan untuk menemukan daerah aliran sungai (Andawayanti, 2019).

Peta topografi diperlukan untuk mengidentifikasi batas DAS (Batubara et al., 2019; Ely, 2019; Wibowo, 2011). Peta topografi adalah peta detail suatu wilayah, meliputi jalan, desa, kota, jenis tutupan lahan, sungai, dan jenis tumbuhan yang digambarkan dengan garis kontur. Telah ditetapkan bahwa peta dengan skala 1:50.000 cukup untuk sebagian besar penggunaan. Garis batas DAS menggambarkan garis yang memisahkan DAS berdasarkan titik kontrol pusat (J. Sumarauw, 2017).

Daerah aliran sungai dibentuk sesuai dengan aliran sungai karena geometri DAS mempengaruhi kecepatan arus terkonsentrasi, hal ini memiliki implikasi yang signifikan terhadap aliran sungai. Secara fisik, kita dapat mengetahui bentuk DAS setelah batas DAS ditentukan. Secara umum, terdapat empat bentuk geometri DAS yaitu alur sungai radial, paralel, memanjang, dan kompleks (Harmon et al., 2022).

Pada tahun 2019 pemerintah pusat telah menetapkan 5 destinasi superprioritas dan kawasan ekonomi khusus (KEK) pariwisata (Firmansyah, 2021) Kawasan destinasi wisata Superprioritas yang sampai saat ini masih terus digencarkan yaitu KEK Likupang yang berada di Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Desa Pulisan merupakan salah satu bagian dari Kawasan potensial KEK Likupang (Firmansyah, 2021). Perubahan fungsi lingkungan serta tata guna lahan seiring dengan laju pertumbuhan jumlah penduduk, dan meningkatnya aktivitas masyarakat dalam memenuhi kebutuhan hidup telah berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan, bahkan mengakibatkan kerusakan DAS (Brunner, 2016). Diketahui bahwa pengelolaan sumber daya air butuh data dan informasi hidrologi (Soewarno, 2015).

Hasil informasi yang ada, pada tahun 2019 pernah terjadi luapan banjir di desa Pulisan dan salah satu syarat yang harus di lengkapi sebagai kawasan ekonomi khusus

(KEK) pariwisata antara lain harus terbebas dari bencana banjir (Sumarauw, 2016). Berangkat dari penetapan daerah Likupang sebagai KEK pariwisata maka perlu dilakukan kajian teknis dari aspek hidrologi dan hidraulika di DAS Pulisan terkait besaran *run off* sebagai upaya pengendalian banjir di Kawasan hulu, dengan pemasangan konstruksi *gully plug* sebagai alternatif terpilih.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua bentuk peraturan yang berkaitan dengan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) harus diatur secara ketat sebagai dasar hukum untuk pengelolaan daerah aliran sungai di Indonesia (Aryani et al., 2020). Penelitian lain menyatakan bahwa pengelolaan DAS secara integrasi dapat meminimalisir terjadinya banjir (Utama, 2022). Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan kajian efektivitas *gully plug* dalam pengendalian *run off* di Kawasan Hulu dan Pulisan.

METODE

Jenis penelitian yaitu penelitian kualitatif. Tempat penelitian di DAS Pulisan mempunyai total luas DAS sebesar 3,25 Km² dan mempunyai 9 anak sungai yang mengalir memasuki sungai Pulisan induk yaitu alur sungai 1 sampai alur sungai 9. Salah satu alur yang dijadikan objek dalam penelitian ini yaitu pada alur 5 sungai Pulisan. Data yang digunakan yaitu data sekunder dengan menggunakan aplikasi *Google earth pro*. Data penampang sungai dan data curah hujan harian maksimum diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Pengumpulan data sekunder untuk penelitian berupa data penampang sungai yang akan di tinjau dan data curah hujan harian maksimum. Untuk proses menganalisis data yang dikumpulkan menggunakan prosedur yang ditetapkan yaitu, menghitung debit banjir kala ulang rencana dengan bantuan program komputer HEC-HMS (*HEC-HMS Technical Reference Mannual*. 2000) (Sumarauw, 2018), menghitung ketinggian air serta kecepatan aliran pada saat pemasangan *gully plug* di penampang sungai dianalisis dengan bantuan perangkat lunak komputer HEC-RAS (*HEC-RAS 5.0 Reference Mannual*. 2016). Simulasi dilakukan secara 2 tahap yang berbeda yaitu : pada saat kondisi eksisting dan pada saat penampang sungai telah diredimensi dan dipasangkan *gully plug* di dalamnya. Pemasangan *gully plug* yaitu tipe 30, 35, 40, 45, 60, 65 dan 70. Masing masing tipe menggambarkan tinggi dari ambang efektif *gully plug*, ambang banjir sebesar 2 kali tinggi ambang efektif dan untuk bukaan ambang efektif semuanya yaitu 2 m sedangkan untuk bukaan atas dari ambang banjir

bersifat variatif berdasarkan dari penampang yang ada. Terakhir melakukan perbandingan kecepatan aliran yang terjadi akibat dari pemasangan masing-masing tipe *gully plug*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sungai Pulisan terletak di DAS Pulisan yang berada di Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. DAS Pulisan mempunyai total luas DAS sebesar 3,25 Km² dan mempunyai 9 anak sungai yang mengalir memasuki sungai Pulisan induk terlihat pada gambar 1. Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Pulisan (Sumarauw, 2017). Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer *Google Earth Pro* dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Salah satu alur yang dijadikan objek dalam penelitian ini yaitu pada alur 5 sungai Pulisan yang terletak di bagian hulu sebelah barat laut, dengan luas DAS sebesar 0,2512 Km² terlihat pada gambar 2.



Gambar 1. DAS Pulisan.



Gambar 2. Alur 5 Sungai Pulisan.

Analisis curah hujan menggunakan data curah hujan harian maksimum periode tahun 2002 sampai tahun 2021 di Pos Hujan MRG Araren-Pinenek (Data Hujan Harian Pos MRG Araren-Pinenek, Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1) dan Pos Hujan Klimatologi Maen (Data Hujan Harian Pos Klimatologi Maen, Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1). Data curah hujan maksimum untuk tiap pos hujan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Curah Hujan Maksimum.

No.	Tahun	MRG Araren -Pinenek	Klimatologi Maen
		(mm)	(mm)
1	2002	188,20	
2	2003	137,20	
3	2004	102,30	
4	2005	97,60	
5	2006	95,80	
6	2007	96,90	
7	2008	71,90	
8	2009	78,10	65,00
9	2010	83,00	68,00
10	2011	75,80	108,00
11	2012	121,20	83,00
12	2013	117,30	138,00
13	2014	76,50	126,50
14	2015	151,50	80,00
15	2016	68,10	65,50
16	2017	265,50	112,00
17	2018	80,10	76,00
18	2019	120,10	87,00
19	2020	135,20	80,00
20	2021	107,50	124,50

- Pos Hujan MRG Araren-Pinenek

Nilai CS_{log} lebih besar dari 0.4 sehingga dilakukan uji *outlier* tinggi lebih dahulu lalu uji *outlier* rendah.

$$Kn = (-3.62201) + (6.28446 \times 20^{1/4}) - (2.49835 \times 20^{1/2}) + (0.491436 \times 20^{3/4}) - (0.037911 \times 20) = 2.38$$

- Uji *outlier* tinggi

$$\log x_h = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{log} = 2.03 + 2.38 \times 0.1509$$

$$\log x_h = 2.39$$

$$X_h = 243.83 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *outlier* tinggi = 243.83 mm lebih rendah dari nilai hujan tertinggi yaitu 265.50 mm maka dilakukan koreksi data dan dilanjutkan dengan uji *outlier* rendah.

- Uji *outlier* rendah

$$\log x_l = \overline{\log x} - K_n \cdot S_{\log} = 2.025 - 2.38 \times 0.1459$$

$$\log x_l = 1.68$$

$$X_l = 47.60 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *outlier* rendah = 47.60 mm masih lebih rendah dari nilai hujan terendah yaitu 68.10 mm

- Pos Hujan Klimatologi Maen

Nilai $CS_{\log}$ lebih besar dari -0.4 dan kurang dari 0.4 sehingga dapat dipilih dilakukan uji *outlier* tinggi atau uji *outlier* rendah terlebih dahulu. Sebelum dilakukan uji *outlier*, dihitung terlebih dahulu nilai K_n karena nilai $CS_{\log}$ lebih rendah dari 0.4

$$K_n = (-3.62201) + (6.28446 \times 13^{1/4}) - (2.49835 \times 13^{1/2}) + (0.491436 \times 13^{3/4}) - (0.037911 \times 13) = 2.17$$

- Uji *outlier* rendah

$$\log x_l = \overline{\log x} - K_n \cdot S_{\log} = 93.35 - 2.17 \times 0.1145$$

$$\log x_l = 1.71$$

$$X_l = 50.92 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *outlier* rendah = 50.92 mm masih lebih rendah dari nilai hujan terendah yaitu 65 mm.

- Uji *outlier* tinggi

$$\log x_h = \overline{\log x} - K_n \cdot S_{\log} = 93.35 + 2.17 \times 0.1145$$

$$\log x_h = 2.20$$

$$X_h = 160.31 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *outlier* tinggi = 160.31 mm lebih rendah dari nilai hujan tertinggi yaitu 138 mm maka tidak dilakukan koreksi data dan dilanjutkan dengan uji *outlier* rendah.

Data curah hujan yang hilang sering terjadi karena kesalahan pengguna atau kerusakan peralatan. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengestimasi data yang hilang. Pada dasarnya data hujan kosong diisi dengan data stasiun hujan di sekitar

stasiun yang akan diisi. Untuk mengisi kekosongan data pada pos hujan Klimatologi Maen diambil dari pos hujan terdekatnya yaitu pos hujan MRG Araren-Pinenek.

Analisis curah hujan rerata dilakukan untuk mendapatkan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di dua pos hujan yang ada (Sumarauw, 2017). Dengan mengetahui luas pengaruh dari tiap pos hujan yang ada, maka curah hujan rerata dari setiap pos hujan dapat dihitung seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Curah Hujan Rerata.

No.	Tahun	MRG Araren -Pinenek	Klimatologi Maen
		(mm)	(mm)
1	2002	188,20	
2	2003	137,20	
3	2004	102,30	
4	2005	97,60	
5	2006	95,80	
6	2007	96,90	
7	2008	71,90	
8	2009	78,10	65,00
9	2010	83,00	68,00
10	2011	75,80	108,00
11	2012	121,20	83,00
12	2013	117,30	138,00
13	2014	76,50	126,50
14	2015	151,50	80,00
15	2016	68,10	65,50
16	2017	265,50	112,00
17	2018	80,10	76,00
18	2019	120,10	87,00
19	2020	135,20	80,00
20	2021	107,50	124,50

Pemilihan tipe distribusi didasarkan pada persyaratan parameter statistik (Chow, 1988) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemilihan Tipe Distribusi.

No	Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Nilai Parameter Statistik	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0$	$C_s = 1,27$	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx 3$	$C_k = 5,26$	
2	Log-Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v \approx 0,9042$	$C_s = 1,27$	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 \approx 4,4882$	$C_k = 5,26$	
3	Gumbel	$C_s \approx 1,14$	$C_s = 1,27$	Tidak Memenuhi
		$C_k \approx 5,40$	$C_k = 5,26$	

4 Log-Pearson III Jika ketiga distribusi diatas tidak memenuhi - Memenuhi

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson III. Parameter statistik untuk distribusi Log Pearson III ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson III.

No.	R = x	Log X (Y)	(Y - $\bar{Y}$)	(Y - $\bar{Y}$) ²	(Y - $\bar{Y}$) ³	(Y - $\bar{Y}$) ⁴
1	188,20	2,27	0,29	0,08	0,02	0,01
2	138,00	2,14	0,16	0,02	0,00	0,00
3	137,20	2,14	0,15	0,02	0,00	0,00
4	126,50	2,10	0,12	0,01	0,00	0,00
5	124,50	2,10	0,11	0,01	0,00	0,00
6	112,00	2,05	0,07	0,00	0,00	0,00
7	108,00	2,03	0,05	0,00	0,00	0,00
8	102,30	2,01	0,03	0,00	0,00	0,00
9	97,60	1,99	0,01	0,00	0,00	0,00
10	96,90	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00
11	95,80	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00
12	87,00	1,94	-0,04	0,00	0,00	0,00
13	83,00	1,92	-0,06	0,00	0,00	0,00
14	80,00	1,90	-0,08	0,01	0,00	0,00
15	80,00	1,90	-0,08	0,01	0,00	0,00
16	76,00	1,88	-0,10	0,01	0,00	0,00
17	71,90	1,86	-0,13	0,02	0,00	0,00
18	68,00	1,83	-0,15	0,02	0,00	0,00
19	65,50	1,82	-0,17	0,03	0,00	0,00
20	65,00	1,81	-0,17	0,03	0,00	0,00
Σ		39,66		0,29	0,02	0,01

Rata – rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{20} \times 39.66 = 1.98$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,29}{20-1}} = 0.12$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3 = \frac{20}{(20-1)(20-2) \cdot 0.12^3} \times 0.02$$

$$= 0.56 \text{ (Kemencengan Positif)}$$

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

5 Tahun : 0.773

25 Tahun : 2.035

50 Tahun : 2.527

Table 5 dibawah terlihat data curah hujan rencana yang digunakan untuk tiap kala ulang.

Tabel 5. Curah Hujan Rencana.

Kala Ulang (tahun)	Hujan Rencana (mm)
5	119,95
25	172,01
50	198,00

Distribusi hujan jam-jaman menggunakan pola hujan daerah Minahasa Tenggara dan sekitarnya (Sumarauw, 2016) diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman.

Kala Ulang (tahun)	P Jam Ke-							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5	64,77	26,39	9,60	7,20	3,60	1,20	3,60	3,60
25	92,89	37,84	13,76	10,32	5,16	1,72	5,16	5,16
50	106,92	43,56	15,84	11,88	5,94	1,98	5,94	5,94
100	129,21	52,64	19,14	14,36	7,18	2,39	7,18	7,18

Nilai CN adalah Curve Number yang dapat memperhitungkan total hujan berbagai karakteristik DAS dengan tipe tanah dan tata guna lahan yang berbeda (Supit, 2013). Perhitungan nilai CN rata-rata DAS Pulisan ditunjukkan pada Tabel 7 didapat dari perhitungan dengan Nilai CN untuk beberapa tata guna lahan (Triatmodjo, 2008), sehingga didapatkan nilai CN rata-rata sebesar 74.077.

Tabel 7. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata DAS Pulisan.

Jenis Tutup Lahan	Luas (km ²)	Presentase (%)	CN Tiap Lahan	CN
Hutan (Penutupan Baik)	3,1625	97,17	77	74,821
Pemukiman (20% Kedap Air)	0,0921	2,83	79	2,236
Total	3,2546	100	-	77,057

Pemodelan menggunakan metode HSS *Soil Conservation Services* (Isa et al., 2020), program komputer HEC-HMS akan memodelkan curah hujan limpasan, dan

SCS *Curve Number* (CN) akan digunakan untuk memodelkan kehilangan air. Metode *recession* akan digunakan untuk menghitung aliran dasar (*baseflow*) (Sumarauw, 2017).

Hitung asumsi *lag time* awal dari DAS Pulisan.

$$L = 0.69 \text{ km.}$$

$$s = 0.045 \text{ m/m.}$$

$$N = 0.8 \text{ (koefisien kekasaran lahan)}$$

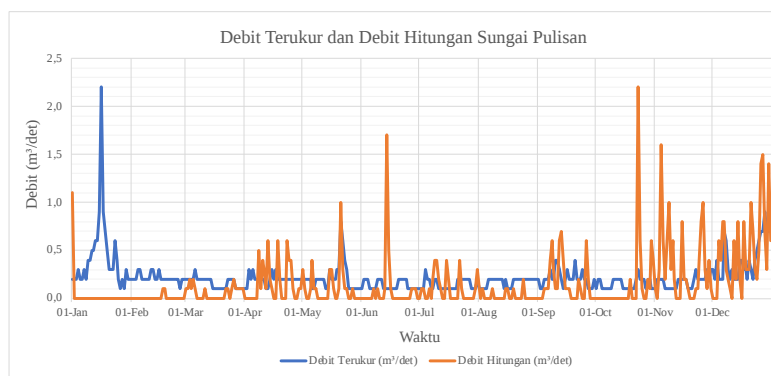
$$CN = 77.057$$

$$T_l = \frac{L^{0.8}(2540 - 22.86 \text{ CN})^{0.7}}{14.104 \text{ CN} \cdot s^{0.5}} = \frac{0.69^{0.8}(2540 - 22.86 \times 77.057)^{0.7}}{14.104 \times 77.057 \times 0.045^{0.5}} = 1.25 \text{ jam}$$

Perhitungan parameter-parameter hasil kalibrasi digunakan untuk mendapatkan parameter-parameter hasil kalibrasi yang nantinya akan digunakan dalam menentukan besaran dari debit banjir rencana dengan kala ulang (Sumarauw, 2018). Hasil nilai parameter terkalibrasi pada Tabel 8 dan grafik yang menampilkan debit hasil hitungan dan debit terukur akan didapatkan pada Gambar 3.

Tabel 8. Parameter-Parameter Hasil Kalibrasi.

<i>Initial Discharge</i>	2,75 m ³ /detik
<i>Ratio to Peak</i>	0,28553
<i>Recession Constant</i>	0,8857
CN	77
<i>Lag Time</i>	75,9478 menit



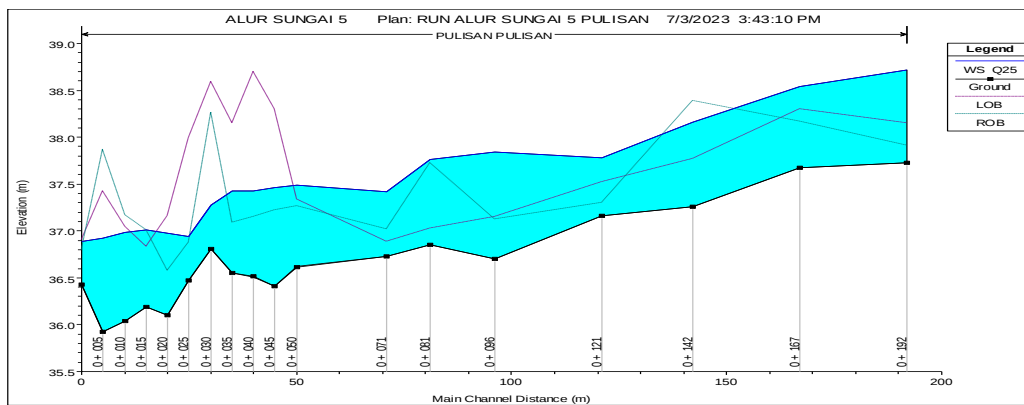
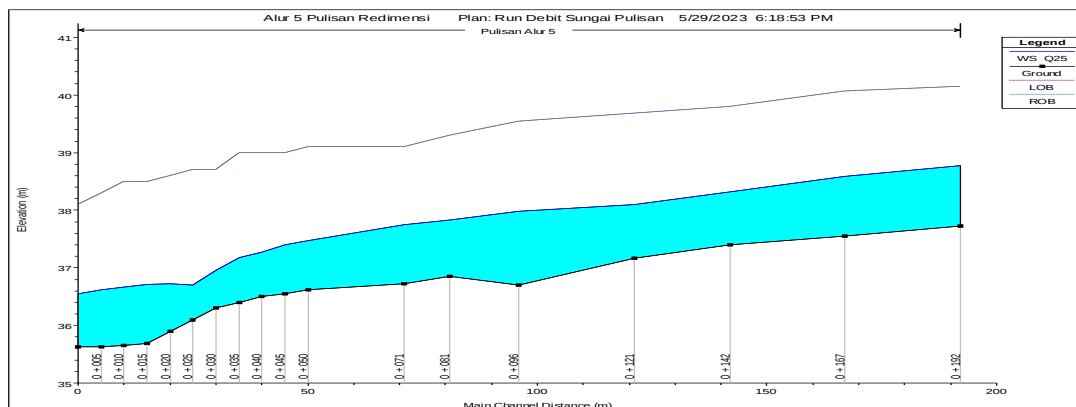
Gambar 3. Grafik Debit Hasil Perhitungan dan Debit Terukur.

Setelah kalibrasi, semua parameter terkalibrasi akan digunakan sebagai parameter pada komponen sub-DAS untuk perhitungan debit banjir (Sumarauw, 2013). Dari hasil analisis didapatkan debit puncak untuk kala ulang seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Debit Puncak Untuk Tiap Kala Ulang.

Kala Ulang (tahun)	Debit (m ³ /detik)
5	3,6
25	4,4
50	4,8

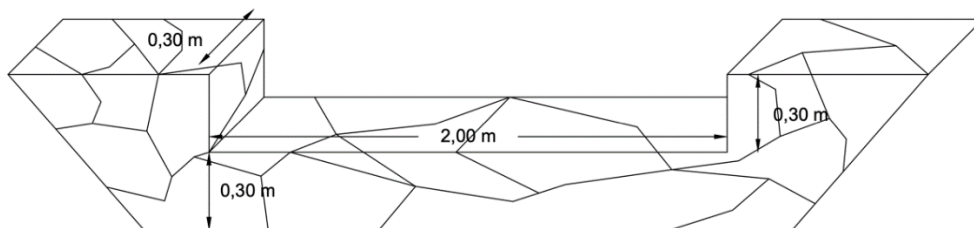
Analisis Hasil simulasi menunjukkan semua penampang alur 5 sungai Pulisan yang ditinjau tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 25 tahun. Untuk pengendalian Banjir maka dilakukan redimensi pada semua penampang di alur 5 sungai Pulisan sehingga mampu menampung besaran debit banjir rencana kala ulang 25 tahun. Dimensi penampang rencana adalah lebar bawah 2,5m lebar atas 4,5m, kedalaman rerata 2,5m, serta tinggi jagaan 0,6m Dapat dilihat pada Gambar 4 untuk hasil rangkuman tinggi muka air pada penampang eksisting dan Gambar 5 untuk hasil rangkuman tinggi muka air pada penampang redimensi.

**Gambar 4.** Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Pada Penampang Eksisting Kala Ulang 25 Tahun.**Gambar 5.** Rangkuman Tinggi Muka Air Potongan Memanjang Pada Penampang Rencana Kala Ulang 25 Tahun.

Analisis Dalam penelitian ini akan digunakan 7 dimensi *gully plug* yaitu tipe 30, tipe 35, tipe 40, tipe 45, tipe 60, tipe 65 dan tipe 70. Tinggi ambang banjir 2 kali dari tinggi ambang efektif. Contohnya seperti pada tipe 30 untuk ambang efektifnya yaitu 0,30 m dan tinggi ambang banjirnya 2 kali dari tinggi ambang efektif yaitu 0,60 m. Untuk bukaan atas dari ambang efektif yang berbentuk persegi dengan lebar semuanya yaitu 2 m sedangkan untuk bukaan atas dari ambang banjir bersifat variatif berdasarkan dari penampang yang ada. Setelah dilakukan simulasi maka dipilih *gully plug* tipe 60 sebagai dimensi dari *gully plug* yang paling efektif karena kecepatan alirannya berada di rentang 0,7 – 1 m/det yang artinya tidak lebih besar dari kecepatan maksimum pada saluran pasangan batu kali yaitu $V_{maks} = 2$ m/det, dan tidak lebih kecil dari kecepatan minimum yang tidak menyebabkan endapan di saluran yaitu $V_{min} = 0,6 - 0,9$ m/det. Kecepatan aliran berdasarkan jenis saluran pada Tabel 10 dan dimensi *gully plug* tipe 60 pada Gambar 6.

Tabel 10. Kecepatan Aliran Berdasarkan Jenis Saluran.

Kecepatan Aliran	Jenis Saluran		
	Tanah	Pasangan Batu Kali	Beton
V_{maks}	0,7 m/det	2 m/det	3 m/det
V_{min}	0,6 - 0,9 m/det (Kecepatan yang tidak menyebabkan sedimentasi)		

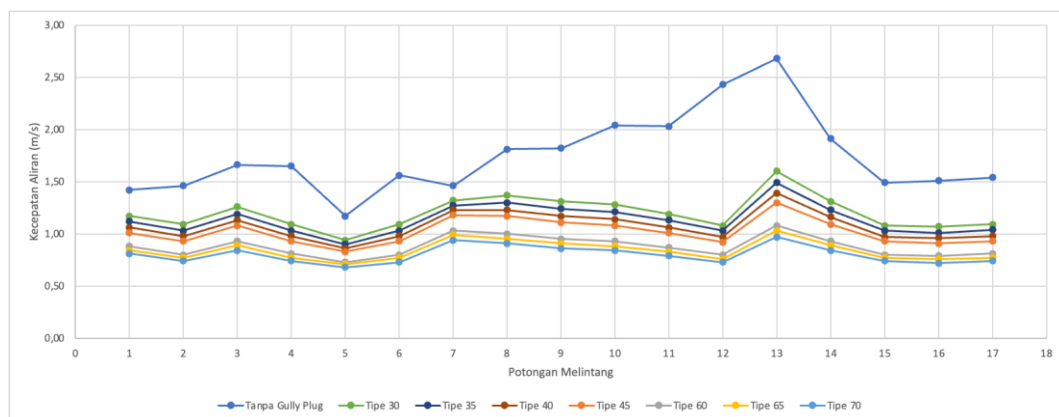


Gambar 6. Dimensi *Gully Plug* Tipe 30.

Setelah adanya penambahan *gully plug* pada penampang rencana maka terjadi penurunan kecepatan aliran (*Velocity Channel*) (Greenwood et al., 2019; Kandel et al., 2016; Liu & Nepf, 2016; Lu et al., 2020) pada alur 5 sungai Pulisan. Ukuran dimensi dari *gully plug* dapat berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang akan terjadi (Bai & Sun, 2022; Esquivel et al., 2015).

Tabel 11. Hasil Resume Kecepatan Berdasarkan Tipe *Gully Plug* Pada Penampang Rencana.

Riv er Sta.	ID Sta.	Min Ch Elv	LOB Elev	ROB Elev	Vel Chnl							
					Renc	Gully Plug						
						30 cm	35 cm	40 cm	45 cm	60 cm	65 cm	70 cm
		(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
1	0+192	37,73	40,15	40,15	1,42	1,17	1,12	1,06	1,01	0,88	0,84	0,81
2	0+167	37,55	40,07	40,07	1,46	1,09	1,03	0,98	0,93	0,80	0,77	0,74
3	0+142	37,40	39,80	39,80	1,66	1,26	1,19	1,13	1,08	0,93	0,89	0,84
4	0+121	37,16	39,68	39,68	1,65	1,09	1,03	0,98	0,93	0,81	0,77	0,74
5	0+096	36,70	39,54	39,54	1,17	0,94	0,90	0,86	0,83	0,73	0,71	0,68
6	0+081	36,85	39,30	39,30	1,56	1,09	1,03	0,98	0,93	0,80	0,77	0,73
7	0+071	36,73	39,10	39,10	1,46	1,32	1,27	1,23	1,18	1,03	0,99	0,94
8	0+050	36,62	39,10	39,10	1,81	1,37	1,30	1,23	1,17	1,00	0,95	0,91
9	0+045	36,55	39,00	39,00	1,82	1,31	1,24	1,17	1,11	0,95	0,91	0,86
10	0+040	36,50	39,00	39,00	2,04	1,28	1,21	1,14	1,08	0,93	0,88	0,84
11	0+035	36,40	39,00	39,00	2,03	1,19	1,13	1,06	1,01	0,87	0,83	0,79
12	0+030	36,30	38,70	38,70	2,43	1,08	1,03	0,97	0,92	0,80	0,76	0,73
13	0+025	36,10	38,70	38,70	2,68	1,60	1,49	1,39	1,30	1,08	1,03	0,97
14	0+020	35,90	38,60	38,60	1,91	1,31	1,23	1,16	1,09	0,93	0,89	0,84
15	0+015	35,69	38,50	38,50	1,49	1,08	1,03	0,97	0,93	0,80	0,77	0,74
16	0+010	35,65	38,50	38,50	1,51	1,07	1,01	0,96	0,91	0,79	0,76	0,72
17	0+005	35,63	38,30	38,30	1,54	1,09	1,04	0,98	0,93	0,81	0,77	0,74
18	0+000	35,63	38,10	38,10	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66



Gambar 7. Perbandingan Kecepatan Aliran Berdasarkan Tipe *Gully Plug* Pada Penampang Rencana.

Hasil resume kecepatan berdasarkan tipe *gully plug* pada penampang rencana pada tabel 11 dan grafik perbandingan kecepatan aliran berdasarkan tipe *gully plug* pada penampang rencana pada gambar 7.

SIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan semua penampang alur 5 sungai Pulisan yang ditinjau tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 25 tahun yaitu $4,4 \text{ m}^3/\text{det}$. Untuk pengendalian banjir maka dilakukan redimensi pada semua penampang di alur 5 sungai Pulisan sehingga mampu menampung besaran debit banjir rencana kala ulang 25 tahun. Dimensi penampang rencana adalah lebar bawah 2,5m lebar atas 4,5m, kedalaman rerata 2,5m, serta tinggi jagaan 0,6m. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa pemasangan konstruksi *gully plug* di alur sungai dapat mereduksi kecepatan aliran secara signifikan. *gully plug* tipe 60 dinilai sebagai dimensi yang paling efektif karena kecepatan alirannya berada di rentang $0,7 - 1 \text{ m/det}$ yang artinya tidak lebih besar dari kecepatan maksimum pada saluran batu kali yaitu $V_{\text{maks}} = 2 \text{ m/det}$, dan tidak lebih kecil dari kecepatan minimum yang tidak menyebabkan endapan di saluran yaitu $V_{\text{min}} = 0,6 - 0,9 \text{ m/det}$. Konsep pengendalian *run off* dari kawasan hulu dengan menggunakan *gully plug* dapat mengurangi potensi terjadinya banjir pada bagian paling hilir sungai.

DAFTAR RUJUKAN

- Andawayanti, U. (2019). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terintegrasi. *Tim UB Press*.
- Aryani, N., Ariyanti, D. O., & Ramadhan, M. (2020). Pengaturan Ideal tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai di Indonesia (Studi di Sungai Serang Kabupaten Kulon Progo). *Jurnal Hukum Ius Quia Iustum*, 27(3). <https://doi.org/10.20885/iustum.vol27.iss3.art8>
- Bai, Y., & Sun, G. (2022). The streamwise velocity distribution in a two-stage channel with ice cover. *Water Supply*, 22(1). <https://doi.org/10.2166/ws.2021.225>
- Batubara, D. N., Windarto, A. P., Hartama, D., & Satria, H. (2019). Analisis Metode K-MEANS Pada Pengelompokan Keberadaan Area Resapan Air Menurut Provinsi. *Seminar Nasional Sains & Teknologi Informasi (SENSASI)*.
- Brunner, G. W. (2016). HEC-RAS Hydraulic Reference Manual. *US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering*.
- Ely, J. (2019). Kualitas Air Hasil Desalinasi Menggunakan Sistem Destilasi Sederhana. *Global Health Science*, 4(3).

- Esquivel, A., Lazarian, A., & Pogosyan, D. (2015). Studying the interstellar magnetic field from anisotropies in velocity channels. *Astrophysical Journal*, 814(1). <https://doi.org/10.1088/0004-637X/814/1/77>
- Firmansyah, A. (2021). Analisis Deskriptif Potensi Pariwisata di Desa Sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Likupang. *Jurnal Pariwisata Terapan*, 5(2). <https://doi.org/10.22146/jpt.55822>
- Fitriyani, N. P. V. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai (DAS). *Ilmuteknik.Org*, 2(2).
- Greenwood, C., Vogler, A., & Venugopal, V. (2019). On the variation of turbulence in a high-velocity tidal channel. *Energies*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/en12040672>
- Harmon, N., Rychert, C. A., Davis, J., Brambilla, G., Buffet, W., Chichester, B., Dai, Y., Bogiatzis, P., Snook, J., van Putten, L., & Masoudi, A. (2022). Surface deployment of DAS systems: Coupling strategies and comparisons to geophone data. *Near Surface Geophysics*, 20(5). <https://doi.org/10.1002/nsg.12232>
- Isa, M., Sumarauw, J. S. F., & Hendratta, L. A. (2020). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Marisa Kecamatan Limboto Barat Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 591–600.
- Kandel, D., Lazarian, A., & Pogosyan, D. (2016). Extending velocity channel analysis for studying turbulence anisotropies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 461(2). <https://doi.org/10.1093/mnras/stw1296>
- Liu, C., & Nepf, H. (2016). Sediment deposition within and around a finite patch of model vegetation over a range of channel velocity. *Water Resources Research*, 52(1). <https://doi.org/10.1002/2015WR018249>
- Lu, Z., Lazarian, A., & Pogosyan, D. (2020). Producing synthetic maps of dust polarization using a velocity channel gradient technique. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 496(3). <https://doi.org/10.1093/MNRAS/STAA1570>
- Nufutomo, T. K. (2022). PERUBAHAN IKLIM SEBAGAI ANCAMAN KETAHANAN KUALITAS AIR PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI: LITERATUR REVIEW. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(3).
- Soewarno. (2015). Klimatologi; Pengukuran dan Pengolahan Data Curah Hujan, Contoh Aplikasi Hidrologi dalam Pengelolaan Sumber Daya Air (Seri Hidrologi). In

Klimatologi; Pengukuran dan Pengolahan Data Curah Hujan, Contoh Aplikasi Hidrologi dalam Pengelolaan Sumber Daya Air (Seri Hidrologi).

Sumarauw, J. (2017). *Hidrograf satuan sintetis gama-i (hss gama-i). Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.*

Sumarauw, J. S. F. (2016). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Daerah Minahasa Selatan dan Tenggara. In *Jurnal Sipil Statik* (Vol. 4, Issue 11).

Sumarauw, J. S. F. (2018). *HEC-HMS. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.*

Utama, L. (2022). Kawasan Berpotensi Banjir Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji. *Jurnal Teknik*, 5(2).

Wibowo, M. (2011). Analisis Peraturan Perundangan tentang Daerah Resapan Air di DAS Citarum Hulu. *JURNAL TEKNOLOGI LINGKUNGAN*, 3(2).