



## Studi Pengendalian Banjir Sungai Penggaron Kabupaten Semarang<sup>1</sup>

### *Penggaron River Flood Study in Semarang Regency*

Yanna Lutfiana Devi <sup>a</sup>, Minarni Nur Trilita <sup>b, 2</sup>, Novie Handajani <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294.

<sup>b</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294

#### ABSTRAK

Banjir di Indonesia, terutama di kota-kota seperti Semarang, menjadi permasalahan yang terus berulang dan mengancam. Studi ini difokuskan pada Sungai Penggaron di DAS Dolok-Penggaron, Kota Semarang, sebagai salah satu sumber utama banjir. Daerah hilir sungai ini, terutama Perumahan Dinar Indah, Tembalang, secara konsisten mengalami genangan banjir saat hujan deras, disebabkan oleh rendahnya dinding tanggul yang tidak efektif menahan air sungai. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas penampang sungai dan merencanakan peningkatan tinggi tanggul menggunakan HEC-RAS untuk mengembangkan strategi pengendalian banjir yang lebih efektif dan berkelanjutan. Tahapan penelitian melibatkan pengumpulan data curah hujan, peta topografi, data tanah, dan geometri sungai. Selanjutnya, dilakukan perhitungan debit banjir rancangan dengan metode *polygon Thiessen* dan Log Pearson III, serta pemodelan HEC-RAS untuk mengevaluasi kapasitas sungai. Hasil studi menunjukkan bahwa Sungai Penggaron tidak mampu menampung debit banjir kala ulang 10 dan 25 tahun, sehingga solusi pengendalian banjir yang diusulkan adalah penambahan tinggi tanggul pada titik-titik yang mengalami limpasan. Peninggian tanggul ini, berdasarkan simulasi HEC-RAS, dapat secara efektif mengatasi masalah banjir di Sungai Penggaron, memberikan solusi berkelanjutan untuk mitigasi bencana banjir di masa mendatang.

*Kata kunci: Banjir, Tanggul, Hydrologic Engineering Center-River Analysis System.*

#### ABSTRACT

Floods in Indonesia, particularly in cities like Semarang, pose recurrent and imminent challenges. This study focuses on the Penggaron River in the Dolok-Penggaron watershed, Semarang City, as a significant contributor to flooding. The downstream area, especially Dinar Indah Housing in Tembalang, consistently experiences flood inundation during heavy rains, attributed to the ineffectiveness of low levees in restraining river water. Therefore, this research aims to evaluate the river cross-section capacity and plan the elevation of levees using HEC-RAS to develop more effective and sustainable flood control strategies. The research involves stages of collecting rainfall data, topographic maps, soil data, and river geometry. Subsequently, calculations of design flood discharge are performed using the *polygon Thiessen* and Log Pearson III methods, followed by HEC-RAS modeling to evaluate river capacity. The study results indicate that the Penggaron River cannot accommodate the flood discharge for the 10 and 25-year return periods. Hence, the proposed flood control solution is the addition of levees height at points experiencing overflow. Based on HEC-RAS simulations, this levees elevation can effectively address the flood issue in the Penggaron River, providing a sustainable solution for flood mitigation in the future.

*Keywords: flood, levees, Hydrologic Engineering Center-River Analysis System.*

<sup>1</sup> Info Artikel: Received: 05 Juli 2023, Accepted: 31 Desember 2023

<sup>2</sup> Corresponding Author: Minarni Nur Trilita, Email [minarni.ts@upnjatim.ac.id](mailto:minarni.ts@upnjatim.ac.id)

## **PENDAHULUAN**

Banjir di Indonesia telah menjadi tantangan klasik yang terus menghantui, terutama di kota-kota seperti Semarang. Kota Semarang, yang dikelilingi oleh sungai-sungai, seperti Sungai Penggaron di DAS Dolok-Penggaron merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya banjir di daerah hilir (Heru, 2022). Daerah hilir sungai Penggaron merupakan daerah yang rawan akan banjir akibat luapan Sungai (Maulana & Maulana, 2022). Selain itu, intensitas hujan tinggi dengan durasi yang panjang menjadi penyebab banjir di wilayah ini (Kurniawan et al., 2021).

Perumahan Dinar Indah, Tembalang, Kota Semarang merupakan wilayah yang berbatasan dengan sungai Penggaron, dimana wilayah ini selalu terendam banjir ketika hujan deras akibat luapan sungai (Purbaya 2023). Masyarakat mengaku bahwa dinding tanggul yang ada terlalu rendah dan tidak efektif dalam menahan banjir (Firhannusa 2023). Sehingga, diperlukan perbaikan tanggul dan rencana pengembangan seperti peninggian dinding tanggul untuk menanggulangi luapan banjir (Permana, 2023).

Tanggul adalah struktur buatan manusia yang dirancang untuk menahan atau mengendalikan aliran air, terutama air sungai, dan mencegah banjir (Peter & Adeola Mathew, 2018). Tanggul sering kali dibangun di tepi sungai atau danau untuk melindungi daerah di sebelah hulu dari air yang meluap (Huang et al., 2019). Analisis menyeluruh, salah satunya yaitu pemodelan tanggul perlu dilakukan untuk meningkatkan keamanan dan keefektifan tanggul (Papakonstantinou et al., 2019). Pemodelan tanggul dapat dilakukan menggunakan *HEC-RAS* (Mayasari & Ilfan, 2021).

*HEC-RAS* adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk melakukan analisis hidrolik dan hidrologi pada sungai, saluran, dan sistem sungai yang kompleks. *HEC-RAS* mampu menyediakan informasi kapasitas sungai dengan pemodelan *long section* dan *cross section* sungai (Ogras & Onen, 2020). Melalui simulasi aliran banjir, dapat diketahui titik yang meluap dari tanggul pada ketinggian yang bervariasi hingga 10 m pada kala ulang 10 tahun (Kumar et al., 2018). Penambahan ketinggian tanggul hingga 20 m meningkatkan kondisi aman dari bahaya banjir dalam kala ulang 25 tahun di Sungai Kelai, Kalimantan (Hakim, et al. 2023). Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas penampang sungai dan merencanakan peningkatan tinggi tanggul menggunakan software *HEC-RAS* pada debit banjir kala ulang 10 dan 25 tahun. Penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam mengembangkan strategi pengendalian banjir yang lebih efektif dan berkelanjutan di Sungai Penggaron dan sungai lain dengan karakteristik serupa.

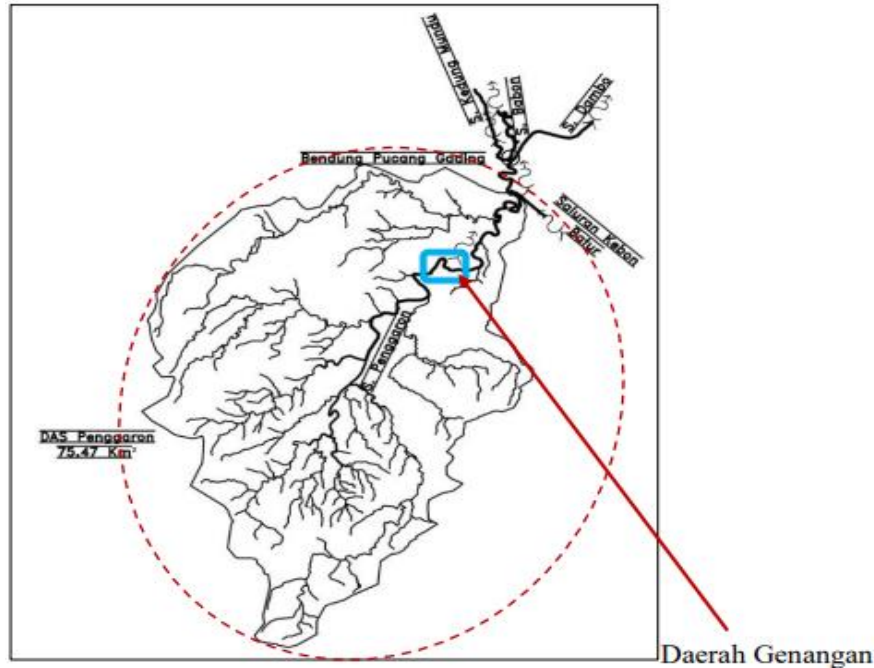
## **METODE STUDI KASUS**

### **Pengumpulan Data**

Studi kasus dilakukan pada Sungai Penggaron, Kabupaten Semarang seperti pada Gambar 1. Proses pengumpulan data dilakukan dengan survei lokasi dan pengumpulan data pendukung studi kasus dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Bodri Kuto dan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. Adapun data yang diperlukan yaitu:

- a. Data curah hujan stasiun Banyumeneng, stasiun Sigotek, dan stasiun Pucang Gading pada tahun 2012-2021.
- b. Peta Rupa Bumi
- c. Geometri Sungai Penggaron

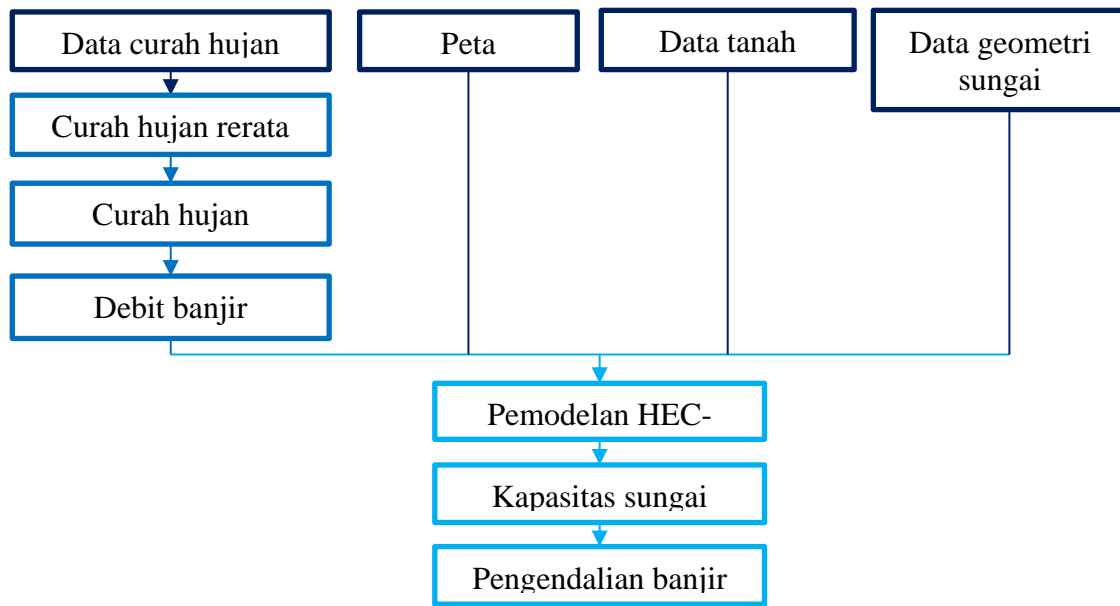
d. Data Tanah



Gambar 1 Lokasi penelitian

**Analisis Data**

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama merupakan tahap pengumpulan data berupa data curah hujan, peta topografi, data tanah dan data geometri sungai. Tahap kedua yaitu penentuan debit banjir rancangan dengan menghitung curah hujan rerata menggunakan metode *polygon Thiessen*, selanjutnya menghitung curah hujan rancangan menggunakan *Log Pearson III* pada kala ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun, kemudian menghitung debit banjir rancangan menggunakan HSS Nakayasu. Tahap terakhir yaitu melakukan pemodelan *HEC-RAS 6.0* untuk mengetahui kapasitas sungai dan perencanaan pengendalian banjir seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alur penelitian

### ***Polygon Thiessen***

Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada wilayah studi. Beberapa metode yang dapat digunakan yaitu metode rerata aritmatik, metode *polygon Thiessen* dan metode Isohiet (Al-Timimi et al., 2020). Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *polygon Thiessen* dimana curah hujan harian maksimum tiap stasiun penakar curah hujan dikalikan dengan masing-masing luas pengaruh stasiun curah hujan dan dibagi dengan luas total daerah aliran sungai. Rumus *polygon thiessen* (Siwi et al., 2018), sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A1.R1+A2.R2+\dots+An.Rn}{A1+A2+\dots+An} \quad (1)$$

dimana:

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata-rata harian maksimum (mm)
- $A$  = Luas pengaruh stasiun (km<sup>2</sup>)
- $R$  = Curah hujan harian maksimum tiap stasiun (mm)

### ***Log Pearson III***

Hasil transformasi dari distribusi *Pearson* Tipe III yaitu yang mengubah nilai varian menjadi nilai logaritmatik disebut sebagai Distribusi *Log Pearson* III (Siwi et al., 2018), sebagai berikut:

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } X} + k.S_{\text{log}X} \quad (2)$$

dimana:

- $\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata (mm)
- $k$  = Koefisien distribusi *Log Pearson* tipe III

$S$  = Koefisien asimetri

### HSS Nakayasu

Penggunaan metode Nakayasu perlu mempertimbangkan karakteristik DAS seperti, tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*), tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*), tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*), luas daerah aliran sungai, dan panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*) (Fernando & Utama, 2020). Persamaan HSS Nakayasu (Sarminingsih, 2018), sebagai berikut:

$$Qp = \frac{CA \cdot Ro}{3,6 (0,3 Tp + T_{0,3})} \quad (3)$$

dimana:

$Qp$  = Debit puncak banjir ( $m^3/dt$ )

$Ro$  = Hujan satuan (mm)

$Tp$  = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

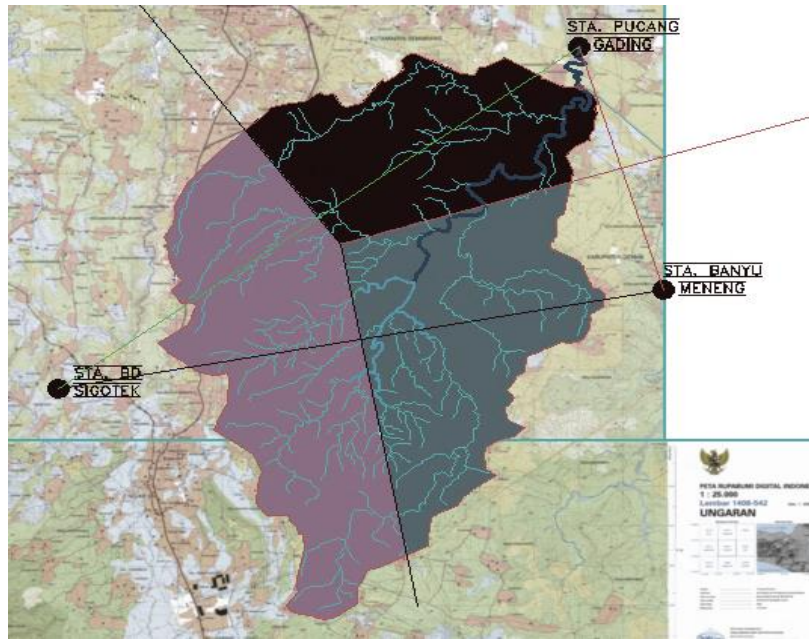
$T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

$CA$  = Luas daerah pengaliran sampai outlet ( $km^2$ )

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Curah Hujan Rerata

Dalam analisis data curah hujan digunakan tiga stasiun hujan yang mempengaruhi DAS Penggaron meliputi Sta. Pucang Gading, Sta. BD Sigotek, Sta. Banyumeneng dengan data curah hujan tahun 2012-2021. Perhitungan curah hujan rerata pada studi kasus ini menggunakan metode *Polygon Thiessen* dikarenakan metode ini cocok untuk daerah datar dan penyebaran stasiun hujan pada lokasi studi tidak merata (Choirul et al., 2015). Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3** *Polygon Thiessen*

Total luas DAS Penggaron yaitu 75,47 km<sup>2</sup>. Stasiun Pucang Gading memiliki luas kawasan pengaruh sebesar 19,88 km<sup>2</sup> yang memiliki bobot 0,26%. Stasiun Banyumeneng memiliki luas 25,03 km<sup>2</sup> yang memiliki bobot 0,40%. Stasiun BD Sigotek memiliki luas 30,56 km<sup>2</sup> yang memiliki bobot 0,33%. Setelah dilakukan perhitungan pada setiap stasiun, maka diperoleh data curah hujan maksimum seperti pada Tabel 1. Rata-rata curah hujan maksimum yaitu 66,488 mm.

**Tabel 1** Rata-rata curah hujan maksimum

<b>NO</b>	<b>Tahun</b>	<b>Tanggal</b>	<b>R.Thiessen</b>
1	2012	14 Februari	26.34
2	2013	23 Februari	61.68
3	2014	04 Februari	86.37
4	2015	13 Februari	83.10
5	2016	04 Januari	98.70
6	2017	16 Februari	75.05
7	2018	08 Desember	49.42
8	2019	08 April	39.84
9	2020	20 Februari	67.80
10	2021	08 Februari	76.57
<b>Jumlah</b>			664.88
<b><math>\bar{R}</math></b>			66.488

### **Analisis Curah Hujan Rencana**

Metode *Log Person* III digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana DAS Penggaron karena sesuai dengan distribusi hujan di wilayah studi (Choirul et al., 2015). Hasil perhitungan curah hujan rencana dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Perhitungan curah hujan rencana *Log Person III*

NO	Tahun	R (mm)	Log R	(Log R- Log $\bar{R}$ )	(Log R- Log $\bar{R}$ ) <sup>2</sup>	(Log R- Log $\bar{R}$ ) <sup>3</sup>	(Log R- Log $\bar{R}$ ) <sup>4</sup>
1	2012	26.34	1.42	-0.37	0.14	-0.05	0.02
2	2013	61.68	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00
3	2014	86.37	1.94	0.14	0.02	0.00	0.00
4	2015	83.10	1.92	0.13	0.02	0.00	0.00
5	2016	98.70	1.99	0.20	0.04	0.01	0.00
6	2017	75.05	1.88	0.08	0.01	0.00	0.00
7	2018	49.42	1.69	-0.10	0.01	0.00	0.00
8	2019	39.84	1.60	-0.19	0.04	-0.01	0.00
9	2020	67.80	1.83	0.04	0.00	0.00	0.00
10	2021	76.57	1.88	0.09	0.01	0.00	0.00
<b>Jumlah</b>		664.88	17.95	0.00	0.28	-0.05	0.02
$\bar{R}$		66.488	1.79	0.00	0.028	-0.005	0.002

Perhitungan curah hujan rencana dilakukan pada kala ulang 2, 5, 10, dan 25 seperti pada Tabel 3. Curah hujan terbesar terjadi pada kala ulang 10 dan 25 tahun, sehingga perbaikan tanggul perlu memperhatikan intensitas hujan pada periode ini.

**Tabel 3** Curah hujan rencana kala ulang

No	R (mm)	G (mm)	Log R (mm)	R tahunan (mm)
1	2	0.193	1.829	67.376
2	5	0.845	1.943	87.775
3	10	1.089	1.986	96.934
4	25	1.289	2.022	105.097

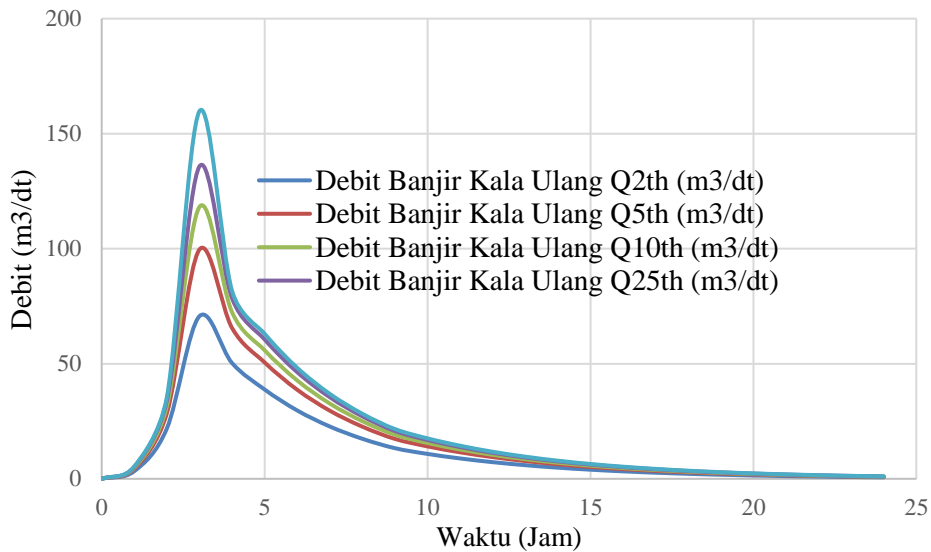
### Hidograf Debit Banjir Rencana

Dalam perencanaan tanggul sungai Penggaron, perlu dilakukan studi curah hujan periodik jam-jaman sebelum memperkirakan nilai debit banjir yang akan dihitung, salah satunya menggunakan metode Nakayasu (Azmi et al., 2022). Rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana pada kala ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun dapat dilihat pada Tabel 4. Debit banjir terbesar terjadi pada kala ulang 10 dan 25 tahun, hal ini dipengaruhi oleh tingginya curah hujan (Uruilal et al., 2020), seperti pada Gambar 4.

**Tabel 4** Debit banjir rencana kala ulang

<b>Debit Banjir Rencana Kala Ulang</b>			
Q <sub>2th</sub>	Q <sub>5th</sub>	Q <sub>10th</sub>	Q <sub>25th</sub>
(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)	(m <sup>3</sup> /dt)
70.689	99.669	118.191	135.787

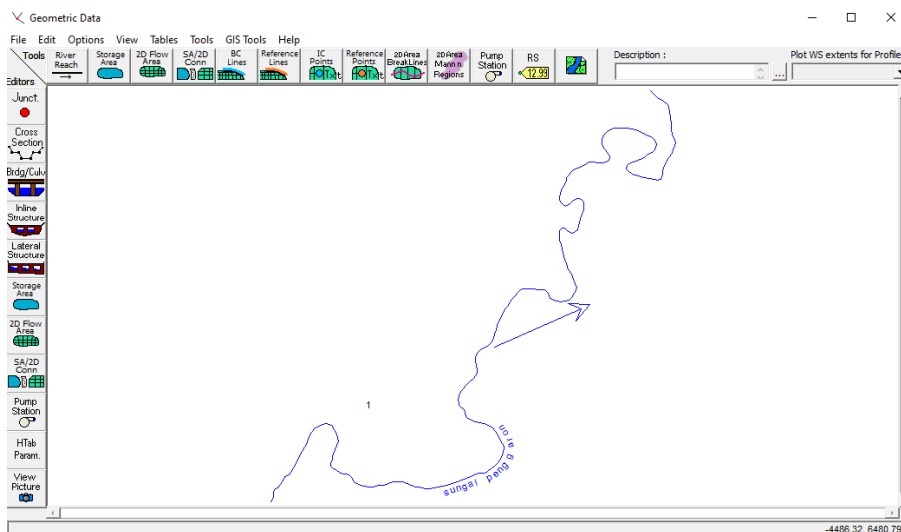
**HIDROGRAF NAKASAYU**



**Gambar 4** Hidrograf Nakasayu

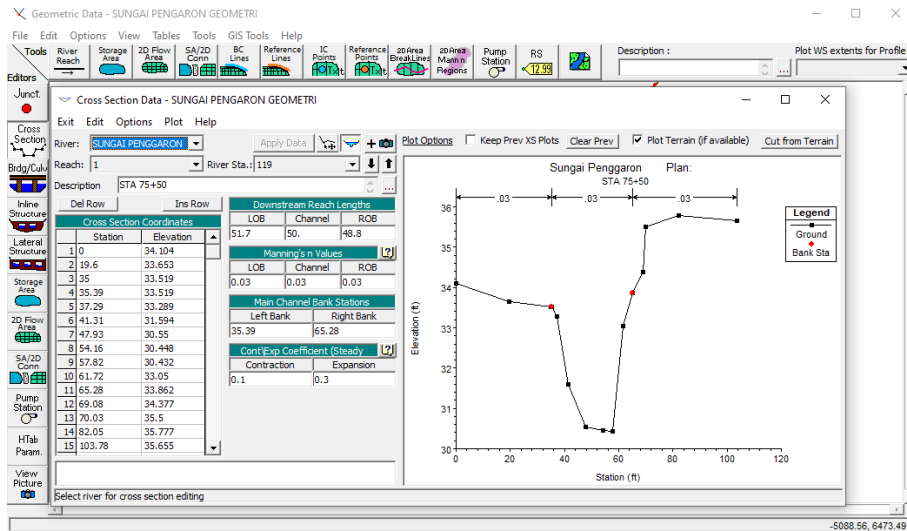
**Analisis Kapasitas Penampang**

Analisa hidrolika dilakukan menggunakan *software HEC-RAS*. Setelah data geometri berupa *long section* seperti Gambar 5 dan *cross section* seperti Gambar 6 dimasukkan, dilanjutkan dengan mengisi data aliran. Dalam analisa hidrolika ini digunakan aliran tipe *steady flow* dengan kapasitas sungai Pengaron seperti Gambar 7.

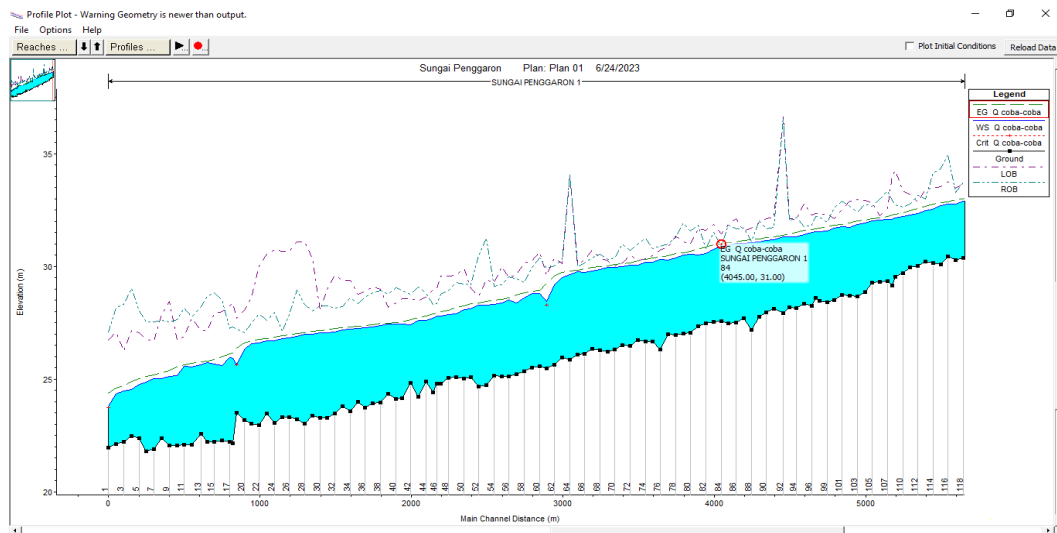




Gambar 5 Skema long section sungai Penggaron



Gambar 6 Skema cross section Sungai Penggaron



Gambar 7 Potongan memanjang sungai Penggaron

Dari hasil simulasi pada kondisi eksisting sungai Penggaron, didapatkan debit maksimum yang dapat ditampung oleh Sungai Penggaron sebesar  $80 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Kapasitas penampang terendah berada pada STA 84.

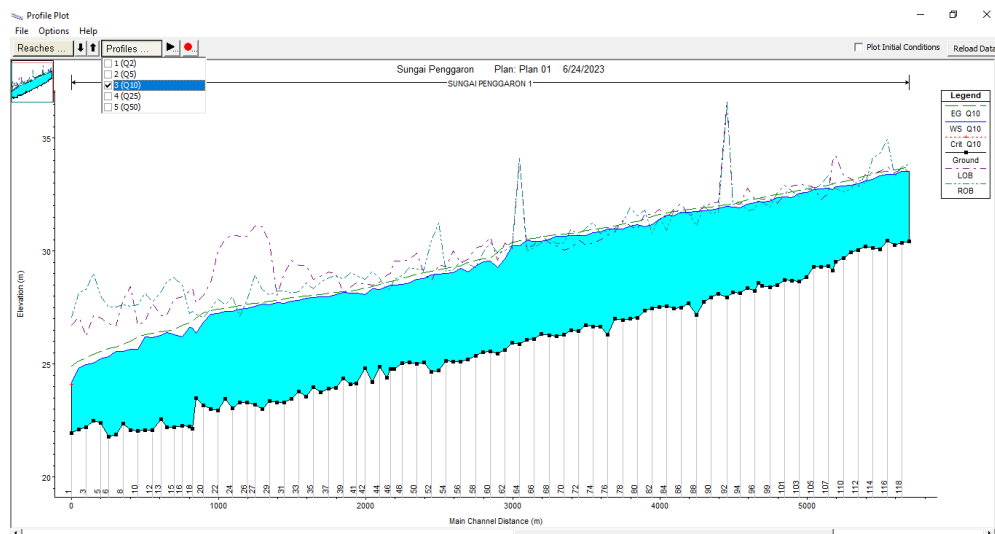
### Analisis Muka Air Banjir

Dalam analisa muka air banjir yang terjadi pada Sungai Penggaron, digunakan data debit banjir rencana kala ulang 10 dan 25 tahun seperti pada Tabel 6, karena memiliki debit banjir rancangan paling besar (Hermawan, 2019)

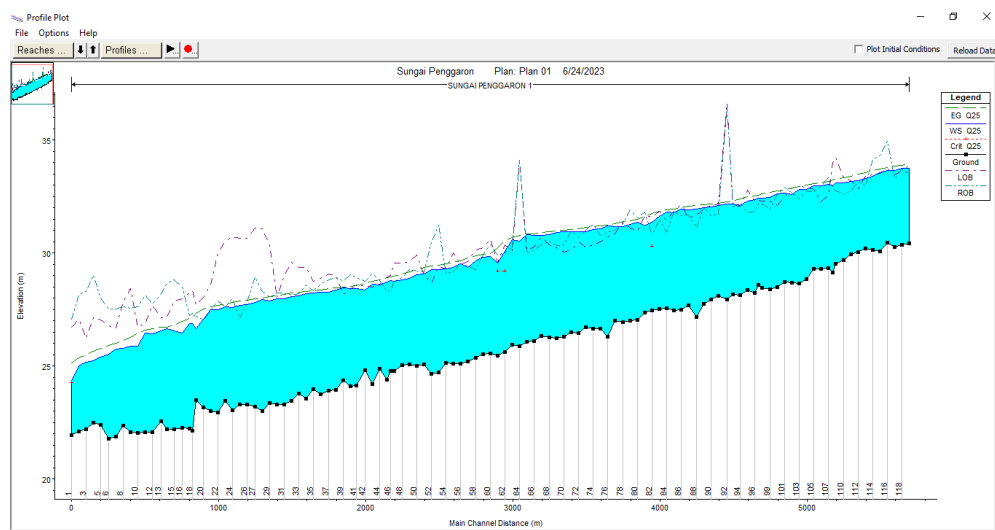
Tabel 6 Debit rencana

Debit Banjir Kala Ulang	
Q <sub>10th</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>25th</sub> (m <sup>3</sup> /dt)
118.191	135.787

Berdasarkan hasil simulasi *HEC-RAS*, didapatkan bahwa kapasitas sungai Penggaron terutama di bagian hulu tidak dapat menampung debit banjir kala ulang 10 tahun seperti pada Gambar 8 dan kala ulang 25 tahun seperti pada Gambar 9. Terdapat muka air banjir yang meluap di beberapa titik STA. Sehingga perlu adanya pengendalian banjir pada sungai Penggaron.



Gambar 8 Muka Air Banjir Kala Ulang 10 tahun Sungai Penggaron



Gambar 9 Muka Air Banjir Kala Ulang 25 tahun Sungai Penggaron

## **Pengendalian Banjir**

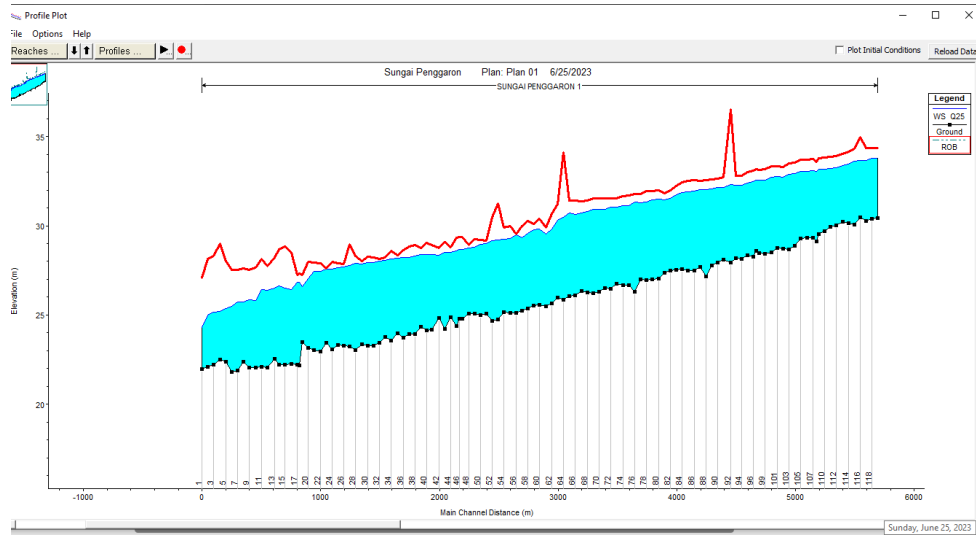
Pengendalian banjir pada studi ini menggunakan perencanaan penambahan tinggi tanggul pada penampang Sungai Penggaron. Tinggi tanggul yang direncanakan didapatkan dari tinggi limpasan ditambah dengan tinggi jagaan 0,6 meter (Alim, 2022). Lokasi peninggian tanggul sungai Penggaron akan dilakukan pada STA yang mengalami limpasan seperti pada Tabel 7.

**Tabel 7** Penambahan Tinggi Tanggul

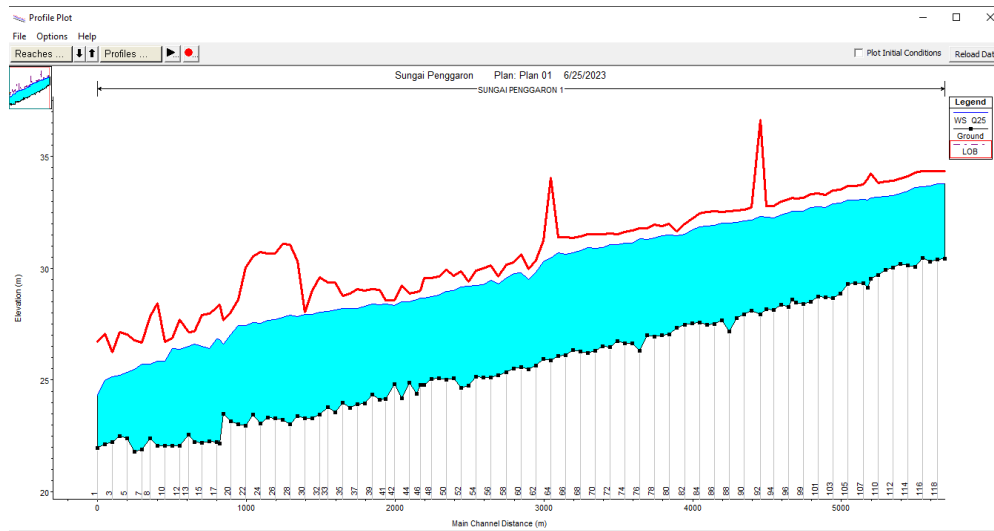
STA	Left Bank	Right Bank	Elevasi Muka Air	Penambahan Tinggi Tanggul Kiri	Penambahan Tinggi Tanggul Kanan
	(m)	(m)		(m)	(m)
119	33.52	34.06	33.86	0.94	-
118	33.66	33.61	33.86	0.80	0.85
117	33.46	33.13	33.75	0.89	1.22
116	33.77	34.96	33.75	-	-
115	33.54	35.46	33.68	0.74	-
114	33.13	34.37	33.51	0.98	-
113	33.40	32.84	33.42	0.62	1.18
112	32.85	33.55	33.32	1.07	-
111	33.19	32.98	33.28	0.69	0.90
110	33.35	32.97	33.22	-	0.85
109	34.25	33.37	33.20	-	-
108	34.03	33.09	32.97	-	-
107	31.19	33.62	33.14	2.55	-
106	33.15	33.16	33.09	-	-
105	31.85	32.68	33.09	1.85	1.01
104	33.00	32.95	32.93	-	-
103	32.95	32.40	32.90	-	1.10
102	33.12	32.95	32.70	-	-
101	32.86	32.90	32.74	-	-
100	32.11	32.59	32.73	1.22	0.74
99	32.35	31.96	32.55	0.80	1.19
98	32.83	32.19	32.53	-	0.94
97	32.33	32.21	32.55	0.82	0.94
96	32.29	31.84	32.47	0.78	1.23
95	32.99	31.78	32.39	-	1.21

Analisa tanggul rencana dilakukan dengan mengisi data penambahan tinggi tanggul di setiap *section* dengan debit rencana kala ulang Q25 tahun untuk memastikan keberhasilan tanggul (Rusmawati et al., 2022). Rentang tinggi tanggul yang direncanakan sebesar 0,62 m – 2,55 m. Hasil simulasi dengan penambahan ketinggian tanggul kanan dapat dilihat pada Gambar 10, dan tanggul kiri pada Gambar 11. Banjir pada sungai Penggaron dapat teratasi

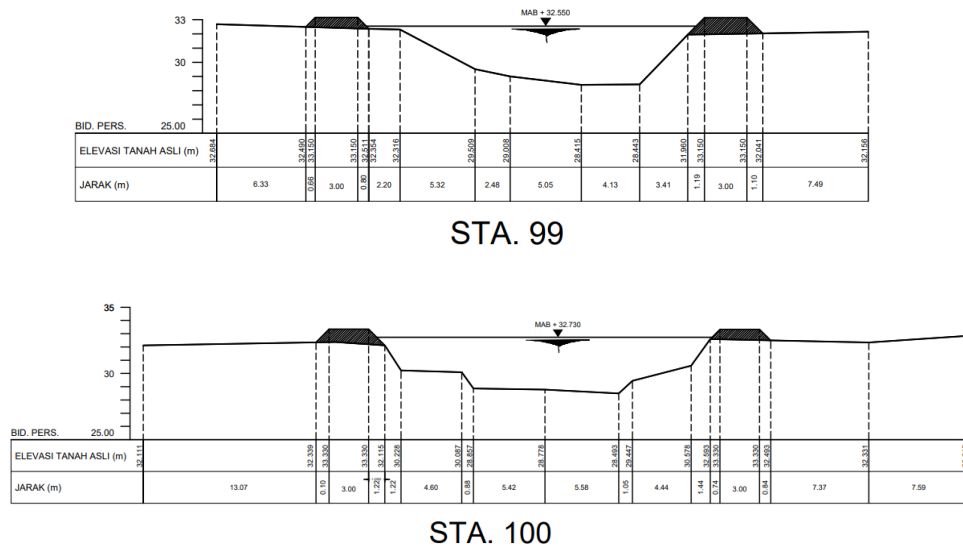
setelah penambahan tinggi tanggul rencana, dimana sudah tidak terdapat limpasan pada Sungai Penggaron. Peninggian tanggul sungai efektif untuk mengurangi dampak dari bencana banjir yang mungkin akan terjadi berikutnya (Pramitha et al., 2020). Detil tanggul rencana dapat dilihat pada Gambar 12. Dengan detil desain tersebut, penambahan tinggi tanggul yang direncanakan sudah memenuhi keamanan stabilitas dan juga rembesan pada tanggul.



Gambar 10. Profil *long section* tanggul kanan setelah peninggian tanggul



Gambar 11 Profil *long section* tanggul kiri setelah peninggian tanggul



**Gambar 12** Detil tanggul rencana STA 99 dan STA 100

## KESIMPULAN

Melalui pemodelan menggunakan *HEC-RAS*, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas penampang sungai dan merencanakan peningkatan tinggi tanggul sebagai strategi pengendalian banjir. Hasil studi menunjukkan bahwa kapasitas maksimum penampang Sungai Penggaron sebesar 80 m<sup>3</sup>/dt. Sungai Penggaron, terutama di bagian hulu, tidak cukup untuk menampung debit banjir kala ulang 10 dan 25 tahun. Oleh karena itu, diperlukan tindakan pengendalian banjir, dan solusi yang diusulkan adalah penambahan tinggi tanggul pada penampang sungai Penggaron. Peninggian tanggul ini direncanakan berdasarkan tinggi limpasan ditambah dengan tinggi jagaan 0,6 m. Rentang tinggi tanggul rencana sebesar 0,62 - 2,55 m. Simulasi *HEC-RAS* menunjukkan bahwa penambahan tinggi tanggul pada titik-titik yang mengalami limpasan dapat secara efektif mengatasi masalah banjir di sungai Penggaron. Detil desain tanggul rencana telah mempertimbangkan keamanan stabilitas dan rembesan tanggul, memberikan solusi yang dapat diandalkan untuk mengurangi dampak bencana banjir pada masa mendatang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Timimi, Y. K., Al-Lami, A. M., & Al-Shamarti, H. K. (2020). Calculation of the mean annual rainfall in Iraq using several methods in GIS. *Plant Archives*, 20, 1156–1160.
- Alim, M. F. (2022). Studi Perencanaan Tanggul untuk Pengendalian Banjir di Sungai Ciberes Kabupaten Cirebon. *Institutional Repository*.
- Azmi, M. H., Hendrawan, A. P., & Sisingih, D. (2022). Studi Perencanaan Tanggul Parapet dan Bronjong Sebagai Salah Satu Upaya Penanggulangan Banjir di Sungai Musi Kabupaten Empat Lawang Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2). <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2022.002.02.01>
- Choirul, D., Fajar Kusuma, R., Eko Wahyuni, S., & Darsono, S. (2015). Pengendalian Banjir DAS Dolok-Penggaron pada Sungai Babon. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(4), 242–249. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>

- Fernando, R., & Utama, A. B. (2020). Kajian Karakteristik Dan Permodelan Banjir Di Das Air Majunto Kabupaten Mukomuko. *ORBITH: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa Dan Sosial*, 16(1).
- Hermawan, C. (2019). Studi Perencanaan Tanggul Untuk Pengendali Banjir Sungai Petapahan Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal Planologi Dan Sipil (Jps)*, 1(1).
- Heru, H. (2022). Pengaruh Tampung Awal Waduk Dolog Terhadap Retensi Debit Banjir Kota Semarang Timur. *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, 3(1). <https://doi.org/10.23960/jpi.v3n1.76>
- Huang, X., Liu, J., Zhang, Z., Fang, G., & Chen, Y. (2019). Assess river embankment impact on hydrologic alterations and floodplain vegetation. *Ecological Indicators*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.039>
- Kumar, D., Tripathi, V. K., & Parhi, P. K. (2018). Flood Flow Modelling and Embankment Protection of Mahanadi River Using Hec-Ras. *I-Manager's Journal on Future Engineering and Technology*, 13(4), 1. <https://doi.org/10.26634/jfet.13.4.14470>
- Kurniawan, I., Permatasari, M. M. H., & Santosa, B. (2021). Kajian Kawasan Risiko Banjir Di Sungai Banjir Kanal Barat Dengan Mempertimbangkan Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence). *G-SMART*, 4(2). <https://doi.org/10.24167/gsmart.v4i2.2332>
- Maulana, M. I., & Maulana, M. I. (2022). Analisis Optimalisasi Ketahanan Daerah Berbasis GIS, Remote Sensing dan Cloud untuk Manajemen Banjir dan ROB di Kota Semarang. *Jurnal RIPTEK*, 17(1), 71–78.
- Mayasari, P., & Ilfan, F. (2021). *Analysis of Cross-section Capacity of Jambi River at Muaro Jambi Temple About Various Flood Return Period Using HEC-RAS Software*. 4(2), 127–140.
- Ogras, S., & Onen, F. (2020). Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River. *Advances in Civil Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6131982>
- Papakonstantinou, I., Lee, J., & Madanat, S. M. (2019). Optimal levee installation planning for highway infrastructure protection against sea level rise. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.02.002>
- Permana, F. H. (2023). Analisis Penyebab Banjir Tahunan di Kecamatan Pamanukan: Peran Sungai Cipunagara dan Saluran Pembuang Cigadung. *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 3(1). <https://doi.org/10.32897/simteks.v3i1.2568>
- Peter, A., & Adeola Mathew, F. (2018). Structural Flood Defence Measures and Effects on the Surroundings. *EPH - International Journal of Applied Science*, 4(1). <https://doi.org/10.53555/eijas.v4i1.60>
- Pramitha, A. A. S., Utomo, R. P., & Miladan, N. (2020). Efektivitas infrastruktur perkotaan dalam penanganan risiko banjir di Kota Surakarta. *Region : Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Perencanaan Partisipatif*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.20961/region.v15i1.23258>
- Rusmawati, R., Musa, R., & Mallombasi, A. (2022). Kajian Penanggulangan Banjir dengan Menggunakan Tanggul pada Sungai Mata Allo Kabupaten Enrekang. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 7(1). <https://doi.org/10.33096/jtasm.v7i1.535>
- Sarminingsih, A. (2018). Pemilihan Metode Analisis Debit Banjir Rancangan Embung Coyo Kabupaten Grobogan. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1). <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i1.53-61>
- Siwi, A. C., Halim, F., & Binilang, A. (2018). Analisis Kapasitas Sungai Makalu Kabupaten Minahasa Tenggara Terhadap Debit Banjir Kala Ulang Tertentu. *Sipil Statik*, 6(4), 199–210. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/19349>

Uruilal, I. L., Suit, C. J., & Jansen, T. (2020). *Prediksi banjir di Sungai Ranowangko Kecamatan Amuran Kabupaten Minahasa Selatan*. 8(2), 167–174.