

# STUDI PERENCANAAN BANGUNAN PENGENDALI SUNGAI DI TUKAD LAMPAH KECAMATAN GEROKGAK KABUPATEN BULELENG PROVINSI BALI

Yonanda Renantono<sup>1</sup>, Very Dermawan<sup>2</sup>, Dian Chandrasasi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya

<sup>2</sup>Dosen Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

<sup>1</sup>e-mail: renantonoyonanda@gmail.com

## ABSTRAK

Tukad Lampah merupakan sungai *intermittent*, yang hanya mengalir pada saat musim penghujan. Tukad Lampah memiliki debit banjir besar dan kapasitas penampang sungai yang kecil. Kondisi ini bisa menjadi ancaman pada daerah sekitar hulu dan hilir sungai. Mengingat karakteristik sungai seperti yang diuraikan diatas, maka Tukad Lampah membutuhkan suatu sistem pengendalian sungai yang efisien. Perencanaan bangunan pengendali sungai pada Tukad Lampah terdapat dua bagian perencanaan yaitu dengan normalisasi sungai dengan penambahan bangunan *revetment* dan perencanaan *groundsill* untuk menjaga dasar sungai tidak mengalami penurunan. Untuk mendapatkan debit banjir rancangan digunakan metode hidrograf satuan sintesis Nakayasu dan Snyder untuk kala ulang 2, 25, 50, 100 tahun. Program HEC-RAS 4.1. digunakan untuk mensimulasikan perilaku aliran pada debit banjir rancangan dengan kala ulang 2, 25, 50 dan 100 tahun. Perencanaan normalisasi sungai dilakukan dengan cara membuat kemiringan rencana sungai yaitu sebesar 0.005 dan melakukan perencanaan perbaikan tebing kanan kiri sungai sepanjang 300 m dari P1 sampai dengan P11. Perencanaan bangunan ambang atau drempel (*groundsill*) dilakukan pada P15. Dalam pekerjaan normalisasi sungai dengan pemberian *revetment* pada kanan kiri sungai di bagian hilir, dibutuhkan anggaran biaya sebesar Rp 1.226.200.000,00. Sedangkan anggaran biaya untuk konstruksi *groundsill* sebesar Rp 705.210.000,00.

**Kata kunci:** sungai, normalisasi, *revetment*, *groundsill*, Hec RAS 4.1.

## ABSTRACT

*Tukad lampah is an intermittent river, that only flow when rainy season. It has high discharge flood and small capacity cross section. In this condition can be a threat in the area around upstream and downstream of the river. Considering the characteristics of the river as elaborated above, then Tukad Lampah need an efficient control system at a river. The planning of Tukad Lampah has been divided in to two parts, there are river normalization and groundsill planning to avoid the slope sliding. To get flood discharge design by using of unit hidrograf of synthetic Nakayasu and Snyder with period 2, 25, 50, 100 years. HEC-RAS 4.1 program used to simulate the behavior of the flow on the design of flood discharge with period 2, 25, 50 and 100 years. The planning of normalization river can be done by make the slope river become 0.005 and repair the right and left side of the river along 300 m from P1 to P11. Groundsill planning will be bulid on P15. The study of river normalization with revetment on the right and left of river in the downstream, will be cost around of Rp 1.226.200.000,00. The estimate cost of groundsill construction is around Rp 705.210.000,00 .*

**Keywords:** river, normalization, *revetment*, *groundsill*, HEC RAS 4.1.

## 1. PENDAHULUAN

Tukad Lampah merupakan sungai intermitten, yang hanya mengalir pada saat musim penghujan. Dengan demikian, sungai ini mempunyai fluktuasi debit yang besar antara kondisi kering dan basah. Kondisi ini bisa menjadi ancaman pada daerah sekitar alur sungai dan muara. Dengan topografi sungai yang variatif dari topografi tinggi ke rendah, dan panjang sungai yang tidak terlalu panjang, maka perpindahan kondisi angkutan sedimen juga bervariasi dari kondisi aliran sedimen massa (*debris*) dengan aliran sedimen butiran (*fluvial*).

Dalam studi perencanaan ini hal yang dibutuhkan penyelidikan kondisi sungai terhadap kemampuan penyaluran debit banjir dan apabila tidak mencukupi maka dapat dilakukan upaya untuk melakukan normalisasi dan perencanaan pembangunan bangunan air pengendali sungai untuk menanggulangi dampak negatif dari perilaku sungai pada Tukad Lampah, sehingga tidak menimbulkan bencana.

### 1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah di atas, maka dapat dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi pengaliran debit banjir rancangan di Tukad Lampah?
2. Bagaimanakah kondisi awal atau eksisting pengaliran Tukad Lampah?
3. Bagaimana perencanaan normalisasi dan struktur bangunan penahan tebing (*revetment*) di Tukad Lampah sesuai dengan kondisi lapangan?
4. Bagaimana perencanaan bangunan *groundsill* pada Tukad Lampah?
5. Berapakah rencana anggaran biaya pelaksanaan konstruksi pada Tukad Lampah?

### 1.2. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka didapatkan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi debit banjir yang terjadi di Tukad Lampah.
2. Mengetahui kondisi hidrolika sungai pengaliran yang terjadi di Tukad Lampah.
3. Dapat mendesain penampang sungai dan struktur penahan gerusan tebing (*Revetment*) yang sesuai dengan kondisi lapangan.
4. Desain rencana bangunan ambang lebar atau *drempele* (*groundsill*) yang sesuai dengan kondisi lapangan.
5. Rencana anggaran biaya normalisasi sungai dan konstruksi *groundsill* di Tukad Lampah.

### 1.2 Manfaat

Manfaat yang di dapat dalam studi perencanaan pengendali sungai adalah sebagai berikut:

1. Normalisasi yang dilakukan dapat menanggulangi terjadi banjir ketika di musim penghujan
2. *Revetment* meningkatkan kapasitas sungai, sehingga mampu dilalui debit maksimum.
3. Lereng tanggul atau penahan tebing (*Revetment*) dan tebing sungai aman terhadap arus sungai dan dapat menahan tanah di atasnya agar tidak longsor.
4. Ambang lebar atau *drempele* (*ground sill*) dapat menanggulangi terjadinya penggerusan dasar sungai.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Uji Konsistensi Data

Pengujian sederhana yang dilakukan untuk mendeteksi penyimpangan ini, umumnya dilakukan dengan analisa perbandingan normal (*Normal Ratio Method*). Rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \frac{A_{n_x}}{A_{n_i}}$$

Dengan:

$D_x$  = Data tinggi hujan harian maksimum di stasiun x



- $n$  = Jumlah stasiun di sekitar  $x$  untuk mencari data di  $x$   
 $d_i$  = Tinggi hujan harian maksimum di stasiun  $i$   
 $An_x$  = Tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun  $x$   
 $An_i$  = Tinggi hujan rata-rata tahunan di stasiun sekitar  $x$

## 2.2. Metode Rerata Arithmatik

Metode ini paling sederhana dalam perhitungan curah hujan daerah. Metode ini sangat cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, alat penakar tersebar merata/hampir merata, dan cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar, dan harga individual cara hujan tidak terlalu jauh dari harga rata-ratanya. Hujan diperoleh dari persamaan berikut. (Hadisusanto, Nugroho, 2011)

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Dengan:

- $P$  = hujan rata-rata (mm)  
 $P_1, P_2, \dots, P_n$  = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm).

## 2.3. Distribusi Gumbel

Dimana sebaran ini mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda sebagai berikut (Hasisusanto, Nugroho, 2011):

$$P(x) = e^{(-e)^{-Y}}$$

Dengan:

$$X \leq x$$

$$-\infty < X < +\infty$$

Dengan:

- $P(X)$  = fungsi kerapatan peluang  $X$   
 $X$  = variable acak kontinyu  
 $e$  = 2,71828  
 $Y$  = fungsi reduksi (*reduced variate*)  
 Dengan:  
 $X$  = Perkiraan nilai pada periode ulang tertentu.  
 $\bar{x}$  = Nilai rata-rata kejadian  
 $S$  = Standar deviasi kejadian  
 $k$  = Faktor frekuensi  $k$  untuk harga ekstrim Gumbel,

$$k = \frac{Y_T + y_n}{S_n}$$

Dengan:

- $Y_T$  = Reduksi variat  
 $y_n$  = reduksi rata-rata variat yang nilainya tergantung jumlah data ( $n$ )

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \left\{ \frac{(Tr-1)}{Tr} \right\} \right]$$

$Tr$  = periode ulang

$S_n$  = standar deviasi variat yang nilainya tergantung jumlah data ( $n$ )

## 2.4. Log Person Tipe III

Apabila  $X_i$  adalah sampel data sebesar  $n$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ), dalam hubungan berikut:

$$Y_i = \text{Log}(X_i)$$

Jika  $Y_i$  terdistribusi menurut Pearson III, maka  $X_i$  terdistribusi menurut Log Pearson III (log dengan bilangan dasar 10).

Untuk mencari  $Y$  dgn kala ulang (probabilitas) tertentu, digunakan rumus sebagai berikut:

$$Y = \bar{Y} + K \cdot S_y$$

Dengan:

- $Y$  = harga rerata  $Y_i$   
 $K$  = faktor frekuensi  $\rightarrow$  Tabel Log Pearson III  
 $S$  = simpangan baku dari  $Y_i$

## 2.5. Uji Smirnov Kolmogorof

Langkah-langkah pengujian smirnov adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

1. Mengurutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan juga besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Menentukan nilai masing - masing peluang.
3. Mencari kedua nilai peluang.
4. Berdasarkan tabel nilai kritis dapat ditentukan harga  $\Delta_{cr}$

Apabila  $\Delta_o$  lebih kecil dari  $\Delta_{cr}$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat

diterima, apabila  $\Delta_0$  lebih besar dari  $\Delta_{cr}$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

### 2.6. Uji Chi Square

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara vertical apakah distribusi pengamatan dapat diterima secara teoritis.

$$X^2 = \sum \frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$$

Dengan:

$X^2$  = chi-square

$Ef$  = banyaknya pengamatan yang diharapkan, .

$Of$  = frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

Nilai  $X^2$  yang terhitung ini harus lebih kecil dari harga  $X^2_{cr}$  (yang didapat dari table Chi-Square).

Derajat kebebasan ini secara umum dapat dihitung dengan :

$$DK = K - (P + 1)$$

Dengan:

$DK$  = derajat kebebasan

$K$  = banyaknya kelas

$P$  = banyaknya keterikatan atau sama dengan banyaknya parameter.

### 2.7. Distribusi Hujan Jam-jaman Model Mononobe

Intensitas curah hujan secara teoritis menurut Mononobe dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Dengan:

$R_t$  = intensitas curah hujan dalam T jam (mm/jam)

$R_{24}$  = curah hujan efektif dalam 1 hari (mm/hari)

$T$  = waktu hujan dari awal sampai jam ke T (jam)

$t$  = waktu konsentrasi hujan (jam) untuk Indonesia rata-rata  $t = 6$  jam

### 2.8. Alternating Block Method (ABM)

Alternating Block Method (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat hyetograph rencana dari kurva IDF (chow et al. 1998). Hyetograph rencana yang dihasilkan oleh metode ini adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi  $\Delta t$  selama waktu  $T_d = n \Delta t$ . Untuk periode ulang tertentu, intensitas hujan diperoleh dari kurva IDF pada setiap durasi waktu  $\Delta t, 2 \Delta t, 3 \Delta t, \dots$

### 2.9 Hidrograf Satuan Sintesis Snyder

Hidrograf satuan tersebut ditentukan dengan unsur antara lain  $Q_p$  ( $m^3/d$ ),  $T_b$  (jam),  $T_p$  (jam) dan  $T_r$  (jam). Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan.

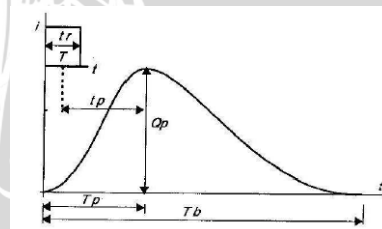
Dengan:

$A$  = luas DAS ( $km^2$ )

$L$  = panjang aliran sungai utama (km)

$L_c$  = panjang sungai utama diukur dari tempat pengukuran (pelepasan) sampai titik di sungai utama yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

Ditentukan secara cukup baik dengan tinggi  $d = 1$  cm, dan dengan ketiga unsur yang lain, yaitu  $Q_p$  ( $m^3/detik$ ),  $T_b$  serta  $t_r$  (jam).



Gambar 1. Hidrograf satuan Sintetis Model Snyder

Sumber : Soemarto, 1987.

### 2.10. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Untuk menentukan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  digunakan pendekatan rumus sebagai berikut:

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

$$T_r = (0,5 - 1) t_g$$

$t_g$  adalah time lag yaitu waktu antara



hujan sampai debit puncak banjir (jam).  
 $t_g$  dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

- Sungai dengan panjang alur  $L > 15$  km :  $t_g = 0,4 + 0,058 L$
- Sungai dengan panjang alur  $L < 15$  km :  $t_g = 0,21 L^{0,7}$

dengan:

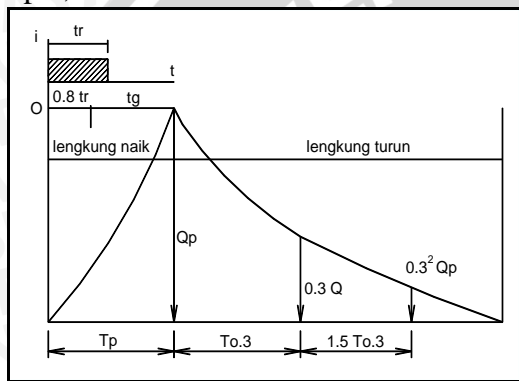
$t_r$  = Satuan Waktu hujan (jam)

$\alpha$  = Parameter hidrograf, untuk:

$\alpha = 2 \Rightarrow$  Pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5 \Rightarrow$  Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3 \Rightarrow$  Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat



**Gambar 2.** Lengkung Debit Hidrograf Nakayasu

Sumber: Sosrodarsono dan Takeda, 1983.

### 2.11. HEC-RAS 4.1.

Secara umum HEC-RAS dapat dipakai untuk menghitung aliran tunak berubah perlahan dengan penampang saluran prismatic atau non-prismatic, baik untuk aliran sub-kritis maupun super-kritis. Disamping itu HEC-RAS juga dipakai untuk menghitung saluran gabungan (*compound channel*).

Umumnya pada beberapa lokasi di sungai atau saluran yang ada bangunan air seperti pilar jembatan, gorong-gorong, bendung dan lain – lain. Kita sudah mengetahui bahwa aliran sungai disekitar bangunan air mengalami perubahan dari aliran seragam, aliran berubah cepat dan aliran berubah dengan perlahan dan dengan perubahan aliran tergantung dari kondisi sungai tersebut. Artinya bisa dari aliran seragam ke aliran berubah cepat,

dari lairan berubah perlahan ke aliran berubah cepat, dari aliran berubah cepat ke aliran berubah seragam atau aliran berubah perlahan yang kesemuanya ini tergantung dari situasi atau kondisi aliran sungai/saluran yang ditinjau.

Sistem HEC-RAS meliputi tiga perhitungan analisa hidrolis satu dimensi yaitu:

- a. Perhitungan profil muka air steady flow (*steady flow water surface profile computation*)
- b. *Unsteady Flow analysis*
- c. Analisa *Moveable boundary sediment Transport*

Element - element yang dibutuhkan untuk ketiga perhitungan diatas adalah data geometrik dan data hidrolis.

### 2.12. Metode Einstein.

Einsten menggunakan  $D=D_{35}$  untuk parameter angkutan, sedangkan untuk kekasaran digunakan  $D_{65}$ .

Hubungan antara kemungkinan butiran akan terangkut dengan intensitas angkutan *bed load* dijabarkan sebagai berikut:

$$s = \Phi (g \cdot \Delta \cdot D_{35}^3)^{1/2}$$

$$\Phi = 0,044638 + 0,36249\Psi' - 0,226795\Psi'^2 + 0,036\Psi'^3$$

### 2.13. Groundsill

*Groundsill* diambil tinggi kisaran 0-2 m. Untuk menghitung tinggi jagaan dapat digunakan pedoman:

Untuk  $Q < 200$  ( $m^3/dt$ )  $\rightarrow$  0,6 m

Untuk  $200 < Q < 500$  ( $m^3/dt$ )  $\rightarrow$  0,8m

Untuk  $Q > 500$  ( $m^3/dt$ )  $\rightarrow$  1 m

Untuk  $0,5 < \Delta H/Hcr < 2$  maka  $T = 2,4 Hcr + 0,4 \Delta H$

Dengan:

$\Delta H$  = Beda tinggi

$Hcr$  = Tinggi air kritis

$T$  = kedalaman gerusan

$$Hcr = \left( \frac{Q}{b} \right)^{2/3} \frac{1}{g}$$

Dengan:

$Q$  = debit rencana

$b$  = lebar dasar

$g$  = percepatan gravitasi



$$H_{cr} = \left( \frac{\left( \frac{54,00}{12,75} \right)^{2/3}}{9,81} \right)^{2/3}$$

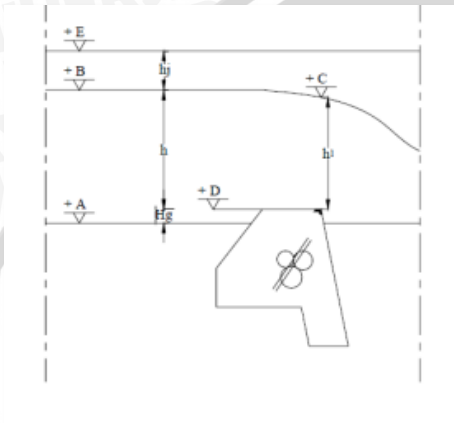
Kedalaman pondasi (d)

$$d = \frac{1}{3}(H_{ef} + h)$$

Dengan:

$H_{eff}$  = Tinggi efektif mercu ground sill

$h$  = tinggi muka air di hilir mercu  
ground sill =  $h_3$



**Gambar 3.** Sketsa dimensi *groundsill*

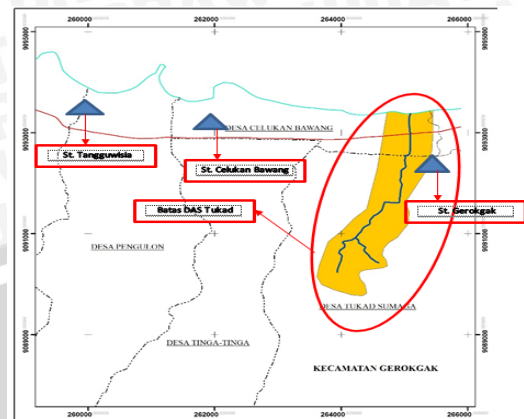
Sumber: Sosrodarsono dan Tominaga, 1985.

### 3.1. Lokasi Studi

DAS Tukad Lampah terletak di Kecamatan Gerokgak, tepatnya diantara  $8^{\circ} 11' 36'' - 8^{\circ} 15' 42''$  LS dan  $114^{\circ} 48'38'' - 114^{\circ} 52' 11''$  BT dengan luas Tukad Lampah sebesar  $2,89 \text{ Km}^2$ . Batas wilayah adalah sebagai berikut.

- Utara : Laut Bali
- Selatan : Kabupaten Jembrana
- Timur : Desa Tukadsumaga
- Barat : Desa Pengulon dan Desa Tinga-tinga

Kondisi Hidrologi DAS Tukad Lampah dengan panjang DAS sepanjang  $2,98 \text{ km}$  dengan luas DAS  $2,89 \text{ Km}^2$ . DAS Tukad Lampah memiliki 3 stasiun hujan terdekat yaitu Stasiun Hujan Celukan Bawang, Stasiun Hujan Gerokgak dan Stasiun Hujan Tanguwisia



**Gambar 3.** Lokasi Studi

Sumber : Anonim, 2014

### 3.2. Rancangan Penyelesaian Skripsi

Langkah langkah studi disusun secara sistematis sehingga mempermudah dalam penyelesaiannya. Langkah-langkah studi yang dilakukan adalah:

1. Uji Konsistensi Data.
2. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Rerata Daerah.
3. Analisa Frekuensi Curah Hujan Rancangan
4. Menghitung Kesesuaian Distribusi.
  - a. Uji Smirnov Kolmogorov
  - b. Uji Chi Square
5. Perhitungan Hujan Jam jaman.
6. Pembuatan Hidrograf Banjir Metode HSS Snyder dan HSS Nakayasu.
7. Perhitungan Sedimentasi
8. Menganalisa Profil Aliran dengan Bantuan HEC-RAS Versi 4.1 Kondisi Awal (Exsisting)
9. Normalisasi penahan tebing.
10. Ambang atau drempel (ground sill)
11. Menganalisa Profil Aliran dengan Bantuan HEC-RAS Versi 4.1 Setelah Penanggulangan.  
Perhitungan biaya konstruksi.
12. Memberikan kesimpulan dari hasil perhitungan dan analisa.
13. Selesai.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Normal Ratio Method

Berikut Perhitungan estimasi data hujan yang hilang pada stasiun hujan



Celukan Bawang pada tahun 2006 dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Curah Hujan Maksimum pada Tahun 2004 - 2013

No	Tahun	Hujan Tahunan (mm)		
		Stasiun Gerokgak	Stasiun Tangguwisia	Stasiun Celukan Bawang
1	2004	297,000	477,000	205,000
2	2005	546,000	422,000	296,000
3	2006	387,000	342,000	-
4	2007	251,000	264,000	115,000
5	2008	241,000	357,000	311,000
6	2009	167,000	278,000	217,000
7	2010	625,000	581,000	516,000
8	2011	244,000	325,000	642,000
9	2012	362,000	312,000	428,700
10	2013	564,000	460,000	567,500
Jumlah		3,684,000	3,818,000	3,298,200

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.2. Aritmathic Mean

Berikut adalah perhitungan *arithmetic mean*

**Tabel 2.** Tinggi Hujan Maksimum Daerah Tahunan dengan Metode Rata – Rata Hitung (Aritmatic Mean)

No.	Tahun	Rerata Tinggi Hujan (mm)
1	2007	47,67
2	2009	63,67
3	2005	67,00
4	2008	68,00
5	2011	89,67
6	2013	94,67
7	2006	100,00
8	2010	109,67
9	2004	116,67
10	2012	139,00

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.3. Distribusi Log Pearson Type III

Berikut adalah perhitungan *Log pearson type III*:

**Tabel 3.** Hujan Rancangan Distribusi Log Pearson III untuk Hujan Daerah Aritmatic Mean Kala Ulang 2, 25, 50, 100

Kala Ulang (Tr)	Pr (%)	G	G . SD	R rancangan (mm)
2	50	0,056	0,008	87,088
25	4	1,629	0,233	146,040
50	2	1,869	0,267	158,017
100	1	2,076	0,296	169,131

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.4. Distribusi Gumbel

Berikut adalah perhitungan *Gumbel*:

**Tabel 4.4** Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

Tr (tahun)	P (%)	nP (%)	Yt	G	R (mm)
2	50	50	0,3666	-	86.8551
25	4	96	3,1985	2,8847	170.7249
50	2	98	3,9019	3,6255	191.5560
100	1	99	4,6001	4,3607	212.2334

Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.5. Uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi Square.

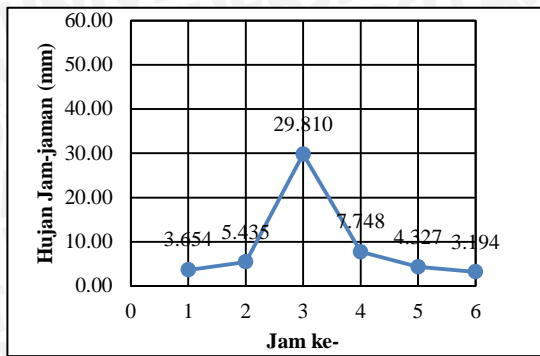
Dalam perhitungan uji kesesuaian distribusi hujan rancangan metode chi square dan metode smirnov kolmogorov hujan rancangan log pearson tipe III dan gumbel diterima. Dilihat dari  $d_{maks}$  dan  $d_{kritis}$  ( $d_{cr}$ ) metode Log pearson tipe III lebih baik digunakan dari pada gumbel karena hasil  $d_{maks}$  jauh dengan  $d_{kritis}$  ( $d_{cr}$ ). Jadi untuk perhitungan selanjutnya digunakan curah hujan rancangan metode Log Pearson Tipe III.

#### 4.6. Hujan Metode ABM.

**Tabel 5.** Perhitungan Hyterograph kala ulang 2 tahun dengan metode ABM.

Td (jam)	Dt (jam)	It (mm/jam)	It . Td (mm)	Ap (mm)	pt (%)	Hyterograph (%)		Hujan jam-jaman (mm)
						(%)	(mm)	
1	0-1	47,926	47,926	47,926	55,032	6,746	5,875	3,654
2	1-2	30,192	60,383	12,457	14,304	10,034	8,738	5,435
3	2-3	23,041	69,122	8,738	10,034	55,032	47,926	29,810
4	3-4	19,020	76,078	6,957	7,988	14,304	12,457	7,748
5	4-5	16,391	81,953	5,875	6,746	7,988	6,957	4,327
6	5-6	14,515	87,088	5,135	5,896	5,896	5,135	3,194
Jumlah				87,088	100,000	100,000	87,088	54,169
Hujan Rancangan				87,088				
Koeff. Pengaliran rata-rata				0,622				

Sumber : Hasil perhitungan



**Gambar 4.** Grafik distribusi curah hujan efektif kala ulang 2 tahun

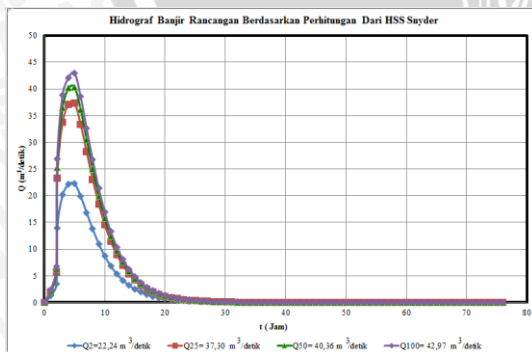
Sumber : Hasil perhitungan

#### 4.7. Hidrograf Satuan Sintesis Snyder

**Tabel 6.** Rekapitulasi Hidrograf Metode Snyder

T Jam	Q2 (m <sup>3</sup> /detik)	Q25 (m <sup>3</sup> /detik)	Q50 (m <sup>3</sup> /detik)	Q100 (m <sup>3</sup> /detik)
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,20	2,01	2,17	2,32
2	3,44	5,77	6,24	6,68
2,12	13,89	23,29	25,20	26,87
3	20,10	33,71	36,47	38,88
4	22,13	37,10	40,15	42,10
5	22,24	37,30	40,36	42,97
6	19,92	33,40	36,14	38,56
7	16,81	28,19	30,50	32,55
8	13,75	23,06	24,95	26,71
9	11,00	18,45	19,96	21,36
10	8,70	14,58	15,78	16,89
11	6,82	11,44	12,38	13,25
12	5,33	8,94	9,67	10,35
13	4,15	6,96	7,53	8,06
14	3,22	5,41	5,85	6,26
15	2,50	4,19	4,54	4,86
16	1,94	3,25	3,51	3,76
17	1,50	2,51	2,72	2,91
18	1,16	1,94	2,10	2,25
19	0,89	1,50	1,62	1,74
20	0,69	1,16	1,25	1,34
21	0,53	0,89	0,97	1,04
22	0,41	0,69	0,75	0,80
23	0,32	0,53	0,58	0,62
24	0,24	0,41	0,44	0,47

Sumber : Hasil perhitungan



**Gambar 5.** Grafik Hydrograf Satuan Sintesis Snyder DAS Tukad Lampah

Sumber : Hasil perhitungan

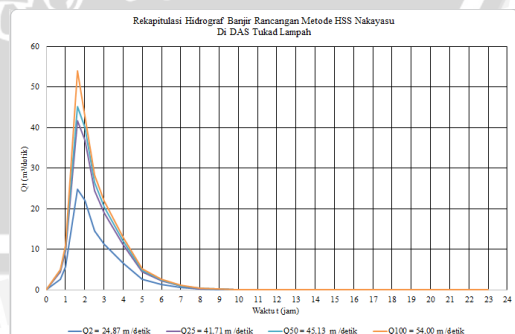
#### 4.8. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

#### Nakayasu

**Tabel 7.** Rekapitulasi Perhitungan Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu

No	Waktu (jam)	Qt (m <sup>3</sup> /dt)	Debit Banjir Rancangan			
			Q <sub>2th</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>25th</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>50th</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>100th</sub> (m <sup>3</sup> /dt)
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,72	0,718	2,62	4,40	4,76	5,09
3	1,00	0,495	5,71	9,57	10,36	11,09
4	1,62	0,215	24,87	41,71	45,13	54,00
5	2,00	0,154	22,05	36,98	40,01	42,82
6	2,98	0,096	14,55	24,40	26,40	28,26
7	3,00	0,017	11,28	18,92	20,47	21,91
8	4,00	0,009	6,71	11,24	12,17	13,02
9	5,00	0,004	2,66	4,47	4,83	5,17
10	6,00	0,002	1,33	2,23	2,41	2,58
11	7,00	0,001	0,60	1,00	1,08	1,16
12	8,00	0,001	0,20	0,34	0,36	0,39
13	9,00	0,000	0,10	0,17	0,19	0,20
14	10,00	0,000	0,05	0,09	0,10	0,10
15	11,00	0,000	0,03	0,05	0,05	0,05
16	12,00	0,000	0,01	0,02	0,03	0,03
17	13,00	0,000	0,01	0,01	0,01	0,01
18	14,00	0,000	0,00	0,01	0,01	0,01
19	15,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
20	16,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
21	17,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
22	18,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
23	19,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
24	20,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
Q maksimum (m <sup>3</sup> /dt)			24,87	41,71	45,13	48,31

Sumber : Hasil perhitungan



**Gambar 6.** Grafik Hydrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Sumber : Hasil perhitungan



#### 4.9. Analisa Hidrolika Tukad Lampah Menggunakan Program HEC-RAS

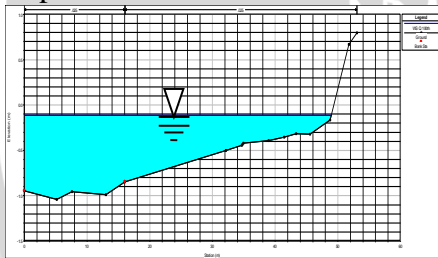
Dari hasil running program HEC-RAS dapat diketahui bahwa kapasitas sungai tidak mampu untuk menampung debit kala ulang tertentu.

**Tabel 8.** Penampang Sungai yang Meluber Pada Kondisi Eksisting

Debit	Patok-patok yang meluber
Q <sub>2th</sub>	P <sub>66</sub> , P <sub>62</sub> , P <sub>60</sub> , P <sub>58</sub> , P <sub>57</sub> , P <sub>56</sub> , P <sub>55</sub> , P <sub>9</sub> , P <sub>8</sub> , P <sub>7</sub> , P <sub>5</sub> , P <sub>4</sub> , P <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>1</sub> .
Q <sub>25th</sub>	P <sub>68</sub> , P <sub>67</sub> , P <sub>66</sub> , P <sub>63</sub> , P <sub>62</sub> , P <sub>61</sub> , P <sub>60</sub> , P <sub>58</sub> , P <sub>57</sub> , P <sub>56</sub> , P <sub>55</sub> , P <sub>45</sub> , P <sub>11</sub> , P <sub>10</sub> , P <sub>9</sub> , P <sub>8</sub> , P <sub>7</sub> , P <sub>5</sub> , P <sub>4</sub> , P <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>1</sub> .
Q <sub>50th</sub>	P <sub>68</sub> , P <sub>67</sub> , P <sub>66</sub> , P <sub>63</sub> , P <sub>62</sub> , P <sub>61</sub> , P <sub>60</sub> , P <sub>58</sub> , P <sub>57</sub> , P <sub>56</sub> , P <sub>55</sub> , P <sub>45</sub> , P <sub>11</sub> , P <sub>10</sub> , P <sub>9</sub> , P <sub>8</sub> , P <sub>7</sub> , P <sub>5</sub> , P <sub>4</sub> , P <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>1</sub> .
Q <sub>100th</sub>	P <sub>68</sub> , P <sub>67</sub> , P <sub>66</sub> , P <sub>63</sub> , P <sub>62</sub> , P <sub>61</sub> , P <sub>60</sub> , P <sub>58</sub> , P <sub>57</sub> , P <sub>56</sub> , P <sub>55</sub> , P <sub>47</sub> , P <sub>46</sub> , P <sub>45</sub> , P <sub>12</sub> , P <sub>11</sub> , P <sub>10</sub> , P <sub>9</sub> , P <sub>8</sub> , P <sub>7</sub> , P <sub>5</sub> , P <sub>4</sub> , P <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>1</sub> .

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut adalah contoh patok yang meluber pada patok 1 bagian hilir dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Tinggi Limpasan di Patok 1 Pada Program HEC-RAS saat Q<sub>100th</sub>

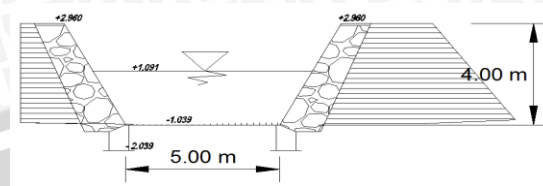
Sumber: Analisa program HEC-RAS

#### 4.10. Perencanaan Perkuatan Lereng (Revetment)

Dasar perencanaan *revetment* pada *cross section 2* adalah sebagai berikut:

1. Debit Rencana : Q<sub>100th</sub>
2. Debit Banjir Rancangan : 54,00 m<sup>3</sup>/dt
3. Slope : 0,005
4. Bahan : Pasangan Batu Kali 1:4
5. Tinggi Air : 2,12 m
6. Tinggi jagaan : 1/3 x h air  
: 1/3 x 2,12 m  
: 0,70
7. Tinggi *Revetment* : 4 m
8. Kemiringan *Revetment* : 1 : 0,5

Dimensi *Revetment* sungai disajikan pada gambar 4.22. dan selengkapnya di lampiran,



**Gambar 8.** Kondisi sungai setelah dibangun *Revetment* pada patok pada Q<sub>100th</sub>

Sumber: Analisa program HEC-RAS

#### 4.4.4. Perencanaan Bangunan *Groundsill*

Untuk menghitung tinggi jagaan dapat digunakan pedoman berikut:

Untuk Q < 200 (m<sup>3</sup>/dt) → 0,6 m karena Q<sub>100</sub> = 54,000 m<sup>3</sup>/detik

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan di atas maka dapat diketahui:

- Untuk elevasi muka air di hulu dapat dihitung dari:
 

Elevasi tanah +A	= 1,191 m
Tinggi air di hulu mercu h	= 2,000 m
Elevasi muka air di hulu +B	= 3,191 m
- Untuk elevasi muka air di atas *groundsill* dapat dihitung dari :
 

Elevasi tanah +A	= 1,191 m
Tinggi ground sill Hg	= 1,000 m
Air di atas mercu h1	= 1,000 m
Elevasi muka air + C	= 3,191 m
- Untuk elevasi mercu dapat dihitung dari :
 

Elevasi tanah +A	= 1,191 m
Tinggi ground sill Hg	= 1,000 m +
Elevasi mercu + D	= 2,191 m
- Untuk tinggi sayap dapat dihitung dari :
 

Elevasi tanah +A	= 1,191 m
Tinggi air di hulu mercu Hg	= 2,000 m
Tinggi jagaan hj	= 0,600 m
+Elevasi sayap + E	= 3,791 m
- Dinding vertikal (*endsill*):
 

Tebal dinding (t)	= 0,7 m
Tinggi dinding	= 0,3 m
Dinding vertikal (d)	= 1 m

Kemiringan sisi hilir = 0,2 : 1

## 5. KESIMPULAN

Dari analisa dan perhitungan, didapat hal-hal sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan Metode HSS Nakayasu dengan kala ulang 2, 25, 50 dan 100 tahun didapat debit banjir sebesar yaitu 24,87 m<sup>3</sup>/detik, 41,71 m<sup>3</sup>/detik, 45,13 m<sup>3</sup>/detik dan 54,00 m<sup>3</sup>/detik. Dengan menggunakan HSS Snyder dengan kala ulang 2, 25, 50 dan 100 tahun didapat debit banjir rencana sebesar yaitu 22,24 m<sup>3</sup>/detik, 37,30 m<sup>3</sup>/detik, 40,36 m<sup>3</sup>/detik dan 42,97 m<sup>3</sup>/detik.
2. Dengan kala ulang Q<sub>2th</sub>, Q<sub>25th</sub>, Q<sub>50th</sub> dan Q<sub>100th</sub> menggunakan debit banjir sebesar yaitu 24,87 m<sup>3</sup>/detik, 41,71 m<sup>3</sup>/detik, 45,13 m<sup>3</sup>/detik dan 54,00 m<sup>3</sup>/detik. Patok yang meluber terjadi pada bagian hulu dan muara hilir sungai sepanjang 300 m dari P1 sampai dengan P11
3. Berikut adalah data teknis bangunan penahan tebing (*Revetment*):  
Panjang *revetmen* t= 300 m (30 m setiap patok)  
Tinggi *Revetment* = 4 m  
Kemiringan Talud = 1 : 0.5  
Lebar Efektif Penampang = 5 m  
Pasangan = Batu Kali 1 : 4
4. Data teknis perencanaan bangunan *groundsill* :  
Tinggi *groundsill* = 1 m  
Lebar mercu *groundsill* = 1.5 m  
Lebar Efektif Sungai = 12.75 m  
Kedalam pondasi mercu = 1 m  
Panjang Peredam = 8 m  
Tebal Apron = 0.5 m  
Tinggi *Endsill* = 0.3 m  
Kedalam pondasi = 1m  
Elevasi Mercu *groundsill* = +2.191  
Elevasi Hulu *groundsill* = +1.191  
Elevasi Lantai *Apron* = +1.191  
Elevasi Muka Air Hulu = +3.191  
Elevasi Muka Air Hilir = +3.421
5. Rencana anggaran biaya konstruksi untuk pengendalian banjir di tukad

lampah dibagi menjadi dua bagian pekerjaan yaitu yang pertama adalah pekerjaan normalisasi sungai dan yang kedua adalah pembangunan konstruksi *groundsill*.

Dalam pekerjaan normalisasi sungai dengan pemberian *Revetment* pada kanan kiri sungai di bagian hilir, dibutuhkan anggaran biaya sebesar Rp 1.226.200.000,00.

Sedangkan anggaran biaya untuk konstruksi *groundsill* sebesar Rp 705.210.000,00

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. **Laporan Pendahuluan SIDD Pengendalian banjir DAS Tukad Lampah dan DAS Tukad Tinga – Tinga di Kabupaten Buleleng**: PT Raya Consult.
- Chow, Ven Te. 1985. **Hidrolika Saluran Terbuka**. Jakarta: ERLANGGA. Saragi, Tiurma Elita. 2007.
- Hadisusanto, Nugraha, 2004. **Catatan Kuliah Teknik Hidrologi**. Jakarta.
- Soewarno. 1995. **Hidrologi – Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)**. Bandung : Nova.
- Soemarto, CD. 1987. **Hidrologi Teknik**. Surabaya : Usaha Nasional.
- Sosrodarsono, S dan Takeda. K. 1983. **Hidrologi untuk Pengairan**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, S dan Tominaga. M. 1985. **Perbaikan dan Pengaturan Sungai**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.