

## PERENCANAAN NORMALISASI SUNGAI DAN TANGGUL PENGENDALI BANJIR KALI PANCIR KABUPATEN JOMBANG

Ninda Prabawanti<sup>1</sup>, Winda Harsanti<sup>2</sup>, Utami Retno Pudjowati<sup>3</sup>

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>nindaprabawanti@gmail.com, <sup>2</sup>wharsanti@gmail.com, <sup>3</sup>utami.retno@polinema.ac.id

### ABSTRAK

Di Kabupaten Jombang, banjir sudah menjadi agenda tahunan yang rutin terjadi di bantaran Kali Gunting dan anakan sungainya, salah satunya Kali Pancir. Penyempitan badan sungai Kali Pancir menyebabkan mengecilnya kapasitas tampungan air sehingga menyebabkan terjadinya banjir di daerah bantaran sungai. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu direncanakan normalisasi dan tanggul berupa dinding parapet sebagai pengendali banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung curah hujan rancangan 25 tahun ( $Q_{25}$ ), debit banjir rencana 25 tahun ( $Q_{25}$ ), menganalisis kapasitas penampang eksisting dan penampang rancangan dengan normalisasi dan tanggul parapet, serta menghitung Rencana Anggaran Biaya. Data yang diperlukan meliputi data curah hujan dari 7 stasiun terdekat yaitu Penanggalan, Mojoagung, Selorejo, Mojowarno, Bareng, Wonosalam, dan Rejoagung tahun 2009-2021, gambar potongan dan situasi sungai eksisting, data uji tanah, serta daftar harga satuan dasar material dan upah pekerja Kabupaten Jombang tahun 2022. Perhitungan curah hujan rancangan dan debit banjir rencana dilakukan dengan menggunakan metode Gumbel Tipe I dan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Sedangkan untuk analisis penampang saluran dilakukan dengan program HEC-RAS 6.0.0 Beta 2. Berdasarkan hasil analisis didapatkan curah hujan rancangan ( $Q_{25}$ ) sebesar 126,861 mm. Debit puncak banjir rencana ( $Q_{25}$ ) sebesar 249,143 m<sup>3</sup>/detik. Hasil analisis penampang menunjukkan bahwa penampang eksisting tidak mampu menampung debit banjir rencana ( $Q_{25}$ ), sehingga perlu direncanakan perbaikan sungai. Penampang sungai rancangan berbentuk trapezium dengan perencanaan parapet mengacu pada syarat tinggi jagaan minimum 0,80 meter. Rencana Anggaran Biaya diperkirakan sebesar Rp150.043.265.000,00.

**Kata kunci:** banjir, normalisasi sungai, parapet, HEC-RAS

### ABSTRACT

*In Jombang District, flooding has become an annual agenda that routinely occurs on the banks of Kali Gunting and its tributaries, one of which is Kali Pancir. The narrowing of the Kali Pancir river decrease the water storage capacity, and cause flooding in the riverbank areas. To overcome these problems, the design of normalization and embankments in the form of parapet walls as flood control is needed. The objectives of this study is to calculate the 25year design rainfall ( $Q_{25}$ ), the 25year design flood discharge ( $Q_{25}$ ), analyze the capacity of the existing section and the design section with normalization and parapet embankments, and calculate the Budget Plan. The required data were rainfall data from the 7 closest stations, namely Penanggalan, Mojoagung, Selorejo, Mojowarno, Bareng, Wonosalam, and Rejoagung in 2009-2021, cross section and the situation of the existing river, soil laboratory test data, and list of basic unit prices for materials and worker's salary of Jombang District 2022. Gumbel Type I method and Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method were applied to process the data. Whereas the analysis of channel is using HEC-RAS 6.0.0 Beta 2. Based on the calculation, the designed rainfall ( $Q_{25}$ ) is 126,861 mm. The designed flood discharge ( $Q_{25}$ ) is 249,143 m<sup>3</sup>/second. The results of the analysis indicate that the existing cross section is not able to accommodate the designed flood discharge ( $Q_{25}$ ), so it is necessary to design normalization and parapet embankment. The cross section of the design river is in the form of trapezoid with a parapet design referring to the minimum guard height requirement of 0.80 meters. The Budget Plan is estimated at Rp150,043,265,000.00.*

**Keyword:** flood; river normalization; parapet; HEC

## 1. PENDAHULUAN

Banjir didefinisikan sebagai aliran air yang besar, menggenangi serta meluapi dataran yang biasanya kering (Astuti & Sudarsono, 2018). Di Kabupaten Jombang, Propinsi Jawa Timur, banjir sudah menjadi agenda rutin yang terjadi setiap tahunnya. Berdasarkan laporan kejadian banjir tahun 2016 sampai 2019 oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah Jawa Timur, salah satu sungai yang sering menyebabkan terjadinya banjir di Kabupaten Jombang adalah Kali Pancir.

Berdasarkan survey yang dilakukan dapat diketahui bahwa keberadaan tanaman pengganggu dan sampah pada badan sungai Kali Pancir serta adanya pendangkalan dasar sungai di beberapa titik menyebabkan terjadinya penyempitan badan sungai sehingga banjir tidak dapat terelakkan. Banjir yang terjadi tersebut harus dikendalikan agar tidak merugikan masyarakat yang ada di bantaran sungai. Pada penelitian ini pengendalian banjir direncanakan menggunakan metode normalisasi dan bangunan pengendali banjir berupa tanggul dinding parapet.

Dengan pengendalian ini, diharapkan terjadi perubahan pada aliran Kali Pancir dimana tampungan air yang dialirkan menjadi lebih besar dengan waktu alir yang lebih singkat. Sehingga secara tidak langsung upaya ini diharapkan mampu membantu pemerintah setempat dalam mengatasi permasalahan banjir pada Kali Pancir.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arbaningrum et al., (2015), banjir mempunyai dampak yang besar bagi kelangsungan hidup manusia. Permasalahan banjir juga pernah terjadi di Kabupaten Grobogan yang disebabkan karena meluapnya salah satu sungai yaitu Sungai Lusi. Debit banjir rencana yang digunakan dalam menganalisis penampang menggunakan periode ulang 25 tahunan  $Q_{25} = 900 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Permasalahan banjir di Sungai Lusi diatasi dengan berbagai cara, antara lain dengan perbaikan penampang, perencanaan tanggul, peninggian tanggul eksisting, perencanaan parapet beton dan perkuatan lereng atau tebing yang rawan terhadap longsor. Perencanaan teknis keseluruhan dengan perkiraan nilai biaya konstruksi Rp82.995.060.000,00. (delapan puluh dua milyar sembilan ratus sembilan puluh lima juta enam puluh ribu rupiah) dengan durasi pekerjaan selama 25 minggu.

## 2. METODE

### Uji Konsistensi

Pengujian ini dilakukan guna mengecek konsistensi serta kebenaran suatu data hujan yang akan digunakan. Metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kurva massa ganda (*double mass curve*) yaitu dengan membandingkan kumulatif curah hujan tahunan stasiun yang akan diuji dengan kumulatif rerata stasiun lainnya sesuai

dengan kelompok data yang diuji. Data hujan dikatakan konsistensi apabila nilai  $R^2$  lebih besar dari 0,99.

### Curah Hujan Daerah

Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan nilai curah hujan daerah yang nantinya digunakan untuk perhitungan curah hujan rencana. Pada penelitian ini curah hujan daerah dihitung menggunakan metode rerata aljabar dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

$\bar{d}$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$d_i$  = Curah hujan yang tercatat pada masing-masing stasiun (mm)

$n$  = Jumlah stasiun hujan

### Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan dihitung dengan menggunakan metode Gumbel tipe I dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_r = \bar{x} + S \cdot k \quad (2)$$

Keterangan:

$X_r$  = Curah hujan rancangan (mm)

$\bar{x}$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$S$  = Standar deviasi

$k$  = Faktor Frekuensi  $k$  untuk harga ekstrim Gumbel

### Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk mengetahui apakah jenis distribusi curah hujan yang dipilih dapat diterima atau tidak, maka dilakukan pengujian kesesuaian distribusi berikut:

#### 1. Uji *Chi-Square*

Inti dari uji *Chi-Square* atau pengujian simpangan vertikal yaitu membandingkan nilai  $X^2_{hitung}$  dengan  $X^2_{tabel/kritis}$ . Jika  $X^2_{hitung}$  lebih kecil dari  $X^2_{tabel/kritis}$  maka distribusi yang digunakan sesuai.

#### 2. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Inti dari uji *Smirnov-Kolmogorov* atau pengujian simpangan horizontal yaitu membandingkan nilai  $D_{hitung}$  dengan  $D_{tabel/kritis}$ . Jika  $D_{hitung}$  lebih kecil dari  $D_{tabel/kritis}$  maka distribusi yang digunakan sesuai.

### Debit Banjir Rencana

Besarnya debit banjir rencana dihitung dengan metode HSS Nakayasu sebagai berikut:

#### 1. Persamaan umum HSS Nakayasu:

$$Q_p = \frac{A \cdot R_o}{3,6 (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \quad (3)$$

#### 2. Persamaan lengkung naik hidrograf:

$$Q_a = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (4)$$

#### 3. Persamaan lengkung turun hidrograf:

- Untuk  $T_p \leq t \leq T_p + T_{0,30}$

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3 \frac{t - T_p}{T_{0,3}} \quad (5)$$

- Untuk  $T_p + T_{0,30} \leq t \leq T_p + T_{0,30} + 1,5T_{0,30}$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}} \quad (6)$$

- Untuk  $t \geq T_p + T_{0,30} + 1,5T_{0,30}$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}} \quad (7)$$

4. Waktu naik hidrograf:

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (8)$$

Untuk:

$$L < 15 \text{ km} \rightarrow t_g = 0,21 \times L^{0,7} \quad (9)$$

$$L > 15 \text{ km} \rightarrow t_g = 0,4 + 0,058L \quad (10)$$

Keterangan:

$Q_p$  = debit puncak banjir ( $m^3/detik$ )

$Q_a$  = limpasan sebelum debit puncak ( $m^3/detik$ )

$Q_{di}$  = limpasan setelah debit puncak ( $m^3/detik$ )

$C$  = koefisien pengaliran

$R_o$  = satuan curah hujan (mm)

$A$  = luas daerah aliran sungai ( $km^2$ )

$T_p$  = waktu puncak (jam)

$L$  = panjang alur sungai (km)

$t_g$  = waktu konsentrasi (jam)

$t_r$  =  $0,5 \times t_g$  (jam)

$T_{0,3}$  =  $\alpha$  dikalikan dengan  $t_g$  (jam)

**Perencanaan Penampang Sungai**

Penampang sungai disimulasikan menggunakan HEC-RAS 6.0 Beta 2. Pemodelan dilakukan pada penampang eksisting guna mengetahui kapasitas eksisting sungai dalam menampung debit banjir rencana kala ulang 25 tahun. Selanjutnya dilakukan perencanaan penampang sungai sehingga sungai yang ditinjau mampu menampung besarnya debit banjir yang direncanakan.

**Normalisasi Sungai**

Menurut Chendratama et al. (2013), normalisasi sungai merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk membuat aliran debit banjir rencana ( $Q_{desain}$ ) secara aman dengan cara pengecekan kapasitas sungai eksisting dan melakukan perbaikan atau pelurusan alur sungai yang disertai dengan penguatan tebing dan stabilisasi dasar sungai, sehingga tidak terjadi limpasan/luapan. Normalisasi yang akan dilakukan tergantung dari bentuk penampangnya. Perhitungan penampang disesuaikan dengan debit banjir rencana atau  $Q_{desain}$  yang kemudian dapat ditemukan dimensi penampang desain yang mampu menampung debit banjir rencana. Dimensi saluran yang akan ditentukan adalah lebar, tinggi penampang basah, kemiringan, dan tinggi jagaan.

**Perencanaan Dinding Parapet**

Perencanaan dinding parapet dilakukan untuk area yang masih melimpas setelah dilakukan normalisasi. Penentuan tinggi parapet mengacu pada syarat tinggi jagaan minimum 0,80 meter dari muka air banjir.

**Stabilitas Parapet**

Analisa stabilitas tanggul pada penelitian ini dilakukan untuk mengecek stabilitas parapet terhadap geser, terhadap guling dan terhadap daya dukung tanah.

1. Persamaan stabilitas geser

$$F_{gs} = \frac{f \cdot \sum(V)}{\sum(H)} \geq 1,5 \quad (11)$$

Keterangan:

$F_{gs}$  = Faktor aman terhadap pergeseran

$\sum(H)$  = Keseluruhan gaya horizontal yang bekerja pada bangunan (kN)

$\sum(V)$  = Keseluruhan gaya vertikal yang bekerja pada bangunan (kN)

$f$  = koefisien gesekan

2. Persamaan stabilitas guling

$$F_{gl} = \frac{\sum M_T}{\sum M_G} \geq 1,5 \quad (12)$$

Keterangan:

$F_{gl}$  = Faktor aman terhadap penggulingan

$\sum M_T$  = Jumlah momen yang melawan guling (kN.m)

$\sum M_G$  = Jumlah momen penyebab guling (kN.m)

3. Persamaan daya dukung tanah (SF = 1,5 - 3,0)

$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF} \quad (13)$$

$$q_{ult} = cN_c + qN_q + 0,5B\gamma N_\gamma \quad (14)$$

Keterangan:

$c$  = Kohesi ( $kN / m^2$ )

$B$  = Lebar alas pondasi (m)

$q$  =  $\gamma \cdot D_f$  ( $kN / m^2$ )

$\gamma$  = Berat isi tanah ( $kN / m^3$ )

$D_f$  = Kedalaman pondasi (m)

$\phi$  = Sudut geser dalam ( $^\circ$ )

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor-faktor kapasitas daya dukung

Terzaghi

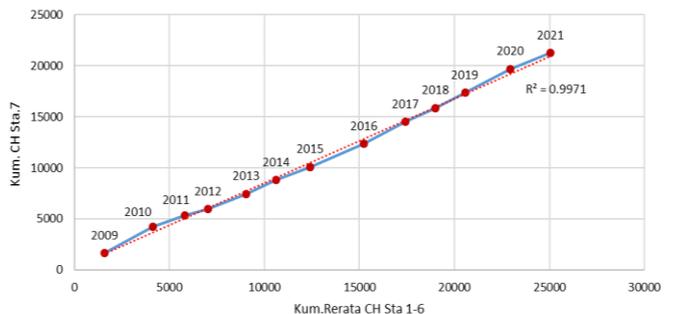
**Rencana Anggaran Biaya**

Perhitungan RAB dilakukan dengan menggunakan acuan Permen PUPR Nomor 1 Tahun 2022 dan berdasarkan daftar harga material, bahan, dan upah Kabupaten Jombang tahun 2022.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

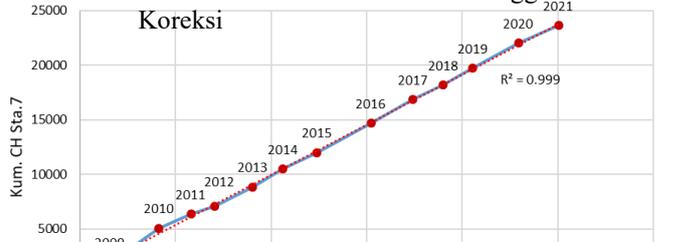
**Uji Konsistensi**

Kurva massa ganda Stasiun Penanggalan adalah sebagai berikut:



(Sumber: Perhitungan)

**Gambar 1** Kurva Massa Ganda Stasiun Penanggalan Sebelum



(Sumber: Perhitungan)

**Gambar 2** Kurva Massa Ganda Stasiun Penanggalan Setelah Koreksi

Berdasarkan kurva massa ganda setelah dikoreksi di atas dapat dilihat bahwa penyimpangan data yang terjadi pada Stasiun Penanggalan sangatlah kecil dibuktikan dengan nilai  $R^2$  yang telah mendekati 1 ( $R^2 = 0,999$ ). Hasil uji konsistensi untuk ke-6 stasiun yang lain yaitu Stasiun Mojoagung, Selorejo, Mojowarno, Barend, Wonosalam, dan Rejoagung menunjukkan bahwa penyimpangan data yang terjadi pada setiap stasiunnya setelah dilakukan koreksi sangatlah kecil dengan nilai  $R^2 > 0,99$ .

**Curah Hujan Daerah**

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan didapatkan curah hujan daerah rata-rata DAS Kali Pancir selama 13 tahun terakhir sebesar 80,83 mm dengan standar deviasi 17,053.

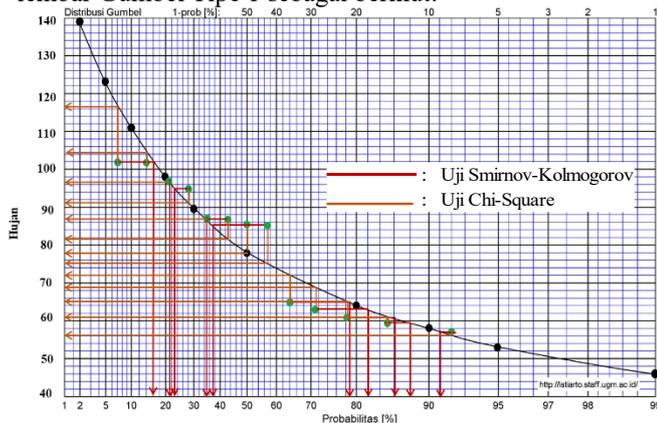
**Curah Hujan Rancangan**

Nilai curah hujan rancangan untuk kala ulang 25 tahun dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$X_{25} = \bar{x} + S.k = 80,83 + (17,053 \times 2,6994) = 126,861 \text{ mm}$$

**Uji Kesesuaian Distribusi**

Grafik uji penyimpangan data hujan rancangan pada lembar Gumbel Tipe 1 sebagai berikut:



(Sumber: Perhitungan)

**Gambar 3** Grafik Uji Kesesuaian Distribusi Gumbel Tipe I

1. Uji *Chi-Square*

Berdasarkan gambar di atas dapat dihitung nilai  $X_{hitung}^2$  total sebesar 6,015. Dikarenakan nilai  $X_{hitung}^2$  lebih kecil dari  $X_{cr}^2$  tabel ( $6,015 < 18,307$ ) sehingga dapat

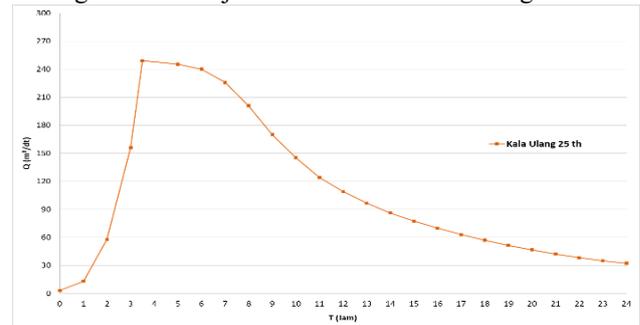
disimpulkan bahwa jenis distribusi yang digunakan sesuai.

2. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Berdasarkan gambar di atas dapat dihitung selisih nilai  $P_{empiris}$  dan  $P_{teoritis}$  terbesar ( $D_{ohitung}$ ) sebesar 20,64%. Dikarenakan nilai  $D_{ohitung}$  lebih kecil dari  $D_{okritis}$  tabel ( $20,64\% < 36\%$ ), sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang digunakan sesuai.

**Debit Banjir Rencana Metode HSS Nakayasu**

Hidrograf debit banjir rencana Kali Pancir sebagai berikut:



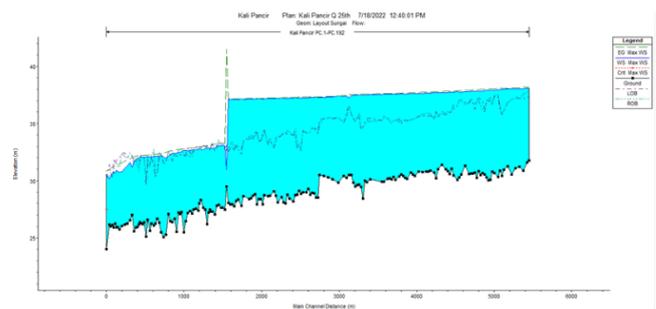
(Sumber: Perhitungan)

**Gambar 4** Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 25 tahun

Berdasarkan perhitungan debit banjir rencana dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu didapatkan debit banjir puncak kala ulang 25 tahun terjadi pada jam ke 3,5 sebesar 249,143 m<sup>3</sup>/dt.

**Perencanaan Penampang Sungai**

Berdasarkan hasil analisis dengan program HEC-RAS 6.0.0 Beta 2 diketahui terjadi limpasan sepanjang 4,212 km dari 5,452 km panjang sungai yang ditinjau sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 5**. Dapat disimpulkan bahwa penampang sungai eksisting tidak mampu menampung debit banjir rancangan 25 tahun, sehingga perlu direncanakan normalisasi.

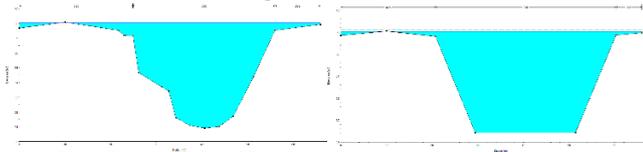


(Sumber: Hasil Perencanaan)

**Gambar 5** Potongan Memanjang Eksisting

Penampang sungai normalisasi direncanakan berbentuk trapezium dengan dimensi, kemiringan lereng dan kemiringan dasar saluran yang dipilih merupakan hasil perencanaan dengan tingkat keamanan dan efisiensi penyaluran terbesar serta volume pekerjaan yang paling ekonomis. Contoh potongan melintang sungai PC.2 sebelum

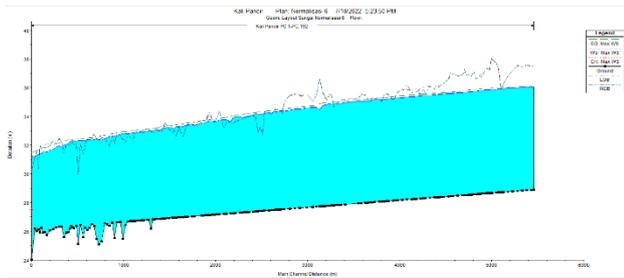
dan sesudah normalisasi serta potongan memanjang sungai setelah normalisasi sebagai berikut:



(Sumber: Hasil Perencanaan)

**Gambar 6** PC.2 Sebelum Normalisasi

**Gambar 7** PC.2 Setelah Normalisasi



(Sumber: Hasil Perencanaan)

**Gambar 8** Potongan Memanjang Normalisasi

Dari potongan di atas dapat disimpulkan bahwa setelah direncanakan normalisasi limpasan banjir yang terjadi sudah sangat berkurang serta tinggi muka air banjir yang terjadi sudah lebih seragam jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Berdasarkan hasil perhitungan, volume pekerjaan galian normalisasi yang dilakukan sebesar 335768,165m<sup>3</sup>.

Dari gambar di atas dapat dilihat juga masih terdapat limpasan banjir di beberapa titik seperti contohnya pada PC.94 – PC.104, sehingga diperlukan perencanaan dinding parapet.

**Perencanaan Dinding Parapet**

Berdasarkan analisis penampang sungai setelah normalisasi diketahui bahwa limpasan masih terjadi pada PC.8, PC.45, PC.53, PC.64 – PC.65, PC.86, PC.91 – PC.92, PC.94 – PC.108, PC.111, PC.115, PC.161 – PC.162, PC.167 – PC.186, PC.178, PC.189, dan PC.192, maka dilakukan langkah perbaikan lanjutan dengan bangunan pengendali banjir berupa dinding parapet. Parapet dipilih sebagai bangunan pengendali banjir pada penelitian ini dikarenakan konstruksi parapet lebih aman terhadap gerusan air jika dibandingkan dengan konstruksi tanggul tanah mengingat morfologi sungai yang berkelok-kelok. Selain itu jika dibandingkan dengan tanggul *sheet pile* biaya yang diperlukan untuk pembangunan parapet jauh lebih terjangkau, terlebih lagi jenis tanah yang ada di bantaran Kali Pancir merupakan lanau kelempungan sehingga penggunaan *sheet pile* tidak ekonomis.

Langkah pertama dalam perencanaan dinding parapet yaitu mendata atau menganalisis titik-titik yang mengalami limpasan serta menghitung ketinggian limpasan yang terjadi guna menentukan tinggi parapet rencana dengan mengacu

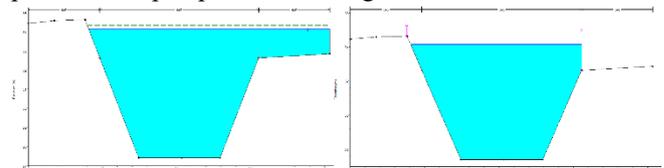
pada syarat tinggi jagaan minimum 0,80 meter dari muka air banjir seperti contoh yang tersaji pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Contoh Penentuan Tinggi Parapet

Pot.	W.S	W.S Elv	LOB		Tinggi Parapet	
	Elv.	Rencana	Elv.	Ket.	Hit.	Pakai
	(m)	(m)	(m)			
PC.86	34,39	35,19	34,19	Banjir	1,00	1,60
PC.87	34,39	35,19	34,47	Banjir	0,72	1,30
PC.88	34,37	35,17	34,72	Banjir	0,45	1,10

(Sumber: Perhitungan)

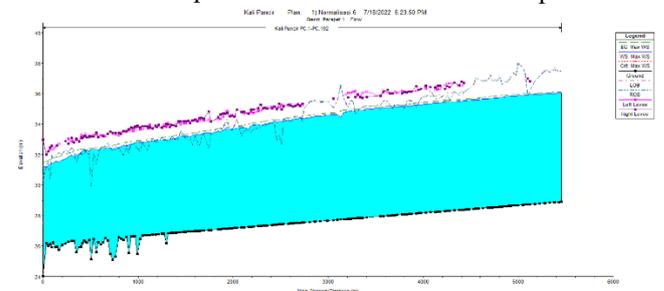
Berdasarkan hasil analisis diketahui titik-titik yang memerlukan adanya parapet yaitu PC.7 – PC.8, PC.31 – PC.69, C.88, PC.86 – PC.182, PC.184 – PC.192. Dimana ada tujuh jenis parapet rencana dengan ketinggian masing-masing 1,10 meter, 1,30 meter, 1,60 meter, 1,75 meter, 2,00 meter, 2,50 meter dan 3,50 meter. Contoh potongan melintang sungai PC.94 sebelum dan setelah perencanaan parapet serta potongan memanjang sungai setelah perencanaan parapet adalah sebagai berikut:



(Sumber: Hasil Perencanaan)

**Gambar 9** PC.94 Sebelum Parapet

**Gambar 10** PC.94 Setelah Parapet



(Sumber: Hasil Perencanaan)

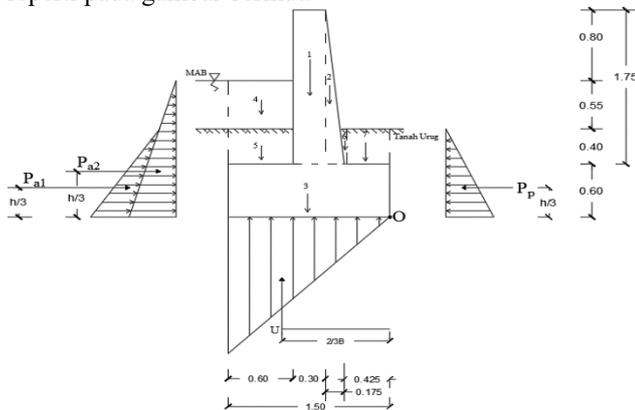
**Gambar 11** Potongan Memanjang Penambahan Parapet

Selain perencanaan parapet, perencanaan rumah pompa juga dilakukan guna mengatasi genangan air hujan di daerah pemukiman yang tidak dapat mengalir secara langsung ke sungai karena terhalang parapet. Dalam penelitian ini perencanaan yang dilakukan hanya sebatas penentuan lokasi penempatan rumah pompa yang dibutuhkan. Berdasarkan perencanaan yang dilakukan terdapat 7 lokasi rumah pompa, antara lain di PC.51 sisi kiri, PC.106 sisi kiri, PC.139 sisi kiri, PC.155 sisi kanan, PC.157 sisi kiri, PC.170 sisi kiri, dan PC.178 sisi kanan.

**Stabilitas Parapet**

Data uji tanah yang dibutuhkan dalam perhitungan ini meliputi data kadar air (W<sub>c</sub>), berat jenis (γ), kohesi (c), serta

sudut geser tanah ( $\phi$ ). Langkah awal yang perlu dilakukan dalam perhitungan stabilitas parapet yaitu menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada parapet yang direncanakan, seperti pada gambar berikut.



(Sumber: Hasil Perencanaan)

**Gambar 12** Gaya yang bekerja pada parapet tipe D

Rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas tanggul parapet dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2** Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Parapet

Tipe	H <sub>dinding</sub> (m)	Stabilitas Terhadap Geser		Stabilitas Terhadap Guling		Daya Dukung Tanah		
		Fgs	Ket.	Fgl	Ket.	W (kN)	Q <sub>ijin</sub> (kN)	Ket.
A	1,10	1,74	OK	2,92	OK	35,95	386,37	OK
B	1,30	2,16	OK	3,27	OK	38,11	383,94	OK
C	1,60	11,36	OK	2,60	OK	42,89	383,94	OK
D	1,75	4,14	OK	2,22	OK	47,46	383,94	OK
E	2,00	1,93	OK	2,03	OK	59,06	461,39	OK
F	2,50	1,90	OK	1,75	OK	77,08	513,14	OK
G	3,50	6,96	OK	1,62	OK	133,71	695,05	OK

(Sumber: Perhitungan)

**Rencana Anggaran Biaya**

Perhitungan rincian RAB untuk proyek Normalisasi dan Tanggul Pengendali Banjir Kali Pancir sebagai berikut:

**Tabel 3** Perhitungan RAB

No	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp)
(1)	(2)	(3)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 215.206.990,00
II	PEKERJAAN DINDING PARAPET	Rp 21.461.663.909,85
III	PEKERJAAN PERKUATAN TEBING	Rp 57.048.899.402,09
IV	PEKERJAAN PENERUKAN SUNGAI	Rp 57.677.197.844,15
Terbilang :		Jumlah Total Rp 136.402.968.146,09
Seratus Lima Puluh Miliar Empat Puluh Tiga Juta Dua Ratus Enam Puluh Lima Ribu Rupiah		PPN 10% Rp 13.640.296.814,61
		Total Rp 150.043.264.960,70
		Dibulatkan Rp 150.043.265.000,00

(Sumber: Perhitungan)

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Curah hujan rancangan ( $Q_{25}$ ) sebesar 126,861 mm.
2. Debit banjir rencana ( $Q_{25}$ ) sebesar 249,143 m<sup>3</sup>/detik.
3. Kapasitas penampang eksisting Kali Pancir tidak mampu menampung besarnya debit banjir yang direncanakan dan memerlukan adanya perbaikan.
4. Hasil analisis penampang rancangan sebagai berikut:
  - Penampang normalisasi berbentuk trapezium dengan tingkat keamanan dan efisiensi penyaluran terbesar serta volume pekerjaan yang paling ekonomis.
  - Terdapat tujuh tipe parapet rencana dengan ketinggian dinding masing-masing 1,10; 1,30; 1,60; 1,75; 2,00; 2,50 dan 3,50 meter dimana ketujuh konstruksi parapet yang direncanakan aman terhadap bahaya geser, guling dan daya dukung tanah.
5. Berdasarkan hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya diperkirakan sebesar Rp150.043.265.000,00.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Arbaningrum, R., Putri, J. G., A, P. S., & Kurniani, D. (2015). Perencanaan Tanggul Banjir Sungai Lusi Hilir. Halaman 186 TEKNIK SIPIL, 4(1), 186–196. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- [2] Astuti, A. F., & Sudarsono, H. (2018). Analisis Penanggulangan Banjir Sungai Kanci. Jurnal Konstruksi, VII(3), 164.
- [3] Budiono, R. O. (2014). Estimasi Curah Hujan Maksimum Boleh Jadi Di Daerah Aliran Sungai Di Kabupaten Situbondo Menggunakan Metode Hersfield.
- [4] Chendratama, E., Wibawa, I. P. D. A., Sriyana, S., & Pranoto, S. (2013). Perencanaan Normalisasi Sungai Blukar Kabupaten Kendal. Jurnal Karya Teknik Sipil, 2(2), 228-240.
- [5] Keputusan Bupati Jombang Nomor: 188.4.45/217/415.10.1.3/2021 Tentang Standar Satuan Harga Untuk Kegiatan Pembangunan Sarana dan Prasarana Fisik Tahun Anggaran 2022
- [6] Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung
- [7] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat