

Perkuatan Struktur Dengan Menggunakan Bangunan Krib dan Rip-Rap Dengan Menggunakan Aplikasi Hec-Ras pada Tikungan Sungai Kalijompo Kabupaten Jember

Structural Reinforcement Using Krib and Rip-Rap Buildings Using Hec-Ras Applications at the Kalijompo River Bend, Jember Regency

Vita Sania Octavia¹, Totok Dwi Kuryanto^{2*}, Ilanka Cahya Dewi³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: vitasaniaoctavia@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author
Email: totokdwikuryanto@gmail.com

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: m4ngg4l4@gmail.com

Abstrak

Sungai Jompo merupakan saluran primer yaitu saluran yang membawa air dari bangunan utama ke saluran sekunder dan petak-petak yang dialiri. Sungai Jompo berhulu di Pegunungan Iyang Argopuro dan berakhir di laut selatan. Pada sungai dengan kecepatan arusnya tinggi tentu akan menimbulkan erosi yang terjadi di tebing sungai maupun di dasar sungai, oleh karena itu diperlukan suatu bangunan pelindung (Peraturan Pemerintah, 1991). Tikungan sungai merupakan tempat yang sangat riskan terjadinya gerusan pada tebing maupun kaki tebing sungai. Gerusan yang terjadi dapat mengurangi stabilitas tebing sungai sehingga dapat membahayakan lingkungan yang ada pada bantaran sungai tersebut. Salah satu cara untuk menanggulangi permasalahan tersebut yaitu dengan membangun suatu struktur bangunan yang bisa mengarahkan aliran arus sungai supaya tidak terlalu keras membentur tikungan sungai kalijompo jember. dari hasil perhitungan didapat tinggi bangunan krib sebesar 4,75 meter dengan lebar 0,69 meter. Dengan menggunakan pondasi tiang pancang setinggi 2,50 meter. Perhitungan dikakukan berdasarkan data sekunder salah satunya dari hasil HEC-RAS. Hasil dari perencanaan tersebut telah diuji dengan menggunakan aplikasi software SAP 2000 dan mendapatkan hasil yang aman untuk diterapkan.

Keywords: *Krib, Rip-Rap, Tiang Pancang, Hec-RAS, SAP 2000*

Abstract

The Jompo River originates in the Iyang Argopuro Mountains and ends in the southern sea. In rivers with high current speeds, erosion will occur on the riverbanks and on the riverbed, therefore a protective building is needed (Government Regulation, 1991). The river bend is a very risky place for scouring on the cliffs and the foot of the river bank. The scour that occurs can reduce the stability of the river bank so that it can endanger the environment on the riverbank. One way to overcome this problem is to build a building structure that can direct the flow of the river so that it doesn't hit the bend of the Kalijompo Jember river too hard. From the calculation results, the height of the crib building is 4.75 meters with a width of 0.69 meters. By using a pile foundation as high as 2.50 meters. Calculations are made based on secondary data, one of which is the HEC-RAS results. The results of the plan have been tested using the SAP 2000 software application and get results that are safe to apply.

Keywords: *Krib, Rip-Rap, Stake, Hec-RAS, SAP 2000*

1. PENDAHULUAN

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Sungai Jompo merupakan saluran primer yaitu saluran yang membawa air dari bangunan utama ke saluran sekunder dan petak-petak yang dialiri. Tikungan sungai merupakan tempat yang sangat riskan terjadinya gerusan pada tebing maupun kaki tebing sungai. Krib adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing sungai kearah tengah, guna mengatur arus sungai, mengurangi kecepatan arus sungai, mempercepat sedimentasi, menjamin keamanan tebing sungai terhadap gerusan, mempertahankan lebar dan kedalaman air pada alur sungai, dan memudahkan penyadapan. Dengan adanya bangunan krib tebing yang semula terjadi erosi menjadi terlindung bahkan terjadi sedimentasi (Sosrodarsono, 2008).

Bangunan Krib juga dapat mengarahkan arus sungai sesuai dengan yang direncanakan, pada Sungai Jompo tersebut diharapkan arus sungai tidak membentur keras ke tebing sungai. Salah satu data yang diperlukan dalam perencanaan tersebut adalah debit, dimana debit tersebut akan diperoleh dari pengolahan data lapangan berupa lebar penampang aliran, kedalaman dan distribusi kecepatan.

Rip-Rap dapat menjadi peredam energi aliran sungai dan berfungsi pula sebagai lapisan perisai untuk mengurangi kedalaman penggerusan setempat. Rip-Rap juga dapat berguna sebagai perkuatan struktur tebing Sungai Jompo Jember. Penulis memilih alternatif Rip-Rap dikarenakan Rip-Rap buatan pabrik dan cepat untuk diaplikasikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Ada beberapa ringkasan materi dan rumus yang nantinya akan digunakan sebagai acuan pada penelitian ini. Penulis telah merangkum yaitu sebagai berikut.

a Analisa Hidrologi dan Hidrolika

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk dan perjalanan air di permukaan bumi. Hidrologi dipelajari orang untuk memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan keairan, seperti

manajemen air, pengendalian banjir, dan perencanaan bangunan air (Riyo Ardi, 2015).

b Bangunan Rip-Rap

Rip-Rap yaitu susunan bongkahan batu alam atau blok-blok beton buatan dengan ukuran dan volume tertentu yang digunakan antara lain sebagai tambahan peredam energi di hilir bendung dan berfungsi pula sebagai lapisan perisai untuk mengurangi kedalaman penggerusan setempat dan untuk melindungi tanah dasar di hilir peredam energi bendung (Deni Setiawan, 2007).

c Pondasi Tiang Pancang

Pondasi merupakan sebuah struktur bangunan yang umumnya terdiri dari satu atau lebih elemen - elemen pondasi. Dimana elemen pondasi merupakan elemen transisi / perpindahan antara tanah atau batuan dengan struktur atas. Dalam proses pembuatan desain suatu pondasi meliputi proses pemilihan jenis pondasi, proses penentuan perletakannya, proses penentuan ukuran / dimensi pondasi, hingga bagaimana proses pelaksanaan fisik konstruksinya (Bagus Anggoro, 2019).

d Hec-Ras

(Hidrologic Engineering Centre- River Analysis System) adalah perangkat lunak yang dirancang untuk dimanfaatkan sebagai alat peramalan debit banjir pada sungai dengan konsep lump model. Perangkat lunak tersebut mampu melakukan prediksi waktu dan besar debit puncak serta volume limpasan pada suatu sungai dengan cepat dan tidak membutuhkan data input yang terlalu rumit. Model ini hanya membutuhkan data input seperti data debit, data curah hujan, luasan DAS serta sedikit parameter yang memfasilitasi regionalisasi untuk mensimulasikan aliran pada node yang tidak tersedia alat ukur debit (Gusta Gunawan, 2018).

e Sap 2000

Program SAP 2000 merupakan salah satu program paket analisis dan desain struktur yang berdasar metode elemen hingga. Program SAP 2000 menyediakan fitur dan modul terintegrasi yang lengkap untuk desain struktur baja dan beton bertulang (Arif Noviyanto, 2013). Pengguna diberi kemudahan untuk membuat,

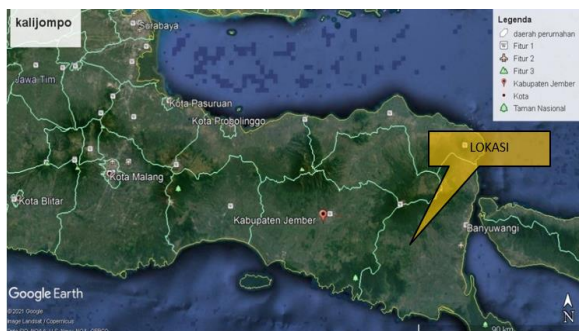
menganalisis, dan memodifikasi model struktur yang direncanakan dengan memakai user interface yang sama (Dewobroto, 2007).

3. METODE PENELITIAN

Berikut merupakan metode penelitian yang menjelaskan tentang lokasi penelitian dan tahap tahap dalam penelitian.

a Waktu Dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini berada di proyek penanganan lereng Jalan Sultan Agung Jember yang merupakan bagian dari pembangunan Jalan dan Jembatan Jalan Lintas Jawa Timur. Lokasi Penanganan Lereng Jalan Sultan Agung ini terletak di Kec Kaliwates, Kab Jember, Provinsi Jawa Timur. Lokasi mulai KM STA 196+400 s/d STA 196+600, dengan koordinat L 797053.54 m E 9095739.10 m S.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
 Sumber : Google Earth

b Kerangka Penelitian

Berikut merupakan kerangka penelitian yang merupakan tahap tahap yang dilakukan oleh peneliti dalam melakukan penelitian ini.

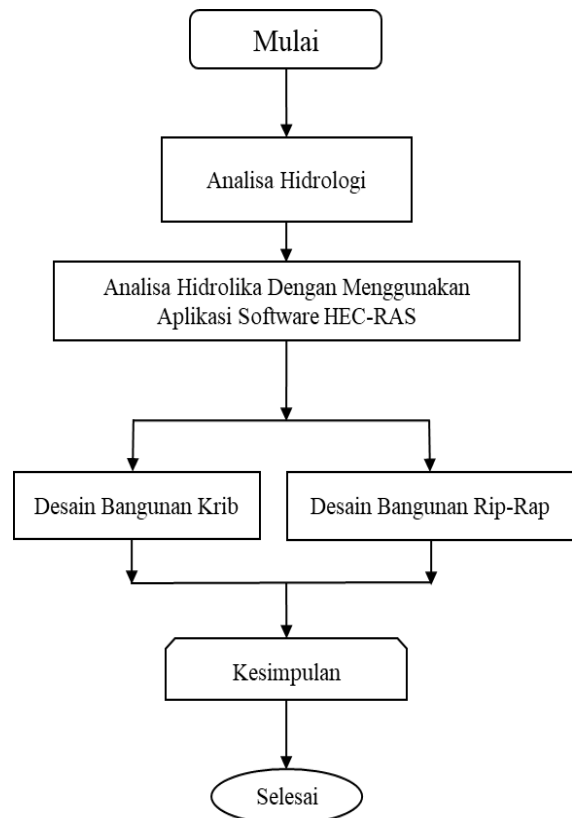


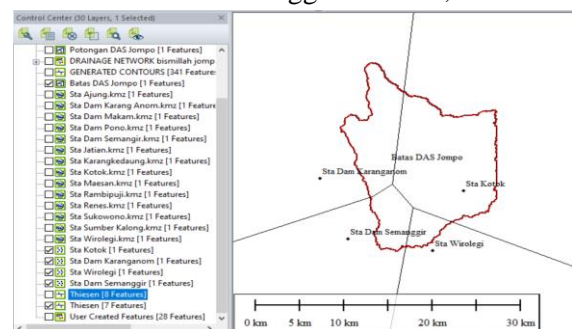
Diagram 1. Kerangka Penelitian
 Sumber : Perencanaan Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a Analisa Hidrologi dan Hidrolika Penentuan Luas DAS :

Dapat diketahui luas DAS sungai Kalijompo seluas 273,45 km² , dengan pembagian luasan sebagai berikut :

- DAS Sta Wirolegi : 16,9 km²
- DAS Sta Kottok : 160,8 km²
- DAS Sta Dam Karanganom : 66,7 km²
- DAS Sta Dam Semanggir : 29,1 km²



Gambar 2. Luas DAS Kalijompo
 Sumber : Aplikasi Global Mapper

Curah Hujan Rancangan :

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan, namun pada penelitian penulis menggunakan metode log person type III.

Tabel 1. Curah hujan rerata

No	Tahun	STASIUN CURAH HUJAN (mm)			
		STASIUN HUJAN WIROLEGI	STASIUN HUJAN KOTTOK	STASIUN HUJAN DAM KARANGANOM	STASIUN HUJAN DAM SEMANGGIR
		R1	R2	R3	R4
1	2009	924.0	2756.0	4113.0	3231.0
2	2010	1620.0	2255.7	2811.0	2336.0
3	2011	1333.0	2064.0	2655.0	2204.0
4	2012	856.0	2210.3	3291.0	2484.0
5	2013	1174.0	1823.7	2550.0	1747.0
6	2014	1532.0	1894.7	2191.0	1961.0
7	2015	743.0	2324.0	4172.0	3390.0
8	2016	1352.0	2772.0	3049.0	3158.0
9	2017	1579.0	2996.0	2152.0	2789.0
10	2018	1486.0	2092.0	1853.0	2397.0
Rerata		1259.9	2318.8	2883.7	2569.7

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 2. Distribusi Log Normal

No.	Tahun	R _i	P	(R _i - R)	(R _i - R) ²	(R _i - R) ³	(R _i - R) ⁴
1	2009	97.7	9.1	-9.5	90.0	-854.4	8107.5
2	2010	115.1	18.2	7.9	62.9	498.4	3951.3
3	2011	150.4	27.3	43.2	1866.8	80657.7	3484932.6
4	2012	99.9	36.4	-7.3	53.1	-387.3	2822.7
5	2013	102.3	45.5	-4.9	24.5	-121.3	600.3
6	2014	98.5	54.5	-8.7	75.4	-654.7	5684.5
7	2015	95.4	63.6	-11.8	138.3	-1626.9	19135.1
8	2016	98.7	72.7	-8.5	72.8	-621.1	5299.2
9	2017	106.1	81.8	-1.1	1.1	-1.2	1.3
10	2018	107.8	90.9	0.6	0.4	0.3	0.2
Rerata		107.2			2385.4	76889.5	3530534.6

Sumber : Hasil Perhitungan

Sesuai dengan hasil yang didapat untuk nilai standart deviasi 16.28 , Cs 2.47 , Ck 6.63 , Cv 0.15. Berdasarkan tabel kecocokan metode maka metode yang cocok untuk digunakan pada perhitungan selanjutnya yaitu metode log normal.

Perhitungan Dengan Metode Log Normal :

Berikut merupakan perhitungan dengan menggunakan metode log normal.

Tabel 3. Distribusi Log Normal

No	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xi - Log X	(Log Xi - Log X) ²	(Log Xi - Log X) ³	Hasil Perhitungan	Ket
1	2009	97.7	2.0	0.0	0.0	0.0	Log Q = 2.0	
2	2010	115.1	2.1	0.0	0.0	0.0	S = 0.1	
3	2011	150.4	2.2	0.2	0.0	0.0	Cs = 2.3	
4	2012	99.9	2.0	0.0	0.0	0.0	G(2) = (0.2)	Tabel
5	2013	102.3	2.0	0.0	0.0	0.0	G(5) = 0.8	Tabel
6	2014	98.5	2.0	0.0	0.0	0.0	G(10) = 1.3	Tabel
7	2015	95.4	2.0	0.0	0.0	0.0	G(25) = 2.0	Tabel
8	2016	98.7	2.0	0.0	0.0	0.0	G(50) = 2.5	Tabel
9	2017	106.1	2.0	0.0	0.0	0.0	G(100) = 3.0	Tabel
10	2018	107.8	2.0	0.0	0.0	0.0		
n =	10							
		Jumlah	20.3	0.000	0.031	0.003		
		Log X	2.026					

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai n yaitu 10 data serta nilai log dari rata ratanya sendiri yaitu sebesar 2,06. Ketika nilai Cs dimasukkan maka didapat nilai G2 (-0,164), G5 (0,758), G10 (,340), dan G25 (2,043)

Tabel 4. Hasil Distribusi Log Normal

Tr (tahun)	Pr (%)	G	G . Si	Log Q	Q (mm)
2	50	-0.2	-0.0	2.0	104.0
5	20	0.8	0.0	2.1	117.7
10	10	1.3	0.1	2.1	127.2
25	4	2.0	0.1	2.1	139.8
50	2	2.5	0.1	2.2	149.5
100	1	3.0	0.2	2.2	159.5
				(Pt - Pe) maks	159.5

Sumber : Hasil Perhitungan

Uji Kecocokan Data :

Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk uji kecocokan data. Pada Analisa kali ini data akan diuji dengan menggunakan metode Smirnov Kolmograf. Untuk hasil penelitian yaitu sebagai berikut.

Tabel 5. Smirnov Kolmogorof

Tahun	m	Ri	$P = \frac{m}{n+1}$	$P(x<) = 1-P$	$K = \frac{(x-xret)/S}{}$	Pe(x)	$D = Pe(x) - Pt(x<)$
2016	1	104.0	0.2	0.8	-0.5	0.5	-0.3
2017	2	117.7	0.3	0.7	-2.1	0.4	-0.3
2018	3	127.2	0.5	0.5	-1.1	0.7	0.2
2019	4	139.8	0.7	0.3	0.4	0.3	0.0
2020	5	149.5	0.8	0.2	1.1	0.2	0.0
Jumlah	534.2						
Mean	133.6						
SD	14.0						

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari perhitungan di atas didapat nilai Δ_{maks} sebesar $0.16 < \Delta_{cr}$ 0.409, maka Distribusi Log Normal dapat diterima. (Lily motarjih, 2009 : 72).

Hidrograf Metode Nakayasu :

Tabel 6. Curah Hujan Jam jam an Dengan Metode HSS Nakayasu

No	ratio	hujan jam-jaman			
		10	25	50	100
1	0.5438	54.0	61.9	66.6	71.1
2	0.1445	14.3	16.4	17.7	18.9
3	0.1017	10.1	11.5	12.4	13.3
4	0.0812	8.0	9.2	9.9	10.6
5	0.0687	6.8	7.8	8.4	8.9
6	0.0601	5.9	6.8	7.3	7.8
hujan efektif		99.4	113.9	122.5	130.7
koef pengaliran		0.7	0.7	0.7	0.7
hujan rencana		142.1	162.7	175.0	186.8

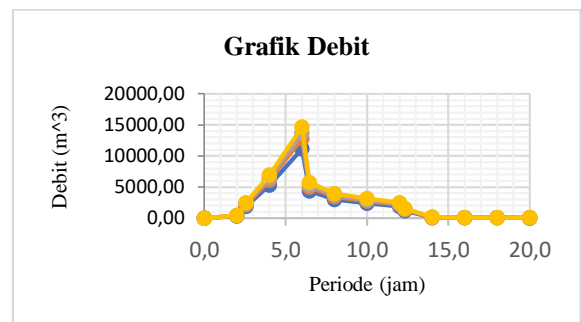
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 1. Hidrograf Metode Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /dt)	Keterangan
0.0	0.0	bagian lengkung naik untuk $t < T_p$
2.0	6.2	
2.557	11.3	
4.0	33.2	Untuk $T_p < t < T_p + T_{0,3}$
6.0	87.9	
6.5	105.4	
8.0	175.3	$T_p + T_{0,3} < t < T_p + 2,5T_{0,3}$
10.0	1.1	
12.0	0.6	
12.3	0.5	
14.0	0.3	
16.0	0.1	bagian lengkung turun untuk $t > T_p + 2,5T_{0,3}$
18.0	0.0	
20.0	0.3	

22.0	0.2	
24.0	0.1	
26.0	0.1	
28.0	0.0	
30.0	0.0	
32.0	0.0	
34.0	0.0	
36.0	0.0	
38.0	0.0	
40.0	0.0	
42.0	0.0	
44.0	0.0	
46.0	0.0	
48.0	0.0	
50.0	0.0	
52.0	0.0	
54.0	0.0	
56.0	0.0	
58.0	0.0	
60.0	0.0	
62.0	0.0	
64.0	0.0	
66.0	0.0	
68.0	0.0	
70.0	0.0	
72.0	0.0	Mendekati Angka Nol

Sumber : Hasil Perhitungan

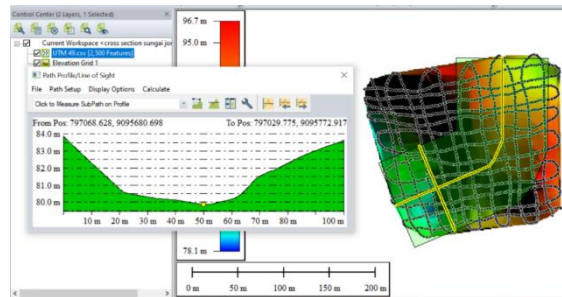


Grafik 1 Hidrograf Metode Nakayasu

Sumber : Hasil Perhitungan

b Analisa Hidrolika HEC-RAS

Cross Section :



Gambar 3. Cross Section Sungai Kalijompo
Sumber : Global Mapper

Selain data cross section ada juga data lainnya yang harus disiapkan untuk input di aplikasi HEC-RAS nya. Data-data tersebut yaitu :

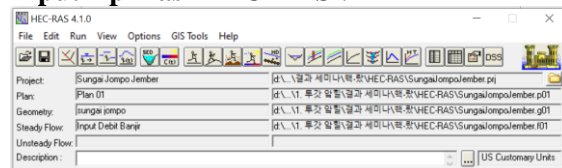
Elevasi dasar sungai hulu	= 87.8 m
Elevasi dasar sungai hilir	= 80.5 m
Beda tinggi elevasi sungai	= 7.2 m
Panjang Sungai	= 234 m
Sloope Sungai	= 0.0 m
Jarak Antar Sta	= 7.3 m

Tabel 2. Debit Maksimum Pada Kala Ulang

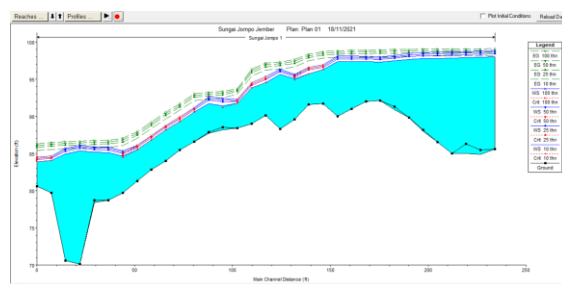
Debit maks kala ulang			
10 thn	25 th	50 thn	100 thn
2974.7	3406.3	3665.4	3911.3

Sumber : Hasil Perhitungan

Input Aplikasi HEC-RAS :

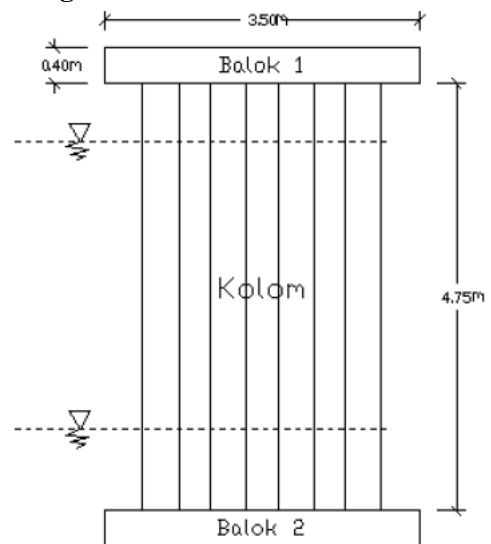


Gambar 4. Input Data Cros & Long Section
Sumber : HEC-RAS



Gambar 5. Long Section Sungai Kalijompo
Sumber : HEC-RAS

c Bangunan Krib



Gambar 6. Perencanaan Bangunan Krib
Sumber : DED Perencanaan

Dimensi Bangunan Krib :

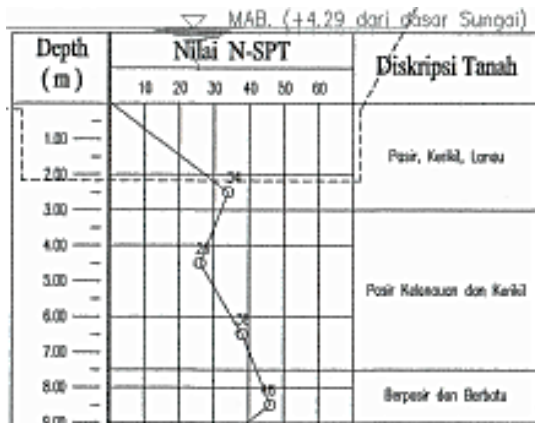
Elevasi terendah (L _L)	: 78,9 m
Elevasi tertinggi (L _H)	: 92,5 m
Kedalaman air terendah	: 1.0 m
Kedalaman air tertinggi	: 3.0 m
Tinggi mercu ujung krib	: $LL \frac{0,5+1}{2}$
	: 1,00 + 0,75
	: 1,75 m
Panjang krib (L)	: 0,15 x B
	: 0,15 x 23 m
	: 3,5 meter

Tabel 3. Syarat Bangunan Krib

Lokasi Pembuatan Krib di Sungai	Hubungan Antara Interval (D) dan Panjang (L)
Bagian Lurus	D = (1,7 - 2,3) L
Bagian Luar	D = (1,4 - 1,8) L
Bagian Dalam	D = (2,8 - 3,6) L

Sumber : Suyono Sosrodarsono, 2009

Jarak antar krib (D)	: 2,3 x L
	: 2,3 x 3,5 m
	: 7,93 m
	: 8 meter



Grafik 2. Soil Penetration Test
Sumber : DED PT Rajendra Pratama Jaya

Struktur Bangunan Krib :

Balok 1 :

• Dimensi

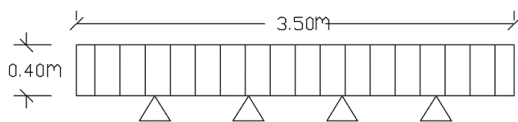
- D tulangan utama = 12 mm
- D tulangan Sengkang = 8 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Panjang balok 1 = 350 mm
- Dimensi balok

- $h = \frac{1}{12} x L$
 $= \frac{1}{12} x 3500$
 $= 0,08 x 3500 \text{ mm}$
 $= 60 \text{ cm}$

- $b = \frac{2}{3} x h$
 $= \frac{2}{3} x 600 \text{ mm}$
 $= 0,67 x 600 \text{ mm}$
 $= 40 \text{ cm}$

Maka untuk dimensi balok 1 yang direncanakan adalah 60 x 40 cm

• Pembebanan



Gambar 7. Pembebanan Momen Balok 1

Sumber : DED Perencanaan

Beban Mati (D_L)

Volume balok 1 = $b \times h \times L$
 $= 0,4 \times 0,6 \times 1$
 $= 0,24 \text{ m}^3$

Berat beton = Volume balok x Y beton
 $= 0,24 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 576 \text{ kg}$

Berat baja (2%) dalam beton :

= Volume balok x 2% x Berat jenis beton
 $= 0,24 \text{ m}^3 \times 0,02 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 11,5 \text{ kg}$
 $= 587,5 \text{ kg/m}$

Berat balok total = 587.52 kg/m

Jadi berat total balok 1 = Berat balok total x L balok

$= 587.52 \text{ kg/m} \times 3.5 \text{ m}$
 $= 2056.3 \text{ kg}$
 $= 20.1 \text{ kN}$

Beban Hidup (L_L)

Beban hujan = $(40 - 0,8 \times 0,0) \times$ luas balok

$= 84 \text{ kg}$
 $= 0.82 \text{ kN}$

Beban angin 1987

$= 25 \text{ kg/m}^2$ PPPURG

$= 25 \times$ luas balok
 $= 25 \times 2.1$
 $= 52.50 \text{ kg}$
 $= 0.5 \text{ kN}$

Total beban hidup
 Beban Angin

$=$ Beban Hujan +
 $= 0.82 + 0.51$
 $= 1.3 \text{ kN}$

Beban Gempa

a. Koefisien Gempa

Rumus :

$a_d = n(a_c x z)^m$
 $E = \frac{a_d}{g}$

Tabel 4. Tabel Koefisien Jenis Tanah

Jenis	n	m
Batu	2.7	0.7
Diluvium	0.8	1.0
Aluvium	1.5	0.8
Aluvium lunak	0.2	1.3

Sumber : KP-06 Parameter Bangunan, 1986

Tabel 5. Tabel Periode Ulang Percepatan

Dasar Gempa a_c

Periode Ulang (Tahun)	a _c (gal = cm/det ²)
20	85
100	160
500	225
1000	275

Sumber : KP-06 Parameeter Bangunan, 1986

$$\begin{aligned} n &= 1.56 \\ m &= 0.89 \\ &= 160 \text{ cm/det}^2 \\ g &= 9.81 \text{ cm/det}^2 \\ z &= 1 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} a_d &= \text{Percepatan gempa rencana (cm/det}^2) \\ N, m &= \text{Koefisien untuk jenis tanah} \\ a_c &= \text{Percepatan kejut dasar (cm/det}^2) \\ E &= \text{Koefisien gempa} \\ g &= \text{Percepatan gravitasi (9,81 m/det}^2) \\ Z &= \text{Faktor yang bergantung pada letak geografis} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} a_d &= n(a_c x z)^m \\ &= 1,56 (160 x 1)^{0,89} \\ &= 1,56 x 91,55 \\ &= 142,82 \text{ cm/det}^2 \\ E &= \frac{a_d}{g} \\ &= \frac{142,82 \text{ cm/det}^2}{981 \text{ cm/det}^2} \end{aligned}$$

b. Gaya Gempa

Rumus :

$$G_p = \text{Luas Bagian} \times 1 \text{ m lebar parafet} \times \gamma \text{ batu} \times E$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} \gamma \text{ batu} &= 22 \text{ kN/m}^3 \\ E &= 0.146 \text{ cm/det}^2 \end{aligned}$$

Tabel 6. Dimensi Bangunan Krib

Pias	Panjang	Lebar	Jumlah
1	3.5	0.3	1
2	4.7	0.2	6
3	3.5	0.3	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimana :

$$\begin{aligned} \gamma \text{ batu} &= \text{Berat jenis batu} \\ G_p &= \text{Gaya gempa} \\ E &= \text{Koefisien gempa} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} G_{p1} &= 3.5 \times 0.3 \times 1 \times 22 \times 0.146 \times 1 \\ &= 1.05 \times 3.20 \times 1 \\ &= 3.36 \text{ kN} \\ G_{p2} &= 4.75 \times 0.2 \times 1 \times 22 \times 0.146 \times 6 \\ &= 0.95 \times 3.20 \times 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 18.26 \text{ kN} \\ G_{p3} &= 3.5 \times 0.3 \times 1 \times 22 \times 0.146 \times 1 \\ &= 1.05 \times 3.20 \times 1 \\ &= 3.36 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Momen Gempa

Rumus :

$$M_{Gp} = G_p \times \text{Lengan Momen}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} G_{p1} &= 3.36 \text{ kN} \\ G_{p2} &= 18.26 \text{ kN} \\ G_{p3} &= 3.36 \text{ kN} \\ L_{p1} &= 3.5 \text{ m} \\ L_{p2} &= 4.75 \text{ m} \\ L_{p3} &= 3.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimana :

$$M_{Gp} = \text{Momen gaya gempa}$$

$$G_p = \text{Gaya gempa}$$

$$L_p = \text{Lengan momen}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_{Gp1} &= G_p \times \text{Lengan Momen} \\ &= 3.36 \times 3.5 \\ &= 11.77 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Gp2} &= G_p \times \text{Lengan Momen} \\ &= 18.26 \times 4.75 \\ &= 86.72 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Gp3} &= G_p \times \text{Lengan Momen} \\ &= 3.36 \times 3.5 \\ &= 11.77 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tabel 7. Pembagian Pias Perhitungan

No	Luas Pias (m ²)	γ batu (kN/m ²)	Koefisien Gempa (E)	Beban Gempa (kN)	Lengan momen terhadap dasar (m)	Momen (kNm)
1	1.1	22.0	0.1	3.4	3.5	11.8
2	1.0	22.0	0.1	18.3	4.8	86.7
3	1.1	22.0	0.1	3.4	3.5	11.8
Total			0.4	25.0	11.8	110.3
$\Sigma G_p =$			25.0 kN			
$\Sigma M_{Gp} =$			110.3 kNm			

Sumber : Hasil Perhitungan

• Momen

$$\begin{aligned} M_{tA} &= \frac{1}{16} \times q \times L^2 \\ &= 0,06 \times 45,97 \times 49,0 \\ &= 1,41 \text{ kNm} \\ M_i &= \frac{1}{14} \times q \times L^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,07 \times 45,97 \times 49,00 \\
 &= 1,61 \text{ kNm} \\
 MtB &= \frac{1}{10} \times q \times L^2 \\
 &= 0,10 \times 45,97 \times 49,00 \\
 &= 2,25 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Jadi total momen pada balok sebesar 5,27 kNm

• Tulangan

Luas Tulangan Perlu

Tinggi balok (h)	= 583.33 mm
Selimit beton (p)	= 40 mm
Perkiraan diameter utama	= 12 mm
Perkiraan diameter sengkang	= 8 mm
d	= h - p - \emptyset
sengkang - 1/2 \emptyset utama	= 529.33 mm
	= 0.529 m

Mencari Tulangan

$$\begin{aligned}
 MtA &= 1,41 \text{ kNm} \\
 &= \frac{Mu}{b \times d^2} \\
 &= \frac{1,41 \text{ kNm}}{0,4 \text{ m} \times 0,280^2} \\
 &= \frac{1,41 \text{ kNm}}{0,11} \\
 &= 12,56 \frac{KN}{m^2}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,00583 KN/m²

$$\begin{aligned}
 ASTA &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 529,33 \\
 &= 1234,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mi &= 1,61 \text{ kNm} \\
 &= \frac{Mu}{b \times d^2} \\
 &= \frac{1,61}{0,4 \times 0,280^2} \\
 &= \frac{1,61}{0,11} \\
 &= 14,35 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,00583 KN/m²

$$\begin{aligned}
 ASTA &= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 529,33 \\
 &= 1234,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MtB &= 2,25 \text{ kNm} \\
 &= \frac{Mu}{b \times d^2} \\
 &= \frac{2,25}{0,4 \times 0,280^2} \\
 &= \frac{2,25}{0,11}
 \end{aligned}$$

$$= 20,10 \text{ KN/m}^2$$

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,00583 KN/m²

$$\begin{aligned}
 ASTA &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 529,33 \\
 &= 1234,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan balok 1 yang telah dihitung maka dapat disimpulkan beberapa data untuk balok 1 yang nantinya digunakan dalam pembangunan bangunan krib di tikungan sungai Kalijompo Jember, data-data tersebut yaitu sebagai berikut.

Dimensi Balok 1

Panjang	: 3,50 meter
Lebar	: 0,60 meter

Dimensi Tulangan Balok 1

Tulangan Utama	: \emptyset 12 mm
Tulangan Sengkang	: \emptyset 8 mm

Balok 2 :

✓ Dimensi

Dimensi balok :

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{1}{12} \times L \\
 &= 0,08 \times 3500 \text{ mm} \\
 &= 583 \text{ mm, maka yang digunakan} \\
 &= 60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{2}{3} \times h \\
 &= 0,67 \times 600 \text{ mm} \\
 &= 400 \text{ mm, maka yang digunakan} \\
 &= 40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi balok yang direncanakan yaitu 60 cm x 40 cm

✓ Pembebanan

Beban Mati (DL)

- **Berat Sendiri Balok 1**

Vol balok 1	= b x h x L
	= 0,4 m x 0,6 m x 1 m ²
	= 0,24 m ³

Berat beton	= Vol balok x Y beton
	= 0,24 m ³ x 2400 kg/m ³
	= 576 kg

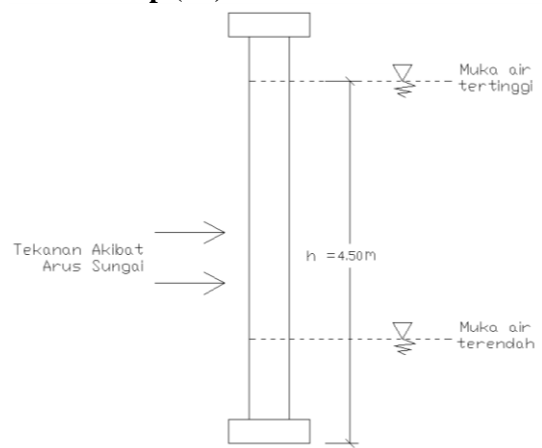
Berat baja (2%) beton 2400 kg/m ³	= Vol balok x 2 % x Y
	= 0,24 m ³ x 0,02 x
	= 11,52 kg

Berat balok total	= 587.52 kg/m
-------------------	---------------

Jadi berat total balok 1 balok	= Berat balok total x L balok
--------------------------------	-------------------------------

$$\begin{aligned}
 &= 587.52 \text{ kg/m} \times 3.5 \text{ m} \\
 &= 2056.32 \text{ kg} \\
 &= 20.16 \text{ kN} \\
 \text{- Berat Sendiri Balok 2} \\
 \text{Volume balok 2} &= b \times h \times L \\
 &= 0,4 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2 \\
 &= 0,24 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat beton} &= \text{Volume balok} \times \\
 \text{Berat jenis beton} &= 0,24 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 576 \text{ kg} \\
 \text{Berat baja (2\%)} &= \text{Volume balok} \times 2\% \\
 \text{x Berat jenis beton} &= 0,24 \text{ m}^3 \times 0,02 \times \\
 &2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 11,52 \text{ kg} \\
 \text{Berat balok total} &= 587.52 \text{ kg/m} \\
 \\
 \text{Jadi berat total balok 2} &= \text{Berat balok total} \times L \\
 \text{balok} &= 587.52 \text{ kg/m} \times 3.5 \text{ m} \\
 &= 2056.32 \text{ kg} \\
 &= 20.16 \text{ kN} \\
 \text{- Berat Sendiri Kolom} \\
 \text{Volume kolom} &= b \times h \times L \\
 &= 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 4,75 \\
 \text{m} &= 0,76 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat beton} &= \text{Volume balok} \times \\
 \text{Berat jenis beton} &= 0,76 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1824 \text{ kg} \\
 \text{Berat baja (1\%)} &\text{ dalam beton :} \\
 &= \text{Volume balok} \times 1\% \times \text{Berat jenis beton} \\
 &= 0,76 \text{ m}^3 \times 0,01 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 18,24 \text{ kg} \\
 \text{Berat kolom total} &= 1842,24 \text{ kg/m} \\
 \text{Jadi berat total kolom} &= \text{Berat balok total} \times L \\
 \text{balok} &= 18,06 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 72,24 \text{ kN} \\
 \\
 \text{Total beban mati} &= \text{Balok 1} + \text{balok 2} + \text{kolom} \\
 &= 20,16 \text{ kN} + 20,16 \text{ kN} + 72,24 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup (L_L)



Gambar 8. DED Kolom Perencanaan
Sumber : DED Gambar Perencanaan

Tekanan Air

Rumus :

$$\rho_{air} = 0,5 \times \gamma_w \times H^2$$

$$M_{air} = \rho_{air} \times \frac{H}{3}$$

Diketahui :

$$\gamma_w = 9,81 \frac{kN}{m^3}$$

$$H = 4,5 \text{ m}$$

Dimana :

P_{air} = Tekanan air aktif (kN/m)

M_{air} = Momen tekanan air (kNm)

γ_w = Berat volume air (kN/m³)

H = Tinggi muka air (m)

Maka :

$$\rho_{air} = 0,5 \times \gamma_w \times H^2$$

$$= 99,33 \text{ kN/m}$$

$$M_{air} = \rho_{air} \times \frac{H}{3}$$

$$= 99,33 \text{ kN/m} \times \frac{4,5 \text{ m}}{3}$$

$$= 99,33 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m}$$

$$= 148,99 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban hujan} &= (40 - 0,8 \times 0) \times \text{luas balok} \\
 &= 84 \text{ kg} \\
 &= 0.82 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban angin} &= 25 \text{ kg/m}^2 \text{ (PPURG 1987)} \\
 &= 25 \times \text{luas balok} \times \text{luas kolom} \\
 &= 25 \times 2.1 \times 7.6 \\
 &= 399.00 \text{ kg} \\
 &= 3.91 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Total beban hidup :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Tekanan air} + \text{Beban Hujan} + \text{Beban Angin} \\
 &= 148.99 + 0.82 + 3.91 \\
 &= 153.72 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban Gempa

Koefisien Gempa

Rumus :

$$a_d = n(a_c x z)^m$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

Tabel 8. Koefisien Gempa

Jenis	n	m
Batu	2.8	0.7
Diluvium	0.9	1.1
Aluvium	1.6	0.9
Aluvium lunak	0.3	1.3

Sumber : Hasil Perhitungan

$$n = 1.56$$

$$m = 0.89$$

$$= 160 \text{ cm/det}^2$$

$$g = 9.81 \text{ cm/det}^2$$

$$z = 1$$

Dimana :

a_d = Percepatan gempa rencana (cm/det²)

N,m = Koefisien untuk jenis tanah

a_c = Percepatan kejut dasar (cm/det²)

E = Koefisien gempa

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/det²)

Z = Faktor yang bergantung pada letak geografis

Maka :

$$a_d = n(a_c x z)^m$$

$$= 1,56 (160 x 1)^{0,89}$$

$$= 1,56 x 91,55$$

$$= 142,82 \text{ cm/det}^2$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

$$= \frac{142,82 \text{ cm/det}^2}{981 \text{ cm/det}^2}$$

$$= 0,146 \text{ cm/det}^2$$

Gaya Gempa

Rumus :

Gaya Gempa :

= Luas Bagian x 1m lebar parapet x γ batu x E

Diketahui :

$$\gamma \text{ batu} = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$E = 0.146 \text{ cm/det}^2$$

Tabel 9. Dimensi Pembagian Pias

pias	panjang	lebar	Jumlah
1	3.5	0.3	1
2	4.75	0.2	6
3	3.5	0.3	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimana :

γ batu = Berat jenis batu

Gp = Gaya gempa

E = Koefisien gempa

Maka :

$$Gp1 = 3.5 x 0.3 x 1 x 22 x 0.146 x 1$$

$$= 1.05 x 3.20 x 1$$

$$= 3.36 \text{ kN}$$

$$Gp2 = 4.75 x 0.2 x 1 x 22 x 0.146 x 6$$

$$= 0.95 x 3.20 x 6$$

$$= 18.26 \text{ kN}$$

$$Gp3 = 3.5 x 0.3 x 1 x 22 x 0.146 x 1$$

$$= 1.05 x 3.20 x 1$$

$$= 3.36 \text{ kN}$$

• Momen Gempa

Rumus :

MGp = Gp x Lengan Momen

Diketahui :

$$Gp1 = 3.36 \text{ kN}$$

$$Gp2 = 18.26 \text{ kN}$$

$$Gp3 = 3.36 \text{ kN}$$

$$Lp1 = 3.5 \text{ m}$$

$$Lp2 = 4.75 \text{ m}$$

$$Lp3 = 3.5 \text{ m}$$

Dimana :

MGp = Momen gaya gempa

Gp = Gaya gempa

Lp = Lengan momen

Maka :

$$MGp1 = Gp x Lengan Momen$$

$$= 3.36 x 3.5$$

$$= 11.77 \text{ kNm}$$

$$MGp2 = Gp x Lengan Momen$$

$$= 18.26 x 4.75$$

$$= 86.72 \text{ kNm}$$

$$MGp3 = Gp x Lengan Momen$$

$$= 3.36 x 3.5$$

$$= 11.77 \text{ kNm}$$

Tabel 10. Pembagian Pias Perhitungan

No	Luas Pias (m ²)	γ batu (kN/m ²)	Koefisien Gempa (E)	Beban Gempa (kN)	Lengan momen terhadap dasar (m)	Momen (kNm)
1	1.1	22.0	0.1	3.4	3.5	11.8
2	1.0	22.0	0.1	18.3	4.8	86.7
3	1.1	22.0	0.1	3.4	3.5	11.8
Total			0.4	25.0	11.8	110.3
ΣGp =			25.0 kN			
ΣMGp =			110.3 kNm			

Sumber : Hasil Perhitungan

Total beban pada balok 2 :
 = Beban mati (D_D) + Beban hidup (L_L) + Beban gempa

$$= 112.56 + 153.72 + 24.98$$

$$= 291.27 \text{ kN}$$

✓ Momen

$$\begin{aligned} MtA &= \frac{1}{16} \times q \times L^2 \\ &= 0,06 \times 291,27 \times 49,0 \\ &= 18,92 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mi &= \frac{1}{14} \times q \times L^2 \\ &= 0,07 \times 291,27 \times 49,00 \\ &= 10,19 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MtB &= \frac{1}{10} \times q \times L^2 \\ &= 0,10 \times 291,27 \times 49,00 \\ &= 14,27 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Jadi total momen pada balok sebesar 33,39 kNm

✓ Tulangan

Luas Tulangan Perlu

$$\text{Tinggi balok (h)} = 583.33 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Perkiraan diameter utama} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Perkiraan diameter sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$d = h - p - \varnothing$$

$$\text{sengkang} - 1/2 \varnothing \text{ utama} = 529.33 \text{ mm}$$

$$= 0.529 \text{ m}$$

Mencari Tulangan

$$\begin{aligned} MtA &= 8,92 \text{ kNm} \\ &= \frac{Mu}{b \times d^2} \\ &= \frac{8,92 \text{ kNm}}{0,4 \text{ m} \times 0,280} \\ &= \frac{8,92 \text{ kNm}}{0,11} \\ &= 79,59 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,00583 KN/m²

$$\begin{aligned} ASTA &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 529,33 \\ &= 1234,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Mi = 10,19 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{Mu}{b \times d^2} \\ &= \frac{10,19}{0,4 \times 0,280} \\ &= \frac{10,19}{0,11} \\ &= 90,96 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,00583 KN/m²

$$\begin{aligned} ASTA &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 529,33 \\ &= 1234,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$MtB = 14,27 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{Mu}{b \times d^2} \\ &= \frac{14,27}{0,4 \times 0,280} \\ &= \frac{14,27}{0,11} \\ &= 20,10 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,00583 KN/m²

$$\begin{aligned} ASTA &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 529,33 \\ &= 1234,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dari perhitungan balok 2 yang telah dihitung maka dapat disimpulkan beberapa data untuk balok 2 yang nantinya digunakan dalam pembangunan bangunan krib di tikungan sungai Kalijompo Jember, data-data tersebut yaitu sebagai berikut.

Dimensi Balok

- Panjang : 3,50 meter
- Lebar : 0,60 meter

Dimensi Tulangan Balok 2

- Tulangan Utama : ∅ 12 mm
- Tulangan Sengkang : ∅ 8 mm

Kolom :

- Dimensi
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- D tulangan utama = 16 mm
- D tulangan sengkang = 10 mm

Tebal selimut beton = 40 mm
 Lebar penampang balok = 400 mm
 Jumlah kolom = 4 buah
 Panjang balok (L) = 3500 mm
 Tinggi kolom (H) = 4750 mm
 Dimensi balok :
 $h = 1/12 \times L$
 $= 0,08 \times 3500 \text{ mm}$
 $= 583 \text{ mm}$, maka yang digunakan
 $= 60 \text{ cm}$
 $h = 2/3 \times h$
 $= 0,67 \times 600 \text{ mm}$
 $= 400 \text{ mm}$, maka yang digunakan
 $= 40 \text{ cm}$
 Maka dimensi balok yang direncanakan yaitu 60 cm x 40 cm
 Perhitungan Dimensi Kolom
 Dimensi kolom = Lebar balok + (2 x 5)
 $= 30 + 10$
 $= 40 \text{ cm}$
 Jadi dimensi kolom yaitu 40 x 40 cm
 ➤ Pembebanan
 Beban Mati (DL)
 Berat Sendiri Balok 1
 Volume balok 1 = $b \times h \times L$
 $= 0,4 \times 0,6 \times 1$
 $= 0,24 \text{ m}^3$
 Berat beton = Volume balok x Berat jenis beton
 $= 0,24 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 576 \text{ kg}$
 Berat baja (2%) dalam beton :
 $= \text{Volume balok} \times 2\% \times \text{Berat jenis beton}$
 $= 0,24 \text{ m}^3 \times 0,02 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 11,52 \text{ kg}$
 Berat balok total = 587.52 kg/m
 Jadi berat total balok 1 = Berat balok total x L balok
 $= 587.52 \text{ kg/m} \times 3.5 \text{ m}$
 $= 2056.32 \text{ kg}$
 $= 20.16 \text{ KN}$
 Berat Sendiri Kolom :
 Volume kolom = $b \times h \times L$
 $= 0,4 \times 0,4 \times 4,75$
 $= 0,76 \text{ m}^3$
 Berat beton = Volume balok x Berat jenis beton
 $= 0,76 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 1824 \text{ kg}$
 Berat baja (1%) dalam beton :

= Volume balok x 1% x Berat jenis beton
 $= 0,76 \text{ m}^3 \times 0,01 \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 18,24 \text{ kg}$
 Berat kolom total = 1842,24 kg/m
 $= 18,06 \text{ kN}$
 Jadi berat total kolom = Berat balok total x L balok
 $= 18,06 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m}$
 $= 72,24 \text{ kN}$
 Total beban mati + berat balok 1 = Berat kolom sendiri + berat balok 1
 $= 18,06 \text{ kN} + 20,16 \text{ kN}$
 $= 38,22 \text{ kN}$
 Beban Hidup (LL)
 Tekanan Air
 Rumus :
 $\rho_{\text{air}} = 0,5 \times \gamma_w \times H^2$
 $M_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} \times \frac{H}{3}$
 Diketahui :
 $\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3$
 $H = 4,5 \text{ m}$
 Dimana :
 $\rho_{\text{air}} = \text{Tekanan air aktif (kN/m)}$
 $M_{\text{air}} = \text{Momen tekanan air (kNm)}$
 $\gamma_w = \text{Berat volume air (kN/m}^3)$
 $H = \text{Tinggi muka air (m)}$
 Maka :
 $\rho_{\text{air}} = 0,5 \times \gamma_w \times H^2$
 $= 0,5 \times 9,81 \text{ kN/m}^3 \times 20,25 \text{ m}^2$
 $= 99,33 \text{ kN/m}$
 $M_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} \times \frac{H}{3}$
 $= 99,33 \text{ kN/m} \times \frac{(4,5 \text{ m})}{3}$
 $= 99,33 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m}$
 $= 148,99 \text{ kN}$
 Beban hujan = (40 – 0,8) x luas balok
 $= 84 \text{ kg}$
 $= 0.82 \text{ kN}$
 Beban angin = 25 kg/m² (PPPURG 1987)
 $= 25 \times \text{luas balok} \times \text{luas kolom}$
 $= 25 \times 2.1 \times 7.6$
 $= 399.00 \text{ kg}$
 $= 3.91 \text{ kN}$
 Total beban hidup :
 $= \text{Tekanan air} + \text{Beban Hujan} + \text{Beban Angin}$
 $= 148.99 + 0.82 + 3.91$
 $= 153.72 \text{ kN}$

Beban Gempa

Koefisien Gempa

Rumus :

$$a_d = n(a_c x z)^m$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

$$a_d = n(a_c x z)^m$$

$$= 1,56 (160 \times 1)^{0,89}$$

$$= 1,56 \times 91,55$$

$$= 1,56 \times 91,55$$

$$= 142,82 \text{ cm/det}^2$$

$$E = \frac{a_d}{g}$$

$$= \frac{142,82 \text{ cm/det}^2}{981 \text{ cm/det}^2}$$

$$= 0,146 \text{ cm/det}^2$$

Gaya Gempa

Rumus :

$$Gp = \text{Luas Bagian} \times 1\text{m lebar parafet} \times \gamma \text{ batu} \times E$$

Tabel 11. Dimensi Pias Perhitungan

pias	panjang	lebar	Jumlah
1	3.5	0.3	1
2	4.7	0.2	6
3	3.5	0.3	1

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\gamma \text{ batu} = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$E = 0.146 \text{ cm/det}^2$$

Dimana :

$$\gamma \text{ batu} = \text{Berat jenis batu}$$

$$Gp = \text{Gaya gempa}$$

$$E = \text{Koefisien gempa}$$

Maka :

$$Gp1 = 3.5 \times 0.3 \times 1 \times 22 \times 0.146 \times 1$$

$$= 1.05 \times 3.20 \times 1$$

$$= 3.36 \text{ kN}$$

$$Gp2 = 4.75 \times 0.2 \times 1 \times 22 \times 0.146 \times 6$$

$$= 0.95 \times 3.20 \times 6$$

$$= 18.26 \text{ kN}$$

$$Gp3 = 3.5 \times 0.3 \times 1 \times 22 \times 0.146 \times 1$$

$$= 1.05 \times 3.20 \times 1$$

$$= 3.36 \text{ kN}$$

• **Momen Gempa**

Rumus :

$$MGp = Gp \times \text{Lengan Momen}$$

Diketahui :

$$Gp1 = 3.36 \text{ kN}$$

$$Gp2 = 18.26 \text{ kN}$$

$$Gp3 = 3.36 \text{ kN}$$

$$Lp1 = 3.5 \text{ m}$$

$$Lp2 = 4.75 \text{ m}$$

$$Lp3 = 3.5 \text{ m}$$

Dimana :

$$MGp = \text{Momen gaya gempa}$$

$$Gp = \text{Gaya gempa}$$

$$Lp = \text{Lengan momen}$$

Maka :

$$MGp1 = Gp \times \text{Lengan Momen}$$

$$= 3.36 \times 3.5$$

$$= 11.77 \text{ kNm}$$

$$MGp2 = Gp \times \text{Lengan Momen}$$

$$= 18.26 \times 4.75$$

$$= 86.72 \text{ kNm}$$

$$MGp3 = Gp \times \text{Lengan Momen}$$

$$= 3.36 \times 3.5$$

$$= 11.77 \text{ kNm}$$

Tabel 12 Pembagian Pias Perhitungan

No	Luas Pias (m ²)	γ batu (kN/m ²)	Koefisien Gempa (E)	Beban Gempa (kN)	Lengan momen terhadap dasar (m)	Momen (kNm)
1	1.1	22.0	0.1	3.4	3.5	11.8
2	1.0	22.0	0.1	18.3	4.8	86.7
3	1.1	22.0	0.1	3.4	3.5	11.8
Total			0.4	25.0	11.8	110.3
$\Sigma Gp =$			25.0	kN		
$\Sigma MGp =$			110.3	kNm		

Sumber : Hasil Perhitungan

Total beban pada kolom :

$$= \text{Beban mati (D}_D) + \text{Beban hidup (L}_L) + \text{Beban gempa}$$

$$= 38,22 + 153,72 + 24,98$$

$$= 216,93 \text{ kN}$$

➤ **Momen**

$$MtA = \frac{1}{16} \times q \times L^2$$

$$= 0,06 \times 291,27 \times 22,6$$

$$= 3,06 \text{ kNm}$$

$$Mi = \frac{1}{14} \times q \times L^2$$

$$= 0,07 \times 216,93 \times 22,6$$

$$= 3,50 \text{ kNm}$$

$$MtB = \frac{1}{10} \times q \times L^2$$

$$= 0,10 \times 216,93 \times 22,6$$

$$= 4,89 \text{ kNm}$$

Jadi total momen pada balok sebesar 11,45 kNm

➤ **Penulangan**

Luas Tulangan Perlu

Tinggi kolom (h) = 400 mm
 Selimut beton (p) = 40 mm
 Perkiraan \varnothing utama = 16 mm
 Perkiraan \varnothing sengkang = 10 mm
 $d = h - p - \varnothing$ sengkang - $1/2 \varnothing$ utama
 $= 342$ mm
 $= 0.34$ m

Mencari Tulangan
 $MtA = 3,06$ kNm
 $= \frac{Mu}{b \times d^2}$
 $= \frac{3,06 \text{ kNm}}{0,4 \text{ m} \times 0,177}$
 $= \frac{3,06 \text{ kNm}}{0,047}$
 $= 65,38$ kN/m²

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,0035KN/m²

$ASTA = \rho \times b \times d$
 $= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 342$
 $= 478,8$ mm²

$Mi = 3,50$ kNm
 $= \frac{Mu}{b \times d^2}$
 $= \frac{3,50}{(0,4 \times 0,117)}$
 $= \frac{(3,50 \text{ kNm})}{(0,047 \text{ m}^3)}$
 $= 74,72$ KN/m²

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,0035 KN/m²

$ASTA = \rho \times b \times d$
 $= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 342$
 $= 478,8$ mm²

$MtB = 4,89$ kNm
 $= \frac{Mu}{(b \times d^2)}$
 $= \frac{4,89}{(0,4 \times 0,117)}$
 $= \frac{4,89}{0,0047}$
 $= 104,61$ KN/m+2

Berdasarkan tabel ρ min (rasio tulangan minimum) maka nilai ρ min sebesar 0,0035 KN/m²

$ASTA = \rho \times b \times d$
 $= 0,00583 \times 400 \text{ mm} \times 342$

d Tiang Pancang

Berdasarkan acuan SNI-2400-2016 ada ketentuan tersendiri mengenai tiang pancang yang nantinya berfungsi sebagai pondasi

bangunan krib di tikungan sungai kalijompo jember. berikut merupakan dimensi dan jarak antar tiang pancang sesuai dengan SNI-2400-2016 :

Dimensi tiang pancang (d) : 0,3 m
 Jarak antar tiang pancang : 2 m

Tinggi bangunan krib :
 $=$ Kedalaman air tertinggi + h mercu ujung krib
 $= 3,0 + 1,75$
 $= 4,75$ m

Tinggi tiang penanda :
 $=$ Kedalaman air tertinggi + h mercu ujung krib
 $= 1,0 + 1,75$
 $= 2,75$ m

Jumlah krib di tikungan :
 $=$ (Panjang Sungai)/(Jarak Antar Krib (D)) + 1
 $= 39,1/7,935+1$
 $= 4,93 + 1$
 $= 5,93$ buah
 $= 6$ buah

Jumlah tiang pancang :
 $=$ (Panjang krib (L))/(Jarak Antar Tiang Pancang)+1
 $= 3,45/2+1$
 $= 2,2$ buah

Maka jumlah tiang pancang yang digunakan untuk pondasi pada satu bangunan krib yaitu sebanyak 2 buah dengan dimensi yang telah dijelaskan sebelumnya.

Total jumlah tiang pancang :
 $=$ Jumlah tiang pancang tiap 1 bangunan x jumlah krib
 $= 2 \times 5,93$
 $= 11,86$ buah
 $= 12$ buah

Maka dengan panjang tikungan sungai sepanjang 31,9 meter membutuhkan 12 buah tiang pancang sebagai pondasi bangunan krib

Kedalaman Tiang Pancang Berdasarkan Gaya Horizontal

Diketahui, gaya horizontal : 8,8 m
 Tinggi tiang pacang (h) : 2,5 m
 Koefisien tanah aktif (KA) : 0,033
 Koefisien tanah pasif (KP) : 3,000
 Berat jenis tanah (γ) : 1,8

Maka,
 $1,2 = \frac{GH(h+d) + \frac{1}{2} \gamma \cdot d^2 \cdot KA}{\frac{1}{2} \gamma \cdot d^2 \cdot KP}$
 $= \frac{8,8(2,5+d) + 0,5 \cdot 1,8 \cdot d^2 \cdot 0,033}{0,5 \cdot 1,8 \cdot d^2 \cdot 3}$

$$\begin{aligned}
 1,2(0,5.1,8.d^2.3) &= 8.8(2.5+d)+0,5.1,8.d^2.0,03 \\
 4.6 d^2 &= 22 \times 8.8 d + 0.0297 d^2 \\
 4.6656 d^2 &= 22.0297 \times 8.8 d + d^2 \\
 4.6656 d^2 - d^2 &= 22.0297 \times 8.8 d \\
 3.6656 &= 22.0297 \times 8.8 d \\
 -18.3641 &= 8.8 d \\
 d &= -2.0868 \\
 \text{maka, } d &= 3 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Kedalaman Tiang Pancang

Berdasarkan Gaya Vertikal

Nilai SPT pada kedalaman 3 meter : 30

Grafik 4. 7. N-SPT Pada Kedalaman 3 meter

Sumber : DED PT.Rajendra Pratama Jaya

Keliling tiang pancang :

$$= \pi \times \text{dimensi tiang pancang (d)}$$

$$= 3,14 \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 0,942 \text{ m}$$

Luas penampang tiang (Ap) : πr^2

$$= 3,14 \times 0,023$$

$$= 0,0706 \text{ m}^2$$

$$2.N-SPT-1,2 = 2 \times 30 \times 0,942 \times 2$$

$$= 113,04 \text{ kN}$$

$$40.N-SPT.(2/d).Ap = 40 \times 30 \times \frac{2}{0,3} 0,076$$

$$= 565,2 \text{ kN}$$

Daya dukung gaya vertical

$$= f/5 + E/3 \geq 1$$

$$= 113,04/5 + 565,2/3 \geq 1$$

$$= 22,608 + 188,4 \geq 1$$

$$= 211,008 \text{ kN}$$

$$= 21,5 \text{ ton}$$

Dari tabel dan perhitungan diatas dapat diketahui krib dengan kedalaman 3 m mampu menahan beban vertikan tiang pancang. Pada perhitungan sebelumnya pada kedalaman 3 meter juga mampu menahan beban horizontal. Maka kedalaman tiang pancang yang digunakan adalah 3 meter. Jarak antar tiang pancang yaitu 2 meter dengan jumlah 2 buah untuk satu bangunan krib

e Bangunan Rip-Rap

Hubungan Dengan Desain

$$D_{50} = \frac{0,692 \times (V_{des})^2}{(S-1) \times 2g}$$

$$D_{50} = \frac{0,692 \times (3,08)^2}{(2,65-1) \times 2 \times 9,81}$$

$$D_{50} = \frac{6,564}{32,373}$$

$$D_{50} = 0,203 \text{ m}$$

$$D_{50} = 20,27 \text{ cm}$$

Dimana,

d50 = Ukuran rata-rata (m)

C = Faktor koreksi

Vdes = Kecepatan desain untuk kondisi lokal (m/dt)

S = Spesific Grafiti (diambil 2,65)

g = Percepatan grafitasi (mdt2)

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan Isbash didapatkan dimensi batu belah yang harus dipasang untuk melindungi pilar jembatan akibat scouring sebesar 20.27 cm

Proteksi Rip-Rap

Untuk tebal proteksi minimum adalah 3D50 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Proteksi Rip-Rap} = 3 \times 20.27$$

$$= 60.824 \text{ cm}$$

(Persamaan fraude (Bambang Triadmojo)

Rumus,

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{g \times h}}$$

$$Fr = \frac{3,08}{\sqrt{9,81 \times 2}}$$

$$Fr = \frac{3,08}{4,43}$$

$$Fr = 0,70 \leq 0,8 \text{ (Menggunakan rumus 1)}$$

Dimana :

Fr = Angka Fraude

U = Kecepatan Aliran (m/det)

h = Kedalaman Air Aliran (m)

g = Percepatan Grafitasi (m2/det)

Kriteria penggunaan rumus :

Untuk nilai fraude $\leq 0,8$

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(S-1) \left[\frac{V^2}{g \cdot y} \right]}$$

Untuk nilai fraude $\geq 0,8$

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(S-1) \left[\frac{V^2}{g \cdot y} \right]^{-14}}$$

Dimana,

$$K = 0.89$$

$$S = 2.65$$

$$V = 3.08 \text{ m/det}$$

$$g = 9.81 \text{ m/det}^2$$

$$y = 2 \text{ m}$$

Maka,

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(S-1) \left[\frac{V^2}{g \cdot y} \right]}$$

$$\frac{D_{50}}{2} = \frac{0,89}{(2,65-1) \left[\frac{3,08^2}{9,81 \cdot 2} \right]}$$

$$\frac{D_{50}}{2} = \frac{0,89}{1,65} \times 0,483$$

$$\frac{D_{50}}{2} = \frac{0,430}{1,65}$$

$$1,65 D_{50} = 2 \times 0,430$$

$$D_{50} = 0,522 \text{ m}$$

$$D_{50} = 52,15 \text{ cm}$$

Maka dimensi batu pecah yang harus dipasang adalah yang berukuran diameter 51,152 cm.

Dimana :

D50 = Diameter batu rata-rata (m)

K = 0.89 untuk sisi miring

= 1.02 untuk sisi tegak

S = Spesific gravity dari batu rip-rap

V = Kecepatan rata-rata (m/det)

g = Percepatan gravitasi (m/det²)

y = kedalaman aliran

Dimensi Rip-Rap

- SNI-033-6354-1999
- SNI-003-0090-1999
- SNI-003-3046-1992

Dari 3 SNI diatas, panulis menggunakan acuan SNI-0033-0090-1999 sebagai syarat untuk dapat memenuhi spek kawat Rip-Rap. Untuk karakteristik kawat Rip-Rap yaitu sebagai berikut :

- Tulangan tepi, diameter : min. 3,4 mm

- Jaringan, diameter : min. 2,7 mm

- Pengikat, diameter : min. 2,0 mm

- Kuat Tarik : 41 kg/mm²

- Perpanjangan diameter : min. 10 %

➤ Volume

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 4 \times 1 \times 1 \\ &= 4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimana,

V = Volume Rip-Rap (m³)

p = Panjang Rip-Rap (m)

l = Lebar Rip-Rap (m)

t = Tinggi Rip-Rap (m)

➤ Berat Jenis

$$\begin{aligned} B_j &= 1500 \text{ kg} \\ &= 1,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

➤ Berat Kawat Rip-Rap

$$\begin{aligned} G &= V \times B_j \\ &= 4 \times 1,5 \\ &= 6 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dimana,

G = Berat Kawat Rip-Rap (ton)

V = Volume Rip-Rap (m³)

B_j = Berat Jenis Batu (ton)

➤ Jumlah Volume Bronjong (toal : 1 trap)

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= (n \times G) \times L \\ &= (1 \times 6) \times 39,1 \\ &= 234,6 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dimana,

V_{total} = Volume Rip-Rap (m³)

n = Jumlah Trap Rip-Rap

G = Berat Kawat Rip-Rap (ton)

L = Panjang Tikungan Sungai (m)

a) Kapasitas Rip-Rap tipe E

➤ Volume

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 3 \times 1 \times 0,5 \\ &= 1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimana,

V = Volume Rip-Rap (m³)

p = Panjang Rip-Rap (m)

l = Lebar Rip-Rap (m)

t = Tinggi Rip-Rap (m)

➤ Berat Jenis

$$\begin{aligned} B_j &= 1500 \text{ kg} \\ &= 1,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

➤ Berat Kawat Rip-Rap

$$\begin{aligned} G &= V \times B_j \\ &= 1 \times 1,5 \\ &= 1,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dimana,

G = Berat Kawat Rip-Rap (ton)

V = Volume Rip-Rap (m³)

B_j = Berat Jenis Batu (ton)

➤ Jumlah Volume Bronjong (toal : 1 trap)

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= (n \times G) \times L \\ &= (1 \times 1,5) \times 39,1 \\ &= 58,65 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dimana :

V_{total} = Volume Rip-Rap (m³)

n = Jumlah Trap Rip-Rap

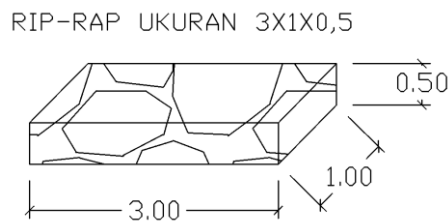
G = Berat Kawat Rip-Rap (ton)

L = Panjang Tikungan Sungai (m)

b) Desain Bangunan Rip-Rap

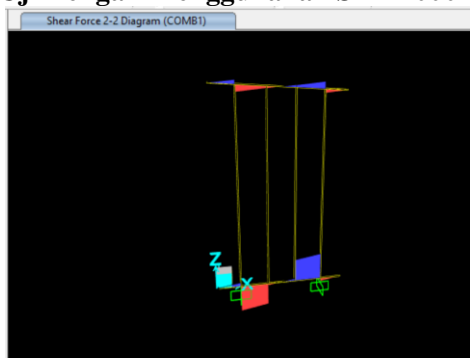


Gambar 9. Desain Rip-Rap Tipe C
Sumber : DED Gambar Perencanaan

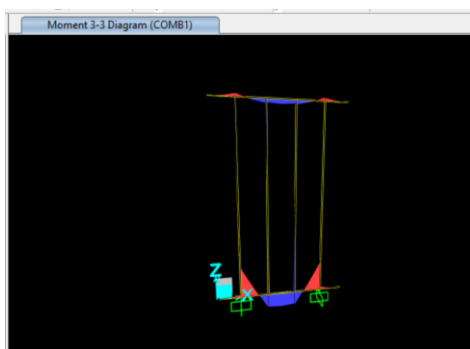


Gambar 10. Desain Rip-Rap Tipe E
Sumber : DED Gambar Perencanaan

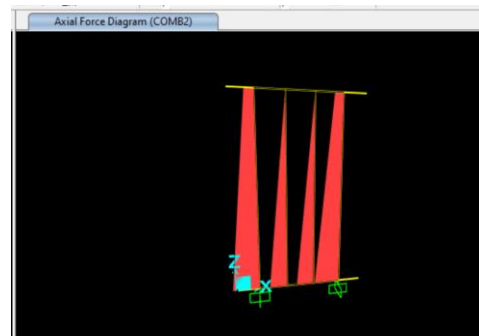
f Uji Dengan Menggunakan SAP 2000



Gambar 11. Gaya Geser Bangunan Krib
Sumber : SAP 2000



Gambar 12. Gaya Momen Bangunan Krib
Sumber : SAP 2000



Gambar 13. Gaya Aksial Bangunan Krib
Sumber : SAP 2000

5. KESIMPULAN

a Kesimpulan

Secara umum penulis menyimpulkan bahwa debit yang melewati sungai kalijompo sangat tinggi terutama pada daerah tikungan sungai yang mengakibatkan bahaya untuk tikungan sungai tersebut. Secara lebih khusus penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode HSS Nakayasu didapatkan nilai debit maksimum pada kala ulang 25 tahunan di jam ke 10 sebesar 3406,23 m³/det. Dengan mengetahui nilai luas penampang saluran maka nilai kecepatan aliran dapat diketahui yaitu sebesar 3,08 m/det.
2. Berdasarkan data sekunder yang telah diketahui maka analisa hidrolika dapat dihitung. Analisa hidrolika dengan menggunakan aplikasi software HEC-RAS meliputi bagian bagian panjang sungai (*Long section*), bagian melintang sungai (*Cross setion*), kecepatan aliran, kurva peringkat (*Rating curve*), hitungan dalam bentuk tabel, simulasi kedalaman kritis (*critical depth*).
3. Untuk mengarahkan arus supaya tidak membentur tebing di tikungan Sungai Kalijompo Jember, penulis memilih alternatif untuk menggunakan bangunan Krib. Berdasarkan perhitungan bangunan Krib pada bab sebelumnya didapatkan dimensi bangunan Krib yaitu sebagai berikut:

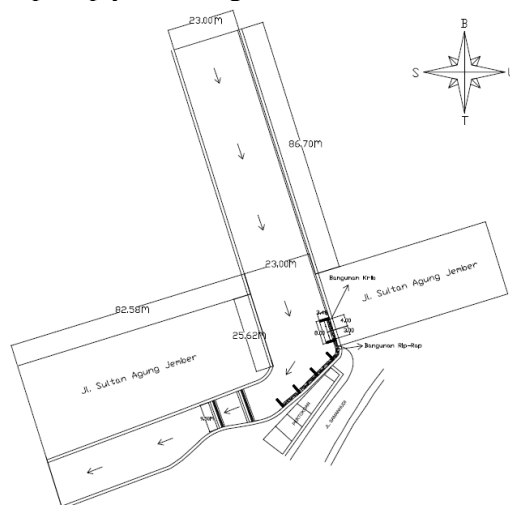
Panjang Krib	: 3,50 m
Jarak Antar Krib	: 8,0 m
Tinggi Bangunan Krib	: 4,75 m
Diameter Tiang Pancang	: 0,3 m
Tinggi Tiang Paancang	: 3 m

Jumlah Tiang Pancang : 2 buah
 Total Tiang Pancang : 12 buah
 Jumlah Krib : 6 buah

4. Untuk melindungi tebing sungai pada tikungan Sungai Kalijompo Jember penulis menggunakan bangunan Rip-Rap. Pada analisa ini penulis menggunakan Rip-Rap tipe C dan E. Berdasarkan perhitungan bangunan Rip-Rap pada bab sebelumnya didapatkan dimensi bangunan Rip-Rap yaitu sebagai berikut :

Angka Fraude : 0,70
 Diameter Batu : 52,152 cm
 Panjang : 4 & 3 m
 Lebar : 1 m
 Tinggi : 1 & 0,5 m
 Jumlah Tipe C : 6 buah
 Jumlah Tipe E : 6 buah
 Berat Total Tipe C : 243,60 ton
 Berat Total Tipe E : 58,65 ton

5. Hasil perhitungan yang telah didapat kemudian diuji dengan menggunakan aplikasi software SAP 2000 dan menghasilkan nilai momen yang aman untuk diterapkan.
6. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan site plan untuk letak bangunan Krib dan Rip-Rap. Dimana untuk panjang total bangunan Krib yaitu 21 meter dan untuk panjang total bangunan Rip-Rap yaitu 48 meter. Untuk site plan bangunan Krib dan Rip-Rap yaitu sebagai berikut.



Gambar 14. Lay Out Perencanaan
Sumber : DED Perencanaan

b Saran

1. Bagi Pihak Lembaga Kabupaten Jember

Seperti yang sudah dijelaskan, bahwa debit yang melewati Sungai Kalijompo Jember sangat besar terutama pada bagian tikungan sungai. Pada tikungan Sungai Kalijompo Jember tebing sungai langsung berdampingan dengan ruko-ruko yang masih digunakan sampai sekarang. Tentunya berbahaya jika terjadi kelongsoran, oleh karenanya diharapkan Pemerintah Kabupaten Jember dapat memperhatikan akan hal tersebut yaitu dengan membangun bangunan Krib dan Rip-Rap.

2. Bagi Peneliti Selanjutnya

Adapun beberapa saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya yang tertarik tentang struktur perkuatan tebing sungai dengan bangunan keairan, yaitu sebagai berikut:

- Peneliti selanjutnya dapat menghitung stabilitas tanah pada daerah tersebut dikarenakan pada penelitian ini tidak menghitung stabilitas tanah.
- Peneliti selanjutnya dapat menghitung nilai sedimentasi pada Sungai Kalijompo tersebut.
- Peneliti selanjutnya dapat menggunakan software SMS 6.0 untuk mengetahui perbandingan sebelum dan sesudah dibangun bangunan Krib dan Rip-Rap pada tikungan Sungai Kalijompo tersebut.

6. REFERENSI

6.1 Artikel Jurnal

Somi, Novita. 2020. "Analisis Hidrologi Dan Hidrolika Pada Saluran Drainase Ambaruko Plaza Menggunakan Program HEC-RAS" *Equilib Volume 01 (pp. 141-151)*. Pangkalpinang: Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

Yansyah, Ardi Riyo. 2015. "Analisa Hidrologi dan Hidrolika Saluran Drainase Box Culvert di Jalan Antasari Bandar Lampung Menggunakan Program HEC-RAS" *JRSSD Volume 03*. Lampung: Universitas Lampung.

Sihotang, Rico. 2011. "Analisis Banjir Rancangan Dengan Metode HSS Nakayasu Pada bendungan Gintung" *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur dan Sipil) volume 04*. Depok: Universitas Gunadharma.

- Benyamin, A. Elshinta. 2017. “Perkuatan Tebing Menggunakan Bronjong Di Sungai Manikin”. *Jurnal Teknik Sipil Volume 06*. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Somi, Novita. 2020. “Analisis Hidrologi Dan Hidrolika Pada Saluran Drainase Ambaruko Plaza Menggunakan Program HEC-RAS” *Equilib Volume 01 (pp. 141-151)*. Pangkalpinang: Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Harlisa, Pipin Sepriani. 2020. “Perencanaan Bangunan Krib Untuk Mencegah Bahaya Erosi di Tebing Sungai Seruyan” *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan Volume 03 (107-115)*. Palangka Raya: Universitas Palangka Raya.
- Setyono, Erwanan. 2007. “Krib Impermeabel Sebagai Pelindung Pada Belokan Sungai (Kasus Belokan Sungai Brantas Di Depan Lab. Sipil UMM)” *Media Teknik Sipil Volume 05*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Istiarto. 2014. *Simulasi Aliran 1 Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Kurniawan, Irwan. 2019. “Desain Bronjong Untuk Perkuatan Tebing Pada Hilir Jembatan Moncongloe Di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa”. Skripsi. Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Pengairan. Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar.
- Hariato, Firman. 2020. “Studi Pengaruh Bangunan Krib Tipe Permeabel Terhadap Perubahan Dasar Saluran Pasir (Studi Experimental)”. Skripsi. Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Pengairan. Universitas Muhammadiyah Makassar. Makassar.
- Satrio, Muliawan Eko. 2004. “Analisis Penggunaan Krib Bronjong Untuk Pengalihan Aliran Dengan Menggunakan Paket Program HEC-RAS Versi 3.0”. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Rahmat, Abdullah Nur. 2015. “Perencanaan Bangunan Pengarah Aliran (Krib) Pada Sungai Jelarai Kec. Tanjung Selor, Bulungan, Kalimantan Timur”. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Noverber. Surabaya.
- Uwais, Muhammad Rizqi. 2018. “Analisa Scouring Pada Bagian bawah Jembatan, Pada Rencana Sudetan Kali tanggul, jember, Jawa Timur”. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Noverber. Surabaya.
- Robydiansah. 2018. “Kajian Ulang Stabilitas Geser dan Guling Parafet di Sungai Grindulu Kabupaten Pacitan”. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.