

PERENCANAAN BANGUNAN PENAHAN SEDIMEN (*CHECKDAM III*) DI DAERAH ALIRAN SUNGAI CILIMAN DESA PARAKANLIMA KECAMATAN CIRINTEN KABUPATEN LEBAK

Gunawan Noor¹, Euis Amelia², Dimas Bayu³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Banten Jaya, Jl. Raya Ciwaru II No.73 Serang, Banten

Email: euis.amelia@unbaja.ac.id¹, gunawan.unbaja@gmail.com²

ABSTRACT

The river is a source of water that holds and flows water and material that it carries from upstream. The problem that often occurs in upstream areas is erosion problems which cause sedimentation. The objectives of this study are: to determine the amount of sediment rate (Qs) and to find out the full time of the water river checkpoint. So it needs to be reviewed by analyzing the stability of sediment-retaining weirs using a flood period of fifty years (Q50), with a design debit of 255.694 m³ / second, this study was also conducted to determine whether the stability of sediment-retaining weirs is safe against forces with flood discharge (Q25), with a design debit of 237.692 m³ / second. The style calculated by himself is gravity, earthquake force, uplift pressure, pressure on water. The weir stability analysis that is taken into account is the dimensions of the weir safe against eccentricity, soil carrying capacity, bolster force, shear force, and force acting on normal water level conditions and flood water levels. The location of this study was carried out in the Watershed (DAS) Air Ciliman Cirinten District, Lebak Regency.

Keywords: Chekdam, Land carrying capacity, Debit design, Sedimentation, Dam stability

PENDAHULUAN

Bangunan Penahan Sedimen merupakan bangunan yang dapat menahan sedimentasi dan erosi sehingga di hulu sungai tidak terjadi degradasi dan di hilir sungai tidak terjadi agradasi. Permasalahan yang sering terjadi di daerah hulu adalah masalah erosi yang menyebabkan terjadinya sedimentasi. Sedimentasi sendiri adalah proses pengangkutan dan pengendapan material tanah/kerak bumi yang disebabkan oleh penurunan kualitas lahan. Sedimentasi dapat menyebabkan pendangkalan sungai, saluran – saluran irigasi, muara – muara sungai di bagian hilir, mengurangi umur efektif waduk, dan dapat merusak penampang sungai serta bangunan teknik sipil di sepanjang sungai. Identifikasi masalah dapat dirumuskan sebagai berikut, terjadi erosi akibat dari penebangan hutan secara liar (*illegal logging*), terjadinya degradasi di hulu sungai dan agradasi di hilir sungai, orde sungai yang sangat kecil, yaitu hanya 1 orde.

METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data dan pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut : Data Primer (wawancara), Data Sekunder (gambar denah, gambar potongan, Laporan proyek) Observasi, dan Studi Literatur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data digunakan dalam menganalisis data pada penelitian yaitu data yang sudah dikumpulkan lalu diolah dalam perhitungan agar mendapatkan hasil penelitian yang akan

diambil kesimpulan dari penelitian tersebut, dan adapun metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

Merencanakan Dimensi Bendung

Tahapan dalam proses mendesai perencanaan bendung penahan sedimen adalah sebagai berikut :

- a) Merencanakan lebar peluap dalam bendung penahan berbentuk trapesium tunggal yang lebarnya harus lebih kecil atau sama dengan lebar sungai.
- b) Merencanakan mercu pada bendung penahan berbentuk ambang lebar dan sudutnya tidak dibulatkan, sedangkan lebarnya ditentukan berdasarkan jenis dan sifat hidraulik aliran sedimen.
- c) Mendisain tubuh bendung dalam bendung penahan seperti kemiringan hilir dan tinggi efektif bendung penahan.
- d) Merencanakan bendung pembantu berdasarkan rumus.

Mendesain Kolam Olak

Perencanaan Teknik Bangunan Penahan Sedimen yaitu :

- a) Bentuk kolam olak harus berdasarkan gaya-gaya yang diakibatkan oleh terjunan.
- b) Lebar kolam olak ditentukan sesuai lebar, tinggi, dan kemiringan dinding pelua

Mendesain Lantai Muka

Pada saat air terbungk maka terjadi perbedaan beda tinggi air di hulu dan di hilir bendung, air yang terbungk tersebut akan mengalir melalui bidang kontak antara bangunan dan tanah yang disebut *creep line*. Semakin pendek *creep line* ini kecil hambatannya dan tekanannya semakin besar terhadap ujung belakang pembebanan. Aliran ini akan mendorong butiran tanah pondasi, bila kecepatan aliran air rembesan ini cukup besar hingga melampaui kecepatan kritis untuk lapisan tanah pondasi tersebut, maka akan terjadi piping, yaitu butiran-butiran halus yang membentuk lapisan tanah pondasi mulai bergerak dan hanyut bersama aliran air rembesan dan terjadilah rongga-rongga pada lapisan pondasi yang semakin lama menjadi semakin bertambah besar yang menyebabkan bendung turun atau runtuh.

Perhitungan Stabilitas Bendung Penahan Sedimen

Memperhitungkan gaya – gaya yang bekerja dan menganalisa beban – beban yang bekerja pada bendung agar aman terhadap guling dan geser, berikut tahapan, perhitungannya :

- a) Menghitung berat tubuh bendung yang dibagi atas elemen segitiga dan segi empat peninjauan tiap lebar 1 meter kearah panjang bendung.
- b) Menghitung tekanan hidrostatik atau gaya tekan air yang meliputi dua kondisi yaitu kondisi air normal dan kondisi air banjir.
- c) Menghitung tekanan hidrodinamik yaitu tekanan air akibat adanya pengaruh gempa, sama halnya dengan tekanan hidrostatik, dihitung saat kondisi air normal dan banjir. Rumus Zanglar digunakan untuk menghitung tekanan ini.

- d) Menghitung gaya angkat yang terjadi pada bendung dihitung dengan menggunakan metode Lane.
- e) Menghitung tekanan lumpur yang mengendap di hulu bendung dan akan memberikan gaya pada bendung setinggi mercu.
- f) Menghitung gaya gempa yang dihitung dari hasil perkalian percepatan gempa dengan berat tubuh bendung. Gaya ini bekerja ke arah horisontal yaitu ke arah hilir dengan titik berat konstruksi sebagai titik kerja.
- g) Menghitung tekanan tanah pada bendung ini terdiri dari tekanan tanah aktif dan tanah pasif berkoheesi. Tekanan tanah yang terjadi dapat ditinjau saat kondisi air normal dan banjir.

Perhitungan Momen

Perhitungan momen dalam bendung penahan adalah sebagai berikut :

- a) Menghitung momen akibat berat
- b) Menghitung momen akibat tekanan hidrostatik saat kondisi air normal
- c) Menghitung momen akibat tekanan hidrostatik saat kondisi air banjir
- d) Menghitung momen akibat tekanan hidrodinamik saat kondisi air normal
- e) Menghitung momen akibat tekanan hidrodinamik saat kondisi air banjir
- f) Menghitung momen akibat gaya gempa
- g) Menghitung momen akibat tekanan tanah aktif saat kondisi air normal
- h) Menghitung momen akibat tekanan tanah pasif saat kondisi air normal
- i) Menghitung momen akibat tekanan tanah aktif saat kondisi air banjir
- j) Menghitung momen akibat tekanan tanah pasif saat kondisi air banjir
- k) Menghitung momen akibat gaya angkat saat kondisi air normal
- l) Menghitung momen akibat gaya angkat saat kondisi air banjir

Menganalisis Stabilitas Bendung Penahan Sedimen

- a) Kondisi muka air normal sedimen kosong
- b) Kondisi muka air normal sedimen penuh
- c) Kondisi muka air banjir sedimen kosong
- d) Kondisi muka air banjir sedimen penuh

Tahapan Penelitian

Perencanaan Struktur

Perencanaan hidrolis *check dam* ini seperti aspek dimensi mulai dari tinggi *checkdam*, lebar *check dam*, lantai *check dam*, dan kolam olak.

Analisis Stabilitas Struktur

Analisa stabilitas *check dam* yaitu tentang gaya – gaya yang bekerja terhadap *check dam*, baik gaya vertikal ataupun horizontal. Gaya – gaya tersebut meliputi:

1. Analisa gaya vertikal
 - a. Gaya gempa

- b. Gaya tekanan lumpur
- c. Gaya tekanan hidrostatik
- d. Gaya tekanan tanah aktif dan pasif
2. Analisa gaya horizontal
 - a. Gaya berat bendung
 - b. Gaya angkat (*uplift pressure*)
3. Analisa stabilitas *check dam*
 - a. Gaya guling
 - b. Gaya geser
 - c. Daya dukung tanah

Perencanaan Bangunan Penahan Sedimen yang ada (*Existing*)

Hasil perencanaan Bangunan Penahan Sedimen (*checkdam* III) Desa Parakanlima Kecamatan Cirinten Kabupaten Lebak di dapat data teknis sebagai berikut :

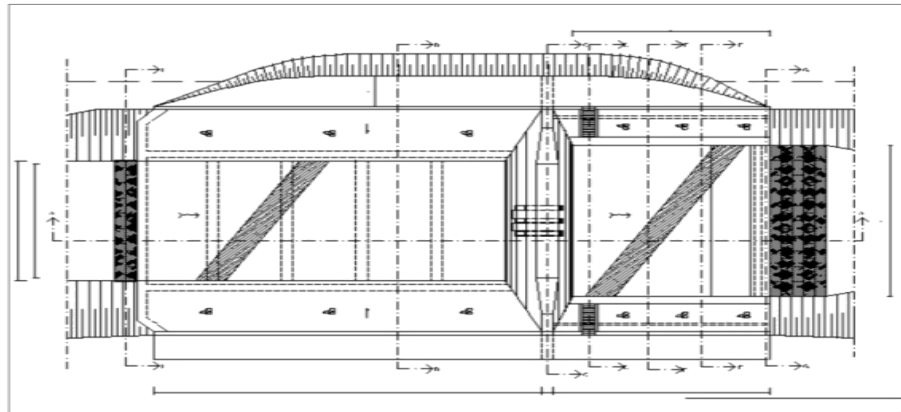
Data Perencanaan

Debit banjir rencana 50 Tahun (Q_{50}) = 255,694 gr/detik

Ukuran penampang sungai (B) = 15,00 m

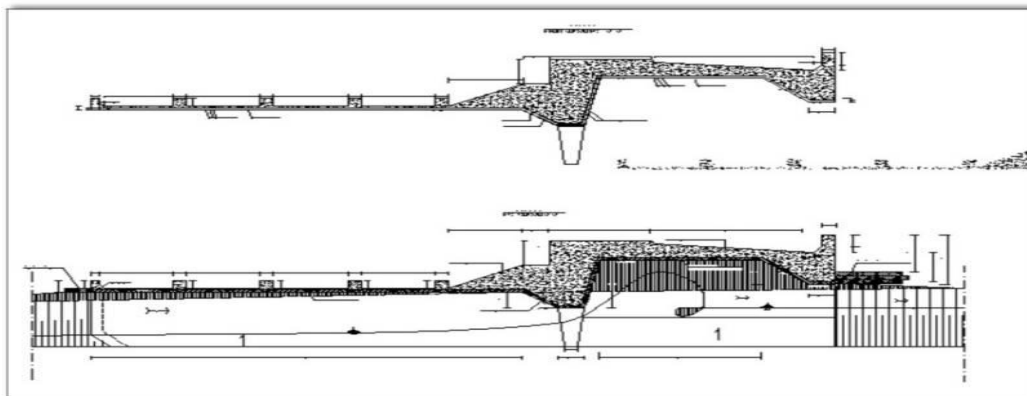
Koefisien gempa daerah = III (tiga)

Kemiringan dasar sungai = 0,00234



Gambar 1 Denah bangunan penahan sedimen (*existing*)

Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau – Ciujung – Cidurian (BBWS – C3)



Gambar 2 Potongan memanjang hidrolis bangunan penahan sedimen (*existing*)
Kaji Ulang Perencanaan Bangunan Penahan Sedimen (*Checkdam*)

Perencanaan Bangunan Penahan Sedimen (*Checkdam* III) Desa Parakanlima Kecamatan Bojongmanik Kabupaten Lebak yang telah direncanakan di desain ulang dengan menggunakan debit banjir rencana kala ulang 25 tahun (Q_{25}) dengan data sebagai berikut :

Data Perencanaan :		
Debit banjir rencana 25 tahun	(Q_{25})	= 237,693 m ³ /detik
Ukuran penampang sungai	(B)	= 15,00 m
Koefisien gempa, daerah		= III (tiga)
Kemiringan dasar sungai	(I)	= 0,00234
Elevasi dasar sungai		= + 256,22 m
Catchman Area		= 60,00 km ²

Perhitungan Hidrolis

1. Lebar peluap *Checkdam*

Lebar bangunan penahan sedimen (*checkdam*) adalah lebar keseluruhan antara tembok tepi yang satu dengan yang lainnya (kiri dan kanan). Tinggi peluap ditentukan berdasarkan debit desain dan tinggi jagaan. Berdasarkan teori regim, lebar peluap bangunan penahan sedimen (*checkdam*) dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$B_1 = \alpha (Q_d)^{1/2}, \text{ dengan :}$$

Q_d = Debit banjir rancangan

B_1 = Lebar peluap (m)

α = Koefisien berdasarkan luasan DAS (Km²)

nilai α di cari dengan menggunakan Tabel di bawah ini

Tabel 1 Nilai α

<i>Luas DAS (Km²)</i>	<i>α</i>
$\alpha < 1$	-3
$\ll \alpha \ll 10$	2 - 4
$10 \ll \alpha \ll 100$	3 - 4
$100 < \alpha$	3 - 6

Sumber : SNI T 19-1991-03

$$B_1 = \alpha (Q_d)^{1/2} = 3,56 (237,693) = 54,817 \text{ m}$$

Direncanakan Lebar peluang (B_1) = 54,817 m

Berdasarkan Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen halaman 4, lebar Checkdam sebaiknya lebih kecil dari pada lebar sungai atau sama dengan lebar sungai yang ada, maka B_1 ditentukan = **15,00 m** .

2. Tinggi Jagaan Pada Peluap

Tinggi jagaan menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen seperti disajikan pada table di bawah ini :

Tabel 2 Tinggi jagaan berdasarkan SNI T 19-1991-03

<i>Debit Rencana (m³/dt)</i>	<i>Tinggi Jagaan (m)</i>	<i>Keterangan</i>
Q 50	0,60	Sumber data:
50 < Q 100	0,80	Standar Tata Cara
100 < Q 200	1,00	Perencanaan Teknik
200 < Q 500	1,20	Bendung Penahan
500 < Q 2000	1,50	Sedimen,

Sumber : SNI T 19-1991-03

3. Perhitungan Muka Air Banjir Rencana

Data :	
Elevasi dasar sungai eksisting	= - 256,22 m
Tinggi ambang check dan didesain	= 2 m
Elevasi ambang adalah	= + 126, 073
Lebar sungai (Bn)	= 15 m
Kemiringan sungai (I)	= 0,0234
Koefisien kekasaran dinding sungai (d)	= 1,8
Kemiringan tepi sungai (m)	= 1
Perbandingan antara h tepi sungai	= 11 : 1
Debit banjir rancangan Q25	= 227,693 m ³ /detik
Luas penampang basah (A)	= (B + m.h) h
Keliling basah (O)	= Bn + 2h $\sqrt{1 + m^2}$
Jari-jari hidrolik (R)	= A / O
Koefisien pengaliran (Bazin)(CB)	= $\frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$

(γ = koefisien pengaliran sungai di pegunungan 1,5–1,75, diambil 1,5)

Chezy kecepatan pengaliran (V)	= C $\sqrt{R \times 1}$
Debit aliran (Q)	= V x A (m ³ /detik)

Dari rumus-rumus tersebut dilihat bahwa nilai R,C,A dan O adalah fungsidi (h) tinggi air sungai, maka Q juga merupakan fungsi dari (h). perhitungan tinggi muka air banjir Q25 = 237,693 m³/detik dihitung dengan cara coba-coba. Hasil hitungan debit aliran seperti di perlihatkan pada tabel berikut ini:

Tabel 3 Perhitungan Grafik Lengkung Debit Banjir Rancangan Q25

H	F	P	R	C	V	V1	Q
(m)	(m ²)	(m)	(m)		(m/dt)	(m/dt)	(m ³ /dt)
0,500	7,750	16,414	0,472	24,036	2,526	1,932	14,97
1,00	16,000	17,828	0,897	29,999	4,347	3,324	53,19
1,50	24,750	19,243	1,286	33,628	5,834	4,461	110,42
2,00	34,000	20,657	1,646	36,204	7,105	5,433	184,74
2,58	45,356	22,297	2,034	38,461	7,758	5,216	236,59
3,00	54,000	23,485	2,299	39,779	9,227	7,056	381,02
3,50	64,750	24,899	2,600	41,111	10,141	7,755	502,14

Setelah perhitungan coba-coba didapat Elevasi ambang peluap = 2,00 m, dan dari hasil perhitungan muka air banjir, tinggi jagaan dan lebar check dam maka di dapat h = 2,00 m, w = 1,2 m, dan B = 15,00 m.

4. Tinggi Muka Air di Atas Peluap

Data :

Debit di atas mercu Check dan (Q_{50}) : 237,693 m³/detik

Lebar efektif (B_{eff}) : 15,00 m

Tinggi mercu Check dam (P) : 2,00 m

Percepatan gravitasi (g) : 9,81 m/detik²

M (koefisien pengaliran) : 1,43

Dengan cara *trial and error*, menggunakan rumus berikut :

$$m = 1,49 - 0,018 \left(5 - \frac{h}{r} \right)^2$$

$$k = \frac{4}{27} \times h^2 \times h_3 \times \left(\frac{1,.....}{h + p} \right)^2$$

$$H = h + \frac{k}{d}$$

$$d = \frac{2}{3} \times H$$

$$Q = m \times B_{eff} \times d \times (g \times d)^{0,5}, \text{ sehingga :}$$

$$m = 1,49 - 0,018 \left(5 - \frac{3,13}{1} \right)^2 = 1,43$$

$$K = 4 \times 1,43^2 \times 3,13 \times \left(\frac{1,.....}{3,13 + 2} \right)^2 = 0,35$$

$$H = 3,48 + 0,35 = 3,48$$

$$d = \frac{2}{3} \times 3,48 = 2,32$$

$$Q = 1,43 \times 15 \times 2,32 \times (9,81 \times 2,32)^{0,5} = 237,076 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 4 Perhitungan Tinggi Muka Air yang Melimpas di Atas Peluap (h_3)

H	R	M	P	K	H	d	B _{eff}	Q
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ³ /dt)
1,00	1,00	1,20	2,00	0,02	1,02	0,68	15,00	31,84
1,50	1,00	1,27	2,00	0,07	1,57	1,04	15,00	63,61
2,00	1,00	1,33	2,00	0,13	2,13	1,42	15,00	105,62
2,50	1,00	1,38	2,00	0,22	2,72	1,81	15,00	157,76
3,13	1,00	1,43	2,00	0,35	3,48	2,32	15,00	237,076
3,50	1,00	1,45	2,00	0,44	3,94	2,63	15,00	290,03
4,00	1,00	1,47	2,00	0,57	4,57	3,05	15,00	367,85

Sehingga tinggi muka air di atas peluap (h) adalah = **3,13 m** untuk perhitungan debit yang mendekati debit rancangan $Q_{25} = 237,076 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Tebal Mercu Peluap

Berdasarkan pada kriteria perencanaan bangunan pengendali sedimen, maka lebar mercu peluap didasarkan pada rumus Dr. Huska sebagai berikut :

$$b_1 = \frac{n}{2,4} (0,06 V^2 + H_d + \frac{d_i}{2}) , \text{ dengan :}$$

n

2

b_1 : tebal ambang peluap rencana (m)

n : angka keamanan, diambil $n = 1,50$

V : kecepatan rata-rata aliran di atas ambang (m/dt)

H_d : tinggi air peluap terhadap tinggi energi hilir (m)

h : tinggi air di atas peluap ambang $h = 3,13$

d_i : gerusan di belakang tembok yang diizinkan, diambil $= 0,5 \text{ m}$

: kemiringan tebing peluap, diambil $m=1$ Sehingga :

Luas penampang basah (A) = $(B_1 + mh) h$

$$A = (15,00 + 1,0 \times 3,13) \times 3,13$$

$$A = 56,747 \text{ m}^2 \text{ Kecepatan aliran } (V) = \frac{A}{Q}$$

$$V = \frac{56,747}{237,693} = 0,239$$

$$\text{Sehingga : } H_d = h + \frac{V^2}{2g} = 3,13 + \frac{0,239^2}{2 \times 9,80} = 3,133 \text{ m}$$

Maka lebar ambang peluap (b_1) adalah :

$$b_1 = \frac{n}{2,4} \times (0,06 V^2 + H_d + \frac{d_i}{2})$$

n

2

$$b_1 = \frac{1,5}{2,4} \times (0,06 \times 0,239^2 + 3,133 + \frac{0,5}{2}) = 2,116 \text{ m}$$

n

2

Lebar ambang peluap berdasarkan Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen, seperti disajikan pada tabel SNI T – 19-1991-03, 17:1991. Maka lebar peluap ditentukan berdasarkan SNI diambil = **2 m**, Lebar ambang peluap berdasarkan SNI T – 19 – 1991 – 03, 17:1991 adalah sebesar 2,00 m .

Kemiringan Main Dam Bagian Hulu dan Hilir

Persamaan yang digunakan untuk menentukan kemiringan tubuh Check Dam dengan tinggi kurang dari 15 m, sebagai berikut:

(Berdasarkan Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen, 8:1991)

$(1 + a)m^2 + \{2(n-b) + n(4a + g) + 2 a b\} m - (1 + 3a) + a \cdot B (4n + b) + g (3n b + b^2 + n^2) = 0$,
dengan :

m = kemiringan tubuh check dam bagian hulu

n = kemiringan tubuh chek dam bagian hilir

α = rasio lebar peluap dan tinggi tubuh check dam

β = rasio lebar dasar peluap dengan tinggi check dam

γ_c = berat volume konstruksi checkdam(pasangan batu = 2,40 ton/m³)

γ_o = berat volume aliran di atas peluap (1,0 s/d 1,2 ton/m³) diambil 1,2 ton/m³

Sehingga didapat harga sebagai berikut :

h = tinggi aliran di atas peluap check dam ($h = 3,130$ m)

H = tinggi peluap check dam dari dasar sungai ($H = 2,0$ m)

b_2 = lebar dasar peluap ($b = 2,00$ m)

Kemiringan peluap bagian hilir direncanakan 1 : 0,2 ($n = 0,2$)

$$\alpha = h/H = \frac{3,130}{2,0} = 1,565$$

$$B = b/H = \frac{2,00}{2,0} = 1,00$$

$$\gamma = \gamma_c/\gamma_o = \frac{2,40}{1,20} = 2,00$$

Sehingga dengan mensubstitusi parameter tersebut kedalam persamaan diatas diperoleh :

$(1+1,565)m^2 + \{2(0,2+1,00) + 0,2 (4 \times 1,565+2,0) + 2 \times 1,565 \times 1,00\}m -$

$(1+3 \times 1,565)+1,565 \times 1,00(4 \times 0,2+1,00) +2,0(3 \times 0,2 \times 1,00+1,00^2+0,2^2)=0$

$2,565 m^2 + 7,182 m - 13,792 = 0$

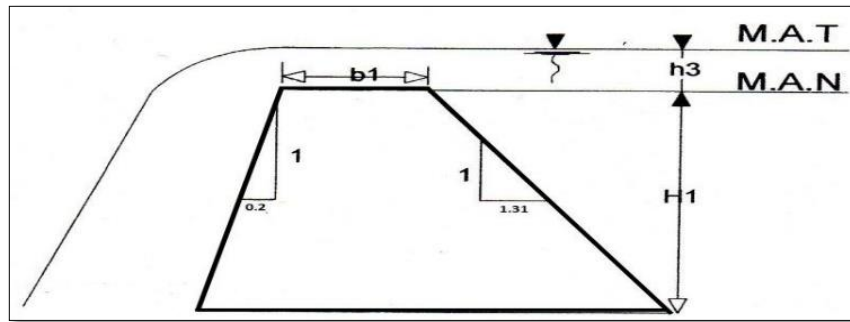
Persamaan tersebut dapat diselesaikan dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$m^{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4ac)}}{2.a}$$

$$m^{1,2} = \frac{-7,182 \pm \sqrt{7,182^2 - 4 \times 2,565 \times 13,792}}{2 \times 2,565}$$

$$m_2 = -4,109 \quad m_1 = 1,309,$$

sehingga kemiringan hulu dapat direncanakan dengan $m = 1,31$. Dari hasil perhitungan kemiringan hulu didapat $(m) = 1,31$ dengan perbandingan $1 : 1,31$ seperti disajikan pada gambar berikut :



Gambar 3 Kemiringan tubuh check dam pada penampang memanjang mercu

Panjang Lantai Muka

Untuk menanggulangi masalah rembesan dan erosi buluh (*piping*) bangunan check dam perlu dipasang lantai muka. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan lintasan kritis dengan metode Lane. Adapun rumus umum metode ini adalah sebagai berikut :

$$C_w = \frac{L_w}{H_w}$$

$$L_w = (\sum L_v + \sum 1/3 H_v)$$

$$P_x = H_w - \left(\frac{L_w}{\sum L_w} \right) \Delta H \quad \text{dengan :}$$

C_w = koefisien rembesan Lane

$\sum L_v$ = jumlah panjang vertikal (m)

$\sum H_v$ = jumlah panjang horisontal (m)

H_w = beda tinggi muka air di titik x (m)

P_x = tekanan air tanah di titik x (m)

ΔH = beda tinggi muka air di udik dan di hilir (m)

Data :

Elevasi air normal di hulu : +258,220

Elevasi lantai hilir : +256,22

Beda tinggi (ΔH) normal : 2

Sedimen pasir berkerikil : 5

Dari hasil perhitungan harga minimum angka rembesan (C_w) = 5

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{16,640 + 11,884}{2} = 14,262 > 5 \quad \longrightarrow \text{aman (OK)}$$

Dari perhitungan rembesan metode Lane diatas didapat harga $C_w=14,2$ dan harga minimum rembesan (C_w) untuk sedimen pasir berkerikil 5, maka bendung penahan sedimen (Check dam) aman terhadap rembesan pada kondisi air normal.

Data :

Elevasi air banjir dihilu : +259,350

Elevasi air banjir hilir : +254,549

Beda tinggi (ΔH) banjir : 4,8 m

Dari hasil perhitungan diatas, harga minimum angka rembesan (C_w) = 5

$$C_w = \frac{L_w}{H_w} = \frac{16,640 + 11,884}{4,8} = 5,9425 > 5 \longrightarrow \text{aman (OK)}$$

Dari perhitungan rembesan metode Lane diatas didapat harga $C_w=5,9$ dan harga minimum rembesan (C_w) untuk sedimen pasir berkerikil 5, maka bendung penahan sedimen (*Checkdam*) aman terhadap rembesan pada kondisi air banjir. Maka dari hasil perhitungan lintasan rembesan di dasar check dam menunjukkan bahwa panjang lantai muka check dam aman terhadap rembesan dengan angka minimum (C_w) =5

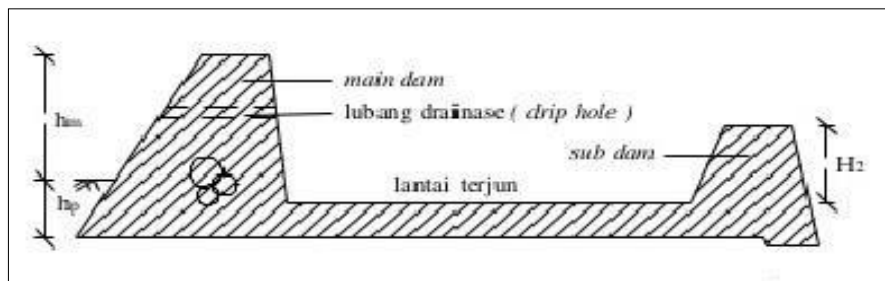
Kesimpulan :

CL Normal : 14,262

CL Banjir : 5,9425

$\sum L_w$: 25,857

Tinggi Tubuh Sub Dam



Gambar 4 Lantai muka tinggi tubuh subdam

Perhitungan Stabilitas Bendung

Perhitungan stabilitas ditinjau dari penampang bendung yang mudah mengalami retak / *crack* sebagai titik kontrol atau guling.

Berat Tubuh Bangunan Penahan Sedimen (*Checkdam*)

Penampang bangunan penahan sedimen (*checkdam*) dibagi atas elemen segitiga dan segiempat peninjauan tiap lebar 1m kearah panjang bangunan penahan sedimen (*checkdam*). Perhitungan berat tubuh bangunan penahan sedimen (*checkdam*) menggunakan rumus di bawah ini :

W = volume penampang x berat volume bahan yang digunakan Perhitungan berat sendiri penampang yaitu :

$$\text{Volume penampang} = 0,50 \times 2,58 \times 2,00 \times 1,00 = 2,58 \text{ m}$$

$$\text{Berat volume bahan} = 2,4 \text{ ton/m}^3$$

$$W_1 = 2,58 \times 2,4 = 6,192 \text{ ton/m}$$

Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik merupakan gaya tekan air yang terjadi pada tubuh bendung yang meliputi dua kondisi yaitu gaya hidrostatik pada saat kondisi air normal dan gaya hidrostatik pada saat kondisi air banjir.

a. Tekanan hidrostatik saat kondisi air normal

$$P_{v1} = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times m \times \text{alas} \times h = \frac{1}{2} \times 1 \times 1,00 \times 5,07 \times 6,03 = 16,160 \text{ ton}$$

$$P_{v2} = \gamma_w \times \text{alas} \times \text{tinggi} = 1 \times 5,50 \times 2 = 11,000 \text{ ton}$$

$$P_h = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times h^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 5,07^2 = 12,852 \text{ ton}$$

Tabel 5 Perhitungan tekanan hidrostatik saat kondisi air normal

No.	Notasi	Alas	Tinggi	gw (ton /m ³)	Luas	P (ton)	
		(m)	(m)		(m ²)	Horisontal	Vertikal
1	Ph ₁	5,070	5,070	1,00	12,58	12,582	
2	Pv ₁	2,580	6,030	1,00	16,16		16,160
3	Pv ₂	5,500	2,000	1,00	11,00		11,000
				Jumlah		12,95	27,160

Keterangan : Pias diambil per 1m panjang

b. Tekanan hidrostatik pada saat kondisi air banjir

▪ Arah Horisontal

$$Ph_1 = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times h^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 5,07^2 = 12,852 \text{ ton}$$

$$Ph_2 = \gamma_w \times h_3 \times h_1 = 1 \times 3,13 \times 5,07 = 15,869 \text{ ton}$$

▪ Arah Vertikal

$$P_{v1} = \frac{1}{2} \times m \times \gamma_w \times h \times \text{alas} = \frac{1}{2} \times 1 \times 1,31 \times 2,68 \times 1 = 16,160 \text{ ton}$$

$$P_{v2} = h \times \text{alas} \times \gamma_w = 5,50 \times 2 \times 1 = 11,000 \text{ ton}$$

Tabel 6 Perhitungan tekanan hidrostatik saat kondisi air banjir

No.	Notasi	Alas	Tinggi	gw (ton /m ³)	Luas	P (ton)	
		(m)	(m)		(m ²)	Horisontal	Vertikal
1	Ph ₁	5,070	5,070	1,00	12,954	12,852	
2	Ph ₂	3,130	5,070	1,00	15,932	15,869	
3	Ph ₃	3,740	1,567	1,00	5,86	-2,45	
4	Pv ₁	2,680	6,030	1,00	16,160		16,160
5	Pv ₂	5,500	2,000	1,00	11,000		11,000
6	Pv ₃	5,500	3,130	1,00	17,215		17,215
7	Pv ₄	4,680	3,130	1,00	14,648		14,648
8	Pv ₅	1,210	3,130	1,00	3,787		3,787
9	Pv ₆	1,210	6,030	1,00	7,296		7,296
10	Pv ₇	3,740	6,030	1,00	22,552		22,552
				Jumlah		30,90	92,660

Keterangan : Pias diambil per 1m panjang

Tabel 7 Hasil analisa stabilitas kondisi air banjir tanpa sedimen

Tinjauan	FK / SF	Analisis	Ket
Terhadap guling Aman	2		2,296
Terhadap geser Aman	1,50		2,345
Eksentrisitas Aman	1,50		0,651
Daya dukung tanah Aman	26,578		16,434

Kondisi Muka Air Banjir Sedimen Penuh

a. Terhadap Bahaya Guling

Tabel 8 Momen Penahan (MP) kondisi banjir sedimen penuh

MP	akibat	berat	sendiri	ton/m
539,591				
MP	akibat	tekanan	hidrostatik	ton/m
352,257				
MP	akibat	tekanan	hidrodinamik	ton/m
1,760				
MP	akibat	gaya	angkat	ton/m
309,794				
MP	akibat	tekanan	lumpur	ton/m
6,131				
Jumlah 1209,534				ton/m

Tabel 9 Momen Guling (Mg) kondisi banjir sedimen penuh

Akibat Gaya Hidrostatik	69,110	ton/m
Akibat Gaya Hidrodinamik	1,212	ton/m
Akibat Gaya Gempa		ton/m
	66,370	
Akibat tekanan tanah aktif	105,508	ton/m
Akibat tekanan tanah pasif	198,820	ton/m
Akibat gaya angkat	83,031	ton/m
Akibat tekanan lumpur	0,509	ton/m
	Jumlah 524,560	ton/m

Jadi faktor keamanan terhadap guling yaitu :

$$\text{FK atau SF Guling} = \frac{Mp}{Mg} = \frac{1209,534}{524,560} = 2,306 > 2 \rightarrow \text{Aman (OK)}$$

b. Terhadap Bahaya Geser

Tabel 10 Jumlah gaya vertikal kondisi banjir sedimen penuh

Akibat berat sendiri	126,686	ton/m
Akibat tekanan hidrostatik	-69,810	ton/m
Akibat tekanan hidrodinamik	0,475	ton/m
Akibat gaya angkat	79,542	ton/m
Akibat tekanan lumpur	6,131	ton/m
Jumlah	143,024	ton/m

Tabel 11 Jumlah gaya horisontal kondisi banjir sedimen penuh

Akibat Gaya Hidrostatik	10,559	ton/m
Akibat Gaya Hidrodinamik	0,365	ton/m
Akibat Gaya Gempa	15,582	ton/m
Akibat tekanan tanah aktif	33,875	ton/m
Akibat tekanan tanah pasif	73,186	ton/m
Akibat gaya angkat	58,463	ton/m
Akibat tekanan kumpur	0,509	ton/m
Jumlah	192,540	ton/m

$$\begin{aligned}
 \text{FK atau SF geser} &= \frac{(C \times B + \Sigma V \times \tan \theta)}{\Sigma H} \\
 &= \frac{(40,00 \times 11,23 + 143,024 \times \tan 22,000)}{192,540} \\
 &= 2,339 > 1,5 \rightarrow \text{Aman (OK)}
 \end{aligned}$$

c. Terhadap Daya Dukung Tanah

Eksentrisitas

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{B}{2} - \left(\frac{\Sigma m_p - \Sigma m_g}{\Sigma V} \right) = \\
 &= \frac{11,23}{2} - \left(\frac{1209,534 - 524,560}{143,024} \right) \\
 &= 0,824 \text{ m} < B/6 = 3,667 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tegangan Tanah
 σ_{maksimum}

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\Sigma V}{B} \times \left(1 + \frac{6 \times e}{B} \right) \\
 &= \frac{143,024}{18,351} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,824}{3,667} \right) \\
 &= 18,351 \text{ ton} < 26,578
 \end{aligned}$$

Tabel 12 Hasil analisa stabilitas koneksi air banjir sedimen penuh

Tinjauan Ket	FK / SF	Analisis
Terhadap guling Aman	2	2,306
Terhadap geser Aman	1,50	2,339
Eksentrisitas Aman	1,50	0,824
Daya dukung tanah Aman	26,578	18,351

Perbandingan Antara Perencanaan Semula Dengan Hasil Kaji Ulang Dengan hasil kaji ulang.

Berbanding dengan perencanaan semula Q_{25} adalah seperti diperlihatkan tabel dibawah ini :

Tabel 13 Perbandingan antara desain semula (*existing*) dengan hasil kaji ulang

No	Uraian	Desain Semula (<i>Existing</i>)	Kaji Ulang	Deviasi/ Perbedaan
		Q_{50}	Q_{25}	
		(m)	(m)	(m)
1	Debit rancangan	255,690 m ³ /dt	237,693 m ³ /dt	17,997 m ³ /dt
2	Lebar peluap <i>Check dam</i>	15,00	15,00	0
3	Tinggi jagaan pada peluap	1,20	1,20	0
4	Tinggi muka air banjir rencana	5,26	2,57	2,69
5	Tinggi muka air diatas peluap	3,26	3,13	0,13
6	Lebar Ambang Peluap	2,0	2,0	0
7	Tinggi tubuh check dam	2,0	2,0	0
8	Kemiringan <i>main dam</i> dan Hulu	1:34	1:31	0
9	Panjang Lantai Muka	26,60	15,12	11,48
10	Tebal Lantai Kolam Olakan	2,00	1,98	0.02
11	Tinggi Tubuh <i>Sub dam</i>	1,0	1,00	0
12	Panjang Kolam Olak	14,00	13,00	1,00
13	Dalam Lantai Olakan diukur dari puncak bendung	1,00	1,00	0
14	Kedalam Pondasi Bendung	7,50	7,50	0
15	Lebar Pondasi Bendung	11,40	11,40	0

Data Teknis Kaji Ulang

Dari hasil perhitungan hidrolis bendung dan perhitungan dimensi bendung penahan sedimen diperoleh data teknis sebagai berikut :

Elevasi dasar sungai eksisting	= + 256,22	
Tinggi ambang check dam di desain (H_1)	= 2	
Tinggi ambang check dam di desain pondasi (H)	= 5,07	
Elevasi ambang peluap	= + 258,22	
Lebar tubuh bendung (B_1)	= 55 m	
Tinggi jagaan	= 1,20 m	
Muka air banjir rencana (h_2)	= 2,58 m	
Tinggi muka air di atas peluap (h_3)	= 3,13 m	
Lebar ambang peluap	= 2 m	
Kemiringan mercu bagian hulu (m)	= 1 : 30	
Panjang lantai muka	= 15,12 m	
Tebal lantai kolam olakan	= 1,98 m	
Kedalaman pondasi <i>sub dam</i>	= 1 m	
Panjang total lantai kolam olak (L)	= 13,00	

KESIMPULAN

- Dengan debit banjir rencana kala ulang 25 tahun (Q_{25}), dimensi bangunan penahan sedimen (*check dam*) didapatkan hasil yaitu lebar mercu 19,00 m, tinggi jagaan pada peluap 1,20 m, lebar peluap bangunan penahan sedimen 15,00 m, lebar ambang peluap 2,00 m, tinggi tubuh *checkdam* 2,00, panjang lantai muka 15,12 m, tebal lantai kolam olak 1,98 m, tinggi *Subdam* 1,00 m, panjang kolam olak 13,00 m
- Untuk menentukan dimensi yang aman berdasarkan stabilitas terhadap geser, guling dan gaya dukung tanah di lakukan langkah – langkah perhitungan hidrolis, perhitungan stabilitas bendung, perhitungan momen dan langkah selanjutnya adalah menganalisis stabilitas bendung setelah didapatkan hasil dari perhitungan – perhitungan sebelumnya dan langkah – langkah perhitungan tersebut harus sesuai dengan Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen.
- Hasil perencanaan kaji ulang dengan perencanaan sebelumnya deviasi di beberapa bagian seperti : tinggi jagaan pada peluap, tinggi tubuh *checkdam*, panjang lantai muka, tebal lantai kolam olakan, panjang kolam olakan, kedalaman pondasi bendung dan lebar pondasi bendung.

DAFTAR PUSTAKA

Christadi, Hary, 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada Univerity Press, Yogyakarta.

_____, 2002, *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada Univerity Press, Yogyakarta.

_____, 2010, *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian I*, Gadjah Mada Univerity Press, Yogyakarta.

Direktorat Jendral Pengairan, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Bangunan Utama : (KP-02) Departemen Pekerjaan Umum*, CV Galang Persada, Bandung.

- Direktorat Jendral Pengairan, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Parameter Bangunan : (KP-06)* Departemen Pekerjaan Umum, CV Galang Persada, Bandung.
- Direktorat Jendral Pengairan, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Standar Penggambaran : (KP-07)* Departemen Pekerjaan Umum, CV Galang Persada, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, *Standar Tata Cara Perencanaan Teknik Bendung Penahan Sedimen SK SNI T – 19 – 1991 – 03*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, *Standar Tata Cara Perencanaan Umum bendung SK SNI T – 02 – 1991 – F*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dwi Sadi, Rino, 2016, *Kaji Ulang Bendung Penahan Sedimen Waduk Karian*, FT UNTIRTA, Cilegon.
- Mulyadi, Udi, 2017, *Kaji Ulang Perencanaan Bendung Penahan Sedimen (Checkdam II) di Hulu Waduk Karian Desa Cipanas Kabupaten Lebak*, FT UNBAJA, Serang.
- Soedarsono, 1998, *Tugas Dasar Perencanaan Bendung*, Teknik Sipil Politeknik PU – Politeknik ITB, Bandung.
- Soedarsono, 2006, *Irigasi dan Bangunan Air : Dasar – dasar Perencanaan Bendung Tetap*, Diktat Kuliah S-1 Jurusan Teknik Sipil, UNBAJA, Serang.
- Soedarsono, 1972, *Perhitungan Bendung Tetap*, Dirjen Pengairan, Bandung.