

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN SABO DAM DI UP STREAM SUNGAI NANGKA  
KECAMATAN SAMBELIA**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi  
Pada program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Mataram**



**DISUSUN OLEH :**

**NETI OKTAVIANI**

**416110138**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

**2020**

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING  
SKRIPSI**

**PERENCANAAN SABO DAM DI UP STREAM SUNGAI NANGKA  
KECAMATAN SAMBELIA**

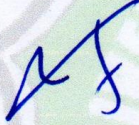
Disusun Oleh:


**NETI OKTAVIANI**  
**416110138**

**Mataram, 3 Agustus 2020**

**Pembimbing I,**


**Pembimbing II,**

  
**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT (Eng)**  
**NIDN. 0824017501**

  
**Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)**  
**NIDN. 0027107301**

**Mengetahui,**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**Dekan,**

  
**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT** f  
**NIDN. 0824017501**



**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN SABO DAM DI UP STREAM SUNGAI NANGKA KECAMTAN SAMBELIA**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : NETI OKTAVIANI

NIM : 416110138

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji

Pada hari : Kamis, 13 Agustus 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

1. Penguji I : Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT

2. Penguji II : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)

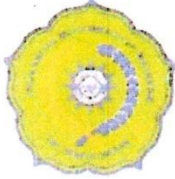
3. Penguji III : Agustini Ernawati, ST., M. Tech

**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**

**Dekan,**

  
**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT**  
NIDN. 0824017501



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
**UPT. PERPUSTAKAAN**

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat  
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906  
Website : <http://www.lit.unmmat.ac.id> E-mail : [upt.perpusunmat@gmail.com](mailto:upt.perpusunmat@gmail.com)

**SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nati Oktaviani  
NIM : 416110138  
Tempat/Tgl Lahir : Mura, 23 Oktober 1998  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 085 333 737752  
Judul Penelitian : -

Perencanaan Sabo Dam Di UP stream Sungai Nangka  
Kecamatan Sambela

**Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain.** 31 2

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya *bersedia menerima sanksi* sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 19 Agustus 2020



Nati Oktaviani  
NIM. 416110138

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT  
  
Iskandar, S.Sos., M.A.  
NIDN. 0802048904





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
**UPT. PERPUSTAKAAN**

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat  
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906  
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [upt.perpusummat@gmail.com](mailto:upt.perpusummat@gmail.com)

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nati Oktaviani  
NIM : 416110138  
Tempat/Tgl Lahir : Mura 23 Oktober 1998  
Program Studi : Teknik SIPi  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 085 333 737752  
Jenis Penelitian :  Skripsi  KTI  .....

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta atas karya ilmiah saya berjudul:

Perencanaan Sako Dam Di U.P. stream Sungai Nangka  
Kecamatan Sambelia

Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 21 Agustus 2020



Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos. M.A.  
NIDN. 0802048904

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul “*Perencanaan Sabo Dam Di Up Stream Sungai Nangka Kecamatan Sambelia*” adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan pejiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku pada masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini apabila dikemudia hari ternyata ditemukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram, 09 Agustus 2020

Pembuat pernyataan,



NETI OKTAVIANI

NIM : 416110138



## **MOTTO**

“Kapasitas belajar (seseorang) adalah sebuah anugrah, kemampuan belajar adalah bakat (namun) kemauan untuk belajar adalah pilihan,”

(Usman Khan)

“Matamu boleh basah, kaki boleh lelah melangkah, namun jangan perna lelah dalam setiap doa dan usaha, karena yang indah akan selalu ada”



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan limpahan rahmat, karunia-Nya, sehingga penyusunan hasil tugas akhir dengan judul **“Perencanaan Sabo Dam Di Up Stream Sungai Nangka Kecamatan Sambelia”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penyusunan tugas akhir ini dilaksanakan di Fakultas Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Matarm dengan daerah kajian Wilayah Sungai Nangka. Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini ialah melakukan perencanaan ulang bangunan pengendali sedimen agar material rombakan aliran debris yang bergerak ke wilayah hilir sungai dan dapat menyebabkan kerusakan dapat di kendalikan sehingga kerusakan yang terjadi tidak terlalu besar dan merugikan masyarakat setempat. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan wajib akademis yang harus ditempuh guna mencapai gelar kesarjanaan di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Matarm.

Penulis menyadari akan kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. untuk itu segala keritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan demi kesempurnaan penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Mataram, Agustus 2020

Penyusun



## UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas Akhir ini dalam penyusunannya tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari semua pihak. Sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Ibu Titik Wahyuningsih, ST.,MT Selaku Ketua Program Study Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Bapak Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT Selaku Dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Dr. Eng. Haryadi ST.,MSc(Eng). selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran dan arahnya.
5. Keluargaku tercinta, orang tuaku, kakak serta adik-adikku yang selalu memberikan dukungan serta do'anya.
6. Sahabat-sahabat yang selalu mengingatkan waktu penyelesaian dan membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir.

Semoga Allah SWT membrikan balasan atasa segala bantuan dan dukungan semuanya, dalam usaha penulisa menyelesaikan tugas akhir ini.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERNYATAAN PELAGIASIRISME</b> .....	v
<b>LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b> .....	vi
<b>MOTTO</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>ABSTRAK</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan .....	2
1.4 Manfaat Studi .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5



2.2	Dasar Teori .....	7
2.2.1	Pengertian Bangunan Sabo .....	7
2.2.2	Titik Peninjauan .....	8
2.2.3	Sabo Dam .....	10
2.2.4	Aliran Debris .....	15
2.3	Analisis Hidrologi .....	19
2.3.1	Curah Hujan Wilayah (DAS) .....	19
2.3.2	Uji Data Hujan .....	20
2.3.3	Curah Hujan Rancangan .....	22
2.3.4	Distribusi Hujan Tiap Jam .....	29
2.3.5	Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	29
2.4	Analisis Sedimen .....	33
2.4.1	Volume Sedimen Sekali Banjir .....	33
2.4.2	Debit dan Volume Aliran Debris .....	35
2.5	Perencana Konstruksi Bangunan Utama .....	37
2.5.1	Posisi Pelimpah .....	37
2.5.2	Tinggi Efektif Main Dam .....	38
2.5.3	Penencanaan Dimensi Pelimpah .....	39
2.5.4	Dimensi Kemiringan Tubuh Main Dam .....	44
2.5.5	Dimensi Kedalaman Pondasi Bangunan Sabo Dam .....	45
2.5.6	Perencanaan Sayap Bangunan Sabo Dam .....	46
2.6	Perencanaan Struktur Bangunan Pendukung .....	47
2.6.1	Perencanaan Kolam Olak .....	47
2.6.2	Perencanaan Sub Dam Bangunan Sabo Dam .....	50
2.6.3	Perencanaan Proteksi Depan Bangunan .....	51
2.6.4	Perencanaan Dimensi Celah .....	53
2.7	Stabilasi Bangunan Sabo Dam .....	52
2.7.1	Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Bangunan Sabo .....	53
2.7.2	Perhitungan Gaya Yang Bekerja.....	54
2.7.3	Kombinasi Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Bangunan sabo .....	55

2.7.4 Momen Akibat Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Bangunan sabo .....	57
2.7.5 Kontrol Stabilitas Main Dam dan Bangunan Sabo .....	59
2.8 Volume Tampungn Sedimen .....	61

**BAB III METODOLOGI ..... 63**

3.1 Lokasi Penelitian .....	63
3.2 Survei Penelitian.....	64
3.3 Studi Literatur .....	65
3.4 Pengumpulan Data .....	65
3.5 Perumusan Konsep Pengerjaan .....	66
3.6 Bagan Alir Penelitian <i>Flowcart</i> .....	68

**BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN..... 69**

4.1 Analisa Data .....	69
4.1.1 Data Peta Topografi.....	70
4.1.2 Data Geometri Sungai .....	70
4.1.3 Analisa Data Hidrologi .....	70
4.1.3.1 Sumber Data .....	71
4.1.3.2 Curah Hujan Daerah Studi .....	71
4.1.3.3 Uji Konsistensi Data Hujan .....	72
4.1.3.4 Analisis frekuensi Curah Hujan Rencana .....	75
4.1.3.5 Uji Kecocokan Sebaran .....	80
4.1.3.6 Perhitungan Curah Hujan Rancangan .....	86
4.1.3.7 Koefisien Pengaliran .....	88
4.1.3.8 Distribusi Hujan Tiap Jam .....	89
4.1.3.9 Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	92
4.2 Analisis Sedimen .....	101
4.2.1 Perhitungan Sedimen Sekali Banjir .....	101
4.2.2 Perhitungan Debit dan Volume Aliran Debris .....	102
4.2.3 Perhitungan Diemnsi Aliran Debris .....	103
4.3 Perencanaan Konstruksi Bangunan Sabo Dam .....	106



4.3.1 Pemilihan Jenis Material Konstruksi .....	106
4.3.2 Perencanaan Struktur Bangunan Utama .....	107
4.3.2.1 Tinggi Main Dam .....	107
4.3.2.2 Dimensi Kemiringan Tubuh main Dam .....	111
4.3.2.3 Dimensi Kedalaman Pondasi Main Dam.....	114
4.3.2.4 Perencanaan Sayap .....	115
4.3.3 Perencanaan Struktur Bangunan Pendukung .....	117
4.3.3.1 Perencanaan Kolam Olak .....	117
4.3.3.2 Perencanaan Sub dam .....	120
4.3.3.3 Perencanaan Proteksi Depan Bangunan .....	121
4.3.3.4 Perencanaan Dimensi Celah .....	123
4.4 Analisa Stabilitas Bangunan Sabo Dam .....	125
4.4.1 Perhitungan Stabilitas Main Dam Sabo (Banjir) .....	127
4.4.2 Perhitungan Stabilitas Main Dam Sabo (Aliran Debris) .....	129
4.4.3 Perhitungan Kontrol Stabilitas Main Dam Sabo (Banjir) .....	131
4.4.4 Perhitungan Kontrol Stabilitas Main Dam Sabo (Debris) .....	132
4.5 Volume Tampungan Sedimen .....	134
4.5.1 Data Volume Tampungan Sedimen Eksisting .....	134
4.5.2 Volume Tampungan Sedimen Rencana.....	134
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>137</b>
5.1 Kesimpulan .....	137
5.2 Saran .....	138
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>139</b>
<b>LAMPIRAN–LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kondisi Dimana Aliran Debris Berhenti .....	8
Gambar 2.2 Pola dasar penanggulangan banjir sedimen (aliran debris) .....	9
Gambar 2.3 Sabo Dam Tipe Tertutup .....	10
Gambar 2.4 Sabo Dam Tipe Terbuka .....	11
Gambar 2.5 Sabo Dam Tipe Terbuka .....	11
Gambar 2.6 Komponen Struktur Bangunan Sabo Dam .....	13
Gambar 2.7 Berbagai Posisi Bangunan Sabo Dam .....	38
Gambar 2.8 Sketsa tinggi limpasan di atas peluap .....	39
Gambar 2.9 Potongan Melintang Pelimpah Bangunan Sabo .....	43
Gambar 2.10 Penetrasi Sayap Kedalam Lapisan Tanah .....	46
Gambar 2.11 Sketsa Panjang Kolam Olak/ <i>Apron</i> .....	49
Gambar 2.12 Panjang Pelindung Dasar Sungai .....	52
Gambar 2.13 Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada Kondisi Banjir .....	55
Gambar 2.14 Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada Kondisi Aliran Debris .....	56
Gambar 2.15 Ilustrasi Hubungan Geometri Sedimen <i>Sabo Dam</i> .....	61
Gambar 3.1 Peta Lokasi Perencanaan .....	64
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian ( <i>flowcart</i> ) .....	68
Gambar 4.1 Peta Topografi 3D DAS Nangka .....	69
Gambar 4.2 Sketsa Lebar Pelimpah, Tinggi Pelimpah Dan Tinggi Jagaan ....	110
Gambar 4.3 Sketsa Penampang Main Dam .....	113
Gambar 4.4 Sketsa Penampang Sayap Bangunan Sabo Dam .....	116
Gambar 4.5 Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada Tubuh Main Dam (Banjir) .....	127
Gambar 4.6 Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada Tubuh Main Dam (Debris) .....	129
Gambar 4.7 Sketsa Tampungan Sedimen Di Hulu Bangunan Sabo Dam .....	136



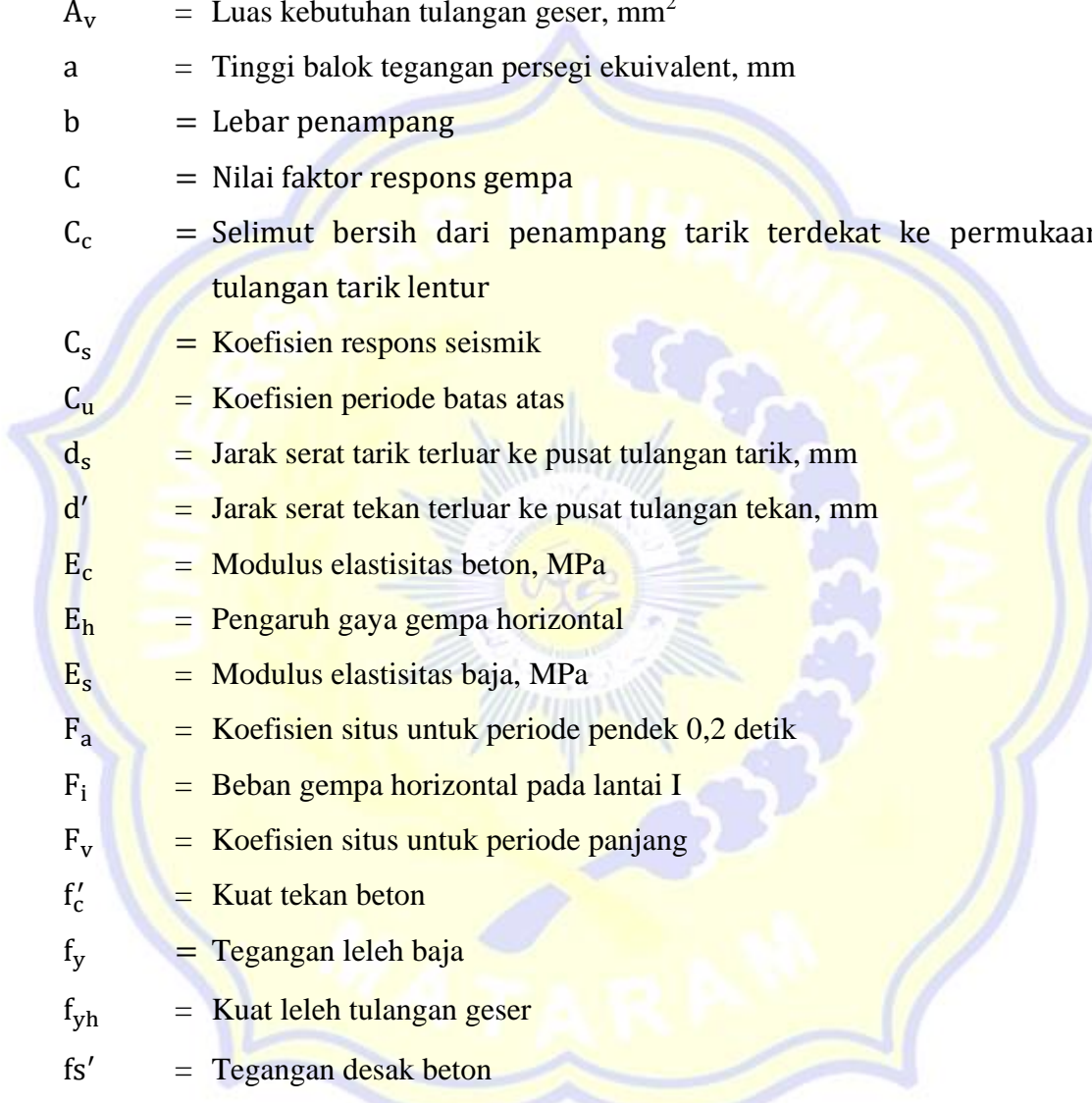
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Kritis Yang Diijinkan Untuk Metode RAPS .....	22
Tabel 2.2 Nilai Kritis Untuk Distribusi <i>Chi-Square</i> .....	27
Tabel 2.3 Nilai Delta Kritis Untuk Uji Keselarasan Smirnov .....	28
Tabel 2.4 Koefisien Pengaliran .....	31
Tabel 2.5 Koefisien Luas DAS .....	35
Tabel 2.6 Tabel Koefisien Daerah Aliran Sungai .....	40
Tabel 2.7 Tinggi Jagaan Pada Pelimpah <i>Sabo Dam</i> .....	42
Tabel 2.8 Tabel nilai $h_3$ berdasarkan I .....	43
Tabel 2.9 Tebal pelimpah .....	44
Tabel 2.10 Standar Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D) .....	45
Tabel 2.11 Standar Kedalaman Penetrasi Sayap Bangunan Sabo Dam .....	47
Tabel 2.12 Standar Tebal <i>Apron</i> Untuk Lapisan Dasar Pasir Dan Kerikil .....	50
Tabel 2.13 Standar Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D) .....	51
Tabel 2.14 Koefisien " <i>BRAY</i> " (C) .....	52
Tabel 2.15 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Bangunan Sabo .....	53
Tabel 2.16 Gaya yang bekerja pada main Dam Sabo (Kondisi Banjir) .....	57
Tabel 2.17 Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Sabo (Kondisi Aliran Debris) .	58
Tabel 4.1 Posisi Stasiun Penkar Hujan .....	71
Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sambelia .....	72
Tabel 4.3 Uji RAPS Stasiun Sambelia .....	73
Tabel 4.4 Parameter Statistik Curah Hujan .....	75
Tabel 4.5 Parameter Statistik Curah Hujan Dengan Data Log .....	78
Tabel 4.6 Macam Distribusi dan Kriteria Pemilihannya .....	82
Tabel 4.7 Uji Keselarasan Sebaran Dengan <i>Chi Kuadrat</i> .....	84
Tabel 4.8 Uji Keselarasan Sebaran Smirnov – Kolmog .....	85
Tabel 4.9 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Tipe III ....	86
Tabel 4.10 Distribusi Sebaran Metode Log Person Tipe III .....	88
Tabel 4.11 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Tataguna Lahan .....	89
Tabel 4.12 Distribusi sebaran hujan jam – jaman .....	92

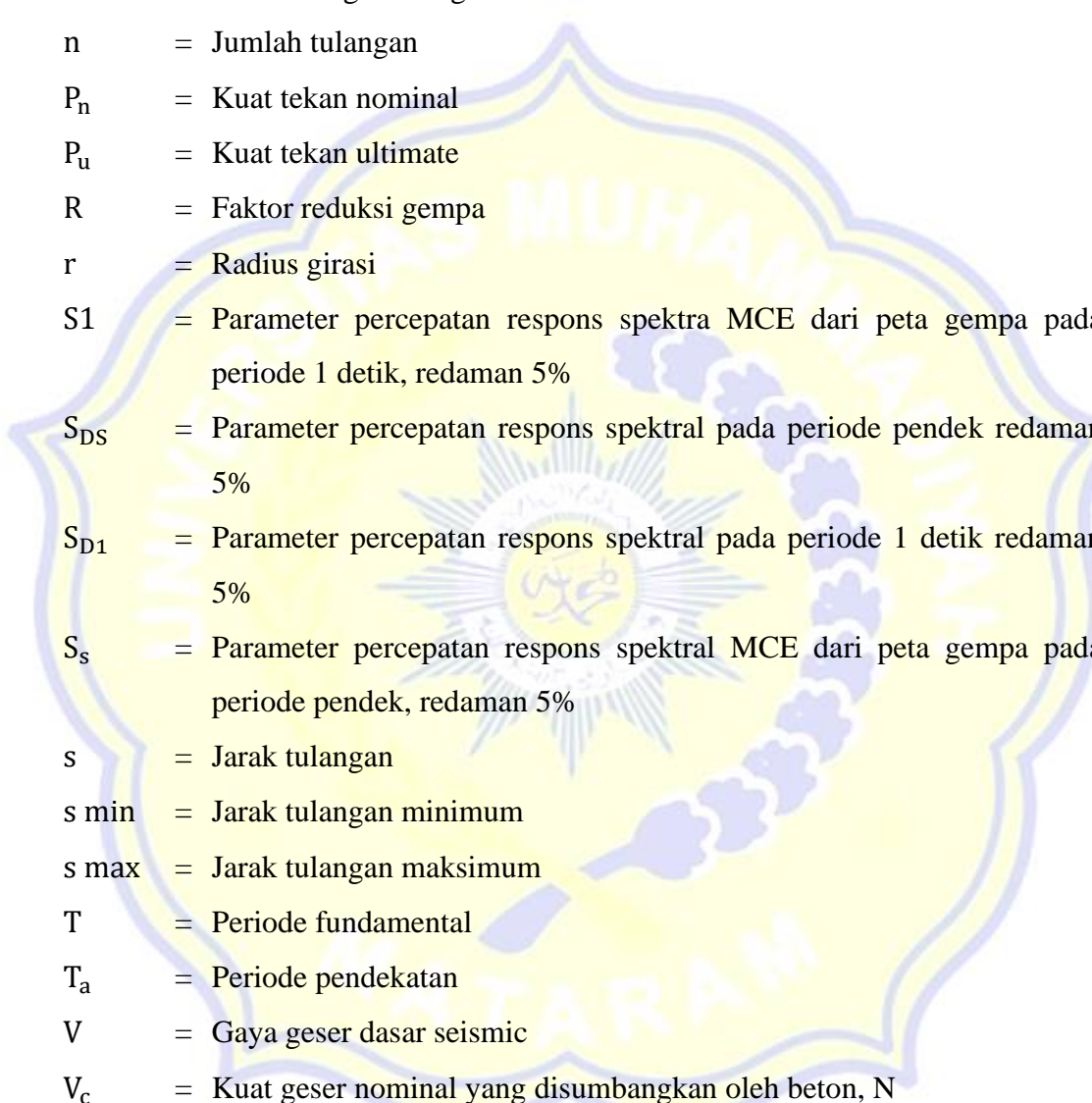
Tabel 4.13 Perhitungan Debit Banjir Rasional .....	93
Tabel 4.14 Perhitungan Debit Banjir Metode Weduwen .....	95
Tabel 4.15 Perhitungan Distribusi Hujan .....	98
Tabel 4.16 Perhitungan Intensitas Hujan .....	99
Tabel 4.17 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Haspers .....	100
Tabel 4.18 Rangkuman Debit Banjir Rencana .....	100
Tabel 4.19 Ringkasan Hasil Perhitungan Volume Dan Dimensi Aliran Debris Pada Bangunan Sabo Dam Sungai Nangka .....	106
Tabel 4.20 Tinggi Jagaan ( <i>Freeboard</i> ) Pada Pelimpah Sabo Dam .....	109
Tabel 4.21 Tebal Pelimpah .....	110
Tabel 4.22 Tebal Apron Untuk Lapisan Dasar Pasir Dan Kerikil .....	120
Tabel 4.23 Standar Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D) .....	121
Tabel 4.24 Perhitungan Gaya dan Momen Yang Bekerja Pada Tubuh Main Dam Bangunan Sabo (Kondisi Banjir) .....	128
Tabel 4.25 Perhitungan Gaya dan Momen Yang Bekerja Pada Tubuh Main Dam Bangunan Sabo (Kondisi Aliran Debris) .....	130
Tabel 4.26 rekapitulasi perhitungan perencanaan konstruksi sabo Dam .....	137



## DAFTAR NOTASI

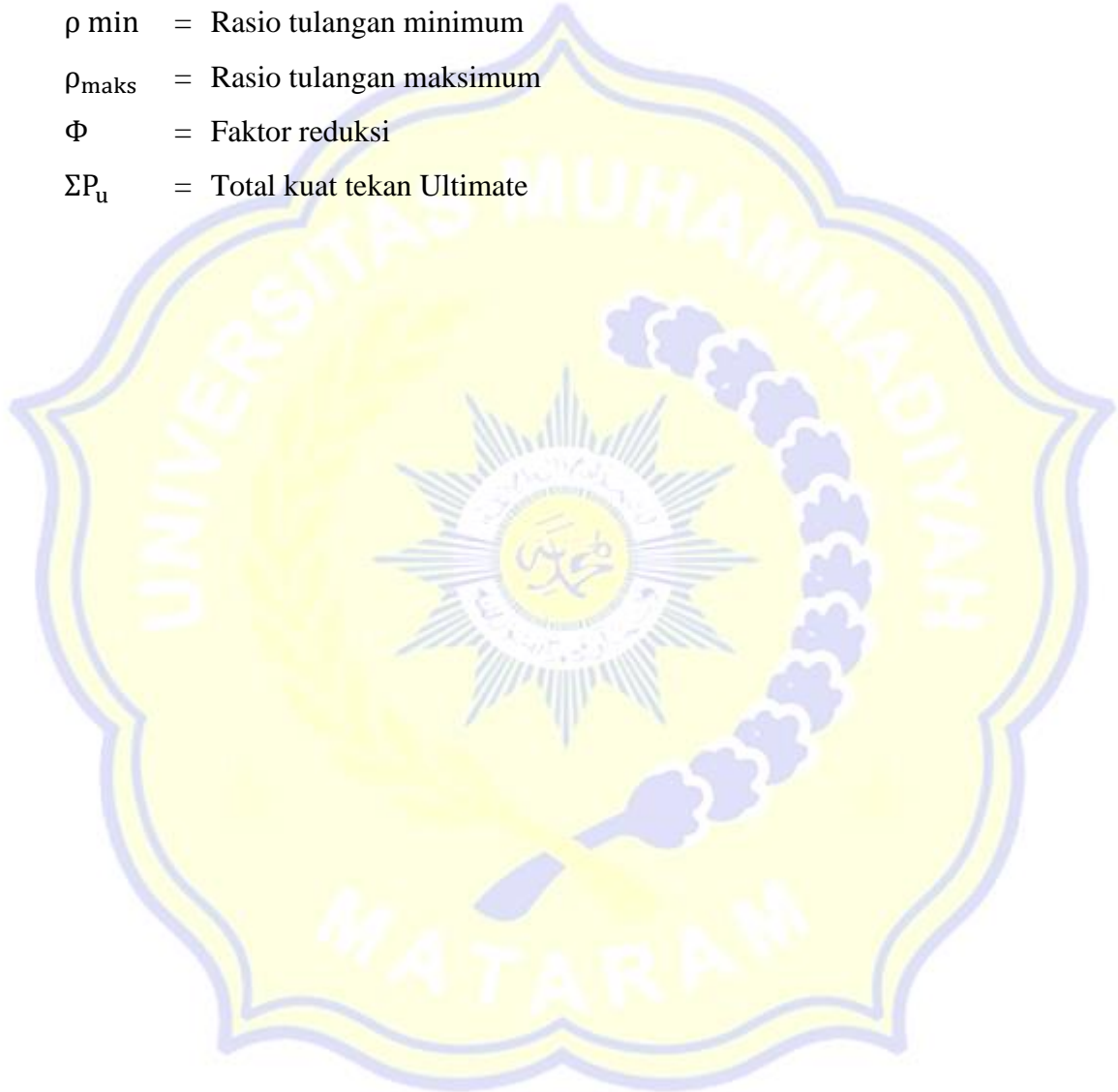


$A_g$	= Luas bruto penampang, mm <sup>2</sup>
$A_s$	= Luas tulangan tarik, mm <sup>2</sup>
$A'_s$	= Luas kebutuhan tulangan tekan, mm <sup>2</sup>
$A_v$	= Luas kebutuhan tulangan geser, mm <sup>2</sup>
$a$	= Tinggi balok tegangan persegi ekuivalent, mm
$b$	= Lebar penampang
$C$	= Nilai faktor respons gempa
$C_c$	= Selimut bersih dari penampang tarik terdekat ke permukaan tulangan tarik lentur
$C_s$	= Koefisien respons seismik
$C_u$	= Koefisien periode batas atas
$d_s$	= Jarak serat tarik terluar ke pusat tulangan tarik, mm
$d'$	= Jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
$E_c$	= Modulus elastisitas beton, MPa
$E_h$	= Pengaruh gaya gempa horizontal
$E_s$	= Modulus elastisitas baja, MPa
$F_a$	= Koefisien situs untuk periode pendek 0,2 detik
$F_i$	= Beban gempa horizontal pada lantai I
$F_v$	= Koefisien situs untuk periode panjang
$f'_c$	= Kuat tekan beton
$f_y$	= Tegangan leleh baja
$f_{yh}$	= Kuat leleh tulangan geser
$f_s'$	= Tegangan desak beton
$H$	= Tebal lapisan tanah dinyatakan dalam meter
$h$	= Tinggi penampang, mm
$h_i$	= Ketinggian lantai pada tingkat i
$I$	= Faktor keutamaan gedung
$I$	= Momen inersia
$I_g$	= Momen inersia penampang bruto beton



$k$	= Faktor tekuk
$l_u$	= Panjang bentang bersih, mm
$M_n$	= Kuat lentur nominal
$M_u$	= Kuat lentur ultimate
$n$	= Jumlah tingkat bangunan
$n$	= Jumlah tulangan
$P_n$	= Kuat tekan nominal
$P_u$	= Kuat tekan ultimate
$R$	= Faktor reduksi gempa
$r$	= Radius girasi
$S_1$	= Parameter percepatan respons spektra MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5%
$S_{DS}$	= Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek redaman 5%
$S_{D1}$	= Parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik redaman 5%
$S_s$	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5%
$s$	= Jarak tulangan
$s_{min}$	= Jarak tulangan minimum
$s_{max}$	= Jarak tulangan maksimum
$T$	= Periode fundamental
$T_a$	= Periode pendekatan
$V$	= Gaya geser dasar seismic
$V_c$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, N
$V_n$	= Kuat geser nominal
$V_s$	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser, N
$V_u$	= Kuat geser ultimate
$W_t$	= Berat total bangunan
$W_i$	= Berat bangunan pada lantai i

- $\Delta_{maks}$  = Defleksi maksimum terukur, mm  
 $\Delta_s$  = Defleksi yang terjadi, mm  
 $\zeta$  = Koefisien waktu getar alami  
 $\rho$  = Rasio tulangan tarik non-prategang  
 $\rho'$  = Rasio tulangan tekan  
 $\rho_{min}$  = Rasio tulangan minimum  
 $\rho_{maks}$  = Rasio tulangan maksimum  
 $\Phi$  = Faktor reduksi  
 $\Sigma P_u$  = Total kuat tekan Ultimate





## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN I

- Surat Penunjuk Dosen Pembimbing Tugas Akhir/Skripsi
- Lembar Asistensi
- Surat Tugas Penguji Seminar
- Berita Acara Pelaksanaan Seminar Hasil Penelitian/Skripsi
- Surat Tugas Penguji Ujian Akhir Skripsi/Tugas Akhir
- Pengesahan Abstrak Skripsi.
- Surat Pernyataan Publikasi Karya Ilmiah
- Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme

### LAMPIRAN II

- Data Curah Hujan dari Tahun 1998 sampai 2018

### LAMPIRAN III

- Gambar Denah
- Gambar Potongan Melintang
- Gambar Potongan Memanjang
- Gambar Penampang Pelimpah
- Gambar Volume Tampungan Sedimen

### LAMPIRAN IV

- Dokumentasi Survey

## ABSTRAK

Aliran debris merupakan aliran rombakan dari campuran pasir, batu, kayu dan air bergerak dengan kecepatan tinggi dan bersifat merusak. Aliran terbentuk akibat tingginya intensitas curah hujan dan kemiringan lahan yang curam. Aliran debris yang terjadi pada wilayah Sungai Nangka di Desa Belanting, Kecamatan Sambelia mengakibatkan terjadinya kerusakan, diantaranya yaitu Bangunan Pengendali Sedimen (*Sabo Dam*). Sungai Nangka di *up stream* mempunyai luas DAS sebesar 17,754 km<sup>2</sup>, panjang alur sungai 8,378 km, dengan kemiringan dasar sungai 0,06 dan batuan tidak kompak sehingga mudah tererosi ketika terjadi limpasan air hujan. Direncanakan Bangunan Pengendali Sedimen (*Sabo Dam*) yang aman terhadap besarnya potensi aliran debris yang terjadi.

*Metode penelitian meliputi survey pendahuluan, studi literatur, pengumpulan data* yang dibutuhkan adalah data hidrologi berupa data curah hujan harian. Data-data dan referensi tersebut diolah dan dijadikan dasar perencanaan Main Dam, Sub Sabo Dam, Apron. setelah perencanaan bangunan sabo kemudian dilakukan cek stabilitas terhadap geser, guling dan daya dukung tanah. kemudian di hitung volume tampungan sedimen akibat perencanaan sabo dam tersebut .

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisa stabilitas, didapatkan tinggi *main dam* 15 m, kedalaman pondasi 3 m, lebar mercu *main dam* 3 m, tinggi sub dam 4,5 m, tebal mercu Sub Dam 3 m, panjang lantai kolam olak 20,00 m dengan tebal 2,00 m yang dilapisi lapisan beton bertulang setebal 1,00 m dan kemiringan tubuh arah hulu 0,4 dan arah hilir 0,25. Jumlah volume sedimen yang mampu ditampung sebesar 661.095 m<sup>3</sup> dimana jumlah tampungan ini lebih besar dari desain sebelumnya sebesar 201.450 m<sup>3</sup> dan hasil perhitungan analisa stabilitas didapat bahwa konstruksi bangunan *sabo dam* aman terhadap tekanan maupun gaya yang ditimbulkan.

Kata Kunci :*Aliran Debris, Sabo Dam, Sungai Nangka*

## ABSTRAK

Debris flow is a flow of scraps from a mixture of sand, stone, wood and water moving at high speed and is destructive. The flow is formed due to the high intensity of rainfall and the steep slope of the land. The flow of debris that occurred in the Nangka River area in Belanting Village, Sambelia District resulted in damage, including the Sediment Control Building (Sabo Dam). The upstream Nangka River has a watershed area of 17.754 km<sup>2</sup>, a river channel length of 8.378 km, with a riverbed slope of 0.06 and the rocks are not compact so that they are easily eroded when rainwater runoff occurs. A Sediment Control Building (Sabo Dam) is planned that is safe against the potential magnitude of debris flow that occurs.

The research method includes a preliminary survey, literature study and data collection required is hydrological data in the form of daily rainfall data. These data and references are processed and used as the basis for planning the Main Dam, Sub Sabo Dam, and Apron. After planning the Sabo building, a stability check is carried out against shear, rolling and soil bearing capacity. Then the sediment storage volume is calculated due to the *Sabo dam* planning.

Based on the results of calculations and stability analysis, it was found that the main dam height was 15 m, the foundation depth was 3 m, the main dam was 3 m wide, the sub dam height was 4.5 m, the sub dam thick was 3 m, the Olak pool floor length was 20.00 m. with a thickness of 2.00 m covered with a layer of reinforced concrete with a thickness of 1.00 m and the slope of the body upstream 0.4 and 0.25 downstream. The total volume of sediment that can be accommodated is 661,095 m<sup>3</sup> where the amount of storage is greater than the previous design of 201,450 m<sup>3</sup> and the results of the calculation of the stability analysis show that the construction of the *Sabo dam* is safe against the pressure and forces generated.

**Keywords:** *Debris' flow, Sabo Dam, Nangka River*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

DAS Nangka merupakan daerah aliran yang berada di Kabupaten Lombok Timur di hulu Gunung Rinjani. Letusan Gunung membawa material vulkanik dalam jumlah yang banyak mengikuti dan mengendap di sepanjang aliran sungai. Pada musim hujan, endapan bahan vulkanik tererosi dengan air hujan ke palung sungai, bahkan dapat terjadi banjir alias debris. Aliran sungai yang membawa lahar mudah berubah arah dan dapat melimpas ke areal pertanian atau pemukiman penduduk yang dapat menyebabkan kerusakan-kerusakan bahkan korban jiwa.

Sedimentasi dan erosi adalah dua kejadian yang tidak dapat dipisahkan.. Sedimentasi dari letusan gunung berapi merupakan hal serius yang perlu diperhatikan, karena hal ini dapat menimbulkan daya rusak yang cukup tinggi. Proses sedimentasi meliputi proses erosi, angkutan (*transportation*), pengendapan (*deposition*) dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Bentuk, ukuran dan beratnya partikel tanah tersebut akan menentukan jumlah besarnya angkutan sedimen

Salah satu bangunan untuk mengendalikan dasar sungai maupun aliran sedimen adalah bangunan sabo dam. Sabo dam merupakan salah satu bangunan yang diharapkan mampu secara langsung menahan sedimen dalam jumlah besar, melokalisir endapan sedimen agar tidak merusak daerah di sekitarnya. *Sabo Dam* Belanting merupakan salah satu solusi untuk pengendalian erosi, sedimen, lahar hujan dan penanggulangan tanah longsor. Secara umum *Sabo Dam* merupakan bangunan air yang dibangun melintang terhadap penampang sungai. Namun pada kenyataannya berdasarkan observasi dilapangan, keadaan Daerah Aliran Sungai (DAS) pada *Sabo Dam* tersebut sudah tidak relevan lagi dengan kondisi semula pada saat perencanaan awal karena terjadi bencana banjir yang mengakibatkan

bangunan *Sabo Dam* amblas, longsornya kolam olak serta tanggul pada hilir *Sabo Dam*.

Pada bagian hulu sungai perludilakukan konservasi agar aliran sedimen yang menuju ke hilir dapat dikendalikan dan berkurang daya rusaknya. Kerena apabila kondisi aliran sedimen yang terjadi tidak segera dikendalikan, dikhawatirkan timbul bencana banjir yang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar. Melihat beragamnya masalah di DAS Nangka maka perlu dilakukan studi evaluasi dan analisis bangunan pengendali sedimen di DAS Nangka untuk mengurangi dampak yang ditimbulkannya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Berapakah debit banjir rencana dengan data curah hujan 20 tahun terakhir ?
- b. Berapakah dimensi *Sabo Dam* Sungai Nangka Desa Belanting berdasarkan analisis hidrologi dan aliran debris?
- c. Bagaimana analisa stabilitas pada kondisi banjir dan kondisi aliran debris konstruksi tubuh main dam bangunan sabo ?
- d. Berapa estimasi volume sedimen yang terjadi di Sungai Nangka ?

## 1.3 Maksud Dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui debit banjir rencana dengan data curah hujan 20 tahun terakhir
- b. Mendesain dimensi *Sabo Dam* Sungai Nangka Desa Belanting berdasarkan analisis hidrologi dan aliran debris
- c. Mengetahui analisa stabilitas pada kondisi banjir dan kondisi aliran debris konstruksi tubuh main dam bangunan sabo
- d. Mengetahui estimasi volume sedimen yang terjadi di Sungai Nangka akibat pembangunan struktur *sabo dam*

#### 1.4 Manfaat Studi

- a. Mendapatkan sistem bangunan pengendali sedimen sehingga sedimen yang berada pada bagian hulu dapat dikendalikan
- b. Sebagai bangunan yang berfungsi untuk melandaikan dasar sungai agar kemiringan tidak terlalu ekstrem.
- c. Memberikan informasi, masukan dan rekomendasi kepada pihak atau instansi terkait sebagai upaya penanggulangan bencana alam aliran debris.

#### 1.5 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan pada lingkup pembahasan, maka perlu adanya batasan terhadap masalah. Batasan masalah pada studi ini adalah sebagai berikut:

- a. Lingkup wilayah perencanaan adalah bangunan *Sabo Dam* yang berada pada daerah Sungai Nangka.
- b. Untuk data hasil analisa geologi, morfologi sungai, data mekanika tanah serta data-data penunjang lain pada perencanaan ini digunakan data sekunder yang didapat dari instansi terkait.
- c. Analisa perhitungan debit air hujan menggunakan periode 20 tahun
- d. Perencanaan bangunan *sabo dam* dalam hal ini hanya meliputi:
  1. Perencanaan konstruksi bangunan sabo terdiri dari :
    - a. Perencanaan dimensi ipelimpah,
    - b. Perencanaan dimensi *main dam*,
    - c. perencanaan sayap *main dam*
    - d. Perencanaan dimensi *apron* / kolam olak,
    - e. Perencanaan dimensi *sub dam*, dan
    - f. Perencanaan dimensi celah / lubang
  2. Kontrol kestabilan bangunan sabo terhadap tekanan yang ditimbulkan terdiri dari:
    - a. Perhitungan stabilitas terhadap kondisi banjir,
    - b. Perhitungan stabilitas terhadap kondisi aliran debris.



- e. Tidak menghitung Besarnya Rencana anggaran Biaya (RAB) untuk pembangunan *Sabo Dam* pada sunagai Nangka Kecamatan Sambelia



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini membahas beberapa teori yang berkaitan dengan perencanaan *Sabo Dam* di Sungai Nangka Kecamatan sambelia. Pada perencanaan *Sabo Dam*, selain diperlukan tinjauan mengenai desain *Sabo Dam*, diperlukan juga

tinjauan mengenai pola tindakan pengendalian aliran debris untuk menentukan lokasi perencanaan *Sabo Dam* yang sesuai. Ada beberapa penelitian atau perencanaan terdahulu yang serupa antara lain :

Yudistiro Pambudi (2012) dalam tugas akhirnya yang berjudul “Perencanaan Bangunan Pengendali Sedimen Pada Sungai Sampean”. Sedimen adalah material atau pecahan dari batuan, mineral dan material organik yang hanyut dan bergerak mengikuti arah aliran air sungai. Sedimentasi pada DAM Sampean Baru yang terjadi sebesar 184,812 m<sup>3</sup>/tahun mengakibatkan pendangkalan sehingga mengurangi kapasitas tampungan air pada DAM Sampean Baru. Pembangunan *Sabo Dam* merupakan salah satu solusi yang dapat dilakukan guna mengendalikan sedimentasi pada sungai.

Joko Cahyono dalam catatannya dengan judul “Perhitungan Desain *Sabo Dam*”. Hasil yang didapatkan adalah pada angka keamanan stabilitas terhadap geser dan daya dukung tanah sebesar 4 karena tinggi *main dam* (H) > 15m. Perhitungan debit rencana direncanakan mampu mengalirkan debit dengan kala ulang 50 tahun.

Widiyanto (2010) dalam tugas akhirnya dengan judul “Perencanaan *Sabo Dam* di Kali Cepe Kabupaten Bangka- Bangka Belitung”. Perencanaan peluap *Sabo Dam* di desain untuk mampu melewati debit banjir rancangan (Qrancangan). Dari data hujan yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan metode analisis frekuensi sehingga di peroleh curah hujan dengan

periode ulang 2,5,10,25,50 dan 100 tahun. Desain debit banjir rancangan dihitung dengan menggunakan 3 metode yaitu Metode HSS Gama I, Metode HSS Nakayasu dan Metode Rasional. Perhitungan perencanaan *main dam*, sub dam, apron, fondasi dan dinding tepi di hitung berdasarkan manual perencanaan Sabo dan mengacu pada SNI 1991 tentang bendung penahan sedimen.

Nanda Anjaribowo dalam tugas akhirnya dengan judul “Perencanaan *Sabo Dam* Kali Putih (KM 16,7) Kabupaten Magelang Jawa Tengah. Debit yang digunakan sebagai dasar pendesainan *Sabo Dam* adalah debit dengan periode ulang 20 tahun. Dari hasil perhitungan debit banjir terbesar didapat dari hasil perhitungan dengan metode *Weduwen* yaitu sebesar 35,06 m<sup>3</sup>/det. Hasil yang didapatkan berupa tinggi total *main dam* sebesar 8,55 meter, tinggi total sub dam sebesar 2,79 meter, panjang apron sebesar 6,1 m dan volume tampungan sebesar 8.100 m<sup>3</sup>, dengan total biaya sebesar Rp.1.470.615.000,00 (termasuk PPN) dan masa konstruksi selama 14 minggu.

Edy Harseno (2008) dalam tugas akhirnya dengan judul “Analisis Stabilitas *Sabo Dam* dan 3 Gerusan Lokal Kali Woro Gunung Merapi Kabupaten Klaten. Untuk menganalisis stabilitas *Sabo Dam* sesuai dengan Standarisasi dan criteria Perencanaan Gugus kerja bidang Sabo pada SubPanitia Teknik Bidang Sumber Daya Air, dan untuk rencana desain bangunan gerusan local sesuai dengan standar Departemen Kimpraswil, Puslitbang SDA – Balai Sabo Yogyakarta. Analisis stabilitas *Sabo Dam* menggunakan data Flood Time dengan Beban Mati dan Gaya Hidrostatik Vertikal = 385,98 tm, Total Momen = 3,633.50 tm, Faktor Keamanan Geser 1,42 > 1,2 sf. Stabilitas dari pondasi didapat eksentrisitas = 2,21 m, Tegangan Maximum pada pondasi *Sabo Dam* = 49,41 t/m<sup>2</sup> < 60 t/m<sup>2</sup> lebih kecil dari daya dukung tanah. Untuk Tinggi Gerusan Lokal Dmax = 4.43 m. Dengan menggunakan konstruksi pelindung dasar sungai Beehive W = 1 ton dan jumlah blok beton yang digunakan 24x83 bh untuk bagian hilir *Sabo Dam*.

## **2.2 Dasar Teori**



### **2.2.1. Pengertian Bangunan Sabo**

Menurut Zaini (2005), dalam pengertiannya, Sabo adalah suatu terminologi teknik berasal dari bahasa Jepang “Sa” dan “Bo” yang dalam pengertian secara luas berarti *erotion and sediment control works* atau pengendalian erosi dan sedimen. Istilah Sabo berarti penanggulangan pasir dan kerikil yang pada hakekatnya merupakan usaha untuk mencegah lahan pegunungan terhadap kerusakan akibat erosi, melindungi penduduk dan infrastruktur di bagian hilir terhadap ancaman bencana akibat erosi dan sedimen.

Menurut T. Yokota (1971) fungsi dasar berbagai fasilitas bangunan pengendalian sedimen (Sabo) adalah sebagai berikut :

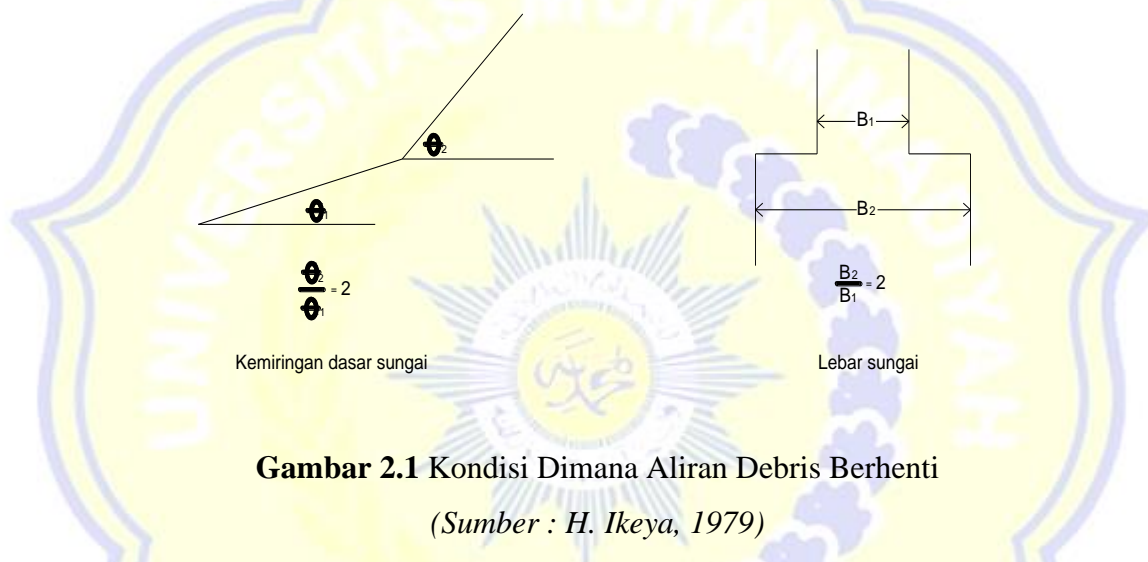
- a. Berfungsi menangkap aliran debris sehingga debit aliran berkurang.
- b. Berfungsi mengarahkan dan memperlambat kecepatan aliran debris.
- c. Berfungsi sebagai tempat pengendapan aliran debris.
- d. Penyediaan lahan (hutan) berfungsi sebagai tempat untuk penyebaran dan penghambat aliran debris.
- e. Berfungsi sebagai pengarah aliran untuk mencegah penyebaran aliran debris.
- f. Berfungsi untuk membatasi terjadinya aliran debris.

### **2.2.2. Titik Peninjauan**

Lahar hujan terjadi akibat hujan yang terus menerus dalam jangka waktu tertentu di atas timbunan endapan material vulkanik di sekitar puncak dan lereng gunung berapi. Air hujan yang turun di atas endapan material vulkanik ini akan mengakibatkan endapan material menjadi jenuh dan mudah longsor atau runtuh. Sumaryono dalam Mukhlisin (1999) menyatakan bahwa longsor campuran material vulkanik dengan air hujan ini mengalir menuju sungai-sungai yang berhulu di sekitar endapan lereng dan puncak gunung berapi dalam bentuk aliran lumpur atau

aliran debris. Aliran debris adalah aliran massa berupa campuran antara air dengan sedimen yang mempunyai konsentrasi tinggi (Mukhlisin, 1999).

Menurut Takahashi (1991), mendeskripsikan mekanisme aliran debris dengan menganggap bahwa air dan material endapan yang terangkut aliran, sebagai satu kesatuan yaitu material debris. Secara alami, aliran debris akan berhenti sendiri apabila kemiringan dasar sungai berubah menjadi setengahnya atau apabila lebar sungai berubah menjadi dua kalinya seperti pada **Gambar 2.1**



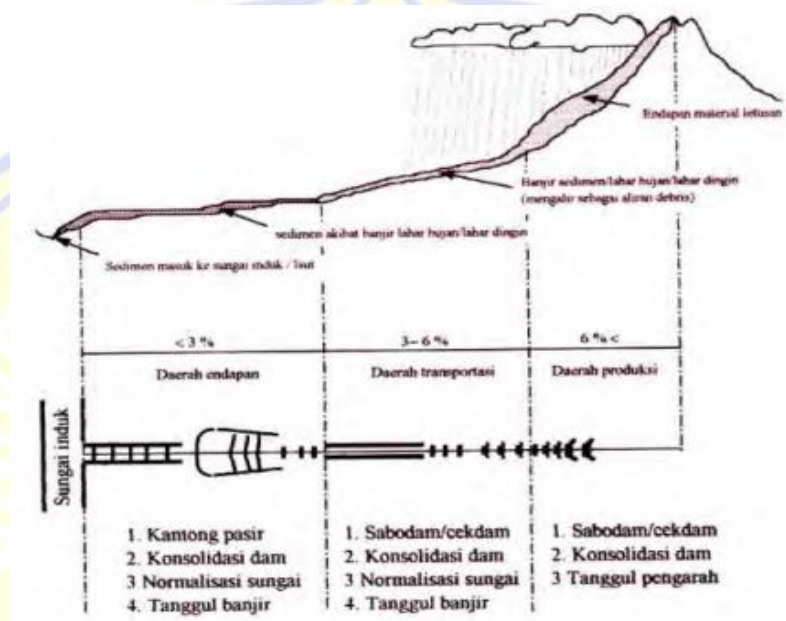
**Gambar 2.1** Kondisi Dimana Aliran Debris Berhenti

(Sumber : H. Ikeya, 1979)

Sasaran dari pekerjaan sabo adalah semua material pasir, kerikil maupun batu-batu berbagai ukuran yang ada di hulu, baik yang berada di palung sungai, tebing sungai maupun bukit-bukit yang diperkirakan akan longsor atau runtuh atau disebut dengan daerah sumber produksi sedimen (Cahyono, 2000). Daerah produksi sedimen adalah daerah yang terletak pada lereng bagian hulu dengan kemiringan  $> 6^\circ$ . Penanggulangan banjir lahar dingin pada produksi sedimen ini dapat diantisipasi dengan cara membuat bangunan penahan sedimen, dam konsolidasi dan dam pengarah aliran. Dengan dibuat bangunan ini diharapkan dapat mengurangi besarnya aliran lahar dingin dan memperkecil kecepatan aliran tersebut. Pada daerah

transportasi sedimen, yaitu daerah yang memiliki kemiringan berkisar antara  $3^\circ$

s/d  $6^\circ$  yang merupakan daerah perkampungan dan pertanian dapat diantisipasi dengan cara membangun konsolidasi dam, normalisasi alur, dam penahan sedimen (*sabo dam*), dan tanggul. Sedangkan daerah endapan sedimen, yaitu daerah yang terletak pada bagian hilir dengan kemiringan  $< 3^\circ$  dapat diatasi dengan membangun bangunan kantong lumpur, dam konsolidasi dan normalisasi. Pola dasar penanggulangan banjir sedimen ditampilkan pada **Gambar 2.2**



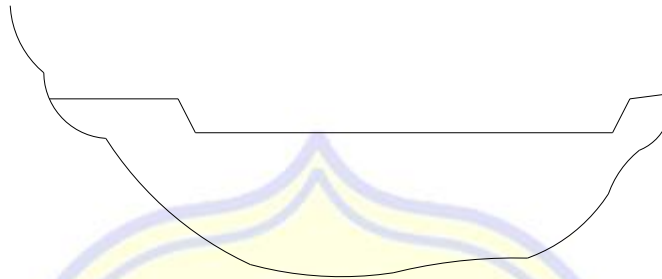
**Gambar 2.2.** Pola dasar penanggulangan banjir sedimen (aliran debris) akibat letusan gunung api (Sumber : Cahyono, 2000)

### 2.2.3. Sabo Dam

*Sabo Dam* merupakan salah satu dari macam-macam fasilitas bangunan. Fungsi utama *Sabo Dam* adalah untuk menahan dan mengendalikan aliran sedimen yang akan mengalir ke hilir. Berdasarkan mekanisme pengendalian aliran debris, *Sabo Dam* dapat dibedakan menjadi dua yaitu *Sabo Dam* tipe tertutup dan *Sabo Dam* tipe terbuka (Cahyono, 2000). *Sabo dam* tipe tertutup akan segera dipenuhi sedimen, sekalipun terjadi banjir aliran debris sedimen/lahar yang kecil. Sehingga saat terjadi banjir aliran debris sedimen/lahar yang besar dimana sangat



membahayakan dan merusak, kemampuan *sabo dam* mengurangi volume sedimen sudah sangat terbatas. Bentuk *Sabo Dam* tipe tertutup seperti pada *Gambar 2.3*.



**Gambar 2.3** *Sabo Dam* Tipe Tertutup (*Sumber : Cahyono, 2000*)

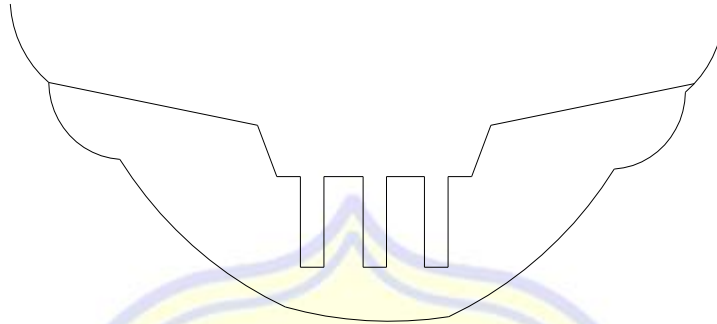
*Sabo dam* tipe terbuka dapat dibedakan menjadi tipe saluran dan tipe kisi-kisi. Tipe saluran dapat dibedakan menjadi tipe lubang dan tipe slit. *Sabo dam* tipe terbuka

dengan kisi-kisi yang terbuat dari pipa-pipa baja belum pernah dibuat di Indonesia. Karena harganya relative mahal. Prinsip *Sabo Dam* terbuka adalah *main dam* diberi lubang sesuai dengan persyaratan agar mampu mengalirkan sedimen ke hilir secara perlahan dan bertahap pada saat banjir. Bentuk *Sabo Dam* tipe terbuka dapat dilihat pada **Gambar 2.3** dan **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** *Sabo Dam* Tipe Terbuka (Lubang)

(*Sumber : Cahyono, 2000*)



**Gambar 2.5 Sabo Dam Tipe Terbuka (Slit)**

(Sumber : Cahyono, 2000)

Adapun menurut Khoirul Murod (2009), menyebutkan bahwa jenis bangunan pengendali sedimen atau *sabo dam* menurut fungsinya dibedakan menjadi :

1. *Check dam* atau *Sabo dam*

yaitu Dam penahan sedimen yang harus dibangun di lembah sungai yang cukup dalam untuk menahan, menampung dan mengendalikan sedimentasi, sehingga jumlah sedimen yang mengalir dapat diperkecil.

2. *Sand Pocket* (kantong pasir)

yaitu bangunan pengendali sedimen yang dibuat didaerah sungai yang berbentuk kipas alluvial untuk menampung sejumlah sedimen yang mengalir cukup besar sehingga sisa dari yang ditahan check dam.

3. *Groundsill* atau ambang pengendali dasar

adalah check dam yang rendah dibangun melintang sungai untuk menstabilkan dasar sungai dan mengarahkan aliran sedimen.

4. *Channel Works* yaitu bangunan berupa kanal di daerah kipas alluvial untuk menstabilkan arah alur dan mengalirkan banjir dengan aman.

Struktur bangunan *sabo dam* terdiri dari dua komponen yaitu komponen struktur utama (*main structures*) dan komponen struktur pendukung (*supporting*

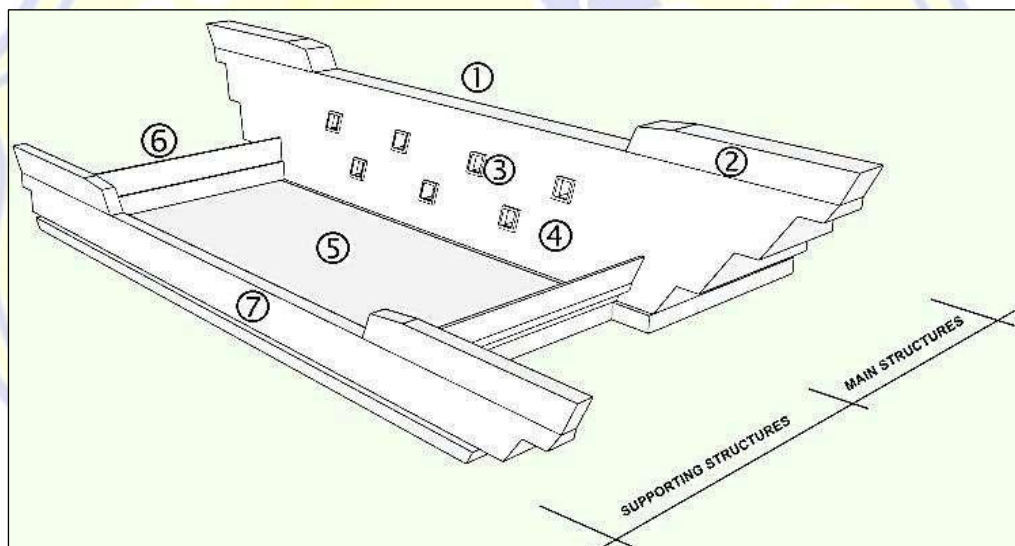
*structures*) yang merupakan struktur bagian depan bangunan, berfungsi untuk mengamankan keberadaan komponen dari struktur utama.

Komponen struktur utama (*main structures*) terdiri dari :

1. Pelimpah (*Spillway*),
2. Sayap (*Wing*),
3. Lubang alir (*Drain hole*).
4. Tubuh main dam,

Komponen struktur pendukung (*supporting structures*) terdiri dari :

5. Kolam olak (*Apron*),
6. Dinding samping (*Side wall*),
7. Sub dam.



**Gambar 2.6.** Komponen Struktur Bangunan *Sabo Dam*

(Sumber :Mardjianto, 2011)

#### **a. Penerapan Teknologi *Sabo Dam***

Besarnya potensi bencana yang diakibatkan oleh aliran debris disebagian Wilayah Indonesia, khususnya pada daerah-daerah yang memiliki tingkat kepadatan penduduk tinggi, kelerengan terjal dan curah hujan tinggi menjadikan

teknologi sabo sebagai suatu prasarana yang berperan penting dalam usaha



mitigasi bencana alam yang perlu disebarluaskan, dari pengertian yang paling mendasar sampai dengan pemahaman teknis yang lebih mendalam seperti perencanaan teknis, pembuatan desain bangunan pengendali sedimen maupun usaha pemanfaatan dan pemeliharannya. Beberapa hal mendasar yang perlu dipahami dari penerapan teknologi sabo adalah:

1. Dengan teknologi sabotidak berarti akan dapat menghentikan sama sekali gerakan massa sedimen,
2. Sasaran yang dikendalikan dengan teknologi sabo adalah pengendalian daya rusak dari gerakan aliran massa sedimen,
3. Dalam pembuatan bangunan sabo harus selalu mempertimbangkan dibuatnya berfungsi ganda bangunan tersebut agar dapat dimanfaatkan masyarakat di sekitar lokasi bangunan. Sistem sabo sering menimbulkan kesalahan persepsi pada orang awam sebagai pemborosan biaya terutama pada sistem yang dibuat untuk mengantisipasi kejadian bencana alam sedimen yang terjadi. Sistem sabo belum atau tidak nampak fungsinya sebelum terjadi bencana sedimen. Perlu dilakukan sosialisasi kepada masyarakat, bahwa biaya pembuatan sistem sabo tersebut merupakan suatu jaminan atau asuransi bagi keselamatan mereka. (Pitoyo, 2010)

#### **b. Fungsi Bangunan *Sabo Dam***

Fungsi utama bangunan *sabo dam* adalah :

- a. Mengatur dan memperkecil kecepatan aliran dan jumlah sedimen yang bergerak ke wilayah hilir,
- b. Mencegah terjadinya penggerusan pada dasar alur
- c. Sebagai tempat penampungan material sedimen. Selain dari fungsi utama sebagai bangunan pengendali sedimen, bangunan sabo dapat pula dimanfaatkan untuk berbagai fungsi lain yang sesuai dengan keperluan masyarakat setempat antara lain (Pitoyo, 2010):
  - a. Pengambilan air untuk berbagai keperluan (air minum, pertanian, perikanan dan sebagainya),
  - b. Fasilitas penyeberangan sungai,

- c. Depot penambangan bahan galian pasir,
- d. Pemanfaatan tenaga air sebagai penggerak generator tenaga listrik.

#### **c. Tata Letak Bangunan *Sabo Dam***

Penempatan bangunan pengendali sedimen atau *sabo dam* harus mempertimbangkan berbagai kondisi sebagai berikut :

- a. *Sabo dam* diletakan pada alur sungai yang sempit, tetapi melebar pada bagian hulunya. Lokasi bangunan *sabo dam* diusahakan memiliki kapasitas tampungan yang besar.
- b. Lokasi terletak pada kondisi geologi yang baik. Letak bangunan *sabo dam* memiliki kondisi geologi permukaan yang terhindar dari daerah patahan dan struktur mekanika tanah yang baik secara teknis maupun lingkungan.
- c. Bangunan *sabo dam* terletak pada daerah dengan kondisi topografi yang baik dan tepat. Lokasi pada kemiringan dasar sungai yang landai dan sumbu *sabo dam* harus tegak lurus terhadap arah aliran di bagian hilirnya.
- d. Lokasi dekat dengan akses jalan yang mempermudah jangkauan ke lokasi bangunan

#### **2.2.4 Aliran Debris**

Berbagai macam bencana alam telah terjadi di beberapa wilayah di Indonesia salah satunya ialah bencana alam sedimen. Bencana alam sedimen merupakan fenomena yang kejadiannya berkaitan erat dengan proses sedimentasi. Beberapa macam bencana yang diakibatkan oleh sedimen adalah seperti tanah longsor, tanah gerak, aliran debris dan aliran lahar merupakan suatu peristiwa alam yang bersifat merusak, setiap tahunnya peristiwa bencana alam sedimen telah banyak menimbulkan kerugian serta kerusakan pada infrastruktur dan lingkungan alam. Aliran Debris merupakan salah satu bencana alam yang disebabkan oleh pergerakan massa sedimen (*mass movement*) yang dipengaruhi oleh adanya gaya gravitasi. Dilihat dari teksturnya, aliran debris merupakan campuran dari pasir, kerikil, batuan dan batu-batu besar yang bercampur secara proporsional dengan lumpur bahkan juga dapat tercampur dengan bahan organik seperti batang pohon, ranting tanaman dan rerumputan lainnya jadi aliran debris

merupakan aliran rombakan yang terdiri atas campuran pasir, batu, kayu dan air yang bergerak secara kolektif dari dasar sampai dengan permukaan aliran. Aliran debris memiliki suatu berat satuan (*specific gravity*) yang tinggi sehingga sebuah batu yang berukuran besar, yang tidak mungkin terangkut oleh aliran air dapat bergerak pada saat aliran debris berlangsung. (Kusumosubroto, 2012)

#### **a. Klasifikasi Aliran Debris**

Berdasarkan pada ukuran butiran material dan pergerakannya aliran debris dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe aliran yaitu:

1. Aliran debris tipe batuan batuan (*stony type debris flow*) yaitu aliran debris yang disetiap pengalirannya banyak mengandung kerikil dan batu-batu besar. Batu-batu besar tersebut terakumulasi dibagian depan alirandan berlangsung dalam waktu yang singkat, kemudian diikuti aliran lumpur yang lama kelamaan mengecil seiring dengan turunnya debit aliran. kecepatan terbesar aliran debris ini terjadi di bagian tengah aliran.
2. Aliran debris tipe lumpur (*mudflow type debris flow*), sering disebut sebagai “*mud flow*” yaitu aliran debris yang disetiap pengalirannya lebih banyak mengandung pasir dan batu-batu kecil dan terkadang disertai dengan beberapa batu besar. Aliran debris tipe lumpur merupakan aliran debris yang terbentuk akibat endapan abu vulkanik dari aktivitas vulkanik gunung api yang menutupi permukaan lereng. Lapisan ini memiliki permeabilitas yang rendah sehingga sangat mudah tererosi meskipun curah hujannya hanya kecil. Dari hasil erosi abu vulkanik tersebut menyebabkan terjadinya aliran debris lumpur yang mengandung partikel-partikel seperti pasir, kerikil dan batu dengan berbagai ukuran, namun partikel yang dominan adalah material abu vulkanik. (Kusumosubroto, 2012)

#### **b. Ciri-ciri dan Perilaku Aliran Debris**

Berdasarkan karakteristik pada setiap pengaliran aliran debris, seperti tipe aliran dan kandungan batu besarnya maka ciri-ciri aliran debris dapat dilihat sebagai berikut:

1. Aliran debris biasanya terjadi pada kondisi curah hujan yang tinggi dengan durasi waktu yang lama.



2. Aliran debris mengalir dengan kecepatan sangat tinggi dan bersifat merusak. Untuk aliran debris tipe batuan (*stony type debris flow*) dengan kandungan batu-batu besar dapat mencapai kecepatan 5 - 10 m/dtk atau sekitar 18 – 36 km/jam.
3. Untuk aliran debris tipe lumpur (*mudflow type debris flow*) mengalir dengan kecepatan 10 - 20 m/dtk atau sekitar 36 – 72 km/jam.
4. Aliran debris terjadi secara cepat dan sulit untuk diprediksi sebelumnya, sehingga sulit untuk memberikan tanda-tanda ataupun informasi peringatan sedini mungkin kepada masyarakat untuk menghindari.
5. Aliran debris tidak mampu mengikuti tikungan pada alur sungai sehingga akan meloncat ke luar dan melanda apapun yang menghalanginya dan kemudian mengendap di luar alur tersebut
6. Material sedimen yang terbawa aliran debris, terdiri dari tanah, pasir dan kerikil, pada umumnya juga membawa batu-batu besar dan batang pohon dengan berbagai ukuran di bagian depan aliran. Bagian depan aliran debris disebut sebagai kepala aliran (*head*) sedangkan pada bagian belakang disebut sebagai ekor aliran (*tail*)

### c. Proses Pembentukan Aliran Debris

Indonesia merupakan wilayah yang beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi, pada umumnya aliran debris terbentuk akibat pengaruh hujan.

Curah

hujan yang tinggi menyebabkan terjadinya penjumlahan massa sedimen yang berada didasar curam, maupun di lereng-lereng perbukitan dan pegunungan melalui berbagai proses pembentuk aliran debris. Ada 3 (tiga) kondisi utama yang

mendorong dapat terbentuknya aliran debris, yaitu :

1. Kemiringan lahan yang curam,
2. Tersedianya sumber material sedimen yang berlimpah dibagian hulu sungai atau di lereng pegunungan,

3. Tersedianya air yang dalam jumlah yang besar dan mengalir kelembah untuk menjenuhkan material tersebut. Aliran debris disebabkan oleh curah hujan yang tinggi menyebabkan terjadinya transportasi sedimen secara bersamaan dengan berbagai ukuran (*mass flow*) dan memiliki kecepatan luncur yang sangat besar. Dari berbagai hasil survey dan pengamatan yang dilakukan oleh (*Ministry of Construction Japan, 1996*) aliran debris yang diakibatkan oleh curah hujan dapat dikategorikan menjadi 3 model yaitu :

a. Peristiwa Runtuhan Bukit.

Proses pembentukan aliran debris model ini pada dasarnya sama seperti kejadian runtuh lereng bukit. Deposit material sedimen yang berada dibagian hulu runtuh akibat curah hujan yang tinggi sehingga material lepas hasil runtuh tersebut mengalir dan memasuki alur sungai mengalir kearah hilir dan membentuk sebagai aliran debris.

b. Peristiwa Runtuhnya Pembendungan Alam. Bendungan alam terbentuk oleh timbunan material lepas hasil dari runtuh bukit atau lembah, lalu terakumulasi sementara dan membentuk sebagai dam alam (*natural or landslide dam*). Ketika muka air belakang dam naik oleh pengaruh *piping* atau limpasan air sebagian tubuh dam mengalami keruntuhan sehingga material runtuh tersebut bercampur dengan air dan meluncur deras kearah hilir dan membentuk aliran debris.

### 2.3 Analisis Hidrologi

Secara umum analisa hidrologi merupakan satu bagian analisa awal dalam perencanaan bangunan-bangunan hidrolis. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besar-besarnya yang diperoleh dalam analisa hidrologi merupakan masukan penting dalam analisa selanjutnya. Analisa hidrologi dilakukan untuk mendapatkan besar debit banjir rencana yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi *Sabo Dam*. Analisa hidrologi yang dilakukan meliputi:

### 2.3.1 Curah Hujan Wilayah/Rata-Rata Daerah (Area DAS)

Gambaran mengenai hujan di seluruh daerah aliran sungai diketahui dengan cara memilih beberapa stasiun yang tersebar di seluruh DAS. Stasiun terpilih adalah stasiun yang berada dalam cakupan areal DAS dan memiliki data pengukuran iklim secara lengkap. Beberapa metode yang dapat dipakai untuk menentukan curah hujan rata-rata adalah metode Arithmetik, Thiessen, dan Peta Isohyet. Untuk keperluan pengolahan data curah hujan menjadi data debit diperlukan data curah hujan bulanan, sedangkan untuk mendapatkan debit banjir rancangan diperlukan analisis data dari curah hujan harian maksimum. Pada metode aritmetik (aljabar) dianggap bahwa data curah hujan dari suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran di sekitar tempat itu dengan merata-rata langsung stasiun penakar hujan yang digunakan. Perhitungan secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$R = \frac{1}{n} ( R_1 + R_2 + \dots R_n ) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

R = Curah hujan daerah (mm)

n = Jumlah titik Pengamatan

R1, R2, . . . Rn = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak jauh berbeda dengan dari hasil yang didapat dengan cara lain, jika titik pengamatan itu banyak dan tersebar merata di seluruh daerah yang bersangkutan. Keuntungan cara ini adalah obyektif yang berbeda dengan umpama cara isohiet, dimana faktor obyektif turut menentukan. Pada metode Thiessen dianggap bahwa data curah hujan dari suatu tempat pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran di sekitar tempat itu. Metode perhitungan dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah kurva penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian tiap stasiun penakar (Rn) akan terletak pada suatu wilayah poligon tertutup (An).



Perbandingan

luas poligon untuk setiap stasiun yang besarnya  $A_n / A$ . Thiessen memberi rumusan sebagai berikut: (2-2)

Metode isohyet menggunakan peta dengan kurvakurva yang menghubungkan tempat tempat dengan curah hujan yang sama. Besar curah hujan rata-rata bagi daerah seluruhnya didapat dengan mengalikan curah hujan rata-rata diantara kontur-kontur dengan luas daerah antara kedua kontur, dijumlahkan dan kemudian dibagi luas seluruh daerah. Curah hujan rata-rata di antara kontur biasanya diambil setengah harga dari kontur.

### 2.3.2 Uji Data Hujan

Jika data hujan tidak konsisten yang diakibatkan oleh berubahnya atau terganggunya lingkungan di sekitar tempat dimana alat ukur penakar hujan dipasang, misalnya antara lain karena terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung tinggi, perubahan cara penakaran dan pencatatannya, pemundahan letak penakar hujan dan sebagainya, maka seolah-olah telah terjadi penyimpangan terhadap trend data hujan yang semula atau sebenarnya. Oleh karena itu maka pengujian data hujan perlu dilakukan. Dan hal tersebut dapat diselidiki dengan menggunakan dua metode :

#### 1. Metode Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)

Cara ini dilakukan dengan cara menghitung nilai komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata (mean) dengan persamaan berikut:

$$S^*_0 = 0$$
$$S^*_k = \sum_{n=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :

$$K = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$S_{k^{**}} = \frac{S^*_k}{Dy} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{n=1}^k (Y_i - \bar{Y})^2}{n}$$

Pengujian dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan komulatif rerata penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif reratanya, lebih jelas lagi bias dilihat pada rumus, nilai statistic Q dan R.

Nilai statistic Q dan R

$$Q = \max |S_k^{**}| \text{ untuk } 0 \leq k \leq n$$

$$R = \max S_k^{**} - \min S_k^{**}$$

dengan:

$S^*o$  = simpangan awal

$S^*k$  = simpangan mutlak

$S^{**k}$  = nilai konsistensi data

$n$  = jumlah data

$Dy$  = simpangan rata-rata

$Q$  = nilai statistic Q untuk  $0 \leq k \leq n$

$R$  = nilai statistik (range)

Dengan melihat nilai statistic diatas maka dapat dicari nilai  $Q\sqrt{n}$  dan  $R\sqrt{n}$ . Hasil yang di dapat dibandingkan dengan nilai  $Q\sqrt{n}$  syarat dan  $R\sqrt{n}$  syarat, jika lebih kecil maka masih dalam batas konsisten.

**Tabel 2.1.** Nilai Kritis Yang Diiijinkan Untuk Metode RAPS

No	$Q/n^{0,5}$			$R/n^{0,5}$		
	90 %	95 %	99 %	90 %	95 %	99 %
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,48	1,40	1,50	1,70
40	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,85

(Sumber : Sri Harto, 1993)

### 2.3.3 Curah Hujan Rancangan

#### a. Analisa frekuensi

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui dan tanpa mempedulikan adanya pengulangan secara teratur setiap kala ulang terjadi. Analisa distribusi frekuensi untuk mendapatkan intensitas hujan yang akan digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Beberapa metode analisa distribusi frekuensi yang biasanya digunakan dalam hidrologi antara lain:

##### 1. Deviasi Standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.4)$$

##### 2. Koefisien Skewness

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Perhitungannya digunakan Persamaan sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n \sum (xi - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots (2.5)$$

##### 3. Pengukuran Kutosis (Ck)

Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Perhitungannya digunakan Persamaan sebagai berikut :

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi - X)^4}{(n-1)(n-2) S^4} \dots\dots\dots (2.6)$$

##### 4. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi. Perhitungannya menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Syarat-syarat penentuan agihan, sebagai berikut:



1. Agihan Normal,  $C_s \approx 0$ ,  $C_k = 3$
2. Agihan Log Normal,  $C_s \approx 3C_v$
3. Agihan Gumbel,  $C_s = 1,1396$ ;  $C_k = 5,4002$
4. Agihan Log Pearson Tipe III, tidak ada syarat (seluruh nilai di luar ketiga agihan lainnya).

**b. Analisis Jenis Sebaran**

1. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi *Gauss*.

Persamaan umum yang digunakan adalah:

$$X_t = X + K S_x \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan :

$X_t$  = Curah hujan rancangan (mm),

$X$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$S_x$  = Standar *deviasi*

$K$  = factor frekuensi

2. Distribusi *Gumbel*

$$X_t = X + S \cdot k \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan :

$X_t$  = Curah hujan rancangan (mm),

$X$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$S_x$  = Standar *deviasi*

$K$  = factor frekuensi

3. Distribusi *Log Pearson Type III*

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam menghitung curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut:

Devisiasi Standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Log xi - Log \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Koefisien Skewness

Kemencengan ( *Skewness* ) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Perhitungannya digunakan

Persamaan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{n \sum (Log xi - Log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots (2.11)$$

Pengukuran Kutosis (Ck)

Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Perhitungannya digunakan Persamaan sebagai berikut :

$$C_k = \frac{n^2 \sum (Log Xi - Log X)^4}{(n-1)(n-2)S^4} \dots\dots\dots (2.12)$$

**c. Uji Kecocokan Sebaran / Uji Keselarasan Distribusi**

Uji sebaran dilakukan atau uji keselarasan distribusi yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih, dapat mewakili dari distribusi statistik sample data yang dianalisis (Soemarto,1999). Ada dua jenis uji sebaran (*Goodness of fit test*), yaitu uji sebaran *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorov*.

1. Uji Sebaran *Chi Square*

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai *chi square* ( $X^2_{hitung}$ ) dengan nilai *chi square* kritis ( $X^2_{cr}$ ). Uji sebaran *chi square* menggunakan rumus (Soewarno,1995):

$$X^2_{hitung} = \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.13)$$

$X^2_{hitung}$  = parameter *chi square* hitung

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

n = jumlah data

K = jumlah sub kelompok atau kelas

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai  $X_{2hitung} < X_{2kritis}$ . Nilai  $X_{2kritis}$  dapat dilihat pada Tabel 2.1, dengan nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5 %

**Tabel 2.2.** Nilai Kritis Untuk Distribusi *Chi-Square*

Dk	$\alpha$ Derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000039	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,41	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928



26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber : Soewarno, 1995)

## 2. Uji Sebaran Smirnov – Kolmogorov

Uji keselarasan *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian ini dimaksudkan untuk mencocokkan apakah sebaran yang telah dibuat pada perhitungan sebelumnya benar yaitu berupa garis yang telah dibuat pada kertas distribusi peluang. Adapun caranya, yaitu sebagai berikut :

1. Mengurutkan data dan menentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
2. Menentukan peluang masing-masing peluang teoritis dari hasil pengamatan penggambaran data.
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, kemudian tentukan selisih besarnya peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Berdasarkan tabel nilai kritis uji (*Smirnov-Kolmogorof* ), setelah itu kita bisa menentukan  $D_0$ .

$$D_0 = P - P' \dots\dots\dots$$

(2.14)

$$D_{maks} = \frac{D}{100} \dots\dots\dots$$

(2.15)

5. Bila  $D < D_0$ , maka distribusi teoritis atau sebaran yang telah digunakan atau dibuat untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

**Tabel 2.3.** Nilai Delta Kritis Untuk Uji Keselarasan Smirnov  
Kolmogorof

Jumlah datan	derajat kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n >50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

(Sumber : Soewarno, 1995)

#### 2.3.4 Distribusi Hujan Tiap Jam

Untuk mengubah curah hujan rancangan menjadi debit banjir rancangan, diperlukan curah hujan jam-jaman. pada umumnya data hujan tersedia pada stasiun meteorologi adalah data hujan harian, artinya data yang tercatat secara komulatif selama 24 jam.

distribusi hujan yang dipakai adalah metode rasional supaya waktu terjadinya puncak banjir sesuai dengan hasil perhitungan. Berdasarkan pengamatan di stasiun Sambelia diketahui bahwa hujan terpusat di daerah Blanting terjadi selama empat jam, sehingga rumus rasional yang dipakai untuk menghitung distribusi hujan jam-jaman adalah sebagai berikut:

$$R_t = \left\{ \frac{R_{24}}{4} \right\} \times \left\{ \frac{T}{t} \right\}^{2/3} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan :

$R_t$  = Rata-rata hujan awal sampai dengan jam ke t (mm)

T = Waktu hujan dari permukaan hujan sampai jam ke (jam)

$R_{24}$  = Besarnya hujan selama 24 jam (mm)

(Angka 4, merupakan lamanya hujan terpusat di daerah belanting)

### 2.3.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit Banjir rancangan pada Daerah Kawasan Belanting dihitung dengan menggunakan metode nakayasu. Pemilihan metode telah disesuaikan dengan karakteristik daerah tangkapan hujan pada sungai. Adapun debit banjir rancangan yang dihitung pada pekerjaan ini adalah meliputi empat buah daerah aliran sungai yaitu :

1. Sungai Nangka
  - Bagian Hilir (*Down Stream*)
  - Bagian Tengah (*Midle Stream*)
  - Bagian Hulu (*Up Stream*)
2. Sungai Pekendangan
3. Sungai Pasiran
4. Sungai Hangat

Perhitungan debit banjir rencana di Kali Putih dengan mengambil periode masa ulang 50 tahun, dan digunakan beberapa metode pendekatan antara lain :

#### a. Metode Rasional

Perhitungan metode rasional ( dalam Sosrodarsono dkk, 1985 ) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{3,6} f \cdot r \cdot A \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana :

- Q = debit banjir rencana ( m<sup>3</sup>/det )
- f = koefisien pengaliran
- r = intensitas hujan selama t jam ( mm/jam )

$$r = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

$R_{24}$  = curah hujan harian ( mm )



$$T = \frac{L}{w}$$

T = waktu konsentrasi ( jam )

$$w = 72 \times \frac{H^{0,6}}{L} \text{ (km/jam)}$$

w = waktu kecepatan perambatan ( m/det atau km/jam )

L = jarak dari ujung daerah hulu sampai titik yang ditinjau ( km )

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

H = beda tinggi ujung hulu dengan tinggi titik yang ditinjau ( m )

Koefisien pengaliran ( f ) tergantung dari beberapa faktor antara lain jenis tanah, kemiringan, vegetasi, luas dan bentuk pengaliran sungai.

Sedang

besarnya nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4.** Koefisien Pengaliran

Kondisi Daerah Pengaliran	Koefisien Pengaliran (f)
Daerah pegunungan berlereng terjal	0,75 – 0,90
Daerah perbukitan	0,70 – 0,80
Tanah bergelombang dan semak-semak	0,50 – 0,75
Tanah daratan yang ditanami	0,45 – 0,65
Persawahan irigasi	0,70 – 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai kecil di daratan	0,45 -0,75
Sungai besar yang setengah dari daerah pengaliran terdiri dari daratan	0,50 – 0,75

*Sumber : dalam Sosrodarsono, 1989*

## b. Metode Wudewen

Rumus debit banjir rencana Metode Wudewen yang digunakan ( dalam Wahyuni, 2002 ) adalah sebagai berikut :

$$Q_t = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

$Q_t$  = debit banjir rencana ( m<sup>3</sup>/det )

$R_n$  = curah hujan maksimum ( mm/hari )

$\alpha$  = koefisien limpasan

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(\beta \cdot q + 7)}$$

$\beta$  = koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS

$$\beta = \frac{120 + \left(\frac{t+1}{t+9}\right)A}{(120+A)}$$

$q_n$  = debit per satuan luas ( m<sup>3</sup>/det km<sup>2</sup> )

$$q_n = \frac{R_n}{240} \frac{67,65}{t+1,45}$$

$A$  = luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>) sampai 100 km<sup>2</sup>

$t$  = lamanya curah hujan (jam)

$L$  = panjang sungai (km)

$I$  = gradient sungai atau medan yaitu kemiringan rata-rata sungai sungai ( 10 % bagian hulu dari panjang sungai tidak dihitung. Beda tinggi dan panjang diambil dari suatu titik 0,1 L dari batas hulu DAS ).

Langkah kerja perhitungan debit banjir dengan Metode Wudewen adalah:

1. Hitung A, L, dan I dari peta garis tinggi DAS, substitusikan kedalam persamaan.
2. Buat harga perkiraan untuk  $Q_1$  dan gunakan persamaan di atas untuk menghitung besarnya t,  $q_n$ ,  $\alpha$ , dan  $\beta$ .

3. Setelah besarnya  $t$ ,  $q_n$ ,  $\alpha$ , dan  $\beta$  didapat kemudian dilakukan literasi perhitungan untuk  $Q_2$ .
4. Ulangi perhitungan sampai dengan  $Q_n = Q_{n-1}$  atau mendekati nilai tersebut. Metode Wudewen digunakan untuk curah hujan sampai 240 mm.

**c. Metode Haspers**

Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode Haspers menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = k\beta q A \quad (\text{m}^3/\text{det}) \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana :

$Q$  = debit banjir periode ulang tertentu

$k$  = koefisien *run of*

$$k = \frac{1+0,012 x A^{0,7}}{1+0,075 x A^{0,7}} \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

$\beta$  = koefisien reduksi

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{1,2+3,7x 10^{-0,4t}}{(t^2+1)} \times \frac{A^{0,75}}{12} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

$r$  = distribusi hujan

$$r = \frac{t x R_t}{(t+1)} \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

$q$  = intensitas hujan yang diperhitungkan ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{km}^2$ )

$$q = \frac{r}{(3,6 x t)} \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

$A$  = luas DAS ( $\text{km}^2$ )

$L$  = panjang sungai

$I$  = kemiringan sunga



## 2.4 Analisis Sedimen

### 2.4.1 Volume Sedimen Sekali Banjir

Volume sedimen yang dapat diangkut dalam satu kali banjir debris dapat diprediksi dengan menggunakan rumus empiris dari Mizuyama (1988) yaitu sebagai berikut :

$$V_{ec} = \frac{R_{24} A_{10}^3}{1 K v} \frac{C_d}{1 - C_d} f_r \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana :

$V_{ec}$  = Volume sedimen yang dapat diangkut oleh aliran ( $m^3$ )

$R_{24}$  = Intensitas hujan harian (mm),

$C_d$  = Konsentrasi sedimen aliran debris,

$A$  = *catchment area* ( $km^2$ )

$f_r$  = koefisien koreksi aliran (jika  $a < 0.1 km^2$  maka  $f_r = 0.5$ , jika  $a > 10 km^2$  maka  $f_r = 0.1$ ),

$\lambda$  = void ratio (0,40).

Konsentrasi sedimen aliran debris dapat dihitung menggunakan rumus Takahashi (1988) yaitu sebagai berikut :

$$C_d = \frac{\rho_w \times \text{tg}\theta}{(\rho_s - \rho_w) \times (\text{tg}\phi - \text{tg}\theta)} \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana

$\text{tg}\theta$  = kemiringan alur ( $^\circ$ ),

$C^*$  = konsentrasi sedimen pada dasar sungai (0.60), sudut geser dalam endapan sedimen

$\phi$  = sudut geser dalam endapan sedimen.

Apabila hasil penghitungan  $C_d$  lebih dari  $0,9 C^*$ ,  $C_d$  diambil  $0,9.C^*$  dan apabila  $C_d$  lebih kecil dari  $0,3$  maka diambil  $0,3$ .

### 2.4.2 Debit dan Volume Aliran Debris

Kandungan sedimen terbesar terjadi pada saat puncak banjir. Debit puncak aliran debris diestimasi berdasarkan hubungan antara debit puncak limpasan dan kandungan sedimennya, ditunjukkan sebagai berikut :

$$Q_d = \alpha \times Q_p \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\alpha = \frac{c}{c - c_d}$$

dimana :

$Q_d$  = debit puncak aliran debris ( $m^3/dt$ ),

$Q_p$  = debit banjir rencana ( $m^3/dt$ ),

$\alpha$  = koefisien kandungan sedimen,

$C^*$  = konsentrasi sedimen pada dasar sungai,

$C_d$  = konsentrasi sedimen aliran debris.

Berdasarkan penelitian di gunung Yakedake, Sungai Name dan gunung Sakurajima diperoleh informasi mengenai korelasi antara debit puncak aliran debris dan total volumenya dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$V_d = 500 Q_d \dots\dots\dots (2.27)$$

dengan :

$V_d$  = total volume aliran debris ( $m^3$ ),

$Q_d$  = debit puncak aliran debris ( $m^3/dt$ ).

### 2.4.3 Dimensi Aliran Debris

Berdasarkan pengalaman dan penelitian model fisik, lebar maksimum aliran debris dapat diestimasi memakai rumus :

$$B_d = \xi \times Q_p^{0.5}$$

dengan

$B_d$  = lebar maksimum aliran debris (m),

$Q_p$  = debit banjir rencana ( $m^3/dt$ ),

$\xi$  = koefisien yang nilainya tergantung luas DAS

**Tabel 2.5.** Koefisien Luas DAS

No	Luas DAS (Km <sup>2</sup> )	ξ
1	< 1	3
2	1 – 10	4
3	10 – 100	5
4	100 <	6

(Sumber :Ikeya, 1979)

Dengan menggunakan rumus dari Takahashi kecepatan aliran debris dapat dihitung sebagai berikut:

$$U = k_1 \times \left( \frac{q d^2}{g d^2} \right)^{0,2} \times g \times d \dots\dots\dots (2.28)$$

$$k_1 = \frac{0,693 \cdot \sin \theta^{0,2} \left\{ \left( \frac{C^*}{Cd} \right)^{\frac{1}{3}} - 1 \right\}^{0,4} \cdot \{ Cd + (1 - Cd) \cdot \left( \frac{\rho}{\sigma} \right) \}^{0,2}}{(K \cdot \sin \varphi)^{0,2} \cdot (1 - Cd)^{0,6}} \dots\dots\dots (2.29)$$

dengan :

- U = aliran debris (m/dt),
- k<sub>1</sub> = konstanta kecepatan aliran debris,
- q<sub>d</sub> = debit puncak aliran debris per satuan lebar, Q<sub>d</sub>/B<sub>d</sub> (m<sup>3</sup>/dt/m)
- K = konstanta 0.042
- g = percepatan gravitasi 9.81 (m/dt<sup>2</sup>)
- θ = kemiringan dasar sungai (°)
- Ø = geser endapan sedimen (°)
- ρ = jenis air (t/m<sup>3</sup>)
- σ = berat jenis sedimen (t/m<sup>3</sup>)
- d = diameter rata-rata butiran sedimen (m)

Dengan menggunakan rumus dari Takahashi tinggi aliran debris dapat dihitung sebagai berikut:

$$H_{\text{debris}} = h_d + h_u \dots\dots\dots (2.30)$$

$$h_d = k_2 \times \left( \frac{qd}{g \cdot d^2} \right)^{0,3} \times d$$

$$k_2 = \frac{1.443 \cdot (K \cdot \sin \varphi)^{0,2}}{\sin^2 \theta^2 \left\{ \left( \frac{c}{c_d} \right)^{1/3} - 1 \right\}^{0,4} \times \left\{ cd + (1 - cd) \left( \frac{\rho}{\sigma} \right)^{0,2} \right\} \cdot (1 - cd)^{0,4}} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$h_u = \frac{qd}{U} \dots\dots\dots (2.32)$$

dengan :

- $H_{\text{debris}}$  = tinggi aliran debris (m),
- $h_d$  = kedalaman aliran debris (m),
- $h_u$  = tinggi *up rush* aliran debris (m),
- $k_2$  = konstanta aliran dan butiran.

## 2.5 Perencanaan Konstruksi Bangunan Utama/ Main Dam

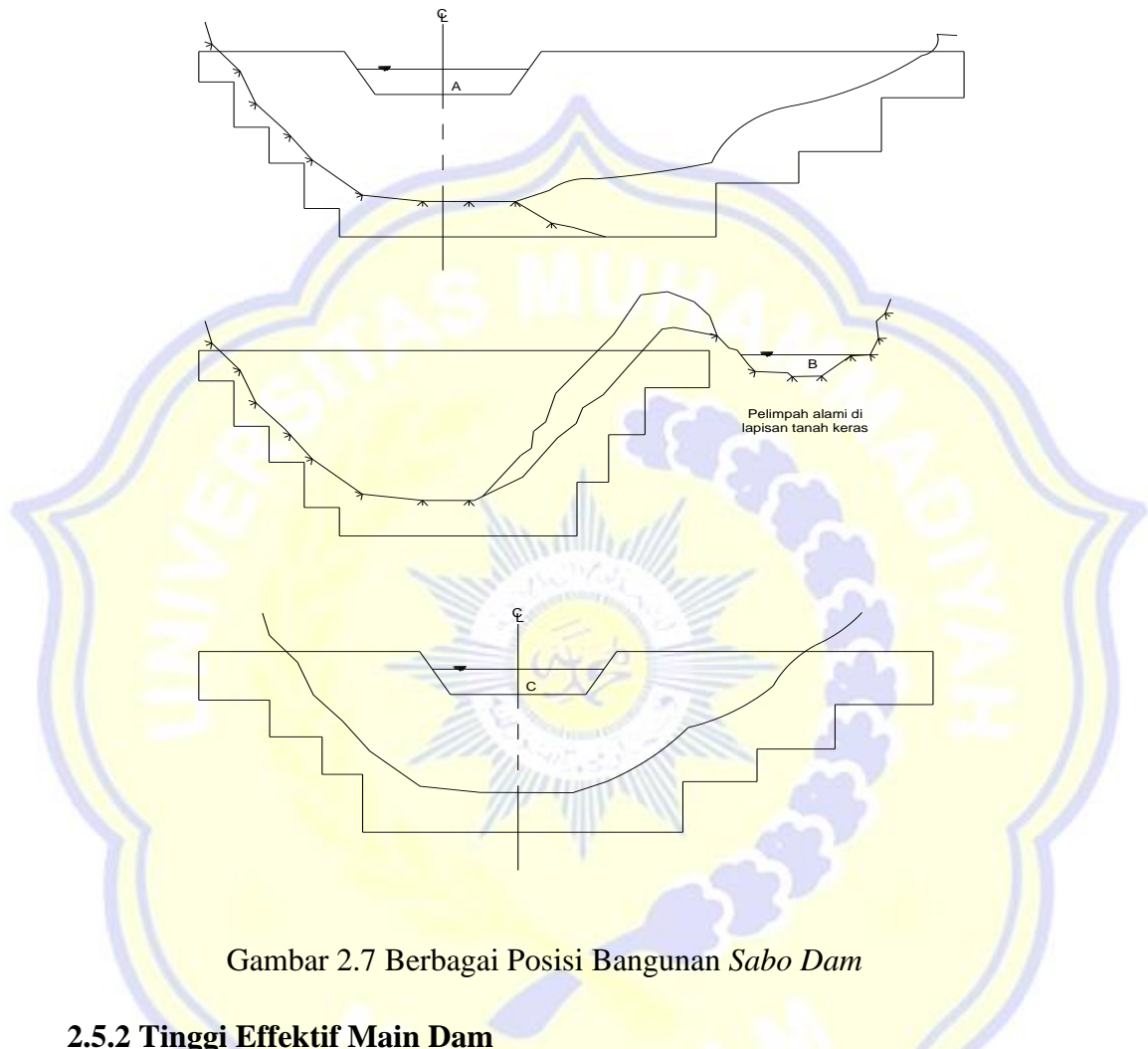
### 2.5.1 Posisi Pelimpah

Posisi pelimpah harus mempertimbangkan arah alur sungai. Sebagaimana diketahui, bahwa aliran debris/lahar cenderung mengalir lurus tidak mengikuti alur sungai. Kekuatan aliran debris sangat besar, sehingga mampu mengikis tebing sungai. Dengan demikian, ada kemungkinan aliran debris/lahar melimpas keluar alur sungai. Untuk itu, posisi pelimpah harus mampu mengarahkan aliran debris/lahar tetap berada di alur sungai, atau diupayakan tidak mengarah ke daerah pemukiman dan tanah pertanian.

Apabila salah satu tebing sungai diketahui berupa lapisan batuan keras, maka posisi pelimpah diletakkan pada lapisan batuan keras tersebut seperti gambar 2.7A. Kadang-kadang disebelah alur utama terdapat alur lainnya yang berada di lapisan batuan keras, maka alur ini dapat dijadikan sebagai pelimpah



seperti gambar 2.7B. Apabila tidak ada indikasi lapisan batuan keras, maka posisi pelimpah berada pada bagian tengah sungai seperti pada gambar 2.7C.



Gambar 2.7 Berbagai Posisi Bangunan *Sabo Dam*

### 2.5.2 Tinggi Efektif Main Dam

Berdasarkan dari fungsi bangunan *sabo dam* sebagai tempat penampungan sedimen, maka tinggi efektif main dam direncanakan pada ketinggian tertentu dengan tujuan untuk menghasilkan kemiringan dasar sungai yang stabil dan mendapatkan jumlah tumpukan yang akan di hendaki. Oleh sebab itu maka tinggi main dam didasarkan pada tinggi tebing yang berada di sebelah kiri atau kanan sungai yang ada di lokasi dengan bagian atas sayap berada di bawah tinggi tebing agar apabila tumpukan sedimen telah penuh aliran air masih mampu ditampung oleh alur sungai.

### 2.5.3 Perencanaan Dimensi Pelimpah

Sebagai pedoman di dalam merencanakan dimensi pelimpah posisi pelimpah (*spillway*) direncanakan pada posisi di tengah aliran sungai dan sumbu bangunan *Sabo* terletak pada posisi tegak lurus terhadap arah sumbu sungai. Adapun tahapan-tahapan yang di lakukan di dalam melakukan perencanaan dimensi pelimpah antara lain sebagai berikut :

#### A. Lebar Pelimpah

Bentuk pelimpah bendung penahan sedimen yang dipakai adalah berbentuk trapesium dengan persamaan yang digunakan :

$$Q_s = \frac{2}{15} C \sqrt{2g} (3B_1 + 2B_2) h_3^{2/3} \dots\dots\dots (2.34)$$

Dengan :

$Q_s$  = Debit aliran debris (m<sup>3</sup>/s) periode ulang 50 atau 100 tahunan

$h_3$  = Tinggi air diatas pelimpah (m)

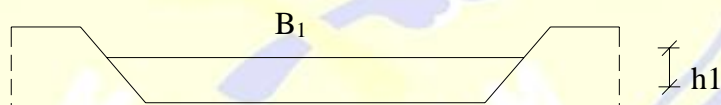
$B_1$  = Lebar dasar pelimpah (m)

$B_2$  = Lebar atas pelimpah (m)

$$= B_1 + h_3$$

$g$  = Percepatan gravitasi (9.8 m/s<sup>2</sup>)

$c$  = Koefisien pelimpah (0.6-0,66)



Gambar 2.8 Sketsa tinggi limpahan di atas peluap

Lebar dasar pelimpah ( $B_1$ ) tergantung pada lebar sungai setempat dan debit aliran debris, secara empiris lebar dasar pelimpah dapat ditentukan berdasarkan rumus berikut ini.

$$B_1 = a \cdot \sqrt{Qd} \dots\dots\dots (2.35)$$

dimana :

B1 = lebar peluap ( m )

Qd = debit banjir rencana ( m<sup>3</sup>/det )

a = koefisien limpasan

Besarnya koefisien limpasan tergantung dari luas DAS, dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.6 Tabel Koefisien Daerah Aliran Sungai

Luas Daerah Aliran	Koefisien Limpasan ( a )
$A \leq 1 \text{ km}^2$	2 - 3
$1 \text{ km}^2 \leq A \leq 10 \text{ km}^2$	3 - 4
$10 \text{ km}^2 \leq A \leq 100 \text{ km}^2$	3 - 5
$A \geq 100 \text{ km}^2$	3 - 6

Sumber : Tim Proyek Pengendalian Banjir Lahar Gunung Merapi Yogyakarta, 1988

### B. Debit rencana pelimpah

Perhitungan debit rencana yang akan melewati pelimpah didasarkan terhadap rasio konsentrasi sedimen. Rumus yang digunakan di dalam menghitung besarnya debit yang akan melewati suatu pelimpah pada bangunan sabo adalah sebagai berikut :

$$Q_{\text{pelimpah}} = (1 + 0,50) \times Q_p \dots\dots\dots (2.36)$$

dengan :

$Q_{\text{pelimpah}}$  = debit rencana pelimpah (m<sup>3</sup>/dt),

$Q_p$  = debit banjir rencana(m<sup>3</sup>/dt),

### C. Tinggi Pelimpah

Tinggi pelimpah ditentukan berdasarkan kapasitas tampung dan kontrol aliran debris yang lewat sesuai perencanaan. Dalam perencanaan tinggi pelimpah, diperlukan ruang/tinggi jagaan untuk keamanan apabila ketinggian banjir rencana tersebut lebih besar dari ketinggian yang ada, kemungkinan disebabkan

kedatangan aliran debris yang sulit diperhitungkan jumlahnya. Maka tinggi pelimpah dapat dihitung :

$$H = h_3 + h_3' \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

H = Tinggi pelimpah (m)

$h_3$  = Tinggi muka air saat banjir

$h_3'$  = Tinggi jagaan ( m )

Tinggi jagaan diperhitungkan untuk menghindari meluapnya aliran air ke samping. Penentuan tinggi jagaan dapat ditentukan dengan 2 cara yakni berdasarkan debit banjir rencana yang melimpas dan berdasarkan kemiringan dasar sungai, dapat dilihat pada tabel berikut:

- Tinggi muka air diatas pelimpah

Perhitungan tinggi aliran pada suatu pelimpah bangunan sabo dapat dihitung dengan menggunakan rumus bendung bentuk trapesium adalah sebagai berikut :

$$Q_p = \left(\frac{2}{15}\right) \times C \times \sqrt{2g} (5B_1 + 2h_1 \cdot m_1 + 2h_1 \cdot m_2) \times h_1^{3/2} \dots\dots\dots (2.38)$$

dengan :

$Q_p$  = debit banjir rencana( $m^3/dt$ ),

C = koefisien debit (0,6 – 0,66),

g = percepatan gravitasi (9,81  $m/dt^2$ ),

$B_1$  = lebar pelimpah bagian bawah (m),

$B_2$  = lebar muka air di atas pelimpah (m),

$h_1$  = tinggi muka air diatas pelimpah (m),

$m_1, m_2$  = kemiringan tepi pelimpah.

Dengan cara coba-coba tetapkan  $B_1$  dan cari nilai  $h_1$  yang memenuhi persamaan untuk nilai  $Q_p$  yang telah dihitung.

- Tinggi jagaan

Tinggi jagaan pada pelimpah bangunan sabo diperhitungkan berdasarkan debit banjir rencana dan dapat ditunjukkan pada tabel berikut.



Tabel 2.7. Tinggi Jagaan Pada Pelimpah *Sabo Dam*

Debit desain ( $m^3 / dt$ )	50	50 - 100	100 - 200	200 - 500	500 - 2000
Tinggi jagaan (meter)	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50

(Sumber :Anonim,2004)

- Tinggi pelimpah,

Tinggi pelimpah ( $H_c$ ) adalah jumlah ketinggian aliran pada debit banjir rencana pelimpah bangunan sabo ( $h_1$ ) ditambah dengan tinggi jagaan pelimpah ( $h_2$ )

$$H_c = h_1 + h_2 \dots\dots\dots (2.39)$$

dengan :

$h_1$  = tinggi muka air diatas pelimpah (m)

$h_2$  = tinggi jagaan pada pelimpah (m)

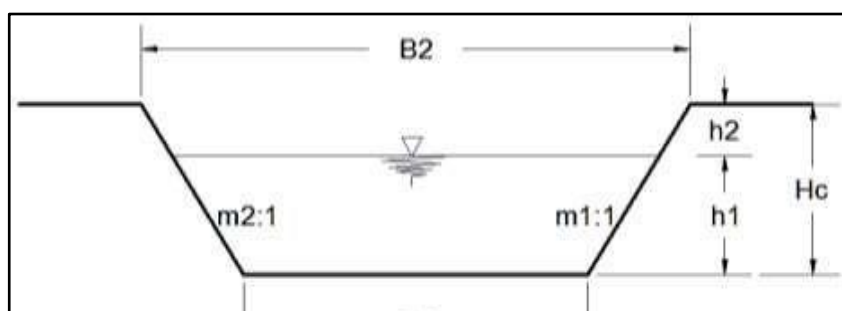
$H_c$  = tinggi pelimpah (m)

- Berdasarkan kemiringan dasar sungai

Tabel 2.8 Tabel nilai  $h_3$  berdasarkan I

I	$h_f/h_w$
< 1/10	0,50
1/10 – 1/30	0,40
1/30 -1/50	0,35
1/50 – 1/70	0,25
1/70 – 1/100	0,20
1/100 – 1/200	0,10

(Sumber : Cahyono, 2000)



### Gambar 2.9. Potongan Melintang Pelimpah Bangunan Sabo

(Sumber :Anonim,2010)

- Tebal ambang pelimpah ( $b_1$ )

Tebal pelimpah pada suatu bangunan *sabo dam* ditetapkan berdasarkan kondisi material dasar sungai dan kondisi aliran sedimennya. Tebal pelimpah direncanakan sedemikian rupa agar kuat menahan benturan (*impact*) sedimen maupun gerusan batu yang melewatinya. Ketebalan pelimpah ditetapkan berdasarkan tabel berikut.:

**Tabel 2.9.** Tebal pelimpah

Lebar mercu : $b$	1,50 – 2,00 meter	3,00 – 4,00 meter
Sedimen	Pasir dan kerikil atau kerikil dan batu – batu kecil	Batu – batu besar
Sifat hidraulik aliran	Gerakan mandiri (lepas)	Gerakan massa ( <i>debris flow</i> )

(Sumber :Anonim,2004)

#### 2.5.4 Dimensi Kemiringan Tubuh Main Dam

Kemiringan tubuh main dam terdiri dari kemiringan pada hulu dan hilir, dimana kemiringan pada hilir lebih kecil daripada kemiringan pada hulu, hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya benturan akibat batu-batuan yang melimpas dari pelimpah yang dapat menyebabkan terjadinya abrasi pada bagian hilir main dam. Selain hal tersebut di atas, kemiringan tubuh main dam juga sangat mempengaruhi terhadap kestabilan main dam.

- a. Kemiringan Hilir

Kemiringan bagian hilir ditentukan agar aliran tidak menyusur ke permukaan bagian hilirnya. Untuk standar kemiringan pada bagian hilir ditentukan sebesar 1 : 0,20 sampai dengan 1 : 1,0 dengan tujuan untuk menghindari terjadinya kerusakan akibat benturan maupun gesekan dengan material sedimen.

- b. Kemiringan tubuh hulu main dam dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$m = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4.a.c}}{2.a} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$m = (1 + \alpha). m^2 + [2(n + \beta) + n.(4 \alpha + \gamma) + 2.\alpha.\beta]. m - [(1 + 3\alpha) + \alpha.\beta.(4n + \beta) + \gamma.(3.n \beta + \beta^2 + n^2)] = 0$$

$$\alpha = \frac{h_1}{Hd} \quad ; \quad \beta = \frac{b_1}{Hd} \quad ; \quad \gamma = \frac{h_1}{Hd}$$

dengan :

$$a = (1 + \alpha)$$

$$b = \{ 2 (n + \beta) + n.(4 \alpha + \gamma) + 2 \alpha \beta \}$$

$$c = - (1 + 3 \alpha) + \alpha \beta (4 n + \beta) + \gamma (3 n \beta + \beta^2 + n^2)$$

$h_1$  = tinggi muka air diatas pelimpah

$D$  = kedalaman pondasi

$Hd$  = tinggi efektif sabo rencana

$b_1$  = lebar/tebal pelimpah bangunan sabo

$\gamma_c$  = berat jenis batu kali

$\gamma_w$  = berat jenis air

$n$  = kemiringan di hilir tubuh main dam

### 2.5.5 Dimensi Kedalaman Pondasi Bangunan Sabo Dam

Pada prinsipnya pondasi bangunan *sabo dam* diusahakan terletak diatas lapisan batuan, namun jika keadaan tidak memungkinkan, maka pondasi dapat diletakkan diatas lapisan pasir dan kerikil sebagai pondasi terapung atau melayang. Besarnya kedalaman pondasi bangunan sabo dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut :

**Tabel 2.10.** Standar Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D)

Material dasar		Kedalaman penetrasi
Pasir dan kerikil		2,00
Batuan	Batuan lunak	2,00
	Batuan keras	1,00

### 2.5.6 Perencanaan Sayap Bangunan Sabo Dam

Pada prinsipnya bagian sayap bangunan sabo tidak diperkenankan untuk dilimpasi aliran debris atau sedimen, oleh karena itu sayap bangunan sabo harus aman terhadap tekanan gaya luar yang diterimanya. Berikut dijelaskan beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan sayap bangunan sabo diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Kemiringan permukaan sayap kearah tebing dibuat minimum sama dengan kemiringan dasar sungai.
- b. Panjang kemiringan sayap dari suatu bangunan sabo didapatkan dari (*inverse*) slope rata-rata sungai dikalikan dengan kemiringan talud sayap pelimpah.

$$L_w = n \times m_1 \dots\dots\dots(2.41)$$

dengan :

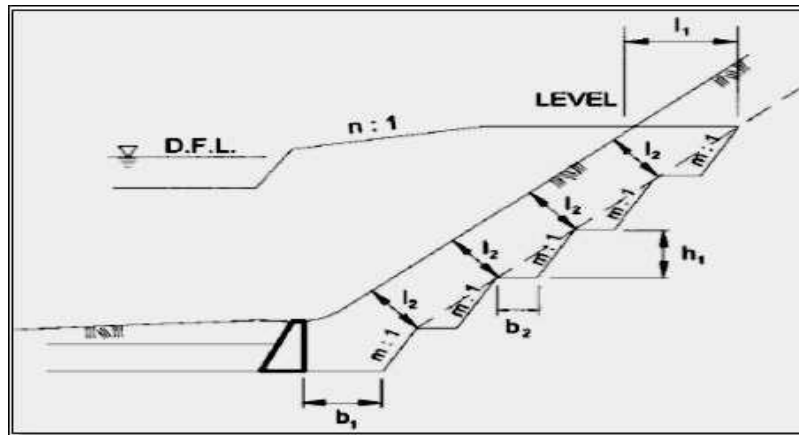
$i$  = kemiringan rata-rata dasar sungai

$L_w$  = kanjang kemiringan Sayap Bangunan sabo

$m_1$  = kemiringan talud sayap pelimpah.

- d. Tebal permukaan sayap dibuat sama dengan lebar mercu pelimpah atau sedikit lebih kecil dari ketebalan pelimpah.
- e. Permukaan sayap harus masuk (penetrasi) ke dalam tebing sebagai faktor pengaman seperti pada pondasi Dam.





**Gambar 2.10** Penetrasi Sayap Kedalam Lapisan Tanah

(Sumber :Anonim,2002)

**Tabel 2.11.** Standar Kedalaman Penetrasi Sayap Bangunan *Sabo Dam*

$l_1$	$l_2$	$b_1$	$b_2$	$h_1$	M
4,0 m	2,0 – 4,0 m	>1,0 m	$\geq 2,0$ m	$\leq 5,0$ m	$\geq 0,6$

dengan :

$l_1$  = panjang penanaman sayap bagian samping atas (m)

$l_2$  = kedalaman penanaman sayap (m)

$b_1$  = jarak dari kaki sayap ke dinding samping, (m)

$b_2$  = lebar undakan, (m)

$h_1$  = tinggi undakan, (m)

$m$  =kemiringan undakan, (m)

## 2.6 Perencanaan Struktur Bangunan Pendukung

### 2.6.1 Perencanaan Kolam Olak/ Apron

Struktur kolam olak / *apron* dibuat untuk melindungi struktur dam utama dari gerusan lokal (*scouring*) di daerah hilirnya serta menjaga stabilitas pondasi. Permukaan kolam olak / *apron* biasanya dibuat datar, namun apabila kemiringan dasar sungai sangat curam maka permukaan kolam olak / *apron* dibuat miring yaitu dengan kemiringan  $\frac{1}{2}$  dari kemiringan dasar sungai.

#### a. Panjang Kolam Olak / Apron

Untuk menghitung panjang kolam olak / *apron* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Persamaan empiris

$$L_a = 1,5 \times (H_d + h_1) - n \times H \dots\dots\dots (2.41)$$

dengan :

- $L_1$  = panjang kolam olak / *apron* (m),
- $H$  = tinggi dam utama (m)
- $H_d$  = tinggi efektif main dam (m),
- $h_1$  = tinggi aliran diatas pelimpah dam utama (m),
- $n$  = kemiringan lereng hilir bangunan sabo.

Persamaan hidraulik

$$L = l_w \times b_2$$

$$l_w = V_0 \times \sqrt{\frac{2 \times (H_1 + \frac{1}{2} \times h_1)}{g}}$$

$$H_1 = H_d$$

$$q_0 = \frac{Q_p}{B_1}$$

$$V_0 = \frac{q_0}{h_1}$$

$$V_1 = \sqrt{2 \times g \times H_1 \times h_1}$$

$$h_{1w} = \frac{q_1}{V_1}$$

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g \times h_1'}}$$

$$H_j = \frac{h_1'}{2} \times (\sqrt{1 + 8 \times Fr^2} - 1)$$

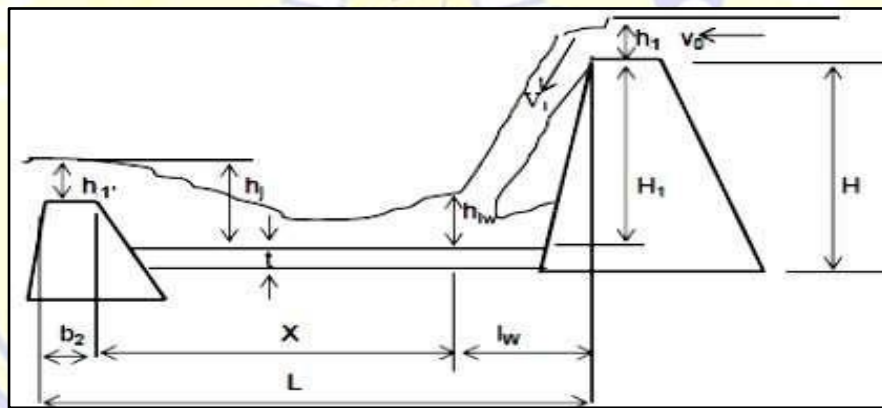
dengan :

- $L_a$  = panjang kolam olak / *apron* (m),
- $l_w$  = jarak terjunan (m),
- $t_a$  = tebal lantai kolam olak/*apron*
- $X$  = panjang loncatan air(m)
- $b_2$  = lebar/ tebal mercu sub dam (m)

$V_0$  = kecepatan air diatas pelimpah main dam (m/dt),  
 $q_0$  = debit per meter pelimpah main dam (m<sup>3</sup>/dt/m),  
 $\beta$  = koefisien yang nilainya 4,5 – 5,0  
 $H_j$  = tinggi dari permukaan lantai kolam olak sampai ke muka air diatas

Mercu sub dam(m),

$h_1'$  = tinggi air di atas pelimpah subdam (m)  
 $H_d$  = tinggi efektif main dam (m)  
 $h_{1w}$  = tinggi air pada titik jatuh terjunan (m)  
 $q_1$  = debit aliran per meter lebar pada titik jatuh terjunan (m<sup>3</sup>/dt/m)  
 $V_1$  = kecepatan jatuh pada titik terjunan (m/dt)  
 $F_r$  = angka *froude* aliran pada titik terjunan,  
 $g$  = percepatan gravitasi (9,8 m/dt<sup>2</sup>)



**Gambar 2.11** Sketsa Panjang Kolam Olak/ Apron

(Sumber :Anonim,2004)

b. Tebal Lantai Kolam Olak / Apron

Jika bangunan sabo terletak pada lapisan batu keras, maka struktur kolam olak / apron tidak diperlukan tetapi jika bangunan sabo terletak pada lapisan batuan lunak atau pasir berkerikil maka tebal lantai kolam olak / apron

disarankan minimum 1,0 m. Persamaan yang digunakan untuk menentukan tebal lantai kolam olak / *apron* adalah sebagai berikut :

$$t_a = 0,1 ((0,6 \times H_1) + 3h_1 - 1) \dots\dots\dots (2.42)$$

dengan :

$H_1$  = tinggi dari muka lantai dasar sampai mercu main dam(m),

$h_1$  = tinggi aliran diatas pelimpah main dam(m).

Berdasarkan erodibilitas dasar sungai dan ukuran batuan yang ada di dasar sungai, maka tebal lantai kolam olak / *apron* dapat juga ditentukan berdasarkan tabel berikut :

**Tabel 2.12.** Standar Tebal *Apron* Untuk Lapisan Dasar Pasir Dan Kerikil

Tinggi Dam Utama	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m
Tebal Kolom Olak/ Apron ( $t_a$ )	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	2,0 m

(Sumber :Anonim, 2010)

### 2.6.2 Perencanaan Sub Dam Bangunan Sabo Dam

Sub dam merupakan bendung pembantu yang berfungsi untuk mencegah pondasi dam dan dasar sungai di hilir terhindar dari gerusan yang disebabkan oleh terjunan air dan sedimen. Dalam perencanaan sub dam terdiri dari beberapa urutan sebagai berikut.

#### a. Lebar dan Tebal Pelimpah Sub Dam

Lebar dan tebal pelimpah pada sub dam bangunan sabo dapat diambil sama dengan lebar dan tebal pelimpah pada struktur main dam bangunan sabo.

#### b. Tinggi Sub Dam

$$H_2 = \frac{1}{4} \times H \dots\dots\dots (2.43)$$



c. Kedalaman pondasi Sub am

Kedalaman pondasi sub dam pada bangunan sabo tergantung dari jenis material tanah pondasi. Besarnya kedalaman pondasi sub dam pada bangunan sabo dapat di tentukan berdasarkan tabel berikut :

**Tabel 2.13.** Standar Penetrasi Pondasi Kedalaman Tanah (D)

Jenis Tanah	Kedalaman pondasi Sub Dam
Pasir dan kerikil	1,50 m
Batuan lunak	1,00 m
Batuan keras	0,50 m

(Sumber :Anonim, 2010)

**2.6.3 Perencanaan Proteksi Depan Bangunan**

Dalam usaha melindungi bangunan sabodari ancaman gerusan lokal yang terjadi di bagian hilir bangunan sub sabodilakukan dengan cara menempatkan material berupa blok beton atau batu-batu besar. Langkah yang dilakukan dalam usaha melindungi dasar sungai di bagian hilir adalah sebagai berikut.

a. Menentukan kedalaman gerusan local (*local scouring*)

Kedalaman gerusan lokal ditentukan berdasarkan Rumus *Schotklist* sebagai berikut :

$$R = 0,457 \times \frac{h_1^{0,2} \times bbq^{0,5}}{D_s^{0,32}} - \frac{2}{3} \times h_1 \dots\dots\dots (2.44)$$

dengan

R = kedalaman gerusan(m)

h<sub>1</sub> = tinggi aliran diatas pelimpah main dam(m),

q<sub>1</sub> = debit spesifik (q = Q<sub>pelimpah</sub> / B<sub>1</sub>) (m<sup>3</sup>/dt/m),

D<sub>x</sub> = diameter butiran material yang lolos

b. Menentukan panjang pelindung dasar sungai

b. Panjang ke arah hilir bangunan pelindung dasar sungai dapat ditentukan dengan mengambil nilai L terbesar dari rumus berikut :

Rumus *Hokkaido* :

$$L = 3,2 \times R + 0,5 \dots\dots\dots (2.45)$$

Rumus *BRAY*

$$L = 0,67 \times c \times \sqrt{q \times R} \dots\dots\dots (2.46)$$

dengan :

L = panjang pelindung dasar sungai(m)

R = kedalaman gerusan(m)

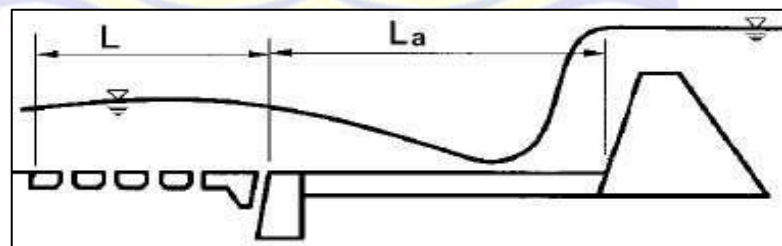
c = koefisien "*BRAY*"

q<sub>1</sub> = debit spesifik (q = Q<sub>pelimpah</sub> / B<sub>1</sub>) (m<sup>3</sup>/dt/m)

**Tabel 2.14.** Koefisien "*BRAY*" (C)

Material Pondasi	koefisien " <i>BRAY</i> "
Pasir Dan lanau (silt), diameter 0,1 – 0,05 mm	18
Pair diameter 0,25 – 0,1 mm	15
Pasir diameter 0,5 0,25 mm	12 – 15
Pasir diameter 1,0 – 0,5	12
Campuran kerikil dan pasir	9
Batu, kerikil dan pasir	4 - 6

(Sumber :Anonim, 2010)



**Gambar 2.12** Panjang Pelindung Dasar Sungai

(Sumber :Anonim, 2010)

#### 2.6.4 Perencanaan Dimensi Celah

Lubang alir atau celah pada setiap bangunan sabo perlu dibuat agar mampu meneruskan sejumlah aliran air serta mengurangi pasokan material sedimen yang terbentuk dibagian hulu sehingga dari banyaknya sedimen yang dapat melewati celah ataupun lubang tersebut diharapkan dapat membantu mengurangi terjadinya degradasi pada alur dibagian hilirnya.

Dalam merencanakan dimensi celah ataupun lubang alir pada bangunan sabo posisi lubang-lubang direncanakan harus simetris terhadap sumbu vertical pelimpah, dimensi celah ditentukan sama dengan 1,5 sampai dengan 2 kali diameter rata-rata material bolder yang diijinkan lolos. Jarak vertikal maupun horizontal antar setiap celah disarankan minimum 2,0m sedangkan banyaknya lubang alir ditetapkan berdasarkan besarnya debit rencana air yang terjadi. (Sumber : Pitoyo, 2010)

### 2.7 Stabilitas Bangunan Sabo Dam

#### 2.7.1 Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Bangunan Sabo

Gaya-gaya yang bekerja pada main dam bangunan sabo dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.15.** Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Bangunan Sabo

<b>Kondisi aliran debris (<i>Debris flow</i>)</b>	<b>Kondisi banjir (<i>Flood</i>)</b>
---	--------------------------------------

Gaya berat (W)	Gaya berat (W)
----------------	----------------

Tekanan hidrostatik (P)	Tekanan hidrostatik (P)
-------------------------	-------------------------

Tekanan sedimen (Pe)	
----------------------	--

Tekanan aliran debris (Pd)	
----------------------------	--

(Sumber : Anonim, 2010)

### 2.7.2 Perhitungan Gaya Yang Bekerja

Gaya yang bekerja pada main dam bangunan sabo dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Berat sendiri bangunan (W)

$$W = W_c \times A \dots\dots\dots (2.47)$$

dengan :

W = berat satuan tubuh dam (ton)

$W_c$  = berat satuan spesifik material dam

(beton = 2,50 ton/m<sup>3</sup> ; pasangan batu = 2,40 ton/m<sup>3</sup>), volume tubuh main dam (m<sup>3</sup>).

A = volume tubuh main dam (m<sup>3</sup>)

2. Tekanan hidrostatik (P)

$$P = \rho \times hw \dots\dots\dots (2.48)$$

dengan

P = tekanan hidrostatik (ton/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = berat satuan air = 1,00 ton,

$\rho'$  = berat satuan lumpur/ sedimen = 1,29 ton,

hw = kedalaman air (m).

3. Tekanan sedimen

Tekanan deposit sedimen ditetapkan berdasarkan ketinggian deposit sedimen dikurangi dengan tinggi rencana aliran debris yang sudah dihitung.

$$P_e = \rho'hd \dots\dots\dots (2.49)$$

$$P_d = \rho_d hd \dots\dots\dots (2.50)$$

dengan :

$P_e$  = tekanan sedimen(ton/m<sup>2</sup>)

$P_d$  = tekanan berat aliran debris (ton/m<sup>2</sup>)

$\rho_d$  = berat satuan aliran debris(ton/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = berat satuan air = 1,00 ton,

$\rho'$  = berat satuan spesifik air lumpur = 1,30 ton,

$C_e$  = koefisien tekanan tanah = 0,30,

hd = tinggi/kedalaman aliran debris (m)



4. Tekanan aliran debris

Ketika ruang sedimentasi hampir penuh, benturan langsung aliran debris pada tubuh dam terjadi di sisi hulu bagian atas dam yang belum terisi oleh sedimen, dimana runag ini hanya terisi dengan tinggi aliran debris. Besarnya tekanan air aliran debris tersebut dapat diperoleh dari persamaan berikut.

$$F = \frac{\rho d}{g} h d U^2 \dots \dots \dots (2.51)$$

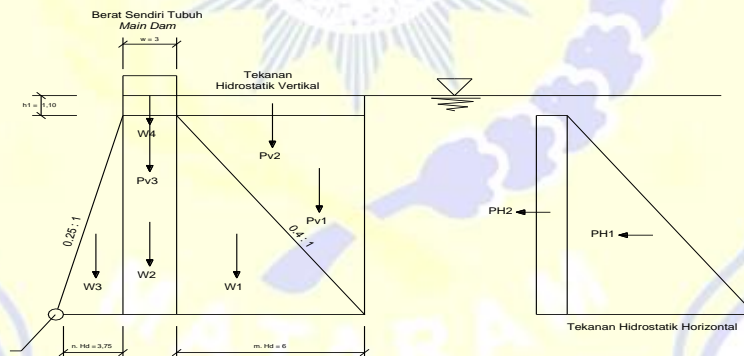
dengan

- F = tekanan air dinamik aliran debris (ton/m),
- $\rho d$  = berat satuan aliran debris (ton/m<sup>2</sup>),
- hd = tinggi/kedalaman aliran debris (m),
- U = kecepatan aliran debris (m/dt).

**2.7.3 Kombinasi Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Bangunan Sabo**

Gaya yang bekerja pada main dam bangunan Sabo dapat dibagi menjadi 2 kondisi, antara lain

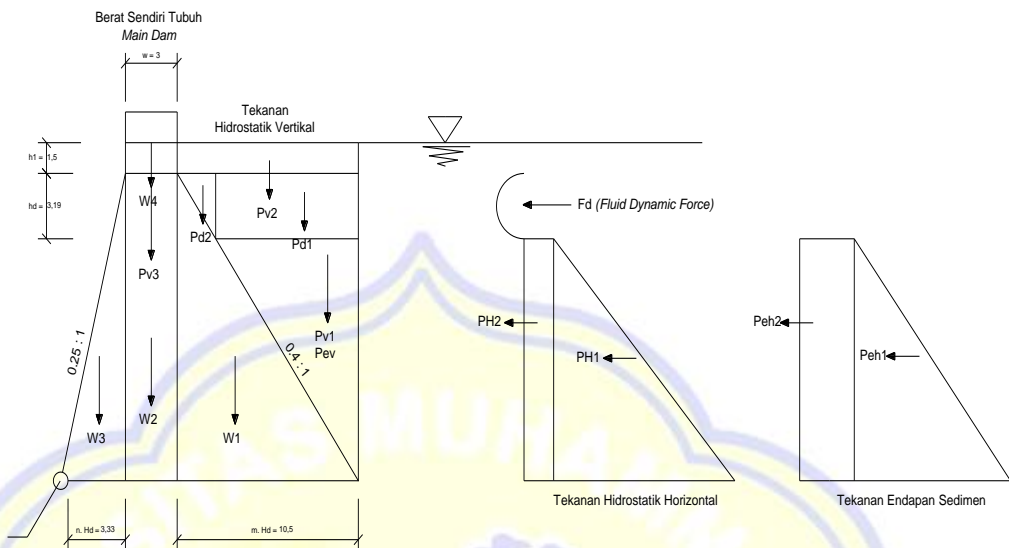
1. Kondisi Banjir



**Gambar 2.13** Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada Kondisi Banjir  
(Sumber :Anonim, 2010)

2. Kondisi Aliran Debris.

Aliran debris adalah aliran campuran antara air hujan dengan sedimen dalam konsentrasi yang besar dan meluncur ke bawah melalui lereng atau dasar sungai akibat adanya pengaruh gravitasi.



**Gambar 2.14** Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada Kondisi Aliran Debris

(Sumber :Anonim, 2010)

### 2.7.4 Momen Akibat Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Bangunan Sabo

Momen akibat gaya-gaya yang bekerja pada main dam bangunan sabo dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.16 Gaya yang bekerja pada main Dam Sabo (Kondisi Banjir)

Jadwal Pembebanan	Simbol	Perhitungan	Gaya Vertikal	Gaya Horizontal	Panjang Lengan	Momen Tahan (Mt)	Momen Guling (Mg)
			(V)	(H)			
Berat sendiri bangunan (WB)	W1	$1/2 \times Wc \times m.Hd^2$	(+)	-	$n.Hd + 1/3 \times m.Hd$	(+)	-
	W2	$Wc \times m.Hd$	(+)	-	$n.Hd + 1/2 \times W$	(+)	-
	W3	$1/2 \times Wc \times n.Hd^2$	(+)	-	$2/3 \times n.Hd$	(+)	-
	W4	$Wc \times m.Hc$	(+)	-	$n.Hd + 1/2 \times W$	(+)	-
Tekanan hidrostatik (P)	Pv1	$1/2 \times \rho \times n.Hd^2$	(+)	-	$n.Hd + W + 2/3 \times m.Hd$	(+)	-
	Pv2	$\rho \times h1 \times m.Hd$	(+)	-	$n.Hd + W + 2/3 \times m.Hd$	(+)	-

	Pv3	$\rho \times h1 \times m.Hd^2$	(+)	-	$n.Hd + W + 1/2 \times m.H$	(+)	-
	Ph1	$1/2 \times \rho \times hd^2$	-	(+)	$1/3 \times He$		(+)
	Ph2	$\rho \times Hd \times h1$	-	(+)	$1/2 \times He$		(+)
<b>Tekanan Sedimen (Pe)</b>	Pev	$1/2 \times ps \times m.he^2$	(+)	-	$n.Hd + W + m.Hd - 1/3 m.he$	(+)	-
	Peh1	$1/2 \times ce \times ps \times he^2$	-	(+)	$1/3 \times he$	-	(+)
	Peh2	$ce \times pf \times he \times hd$	-	(+)	$1/2 \times he$	-	(+)
<b>Total</b>							

**Tabel 2.17.** Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Sabo (Kondisi Aliran Debris)

Jadwal Pembebanan	Simbol	Perhitungan	Gaya Vertikal	Gaya Horizontal	Panjang Lengan	Momen Tahan	Momen Guling
			(V)	(H)		(Mt)	(Mg)
<b>Berat sendiri bangunan (WB)</b>	W1	$1/2 \times Wc \times m.Hd^2$	(+)	-	$n.Hd + 1/3 \times m.Hd$	(+)	-
	W2	$Wc \times m.Hd$	(+)	-	$n.Hd + 1/2 \times W$	(+)	-
	W3	$1/2 \times Wc \times n.Hd^2$	(+)	-	$2/3 \times n.Hd$	(+)	-
	W4	$Wc \times m.Hc$	(+)	-	$n.Hd + 1/2 \times W$	(+)	-
<b>Tekanan hidrostatik (P)</b>	Pv1	$1/2 \times \rho \times n.Hd^2$	(+)	-	$n.Hd + W + 2/3 \times m.Hd$	(+)	-
	Pv2	$\rho \times h1 \times m.Hd$	(+)	-	$n.Hd + W + 2/3 \times m.Hd$	(+)	-
	Pv3	$\rho \times h1 \times m.Hd^2$	(+)	-	$n.Hd + W + 1/2 \times m.H$	(+)	-
	Ph1	$1/2 \times \rho \times hd^2$	-	(+)	$1/3 \times He$		(+)
	Ph2	$\rho \times Hd \times h1$	-	(+)	$1/2 \times He$		(+)

<b>Tekanan Sedimen (Pe)</b>	Pev	$1/2 \times \rho_s \times m \cdot h_e^2$	(+)	-	$n \cdot H_d + W + m \cdot H_d - 1/3 m \cdot h_e$	(+)	-
	Peh1	$1/2 \times c_e \times \rho_s \times h_e^2$	-	(+)	$1/3 \times h_e$	-	(+)
	Peh2	$c_e \times \rho_f \times h_e \times h_d$	-	(+)	$1/2 \times h_e$	-	(+)
<b>Tekanan berat aliran debris (pe)</b>	Pd1	$\rho_d \times h_d \times m \cdot h_e$	(+)	-	$n \cdot H_d + W + m \cdot h_d - 1/2 m \cdot h_e$	(+)	-

Lanjutan **Tabel 2.17.** Gaya Yang Bekerja Pada Main Dam Sabo  
(Kondisi Aliran Debris)

Jadwal Pembebanan	Simbol	Perhitungan	Gaya Vertikal	Gaya Horizontal	Panjang Lengan	Momen Tahan	Momen Guling
			(V)	(H)		(Mt)	(Mg)
	Pd2	$1/2 \times \rho_d \times m \cdot h_d^2$	(+)	-	$n \cdot H_d + W + 2/3 h_d$	(+)	-
<b>Teknan Aliran Debris</b>	F	$\rho_d / g \times h_d \times U^2$	-	(+)	$H_d - (1/2 H_d)$	-	(+)
<b>Total</b>							

### 2.7.5 Kontrol Stabilitas Main Dam Bangunan Sabo

Akibat pengaruh gaya-gaya di atas, maka main dam bangunan sabo harus aman terhadap guling, geser, serta penurunan. Syarat keamanan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

#### a. Stabilitas terhadap guling

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kontrol stabilitas terhadap guling adalah sebagai berikut :

$$S_f = \frac{Mt}{Mg} \dots \dots \dots (2.51)$$



dengan :

$S_f$  = faktor keamanan untuk guling ( $S_f \geq 1,5$ ),

$\Sigma M_t$  = jumlah momen tahan (kg.m),

$\Sigma M_g$  = jumlah momen guling (kg.m),

b. Stabilitas terhadap geser

Perhitungan kontrol stabilitas terhadap geser digunakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S_f = \frac{f \Sigma V}{H} \dots \dots \dots (2.52)$$

dengan :

$S_f$  = faktor keamanan untuk geser ( $S_f \geq 1,2 - 1,5$ )

$f$  = koefisien geser = 0,6

$\Sigma V$  = total gaya vertical (kg)

$\Sigma H$  = total gaya horizontal (kg)

c. Kontrol Terhadap Daya Dukung Pada Dasar Bangunan sabo

Daya dukung pada dasar bangunan sabo dikontrol dengan menggunakan persamaan *Terzaghi* sebagai berikut :

$$Q_{ult} = c \cdot N_c + \text{sat} D N_q 0,5 b_2 \text{ sat} N \dots \dots \dots (2.51)$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{S_f} \dots \dots \dots (2.52)$$

dengan

$Q_{ult}$  = daya dukung ultimit pada dasar bangunan sabo (ton/m<sup>2</sup>),

$Q_{ijin}$  = daya dukung *allowable* dasar bangunan sabo (ton/m<sup>2</sup>),

$c$  = nilai kohesi tanah (ton/m<sup>2</sup>)

$D$  = kedalaman pondasi main dam sabo (m)

$b_2$  = lebar dasar tubuh main dam sabo (m)

$\text{sat}$  = berat jenis tanah efektif (ton/m<sup>3</sup>)

$N_c, N_q, N_o$  = koefisien *Terzaghi*

Tegangan pada dasar bangunan sabo dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma V}{b_2} \times 1 + \frac{6e}{b_2} < Q_{ijin} \dots\dots\dots$$

(2.53)

dengan :

$\Sigma V$  = total gaya vertikal (ton)

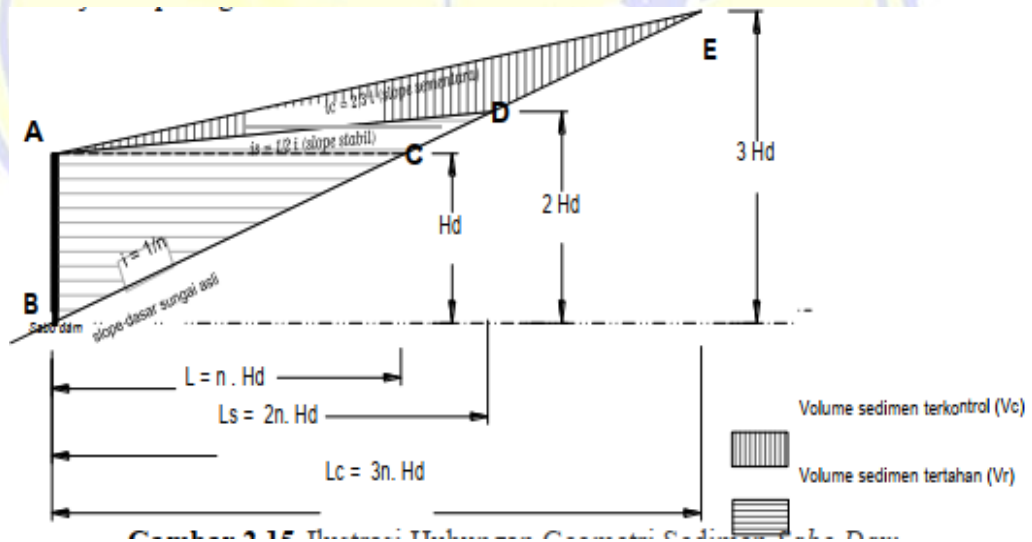
$b_2$  = lebar dasar dam (m),

$\sigma_{\max}$  = tegangan maksimum pada dasar pondasi (t/m<sup>2</sup>),

$e$  = eksentrisitas gaya resultan (m).

## 2.8 Volume Tampungan Sedimen

Asumsi dasar di dalam perhitungan kapasitas tampungan sedimen pada bangunan sabo adalah *slope* dasar sedimen yang terbentuk ketika kapasitas tampungan bangunan sabo sudah penuh, yang diasumsikan dengan menggunakan rumus empiris yaitu sebesar 1/2 dari *slope* sungai asli sedangkan *slope* sementara yang terbentuk diasumsikan sebesar 2/3 dari *slope* sungai asli. Berdasarkan asumsi–asumsi dasar tersebut didapat bahwa hubungan geometri dimensi utama terhadap kemiringan endapan sedimen yang terbentuk memiliki hubungan dengan kemiringan dasar sungai asli yaitu ( $i = 1/n$ ), hubungan geometri tersebut dapat ditunjukkan pada gambar berikut



**Gambar 2.15** Ilustrasi Hubungan Geometri Sedimen Sabo Dam

(Sumber :Anonim, 2011)

Dari gambar di atas dijelaskan bahwa *slope* dasar sungai asli adalah  $i = 1/n$ , maka hubungannya dengan *slope* stabil adalah  $i = \frac{1}{2}i$  atau  $\frac{1}{2}n$  dan *slope* sementara adalah  $i_c = \frac{2}{3}i$  atau  $\frac{2}{3}n$ , maka berdasarkan hubungan tersebut untuk mencari besarnya kapasitas volume sedimen yang tertahan dan volume sedimen terkontrol dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

- a. Volume sedimen tertahan ( $V_r$ )

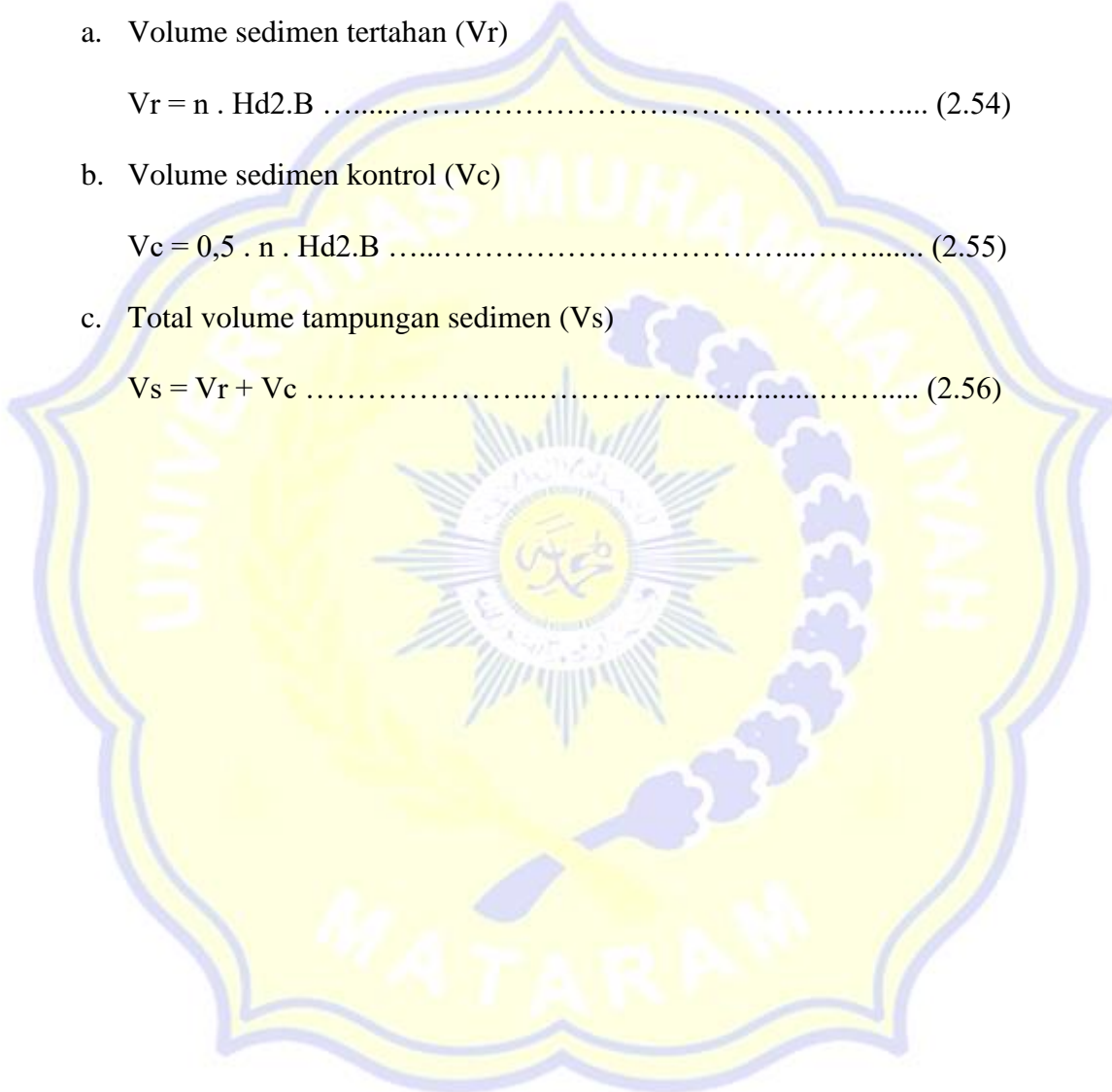
$$V_r = n \cdot Hd^2 \cdot B \dots\dots\dots (2.54)$$

- b. Volume sedimen kontrol ( $V_c$ )

$$V_c = 0,5 \cdot n \cdot Hd^2 \cdot B \dots\dots\dots (2.55)$$

- c. Total volume tampungan sedimen ( $V_s$ )

$$V_s = V_r + V_c \dots\dots\dots (2.56)$$



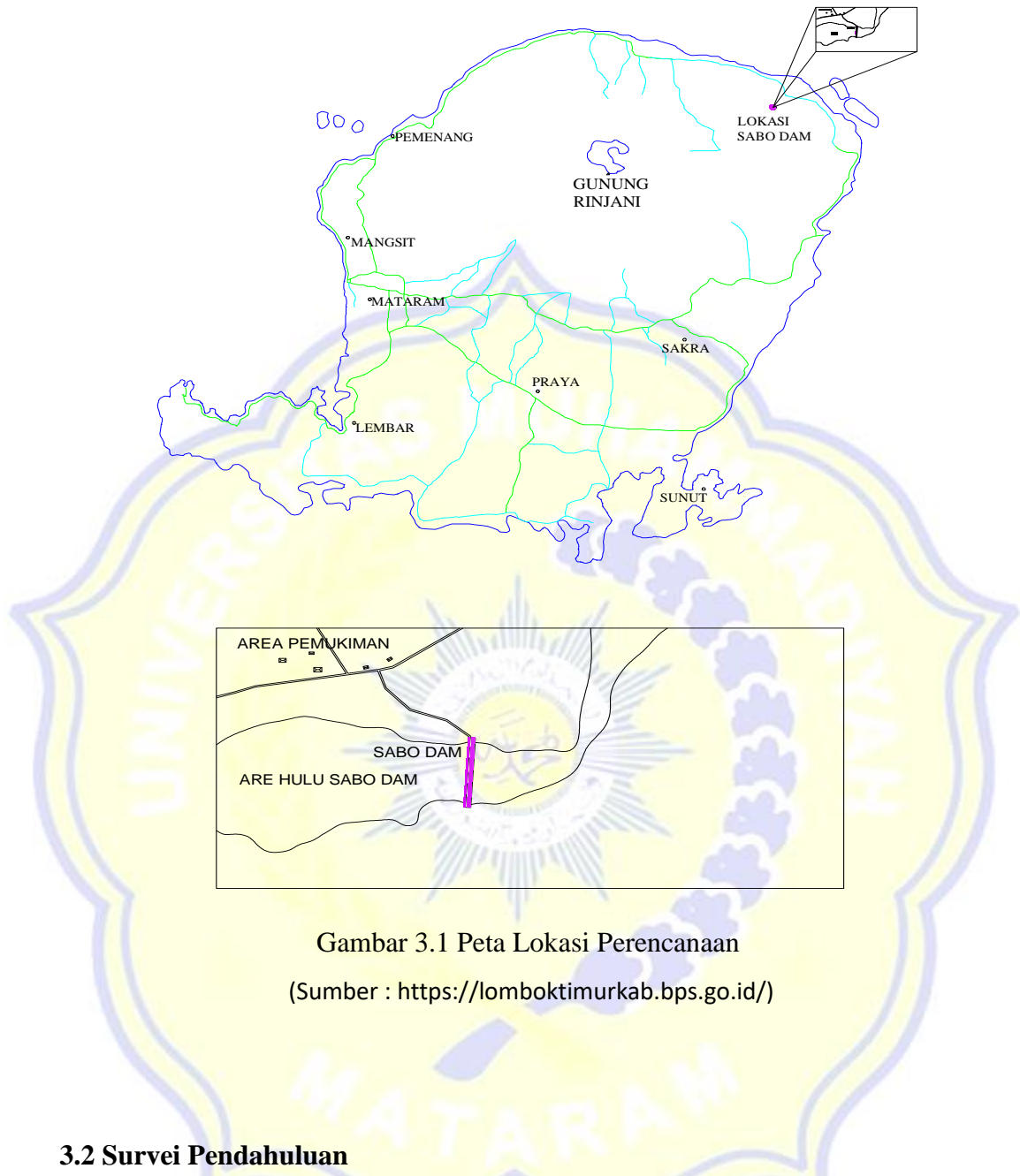
## BAB III METODOLOGI

*Metode analisa disusun untuk memudahkan pelaksanaan studi, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan tujuan. Metode yang digunakan pada perencanaan Sabo Dam Sungai Nangka ini merujuk pada beberapa literatur. Metode penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini meliputi survey pendahuluan, studi literatur, pengumpulan data, perumusan konsep pengerjaan berupa analisa data dan perhitungan, serta kesimpulan yang didapat dari hasil analisa data dan perhitungan tersebut.*

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan bangunan sabo berada pada wilayah DAS Nangka yang merupakan salah satu kawasan yang terletak di wilayah Kabupaten Lombok Timur, Kecamatan Sambelia, Desa Belanting. Berdasarkan dari posisi geografis lokasi DAS Nangka diketahui terletak diantara  $-8^{\circ} 17' 5.09''$  sampai dengan  $-8^{\circ} 23' 5.56''$  LS dan  $116^{\circ} 33' 37.93''$  sampai dengan  $116^{\circ} 39' 41.77''$  BT.





Gambar 3.1 Peta Lokasi Perencanaan  
 (Sumber : <https://lomboktimurkab.bps.go.id/>)

### 3.2 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilaksanakan untuk mengetahui dan mengidentifikasi permasalahan-permasalahan yang ada pada lokasi studi. Survei ini juga bertujuan untuk mengetahui kondisi *existing* lapangan. Pelaksanaan survei pendahuluan dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a) Meninjau daerah studi Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai perencanaan Sabo Dam berdasarkan kondisi lapangan yang sebenarnya.

b) Wawancara dengan petugas dan pejabat setempat Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui perencanaan Sabo Dam yang sudah ada sehingga bisa menjadi referensi untuk perencanaan Sabo Dam pada Tugas Akhir ini. Hal ini dimaksudkan agar perencanaan Sabo Dam pada Tugas Akhir ini sesuai dengan kebutuhan untuk mengatasi permasalahan di daerah studi.

### **3.3 Studi Literatur**

Yaitu mempelajari dan memahami teori-teori umum hidrologi, sedimen dan desain Sabo Dam yang nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam menyelesaikan setiap permasalahan dalam tugas akhir ini.

### **3.4 Pengumpulan Data**

Di dalam melakukan suatu perencanaan, data merupakan faktor yang sangat penting, oleh sebab itu diusahakan semua data yang berkaitan dengan proses perencanaan harus sudah tersedia. Dalam perencanaan ini semua data yang digunakan merupakan data-data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut :

1. Data peta topografi pada lokasi perencanaan digunakan untuk menetapkan lokasi dan besarnya ketinggian dari bangunan *sabo dam*, serta untuk mencari Daerah Pengaliran Sungai (DPS) terhadap stasiun - stasiun hujan yang bersangkutan
2. Data geometri sungai, digunakan untuk mengetahui luas DAS, panjang sungai, lebar sungai dan kemiringan dasar sungai,
3. Data geologi dan mekanika tanah, digunakan untuk mengetahui kondisi geologi batuan dan sifat fisik lapisan tanah pada lokasi perencanaan,
4. Data hidrologi digunakan, untuk menentukan besarnya curah hujan rencana dan besarnya debit banjir rencana yang akan digunakan pada perencanaan dan perhitungan konstruksi bangunan sabo,

5. Data harga upah dan bahan, digunakan untuk merencanakan besarnya rencana anggaran biaya (RAB) yang diperlukan.
6. Data teknis kondisi eksisting bangunan *sabo dam* pada lokasi perencanaan, digunakan sebagai pembandingan dari hasil perhitungan.
  - a. Konstruksi Utama : Pasangan Batu
  - b. Jenis Tipe Sabo : Terbuka Tipe Celah
  - c. Tinggi Dam Utama : 19,4 m
  - d. Lebar : 118 m
  - e. Panjang : 34,43 m
  - f. Tebal Apron : 1,5 m
  - g. Lebar Pelimpah : 58 m
  - h. Jumlah Celah : 5 buah
  - i. Tinggi Celah : 6 m
  - J. Lebar Celah : 2 m
  - k. Debit Lewat Celah : 369,425 m<sup>3</sup>/dt
  - l. Volume tampungan : 201.465 m<sup>3</sup>
  - m. Volume control : 101.035 m<sup>3</sup>

### 3.5 Perumusan Konsep Pengerjaan

Menentukan langkah-langkah pengerjaan dalam penyusunan tugas akhir agar dapat dikerjakan secara sistematis. Dalam perumusan konsep ini meliputi analisa data dan perhitungan dengan rincian sebagai berikut:

#### a) Penentuan lokasi kedudukan Sabo Dam

Perencanaan Bangunan Sabo ini dilakukan di Desa Belantig, Kecamatan Sambelia, Kabupaten Lombok Timur

#### b) Analisa hidrologi

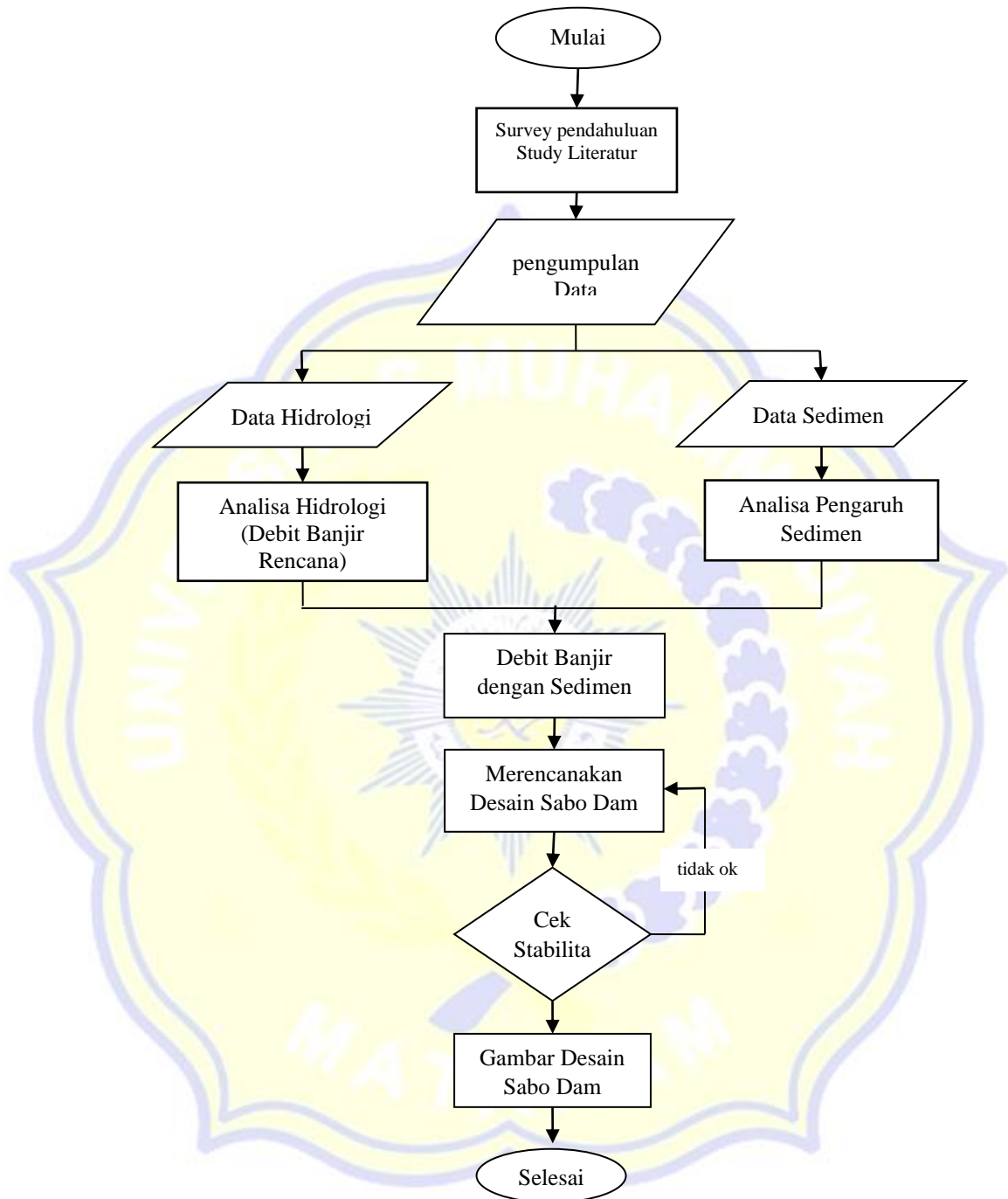
Analisa hidrologi meliputi perhitungan debit banjir rencana dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Analisa curah hujan
- Perhitungan curah hujan rencana
- Uji kecocokan distribusi hujan

- Perhitungan intensitas curah hujan
- Perhitungan debit banjir
- c) Analisa Pengaruh Sedimen Analisa pengaruh sedimen meliputi perhitungan koefisien sedimen yang digunakan untuk mendapatkan debit banjir dengan sedimen.
- d) Perencanaan dan perhitungan konstruksi bangunan *sabo dam* pada perencanaan ini meliputi :
  1. Perencanaan dimensi pelimpah
  2. Perhitungan kemiringan tubuh *main dam*
  3. Penentuan kedalaman pondasi *main dam*
  4. Perhitungan dimensi sayap *main dam*
  5. Perhitungan dimensi tebal dan panjang kolam olak/ *apron*
  6. Perhitungan dimensi *sub dam*
  7. Perhitungan dimensi dan jumlah lubang/ celah(*drain holes*)
  8. Perhitungan stabilitas meliputi :
    1. Stabilitas Dinding Tepi
      - a. Stabilitas terhadap guling
      - b. Stabilitas terhadap geser
      - c. Stabilitas terhadap daya dukung
    2. Stabilitas Mian Dam
      - a. Stabilitas Main Dam pada saat kondisi banjir
      - b. Stabilitas Main Dam pada saat kondisi normal
      - c. Stabilitas Main Dam akibat gempa



### 3.6 Bagan Alir Penelitian (*flowcart*)



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian (*flowcart*)