

## DESAIN DINDING PENAHAN TANAH SEBAGAI PENGENDALIAN BANJIR PADA SUNGAI DI DAS KRICIK KOTA BATU

Bahrina Kasih<sup>1</sup>, Moh. Charits<sup>2</sup>, Agus Suhardono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, <sup>2,3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

Email: <sup>1</sup>[bahrinaarin21@gmail.com](mailto:bahrinaarin21@gmail.com), <sup>2</sup>[moh.charits@polinema.ac.id](mailto:moh.charits@polinema.ac.id), <sup>3</sup>[agus.suhardono@polinema.ac.id](mailto:agus.suhardono@polinema.ac.id)

### ABSTRAK

Berkurangnya daerah resapan pada bagian hulu Sungai Kricik, Kecamatan Bumiaji menyebabkan banjir setiap tahunnya. Dari hasil analisis hidrologi menunjukkan curah hujan rancangan yang terjadi pada Sungai Kricik sebesar 111,308 mm dan debit banjir sebesar 70,98 m<sup>3</sup>/detik dengan kala ulang masing-masing 50 tahun. Berdasarkan analisis profil aliran yang dilakukan dengan program HEC-RAS 4.1.0. pada Q50th, kondisi eksisting tidak dapat menampung debit rencana, maka perlu direncanakan bangunan pengendali. Data yang diperlukan adalah data curah hujan dari tiga stasiun yaitu Junggo, Ngujung, dan Tinjumoyo. Sedangkan, metode distribusi curah hujan rancangan yang digunakan adalah Log Pearson Type III dengan kala ulang 50 tahun. Kemudian, untuk menghitung debit banjir rancangan menggunakan metode Hidrograf Nakayasu. Dari hasil kajian direncanakan bangunan pengendali berupa sheet pile beton tipe W-325 A sepanjang 2100 m dengan rencana anggaran biaya Rp. 5.017.084.839,- (*Lima milyar tujuh belas juta delapan puluh empat ribu delapan ratus tiga puluh sembilan rupiah*).

**Kata Kunci:** Sungai, Pengendalian Banjir, HEC-RAS, Corrugated Concrete Sheet Pile

### ABSTRACT

The reduced catchment area in the upper reaches of the Kricik River, Bumiaji District caused annual flooding. The result of the hydrological analysis revealed the designed rainfall that occurred in the Kricik River was 111,308 mm and the flood discharge was 70,98 m<sup>3</sup>/second with a return period of 50 years. Based on the profile analysis of river flow using HEC-RAS 4.1.0 Program with a 50 years return-period, the existing condition could not accommodate the planned flood discharge, therefore the control building was to be planned. The required data covered rainfall capacity from Junggo, Ngujung, and Tinjumoyo stations. Log Pearson Type III of 10, 25, and 50 years cycle and Nakayasu hydrograph method were applied. From the result of the study the control building is planned in the form of concrete sheet pile type W-325 A along 2100 m with the budget plan of 5.017.084.839 IDR.

**Keywords :** River, Flood Control, HEC-RA, Corrugated Concrete Sheet Pile

### 1. PENDAHULUAN

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu daratan yang terdiri dari sungai, danau dan anak sungai yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung, dimana fungsinya untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari air hujan. Daerah aliran sungai (DAS) dapat dibagi menjadi Sub DAS yang berfungsi menerima air hujan dan mengalirkannya ke anak sungai ke sungai utama.

Kota Batu menjadi bagian terpenting dari daerah aliran sungai (DAS) Brantas yang terletak di hulu Sungai Brantas. Keberadaannya sangat vital dimana wilayah Kota Batu merupakan salah satu daerah tangkapan air hujan dan juga sebagai pengendali banjir di DAS Brantas.

Banjir bandang yang terjadi di Kota Batu pada hari Sabtu, 4 November 2021 pukul 14.00 WIB dengan curah hujan tinggi mengguyur wilayah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas dan arus sungai anak sungai Brantas yang melintas di Desa Bulukerto, Kecamatan

Bumiaji, Kota Batu. Selain curah hujan yang tinggi, hal ini juga disebabkan oleh daerah resapan air di hulu aliran Sungai Brantas yang sudah banyak berkurang karena alih fungsi lahan

Sebagai langkah penanganan, pemerintah menginstruksikan untuk melakukan pengendalian banjir dari titik kejadian di Sungai Kricik yang terletak di Desa Bulukerto, Kec. Bumiaji sampai dengan pertemuan atau muara Sungai Brantas. Selain karena perubahan tata guna lahan dan curah hujan yang tinggi, banjir yang terjadi pada Sungai Kricik juga disebabkan oleh kapasitas tampungan sungai tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian dengan memasang dinding penahan pada Sungai Kricik.

Dalam merencanakan maupun mendesain bangunan air diperlukan data-data antara lain besarnya data debit, curah hujan dan debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah salah satu input yang digunakan sebagai dasar untuk perhitungan dimensi bangunan yang direncanakan. Oleh karena itu, besarnya debit banjir rencana sangat penting, maka metode yang digunakan untuk perhitungan besarnya debit banjir rencana perlu dipilih setepat mungkin.

**2. METODE**

**A. Analisis Hidrologi**

Berdasarkan data curah hujan 3 stasiun hujan, dapat dihitung:

1. Curah hujan rata-rata dengan metode rata-rata aljabar dan thiessen
2. Uji konsistensi untuk mengecek kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengukuran. Pengecekan data dikerjakan dengan membuat kurva massa ganda.
3. Curah hujan rancangan dengan dua metode, yaitu distribusi Gumbel dan distribusi Log Pearson III
4. Uji kecocokan distribusi untuk melihat apakah distribusi yang digunakan sesuai dengan data hujan yang ada. Pengujian ini meliputi 2 pengujian, yaitu pengujian Chi-Square dan pengujian Smirnov-Kolmogorov.

**B. Debit Banjir Rencana**

Debit banjir rencana diperhitungkan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Metode ini digunakan untuk menentukan dimensi penampang yang nantinya mampu menampung debit banjir rencana yang telah didapat. Berikut langkah-langkah perhitungan hidrograf:

**C. Analisis Hidrolika**

Analisis hidrolika menggunakan HEC-RAS 5.0.3 untuk memperoleh hasil simulasi debit muka air banjir yang terjadi pada saluran eksisting dan mengetahui titik-titik daerah limpasan.

**D. Analisa Stabilitas Tanggul**

Nilai koefisien tanah diperlukan untuk menghitung tekanan tanah yang terjadi pada bangunan pengaman tebing. Nilai koefisien masing – masing baik tanah aktif dan tanah pasif dihitung dengan rumus

$$Ka = \frac{1 - \sin\theta}{1 + \sin\theta} = \tan^2(45 - \frac{\theta}{2})$$

$$Kp = \frac{1 - \sin\theta}{1 + \sin\theta} = \tan^2(45 + \frac{\theta}{2})$$

Perhitungan yang dilakukan pada masing – masing lapisan tanah dengan rumus:

$$Pa = \sigma \cdot H$$

$$Pa = 0,5 \cdot \sigma \cdot H$$

**E. Analisa Dimensi Sheet Pile**

1. Menghitung dimensi sheet pile yang direncanakan
2. Cek kontrol dimensi yang direncanakan

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Hidrologi**

a. Analisis data curah hujan

Data yang dibutuhkan dalam analisis hidrologi adalah data curah hujan harian maksimum yang diambil dari tiga stasiun pencatat hujan terdekat, sebagaimana yang tertera pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Data Curah Hujan Maksimum Tahunan

No	Nama Stasiun Hujan
1	Junggo
2	Ngujung
3	Tinjumoyo

Sumber: Hasil Perhitungan

b. Uji Konsistensi

Metode yang digunakan untuk pengujian ini adalah Kurva Massa Ganda (*Double Mass Curve*).

**Tabel 2.** Rekapitulasi Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm/hari)		
		Sta. Junggo	Sta. Ngujung	Sta. Tinjumoyo
1	2011	2244	1298.4	1961.8
2	2012	2091	1257.9	2068.9
3	2013	2569	2269.6	2856.4
4	2014	1938	1320.1	1959.5
5	2015	1531	1392	1614.8
6	2016	2427.5	1811	2206
7	2017	2262.8	1677	2086
8	2018	1616.4	1285	1869
9	2019	1400.5	1397	2057
10	2020	2483.8	1864	2057

Sumber: Hasil Perhitungan

c. Pemilihan Distribusi Curah Hujan Rancangan

Perhitungan distribusi curah hujan rancangan memerlukan data curah hujan maksimum harian rata-rata terurut dari terkecil hingga terbesar sebagaimana yang disajikan pada Tabel 2 berikut untuk menghitung koefisien kemencengan dan koefisien curtosis yang menjadi acuan dalam penentuan metode perhitungan distribusi.

**Tabel 3.** Perhitungan Penentuan Distribusi

No	Tahun	X	$\frac{[X - \bar{X}]}{[\bar{X}]}$	$\frac{[X - \bar{X}]}{[\bar{X}]^2}$	$[X - \bar{X}]^3$	$[X - \bar{X}]^4$	
1	2013	103.88	36.79	1353.23	49780.32	1831233.07	
2	2014	83.87	16.78	281.47	4722.31	79226.80	
3	2015	76.77	9.67	93.52	904.44	8746.55	
4	2020	72.58	5.48	30.07	164.90	904.24	
5	2018	63.08	-4.02	16.13	-64.79	260.21	
6	2011	61.34	-5.76	33.18	-191.14	1101.01	
7	2012	61.00	-6.09	37.11	-226.07	1377.17	
8	2017	60.52	-6.57	43.20	-283.90	1865.89	
9	2016	48.47	-18.63	346.92	-6461.61	120352.37	
10	2019	39.45	-27.65	754.59	-	584597.78	
Jumlah			670.97	0.00	2999.42	27202.61	2629665.10
Rerata			67.10				

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan syarat penentuan distribusi sehingga didapatkan hasil nilai  $C_s$  sebesar 0,982 dan nilai  $C_k$  sebesar 0,012 yang memenuhi syarat pada metode distribusi Log Pearson III.

d. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode distribusi Log-Pearson III disajikan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 4.** Perhitungan Curah Hujan Rancangan

No	Tahun	X (mm)	log X	$\frac{\log X - \log X_r}{\log X_r}$	$\frac{(\log X - \log X_r)^2}{(\log X_r)^2}$	$\frac{(\log X - \log X_r)^3}{(\log X_r)^3}$
1	2013	107.00	2.0294	0.1285	0.0165	0.0021
2	2014	93.33	1.9700	0.0692	0.0048	0.0003
3	2015	84.00	1.9243	0.0234	0.0005	0.0000
4	2020	80.50	1.9058	0.0049	0.0000	0.0000
5	2018	79.33	1.8995	-0.0014	0.0000	0.0000
6	2011	78.00	1.8921	-0.0088	0.0001	0.0000
7	2012	77.00	1.8865	-0.0144	0.0002	0.0000
8	2017	72.50	1.8603	-0.0405	0.0016	-0.0001
9	2016	69.77	1.8436	-0.0572	0.0033	-0.0002
10	2019	62.67	1.7970	-0.1038	0.0108	-0.0011
Jumlah		804.10	19.009	0.000	0.038	0.001
Rerata		80.41	1.90			

Sumber: Hasil Perhitungan

Mengacu pada besaran nilai S sebesar 0,065 dan koefisien kemencengan sebesar 0,56 maka dapat ditentukan nilai G dengan interpolasi sebesar 0,5 dan 0,6. Dalam melakukan perhitungan uji kesesuaian distribusi, digunakan beberapa kala ulang sehingga diperoleh nilai koefisien G 0,56 pada kala ulang 50 tahun sebesar 2,337 dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$TR_{50 \text{ tahun}} = \text{Koef } G_{0,6} + \frac{Cs_{\text{hitung}} - 0,6}{0,6 - 0,5} \times (\text{koef } G_{0,6} - \text{koef } G_{0,5})$$

Selanjutnya dihitung nilai log Drancang dilakukan di tiap kala ulang yang direncanakan dengan rumus perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Log dranc} = \text{Rerata Log} + (G \times S) \\ \text{a log} = 10^{\text{Dranc}}$$

Melalui besaran nilai yang diperoleh tersebut dapat disusun rekapitulasi analisa periode ulang debit banjir sebagaimana yang disajikan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Analisa Periode Ulang Debit Banjir

m	T	P (%)	$K_T$	S	Rerata Log X	Log $X_T$	$X_T$ (m3/det)
1	1.0101	0.99	-2.4352	0.119	1.81	1.523	33.337
2	1.25	0.8	-0.8330	0.119	1.81	1.713	51.675
3	2	0.5	0.0247	0.119	1.81	1.815	65.341
4	5	0.2	0.8480	0.119	1.81	1.913	81.848
5	10	0.1	1.2641	0.119	1.81	1.962	91.715
6	25	0.04	1.6979	0.119	1.81	2.014	103.274
7	50	0.02	1.9717	0.119	1.81	2.047	111.308
8	100	0.01	2.2153	0.119	1.81	2.075	118.979

Sumber: Hasil Perhitungan

e. Uji Kesesuaian Distribusi

Metode untuk menguji kesesuaian distribusi horizontal menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov sedangkan uji yang digunakan untuk menguji kesesuaian distribusi vertical menggunakan uji Chi-Square.

1. Uji Simpangan Horizontal (Smirnov-Kolmogorov)

**Tabel 6.** Uji Simpangan Horizontal Smirnov-Kolmogorov

NO	Uji Kesesuaian Distribusi Log Pearson III		Uji P Horizontal (Smirnov-Kolmogorov)	
	Xempiris	Pempiris	Pteoritis	$\Delta P$
1	107.00	9%	9%	0%
2	93.33	18%	18%	0%
3	84.00	27%	27%	0%
4	80.50	36%	36%	0%
5	79.33	45%	42%	3%
6	78.00	55%	50%	5%
7	77.00	64%	55%	9%
8	72.50	73%	64%	9%
9	69.77	82%	73%	9%
10	62.67	91%	90%	1%
$\Delta P_{\text{max}}$				9%
Do (Nilai kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov)				41%
$\Delta P_{\text{max}} < Do$				<b>MEMENUHI</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

Melalui tabel tersebut di atas dapat diketahui:

- n = 10
- $\alpha$  = 0,05 (umumnya)
- Do = 0,41 (41%)
- $\Delta P_{\text{max}} < Do$
- 9% < 41% (maka nilai  $\Delta P$  memenuhi syarat)

2. Uji Simpangan Vertikal (Chi-Square)

Uji kesesuaian ini digunakan untuk menguji kesesuaian antara hujan teoritis dengan hujan empiris. Didapatkan hasil pembacaan uji simpangan vertikal sebagaimana yang dapat diamati pada Tabel 7 berikut.

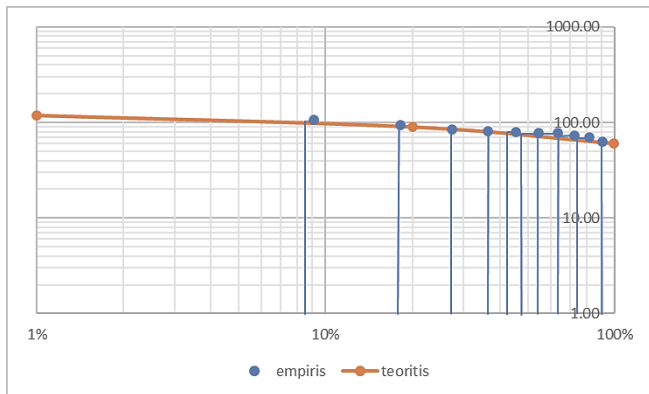
**Tabel 7.** Uji Simpangan Vertikal Chi-Square

NO	Uji Kesesuaian Distribusi Log Pearson III		Uji Simpangan Vertikal (Chi-Square)	
	Xempiris	Pempiris	Xteoritis	$X^2_{\text{hit}}$
1	107.00	0.091	98.000	0.827
2	93.33	0.182	93.333	0.000
3	84.00	0.273	84.000	0.000
4	80.50	0.364	80.500	0.000
5	79.33	0.455	75.000	0.250
6	78.00	0.545	70.000	0.914
7	77.00	0.636	70.000	0.700

8	72.50	0.727	65.000	0.865
9	69.77	0.818	63.000	0.727
10	62.67	0.909	62.667	0.000
X2 Hit				4.283
X2 (Nilai kritis untuk Uji Chi-Square)				14.067
X2 Hit < X2 nilai kritis tabel				<b>MEMENUHI</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

Melalui tabel 5 tersebut didapat nilai X teoritis dan X<sup>2</sup> hitung dengan nilai X empiris diperoleh dari curah hujan maksimum dan nilai X teoritis didapatkan dari hasil bacaan pada kertas distribusi Log Pearson III yang dapat diamati pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Uji Simpangan pada Kertas Distribusi Log Pearson III

Nilai X<sup>2</sup> hitung dilakukan dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$X^2 \text{ hitung} = \frac{(X_{\text{empiris}} - X_{\text{teoritis}})^2}{X_{\text{teoritis}}}$$

Kontrol setelah didapatkan hasil perhitungan X<sup>2</sup> hitung, dilakukan kontrol dengan syarat X<sup>2</sup> hitung < X<sup>2</sup> nilai kritis tabel.

- Dk = 7
- α = 0,05
- X<sup>2</sup> tabel = 4.283
- X<sup>2</sup> hitung < X<sup>2</sup> tabel
- 0,827 < 4.283 (nilai X<sup>2</sup> hitung memenuhi syarat)

f. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran ditentukan berdasarkan identifikasi tata guna lahan sebagaimana yang tersaji pada Tabel 5 berikut.

Tabel 8. Koefisien Pengaliran DAS Sungai Kricik

NO	PENGGUNAAN LAHAN	LUAS (Ha)	C	Σ
1	Ladang	417.436	0.4	166.974
2	Sawah	22.804	0.7	15.9628
3	Kebun	55.346	0.35	19.3711
4	Pemukiman	59.78	0.4	23.912
Total		<b>555.366</b>		<b>226.22</b>
C gabungan			<b>0.407</b>	

Sumber: Hasil Perhitungan

g. Distribusi Hujan Jam-jaman

Hasil pengamatan di Indonesia hujan terpusat tidak lebih dari 7 (tujuh) jam, maka dalam perhitungan ini diasumsikan hujan terpusat adalah 5 (lima) jam sehari. Sebaran hujan jam-jaman dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe dan

dilakukan distribusi hujan pada setaip jam kejadian hujan tersebut terhadap curah hujan efektif satu hari (R24) dengan pendekatan persamaan sebagai berikut:

$$R_t = t \times R_t - (t - 0,5) \times R_{(t-1)}$$

Dengan:

R<sub>t</sub> = persentase intensitas hujan rerata dalam t jam

R<sub>t-1</sub> = persentase intensitas hujan rerata dalam (t - 0,5)

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat dihitung rasio jam-jam dari hujan terpusat selama 5 jam sebagaimana yang disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 9. Rasio Jam-Jam Hujan Terpusat Selama 5 Jam

Jam ke	Distribusi hujan (Rt)	Curah hujan	Rasio	Kumulatif
(t)	0.5 jam-an	jam ke-	%	%
0.5	0.928 R24	0.464 R24	46.42%	46.42%
1	0.585 R24	0.121 R24	12.06%	58.48%
1.5	0.446 R24	0.085 R24	8.46%	66.94%
2	0.368 R24	0.067 R24	6.74%	73.68%
2.5	0.317 R24	0.057 R24	5.69%	79.37%
3	0.281 R24	0.050 R24	4.97%	84.34%
3.5	0.254 R24	0.044 R24	4.45%	88.79%
4	0.232 R24	0.040 R24	4.04%	92.83%
4.5	0.215 R24	0.037 R24	3.72%	96.55%
5	0.200 R24	0.035 R24	3.45%	100.00%
Jumlah		1.000	100%	

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan ini curah hujan rancangan yang akan dipakai adalah kala ulang 50 tahun. Kemudian untuk mendapatkan curah hujan netto harus dikalikan dengan nilai koefisien pengaliran C DAS Kricik. Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dari curah hujan rancangan tersebut didapatkan hujan netto jam-jaman yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Re = C \times R$$

Dengan:

Re = hujan netto (mm/hari)

C = koefisien pengaliran

R = curah hujan harian maks. rancangan (mm/hari)

Maka hujan netto (Re) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Re = 0,267 \times 111,308$$

$$= 29,719 \text{ mm}$$

Hujan jam-jaman = Re x Rasio

$$\text{Hujan jam-jaman (0,5)} = 29,719 \times 46,42\% = 13,794 \text{ mm}$$

h. Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode HSS Nakayasu

Metode perhitungan yang digunakan yaitu Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dengan periode ulang yang digunakan yaitu periode 50 tahunan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai waktu konsentrasi (Tg)

$$Tg = 0,21 \times L0,7$$

$$Tg = 0,21 \times (9,211)^{0,7}$$

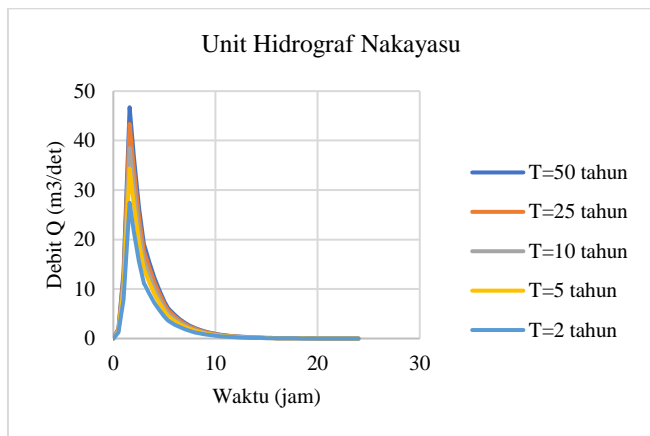
$$= 0,994 \text{ jam}$$

2. Menentukan nilai satuan waktu curah hujan ( $T_r$ )  
 $T_r = 0,5 \times T_g$   
 $= 0,745 \text{ jam}$
3. Menentukan waktu puncak ( $T_p$ )  
 $T_p = T_g + 0,8 (T_r)$   
 $= 1,590 \text{ jam}$
4. Menghitung  $T_{0,3}$   
 $T_{0,3} = \alpha \times T_g$   
 $= 1,490 \text{ jam}$
5. Menentukan debit puncak ( $Q_p$ )  
 $Q_p = \frac{A.R_0}{3,6 (0,3.T_p + T_{0,3})}$   
 $Q_p = 2,349 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dari perhitungan diatas, kemudian dilakukan perhitungan ordinat unit hidrograf dengan persamaan kurva hidrograf satuan sintetisnya sebagai berikut:

1. Bagian lengkung naik untuk  $0 \leq t \leq T_p = 1,590$
2. Bagian lengkung turun untuk ( $T_p = 1,590 < t < T_p + T_{0,3} = 3,08$ )
3. Bagian lengkung turun untuk ( $T_p + T_{0,3} = 3,08 < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 8,43$ )

Melalui perhitungan rumus tersebut di atas maka rekapitulasi unit hidrograf pada Gambar 6 berikut.



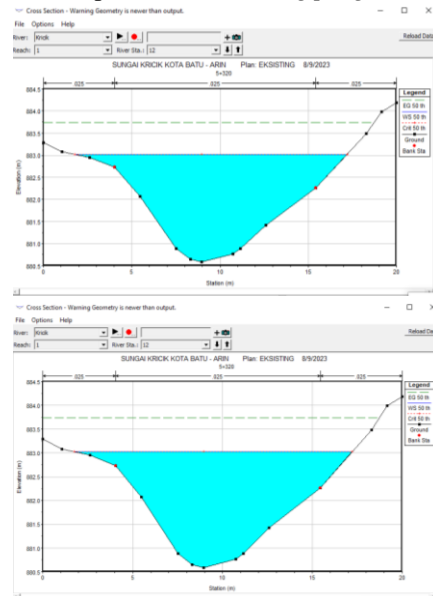
Sumber: Hasil Perhitungan  
**Gambar 6.** Grafik Debit HSS Nakayasu

**ANALISIS HIDROLIKA**

Analisis hidrolika sungai dihitung dengan menggunakan bantuan software HEC-RAS versi 5.0.3. Perhitungan dilakukan menggunakan potongan melintang pada ruas sungai dengan jarak tertentu, dimulai dari patok 0+000 hingga patok 3+350 sesuai dengan data yang dimiliki dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Analisis profil aliran eksisting
  - a. Membuat geometri sungai
  - b. Memasukkan data potongan melintang dan memanjang sungai
  - c. Memasukkan data Steady Flow
  - d. Running *Steady Flow Analysis*
  - e. Menampilkan hasil *running program* HEC-RAS

2. Analisa Profil Aliran Rencana
  - a. Running *Unsteady Flow Analysis*
  - b. Menampilkan hasil *running program* HEC-RAS



Sumber: Hasil Perhitungan

**PERENCANAAN DINDING TURAP (CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE)**

Langkah perhitungan perencanaan dinding turap pada pekerjaan perbaikan Sungai Kricik akan dijabarkan sebagai berikut:

1. Menentukan kedalaman turap

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2(\theta) \times \cos(\theta - \delta) \times \left[ 1 + \frac{\sin(\theta + \delta) \times \sin(\theta - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \times \cos(\alpha - \theta)} \right]^2}$$

Melalui persamaan tersebut, dapat diperoleh besaran nilai  $K_{a1}$  sebesar 0,432;  $K_{a2}$  sebesar 0,384;  $K_{p2}$  yang merupakan hasil dari pembagian  $1/K_a$  dan besaran nilai  $S$  yang merupakan hasil pembagian dari  $1/K_{a2}$  yaitu sebesar 2,603. Setelah mendapatkan nilai  $K_a$  dan  $K_p$ , selanjutnya menghitung besar momen pada tekanan tanah aktif dan pasif.

**Tabel 8.** Rekapitulasi Perhitungan Tegangan Tanah Aktif dan Pasif

No.	Gaya	Besar Gaya (ton)	Lengan (m)	Momen (ton.m)	
1	Pa1	0.216	-1.00	-0.216	
2	Pa2	0.3888	-0.83	-0.324	
3	Pa3	2.208	0.75	1.656	
4	Pa4	0.72	1.17	0.84	
5	Pa5	1.4592	D	0.5D + 2 m	0.7296
6	Pa6	0.1152	D2	0.67D + 2 m	0.0768
7	Pa7	0.75	0.17	0.125	
8	Pa8	2.25	1.25	2.8125	
9	Pa9	1.5	D	0.5D + 2 m	0.75
10	Pp1	0.7809	D2	0.67D + 2 m	0.5206

Sumber: Hasil Perhitungan

Melalui Tabel 8 tersebut, dapat diperoleh  $\Sigma$ momen sehingga diperoleh besaran nilai  $D$  yaitu 4,168 dan diketahui

panjang total turap yaitu  $2 + D = 4,168$  yang kemudian dibulatkan menjadi 6 meter.

## 2. Kontrol stabilitas *sheet pile*

Nilai total pada tegangan aktif dan pasif dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma P_p &= 0,523(D)3 + 1,562(D)2 \\ &= 0,523(6)3 + 1,562(6)2 \\ &= 169,237 \text{ ton} \\ \Sigma P_a &= 24,966(D)3 + 88,776(D)2 + 4,894 \\ &= 24,966(6)3 + 88,776(6)2 + 4,894 \\ &= 17,28 + 61,56 + 35,51 + 4,896 \\ &= 118,636 \text{ ton}\end{aligned}$$

Untuk menghitung stabilitas keamanan *sheet pile* saat penggeseran dihitung dengan membagi  $\Sigma P_p$  dengan  $\Sigma P_a$  sehingga diperoleh nilai stabilitas sebesar 2,39S yang memenuhi faktor keamanan minimal yaitu antara 1,2 – 1,5.

## RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

### Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Sebelum menghitung RAB, perlu dilakukan analisis harga satuan pekerjaan yang dihitung sesuai dengan ketentuan Permen PUPR No.1 Tahun 2022.

Setelah dilakukan perhitungan analisis harga satuan pekerjaan langkah selanjutnya yaitu menghitung total Rencana Anggaran Biaya. Diperoleh Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk pengendalian banjir Sungai Kricik Kota Batu dengan pemasangan Sheet Pile sebesar Rp 5.419.488.575,- (*Lima milyar empat ratus sembilan belas juta empat ratus delapan puluh delapan ribu lima ratus tujuh puluh lima rupiah*).

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan hasil perhitungan yang telah diperoleh dalam penyelesaian studi “Analisis Debit Banjir Rencana Sebagai Evaluasi Kapasitas Tampung Sungai Kricik Kota Batu” dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan curah hujan rancangan 50 tahun ( $Q_{50}$ ) dari tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Junggo, Ngujung, Tinjumoyo tahun 2011-2021 menggunakan metode log pearson didapatkan hasil sebesar 111,308 mm.
2. Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir dengan metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu pada Sungai Kricik dengan kala ulang 50 tahun ( $Q_{50}$ ) didapat sebesar 70,98 m<sup>3</sup>/detik. Kenaikan tertinggi terjadi pada P.19 STA 4+970 dengan tinggi 4,02 meter.
3. Berdasarkan hasil analisis penampang eksisting dengan menggunakan program HEC-RAS 5.0.3 pada Sungai Kricik dengan debit rencana kala ulang 50 tahun menunjukkan pada penampang eksisting terdapat beberapa patok yang tidak mampu menampung debit

banjir yang direncanakan sehingga memerlukan adanya perbaikan

4. Profil turap yang digunakan dari hasil perhitungan analisis tanah yaitu W325-A dari catalog Corrugated Prestressed Concrete sheet pile WIKA dengan nilai momen maksimum sebesar 11.40 ton.m dengan nilai kestabilan tanah 2,39 dimana nilai faktor keamanan yang diizinkan tidak boleh kurang dari 1,2 maka perencanaan turap dengan profil W325-A pada catalog WIKA dinyatakan aman. Pemancangan dilakukan sedalam 3 meter dari dasar sungai
5. Berdasarkan hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya yang diperoleh untuk proyek pengendalian banjir pada Sungai Kricik Kota Batu sebesar Rp.5.419.488.575,- (*Lima milyar empat ratus sembilan belas juta empat ratus delapan puluh delapan ribu lima ratus tujuh puluh lima rupiah*).

## SARAN

Setelah menganalisis studi ini maka penulis menyimpulkan beberapa saran agar menjadi sebuah masukan untuk pembaca, berikut saran yang penulis berikan:

1. Data tanah penelitian yang digunakan merupakan data tanah dari lokasi kasus studi yang ditinjau.
2. Upaya pengendalian banjir tidak hanya dapat dilakukan dengan metode struktur, tetapi juga dapat dilakukan dengan metode non struktur seperti pengelolaan DAS, pengaturan tata guna lahan dan lain sebagainya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chow, V. T. 1992. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga.
- [2] Hardiyatmo Hary Cristiady, 2003, Mekanika Tanah 2, Penerbit Pt. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [3] Kodoatie, Robert J. 2013. Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset
- [4] Chow, V. T. 1992. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga.
- [5] Sosrodarsono., Suyono. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- [6] Canonica, 2013. Memahami Mekanika Tanah 2. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- [7] Hadisusanto., 2010. *Aplikasi Hidrologi* Jogja : Jogja Mediautama
- [8] Soemarto., C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional
- [9] Soemarto., C.D. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Erlangga