

Analisis Volume Tampung Sedimen Pada Bangunan Sabo Dam Way Sakula Di Negeri Hatu Kecamatan Leihitu Barat Maluku Tengah

Klein Saiya¹, Charles J. Tiwery², A. Sakliressy³,

¹Mahasiswa Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jalan OT Pattimaipauw Talake - Ambon

Gmail : chleinsaiya@gmail.com

^{2,3}Staf Pengajar Universitas Kristen Indonesia Maluku, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil

Gmail : charlestiwery@gmail.com, asakliressy@gmail.com

Abstract

Sedimentation causes siltation in the river which can lead to flooding during the rainy season and drought during the dry season, this occurs on the Way Sakula river in Hatu Country, West Leihitu District, Maluku Regency, Ambon Island. Where the problem that occurs is the Sabo Dam building which is full of sediment piles and this greatly affects the condition of the river and the area around the Way Sakula river. Where around the Way Sakula river there are vital state objects such as Ambon's Patimura Airport, National Road and surrounding community settlements and there are also several AMP (Asphalt Mixing Plants) around the Way Sakula river. Way Sakula watershed has a river length of 9.82 Km and an area of 17.00 Km² and an upstream peak elevation of ± 256.00 . This research begins with a survey at the research site, literature study, then measuring the river discharge, existing buildings and topography around the sabo building and taking water and sediment samples. From these data, an analysis was carried out to answer the objectives of this study. That is the full time of the Sabo dam and Way Sakula reservoirs. (11.7 years, for Q normal) (1.4 years, for Q2) (1.3 years, for Q5) (1.2 years, for Q10) and (1.1 years, for Q25). . The Sabo Dam Way Sakula capacity can accommodate 151,5800 m³ of sediment. As well as a form of dealing with sediment problems, dredging is carried out every 5 years to maximize the function of the building.

Keywords: Sediment, Watershed, Way Sakula

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam penyediaan sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat. Hal ini didukung dengan jumlah sungai dan anak-anak sungai yang sangat banyak dan tersebar di seluruh kawasan nusantara. Indonesia memiliki sedikitnya 5.950 sungai utama dan 65.017 anak sungai dengan panjang total mencapai 94.537 km dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) mencapai 1.512.466 km². (S, 2016)

Sungai merupakan sumber air yang menampung dan mengalirkan air serta material bahan yang dibawanya dari bagian hulu ke hilir, keberadaan sungai tentunya sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia dan mempunyai manfaat bagi kehidupan manusia, tetapi pada masa sekarang terdapat banyak sekali permasalahan yang sering terjadi di daerah hulu seperti, masalah erosi yang menyebabkan terjadinya sedimentasi. (Sumani and Tadulako, 2018)

Akibat sedimentasi tersebut yang mengakibatkan terjadi pendangkalan di sungai dapat mengakibatkan terjadinya banjir pada saat musim penghujan dan kekeringan pada saat musim kemarau hal ini terjadi pada sungai Way Sakula di Negeri Hatu, Kecamatan Leihitu Barat, Kabupaten Maluku, ulau Ambon. Dimana permasalahan yang terjadi adalah bangunan sabo dam yang telah penuh dengan tumpukan sedimen dan hal ini sangat berpengaruh pada kondisi sungai dan daerah sekitar sungai Way Sakula.

Dimana pada sekitar sungai Way Sakula terdapat objek vital negara seperti Bandara Udara Patimura Ambon, Jalan Nasional serta pemukiman masyarakat di sekitarnya, Juga terdapat beberapa AMP (*Asphalt Mixing Plant*) yang berada di sekitar sungai Way Sakula, Maka itu penulis mencoba untuk mengitung berapa besaran volume transport sedimen tahunan terhadap kapasitas tampung dari bangunan Sabo Dam Way Sakula agar pada nantiya di lakukan pengerukan berkala dalam kurun waktu tertentu hal ini berpengaruh terhadap operasi pemeliharaan dari bangunan Sabo dam Way Sakula.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Sabo Dam

Sabo Dam merupakan bangunan yang dibuat pada sungai yang mana dimaksudkan untuk menahan atau mengendalikan sedimen terutama *bed load* dan *suspended load* yang dapat terbawa oleh aliran sungai pada saat banjir. Sabo Dam juga dapat dipergunakan untuk melindungi suatu daerah atau bangunan pengairan lainnya di bagian hilir dari bahaya banjir apalagi jika banjir tersebut dipenuhi dengan sedimen. Sehingga dasar sungai akan lebih landai dan bahaya erosi dasar sungai dapat dikurangi

2.2. Jenis-jenis Bangunan Sabo Dam

Beberapa jenis bangunan pangandali sedimen (*Sabo*) yang bekerja dalam satu sistem untuk

mengendalikan aliran debris adalah. Dam Sabo (*Sabo dam*), Ambang Dasar (*Groundsill*), Pelindung Tebing (*Revetment*), Tanggul (*Spur dike*), Saluran Kanal (*Channel Works*). Desain setiap bangunan tersebut memerlukan data pendukung dari data survai lapangan maupun data sekunder, seperti karakteristik tanah (*soil properties*), karakteristik aliran, perilaku hidraulik aliran, morfologi alur sungai dan lain-lain. Selain data teknis, seringkali latar belakang kondisi sosial ekonomi setempat mempengaruhi terhadap kriteria desain bangunan yang akan dibuat.

2.3 Bagian-Bagian Sabo Dam

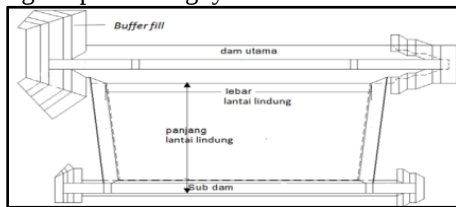
1. Struktur utama (*Main Structures*):

- Pelimpah (*Spillway*), terdiri dari ambang pelimpah (*Crest Opening*) dan dinding pelimpah (*Side Opening*).
- Sayap (*wing*) dan ambang sayap (*Crest Wing*).
- Sisi miring hulu dan hilir tubuh dam (*Back Face and Front Face Slopes*).
- Lubang alir (*Drainage Hole*).

2. Struktur Pendukung (*Supporting Structures*):

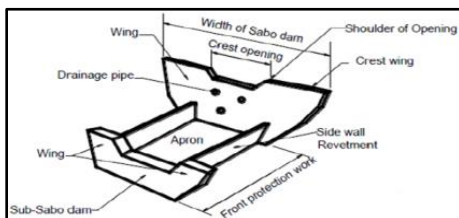
- Apron
- Dinding tegak (*Vertical Wall*).
- Sub-Dam Sabo.
- Sayap Sub-Dam.

Berikut ini adalah gambar *Sabo Dam* serta bangunan pendukungnya :



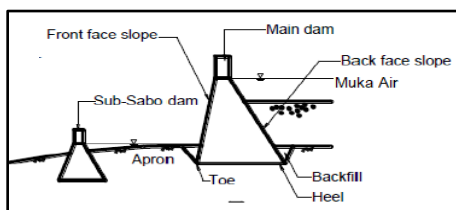
Gambar 1a. Denah Sabo Dam

<http://jcpoweryogyakarta.blogspot.com/>

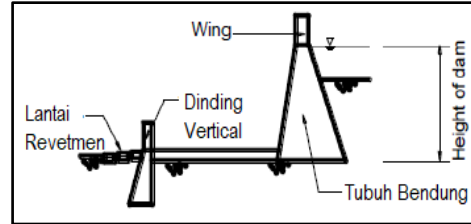


Gambar 1b. Prespektif Bangunan Sabo Dam

<http://jcpoweryogyakarta.blogspot.com/>



Gambar 1c. Potongan Memanjang Main Dam



Gambar 1d. Potongan Memanjang Main Dam

<http://jcpoweryogyakarta.blogspot.com/>

2.4 Analisis Hidrologi

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Dalam melakukan analisis hidrologi sering dihadapkan pada kejadian-kejadian ekstrim seperti banjir dan kekeringan. Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. (Triatmodjo 2008)

1. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan untuk mencari distribusi dengan data yang tersedia dari pos-pos hujan yang ada. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data hujan maupun data debit. Jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam hidrologi adalah :

- Distribusi Gumbel
- Distribusi Normal
- Distribusi Log Normal
- Distribusi Log Pearson tipe III

Tabel 1. Syarat Distribusi Frekuensi

(<https://ejournal.unsrat.ac.id/>)

No	Jenis distribusi	Syarat
1	Gumbel	$CS \approx 1,14$
		$CK \approx 5,4002$
2	Normal	$CS = 0$
3	Log - Normal	$CS = 3.CV$
4	Log - Person III	$CS \neq 0$
		$CV = 0,3$

2. Periode Ulang

Periode ulang (*return period*) didefinisikan sebagai waktu hipotetik di mana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu (x_i) akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut.

Tabel 2. Hubungan antara kala ulang dengan factor reduksi (Y_T) (Suripin, 2004)

No	Periode Ulang (tahun)	Reduced variate (Y_T)
1	2	0,3668
2	5	15,004
3	10	2,251
4	20	29,709
5	25	31,993
6	50	39,028

3. Intensitas Curah Hujan

Untuk menentukan intensitas hujan berdasarkan hujan jangka pendek, maka dibuat kurva IDF (*Intensity-Duration - Frequency Curve*) untuk masing masing metode yaitu : Talbot, Sherman, Ishiguro dan yang kemudian dilakukan uji kesesuaian untuk dipilih yang paling mendekati dari kondisi dilapangan (Yuono,2014).

$$I = \frac{R}{i} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R =Tinggi hujan (mm)

i = Lamanya hujan (jam)

4. Debit Banjir Rencana

Beberapa metode perhitungan banjir rencana dengan menggunakan persamaan rasional. Metode ini sudah dipakai sejak pertengahan Abad 19 dan merupakan metode yang sering dipakai untuk perencanaan banjir daerah perkotaan (*Chow dkk.,1988; Grigg,1996*). Metode rasional dipakai untuk daerah perkotaan dengan luas DAS kurang dari 81 Hektar (*Subarkah, 1980; Grigg, 1996*), dengan persamaan :

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

C = Koefisien run-off (dari tabel atau dengan rumus) → besarnya antara 0 - 1.

I = Intensitas maksimum selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (km²)

Q = Debit maksimum (m³/detik)

5. Investigasi Debit Sungai

Investigasi *Das Way Sakula* ini merupakan cara langsung menggunakan alat ukur arus (*current meter*). Teknik pengukuran debit aliran langsung di lapangan pada dasarnya dapat dilakukan melalui empat katagori yaitu:

- Pengukuran volume air sungai
- Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang sungai.
- Pengukuran debit dengan menggunakan bahan kimia pewarna yang dialirkan dalam aliran sungai (*substance tracing method*).
- Pengukuran debit dengan membuat bangunan pengukuran debit seperti aliran air lambat (*weir*) atau aliran cepat (*flume*).

6. Erosi Dan Sedimentasi

Secara umum erosi proses terjadinya pelepasan butiran tanah dari suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air dan angin kemudian diikuti dengan preoses pengendapan pada tempat yang lain. Pada dasarnya erosi adalah akibat dari interaksi kerja antara faktor iklim, topografi, tumbuh-tumbuhan dan manusia terhadap lahan. Meskipun faktor-faktor tersebut dapat diprediksi menggunakan teknologi

canggih yang berkembang saat ini, tapi fenomena alam merupakan rahasia alam yang sangat sulit untuk diprediksi dengan tepat. Menurut *Wischmeier dan Smith* dalam *Asdak* (2007)

7. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas adalah besarnya butir hujan, dan kecepatan tumbukannya. Dapat di hitung dengan persamaan 3.(*Vadari, Subagyo and Sutrisno, 2004*)

$$E = \frac{1}{2} M^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

$$M = m.v \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

M = Momentum (kg.m/s)

m = Massa butir hujan (kg)

v = Kecepatan butir hujan, yang diambil biasanya kecepatan pada saat terjadi tumbukan (m/s)

E = Energi Kinetik (joule/m²)

8. Faktor Kemiringan Lereng (LS)

Faktor Kemiringan Lereng merupakan kombinasi antara faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S) yang mana merupakan perbandingan antara besarnya erosi dari suatu lereng dengan panjang dan kemiringan tertentu terhadap besarnya erosi dari plot lahan. Nilai LS untuk sembarang panjang dan kemiringan lereng dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:(*Vadari, Subagyo and Sutrisno, 2004*)

$$LS = (L/22)^z (0,006541S^2+0,0456S+0,065) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

L = Panjang lereng (m)

S = Kemiringan lereng (%), dan

Z = Konstanta yang besarnya bervariasi tergantung besarnya S

Z = 0,5 jika S>5%

Z = 0,4 jika 5%>S > 3%> S > 1% z

= 0,2 jika S < 1%

9. Sedimentasi

Yang dimaksud sedimentasi adalah suatu proses pengendapan material yang ditransport oleh media yang berupa air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan. Menurut *Asdak* (2010),

a) Sediment Delivery Ratio (SDR)

Sediment Delivery Ratio merupakan perkiraan rasio tanah yang diangkut akibat erosi lahan saat terjadinya limpasan. (*Wischmeier and Smith, 1978*). Menurut *Boyce* (1975), *Sediment Delivery ratio* dirumuskan dengan :

$$SDR = 0,41 \cdot A^0 \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

A = Luas Das (Km²)

0,41 = Nilai Tetapan\

b) Besaran Sedimen Aktual

Besarnya perkiraan hasil sedimen menurut (Asdak 2007) dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$Y = E \cdot (SDR) \cdot \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

Y = Hasil sedimen per satuan luas
E = Jumlah Erosi
A = Luas Daerah Aliran Sungai.
SDR = *Sediment Delivery Ratio*

c) Metode USLE (Universal Soil Loss Equation)

Metode USLE dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978) di *National Runoff and Soil Loss Data Centre*. Metode ini merupakan suatu metode yang memungkinkan perencanaan menduga laju rata-rata erosi dalam suatu bidang tanah tertentu pada suatu kecuraman lereng dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam penanaman dan tindakan-tindakan konservasi tanah yang mungkin dilakukan atau yang sedang digunakan. Untuk menghitung perkiraan besarnya erosi yang terjadi di suatu DAS dapat digunakan metode USLE, dengan persamaan 8: (I Lubis, 2016)

$$E = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

E = Jumlah tanah yang hilang rata-rata setiap tahun (ton/ha/tahun)
R = Indeks daya erosi curah hujan (KJ/ha)
K = Indeks kepekaan tanah terhadap erosi (erodibilitas tanah)
Ls = Faktor panjang dan Curam Lerang
C = Faktor tanaman (vegetasi)
P = Faktor usaha-usaha pencegahan erosi

10. Transport Sedimen

Dengan menggunakan metode (MPM) Meyer Petter Muller. Maka besar volume sedimentasi dari suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat ditentukan dengan pengukuran pengangkutan sedimen..(I Lubis, 2016)

a) Sedimen Layang (Suspended Load)

$$Q_s = 0,0864 \times c \times Q_w \dots \dots (9)$$

Keterangan :

Qs = Beban layang (ton/hari)
c = Konsentrasi sedimen rata-rata (mg/l)
Qw = Debit sungai (m3/det)

b) Sedimen Dasar (Bed Load)

$$G = 1,606 B \times \left[3,30 \times \left(\frac{QB}{Q} \right) \times \left(\frac{D_{90}}{n_s} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot d \cdot S - 0,627 D_m \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$QB = \frac{Q}{1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{nw}{ns} \right)^{\frac{3}{2}}} \dots \dots \dots (10)$$

$$ns = nm \left[1 + \frac{2d}{B} \left\{ 1 - \left(\frac{nw}{nm} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} \right]^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (11)$$

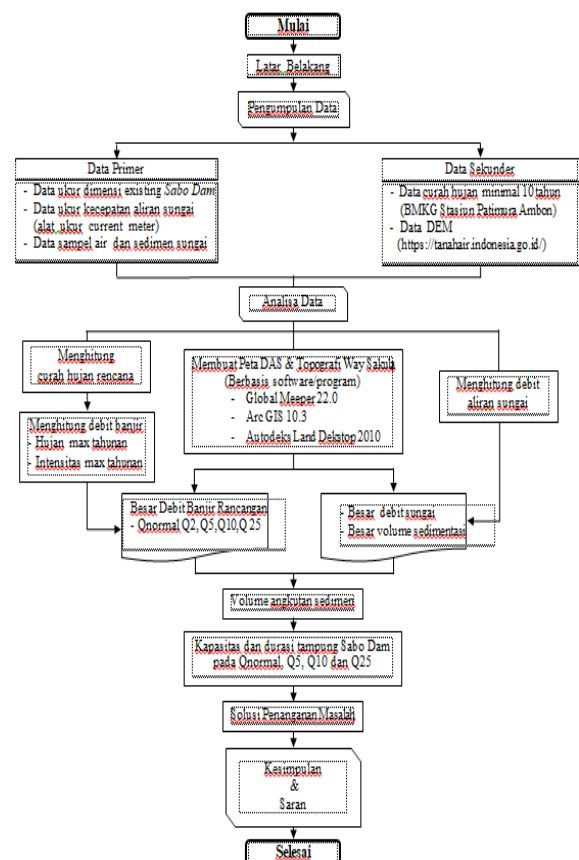
Keterangan :

G = beban alas (ton/hari)
B = lebar sungai (m)
QB = debit yang mengalir di atas beban layang (m3/det)
Q = debit sungai (m3/det)
D90 = presentase diameter butiran lolos saringan 90 (mm)
ns = koefisien Manning dasar sungai
nm = koefisien Manning selurusungai
Dm = diameter efektif Sungai (diameter rata-rata)
d = rata-rata kedalaman air (m)
S = kemiringan sungai

11. Volume Dan Waktu Tampung Sabo Dam

$$V = 0,5 \times \frac{h^2 \cdot B}{\tan \alpha - \tan \beta} \dots \dots \dots (12)$$

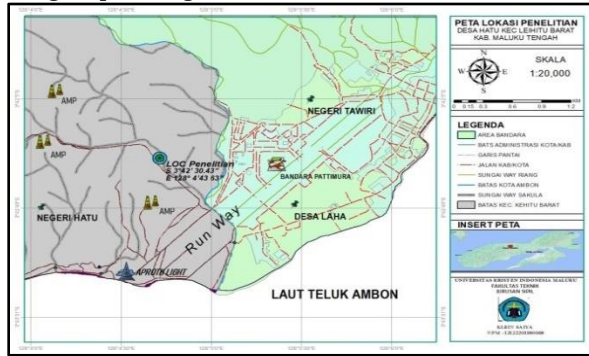
V = Kapasitas tampungan Sabo (m³)
h = Tinggi efektif tampungan dam
B = Lebar rata-rata sungai (m)
α = Sudut kemiringan asli sungai

3. METODE PENELITIAN**3.1. Alir Penelitian**

Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian Dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di *sabo dam way sakula* dengan koordinat E.397708.72 S. 9590019.19 dengan Elevasi ± 4.5 Meter di atas permukaan laut. Dengan luas DAS yang di hitung Mencapai 17.00 Km². DAS *way sakula* sendiri terletak pada Negeri Hatu Kecamatan Leihitu Barat, Kabupaten Maluku Tengah, pada bagian barat Pulau Ambon.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

Sumber : Google Earth pro dan Arc-Gis 10.3
Kegiatan Penelitian dilakukan Selama 6 minggu, Penelitian yang dilakukan berupa mengukur dimensi bangunan sabo dam, mengukur debit sungai pada setiap stasiun dengan menggunakan alat ukur debit (*Curent Meter*). merekam titik koordinat dengan *GPS*, mengambil material dasar sungai

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini meninjau besaran transport sedimen terhadap kapasitas dan periode tampung dari bangunan sabo dam way sakula. Didalam teknik pengumpulan data berisi tentang jenis data dan sumber data. Jenis data merupakan data-data apa saja yang dibutuhkan dalam penelitian ini sedangkan sumber data merupakan asal dari data tersebut di peroleh. Data-data yang di perlukan dari penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer yang di maksud dalam penelitian ini adalah hasil survey dan informasi yang langsung di peroleh berdasarkan pengamatan di lapangan. Data sekunder adalah data olahan yang berasal dari penelusuran dokumen-dokumen dan dari laporan yang di peroleh dari instansi terkait, laporan penelitian, literatur dan dokumen lain yang ada kaitannya dengan penelitian

3.4 Teknik Analisa Data

Metode analisis data adalah metode atau cara yang digunakan dalam menganalisis sejumlah data yang diperoleh di lapangan, guna merumuskan jawaban dari masalah atau hipotesa. Metode analisis data yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini yaitu analisis data curah hujan di dalamnya adalah besaran statistik terhadap data curah hujan, menentukan jenis sebaran, uji

kecocokan jenis sebaran, intensitas periode ulang, debit banjir rancangan. Analisa data topografi di dalamnya, luasan das way sakula, nilai faktor kemiringan lereng, koefisien nilai das, elevasi puncak sabo dam.

Analisa debit normal sungai way sakula dengan menggunakan alat ukur debit *current meter*. Analisa angkutan sedimen di dalamnya ada beberapa analisa terhadap beberapa parameter di antaranya waktu konsentrasi hujan, estimasi erosi potensial, erosifitas hujan dan faktor erodibilitas tanah. Kemudian analisa kapasitas terhadap durasi tampung bangunan sabo dam pada tahap analisa ini merupakan tahap akhir dari proses analisa yang di dalamnya ada dua jenis parameter yaitu analisa volume angkutan sedimen dan analisa volume terdapat durasi tampung bangunan sabo dam..

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Dan Perhitungan Curah Hujan

Dalam menganalisa dimensi bangunan air, salah satu data yang penting adalah data Hujan. Dalam penelitian ini data hujan dipakai dalam menganalisa besar hujan rencana untuk menghasilkan besar debit rencana. Data hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG setempat.

Tabel 1. Data Curah Hujan Maksimum Bulanan

No	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	2010	28,2	9,0	33,4	21,6	87,6	223,9	194,9	187,1	54,5	31,6	51,9	58,5
2	2011	66,0	48,8	35,4	34,3	182,9	152,6	187,7	146,3	40,9	58,6	31,0	16,0
3	2012	30,6	47,1	78,8	17,2	185,0	221,7	360,4	348,1	115,6	118,4	23,0	31,0
4	2013	54,0	28,0	35,0	56,0	74,0	65,0	432,0	70,0	84,0	49,0	25,0	44,0
5	2014	70,0	36,0	24,0	39,0	78,0	47,0	163,6	78,0	55,0	42,0	17,0	23,0
6	2015	42,0	47,0	34,0	67,0	31,0	189,0	26,0	27,0	2,0	46,0	6,0	39,0
7	2016	49,0	17,0	43,0	70,0	63,0	33,0	235,0	190,0	111,0	46,0	20,0	48,0
8	2017	52,0	45,0	24,0	74,0	98,0	207,0	128,0	139,0	77,0	65,0	38,0	30,0
9	2018	23,0	47,0	29,0	52,0	104,0	123,0	70,0	137,0	85,0	25,0	9,0	31,0
10	2019	26	39	45	78	120	195	59	30	30,4	7	67	5

Tabel 2. Rekapitan Curah Hujan Maksimum Tahunan

No	Hujan Rata-rata Harian (mm)	Tahun
1	223,9	2010
2	187,7	2011
3	360,4	2012
4	432	2013
5	163,6	2014
6	189	2015
7	235	2016
8	207	2017
9	137	2018
10	194,9	2019

4.2 Menghitung Besaran Statistik Hujan

Tabel 3. Data Curah Hujan Maksimum Bulanan

n	TAHUN	n	Xi	(Xi-x)	(Xi-x) ²	(Xi-x) ³	(Xi-x) ⁴
1	2010	1	223,9	-9,15	83,7225	-766,060875	7009,457006
2	2011	2	187,7	-45,35	2056,6225	-93267,83038	4229696,108
3	2012	3	360,4	127,35	16218,0225	2065365,165	263024253,8
4	2013	4	432	198,95	39581,1025	7874660,342	1566663675
5	2014	5	163,6	-69,45	4823,3025	-334978,3586	23264247,01
6	2015	6	189	-44,05	1940,4025	-85474,73013	3765161,862
7	2016	7	235	1,95	3,8025	7,414875	14,45900625
8	2017	8	207	-26,05	678,6025	-17677,59513	460501,353
9	2018	9	137	-96,05	9225,6025	-886119,1201	85111741,49
10	2019	10	194,9	-38,15	1455,4225	-55524,36838	2118254,654
Jumlah (Xi)			2330,5	0,00	76066,605	8466224,859	1948644555,31
Rata Rata (x)			233,05	0,00	7606,6605	846622,4859	194864455,5

1. Jumlah rata” nilai data $\bar{X}_i$ dengan $(n) = 10$

$$\begin{aligned}\bar{X}_i &= \frac{\sum X_i}{n} \\ &= \frac{2330,5}{10} \\ &= 233,05\end{aligned}$$

2. Standar Deviasi (SD)

$$\begin{aligned}SD &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{7606,6605}{9}} \\ &= 91,93\end{aligned}$$

3. Koefisien Kemencengan (C_s)

$$\begin{aligned}C_s &= \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot SD^3} \\ &= \frac{10 \cdot 8466224,859}{(10-1) \cdot (10-2) \cdot 91,9339^3} \\ &= 1,513\end{aligned}$$

4. Koefisien Kortosis (C_k)

$$\begin{aligned}C_k &= \frac{n^2 \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot SD^4} \\ &= \frac{10^2 \cdot 194864455,5}{(10-1) \cdot (10-2) \cdot (10-3) \cdot 91,9339^4} \\ &= 5,41\end{aligned}$$

5. Koefisien Variasi (C_v)

$$\begin{aligned}C_v &= \left(\frac{SD}{\bar{X}_i} \right) \\ &= \left(\frac{91,93}{233,05} \right) \\ &= 0,3945\end{aligned}$$

4.3 Menentukan Jenis Distribusi yang Digunakan

Tabel 4. Syarat Pemilihan Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$	1,513	Tidak Memenuhi
	$C_k \leq 5,4002$	5,412	
Normal	$C_s \approx 0$	1,513	Tidak Memenuhi
	$C_k \leq 3$	5,412	
Log Person III	$C_s \neq 0$	1,513	Memenuhi
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$	1,513	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,383$	5,412	

Tabel 5. Perhitungan dengan Metode Log-Pearson Type III

n	LOG Xi	(Xi-x)	(Xi-x) ²	(Xi-x) ³	(Xi-x) ⁴
223,9	2,350054	0,008094	0,000066	0,000001	0,000000
187,7	2,273464	(0,068496)	0,004692	-0,000321	0,000022
360,4	2,556785	0,214825	0,046150	0,009914	0,002130
432	2,635484	0,293523	0,086156	0,025289	0,007423
163,6	2,213783	(0,128177)	0,016429	-0,002106	0,000270
189	2,276462	(0,065498)	0,004290	-0,000281	0,000018
235	2,371068	0,029108	0,000847	0,000025	0,000001
207	2,315970	(0,025990)	0,000675	-0,000018	0,000000
137	2,136721	(0,205240)	0,042123	-0,008645	0,001774
194,9	2,289812	(0,052148)	0,002719	-0,000142	0,000007
Jumlah	23,419603	(0,000000)	0,204148	0,023715	0,011646
Rata rata	2,341960	(0,000000)	0,020415	0,002372	0,001165

1. Hitung harga rata-rata ($\log \bar{x}$)

$$\begin{aligned}\log \bar{x} &= \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \\ &= \frac{23,419603}{10} \\ &= 2,341\end{aligned}$$

2. Hitung harga simpangan baku (S)

$$\begin{aligned}S &= \left[\frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0,5} \\ &= \left[\frac{0,2041}{9} \right]^{0,5} \\ &= [0,022]^{0,5} \\ &= 0,150\end{aligned}$$

3. Hitung Koefisien Kemencengan (C_k)

$$\begin{aligned}C_k &= \left[\frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \right] \\ &= \left[\frac{0,023}{(9)(8) \cdot 0,15^3} \right] \\ &= \left[\frac{0,023}{0,245} \right] \\ &= 0,096\end{aligned}$$

4. Hitung Logaritma Banjir ($\log x_t$)

$$\begin{aligned}\log x_t &= \log \bar{X} + K \cdot S \\ \log x_2 &= 2,341 + (1,703 \times 0,150) \\ \log x_t &= 0,596\end{aligned}$$

5. Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi

- a. Jumlah Kelas Distrubusi (K)

$$\begin{aligned}K &= 1 + 3,33 \log n \\ &= (1 + 3,33 \log 10) = 4,5 \approx 5\end{aligned}$$

- b. Lebar Kelas Distribusi (L_k)

$$\begin{aligned}L_k &= \frac{(\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil})}{(\text{banyaknya intervals kelas})} \\ L_k &= \frac{(223,9 - 137)}{5} \\ &= 59,00\end{aligned}$$

Tabel 6. Uji Chi-Kuadrat

No Kelas	Kemungkinan	Ei	Oi	Ei - Oi	$\frac{(Ei - Oi)^2}{Ei}$
1	137,000 - 173,875	2	2	0	0
2	173,875 - 247,625	6	2	4	8
3	247,625 - 321,375	0	2	-2	2
4	321,375 - 395,125	1	2	-1	0,5
5	395,125 - 432,000	1	2	-1	0,5
Jumlah		10	10	Xh ²	10,5

4.4 Menghitung Intensitas Periode Ulang

1. Menghitung nilai Ck untuk periode ulang

Tabel 7. Nilai Ck Periode Ulang

Harga Fungsi Y	PU		2	5	10	25
Y0 (dari tabel)	0	X0	0	0,842	1,282	2,751
Y	1,513	X=Ck	-0,250	0,751	1,426	3,258
Y1 (dari tabel)	0,2	X1	-0,033	0,83	1,301	2,818

2. Menghitung Intensitas Periode Ulang

Tabel 8. Tabel Periode Ulang

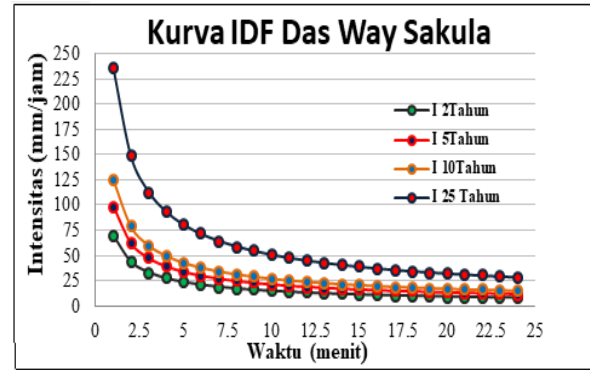
Periode Ulang	X	Ck	SD	XTR(mm)
2	2,34196026	-0,250	0,151	201,5364
5	2,34196026	0,751	0,151	285,1661
10	2,34196026	1,426	0,151	360,3241
25	2,34196026	3,258	0,151	680,2032

4.5 Intensitas Curah Hujan Jam-jaman

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Tabel 9. Perhitungan Intensitas Jam-jaman

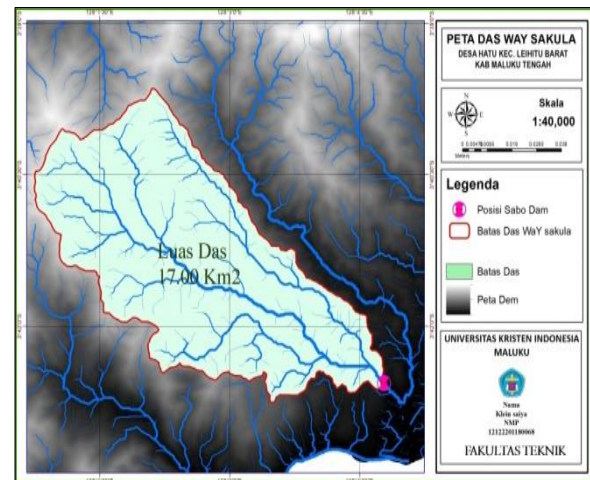
DURASI (T)	PERIODE ULANG			
jam	2	5	10	25
1	69.869	98.862	124.917	235.813
2	44.015	62.279	78.693	148.553
3	33.589	47.528	60.054	113.367
4	27.727	39.233	49.574	93.583
5	23.895	33.810	42.721	80.647
6	21.160	29.941	37.832	71.417
7	19.093	27.016	34.137	64.442
8	17.467	24.715	31.229	58.953
9	16.148	22.849	28.871	54.501
10	15.053	21.299	26.913	50.804
11	14.126	19.988	25.256	47.677
12	13.330	18.861	23.832	44.990
13	12.637	17.881	22.594	42.652
14	12.028	17.019	21.505	40.596
15	11.487	16.254	20.538	38.771
16	11.004	15.570	19.673	37.138
17	10.568	14.953	18.894	35.667
18	10.173	14.394	18.188	34.334
19	9.813	13.884	17.544	33.118
20	9.483	13.418	16.954	32.005
21	9.179	12.988	16.411	30.981
22	8.899	12.592	15.910	30.034
23	8.639	12.224	15.446	29.157
24	8.397	11.882	15.014	28.342



Gambar : 4. Kurva IDF Way Sakula

4.6 Analisa Debit Banjir Rencana

1. Menentukan Luas Das



Gambar 5. Peta Das Way Sakula (Sumber : Arc GIS 10.5)

2. Menentukan nilai koefisien aliran Sungai (C)

Tabel 10. Koefisein Aliran

Tabel Nilai Koefisien Aliran (C)				
NO	KONDISI DAS	A	C	AC
		KM ²		
1	Bangunan Terpcar	0,007	0,30	0,021
2	Hutan Rimba	14,61	0,65	9,4965
3	Padang Rumput	1,412	0,25	0,353
4	Pelabuhan Udara Internasional	0,091	0,30	0,0273
5	Permukiman Dan Tempat Kegiatan	0,108	0,60	0,0648
6	Semak Belukar / Alang Alang	0,772	0,30	0,2316
Jumlah		17,00	2,40	10,1753

$$\begin{aligned}
 C_{DAS} &= \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \\
 &= \frac{10,1753}{17,00} \\
 &= 0,60
 \end{aligned}$$

4.7 Menentukan Harga Hujan Netto

Rumus : $R_n = C.R$

Dimana:

R = Curah hujan rancangan
 C = Koefisien Aliran maks (mm/hari)
 R_n = Hujan Netto (mm)

1. $R_{n2Thn} = 201,536 \times 0,60$
 $= 120,63$ mm/hari
2. $R_{n5Thn} = 285,166 \times 0,60$
 $= 170,69$ mm/hari
3. $R_{n10Thn} = 360,324 \times 0,60$
 $= 215,67$ mm/hari
4. $R_{n25Thn} = 680,203 \times 0,60$
 $= 407,13$ mm/hari

Tabel 11. Hujan Netto

Variable	Intensitas Curah Rancangan (mm/hari)			
Tahun	2	5	10	25
R	201,536	285,166	360,324	680,203
R_n	120,63	170,69	215,67	407,13

4.8 Perhitungan Debit Puncak Banjir

Perhitungan puncak banjir dengan Pendekatan Hidrograf Sintetik Nakayashu.

Rumus : $Q_p = \frac{(A) \cdot R_o}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})}$

Dengan :

Q_p = Debit puncak banjir (m³/dt)
 A = Luas Das (Km²)
 R_o = Hujan satuan diambil 1(mm)
 T = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
 $T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

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

$T_p = t_g + 0,8 t_r$

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

$t_r = 0,5 t_g$ sampai t_g

t_g adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir dengan satuan jam t_g dihitung dengan persamaan dan ketentuan sebagai berikut :

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

Perhitungan $T_{0,3}$ menggunakan ketentuan :

$$\alpha = \frac{0,47 (A.L)^{0,25}}{t_g}$$

Bentuk hidrograf satuan oleh persamaan berikut :

1. Pada waktu naik : $0 < t < T_p$

$$Q_a = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

Dimana Q_a adalah limpasan sebelum mencapai debit puncak (m³/dt)

2. Pada kurva turun (*decreasing limb*)

- a. Selang nilai : $0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$$

- b. Selang nilai

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5 T_{0,3})}{2 T_{0,3}}}$$

Tabel 12. Data Das Way Sakula

Data Das		Satuan
Luas Das (A)	17,00	Km ²
Panjang Alur Sungai (L)	9,82	Km
Hujan Satuan (R _o)	1	(mm)

Perhitungan Parameter T_g

$$\begin{aligned} T_g &= 0,4 + 0,058 \cdot L \\ &= 0,4 + 0,058 \times 9,82 \\ &= 0,97 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Perhitungan Parameter

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{0,47 (A.L)^{0,25}}{t_g} \\ &= \frac{0,47 \times (37,305 \times 9,82)^{0,25}}{0,75} \\ &= 2,121 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Perhitungan Parameter T_r

$$\begin{aligned} T_r &= 0,5 \cdot T_g \\ &= 0,5 \times 0,97 \\ &= 0,485 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Perhitungan Parameter T_p

$$\begin{aligned} T_p &= T_g + (0,8 \cdot T_r) \\ &= 0,97 + (0,8 \times 0,485) \\ &= 1,357 \text{ Jam} \end{aligned}$$

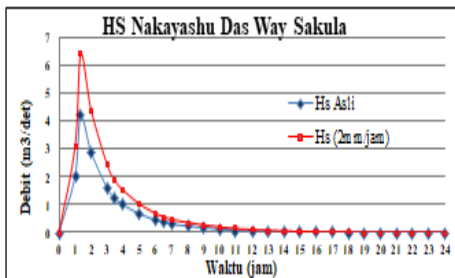
3. Perhitungan Parameter T_{03} Sd $(2,5 \cdot T_{03})$

Tabel 13 Tabel Perhitungan Puncak Banjir

Parameter Puncak Banjir	Satuan	
Luas Das (A)	17.00	Km ²
Panjang Alur Sungai (L)	9.82	Km
R_o	1	mm
T_g	0.97	Jam
α	2.121	Jam
T_r	0.485	Jam
T_p	1.357	Jam
$T_{0,3}$	2.056	Jam
$0,5 \cdot T_{0,3}$	1.028	Jam
$1,5 \cdot T_{0,3}$	3.084	Jam
$2,0 \cdot T_{0,3}$	4.112	Jam
$2,5 \cdot T_{0,3}$	5.141	Jam
$(T_p + T_{0,3})$	3.414	Jam
$(T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$	6.498	Jam
Q_p	4.207	m ³ /Jam

Tabel 14. Tabel Debit Puncak Banjir Jam-jaman

T (Jam)	Qt m ³ /det	Q Koreksi m ³ /det
0	0	0.000
1	1.082	1.738
1.357	2.252	3.619
2.00	1.425	2.289
3.00	0.699	1.122
3.05	0.676	1.086
4.00	0.430	0.690
5.00	0.267	0.429
6.00	0.166	0.267
5.581	0.203	0.326
7.00	0.103	0.166
8.000	0.086	0.138
9.00	0.060	0.096
10.00	0.042	0.067
11.00	0.029	0.047
12.00	0.021	0.033
13.00	0.014	0.023
14.00	0.010	0.016
15.00	0.007	0.011
16.00	0.005	0.008
17.00	0.003	0.006
18.00	0.002	0.004
19.00	0.002	0.003
20.00	0.001	0.002
21.00	0.001	0.001
22.00	0.001	0.001
23.00	0.000	0.001
24.00	0.000	0.000
Jmlh Q(m ³ /det)	7.587	12.189
VLL(m ³ /det)	27312.657	43881.250
TLL (mm)	1.607	3

Gambar 6. Kurva Puncak Banjir Day Way Sakula
(Sumber : hasil analisa)

4.9 Perhitungan Debit Banjir Kala Ulang

Untuk menghitung debit banjir kala ulang di gunakan persamaan Rasiona, Dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\text{Rumus : } Q = 0,278.C.I.A$$

Dengan :

Q = Debit Banjir

C = Koefisien Aliran

A = Luas daerah Pengaliran

Maka Koefisien aliran untuk semua jenis penutupan lahan adalah sebagai berikut:

$$C_{Das} = 0,60$$

Tabel 15 Intensitas Puncak Banjir

Intensitas Periode Ulang Tahunan	
Periode Ulang	Intensitas Hujan (mm/jam)
2 tahun	22.206
5 tahun	31.421
10 tahun	39.703
25 tahun	74.949

Debit Banjir Q₂ thn

$$Q_2 = 0,278 \times 0,60 \times 22,206 \times 17,00 \\ = 6,314 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit Banjir Q₅ thn

$$Q_5 = 0,278 \times 0,60 \times 31,421 \times 17,00 \\ = 8,933 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit Banjir Q₁₀ thn

$$Q_{10} = 0,278 \times 0,60 \times 39,703 \times 17,00 \\ = 11,288 \text{ m}^3/\text{det}$$

Debit Banjir Q₂₅ thn

$$Q_{25} = 0,278 \times 0,60 \times 74,949 \times 17,00 \\ = 21,309 \text{ m}^3/\text{det}$$

4.10 Analisa Estimasi Erosifitas Dan Eridibilitas

1. Perhitungan Waktu Konsentrasi

Perhitungan waktu konsentrasi dapat di hitung dengan persamaan kirpich:

$$\text{Rumus : } T_c = 0,095 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77}$$

Dengan :

T_c = Waktu konsentrasi (Jam)

H = Elevasi hulu sungai (m)

L = Panjang sungai (m)

S = Kemiringan sungai (derajat)

$$S = \sqrt{\frac{\left(\frac{H}{0,9 \cdot L} \right)}{100}} \\ = \sqrt{\frac{\left(\frac{256}{0,9 \cdot 9,820} \right)}{100}}$$

$$S = 16,7$$

Maka :

$$T_c = 0,095 \left(\frac{9,820}{\sqrt{16,7}} \right)^{0,77} \\ = 2,48 \text{ Jam}$$

2. Perhitungan Energi Kinetik Hujan (E_k)

$$E_k = \left(\frac{1}{2} \right) \cdot M^2$$

Dengan:

$$M = m \cdot v$$

Keterangan :

M = Momentum (Kg.m/s)

m = Massa butir hujan (Kg)

v = Kecepatan butir hujan yang di biasanya kecepatan pada saat terjadi tumbukan atau dinamakan kecepatan terminal hujan (m/s)

Ek = Energi Kinetick (joule/m²)

Dengan menghitung kecepatan terminal menggunakan hukum STOKES :

$$v = \left(\frac{2}{9}\right) \cdot \left(r^2 \frac{g}{\eta}\right) \cdot (Pb - Pf)$$

Dimana :

r = Jari-jari bola (mm)

g = Angka gravitasi (m/s²)

η = Koefisien visikositas (Kg m/s)

ρb = Massa jenis benda (kg/m³)

ρf = Masa jenis fluida (kg/m³)

$$r^2 = 0,22 \cdot (10^{-4}) \cdot 2 \\ = 0,000044 \text{ mm}$$

$$n = 1,8 \cdot (10)^{-5} \\ = 0,000018 \text{ kg m/s}$$

$$\rho b = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho f = 1 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \left(\frac{2}{9}\right) \times \left(\frac{0,000044^2 \times 9,8}{0,000018}\right) \times (1,29 - 1) \\ = 18,36 \text{ m/s}$$

$$M = m \cdot v \\ = 1,29 \times 18,36 \\ = 23,680 \text{ kg}$$

$$Ek = \left(\frac{1}{2}\right) \times 23,680^2 = 280,376 \text{ joule/m}^2$$

4.11 Analisa Faktor Erosifitas Hujan

$$\text{Rumus} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{EI}{100}\right) \cdot X$$

Dengan :

n = 252 Hari

x = 10 Tahun

$$Ei = 6,12(\text{RAIN})^{1,21} (\text{DAYS})^{-0,47} (\text{MAXP})^{0,53}$$

Besarnya Ei Proposional curah hujan total di bagi dengan kurun waktu satu hari (24 jam)

$$Ei = \frac{6,12(\text{RAIN})^{1,21} (\text{DAYS})^{-0,47} (\text{MAXP})^{0,53}}{24}$$

DAYS = 184 hari

RAIN = 233,05 mm.....(Rata-rata Curah Hujan)

MAX P = 0,004610 mm

Maka :

$$EI = \frac{6,12 \times (233,05)^{1,21} \times (184)^{-0,47} \times (0,004610)^{0,53}}{24} \\ = 0,913$$

$$R = 252 \times \left(\frac{22,333}{100}\right) \times 10 \\ = 23,450 \text{ mm/Thn}$$

4.12 Analisa Faktor Erodibilitas Tanah

Faktor erodibilitas dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$K = \frac{(2,7134 \times M)(10^{-4} \times 12 - a) + 2,35 \times (b - 2) + 2,5 \times (c - 3)}{100}$$

Dengan Nilai a = sebesar 1,574*(58%) = 1,0092

Maka, nilai M, a, dan c dapat di lihat pada tabel 16 Sampai 18 berikut ini.

Tabel 416 Nilai M Untuk Kelas Tekstur Tanah
(Sumber : Petunjuk Pelaksanaan n RTL-RLKT Jakarta 1986)

Kelas Tekstur Tanah	Nilai M
Lempung Berat	210
Lempung Sedang	750
Lempung Pasiran	1213
Lempung Ringan	1685
Geluh Lempung	2160
Pasir Lempung Liatan	2830
Geluh Lempung	2960
Pasir	3035
Liat	8245
Campuran Merata	4000

Tabel 17 Tabel Nilai b Untuk Ukuran Diameter Tanah (Sumber : Petunjuk Pelaksanaan n RTL-RLKT Jakarta 1986)

Kelas Struktur Tanah	(Ukuran Diameter)	Kode
Granuler sangat halus	(<1mm)	1
Granuler halus	(1-2 mm)	2
Granuler sedang sampai kasar	(2-10 mm)	3
Bebentuk blok, pelat dan masif	10-15 mm	4

Tabel 18 Nilai c Kcepatan dan Permeabilitas Tanah
(Sumber : Petunjuk Pelaksanaan n RTL-RLKT Jakarta 1986)

Kelas Permeabilitas	Kecepatan	Kode Permeabilitas
Sangat lambat	<0.5	1
Lambat	0.5 - 2.0	2
Lambat sampai sedang	2.0-6.3	3
Sedang	6.3-12.7	4
Sedang sampai cepat	12.7-25.7	5
Cepat	>25.4	6

4.13 Analisa Erosi Dan Sedimentasi Tahunan

1. Analisa Besar Erosi Tahunan

Analisa besar erosi dapat di hitung dengan Persamaan (Universal Soil Loss Equation) USLE, dengan rumus sebagai berikut :

$$E = R \cdot K \cdot Ls \cdot C \cdot P$$

Dimana :

E = Kehilangan Tanah (tn/ha/thn)

R = Faktor erosivitas hujan

K = Faktor erodibilitas tanah

Ls = Faktor kemiringan lereng (%)

C = Faktor indeks pengelolaan lahan

P = Faktor indeks konservasi tanah

Tabel 19. Nilai Faktor P untuk Aspek Pengolahan Lahan (Sumber : Abduracman,1984 dalam Asdak 2002)

NO	Jenis Tata Guna Lahan	Faktor P
1	Hutan	0.003
2	Daerah Perkebunan	0.5
3	Semak Belukar	0.3
4	Bandara	1
5	Daerah Pemukiman	1
6	Daerah Pertambangan	1
7	Kawasan Industri	1
8	Lahan Tak Tepakai	0.1
Nilai P Ratarata		0.61

Maka besar erosi tahunan adalah :

$$E = (23,450) \times (4,19) \times 0,9 \times (0,100) \times (0,61) \\ = 0.054 \text{ tn/ha/thn}$$

2. Analisa Besar Sedimentasi Tahunan

Analisa laju sedimen terhadap kekritisitas DAS dapat di hitung dengan persamaan *Sedimen Delivery Ratio (SDR)* Dengan rumus sebagai berikut :

$$SDR = 0,41 \times A^{0,3}$$

Dengan A adalah Luas DAS (Km²) dan 0,41 merupakan nilai tetapan.

Maka :

$$SDR = 0,41 \times 17,00^{0,3} \\ = 0,959 \text{ tn/hr}$$

Maka Besar Sedimen Tahunan Adalah :

$$Y = E \times (SDR) \times A$$

$$Y = 0.054 \times (0,959) \times 17,00$$

$$Y = 0.880 \text{ tn/thn}$$

4.14 Analisa Transport Sedimen Sungai

1. Analisa Sedimen Layang (*Suspended Load*)

$$Q_s = 0,0864 \times c \times Q$$

Dengan :

$$Q_s = \text{Beban layang (ton/hari)}$$

$$c = \text{Konsentrasi sedimen rata-rata (mg/lt)}$$

$$Q = \text{Debit sungai (m}^3/\text{det)}$$

Tabel 20 Tabel Konsentrasi Sedimen (Sumber : hasil analisa)

STA	Konsentrasi Lumpur (mg/litr)
0+000	2.05
0+100	2.77
0+200	2.85
0+300	2.24
0+400	2.65
0+500	2.45
Konsetrasi Rata"	2.502

Tabel 21. Rekapitulasi Debit Pengukuran Curen-Meter (Sumber : hasil analisa)

STA	Lebar Sungai	Debit (Q)	
	(m)	(Ltr/det)	(m ³ /det)
0+000	6.75	5.901	0.059
0+100	8.99	8.880	0.089
0+200	14.32	10.465	0.105
0+300	14.32	12.977	0.130
0+400	10.35	11.553	0.116
0+500	9.79	11.072	0.111
Q total		60.847	0.608
Q rata rata		12.169	0.122

QS Normal :

$$Q_w = 0,184 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$Q_s = 0,084 \times 2,502 \times 0,184 \\ = 0,040 \text{ kg/hr} \sim 0,0004 \text{ ton/hari}$$

QS 2Tahun :

$$Q_w = 6,314 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$Q_s = 0,084 \times 2,502 \times 6,314 \\ = 1,365 \text{ kg/hr} \sim 0,0014 \text{ ton/hari}$$

QS 5Tahun :

$$Q_w = 8,993 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$Q_s = 0,0864 \times 2,502 \times 8,993 \\ = 1,931 \text{ kg/hr} \sim 0,00193 \text{ ton/hari}$$

QS 10Tahun :

$$Q_w = 11,288 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$Q_s = 0,0864 \times 2,502 \times 11,288 \\ = 2,440 \text{ kg/hari} \sim 0.002244 \text{ ton/hari}$$

QS 25 Tahun :

$$Q_w = 21,309 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$Q_s = 0,0864 \times 2,502 \times 21,309 \\ = 4,606 \text{ kg/hari} \sim 0.00461 \text{ ton/hari}$$

3. Analisa Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Besarnya beban alas dihitung dengan rumus *Meyer-Petter Muller (Design Small Dam)* sebagai berikut :

Tabel 22.: Tabel Parameter (G)

(Sumber : hasil analisa)

Parameter Untuk Perhitungan Beban Alas (G)	
B	10,75
Q	0,18
D ₉₀	17,47
nm	0,04
nw	0,14
ns	0,04
Dm	5,38
d	0,43
S	0,60

$$\text{Rumus: } (G) = 1,606 B \times \left[3,30 \times \left(\frac{QB}{Q} \right) \times \left(\frac{D_{90}}{n_s} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot d \cdot S - 0,627 D_m \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$\text{Dengan } QB = \frac{Q}{1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{nw}{ns} \right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$ns = nm \left[1 + \frac{2d}{B} \left\{ 1 - \left(\frac{nw^{3/2}}{nm} \right) \right\} \right]^{2/3}$$

Keterangan :

G = Beban alas (ton/hari)
 B = Lebar sungai (m)
 QB = Debit di atas beban layang (m³/det)
 Q = Debit sungai (m³/det)
 D₉₀ = Presentase butiran lolos yang saringan 90mm
 ns = Koefisien Manning dasar sungai
 nm = Koefisien Manning untuk seluruh sungai
 D_m = Diameter efektif Sungai (diameter rata-rata)
 d = Kata-rata kedalaman air (m)
 S = Kemiringan sungai

1. (G)_{Normal} :

$$ns = 0,040 \times \left[1 + \frac{2 \times 0,14}{10,752} \left\{ \left(\frac{0,14}{0,04} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} \right]^{2/3}$$

$$= 0,040 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$QB_{Nrml} = \frac{0,122}{1 + \frac{2 \times 0,427 \left(\frac{0,140}{0,04} \right)^{\frac{3}{2}}}{10,752}}$$

$$= 0,084 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$(G)_{Nrml} = 1,606 \times 10,752 \times \left[3,306 \times (0,084) \times \left(\frac{17,46^{1/6}}{0,04} \right)^{\frac{3}{2}} \times 0,427 \times 0,60 - 0,627 D_m \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$(G)_{Nrml} = 0,33 \text{ ton/hr} \approx 333,41 \text{ kg/hari}$$

2. (G)_{2Tahun} :

$$ns = 0,040$$

$$Q_{2thn} = 6,314 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$QB_{2thn} = \frac{6,314}{1 + \frac{2 \times 0,427 \left(\frac{0,140}{0,04} \right)^{\frac{3}{2}}}{10,752}}$$

$$(G)_{2thn} = 0,760 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$(G)_{2thn} = 3,06 \text{ ton/hr} \approx 3057,77 \text{ kg/hari}$$

3. (G)_{5Tahun} :

$$ns = 0,040$$

$$Q_{5thn} = 8,933 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$QB_{5thn} = \frac{8,933}{1 + \frac{2 \times 0,427 \left(\frac{0,140}{0,04} \right)^{\frac{3}{2}}}{10,752}}$$

$$= 0,817 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$(G)_{5thn} = 1,606 \times 10,752 \times \left[3,306 \times (0,990) \times \left(\frac{17,46^{1/6}}{0,04} \right)^{\frac{3}{2}} \times 0,427 \times 0,60 - 0,627 D_m \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$(G)_{5thn} = 3,29 \text{ ton/hr} \approx 3289,96 \text{ kg/hari}$$

4. (G)_{10Tahun} :

$$ns = 0,40$$

$$Q_{10thn} = 11,228 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$QB_{10thn} = \frac{11,228}{1 + \frac{2 \times 0,427 \left(\frac{0,140}{0,040} \right)^{\frac{3}{2}}}{10,752}}$$

$$= 0,850 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$(G)_{10thn} = 1,606 \times 10,752 \times \left[3,306 \times (0,850) \times \left(\frac{17,46^{1/6}}{0,40} \right)^{\frac{3}{2}} \times 0,427 \times 0,60 - 0,627 D_m \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$(G)_{10thn} = 3,42 \text{ ton/hr} \approx 3420,49 \text{ kg/hari}$$

5. (G)_{25 Tahun} :

$$ns = 0,040$$

$$Q_{25thn} = 21,309 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$QB_{25thn} = \frac{21,309}{1 + \frac{2 \times 0,427 \left(\frac{0,140}{0,040} \right)^{\frac{3}{2}}}{10,752}}$$

$$= 0,914 \text{ (m}^3/\text{det)}$$

$$(G)_{25thn} = 1,606 \times 10,752 \times \left[3,306 \times (0,914) \times \left(\frac{17,46^{1/6}}{0,040} \right)^{\frac{3}{2}} \times 0,427 \times 0,60 - 0,627 D_m \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$(G)_{25thn} = 3,68 \text{ ton/hr} \approx 3680,00 \text{ kg/hari}$$

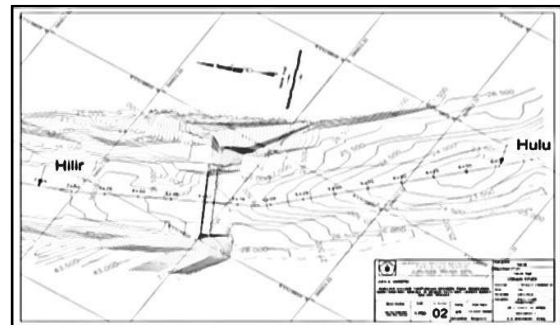
4.15 Volume Dan Waktu Tampung Sabo DAM

1. Volume Tampung Sabo Dam

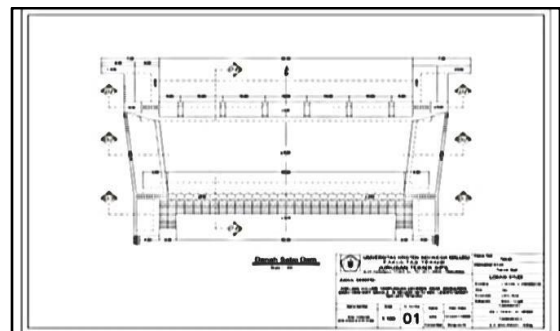
$$\text{Rumus : } V_t = 0,50 \times \frac{h^2 \times B}{\tan \alpha + \tan \beta}$$

V_t = Kapasitas tampungan Sabo Dam (m³)
 h = Tinggi main dam dari kolam olak (4 m)
 B = Lebar rata-rata sungai (10,751 m)
 α = Sudut kemiringan asli sungai (0.6 %)
 β = Sudut kemiringan sungai (0.9%)

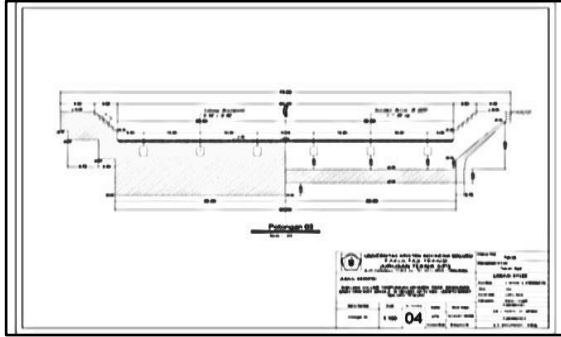
Berikut ini adalah Gambar Sabo Dam:



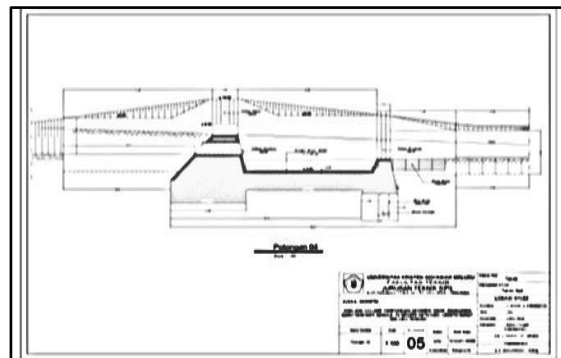
Gambar 7a. Lay Out Sabo Dam



Gambar 7b. Denah Sabo Dam



Gambar 7c: Potongan Melintang Sabo Dam



Gambar 7d: Potongan Memanjang Sabo Dam

$$V_t = 0,50 \times \frac{4,4^2 \times 10,751}{\tan 0,6 + \tan 0,9}$$

$$= 5.254,9 \text{ m}^3$$

2. Analisa Volume Sedimen Harian

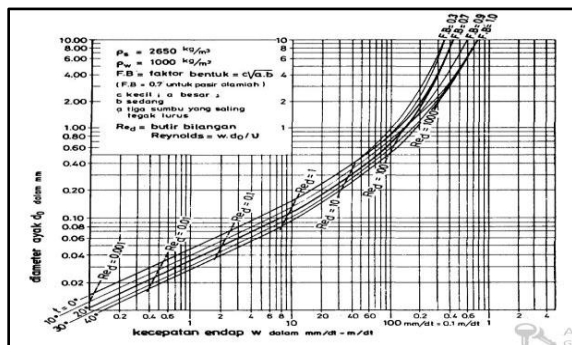
$$\text{Rumus : } \rho_t = \frac{Q_s + G}{p_s - p_w}$$

Q_s = Beban layang (m^3/hr)

G = Beban alas (m^3/hr)

ρ_{sed} = Faktor endapan sedimen (2.650 Kg/m^3)...(grafik)

ρ_w = Rapat massa air (1000 Kg/m^3)...(dari grafik)



Gambar 8. Faktor Endapan Sedimen

$$1. \rho_t \text{ Normal} = \frac{0,040 + 333,4}{2.650 - 1.000}$$

$$= 0,20 \text{ Kg/hr}$$

$$2. \rho_t 2\text{Tahun} = \frac{1,365 + 3057,8}{2.650 - 1.000}$$

$$= 1,85 \text{ Kg/hr}$$

$$3. \rho_t 5\text{Tahun} = \frac{1,931 + 3289,96}{2.650 - 1.000}$$

$$= 1,99 \text{ Kg/hr}$$

$$4. \rho_t 10\text{Tahun} = \frac{2,440 + 3420,49}{2.650 - 1.000}$$

$$= 2,07 \text{ Kg/hr}$$

$$5. \rho_t 25\text{Tahun} = \frac{4,606 + 3681,031}{2.650 - 1.000}$$

$$= 2,23 \text{ Kg/hr}$$

3. Analisa Perhitungan Waktu Penuh Bangunan Sabo Dam

$$\text{Rumus : } V = \left(\frac{V_t}{P_t} \right)$$

V_t = Volume daya tampung

P_t = Periode tampung sedimen

$$1. V_{\text{Normal}} = \frac{5.254,9}{0,20}$$

$$= 26.082 \text{ hari} \approx 71 \text{ Tahun}$$

$$2. V_{2\text{Tahun}} = \frac{5.254,9}{1,85}$$

$$= 2.843 \text{ hari} \approx 7,8 \text{ Tahun}$$

$$3. V_{5\text{Tahun}} = \frac{5.254,9}{1,99}$$

$$= 2.642 \text{ hari} \approx 7,2 \text{ Tahun}$$

$$4. V_{10\text{Tahun}} = \frac{5.457,057}{2,07}$$

$$= 2.541 \text{ hari} \approx 7 \text{ Tahun}$$

$$5. V_{25\text{Tahun}} = \frac{5.457,057}{2,23}$$

$$= 2.360 \text{ hari} \approx 6,5 \text{ Tahun}$$

4. Solusi Penanganan Masalah Sedimentasi

Berdasarkan hasil analisa terhadap data curah hujan, investigasi di lapang dan analisa terdapat transport sedimen dan kapasitas durasi tampung bangunan Sabo Dam dan berdasarkan pertimbangan teknis lainnya seperti tinjauan terdapat dimensi bangunan Sabo, Maka solusi penanganan masalah sedimen terhadap bangunan Sabo Dam Way Sakula adalah :

1. Normalisasi sungai dalam rangka mengembalikan penampang sungai dan dengan Melakukan pengerukan minimal 6,5 Tahun Sekali berdasarkan perhitungan dengan Q25 Tahun dengan Volume angkutan sadimen harian mencapai $2,23 \text{ m}^3/\text{hr}$
2. Melakukan rehabilitasi terhadap struktur bangunan-bangunan pendukung yang sudah tidak berfungsi seperti, Dam utama, dinding penahan tanah, pondasi main dam, tangul sungai, serta gromsil. Hal ini bertujuan untuk mengembalikan fungsi bangunan sebagaimana mestinya.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Volume hasil sedimen harian dengan menggunakan persamaan *Meyer Petter Muller*, maka diperoleh sebesar.

- a. (0,20 Kg/hr) untuk debit normal
- b. (1,85 Kg/hr) untuk debit banjir PU 2 tahun
- c. (2,07 Kg/hr) untuk debit banjir PU 5 tahun
- d. (1,99 Kg/hr) untuk debit banjir PU 10 tahun
- e. (2,23 Kg/hr) untuk debit banjir PU 25 tahun
2. Kapasitas volume tampungan sabo dam mencapai 5.254,9 m³ sedangkan durasi tampung Sabo Dam yaitu :
 - a. 71 Tahun untuk debit normal
 - b. 7,8 Tahun untuk debit periode ulang 2 tahun
 - c. 7,2 Tahun untuk debit periode ulang 5 tahun
 - d. 7 Tahun untuk debit periode ulang 10 tahun
 - e. 6,5 Tahun untuk debit periode ulang 25 tahun
3. Solusi penanganan masalah sedimen yaitu melakukan normalisasi alur sungai dengan cara pengerukan kemudian untuk masalah kerusakan bangunan yaitu, Dengan cara melakukan rehabilitasi atau pemeliharaan rutin terhadap bangunan bangunan pendukung Sabo Dam, Hal ini di lakukan untuk mengembalikan fungsi bangunan.

5.2 Saran Dan Tindakan

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan penelitian ini penulis terhadap penelitian ini penulis menyarankan agar hasil analisa ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dalam hal mengkaji lebih dalam terkait perencanaan Bangunan Sabo dam di wilayah Das lainnya
2. Dari hasil penelitian ini, sekiranya dapat menjadi informasi serta literatur, Bagi mahasiswa Teknik Sipil terutama konsentrasi keairan dan para pelaku perencanaan agar pada saat melakukan perencana bangunan sabo dam atau chek dam, Diharapkan dapat memberikan perhatian lebih kepada faktor tansport terhdap waktu tampung penuh dari bangunan sabo dam itu sendiri.
3. Dari hasil penelitian ini penulis menyarankan kepada Pemerintah dalam hal ini instansi dan dinas-dinas terkait untuk lebih memperhatikan kondisi bangunan sabo dam agar kedepanya dapat melakukan tahapan pemelihraan rutin terhadap bangunan sabo dam lebih kususnya Wilayah Provinsi Maluku.

DAFTAR PUSTAKA

- I Lubis, A. M. (2016) 'Analisis Sedimentasi Di Sungai Way Besai', p. 41.
- Kusumosubroto, H. (2015) *Seri Buku Teknologi Sabo Tahun 2015*.
- Nasrullah (2009) 'Model Hidrologi DAS Aih Tripe Hulu untuk Prediksi Banjir dan Kekeringan Hydrological Model of Upstream Aih Tripe Watershed for Drought and Flood Prediction', 1, pp. 35–52.

- Penelitian, K. P., Sumber, P. and Air, D. (2015) 'Kolokium Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air', (022), pp. 1–12.
- Fahri.S Fitra.(2016) 'Studi Keandalan Tampungan Sedimen Sabodam Sehati Maluku Tengah'.
- Bambang Triatmodjo Hridraulik Terapan IIB Beta Offset, 200'.
- Sumani, N. and Tadulako, U. (2018) *BUKU AJAR| PENGELOLAAN DAS DAN APLIKASINYA DALAM PROSES BELAJAR MENGAJAR*.
- Vadari, T., Subagyo, K. and Sutrisno, N. (2004) 'Model Prediksi Erosi: Prinsip, Keunggulan, Dan Keterbatasan', *Model Prediksi Erosi: Prinsip, Keunggulan dan Keterbatasan*, pp. 31–71. Available at: <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/>.
- Google Earth pro