

ANALISIS DEBIT BANJIR DAN DINDING PENAHAN PADA HILIR SUNGAI NGOTOK DI KOTA MOJOKERTO

Bagas Chuzairy Jayaprana^{1,*}, Suhartono², Moch. Sholeh³

D-IV Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil², Dosen Jurusan Teknik Sipil³

Email: bagascj77@gmail.com¹, tonohartono021@gmail.com², moch.sholeh@polinema.co.id³

ABSTRAK

Sungai Ngotok Kota Mojokerto memiliki panjang 25 km dan luas DAS 269.87 km². Pada bagian hilir bantaran sungai akan dibangun wisata bahari dan Ruang Terbuka Hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit di Sungai Ngotok dengan kala ulang 50 tahun dan mengantisipasi terjadinya luapan pada area bantaran sungai. Data yang dibutuhkan yaitu Data Curah Hujan 5 Stasiun Hujan yaitu Jombang, Kesamben, Sambiroto, Mojoagung dan Terusan tahun 2009 s/d 2018. Penentuan kebenaran data curah hujan menggunakan metode kurva masa ganda. Dalam perencanaan curah hujan rancangan menggunakan metode rata-rata aljabar sedang perencanaan curah hujan daerah menggunakan metode Log Pearson tipe 3. Untuk menguatkan pemilihan distribusi yang diambil menggunakan pengujian distribusi Uji Chi-kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Selanjutnya dilakukan analisa debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu. Berdasarkan perhitungan didapat debit banjir Sungai Buntung dengan kala ulang 50 tahun sebesar 624.766 m³/detik. Perencanaan perbaikan sungai menggunakan model HEC-RAS dengan hasil area yang melimpas sebagian area pada titik P1-10, P40, P30, P14, P13, P5 dan P2. Bangunan pengendali berupa sheet pile beton W-600 B.

Kata kunci : kala ulang; banjir rancangan; corrugated concrete sheet pile; HSS nakayasu

ABSTRACT

The Ngotok River in Mojokerto City has a length of 25 km and an area of 269.87 km² of watershed. At the downstream side of the riverbank, marine tourism and green open spaces will be built. This study aims to determine the discharge in the Ngotok River with a return period of 50 years and to anticipate overflows in the riverbank area. The data needed is Rainfall Data for 5 Rain Stations, namely Jombang, Kesamben, Sambiroto, Mojoagung and Terusan 2009 to 2018. Determining the correctness of rainfall data using the multiple mass curve method. In the design of rainfall planning using the algebraic average method while the regional rainfall planning uses the Log Pearson type 3 method. To strengthen the selection of the distribution taken using the Chi-square test distribution test and the Smirnov-Kolmogorov test. Furthermore, the planned flood discharge analysis was carried out using the HSS Nakayasu method. Based on the calculation, it was found that the flood discharge of Buntung River with a 50 year return period was 624,766 m³ / second. River improvement planning uses the HEC-RAS model with the results of overtopping areas at points P1-10, P40, P30, P14, P13, P5 and P2. The control building is a concrete sheet pile W-600 B.

Keywords : *design flood; return period; corrugated concrete sheet pile; nakayasu hydrograph*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya pembangunan infrastruktur memberikan beberapa dampak seperti meningkatnya daerah industri, berkurangnya persediaan air tanah dan pencemaran udara yang semakin meningkat. Hal tersebut berkaitan dengan peningkatan jumlah penduduk yang akhirnya membutuhkan lahan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Sehubungan dengan hal tersebut pasal 29 UUPR

mengatakan, proporsi Ruang Terbuka Hijau (RTH) pada kota paling sedikit 30% dari luas wilayah kota untuk menjaga ketersediaan udara bersih yang diperlukan masyarakat.

Adapun beberapa contoh RTH publik atau yang dikelola pemerintah adalah tanaman kota, hutan kota, green belt, rel kereta api dan RTH sekitar sungai atau bantaran sungai. Kegiatan pembangunan RTH di sepanjang sungai adalah cara terbaik untuk daerah perkotaan yang cukup padat penduduk.

Selain itu kegiatan pembangunan RTH pada area bantaran sungai juga bisa mengurangi penyalahgunaan lahan disepanjang bantaran sungai yang biasanya digunakan masyarakat untuk kepentingan pribadi seperti bangunan liar permanen, perkebunan liar dan kandang-kandang ternak yang menjadikan kawasan sungai terkesan kurang tertata.

Demikian juga pada kondisi sungai Ngotok didapati beberapa perkebunan liar dan tumbuhan liar yang menjadikan kawasan sungai ngotok terkesan kurang tertata.

Dengan melakukan pembangunan RTH pada area bantaran sungai dan wisata susur sungai diharapkan dapat mengurangi penyalahgunaan lahan pada area sungai dan menjadikan area sungai menjadi lebih tertata. Dalam perencanaan pembangunan RTH dilakukan perbaikan penampang untuk mengurangi tinggi muka air agar tidak melimpas pada area RTH yang telah dibangun.

Sehubungan dengan hal tersebut untuk melakukan pengendalian muka air banjir dengan metode normalisasi perlu dilakukan perhitungan debit banjir rancangan, mengetahui tinggi muka banjir dan perencanaan penampang yang dapat menampung muka air banjir maksimal.

2. METODE

A. Uji Konsistensi

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran. Kurva masa ganda adalah salah satu metode grafis untuk menguji konsistensi dan kesamaan jenis data hidrologi dari suatu pos hidrologi.

B. Curah Hujan Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu dan dinyatakan dalam mm. Berikut perhitungan dengan rumus:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \tag{1}$$

C. Curah Hujan Rancangan

Distribusi log-Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum). Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person Tipe III:

1) Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$

2) Hitung harga rata-rata:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \tag{2}$$

$n = \text{jumlah data}$

3) Hitung harga simpangan baku:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{n-1}} \tag{3}$$

4) Hitung koefisien kemencengan

$$CS = \frac{n \sum (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \tag{4}$$

5) Hitung logaritma hujan dan curah hujan rancangan dengan periode ulang T dengan rumus:

$$\log X_T = \overline{\log X} + K \cdot s \tag{5}$$

$$d_{\text{rancangan}} = 10^{\wedge} \log X_T \tag{6}$$

Tabel 1. Syarat pemilihan distribusi frekuensi

Syarat	Jenis Distribusi		
	Gumbel	Log Normal	Log Person type III
Cs	5,4	3,00	bebas
Ck	1,14	0,00	bebas

Sumber: Harto, Sri. 1993:245

D. Uji Kecocokan

Untuk menguatkan perkiraan pemilihan distribusi yang diambil, maka dilakukan pengujian distribusi yaitu:

1) Uji Chi-Kuadrat

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang dipilih dapat mewakili distribusi yang dianalisis yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\chi^2_h = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \tag{7}$$

χ^2_h = parameter chi-kuadrat terhitung

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 kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametric, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

$$D = \text{maksimum } (P(X_n) - P^*(X_n)) \tag{8}$$

D = selisih terbesar peluang pengamatan dan peluang teoritis

$P(X_m)$ = peluang pengamatan

$P^*(X_m)$ = peluang teoritis dan persamaan distribusi yang dipakai

E. Debit Banjir Rencana dengan metode Nakayasu

Nakayasu dari Jepang, telah menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Ia membuat rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penyelidikannya. Rumus tersebut adalah

t_g adalah time lag yaitu waktu hujan sampai debit puncak banjir (jam). T_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km: $t_g = 0,4 + 0,058 L$ (9)

Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km: $t_g = 0,21 L^{0,7}$

Perhitungan $T_{0,3}$ menggunakan ketentuan:

• $\alpha = 2$ pada daerah pengaliran biasa

• $\alpha = 1,5$ pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

• $\alpha = 3$ pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \text{ (jam)} \tag{10}$$

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (11)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad (\text{jam}) \quad (12)$$

$$Q_p = \frac{C A R_O}{3,6(0,3 T_p + r_{0,3})} \quad (13)$$

Dimana:

Q_p = debit puncak banjir (m³/detik)

RO = hujan satuan (mm)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

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

CA = luas daerah pengaliran sampai outlet (km²)

Pada kurva waktu naik:

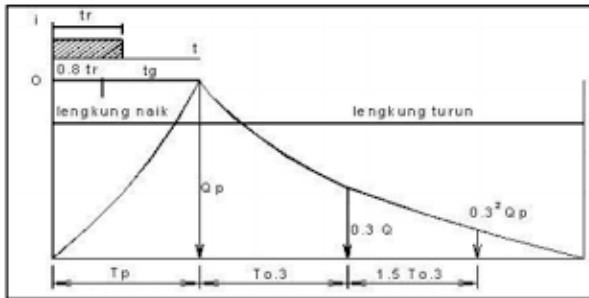
$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \quad (14)$$

Pada kurva turun (*decreasing limb*):

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}} \quad (15)$$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5 T_{0,3})}{1,5 T_{0,3}}} \quad (16)$$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5 T_{0,3})}{2 T_{0,3}}} \quad (17)$$



Sumber: Soemarto, 1987:168

Gambar 1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

F. Perencanaan Saluran Sungai

Sebagai alat bantu menganalisa profil muka air yang untuk mengetahui pada bagian manakah terjadi luapan pada alur sungai dan perencanaan dimensi baru sungai dengan cara coba-coba menggunakan program HEC-RAS 4.1.

G. Perencanaan Turap / Sheet Pile

Sheet pile merupakan suatu perkuatan yang disusun menyerupai bentuk dinding yang berfungsi sebagai penahan tebing, penahan tepian sungai atau laut dan lain-lain. Berikut langkah-langkah perencanaan sheet pile :

1. Menggambar diagram tekanan tanah
2. Melakukan perhitungan tanah akti dan pasif dengan rumus :

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2}\right) \quad (18)$$

$$K_p = \frac{1}{K_a} \quad (19)$$

3. Setelah menemukan moment total dilakukan penentuan profil turap dengan berdasarkan Catalog profil CCSP Wika Beton
4. Melakukan perhitungan stabilitas geser terhadap profil yang dipilih dengan rumus :

$$SF = \frac{\sum Pp}{\sum Pa} \quad (20)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

- a. Analisis data curah hujan

Data hujan yang dipergunakan dalam analisis hidrologi diambil dari 5 stasiun hujan sebagai berikut :

Tabel 2. Stasiun Hujan DAS Ngotok

No.	Nama Stasiun Hujan
1	Jombang
2	Kesamben
3	Sambiroto
4	Mojoagung
5	Terusan

Sumber: Hasil Hitungan

- b. Uji konsistensi

Data-data yang dipakai untuk perencanaan harus memenuhi persyaratan baik kualitas maupun kuantitas . pengujian digunakan dengan metode kurva masa ganda.

Tabel 3. Rekapitulasi Uji Konsistensi Kurva Masa Ganda

TAHUN	CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM PERTAHUN				
	Sta. J	Sta. K	Sta. S	Sta. M	Sta. T
2009	158	70	136	95	136
2010	103	137	126	87	99
2011	87	93	63	82	101
2012	109	74	112	75	90
2013	125	95	96	100	75
2014	101	97	110	104	90
2015	82	93	152	60	93
2016	126	135	112	128	77
2017	142	93	121	119	119
2018	70	97	69	46	99

Sumber: Hasil Hitungan

- c. Curah hujan daerah

Penentuan luas area yang ditampung pada setiap stasiun dan luas daerah aliran sungai dihitung dengan menggunakan metode Aritmatik Aljabar menggunakan **persamaan 1**:

$$d_{rata-rata} = \frac{158+70+136+95+136}{5} = 63,251 \text{ mm}$$

$$CH_{Daerah} = d_{rata-rata \text{ maksimum}} = 63,251 \text{ mm}$$

Tabel 4. Rekapitulasi Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum Tahunan

No.	Tahun	CH.Daerah
1	2009	83
2	2010	59.136
3	2011	58.276
4	2012	49.805
5	2013	77.800
6	2014	78.800
7	2015	48.987
8	2016	73.401
9	2017	83.613
10	2018	58.381

Sumber: Hasil Hitungan

d. Curah Hujan Rancangan

Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Log-Person Tipe III. Berikut hasil perhitungan metode Log-Person Tipe III:

Menggunakan **persamaan 2** untuk menghitung nilai rata-rata Log d. Dengan uraian sebagai berikut:

$$\overline{\log X} = \frac{82.881}{10} = 1,918$$

Menggunakan **persamaan 3** untuk menghitung simpangan baku. Dengan uraian sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\frac{0.073}{10-1}} = 0.090$$

Menggunakan **persamaan 4** untuk menghitung koefisien kemencengan. Dengan uraian sebagai berikut:

$$CS = \frac{10 \cdot (-0.0012)}{(10-1)(10-2)s^3} = -0.230$$

Menggunakan **persamaan 5 dan 6** untuk menghitung curah hujan rancangan dengan periode ulang T. Dengan uraian sebagai berikut:

$$\log X_{50} = 1,992$$

$$d_{\text{rancangan}} = 10^{\log X_T}$$

$$d_{\text{rancangan TR50}} = 10^{1,992} = 98.282 \text{ mm}$$

Tabel 5. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Kala Ulang

Tr (tahun)	G	LOG D _{rancangan}	D _{rancangan}
100	2.156	2.013	103.035 mm/hari
50	1.929	1.992	98.282 mm/hari
25	1.669	1.969	93.114 mm/hari
10	1.254	1.932	85.426 mm/hari
5	0.851	1.895	78.562 mm/hari
2	0.038	1.822	66.367 mm/hari
1.25	-0.828	1.744	55.434 mm/hari
1.111	-1.303	1.701	50.229 mm/hari

Sumber: Hasil Hitungan

Berdasarkan hitungan menggunakan metode Log Pearson Type 3 didapat nilai kemencengan / Cs sebesar -0,23 yang

artinya bahwa distribusi ini bisa digunakan karena nilai Cs dari Log Pearson Type 3 harus $\neq 0$.

e. Uji Kecocokan

Uji kecocokan distribusi untuk simpangan vertikal (hujan) dengan metode Chi-Square, sedangkan untuk simpangan horizontal (peluang) dengan metode Smirnov-Kolmogorov. Berikut hasil dalam perhitungan metode Chi-Square sebagai berikut menggunakan **persamaan 7**

Tabel 6. Penentuan Batas Kelas

Pr	G	LogX	X
25%	0.715	1.8830	76.384
50%	0.038	1.8220	66.367
75%	-0.684	1.7568	57.123

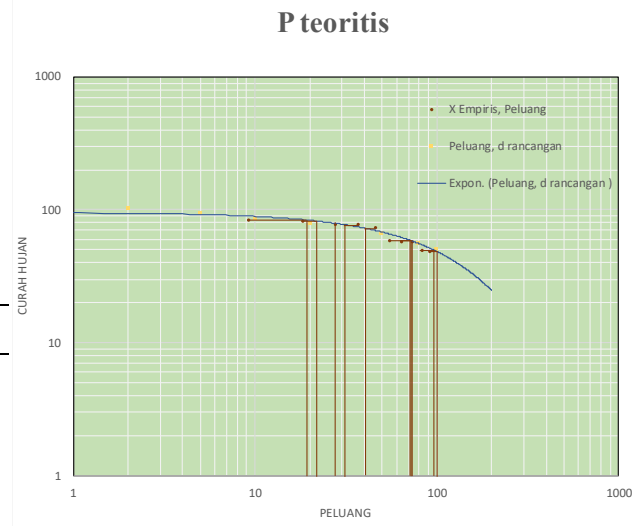
Sumber: Hasil Hitungan

Tabel 7. Uji Sebaran Metode Chi-Square

no	batas kelas (nilai X)	jumlah data Of	Ef	Ef - Of	(Ef-Of) ² /Ef
1	0 - 57	2	2.5	0.5	0.1
2	57 - 66	3	2.5	-0.5	0.1
3	66 - 76	1	2.5	1.5	0.9
4	76 ~	4	2.5	-1.5	0.9
ΣX^2					2

Sumber: Hasil Hitungan

Berdasarkan perhitungan tabel 7 didapatkan nilai $\Sigma X^2 = 2$ dan nilai $X^2_{\text{tabel}} = 3,841$. Hasil hitungan dapat diterima karena nilai $\Sigma X^2 < X^2_{\text{tabel}}$ jadi curah hujan rencana yang dipakai dengan metode log person tipe III dapat diterima.



Sumber: Gambar Hasil Hitungan

Gambar 2. Grafik Uji Simpangan Horizontal Smirnov-Kolmogorov

Tabel 8. Uji Sebaran Metode Smirnov-Kolmogorov

No	X Empiris	Peluang (%)	P Teoritis	Dp
1	83.613	9.091	19	9.909
2	82.881	18.182	22	3.818
3	78.800	27.273	27	0.273
4	77.800	36.364	31	5.364
5	73.401	45.455	40.5	4.955
6	59.136	54.545	70.5	15.955
7	58.381	63.636	71	7.364
8	58.276	72.727	72	0.727
9	49.805	81.818	96.000	14.182
10	48.987	90.909	100.000	9.091
Dp Maks				15.955

Tabel 9. Kontrol Uji Sebaran Metode Smirnov-Kolmogorov

n	α	D ₀	Kontrol
(Jumlah data)	(nilai keyakinan)	(Tabel Do Smir)	Dp < D ₀
10	0.05	41	sesuai

Berdasarkan perhitungan tabel 9 nilai Dp maksimum = 15.955 dan nilai D₀ = 41 maka hasil hitungan dapat diterima karena nilai Dp < D₀ jadi curah hujan rencana yang dipakai dengan metode log person tipe III dapat diterima

f. Debit Banjir Rencana Metode Nakayasu

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan Hidrograf Satuan Sintesis metode Nakayasu. Berikut hasil perhitungan sebagai berikut:

Menghitung nilai waktu konsentrasi (tg) (untuk L > 15 Km) dengan **persamaan 9**:

$$T_g = 0,4 + 0,058 \times L$$

$$= 0,4 + 0,058 \times 25 = 1,85 \text{ jam}$$

Menghitung nilai satuan waktu dari curah hujan (Tr) dengan **persamaan 10**:

$$Tr = (1 - 0,5) \times T_g$$

$$= (1 - 0,5) \times 1,85 = 0,925 \text{ jam}$$

Menghitung waktu permulaan banjir sampai puncak hidrograf banjir (Tp) dengan **persamaan 11**:

$$T_p = T_g + 0,8 \times Tr$$

$$= 1,85 + 0,8 \times 0,925 = 3 \text{ jam}$$

Menghitung waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali puncak banjir (T_{0,3}) dengan **persamaan 12**:

$$T_{0,3} = 2 \times T_g$$

$$= 2 \times 1,85 = 3,7 \text{ jam}$$

Menghitung nilai hidrograf untuk tiap interval tertentu dengan **persamaan 13**:

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

$$= \frac{279,87 \times 1}{3,6 \times (0,3 \times 3 + 3,7)} = 11,408 \text{ m}^3/\text{det}$$

Menghitung pada kurva naik sebelum mencapai debit puncak (Qp) dengan **persamaan 14**:

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

$$Q_1 = 11,408 \left(\frac{1}{3}\right)^{2,4} = 0,817 \text{ m}^3/\text{det}$$

Menghitung pada kurva turun (Qr) dengan **persamaan 15**:

$$Q_4 = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$$

$$Q_4 = 11,408 \times 0,3^{\frac{(4-3)}{3,7}} = 8,239 \text{ m}^3/\text{det}$$

Menghitung pada kurva turun (Qt) dengan **persamaan 16**:

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(0,5 \cdot T_{0,3})]}{(1,5T_{0,3})}}$$

$$Q_8 = 11,408 \times 0,3^{\frac{[(8-3)+(0,5 \cdot 3,7)]}{(1,5 \cdot 3,7)}}$$

$$= 0,247 \text{ m}^3/\text{det}$$

Menghitung pada kurva turun (Qt) dengan **persamaan 17**:

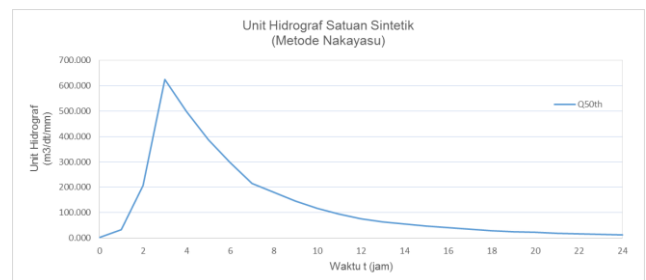
$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]}{(2 \cdot T_{0,3})}}$$

$$Q_{13} = 11,408 \times 0,3^{\frac{[(13-3)+(1,5 \cdot 3,7)]}{(2 \cdot 3,7)}}$$

$$= 1,069 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 10. Rekapitulasi Debit Rancangan Metode Nakayasu

Tr (tahun)	Q (m ³ /detik)
2 th	422.490
5 th	499.782
10 th	543.286
20 th	592.015
50 th	624.766



Sumber: Gambar Hasil Hitungan

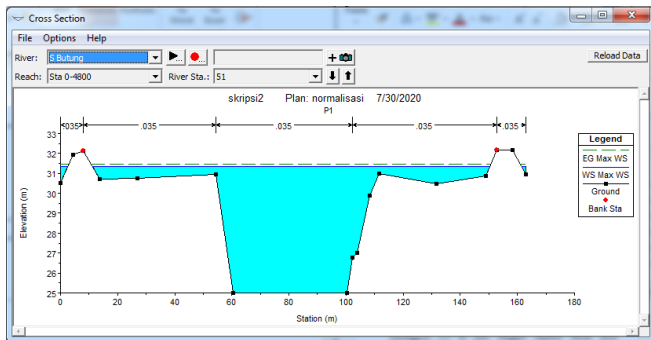
Gambar 3. Grafik Banjir Rancangan Nakayasu

Analisis Hidrolika

A. Perencanaan Saluran Sungai

Karena kapasitas alur Sungai tidak mampu mengalirkan debit rencana pada kala ulang 50 tahun, maka direncanakan dimensi saluran sungai baru dan direncanakan peninggian turap pada sisi sungai.

Hasil dari coba-coba dimensi saluran rencana didapat kedalaman saluran dari 25,57 m menjadi 25 di Sta 51 dengan lebar saluran atas 50 m dan lebar bawah 40 m.



Sumber: Gambar Hasil Hitungan

Gambar 4. Penampang Sungai Kondisi Rencana Perencanaan Sheet Pile

Dari perencanaan sheet pile didapatkan kedalaman yang dibutuhkan sedalam 9 m, berdasarkan catalog WIKA profil turap yang memenuhi menggunakan W600-B nilai momen maksimum 59,60 dengan panjang 12 m. Oleh karena itu total tegangan aktif dan pasif didapatkan nilai sebagai berikut :

$$\sum Pp = 1115,533$$

$$\sum Pa = 459,114$$

Lalu dilakukan perhitungan stabilitas keamanan sheet piles saat pergeseran sebagai berikut :

$$SF = \frac{1115,533}{459,114} = 2,43 > 1,2 \text{ (AMAN)}$$

Berdasarkan hasil Perhitungan kestabilan terhadap geser tergolong aman dimana $Pp/Pa = 2,43 > 1,2$, maka dapat dikatakan perencanaan turap yang akan digunakan aman untuk dipakai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perhitungan curah hujan daerah didapatkan curah hujan tertinggi pada tahun 2017 sebesar 83,613 mm.
- 2) Perhitungan curah hujan rancangan metode Log-Pearson Type III dengan kala ulang 50Th didapatkan hasil sebesar 98,282 mm/hari.
- 3) Didapatkan nilai dari hasil perhitungan debit banjir rancangan Q50 pada Sungai Ngotok sebesar 624.766 m³/detik.
- 4) Upaya penanggulangan limpasan pada Sungai Ngotok direncanakan berupa perbaikan penampang sungai dan pemasangan dinding penahan berupa sheet pile. Perbaikan penampang sungai dengan bentuk penampang trapesium (kemiringan lereng 1 : 1) dengan lebar rencana sungai 50 m.
- 5) Pada beberapa titik masih didapati beberapa area yang terjadi limpasan maka dilakukan penanganan selanjutnya yaitu dengan perencanaan turap berupa sheetpile W600-B catalog WIKA dengan nilai momen maksimum 59,60 ton.m setinggi ($h_{air} +$ tinggi jagaan) dengan tinggi jagaan 0,8 m.

- 6) Nilai kestabilan tanah didapatkan nilai 2,43 dimana nilai faktor keamanan yang diizinkan tidak boleh kurang dari 1,2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Canonica., 2013. Memahami Mekanika Tanah. Bandung : Angkasa Bandung.
- [2] Hadisusanto., 2010. *Aplikasi Hidrologi*. Jogjakarta: Jogja Mediautama
- [3] Hardiyatmo., Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- [4] Kodoatie., Robert J. 2013. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta : ANDI.
- [5] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat., 2016. Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat
- [6] Soemarto., C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya : Usaha Nasional.
- [7] Soemarto., C.D. 1985. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Erlangga.
- [8] Sosrodarsono., Suyono. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- [9] Sosrodarsono., Suyono dan Kensaku Takeda. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- [10] Standart Perencanaan Irigasi. 1986. Standart Penggambaran KP-07.