

## DESAIN BANGUNAN PENAHAN SEDIMEN SUNGAI DI SUB DAS RINDU HATI KABUPATEN BENGKULU TENGAH

M Belladona<sup>1,\*</sup>, N Nasir<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH

Jalan Ahmad Yani No. 1 Bengkulu, 38117

\*Email: brilian.tyas@gmail.com

Diterima: 14 Agustus 2018

Direvisi: 16 September 2018

Disetujui: 18 Nopember 2018

### ABSTRAK

Wilayah Kabupaten Bengkulu Tengah memiliki beberapa sungai dan anak-anak sungai dengan pola drainase paralel. Perubahan tata guna lahan di Kecamatan Taba Penanjung mengakibatkan terjadinya erosi dan sedimentasi pada aliran sungai. Salah satu sungai di kecamatan Taba Penanjung yang mengalami sedimentasi adalah sungai Rindu Hati dengan panjang 19,598 Km dan lebar 29 m. Metode penelitian menggunakan analisis hidrologi dan hidrolika berdasarkan data sekunder (data curah hujan, data topografi, data morfologi sungai dan data pendukung lainnya). Hasil analisis menunjukkan debit maksimum yang terjadi di Sungai Rindu Hati adalah 1529,5122 m<sup>3</sup>/det. Erosi lahan yang terjadi 16,934 ton/Ha/tahun dengan angkutan sedimen sebesar 1,431 ton/Ha/tahun. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bangunan penahan sedimen yang sesuai adalah *check dam* dengan tinggi peluap 8,73 m untuk main dam dan 3 m untuk sub dam.

**Kata kunci:** perubahan tataguna lahan, erosi lahan, sedimentasi sungai, *check dam*

### ABSTRACT

The area of Bengkulu Tengah Regency has several rivers and streams with a parallel drainage pattern. Changes in land use in Taba Penanjung sub-district causing erosion and sedimentation in the river basin. One of the rivers in Taba Penanjung sub-district that have sedimentation is Rindu Hati river with length 19,598 Km and width 29 m. The research method used hydrology and hydraulics analysis based on secondary data (rainfall data, topography data, river morphology data and other supporting data). The result of the analysis shows that the maximum discharge occurring in Sungai Rindu Hati is 1529,5122 m<sup>3</sup> / s. Land erosion occurred 16,934 ton / ha / year with sediment transport equal to 1,431 ton / ha / year. Based on these results it can be concluded that the appropriate sedimentary retaining building is *check dam* with high spill 8.73 m for main dam and 3 m for sub dam.

**Keywords:** land use change, land erosion, river sedimentation, *check dam*

## PENDAHULUAN

Kecamatan Taba Penanjung Kabupaten Bengkulu Tengah memiliki permukaan tanah landai (0-8%) seluas 8,9%, berbukit (8-15%) sebesar 6,6%, berbukit kelerengan (dengan kemiringan 15-25% sebesar 6,0%), lereng (25-40%) sebesar 3,2% hingga berbukit curam (> 40%) seluas 0,2%. Kecamatan Taba Penanjung dilintasi sungai Rindu Hati sepanjang 19 Km yang terletak di kawasan DAS Air Bengkulu sub DAS Rindu Hati dengan luas 19.357,69 Ha.

Peruntukan lahan terdiri atas permukiman penduduk 22,0197 hektar, perkebunan karet rakyat 117,172 hektar, persawahan 290,049 hektar, areal penggunaan lain 55,878 hektar, kebun campuran dan hutan sekunder 17.902,697 hektar, hutan belukar 73,665 hektar, dan hutan primer seluas 925,757 hektar. Pencarian utama penduduk desa bergerak di bidang pertanian.

Pada tahun 2008, 80% luas kawasan hutan lindung Rindu Hati telah berubah menjadi lahan pertanian dan perkebunan. Sebagian besar petani yang menjadi penggarap di lahan tersebut, berasal dari desa lain dan daerah di luar Kabupaten Bengkulu Tengah. Survey lapangan mengindikasikan hanya ada sedikit tutupan lahan hutan yang secara aktual benar-benar berhutan. Area berhutan hanya ditemukan di bukit-bukit dengan medan curam dan berbatu yang tidak ideal untuk pertanian. Masyarakat desa juga mengolah lahan di hutan lindung di sepanjang hulu sungai.

Aktifitas perusahaan pertambangan batu bara di bagian hulu menyediakan kesempatan kerja untuk masyarakat setempat, namun keberadaan perusahaan itu juga sekaligus mencemari sungai. Meskipun hanya beroperasi disebagian kecil Sungai Air Bengkulu, namun aktifitas pertambangan telah menyebabkan pencemaran serius mencapai bagian tengah dan di bawahnya. Aktivitas pertanian dan pertambangan pada hulu sungai mengakibatkan terjadinya sedimentasi pada sungai Rindu Hati.

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana membuat desain bangunan penahan sedimen pada sub DAS Rindu Hati? Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung besar laju erosi dan sedimentasi yang terjadi dan membuat

rancangan desain bangunan penahan sedimen pada Sub DAS Rindu Hati Kabupaten Bengkulu Tengah. Rencana pemecahan masalah adalah dengan membuat bangunan penahan sedimen (*checkdam*) sehingga debit air pada sungai Rindu Hati dapat dioptimalkan seperti semula.

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material hasil erosi pada tempat tertentu. "Proses sedimentasi dimulai dari jatuhnya air hujan yang mengalir kemudian membawa angkutan sedimen dan sedimen mengendap pada tempat tertentu" (Rahayu, Suyanto, & Solichin, 2017). Endapan sedimentasi akan semakin bertambah dan akan menimbulkan pendangkalan pada waduk dan muara sungai yang akan mengurangi umur dan kapasitas waduk (Asdak, 2007). Besarnya tingkat erosi di pengaruhi oleh sedimen yang terangkut, semakin banyak sedimen yang terangkut semakin besar juga erosinya. Erosi tanah yang meliputi proses pelepasan butir-butir tanah dan pemindahan tanah akan menyebabkan timbulnya bahan endapan atau sedimentasi (Mahawati, Suyanto, & Hadiani, 2015). Erosi dapat menimbulkan pendangkalan karena tanah mengalir bersama dengan alir, butir-butir tanah yang terlepas akibat erosi akan terangkut masuk ke dalam aliran sungai dan kemudian akan mengendap pada tempat tertentu berupa sedimentasi (Asdak, 2007).

Bangunan penahan sedimen adalah bangunan yang dibangun di lembah sungai yang cukup dalam untuk menahan, menampung dan mengendalikan sedimen agar jumlah sedimen yang mengalir menjadi lebih kecil. *Check dam* merupakan bangunan pengendali sedimen, bangunan ini biasanya terdapat di sebelah hulu yang berfungsi memperlambat gerakan dan berangsur-angsur mengurangi volume sedimen. Dibutuhkan bangunan check dam yang kuat untuk menahan aliran air dan menahan benturan dari sedimen yang terangkut (Siswanto, 2011).

*Check dam* biasanya digunakan pada *chatchment area* yang kecil karena mempunyai daya tampung yang sangat kecil dan umur layan *check dam* sangat pendek. *Check dam* juga digunakan untuk mengatur kemiringan dasar sungai sehingga mencegah terjadinya penggerusan yang membahayakan stabilitas bangunan di sepanjang sungai. (Michalec, Lenart-Boron, Cupak, & Walega, 2014)

Bentuk tipikal konstruksi *check dam* yang umum digunakan terdiri dari *main dam*, apron atau lantai dan *side wall* artau dinding samping yang keduanya terletak di antara *main dam* dan *subdam*. Pada *main dam* biasanya diberi lubang (*drain hole*) yang berfungsi untuk mengurangi tekanan air serta berguna pada saat pemeliharaan bangunan.

Perhitungan perencanaan check dam dilakukan dengan menghitung hujan kawasan menggunakan hujan titik karena pada kawasan ini hanya terdapat satu stasiun penakar hujan. Data curah hujan yang diperoleh dari stasiun penakar hujan diolah menggunakan distribusi berikut:

- Distribusi Gumbel  $X = \bar{X} + S \cdot K_T$ ..... (1)

- Distribusi Log Pearson III  
 $\log X_t = \log \bar{X} + K \cdot s_i$  ..... (2)

- Distribusi Log normal  $Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot S$  ... (3)

Hasil perhitungan distribusi diuji menggunakan uji kesesuaian chi kuadrat dan smirnov kolmogorov.

- Uji Chi Kuadrat menggunakan parameter  $X_n^2$  yang dapat dihitung dengan rumus:

$$X_n^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

$X_n^2$  = Parameter chi kuadrat terhitung

G = jumlah sub kelompok

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok

- Uji Smirnov Kolmogorov

Bentuk persamaan ditulis sebagai berikut:

$$\Delta = \max [P(X_m) - P'(X_m)] < \Delta_{cr} \dots\dots (5)$$

Dimana:

$\Delta$  = selisih antara peluang teoritis dan empiris

$\Delta_{cr}$  = simpangan kritis

$P(X_m)$  = peluang teoritis

$P'(X_m)$  = peluang empiris

Perhitungan peluang empiris dan teoritis menggunakan persamaan Weibull (Sosrodarsono, 2002).

$$P = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (6)$$

$$P' = \frac{m}{n-1} \dots\dots\dots (7)$$

m = nomor urut data

n = jumlah data

Data hasil perhitungan distribusi frekuensi yang memenuhi akan digunakan untuk menghitung

intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe (Suripin, 2004) sebagai berikut:

$$I_T = \frac{R^{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan:

$$T_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S}\right)^{0,385} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

$T_c$  = waktu konsentrasi

L = panjang sungai

S = kemiringan rata-rata daerah lintasan air

Perhitungan debit banjir rencana ( $Q_T$ ) menggunakan Metode Rasiona sebagai berikut:

$$Q_T = 0,2778 C.I.A \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

C = koefisien aliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = luas DAS (km<sup>2</sup>)

Kehilangan tanah (A) dipengaruhi oleh indeks erosivitas (R), indeks kepekaan tanah terhadap erosi (K), faktor pengelolaan tanaman (C), faktor pengendali erosi (P), indeks daya erosi curah hujan (R), faktor panjang (L) dan curamnya lereng (S) menggunakan persamaan umum kehilangan tanah (USLE) seperti dikemukakan oleh Wischmeir dan Smith (1978) dalam Asdak (2007) berikut:

$$A = R.K.L.S.C.P \dots\dots\dots (11)$$

Berdasarkan data curah hujan bulanan, faktor erosivitas hujan (R) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$EI_{30} = 2,21 R^{1,36} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

$EI_{30}$  = erosivitas hujan bulanan

R = curah hujan maksimal bulanan (cm)

Perhitungan sediment delivery ratio (SDR) menggunakan persamaan:

$$SDR = 0,41 \cdot A^{-0,3} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana:

A = luas DAS (km<sup>2</sup>)

Hubungan antara erosi lahan ( $E_a$ ), angkutan sedimen (SY) dan delivery ratio dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SY = SDR \times E_a \dots\dots\dots (14)$$

Perencanaan peluap menggunakan bentuk trapesium dengan pertimbangan dapat melewati debit banjir rencana. Rumus yang digunakan adalah:

$$Q = \frac{m^2}{25} \cdot C \cdot \sqrt{2g} \cdot (3B_1+2B_2) \cdot h_3^{2/3} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

- Q = debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/det)
- C = koefisien debit (0,6 – 0,68)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/det<sup>2</sup>)
- B<sub>1</sub> = lebar pelimpah bagian bawah (m)
- B<sub>2</sub> = lebar muka air pelimpah (m) = B<sub>1</sub>+(2m<sub>2</sub>.h)
- h<sub>3</sub> = tinggi muka air di atas peluap (m)
- m<sub>2</sub> = kemiringan tepi peluap

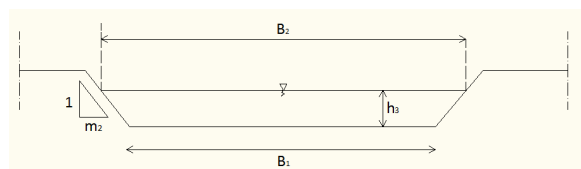
Ketinggian air di mercu dihitung menggunakan persamaan:

$$B_2 = B_1 + (2 \cdot m_2 \cdot h_3) \dots\dots\dots (16)$$

Kecepatan aliran di atas mercu dihitung dengan rumus:

$$d = 2/3 h \dots\dots\dots (17)$$

$$A1 = 1/2 (B_1 + m_2 \cdot d) \cdot d \dots\dots\dots (18)$$



**Gambar 1.** Penampang Peluap

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} \dots\dots\dots (19)$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} \dots\dots\dots (20)$$

$$V = \frac{V_1+V_2}{2} \dots\dots\dots (21)$$

Tinggi jagaan adalah tinggi tambahan pada suatu bangunan air yang berfungsi sebagai penahan limpasan (Direktorat Irigasi dan Rawa, 2013). Tinggi jagaan diukur dari ketinggian muka air maksimum ke tanggul bangunan air. Besarnya tinggi jagaan ditetapkan berdasarkan debit rencana seperti terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tinggi Jagaan

Debit Rencana (m <sup>3</sup> /det)	Tinggi Jagaan
Q < 200	0,6
200 < Q < 500	0,8
500 < Q < 2000	1,0
2000 < Q < 5000	1,2

Peluap harus mempunyai ketebalan yang efisien namun memiliki kekuatan untuk menahan bentura-benturan yang terjadi pada peluap. Penentuan tebal peluap dapat ditentukan berdasarkan kondisi alam sekitar

serta material yang akan ditahan sesuai dengan Tabel 2.

**Tabel 2.** Tebal Peluap

Lebar Peluap	B=1,5–2,5 m	B=3,0–4,0m
Material	Pasir dan Kerikil atau kerikil dan batu	Batu-batu besar
Hidrologis	Kandungan sedimen sedikit sampai dengan sedimen banyak	Debris flow besar sampai debris flow kecil

Perencanaan *main dam* meliputi perhitungan:

a. Penampang *Main Dam*

1) Untuk H < 15m:

$$(1+a)m^2 + \{2(n+\beta) + n(4\alpha+\gamma)\}m - (1+3\alpha) + \alpha\beta(4n+\beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) \dots\dots\dots (22)$$

$$\alpha = \frac{h_3}{H} \dots\dots\dots (23)$$

$$\beta = \frac{b_1}{H} \dots\dots\dots (24)$$

$$\gamma = \frac{\gamma_c}{\gamma_w} \dots\dots\dots (25)$$

2) Untuk H > 15 m:

$$\{(1+\alpha-\omega)(1-\mu) + \delta(2\tau^2 - \omega^2)\}m^2 + [2(n+\beta) \{1 + \delta\tau^2 - \mu(1+\alpha-\omega) - \omega\} - n(\alpha+\gamma) + 2\alpha\beta]m - (1-3\alpha) - \mu(1+\alpha-\omega)(n+\beta)^2 - \delta 2\tau^2 + \alpha\beta(4n+\beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) - \omega(n+\beta)^2 = 0 \dots\dots\dots (26)$$

$$\delta = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (27)$$

$$\tau = \frac{hc}{H} \dots\dots\dots (28)$$

$$\omega = \frac{h_2}{H} \dots\dots\dots (29)$$

Dimana:

$\gamma_c$  = berat volume bahan (ton/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  = berat volume air (liter/m<sup>3</sup>)

$\gamma_s$  = berat volume sedimen air (1,4-1,8 t/m<sup>3</sup>)

H = tinggi konstruksi (m)

b. Gaya-gaya yang bekerja pada *Main Dam*

1) Berat Sendiri (W)

$$W = \gamma_c \cdot A \dots\dots\dots (30)$$

Dimana:

W = berat sendiri per meter lebar

$\gamma_c$  = berat volume bahan yang digunakan (beton 2,4 ton/m<sup>3</sup> pasangan batu 2,2 t/m<sup>3</sup>)

A = volume per satuan lebar  
 2) Gaya Tekan Air Statik (P)  
 $P = \gamma_w \cdot h_w$  .....(31)  
 P = tekanan air horizontal pada titik sedalam  $h_w$  (t/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma_w$  = berat volume air (1 liter/m<sup>3</sup>)  
 $h_w$  = kedalaman air (m)

c. Perhitungan Stabilitas *Main Dam*  
 $M = M_v - M_h$  .....(32)  
 Syarat:  $\frac{1}{3} b_2 < x < \frac{2}{3} b_2$   
 Dimana:  
 $M_v$  = jumlah momen gaya vertikal (m)  
 $M_h$  = jumlah momen gaya horizontal (m)  
 Stabilitas terhadap geser:  
 $SF = \frac{v \cdot \tan \theta + C \cdot b_2 - \sum U}{H + Pa}$  .....(33)

Dimana:  
 SF = faktor keamanan  
 V = total gaya vertikal (t)  
 H = total gaya horizontal (t)  
 $\theta$  = sudut geser dalam tanah dasar  
 C = kohesi tanah  
 $b_2$  = panjang bidang geser (m)  
 Stabilitas terhadap guling:  
 $SF = \frac{M_v}{M_h + \sum M_u + M_a}$  .....(34)  
 $SF > 1,2$

d. Perencanaan Podasi  
 Kedalaman pondasi dihitung dengan rumus:  
 $d_1 = \frac{1}{3} (H_{eff} + h_3)$  ..... (35)

dimana:  
 $d_1$  = kedalaman pondasi  
 $H_{eff}$  = tinggi efektif Main Dam (m)  
 $h_3$  = tinggi muka air di atas peluap (m)  
 Dam harus ditempatkan minimal 1,0 meter dari permukaan batuan. Pada dasar pondasi berupa sedimen sungai, dasar dam harus ditempatkan minimal 2,0 meter dari dasar sungai. Untuk mencegah limpasan pada sayap, maka ke arah tebing sayap dibuat lebih tinggi dengan kemiringan  $\frac{1}{n_1} >$  kemiringan dasar sungai.

Lebar sayap diambil sama dengan lebar mercu peluap atau sedikit lebih sempit. Lebar sayap harus aman terhadap gaya luar. Tinggi sayap ditetapkan dari tinggi sayap ditetapkan dari besarnya tinggi muka air di

atas pelimpah dan besarnya tinggi muka air di atas pelimpah dan tinggi jagaan. Pusaran atau aliran yang berputar biasanya mudah terjadi pada lokasi di sekitar sudut-sudut *check dam*. Sudut *check dam* tersebut merupakan pertemuan antara sayap-sayap *check dam* dengan tebing sungai (SNI 2851, 2015).

Daya tampung bangunan pengendali sedimen digunakan rumus berikut:

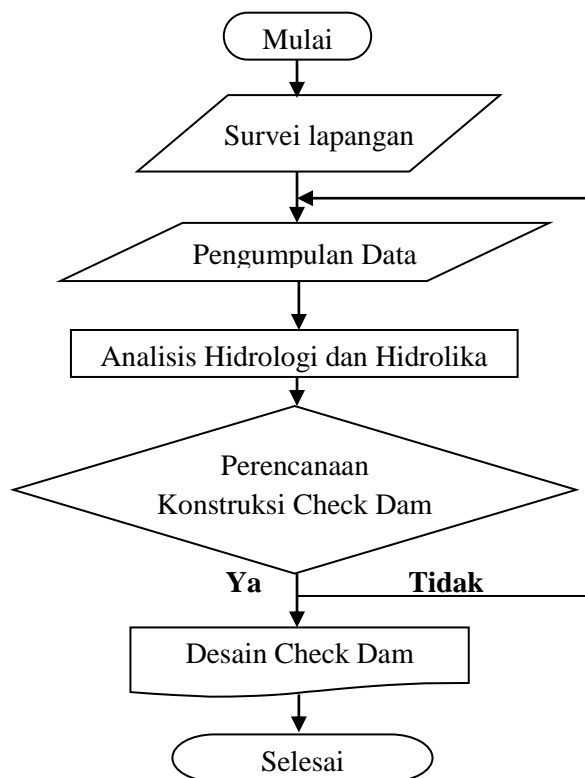
$V_d = 1,5 (0,40 \cdot i_s \cdot h^2 \cdot B)$  .....(36)

$V_c = 1,5 (0,67 \cdot i_s \cdot h^2 \cdot B)$  .....(37)

Dimana:  
 H = tinggi efektif *check dam*  
 B = lebar rata-rata dasar sungai  
 $i_s$  = kemiringan dasar sungai  
 $V_d$  = daya tampung mati (*dead storage*)  
 $V_c$  = daya tampung terkontrol (*control volume*)

**METODE PENELITIAN**

Data yang digunakan berupa data sekunder berupa data curah hujan, data morfologi sungai dan data pendukung lainnya. Data tersebut diolah dan dianalisis menggunakan analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Diagram Alur Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan distribusi curah hujan dengan metode Gumbel didasarkan pada data curah hujan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Perhitungan Distribusi Hujan dengan Metode Gumbel

Tahun	Xi	(Xi-X)	(Xi-X) <sup>2</sup>
2007	232,42	-25,786	664,918
2008	268,08	9,874	97,496
2009	276,5	18,294	334,670
2010	208,75	-49,456	2445,89
2011	217,83	-40,376	1630,221
2012	277,75	19,544	381,968
2013	331,16	72,954	5322,286
2014	246,91	-11,296	127,599
2015	208,66	-49,546	2454,81
2016	314	55,794	3112,97
Jumlah	2582,06		16572,832

Nilai Xi rata-rata =  $\bar{X}_i = 258,206$

Standar deviasi =  $S = 42,9114$

Nilai distribusi Gumbel menggunakan persamaan (1) diperoleh nilai  $X_5 = 236,133$  mm;  $X_{20} = 238,799$  mm;  $X_{50} = 239,729$  mm.

Perhitungan distribusi curah hujan menggunakan metode Log Normal dan Log Person III berdasarkan Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Perhitungan Distribusi Curah Hujan dengan Metode Log Normal dan Log Person III

Xi	Log Xi	(LogXi-LogX) <sup>2</sup>	(LogXi-LogX) <sup>3</sup>
232,42	2,36637	0,001631	-6,58.10 <sup>-5</sup>
268,08	2,42826	0,000467	1,009.10 <sup>-5</sup>
276,5	2,44169	0,001228	4,301.10 <sup>-5</sup>
208,75	2,31963	0,007574	-0,00066
217,83	2,33812	0,004698	-0,00032
277,75	2,44365	0,001368	5,064.10 <sup>-5</sup>
331,16	2,52003	0,012855	0,001457
246,91	2,39253	0,000199	-2,82.10 <sup>-6</sup>
208,66	2,31944	0,007607	-0,00066
314	2,49693	0,008149	0,000736
Jml		0,045777	0,000584

Nilai rata-rata =  $\text{Log } \bar{X}_i = 2,306$

Standar Deviasi =  $S = 0,070$

Nilai distribusi Log Person III menggunakan persamaan (2) didapat nilai  $X_5 = 231,6327$  mm;  $X_{20} = 263,511$  mm;  $X_{50} = 281,514$  mm. Nilai distribusi Log Normal menggunakan persamaan (3) didapat nilai  $X_5 = 291,1387$  mm;  $X_{20} = 332,0473$  mm;  $X_{50} = 360,6616$  mm.

Dari ketiga metode distribusi di atas diuji distribusi yang dapat dipakai dalam perhitungan menggunakan persamaan (4) dan (5). Hasil uji distribusi statistik dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

**Tabel 5.** Hasil uji distribusi statistik

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Keterangan
Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^2 = 0,152$	0,438	Tidak memenuhi
	$C_v \approx 0,06$	0,030	Memenuhi
Log Person III	$C_s \neq 0$	0,234	Tidak Memenuhi
	$C_v \approx 0,3$	14,41	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s \approx 1,1396$	0,438	Tidak memenuhi
	$C_k \approx 5,4002$	13,41	Tidak memenuhi

**Tabel 6.** Perhitungan Uji Chi Kuadrat

Probabilitas (%)	Of	Ef	Ef-Of	$\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$
195,49 < X < 221,83	3	2	-1	0,5
221,83 < X < 248,16	2	2	0	0
248,16 < X < 274,49	1	2	1	1
274,49 < X < 300,83	2	2	0	0
300,83 < X < 327,17	2	2	0	0
Jumlah	10	(λh) <sup>2</sup>		0,5

Berdasarkan perhitungan dan uji kecocokan maka dipilih distribusi log normal. Nilai hasil perhitungan distribusi digunakan untuk menghitung intensitas hujan ( $I_{100}$ ) dengan rumus (8) dan waktu konsentrasi (tc) memakai persamaan (9), diperoleh angka waktu konsentrasi (tc) sebesar 2,9567 dan intensitas hujan (I) = 47,37 mm/jam. Debit banjir rencana ( $Q_{100}$ ) dihitung dengan persamaan (10) dan diperoleh nilai  $Q = 1529,5122$  m<sup>3</sup>/det.

Erosivitas ( $EI_{30}$ ) = 5498,15, erodibilitas tanah (K) berdasarkan jenis tanah di lokasi yaitu 0,22, faktor tanaman (C) = 0,01, faktor LS diambil 1,4, faktor usaha pencegahan erosi (P) = 1, sehingga didapat laju erosi (A) sesuai persamaan (12) adalah 16,9343 ton/Ha/tahun. Sedimen ratio (SDR) dihitung dengan rumus (13) didapat 0,084 ton/Ha/tahun dan nilai SY = 1,431 ton/ha/tahun.



Tinggi air di atas peluap berbentuk peluap trapesium dengan  $m_2 = 0,5$  dan  $C = 0,6$  adalah  $h$  diperoleh dengan cara trial and error yaitu 8,73 m. Lebar atas peluap ( $B_2$ ) adalah 38,73 m dengan kecepatan rata-rata 11,8091 m/detik. Tinggi jagaan adalah 1 meter dan lebar mercu peluap ( $g_1$ ) yaitu 3 m dengan kriteria berupa batuan besar dan kriteria hidrologi.

Tinggi main dam ( $H$ ) ditentukan sebesar 5 m, lebar mercu peluap sebesar 3 meter, kemiringan badan maindam di hulu 1:n menggunakan rumus (22) didapat nilai  $\alpha = 1,746$ ,  $\beta = 0,6$ ,  $\gamma = 2,18$  dan nilai  $m_1 = -3,23$  serta  $m_2 = 0,9$ , jadi diambil kemiringan hulu adalah 0,9. Gaya-gaya yang ditinjau untuk keadaan normal adalah gaya vertikal dan gaya horizontal dengan berat jenis air ( $\rho_w$ ) = 1 ton/m<sup>3</sup> dan nilai  $\gamma$  2,4, berat jenis sedimen dalam air ( $\rho_e$ ) = 1,1 ton/m<sup>3</sup>, nilai  $\varepsilon = 1,2$ , koefisien gempa ( $K$ ) = 0,12. Gaya vertikal dalam keadaan banjir terlihat pada Tabel 7 dan gaya horizontal pada Tabel 8.

**Tabel 7.** Gaya Vertikal dalam keadaan banjir

	Gaya	Jarak ke Pusat Momen	Momen
$W_1$	6	5,1	30,6
$W_2$	36	6	216
$W_3$	24	3	72
$v_{w1}$	10	1,5	15
$v_{w2}$	65,25	6	391,5
$P_{ev}$	17,82	2	29,7
$\sum V_1$	156,07	$\sum M_{y1}$	754,8

**Tabel 8.** Gaya Horizontal dalam keadaan banjir

	Gaya	Jarak ke Pusat Momen	Momen
$H_1$	0,72	1,66	1,195
$H_2$	4,32	2,5	12,6
$H_3$	3,24	1,66	4,78
$H_{w1}$	30,825	4,11	126,69
$P_{eh}$	5,346	2,00	10,692
$\sum H_1$	44,451	$\sum M_{x1}$	155,95

Stabilitas terhadap guling ( $X$ ) adalah 5,8355 dinyatakan aman karena  $4,66 < 5,8355 < 9,33$ . Stabilitas terhadap geser ( $N$ ) adalah 6,83 dan aman karena nilai  $N$  harus lebih besar dari 0,2. Kedalaman pondasi ( $d_1$ ) yang dihitung menggunakan persamaan (35) didapat 4,57 m dan karena tanah dasar sungai merupakan lapisan tanah bebatuan atau keras maka pondasi main dam dibuat  $\pm 2$  meter dari dasar sungai.

Lebar sayap diambil sama dengan lebar mercu yaitu 3,5 m dan kedalaman sayap direncanakan 2 m ke arah dalam tebing. Jarak *sub dam* dan *main dam* ( $L$ ) diambil 20,595 m dan lebar mercu *sub dam* sama dengan lebar mercu *main dam*. Tinggi *sub dam* ( $H'$ ) adalah 3 m dengan kemiringan badan sub dam di bagian hilir 1:0,2 dan tebal peluap ( $b_1$ ) untuk *sub dam* adalah 3 m Lantai (apron) direncanakan tanpa kolam olak dengan tebal lantai diambil sebesar 1 m. Tinggi air di atas peluap ( $h_3$ ) adalah 8,73 m dengan tinggi jagaan 1 m dan tebal peluap 3 m.

Elevasi pondasi tembok tepi direncanakan sama dengan elevasi lantai terjun, tetapi harus terletak di luar titik jauh dari main dam. Ketinggian tembok tepi direncanakan sama dengan atau sedikit lebih tinggi dari ketinggian sayap *sub dam*. Selimut beton direncanakan menggunakan beton mutu K225 dengan tebal 30 cm. Tulangan rangkap berdiameter 12 mm dengan jarak 20 cm arah vertikal dan horizontal. Lebar lubang drainase diambil 0,5 s.d. 1 meter lubang drainase (drain hole) dengan bentuk persegi dan luas 0,75 x 0,75 m<sup>2</sup> sebanyak 5 buah dengan jarak masing-masing 6 m.

Daya tampung bangunan pengendali sedimen dihitung menggunakan rumus (36) dan (37), diperoleh nilai  $V_d = 9$  ton/m<sup>3</sup>/det dan  $V_c = 15,075$  ton/m<sup>3</sup>/det.

Hasil analisis hidrologi didapat debit banjir rencana sebesar 1529,5122 m<sup>3</sup>/det. Nilai hasil sedimen adalah 1,431 ton/ha/tahun yang diperoleh berdasarkan perhitungan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya sedimentasi yaitu erosi lahan sebesar 16,9343 ton/ha/tahun, nilai SDR sebesar 0,084 ton/ha/tahun, serta luas DAS sebesar 193,5769 Ha.

Hasil analisis hidrolika didapat tinggi peluap yaitu 8,73 m dengan tinggi main dam 5 m dan panjang apron/lantai terjun 20,595 m. Tebal lantai main dam adalah 1 m dengan ketinggian sub dam 3 m dan tebal peluap 3 m. Berdasarkan hasil analisis di atas menunjukkan bahwa sedimentasi yang terjadi pada Sub DAS Rindu Hati dapat ditanggulangi dengan membangun check dam dengan ukuran masing-masing tinggi peluap 8,73 m, tinggi main dam 5 m dan tinggi sub dam 3m beserta bangunan pelengkap pada hulu sungai sesuai dengan hasil perencanaan di atas. Tumpukan sedimen yang

ada saat ini perlu dikeruk dan dilakukan normalisasi sungai untuk menghindari pendangkalan yang semakin parah.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi sedimentasi di sungai Rindu Hati diakibatkan karena erosi lahan dari hulu DAS. Untuk mengatasi masalah ini maka perlu dibuat *checkdam* yang terdiri atas peluap, main dam, sub dam dan bangunan pelengkap.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: UGM Pres.
- Badan Standarisasi Nasional, 2015, *Standar Nasional Indonesia (SNI) 2851. Desain Bangunan Penahan Sedimen*.
- Direktorat Irigasi dan Rawa. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan Bagian Saluran*. Jakarta: Kemeterian Pekerjaan Umum Dirjen Sumber Daya Air.

- Michalec, B.K., Lenart-Boron, A.M., Cupak, A.K., & Walega, A.S. 2014. *The Evaluation of Heavy Metal Content in Water and Sediments of Small Reservoirs in Light of Various Environmental Quality Regulations*. Journal of Environmental Science and Health, Part A..
- Mahawati, F.I., Suyanto, & Hadiani, R. 2014. *Sedimentasi di DAS Bah Bolon akibat Tata Guna Lahan*. E-journal Matrik Teknik Sipil, Juni 2015. Hal.593-602.
- Rahayu, T. Suyanto, & Solichin. 2017. *Evaluasi Fungsi Bangunan Pengendali Sedimen (Check Dam) Pengkol berdasarkan Perubahan Tata Guna Lahan Kali Keduang Kabupaten Wonogiri*. Surakarta: e-journal Matriks Teknik Sipil. Hal. 16-22.
- Siswanto. 2011. *Kajian Sedimentasi Rencana Bangunan Penahan Sedimen Sungai Kapur Kecil*. Riau: Jurnal Teknobiologi Vol 2 No.1 Universitas Riau.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.