

PERENCANAAN BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN PADA JEMBATAN KERETA API DI KOTA MADIUN

Adya Aghastya¹, email: adya@api.ac.id
Nanda Ahda Imron², email: nanda@ppi.ac.id

¹Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, ²Manajemen Transportasi Perkeretaapian
Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun

ABSTRAK

Pembangunan double track yang melintasi kota madiun tepatnya di daerah Nambangan Lor melintasi sungai Bengawan Madiun. Pada sungai tersebut terdapat bangunan jembatan baru yang berada di sebelah sisi selatan jembatan sebelumnya. Sungai bengawan pada musim penghujan mengalami debit dan banjir yang cukup besar, dampak dari banjir tersebut menyebabkan terjadinya gerusan sedimen pada sungai dan memungkinkan menggerus sedimen pada sekitaran abutment jembatan tersebut. Untuk mengurangi dampak gerusan sedimen pada abutment tersebut maka diperlukan suatu bangunan pengendali sedimen. Untuk merencanakan bangunan tersebut maka diperlukan data hujan minimal dari tiga stasiun hujan dimana hal tersebut untuk diperlukan untuk analisa hidrologi penentuan hujan rencana tahunan, banjir tahunan dan analisa hidrolika untuk penentuan dimensi bangunan tersebut. Adapun data hasil perencanaan diperoleh debit banjir periode ulang 100 tahun sebesar 1557.992127 m³/det, kecepatan aliran 8.319945 m/det, lebar mercu peluap 3.362374m, kedalaman pondasi 2.971201 m, tebal lantai olak 2,1143 m, panjang lantai olak 16,5657 m.

Kata Kunci: hidrologi, hidrolika, check dam

ABSTRACT

The construction of a double track railway crossing the city of Madiun, precisely in the NambanganLor area, crosses the BengawanMadiun river which underlies the constructions of a new bridge on the south side of the previous bridge. The condition of the Bengawan river in the rainy season has a large water discharge which causes a large flood. The impact of the flood caused scours of sediment in the river and made it possible to erode the sediment around the bridge abutment. Therefore, to reduce the impact of scour sediment on the abutment, a sediment control building is needed. In order to plan this construction, we need minimum rain cycle data from three rain stations which are needed for hydrological analysis, annual rain plan determination, annual flooding and hydraulics analysis to determine the dimensions of the building. The result of this planning obtained that the flood discharge period of 100-year return is 1557,992127 m³ / sec, the flow velocity is 8.319945 m / sec, the width of the boiler light is 3,362374 m, the depth of the foundation is 2,971201 m, the thickness of the floor is 2,1143 m, and floor length is 16.5657 m.

Keywords: hidrologi, hidrolika, check dam

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk mengurangi dampak dari erosi sedimen atau penggerusan sedimen maka diperlukan bangunan pengendali sedimen atau disebut check dam. Check dam adalah sebuah bangunan kontruksi yang digunakan untuk mengurangi dampak gerusan sedimen baik lokal maupun keseluruhan. check dam sendiri terdiri dari kepala

check dam, kolam olak dan ekor check dam dan semua bangunan tersebut berguna untuk mengurangi dampak dari gerusan sedimen terutama pada abutment jembatan.

Proses perencanaan check dam adalah dimulai dengan analisa hidrologi dan kemudian dilanjutkan analisa hidrolika[1]. Hal yang dilakukan pertama adalah mencari data curah hujan stasiun terdekat, mencari curah hujan maksimum periode ulang tertentu dan kemudian baru mendapatkan banjir

rencana. Setelah didapatkan banjir rencana baru mendesain bangunan check dam tersebut baru diberikan pengujian terhadap gaya angkat, guling, geser dan gempa. Hal tersebut diperlukan karena check dam nantinya air mengalir pada atas kepala check dam. Melihat perlunya bangunan check dam tersebut maka peneliti membuat judul penelitian perencanaan bangunan pengendali sedimen pada jembatan kereta api kota madiun

2. TINJAUAN PUSTAKA

Hidrologi adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air (sholeh, mochamad, diktat hidrologi Surabaya)[2]. Dalam Ilmu Hidrologi ada sebuah data tentang hujan yang sangat berperan penting dalam pengambilan data hujan. Istilah itu adalah hujan rata-rata atau hujan DAS (Daerah Tangkapan Air atau Daerah Aliran Sungai). DAS adalah daerah dimana air hujan jatuh kemudian mengalir menuju saluran atau sungai pada suatu stasiun yang ditinjau. Misalnya suatu lembah yang memiliki sebuah sungai, setiap air yang mengalir dari semua daerah tersebut saat hujan, baik itu dari atas bukit / gunung, lereng atau dataran yang menerima hujan itulah yang disebut dengan DAS.

Hidrolika adalah bagian dari "hidrodinamika" yang terkait dengan gerak air atau mekanika aliran. Ditinjau dari mekanika aliran, terdapat dua macam aliran yaitu aliran saluran tertutup dan aliran saluran terbuka[3].

3. METODOLOGI

3.1 Study literatur

Analisis teori-teori dari beberapa literature mengenai kontruksi bangunan air yang berhubungan dengan check dam dan yang mendukung dari internet.

3.2 Pengumpulan data

Dalam proses perencanaan kontruksi bangunan diperlukan data-data pendukung mengenai keadaan lingkungan daerah dari sekitar bangunan tersebut. Beberapa data yang dibutuhkan antara lain:

- a. Peta topografi
Peta topografi merupakan peta yang menggambarkan situasi lokasi yang sangat luas dalam skala tertentu. Dari peta topografi diperoleh data antara lain luas das dan panjang sungai.
- a. Data hidrologi

Data-data hidrologi yang diperlukan antara lain data stasiun, letak, letak stasiun yang berpengaruh terhadap DAS. Umumnya data hujan yang dibutuhkan minimal adalah 10 tahun

- b. Data survey lapangan
Data survey lapangan adalah data-data yang didapatkan dari lokasi lapangan letak dimana bangunan tersebut akan dibangun. Adapun data yang diperoleh adalah data lebar sungai, kedalaman dll.

Pengambilan sampel data dalam studi ini dilakukan melalui Survey sekunder yang dilakukan ke instansi yang terkait untuk mendapatkan data-data penunjang yang diperlukan, antara lain ke BPS, Direktorat lalu lintas dan PT. kereta api (persero)

3.3 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi disini adalah menentukan debit banjir rencana dari sungai tersebut untuk periode ulang yang ditentukan [4]. Adapun pentahapan untuk menentukan debit banjir rencana adalah sebagai berikut:

- a. mencari data stasiun hujan
- b. mencari curah hujan minimal 10 tahun
- c. menentukan statistic keutuhan data
- d. menentukan luas area stasiun hujan
- e. menentukan huja rata-rata dari stasiun hujan
- f. menentukan huja dari das gabungan
- g. menentukan hujan rencana maksimum
- h. mendapatkan debit banjir maksimum rencana dengan periode ulang yang ditentukan

3.4 Analisa hidrolika

Analisa hidrolika adalah untuk menentukan dimensi dan stabilitas kobtruksi bangunan[5]. Analisis hidrolika meliputi

- a. dimensi main dam
- b. tinggi main dam
- c. tebal main dam
- d. tinggi jagaan
- e. kedalaman poindasi
- f. panjang kolam olak
- g. kemiringan main dam
- h. dimensi sub dam
- i. tinggi sub dam
- j. tebal sub dam
- k. kedalaman pondasi sub dam
- l. kemiringan sub dam
- m. uji stabilitas

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Data Curah Hujan

Dalam perencanaan bangunan pengendali sedimen di jembatan kereta sungai bengawan madiun bersumber dari tiga stasiun yaitu stasiun klegen, stasiun kanigoro dan stasiun rejo agung yang dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini

Tabel 4.1 Perhitungan bobot luas daerah stasiun pengaruh

STASIUN					
KLEGEN(60)		PG. KANIGORO(38)		REJO AGUNG(36)	
w1	0.26583927	w2	0.33634654	w3	0.39781419

Dari hasil koefisien luas stasiun hujan diperoleh hujan rata-rata terlihat pada tabel 4.2. dibawah ini

Tabel 4.2 Curah hujan rata-rata

NO	TAHUN	Hujan rata-rata (mm)
1	2009	138.1766223
2	2010	228.9705049
3	2011	140.9583788
4	2012	111.3212876
5	2013	160.9752781
6	2014	78.77379255
7	2015	154.0402699
8	2016	280.5754503
9	2017	200.2477565
10	2018	111.5802521

Setelah diperoleh curah hujan harian rata-rata maka bisa diramalkan dengan metode gumble untuk menentukan curah hujan maksimum pada periode ulang tahun pada tabel 4.3 yang ditentukan.

Tabel 4.3 curah hujan maksimum pada periode ulang tertentu

NO	T	XT (mm)
1	5	223.2578696
2	10	270.2906043
3	15	296.8260757
4	20	315.4055326
5	25	329.7165892
6	50	373.8021796
7	100	417.5622489

Hidrograf banjir rencana atau debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamanan bahaya

banjir pada suatu pengawasan daerah yang diamati. Debit banjir rencana bisa dihitung pada tabel 4.4 dengan menggunakan beberapa metode empiris antara lain.

Tabel 4.4 Debit Tahunan Periode Ulang

NO	T	Q (m3/det)
1	5	833.0111356
2	10	1008.497858
3	15	1107.505984
4	20	1176.828935
5	25	1230.225797
6	50	1394.716248
7	100	1557.992127

4.2 Perhitungan Hidrolika Lebar Pelimpah

Untuk menentukan lebar dasar pelimpah perencanaan check dam digunakan rumus teori regime dan hasilnya pada tabel 4.5 dan tabel 4.6

$$B1 = C \cdot Q^{1/2}$$

Dimana :

B1= lebar sungai (m)

Q=Debit

C koefisien terhadap luas DAS

Tabel 4.5 Tabel C

Luas Das (km)	Nilai C
A<1	2-3
1<A<10	3-4
10<A<100	4-5
100<A	3-6

Tabel 4.6 perhitungan lebar pelimpah

B1=C*Q ^{1/2}	169.7271
Q=debit rencana 100th	1557.992
C=koefisien terhadap luas DAS	4.3

4.3 Menentukan Tinggi air di atas pelimpah

Bagian peluap dirancang cukup lebar untuk dapat dilalui debit banjir rencana dengan aman. Lokasi, formasi dan bentuk peluap ditetapkan dengan memperhitungkan arah aliran air. Dalam perencanaan umumnya digunakan berbentuk trapesium sehingga cukup melewatkan debit banjir rencana tabel 4.7. Rumus yang digunakan adalah :

$$Q = 2/15 \cdot C \cdot 2g^{0.5} \cdot (3b_1 + 2b_2) \cdot H^{3/2}$$

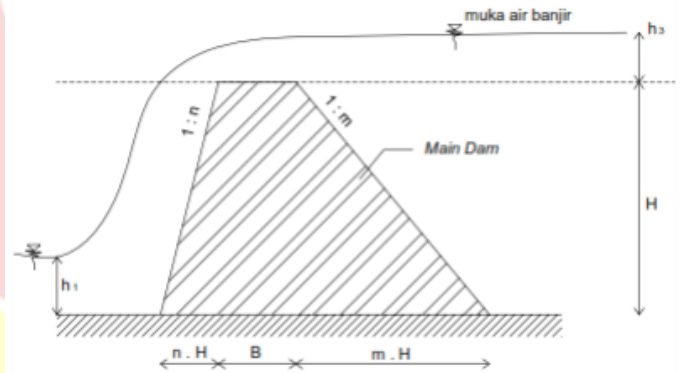
Dimana:

- Q = debit rencana (m³ /detik)
- C = koefisien pelimpah (0,6 – 0,68)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/detik²)
- B1 = lebar pelimpah bagian bawah (m)
- B2 = lebar muka air di atas pelimpah (m) = B1 + (2.m².h)
- h = tinggi muka air di atas peluap (m)
- m2 = kemiringan tepi peluap

Tabel 4.7 Hasil perhitungan lebar pelimpah dan tinggi air diatas pelimpah

C = koefisien pelimpah	0.6
g = percepatan gravitasi	9.81
B1=lebar pelimpah bawah	60
B2=lebar muka air	64
$Q=(2/15)*C*\sqrt{2}*g*(3*b1+2*b2)*h^3/2$	14.27497
$h^3/2$	5.936976
$B2 = B1 + (2.m^2.h)$	0.338

pengairan. Mercu pelimpah pada check dam haru kuat terhadap pukulan aliran sedimen. Bagian dari badan main dam akan menahan tekanan dinamik yang cukup besar. Oleh karena itu tebal main dam (B) seperti gambar 4.1 dan tabel 4.9 haru mampu menahan tekanan tersebut.



Gambar 4.1 Tebal mercu pelimpah

4.4 Kecepatan Aliran diatas main dam

- $d = 2/3 h$
- $A2 = 1/2 \cdot (B1 + (m^2 \cdot d)) \cdot d$
- $V1 = Q / A1$
- $V2 = Q / A2$
- $V = (V1 + V2) / 2$

Dimana :

- h = tinggi muka air di atas peluap + tinggi kecepatan (m)
- hv = tinggi kecepatan
- d = ketinggian air di atas mercu (m)
- A1 = luas penampang basah pada ketinggian air setinggi Check Dam (m)
- A2 = luas penampang basah pada ketinggian air di atas Check Dam (m)
- V1= kecepatan air di atas ambang
- V2= kecepatan air pada titik jatuh diatas ambang m/det

Tabel 4.8 Perhitungan Kecepatan air diatas pelimpah

A1	409.46
$d = 2/3 h$	3.957984
$A2 = 1/2 \cdot (B1 + (m^2 \cdot d)) \cdot d$	121.387
$V1 = Q / A1$	3.804992
$V2 = Q / A2$	12.8349
$V = (V1 + V2) / 2$	8.319945

Untuk menentukan tebal (lebar) mercu pelimpah (peluap) pada perencanaan check dam sangat berbeda dengan perencanaan bending irigasi untuk

Rumus yang digunakan

$$BM = 1/2,4n (0.06 \cdot v^2 + h^3 \cdot 1/2d)$$

Dimana

- Bm = lebar mercu peluap
- n = faktor keamanan
- v = kecepatan air di atas peluap
- h3 = tinggi air di atas peluap
- d = tinggi air + tinggi energi di atas mercu

Tabel 4.9 Lebar mercu pelimpah

$Bm = (1/(2.4 \cdot n)) \cdot ((0.06 \cdot v^2) + (h^3 \cdot 1/2 \cdot d))$	3.36237
n=faktor keamanan	4
v=kecepatan air di atas peluap	1
h3=tinggi air di atas peluap	8.31994
d=tinggi air+tinggi air di atas mercu	5
	1.97899
	2
	3.95798
	4

4.5 Kedalaman Pondasi

Kedalaman pondasi main dam berhubungan erat dengan kestabilan main dam tabel 4.10. Untuk rumus yang digunakan yaitu $d_k = (1/3 + 1/4)(H + h)$

Dimana

- d_k = kedalaman pondasi main dam
- H = tinggi efektif main dam dari dasar sungai sampai ke mercu

H=tinggi air diatas pelimpah main dam

Tabel 4.10 Kedalaman Pondasi

H	4.25
h	5.936976
δ_1	3.395659
δ_2	2.546744
δ	2.971201
H total	7.221201

Tebal Lantai olak
 $t= 0.1 (0.6H_1+3h-1)$

Dimana :

t= tebal lantai olak
 $H_1=$ tinggi main dam (7.221201)
 $h=$ tinggi air diatas mercu (5.936976)
 maka diperoleh hasil perhitungan tevbai lantai olak sebesar 2,1143m

4.6 Panjang Lantai Olakan

Agar energy yang jatuh dari main dam dapat teredam maka diperlukan kolam olak tabel 4.11. Jarak antara sub dam dan main dam dihitung dengan menggunakan persamaan berikut
 $L= C (h_1+h)$

Dimana

L = jarak natara main dam dan sub dam
 $H_1=$ ketinggian antara mercu dengan tebal lantai
 $h=$ tinggi air diatas mercu
 $c=$ kosntanta 1.5

Tabel 4.11 Nilai kolom tolak

h_1	5.106836
h	5.936976
L	16.56572

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis studi yang dilakukan diperoleh hasil debit banjir rencana selama periode ulang 100 tahun sebesar 1557.992127m³/det, Dimensi main dam lebar dasar pelimpah sebesar 169.7271 m,, tinggi air diatas pelimpah sebesar sebesar 3,5 m, Kecepatan alirn diatas main dam sebesar 8.319945m /det, Tebal mercu pelimpah 3.362374m, Kedalaman pomdasi main dam sebesar 2.971201m, Kemiringan tubuh bagian hilir sebesar 1.08312m, Kemiringan tubuh bagian hulu sebesar 5.625849m, Tebal lantai olak sebesar 2.114364848 m, Panjang lantai olak sebesar 16.56572m, Tinggi sub dam sebesar 1.8053m,

Kedalaman pondasi sub dam 0.7428m, Tebal sub dam sebesar 1.630435m, Kemiringan sub dam bagian hilir sebesar 1.08312m dan bagian hulu sebesar 5.625849m

5.2 Saran

Pada analisis ini masih diperlukan analisis lanjutan kstabilan kontruksi bangunan dimana analisis tersebut meliputi analisis guling,geser, retak, gempa agar memenuhi dari daya dukung tanah yang diijinkan

DAFTAR PUSTAKA

[1] Departemen Pekerjaan Umum, . 1983. Sabo Design- volcano sabo technical centre (VSTC), Yogyakarta.
 [2] Sholeh, Mochamad: Diktat Hidrologi, Surabaya.
 [3] Sosrodarsono, suyono, Ir, 1976, hidrologi perbaikan dan pengaturan sungai, Yogyakarta.
 [4] Soewarno , 1995:Hidrologi-Aplikasi Metode Statistik untuk analisa data jlid I, nova,bandung.
 [5] Suripin, Ir,2003: Sistem Drainase perkotaan berkelanjutan, Andi, Yogyakarta.