

# ANALISIS TINGGI TANGGUL SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR MENGGUNAKAN METODE HEC-RAS

Aghnia Fatharani<sup>1)</sup>, Bambang Sujatmoko<sup>2)</sup>, Rinaldi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : aghnia.fatharani@student.unri.ac.id

## ABSTRACT

*The area located on the banks of the Sail River, especially the downstream part of the river is an area that has the potential to flood and puddle when the rainfall is high in the upper reaches and the influence of the high tide of the Siak river. Floods that occurred on the banks of the Sail River inundated several infrastructures such as roads and residential areas. Based on Antara (2017), in Bambu Kuning street, the village of Rajosari was hit by a puddle of Sail river as high as about 30-60 cm, while around the residential area the height of the water was 20 cm. The stages of the research are analyzing the frequency of rainfall data first, then calculating the planned discharge with Nakayasu HSS, then hydraulic modeling using the HEC-RAS Program, after the flood water level is obtained, the embankment planning is carried out. Based on the results of the analysis of the Sail River flood height, it was found that the flood face elevation in the upstream river, cross section 61 (SC 61) is 7.91 m or 1.57 m from the left bank of the river and 1.51 m from the right bank of the river and elevation flood face in the downstream, cross section 0 (SC 0) is 2.67 m or -2.85 m from the left bank and -1.77 m from the right bank (non-flood conditions). After normalization, the height of the embankment plan is an elevation of 5.5 m at sta 0 + 050, elevation of 7 m sta 0 + 150-sta 2 + 150 (2000 m), elevation of 7.5 m sta 2 + 200-sta 3 + 050 (850 m) thus the water level elevation in the Sail river has decreased  $\pm 1$  m.*

*Keywords: flood, embankment, HEC – RAS*

## PENDAHULUAN

Kota Pekanbaru memiliki beberapa anak sungai, salah satunya adalah sungai Sail. Sungai Sail merupakan penampung utama bagi wilayah sekitar Pasar Laket yang dibatasi Jl. Pelajar di sebelah barat, Jl. Pepaya di sebelah timur, Jl. Mangga disebelah utara dan Jl. Tuanku Tambusai di Selatan. Sungai ini bermuara langsung ke sungai Siak sehingga sering dijadikan sebagai saluran drainase alami.

Wilayah yang terletak di tepian sungai Sail terutama bagian hilir sungai merupakan kawasan yang berpotensi banjir dan genangan pada saat curah hujan tinggi di bagian hulu dan pengaruh pasang tinggi sungai Siak. Banjir yang terjadi pada bantaran sungai Sail menggenangi beberapa infrastruktur seperti jalan dan pemukiman warga. Berdasarkan Antara (2017), di jalan Bambu Kuning kelurahan Rajosari terkena genangan air sungai sail setinggi sekitar 30-60 cm. Sedangkan di sekitar kawasan perumahan warga ketinggian luapan air 20 cm.

Banjir yang terjadi akibat luapan sungai tersebut, dapat dilakukan penanggulangan dengan menggunakan bangunan pengendali banjir di sepanjang sungai yang mengalami luapan seperti kanal banjir, kolam retensi, tembok banjir, tanggul, sistem drainase dan pompa. Bangunan pengendali banjir salah satunya tanggul, dapat berfungsi sebagai bangunan menjaga kenaikan elevasi muka air pada sungai, serta sebagai penahan atau menjaga konstruksi pada tepi sungai dari erosi dinding sungai.

## Analisis Frekuensi

Analisis yang digunakan yaitu metode analisis Log Pearson III. Distribusi Log Pearson III memiliki 3 (tiga) parameter penting, yaitu nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol maka distribusi kembali ke distribusi normal. langkah-langkah yang dilakukan pada distribusi Log Pearson III (Suripin, 2004) :

Untuk menghitung nilai rata-rata logaritma dengan rumus:

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad \dots (1)$$

standar deviasi (s) menggunakan rumus:

$$s = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad \dots (2)$$

Untuk menghitung koefisien kemencengan (Cs) menggunakan rumus:

$$C_s = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad \dots (3)$$

Untuk menghitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus:

$$\log X_T = \log \left( \frac{K}{X + (K - X)^{1/c}} \right) \quad \dots (4)$$

### Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

#### 1. Uji Chi Kuadrat

Uji Chi - Kuadrat bertujuan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang akan dilakukan analisis. Pengambilan keputusan ini menggunakan parameter  $\chi^2$ , yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Suripin, 2004):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \dots (5)$$

dengan:

$\chi^2$ : Parameter Chi – kuadrat,

G : Jumlah sub kelompok,

$O_i$  : Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i,

$E_i$  : Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i.

#### 2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov – Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut (Suripin, 2004):

- Mengurutkan data (dari data besar ke kecil, atau sebaliknya) dan menentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.

$X_n = P(X_n)$  dengan n adalah jumlah sampel.

- Mengurutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).

$X_n = P'(X_n)$  dengan n adalah jumlah sampel.

- Dari kedua nilai peluang tersebut, dapat menentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dan peluang teoritis, =maksimum ( $P(X_n) - P'(X_n)$ )

### Debit Banjir Rencana

Pada penelitian ini debit banjir dihitung dengan menggunakan metode HSS Nakayasu. Nakayasu membagi bentuk hidrograf satuan dalam dua bagian, yaitu lengkung naik dan lengkung turun (Triatmodjo, 2010). Pada bagian lengkung naik besarnya nilai hidrograf satuan dihitung dengan rumus:

$$Q_a = \left[ \frac{t}{T_p} \right]^{2.4} Q_p \quad \dots (6)$$

Pada bagian lengkung turun yang terdiri dari tiga bagian, hitungan limpasan permukaan ditentukan berdasarkan rumus:

- Selang nilai :  $T_p \leq t < (T_p + T_{0,3})$

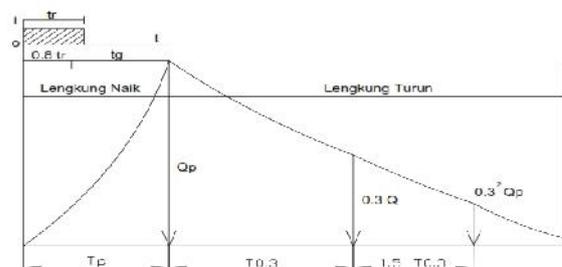
$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t - T_p)}{T_{0,3}}} \quad \dots (7)$$

- Selang nilai :  $(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3^{\frac{1,5 T_{0,3}}{2,3 T_{0,3}}} \quad \dots (8)$$

- Selang nilai :  $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t - T_p - 1,5 T_{0,3})}{2,3 T_{0,3}}} \quad \dots (9)$$



Gambar 1. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Sumber: (Triatmodjo, 2010)

## Software HEC-RAS

perangkat lunak HEC-RAS merupakan aplikasi yang digunakan untuk menghitung analisis hidraulika, yaitu perhitung profil muka air pada aliran permanen (*steady flow*) dan tidak permanen (*unsteady flow*). HEC-RAS dirancang untuk mensimulasi fenomena pada jaringan saluran alami maupun buatan. Kunci utama pemodelan pada HEC-RAS adalah penggunaan representasi data geometri dan perhitungan geometri serta perhitungan hidraulika berulang (Istiarto, 2011).

Profil permukaan air dihitung dari satu potongan melintang dengan pemecahan persamaan energi sebagai berikut.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{2 \times V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{1 \times V_1^2}{2g} + h_e \quad \dots (10)$$

dengan:

$Y_1, Y_2$  : kedalaman aliran pada tampang melintang (m)

$Z_1, Z_2$  : elevasi dasar sungai atau saluran (m)

$V_1, V_2$  : kecepatan rata-rata (jumlah debit total) (m/det)

$\alpha_1, \alpha_2$  : koefisien coriolis (koefisien tinggi kecepatan)

$g$  : percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

$h_e$  : kehilangan energi (m)

## Tanggul

Menurut Kodoatie (2013), tanggul berfungsi untuk melokalisir banjir di sungai, sehingga tidak melimpas ke kanan dan ke kiri sungai.

Terdapat beberapa bagian dari tanggul seperti berikut (Sosrodarsono, 1984):

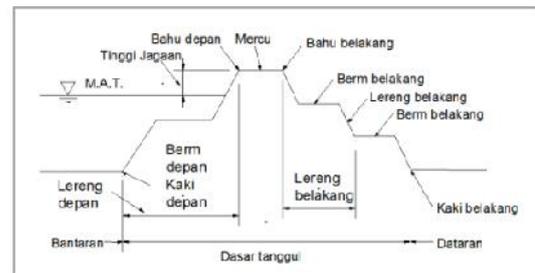
### 1. Bagian-bagian tanggul

Pada tanggul terdapat bagian-bagian seperti, mercu, lereng, berm, tinggi jagaan. Bagian-bagian tanggul dapat dilihat pada Gambar 2.

### 2. Tinggi jagaan

Tinggi jagaan merupakan tambahan tinggi pada tanggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang sedang mengalir. Loncatan ini dapat terjadi akibat adanya ombak, gelombang, loncatan hidrolis pada saat terjadi banjir.

Tinggi jagaan tanggul dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Bagian-bagian Tanggul (sumber: Sosrodarsono, 1984)

Tabel 1. Tinggi Jagaan Tanggul

No	Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Jagaan (m)
1	< 200	0,6
2	200-500	0,8
3	500-2000	1,0
4	2000-5000	1,2
5	5000-10000	1,5
6	>10000	2,0

(Sumber: Sosrodarsono, 1984)

### 3. Lebar Mercu Tanggul

Pada daerah yang padat, pembangunan tanggul dengan mercu yang tidak lebar dan dengan lerengnya yang agak curam kemungkinan cukup memadai, khususnya apabila hanya ditinjau dari segi stabilitas tanggulnya. Lebar mercu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Lebar Standar Mercu

No	Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Lebar Mercu (m)
1	< 500	3,0
2	500-2000	4,0
3	2000-5000	5,0
4	5000-10000	6,0
5	>10000	7,0

(Sumber: Sosrodarsono, 1984)

## Stabilitas Tanggul

Perhitungan stabilitas dengan menggunakan metode irisan. Metode ini menggunakan lengkung lingkaran sebagai asumsi permukaan bidang longsor. Tanah yang berada di bagian atas bidang longsor tersebut dibagi dalam beberapa irisan

Vertikal. Lebar tiap irisan tidak harus sama. Menghitung faktor aman stabilitas dengan menggunakan rumus :

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n=p} (W_n \cos \alpha_n)}{\sum_{i=1}^{n=p} (W_n \sin \alpha_n)} \dots (11)$$

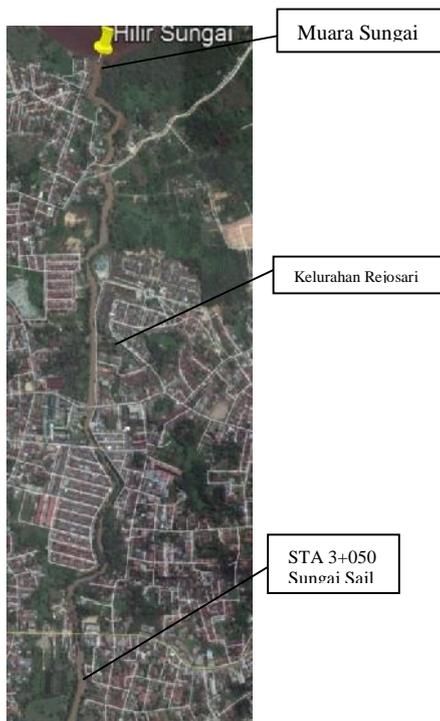
dengan:

- $F_s$  : Faktor keamanan
- $L$  : Panjang busur lingkaran irisan vertikal (m)
- $R$  : Jari-jari lingkaran
- $\theta$  : Sudut antara setiap garis tengah irisan dengan bidang longsor
- $W$  : Tegangan oleh gaya berat irisan vertikal
- $W_n \cos \alpha_n$  : Beban komponen vertikal
- $W_n \sin \alpha_n$  : Beban komponen horizontal
- $C$  : Kohesi(t/m<sup>2</sup>)
- $A$  : Luas per tiap irisan
- $\gamma$  : Berat jenis tanah
- $N$  : jumlah pias

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Sungai Sail sepanjang ± 3 km dari muara/bagian hilir sungai sail. Serta mencakup Daerah Aliran Sungai (DAS) Sail. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Lokasi Penelitian (sumber: Google Earth, 2018)

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa bagian hilir sungai Sail bertemu dengan sungai Siak yang memberikan dampak pasang ke sungai Sail. Pasang yang terjadi mengakibatkan luapan pada bantaran sungai Sail yaitu daerah kelurahan Rejosari.

### Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan terdiri dari data curah hujan Pekanbaru, kondisi eksisting sungai sail sepanjang ± 3 km, peta penutupan lahan, peta DEM (*Digital Elevation Model*), dan data pasang surut yang tercatat pada AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) terdekat dengan muara sungai Sail.

### Analisis Penelitian

Tahapan analisis penelitian yang dilakukan secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan analisis frekuensi dengan distribusi Log Pearson III.
2. Menghitung debit banjir rancangan dengan menggunakan HSS Nakayasu.
3. Input data kondisi eksisting sungai Sail (*Long dan Cross section*), debit banjir rancangan dan elevasi pasang maksimum pada *software* HEC-RAS.
4. Menganalisis profil sungai dengan *software* HEC-RAS 4.1.0, kemudian dapat diketahui elevasi muka air banjir yang terjadi pada sungai.
5. Merencanakan elevasi tanggul serta dimensi yang digunakan. kemudian dilakukan analisis kembali menggunakan *software* HEC-RAS 4.1.0 dengan input *cross section* menggunakan dimensi tanggul yang telah direncanakan.
6. Menganalisis stabilitas tanggul.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Frekuensi

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data curah hujan harian 30 tahun (tahun 1987 sampai 2016) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	$x_i$ (mm)	$\text{Log } x_i$	$\text{Log}(x_i-x)$	$\text{Log}(x_i-x)^2$	$\text{Log}(x_i-x)^3$	$\text{Log}(x_i-x)^4$
1	1987	140.5	2.148	0.131	0.017	0.002	0.000
2	1988	87.5	1.942	-0.074	0.006	0.000	0.000
3	1989	137.5	2.138	0.122	0.015	0.002	0.000
4	1990	160	2.204	0.188	0.035	0.007	0.001
5	1991	133	2.124	0.108	0.012	0.001	0.000
6	1992	114	2.057	0.041	0.002	0.000	0.000
7	1993	103	2.013	-0.003	0.000	0.000	0.000
8	1994	148.4	2.171	0.155	0.024	0.004	0.001
9	1995	114	2.057	0.041	0.002	0.000	0.000
10	1996	115.3	2.062	0.045	0.002	0.000	0.000
11	1997	100.2	2.001	-0.015	0.000	0.000	0.000
12	1998	145	2.161	0.145	0.021	0.003	0.000
13	1999	139.5	2.145	0.128	0.016	0.002	0.000
14	2000	72	1.857	-0.159	0.025	-0.004	0.001
15	2001	92	1.964	-0.053	0.003	0.000	0.000
16	2002	108.5	2.035	0.019	0.000	0.000	0.000
17	2003	119	2.076	0.059	0.004	0.000	0.000
18	2004	95	1.978	-0.039	0.001	0.000	0.000
19	2005	127	2.104	0.087	0.008	0.001	0.000
20	2006	99.5	1.998	-0.019	0.000	0.000	0.000
21	2007	107.5	2.031	0.015	0.000	0.000	0.000
22	2008	97	1.987	-0.030	0.001	0.000	0.000
23	2009	130	2.114	0.098	0.010	0.001	0.000
24	2010	60.7	1.783	-0.233	0.054	-0.013	0.003
25	2011	58.1	1.764	-0.252	0.064	-0.016	0.004
26	2012	108.6	2.036	0.020	0.000	0.000	0.000
27	2013	57	1.756	-0.260	0.068	-0.018	0.005
28	2014	82	1.914	-0.103	0.011	-0.001	0.000
29	2015	79	1.898	-0.119	0.014	-0.002	0.000
30	2016	94	1.973	-0.043	0.002	0.000	0.000
Total		3224.8	60.490	0.000	0.416	-0.031	0.016
	Nilai Log x rerata		Log x		2.016		
	Simpangan Baku		s		0.120		
	Koefisien Skewness		$C_s$		-0.666		

Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

1. Uji Chi-Kuadrat

Perhitungan Uji Chi-Kuadrat untuk distribusi Log Pearson III menggunakan data curah hujan maksimum dari tahun 1987 sampai 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Chi-Kuadrat

Kelas	Rentang	OI	EI	$(OI-EI)^2$	$(OI-EI)^2/EI$
1	> 135,6	6	5	1	0,2
2	135,6 -	120	3	5	0,8
3	120 -	107	6	5	0,2
4	107 -	93,19	7	5	0,8
5	93,19 -	75,7	4	5	0,2
6	< 75,7	4	5	1	0,2
Jumlah		30	30	12	hit <sup>2</sup> 2,4 Cr <sup>2</sup> 7,8

diperoleh nilai  $th_{cr}^2 = 7,815$ , dengan demikian  $th^2 = 2,4 < th_{cr}^2 = 7,815$ , maka dapat diketahui bahwa distribusi Log Pearson III dapat diterima.

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

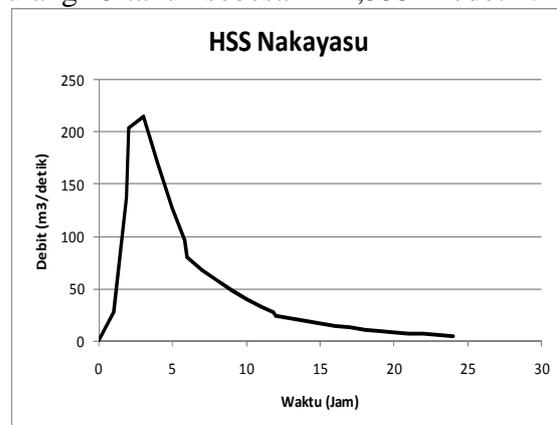
No	Data x (mm)	Log $x_i$	P(x)	$K_r$	P(s)	$\Delta \text{Hit}$
1	160	2.204	0.032	1.567	0.033	0
2	148.4	2.171	0.065	1.295	0.08	0.015
3	145	2.161	0.097	1.211	0.096	0.001
4	140.5	2.148	0.129	1.096	0.128	0.001
5	139.5	2.145	0.161	1.07	0.136	0.026
6	137.5	2.138	0.194	1.018	0.151	0.042
7	133	2.124	0.226	0.897	0.188	0.038
8	130	2.114	0.258	0.815	0.217	0.041
9	127	2.104	0.29	0.73	0.251	0.039
10	119	2.076	0.323	0.494	0.346	0.023
11	115.3	2.062	0.355	0.38	0.392	0.037
12	114	2.057	0.387	0.339	0.408	0.021
13	114	2.057	0.419	0.339	0.408	0.011
14	108.6	2.036	0.452	0.163	0.479	0.027
15	108.5	2.035	0.484	0.159	0.48	0.004
16	107.5	2.031	0.516	0.126	0.495	0.021
17	103	2.013	0.548	-0.029	0.546	0.002
18	100.2	2.001	0.581	-0.129	0.579	0.001
19	99.5	1.998	0.613	-0.154	0.588	0.025
20	97	1.987	0.645	-0.247	0.618	0.027
21	95	1.978	0.677	-0.322	0.643	0.034
22	94	1.973	0.71	-0.361	0.656	0.053
23	92	1.964	0.742	-0.439	0.682	0.06
24	87.5	1.942	0.774	-0.62	0.743	0.032
25	82	1.914	0.806	-0.856	0.806	0.001
26	79	1.898	0.839	-0.991	0.819	0.02
27	72	1.857	0.871	-1.327	0.851	0.02
28	60.7	1.783	0.903	-1.946	0.909	0.006
29	58.1	1.764	0.935	-2.105	0.924	0.011
30	57	1.756	0.968	-2.174	0.931	0.037
Jumlah	3224.8	60.4899				
Rata-rata	107.4933	2.016				
s		0.12		$\Delta$ maks Hitungan		0.06
Log X rerata		2.01633				
$C_s$		-0.66556				

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5 diperoleh  $\Delta_{maks} = 0,060$ . nilai  $\Delta_o = 0,24$ . Sehingga  $\Delta_{maks} = 0,060 < \Delta_o = 0,24$ . Maka dapat diketahui bahwa distribusi Log Pearson III dari hasil uji Smirnov-Kolmogorov dapat diterima.

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana yang digunakan adalah debit banjir kala ulang 25 tahun. Perhitungan debit rencana menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu dapat dilihat pada Tabel 6. Dan untuk grafik debit banjir rencana dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat debit maksimum banjir pada kala ulang 25 tahun sebesar 214,333 m<sup>3</sup>/detik.



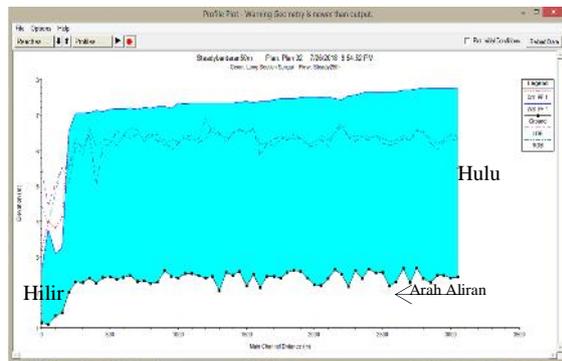
Gambar 3. Grafik Debit Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Tabel 6. Debit Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Waktu (t)	UH	Debit Banjir Rencana (mm)			Base Flow	Debit Banjir
		R1	R2	R3		
(jam)	(m3/dt/mm)	16,3776631	10,317281	7,8735592	(m3/dtk)	(m3/dk)
0,000	0,000	0,000			1,560	1,560
1,000	1,636	26,791	0,000		1,560	28,351
1,859	7,246	118,678	16,877	0,000	1,560	137,115
2,000	6,944	113,734	74,762	12,880	1,560	202,936
3,000	5,133	84,071	71,648	57,054	1,560	214,333
4,000	3,794	62,144	52,961	54,678	1,560	171,343
5,000	2,805	45,936	39,148	40,417	1,560	127,062
5,843	2,174	35,603	28,938	29,876	1,560	95,977
6,000	2,106	34,496	22,429	22,084	1,560	80,569
7,000	1,722	28,202	21,731	17,116	1,560	68,609
8,000	1,408	23,056	17,766	16,584	1,560	58,966
9,000	1,151	18,849	14,524	13,558	1,560	48,491
10,000	0,941	15,409	11,874	11,084	1,560	39,927
11,000	0,769	12,598	9,707	9,062	1,560	32,926
11,819	0,652	10,681	7,936	7,408	1,560	27,585
12,000	0,635	10,393	6,729	6,056	1,560	24,738
13,000	0,546	8,936	6,547	5,135	1,560	22,178
14,000	0,469	7,683	5,629	4,997	1,560	19,868
15,000	0,403	6,605	4,840	4,296	1,560	17,300
16,000	0,347	5,679	4,161	3,693	1,560	15,093
17,000	0,298	4,882	3,577	3,175	1,560	13,195
18,000	0,256	4,198	3,076	2,730	1,560	11,563
19,000	0,220	3,609	2,644	2,347	1,560	10,161
20,000	0,189	3,103	2,274	2,018	1,560	8,954
21,000	0,163	2,668	1,955	1,735	1,560	7,917
22,000	0,140	2,294	1,681	1,492	1,560	7,026
23,000	0,120	1,972	1,445	1,283	1,560	6,259
24,000	0,104	1,695	1,242	1,103	1,560	5,600

**Pemodelan Menggunakan HEC-RAS**

Analisis pemodelan banjir ini dilakukan untuk mengetahui tinggi elevasi banjir yang terjadi pada sungai Sail. Hasil analisis *steady flow* pada HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 4.



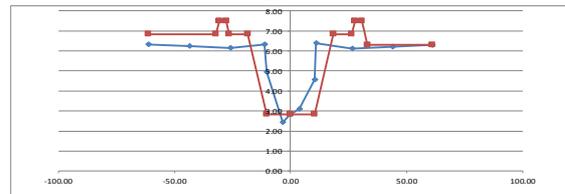
Gambar 4. Elevasi Muka Air Banjir

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa bagian hilir dari sungai sail tidak mengalami banjir. Ini disebabkan dengan kondisi penampang bagian hilir lebih lebar dan dasar lebih dalam yang masih dapat menampung air akibat pasang dari sungai siak. Untuk bagian hulu menuju hilir mengalami banjir akibat dari debit banjir yang masuk pada bagian hulu yaitu debit banjir kala ulang 25 tahun.

**Perencanaan Dimensi Tanggul**

Berdasarkan debit kala ulang yang digunakan yaitu 25 tahun sebesar 214,333 m<sup>3</sup>/detik maka tinggi jagaan yang digunakan adalah 0,6 m, serta lebar mercu yang digunakan adalah 3 m.

Untuk kemiringan lereng digunakan 1:2. Dan lebar bantaran bervariasi dengan rata-rata lebarnya adalah ± 8 m. Perbedaan kondisi eksisting dan desain rencana dapat dilihat pada Gambar 5.

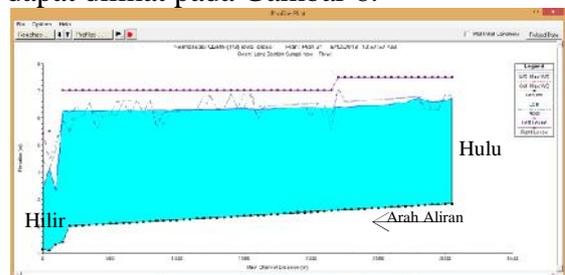


Gambar 5. Kondisi Eksisting dan Desain Rencana Pada SC 61

Berdasarkan Gambar 5 untuk mendesain tanggul diperlukan normalisasi sungai terlebih dahulu dengan melakukan pengerukan pada sisi kiri dan kanan sungai.

**Dampak Tinggi Tanggul Terhadap Elevasi Muka Air Sungai Sail**

Desain rencana tanggul yang telah didapatkan, kemudian di *running* kembali. Pada *running* ulang dengan menggunakan dimensi tanggul rencana menggunakan *unsteady flow* pada HEC-RAS. Karena kedalaman sungai sudah seragam. Hasil *running* pada *long section* sungai Sail dapat dilihat pada Gambar 6.

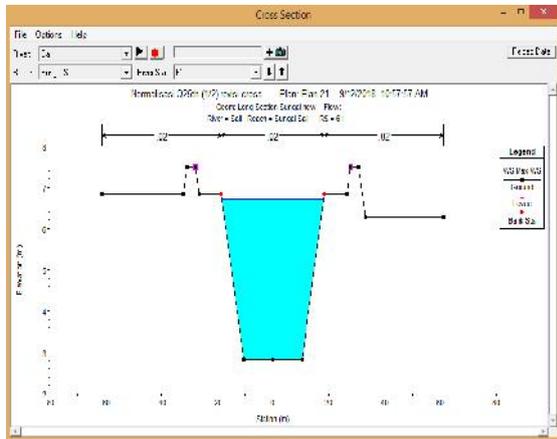


Gambar 6. Elevasi Muka Air Setelah dibangun Tanggul

Berdasarkan Gambar 6, Elevasi muka air dengan dimensi tanggul rencana

menurun sebesar  $\pm 1$  m atau  $\pm 16\%$  dari elevasi muka air banjir tanpa menggunakan dimensi tanggul rencana.

Hasil *running* pada salah satu *cross section* yaitu pada SC 61 dapat dilihat pada Gambar 7.

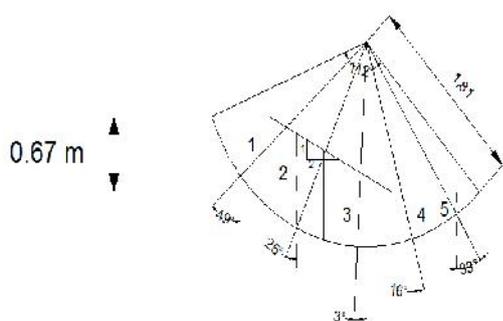


Gambar 7. *Cross Section* (SC 61) Hasil *Running* HEC-RAS

Pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa tidak terjadinya limpasan di bagian kiri dan kanan sungai. Dengan kondisi tersebut, maka untuk mengurangi terjadinya limpasan pada sekitar bantaran sungai Sail.

### Stabilitas Tanggul

Faktor keamanan tanggul dianalisis dengan menggunakan metode pias. Contoh perhitungan stabilitas pada *cross section* 61 (SC 61). Pada penelitian ini data tanah asumsi dengan menggunakan tanah jenis lempung. Pembagian pias dapat dilihat pada Gambar 8 dan perhitungan masing masing pias dapat dilihat Pada Tabel 7.



Gambar 8. Pembagian Pias

Tabel 7. Perhitungan Masing-masing Pias Pada Tanggul SC 61

Irisan	Luas	$\gamma$	W	$\alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$w \sin \alpha$	$w \cos \alpha$
	(A)	(t/m <sup>3</sup> )						
1	0,306	2,039	0,623	49	0,755	0,656	0,471	0,409
2	0,495	2,039	1,009	25	0,423	0,906	0,426	0,914
3	0,489	2,039	0,997	3	0,052	0,999	0,052	0,996
4	0,189	2,039	0,386	-16	-0,276	0,961	-0,106	0,371
5	0,094	2,039	0,192	33	0,545	0,839	0,104	0,161
Total							0,947	2,851

Berdasarkan tabel diatas, didapat total dari  $W \sin \alpha$  dan  $W \cos \alpha$  kemudian dilanjutkan perhitungan faktor keamanan

$$F_s = \frac{(2 \times 3,54) + (2,851 \times \tan(14))}{0,947} = 8,222$$

Faktor keamanan yang didapat adalah 8,222. Ini menunjukkan bahwa tanggul yang direncanakan aman terhadap longsor. Karena syarat untuk faktor aman stabilitas lereng yaitu 1,5.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan hasil *running* HEC-RAS elevasi muka air banjir tertinggi adalah 7,91 m pada *cross section* 61 (SC 61) bagian hulu. Sedangkan elevasi muka air banjir terendah adalah 2,67 m pada *cross section* 0 (SC 0) yang merupakan hilir sungai Sail.
2. Tinggi jagaan serta lebar mercu tanggul didapat berdasarkan debit banjir rencana dengan kala ulang 25 tahun yaitu 214,33 m<sup>3</sup>/detik sebesar 0,8 m dan 3 m.
3. Tinggi tanggul rencana pada bagian kiri dan kanan sungai bervariasi yaitu, elevasi 5,5 m pada sta 0+050, elevasi 7 m sta 0+150-sta 2+150 (2000 m), elevasi 7,5 m sta 2+200-sta 3+050 (850 m), Dengan tinggi rata-rata tanggul  $\pm 1$  m dari bantaran sungai.

### Saran

1. Melakukan kajian lingkungan seperti sosial, budaya, serta ekonomi disekitar kawasan bantaran sungai.
2. Penambahan data debit pada sungai Induk, karena berpengaruh terhadap

elevasi muka air pada anak sungai disekitar.

3. Melakukan perencanaan bangunan pengendali banjir selain tanggul.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Antara. (2017). *Pekanbaru Terendam Banjir Luapan Sungai Sail*. Media Indonesia.
- Istiarto. (2011). *Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. Modul Pelatihan*. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Kodoatie, R. J. (2013). *Rekayasa Dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sosrodarsono, S. (1984). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta Pusat: P.T. Pradnya Paramita.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, Yogyakarta.
- [www.GoogleEarth.com](http://www.GoogleEarth.com), diakses pada tanggal 14 Mei 2018