

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Bangunan Sabo Dam (Sabo Dam)

2.1.1 Deskripsi Bangunan Sabo Dam

Sabo Dam adalah salah satu bagian dari bangunan penanggulangan sedimen yang bekerja dalam suatu system "*Sabo Works*". Adapun tujuan dari "*Sabo Works*" pada suatu daerah tangkapan sungai adalah untuk mengendalikan produksi sedimen seperti pasir, kerikil, dan sebagainya), mencegah runtuh dan erosi tanah, mengendalikan dan menangkap sedimen yang terbawa aliran banjir sehingga dapat menjaga stabilitas dasar sungai dan mencegah bencana akibat produksi sedimen yang berlebihan. Dengan system *Sabo Works*, jumlah aliran sedimen yang merusakkan harus dapat dikurangi, atau dengan kata lain setelah adanya fasilitas *Sabo Works* maka jumlah aliran sedimen tahunan berkurang hingga mencapai nilai jumlah sedimen yang diijinkan, yaitu, jumlah aliran sedimen yang tidak merusak bagian hilir sungai. Adapun empat fungsi pokok Sabo Dam, adalah (Sumaryono A):

1. Membuat dasar sungai lebih landai sehingga dapat mencegah erosi vertikal dasar sungai;
2. Mengatur arah aliran untuk mencegah erosi lateral dasar sungai;
3. Menstabilkan kaki bukit untuk menghindari terjadinya longsor;
4. Menahan dan mengendalikan sedimen yang akan mengalir ke arah hilir.

Pada suatu sungai dengan jumlah produksi sedimen sangat besar yang berarti jumlah sedimen yang merusakkan juga sangat besar maka perlu usaha untuk menurunkan jumlah kelebihan aliran sedimen yang dapat merusakkan tersebut dengan menerapkan pekerjaan terasiring dan kanalisasi (*hill side works and channel works*). Dengan demikian jelas bahwa bangunan sabo dam diperluka tidak saja untuk menstabilkan dasar sungai, akan tetapi juga sebagai dasar untuk kegiatan pekerjaan yang langsung, dan merupakan bagian yang penting dalam system *sabo work*. Penjelasan lebih rinci atas keempat fungsi pokok sabo dam tersebut di atas dapat diuraikan, sebagai berikut :

1. Membuat dasar sungai lebih landai sehingga dapat mencegah erosi vertikal.

Jika erosi vertikal dapat diartikan dalam pengertian tegangan tarik (seret) alur sungai (*tractive force of stream "S"*), maka :

$$S = \rho_w \cdot h \cdot l \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

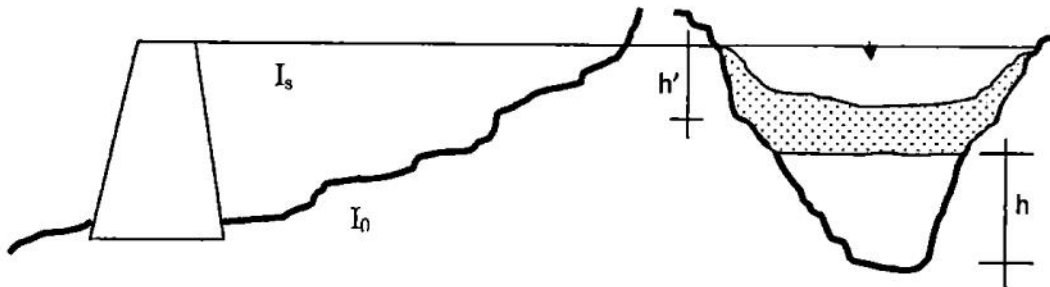
S : tegangan tarik (seret) (*tractive force*)

ρ_w : berat satuan air (*bulk density*)

l : kemiringan dasar sungai

h : kedalam air (*water head*)

Untuk memperkecil nilai S, maka l atau h harus diperkecil. Dengan adanya bangunan sabo dam maka endapan sedimen di hulu dam akan membentuk kemiringan baru I_s dimana $I_s = (0,5 - 0,75)I_0$. Palung sungai dibagian hulu umumnya berbentuk "V", sehingga kedalaman air berkurang dari h ke h', disebabkan dasar sungai naik dan lebar sungai bertambah karena adanya akumulasi sedimen, hal ini menyebabkan tegangan tarik (S) juga menjadi berkurang sehingga erosi dasar sungai dapat dikurangi. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Sabo Dam untuk membuat dasar sungai lebih landai

- a) Efek erosi dan penurunan dasar sungai

Aliran banjir yang membawa sedimen (pasir dan kerikil) dalam jumlah kandungan yang sangat besar mengalir ke hilir dan sejumlah besar sedimen tersebut diendapkan dibagian hulu dam, karena adanya penurunan gaya tarik (*tractive force*) aliran. Akibatnya selanjutnya, aliran banjir yang melewati dam ke hilir hanya membawa sejumlah kecil sedimen dan karena kemiringan dasar sungai di bagian hilir dam lebih

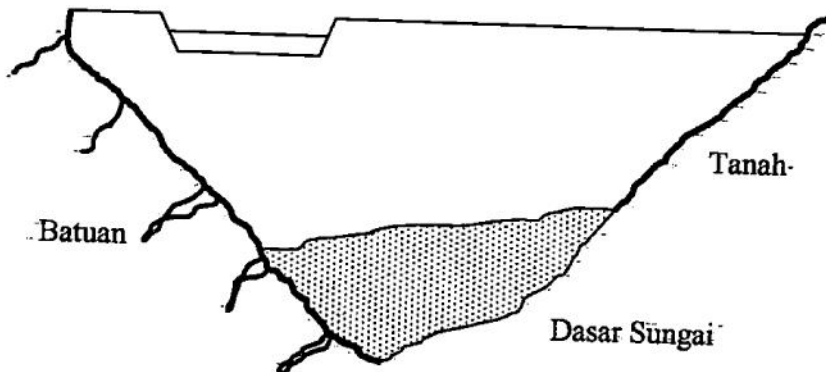
curam (kembali ke dasar sungai semula, I_0). maka gaya tarik (*tractive force*) meningkat lagi sehingga aliran banjir mampu kembali menyeret dan mengerosi pasir dan kerikil hingga batas tertentu sebanding dengan peningkatan kekuatan tarik yang baru. *Phenomena* ini menyebabkan dasar sungai di bagian hilir dam selalu mengalami penurunan secara bertahap. Kejadian ini perlu kita waspadai dengan melakukan pengamatan setelah suatu sabo dam selesai dibuat.

b) Efek perubahan klasifikasi endapan sedimen.

Selain menimbulkan efek erosi dan penurunan dasar sungai di hilir dam, kejadian penurunan "*tractive force*" di hulu dam juga menyebabkan material pasir, kerikil dan bahkan batuan berdiameter besar dapat terakumulasi di bagian hulu dam.

2. Mengatur arah aliran untuk mencegah erosi lateral dasar sungai.

Fungsi mengatur arah aliran dapat dilakukan oleh sabo dam dengan mengatur sudut antara sumbu melintang pelimpah dengan sumbu aliran yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Bila aliran sungai dari arah pegunungan menuju suatu dataran, akan mengendapkan banyak sedimen pasir dan kerikil membentuk dataran kipas "*alluvial*" (*alluvial fan*), karena adanya perubahan kemiringan yang drastic dari curam ke datar dan kedalaman air menjadi dangkal karena terjadinya penyebaran dan pelebaran sungai. Aliran air menjadi turbulen dan mulai mengikis kedua sisi sungai, yang sering disebut sebagai "erosi horizontal".

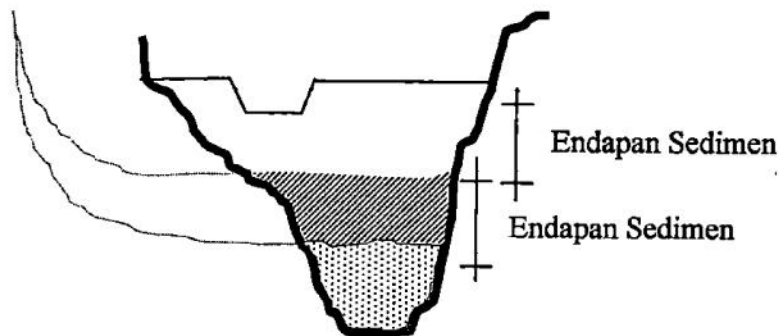


Gambar 2.2 Sabo Dam untuk mengatur arah aliran.

Situasi seperti ini merupakan awal terjadinya apa yang disebut sebagai produksi sekunder (*secondary production*) sedimen pasir dan kerikil di daerah kipas *alluvial*. Arah aliran yang tidak menentu (*turbulent*) di daerah kipas ini dapat dikendalikan menjadi aliran yang arahnya teratur dan tetap serta mengatasi produksi sekunder sedimennya dengan menerapkan bangunan Sabo Dam pada posisi yang tepat. Dengan menempatkan posisi pelimpah Sabo Dam sedemikian rupa yaitu pelimpah lebih dekat sisi tebing berbatu maka sabo dam yang ditempatkan di bagian hulu sungai dapat dimanfaatkan untuk mengatasi erosi horizontal.

3. Menstabilkan kaki bukit untuk menghindari longsor.

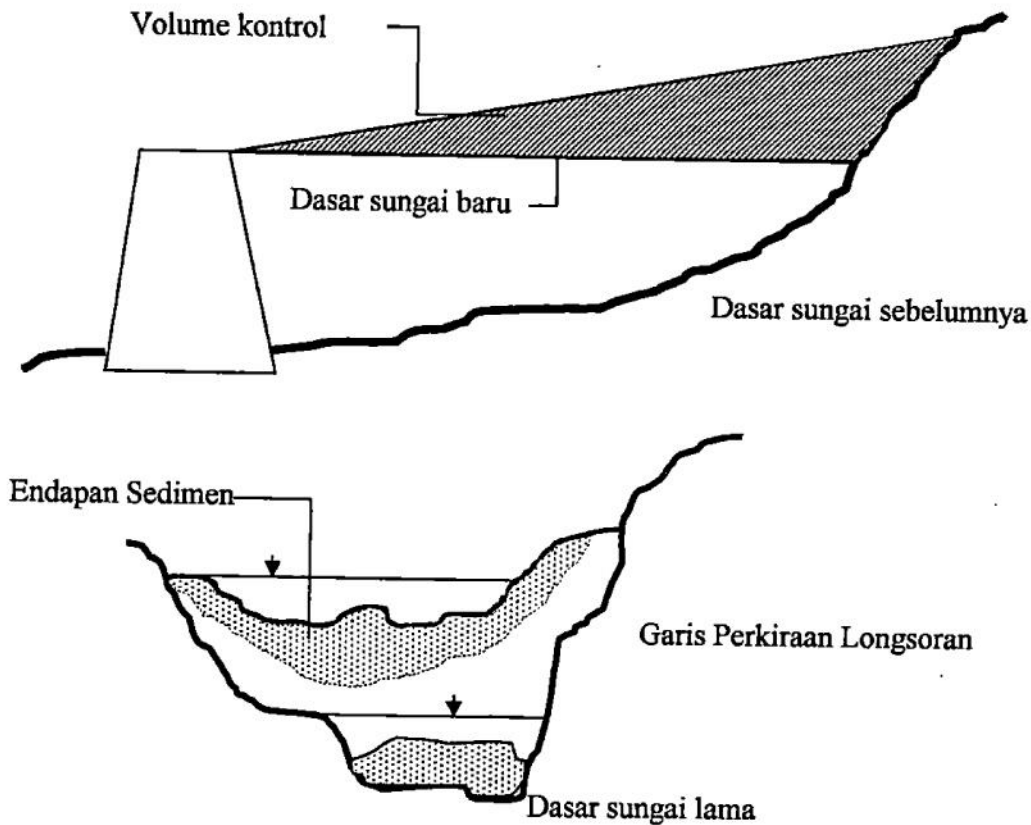
Bertambah tingginya dasar sungai karena adanya bangunan Sabo Dam akan menciptakan beban perimbangan (*counter weight*) pada lereng bukit sehingga menahan terjadinya longsor. Hal ini disketsakan dalam gambar 2.3.



Gambar 2.3. Sabo Dam untuk menstabilkan kaki bukit

4. Menahan dan mengendalikan sedimen yang akan mengalir ke bagian hilir.

Salah satu fungsi Sabo Dam adalah menampung sementara sedimen yang terbawa aliran air pada saat banjir dan pada saat debit aliran air banjir tersebut mengecil atau pada kejadian banjir kecil berikutnya endapan sedimen sementara tersebut akan mengalir ke hilir Sabo Dam seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.4. Volume sedimen yang tertahan sementara setelah puncak banjir ini yang disebut sebagai volume kontrol sedimen.



Gambar 2.4. Sabo Dam untuk menahan dan mengendalikan sedimen

2.1.2 Bentuk Sabo Dam

Berdasarkan bentuknya, Sabo Dam dapat dibedakan sebagai:

a. Sabo Dam tipe tertutup

Sabo dam tipe tertutup merupakan suatu bentuk dinding tertutup, tipe Sabo Dam ini sangat efektif untuk menahan, menampung dan mereduksi aliran sedimen. Aliran sedimen mengisi ruang tampung secara cepat maupun lambat tergantung skala dan interval banjir. Namun apabila volume tampung sudah penuh sedimen, fungsi utama Sabo Dam hanya sebagai penahan dan pereduksi debit puncak sedimen karena fungsi tampugn sudah nol. Contoh tipe sabo dam tipe tertutup ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Sumber : www.ktr.milit.jp

Gambar 2.5. Sabo Dam tipe tertutup

Fenomena pengisian ruang tampung Sabo Dam berpengaruh terhadap proses penurunan dasar sungai di bagian hilir Sabo Dam karena suplai sedimen di bagian hilir berkurang sehingga keseimbangan aliran sedimen terganggu.

b. Sabo Dam Tipe Terbuka

Tipe Sabo Dam terbuka pada umumnya mempunyai dua macam bentuk, yaitu : bentuk "Slit" (celah) dan bentuk "grid". Prinsip Sabo Dam terbuka ialah tubuh *Main Dam* diberi lubang sesuai dengan persyaratan agar mampu mengalirkan sedimen ke hilir secara perlahan dan bertahap.

2.1.3 Kapasitas Bangunan Sabo

Kapasitas bangunan Sabo adalah kemampuan bangunan tersebut untuk menampung dan mengendalikan sedimen tanpa menimbulkan kerusakan dan bencana dalam suatu daerah perencanaan. Kapasitas bangunan Sabo adalah daya tampungan kontrol terhadap aliran sedimen. Kapasitas ini dihitung dengan mempertimbangkan parameter-parameter, antara lain : lebar sungai; tinggi rencana bangunan Sabo, kemiringan dasar sungai sebelum ada bangunan Sabo, dan kemiringan dasar sungai rencana.

a. Estimasi volume aliran sedimen (Debit masukan)

Estimasi volume aliran sedimen yang masuk di hulu Sabo Dam di dalam suatu daerah pengaliran dihitung berdasarkan kapasitas air dalam mengangkut sedimen dalam satu kali banjir dihitung dengan rumus empiris dari Takahasi dan Mizuyama (Rumus Takahasi dan Mizuyama dalam perencanaan Aliran Debris, oleh Subarkah, sebagai berikut :

$$V_s = \frac{R_{24} \cdot A \cdot 10^3}{1 - \lambda} \cdot \frac{C_d}{1 - Cd} \cdot f_r \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

V_s : volume aliran sedimen dalam satu kali banjir (m^3)

R_{24} : curah hujan aliran maksimum (mm)

λ : void ratio

A : luas daerah tangkapan sungai (km^2)

Cd : konsentrasi sedimen

f_r : nilai koreksi run off yang tergantung pada luas daerah

Konsentrasi sedimen dihitung dengan menggunakan rumus Takahashi untuk aliran debris, sedangkan untuk aliran hiperkonsentrasi dipakai rumus Mizuyama. Rumus tersebut adalah sebagai berikut :

$$C_d = \frac{\rho_w \cdot \tan \theta}{(\rho_s - \rho_w)(\tan \phi - \tan \theta)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk aliran hiperkonsentrasi

$$C_d = \frac{11,85 \cdot \tan \theta}{1 + (11,85 - \tan^2 \theta)} \dots\dots\dots(2.4)$$

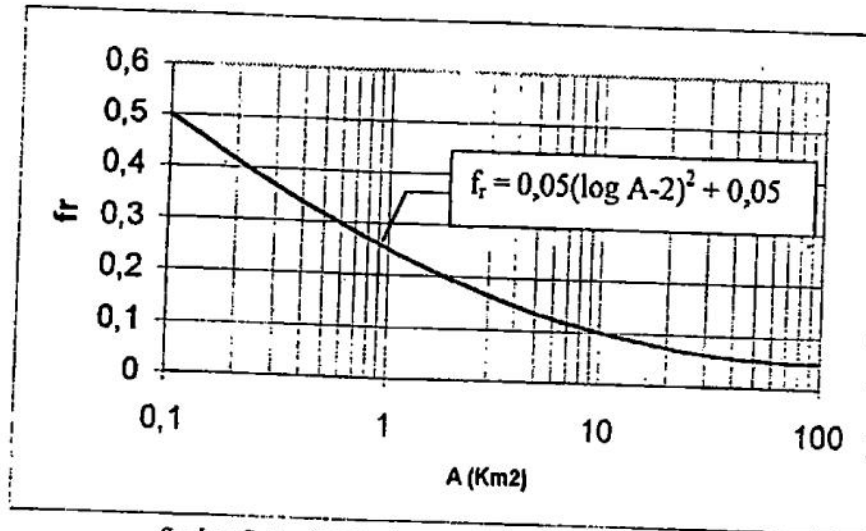
Dimana : ρ_w : densitas air (ton/m^3)

ρ_s : densitas sedimen (ton/m^3)

$\tan \phi$: sudut geser dalam

$\tan \theta$: kemiringan dasar sungai

Nilai koreksi *run-off* (f_r), berdasarkan referensi dari Jepang besarnya nilai koreksi *run-off* mempunyai korelasi dengan luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*), seperti Gambar 2.7.



Sumber : Catatan Kuliah Aliran Debris oleh Bpk. Ir. Subarkah, Dip. HE.

Gambar 2.6 grafik hubungan antara catchment area dengan f_r

b. Estimasi debit sedimen yang melalui pelimpah (Debit Output)

Untuk Sabo Dam tipe tertutup

$$Q_d = \frac{2}{15} C \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} (3B_1 + 2B_2) \dots \dots \dots (2.5)$$

$$Q_d = (1 + Cd)Q \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana : Q_d : debit desain

h_1 : tinggi air di pelimpah

B_1 : lebar pelimpah bawah

B_2 : lebar pelimpah atas

C : koefisien pelimpah ($C=0,6$)

g : percepatan gravitasi

Cd : konsentrasi sedimen

Q : debit yang melalui pelimpah check dam

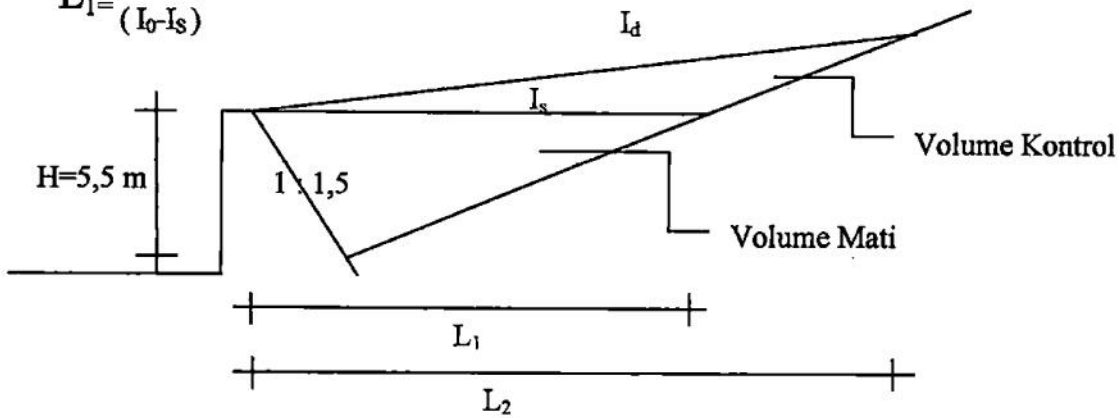
$$V_s = \frac{1}{2}HBL_1 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$V_{tot} = \frac{1}{2}HBL_2 \dots \dots \dots (2.8)$$

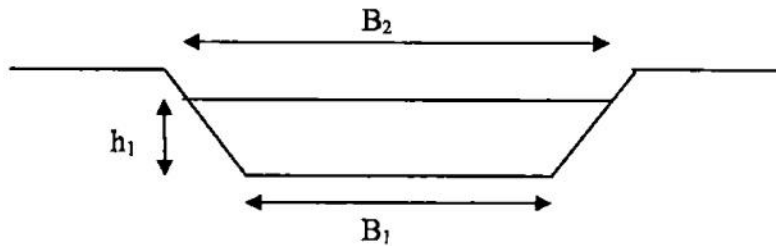
$$V_c = V_{tot} - V_s \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

$$L_1 = \frac{H}{(I_0 - I_s)}$$



Potongan memanjang



Potongan melintang pelimpah

Gambar 2.7. Estimasi tinggi sabo dam tipe tertutup

$$L_2 = \frac{H}{(I_0 - I_d)}$$

V_s : Volume tampungan mati

V_{tot} : Volume total

V_c : Volume control

B : Lebar sungai

H : Tinggi Sabo Dam

I_s : kemiringan statis ($= \frac{1}{2}I_0$)

Id : kemiringan dinamis ($^{2/3} s/d^{2/3} I_0$)

Adapun volume sedimen yang melimpah, dihitung dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bagian Proyek Pusat Pelatihan dan Pengembangan Teknik Sabo yang diteliti oleh Bapak Drs. Sutikno, Dip. H. dan kawan-kawan dengan topik Pengumpulan dan Analisa Debit Banjir Lahar Hujan Untuk Peringatan Dini dan Estimasi Produksi Sedimen Tahunan.

Adapun persamaan tersebut, adalah sebagai berikut :

$$Y = 91,76 X^{-1,256} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana : Y : Volume sedimen total (m^3)

X : Debit air dan sedimen puncak (Q_{ws} puncak) (m^3/det)

2.2. Aliran Sedimen/Debris

2.2.1. Identifikasi Sumber Sedimen

Untuk mengestimasi jumlah angkutan sedimen yang mengalir, perlu mengidentifikasi sumber sedimen, karena asal sumber sedimen berpengaruh terhadap metode estimasi jumlah angkutan sedimen. Identifikasi sumber sedimen dapat dilakukan dengan cara mempelajari peta geologi, survei lapangan di daerah tangkapan sungai dan menyusur alur sungai, interpretasi foto udara dan pengumpulan data dan informasi bencana sedimen yang pernah terjadi. Sumber sedimen dapat dibedakan, sebagai berikut :

1. Sumber sedimen dari daerah vulkanik, yaitu :
 - a. Endapan lepas piroklastik
 - b. Lava, lahar dan abu vulkanik yang tersebar di lereng gunung maupun yang berada di alur sungai.
2. Sumber sedimen dari daerah non vulkanik, yaitu :
 - a. Sedimen yang berasal dari daerah hancuran sekitar patahan (fracture zone) yang rawan terhadap longsor.
 - b. Sedimen hasil erosi permukaan lahan kritis.

c. Endapan sedimen yang berada pada alur sungai.

2.2.2. Tipe aliran sedimen

Tipe aliran sedimen pada alur sungai dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, berdasarkan kemiringan dasar sungai dan tinggi aliran relatif :

1. Aliran debris, terjadi apabila kemiringan dasar sungai lebih besar atau sama dengan kemiringan kritik terjadinya aliran kritik terjadinya aliran debris ($\tan \theta \geq \tan \theta_d$).

$$\tan \theta_d = \frac{C_s(\rho_s - \rho_w)}{C_s(\rho_s - \rho_w) + \rho_w(1 + \frac{1}{k})} \tan \phi \dots\dots\dots(2.10)$$

2. Aliran sedimen hiperkonsentrasi, terjadi pada kemiringan dasar sungai lebih kecil dari kemiringan dasar kritik terjadinya aliran debris, tetapi lebih besar dari atau sama dengan kemiringan dasar kritik untuk aliran hiperkonsentrasi

$$\tan \theta_h = \frac{C_s(\rho_s - \rho_w)}{C_s(\rho_s - \rho_w) + \rho_w(1 + \frac{h_0}{d})} \dots\dots\dots(2.11)$$

3. Aliran sedimen individu, terjadi apabila kemiringan dasar sungai lebih kecil dari kemiringan dasar kritik aliran hiperkonsentrasi atau gaya geser yang bekerja lebih besar daripada gaya geser kritik ($\tan \theta < \tan \theta_h, \tau_* > \tau_{*c}$)

$$\tau_{*c} = 0,04 \times 10^{1,72 \tan \theta} \text{ (Mizuyama)} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\tau_* = \frac{U_*^2}{(\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot d} \dots\dots\dots(2.13)$$

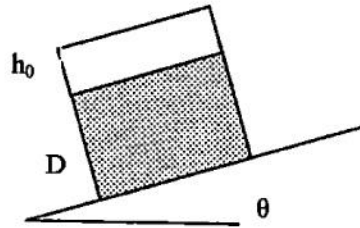
2.2.3. Dinamika Aliran Debris

Jika sedimen dalam keadaan masih seimbang, tegangan geser (τ_1) akan sama dengan tegangan tangensial (τ), seperti gambar 2.9.

$$\tau_1 = \tau \dots\dots\dots(2.14)$$

Tegangan geser :

$$\tau_1 = g \cos \theta (C_d (\rho_s - \rho_w) \tan \phi) \dots\dots\dots(2.15)$$



Gambar 2.8. Mekanisme aliran terbuka

Tegangan tangensial :

$$\tau_1 = g \cos \theta (C_d (\rho_s - \rho_w) D + \rho_w (D + h)) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

τ_1 : tegangan geser

τ : Tegangan tangensial

θ : kemiringan lereng

ϕ : sudut geser dalam

ρ_s : rapat masa debris

ρ_w : rapat masa air

C_d : konsentrasi rata-rata aliran debris

d : diameter butiran

h_0 : kedalaman air

D : ketebalan sedimen

Pada saat aliran debris akan bergerak :

$$d\tau/dD = d\tau_1/dD$$

$$d\tau/dD = g \sin \theta (cd (\sigma - \rho) + \rho)$$

$$d\tau/dD = g \sin \theta (cd (\sigma - \rho) \tan \phi$$

sehingga

$$\tan \theta = \frac{C_d (\rho_s - \rho_w)}{C_d (\rho_s - \rho_w) + \rho_w} \tan \phi \dots\dots\dots(2.17)$$

atau

$$C_d = \frac{\rho_w \cdot \tan \theta}{(\rho_s \cdot \rho_w)(\tan \phi - \tan \theta)} \dots \dots \dots (2.18)$$

Apabila aliran debris bergerak

$$d\tau/dD > d\tau_1/dD$$

Sehingga

$$\tan \theta > \frac{C_d(\rho_s \cdot \rho_w)}{C_d(\rho_s \cdot \rho_w) + \rho_w} \tan \phi \dots \dots \dots (2.19)$$

atau

$$C_d < \frac{\rho_w \cdot \tan \theta}{(\rho_s \cdot \rho_w)(\tan \phi - \tan \theta)} \dots \dots \dots (2.20)$$

Aliran debris dalam keadaan tidak bergerak

$$d\tau/dD < d\tau_1/dD$$

Sehingga

$$\tan \theta < \frac{C_d(\rho_s \cdot \rho_w)}{C_d(\rho_s \cdot \rho_w) + \rho_w} \tan \phi \dots \dots \dots (2.21)$$

atau

$$C_d > \frac{\rho_w \cdot \tan \theta}{(\rho_s \cdot \rho_w)(\tan \phi - \tan \theta)} \dots \dots \dots (2.22)$$

2.2.4. Debit Air

Dalam perencanaan bangunan air memerlukan data debit pengamatan yang mempunyai periode yang panjang. Namun seringkali data tersebut tidak ada, sehingga dibutuhkan analisis curah hujan untuk penentuan debit.

Dalam penulisan ini digunakan analisis frekuensi dengan metode Gumbel secara analisis. Metode ini berdasarkan analisis statistik dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum selama 10 tahun.

$$R_T = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} S_s \dots \dots \dots (2.23)$$

Di mana :

R_T : Besarnya curah hujan dalam periode ulang T tahun

\bar{X} : Curah hujan harian maksimum rata – rata

Y_t : *Reduce varian*

Y_n : *Reduce Mean*

S_n : *reduced standard deviation*

S_v : standart deviasi

X_t : Curah hujan harian maksimum 24 jam

N : Banyaknya data

BAB III

METODOLOGI

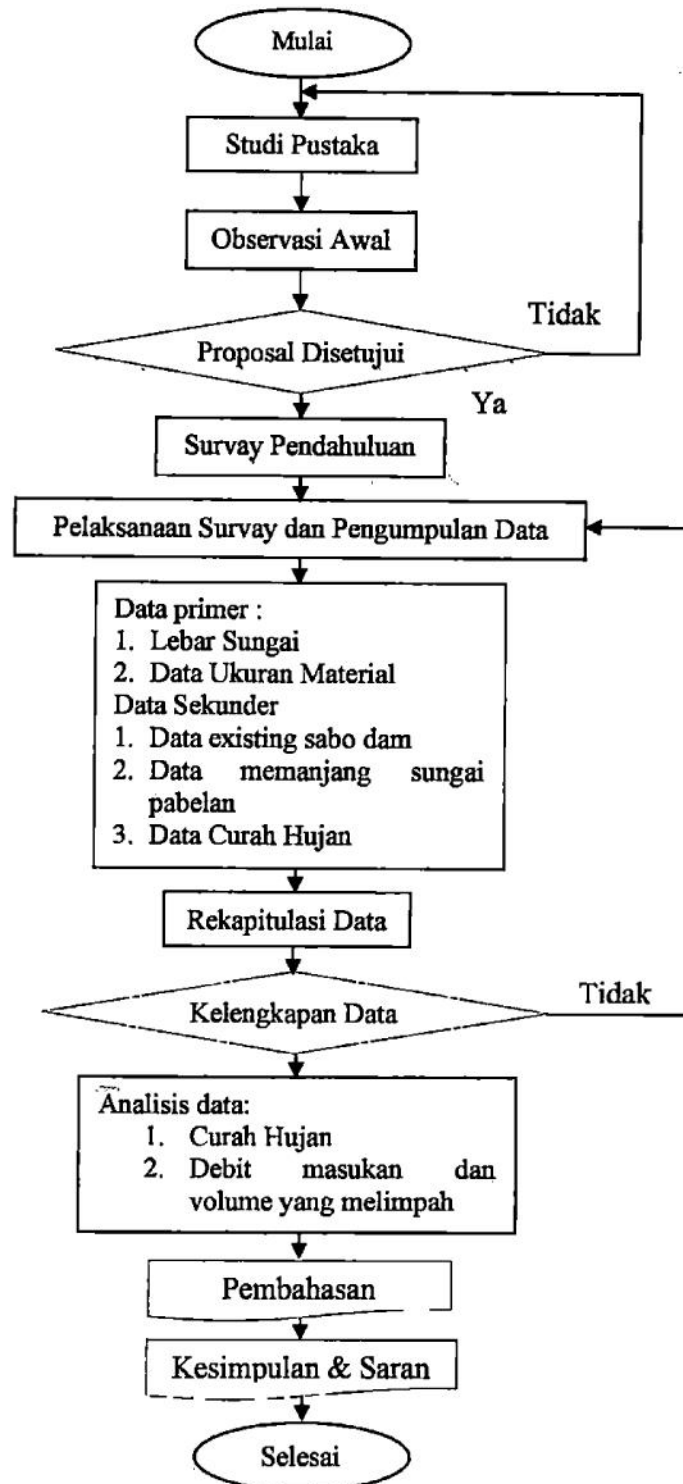
3.1. Tinjauan Umum

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan bangunan sabo dalam mengendalikan sedimen di sungai Pabelan terutama yang terjadi pasca erupsi tahun 2010. Untuk mengetahui kemampuan sabo dam dalam mengendalikan sedimen, perlu diketahui volume aliran sedimen (debit masukan) dan volume yang melimpah yang melalui pelimpah. Adapun untuk mengetahui volume aliran sedimen digunakan rumus empiris dari Takahasi dan Mizuyama (Rumus Takahasi dan Mizuyama dalam perencanaan Aliran Debris, oleh Subarkah), sedangkan untuk menentukan volume sedimen yang melimpah yang melalui pelimpah, dihitung dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan oleh Bagian Proyek Pusat Pelatihan dan Pengembangan Teknik Sabo yang diteliti oleh Bapak Sutikno dkk dengan topic Pengumpulan dan Analisa Debit Banjir Lahar Hujan Untuk Peringatan Dini dan Estimasi Produksi Sedimen Tahunan.

Teknik pengambilan data didasarkan pada jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara penelitian langsung di lapangan maupun di laboratorium. Data yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan adalah berupa lebar saluran sungai. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari dinas atau instansi yang terkait dengan penelitian, data sekunder tersebut seperti berita-berita tentang erupsi Gunung Merapi 2010.

3.2. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini disajikan untuk mempermudah dalam proses pelaksanaannya. Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bagan alir penelitian

3.3. Metode Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder yang diambil dari Kantor Balai Sabo Yogyakarta antara lain :

- a. Data existing Sabo Dam Pa-C tlatar
- b. Data penampang memajang dan melintang sungai;
- c. Data curah hujan stasiun Jrasah
- d. Data ukuran material dasar sungai
- e. Data yang diperoleh dari sumber-sumber yang dapat digunakan untuk melengkapi pembahasan.

3.4. Analisis Data :

3.4.1. Existing Pa-C Tlatar (Pa-C Krogowan)

Kondisi existing Pa-C tlatar seperti pada gambar terlampir mempunyai dimensi sebagai berikut :

Tinggi Dam	: 5,5 m
Tinggi Sayap	: 2 m
Lebar Pelimpah	: 60 m

3.4.2. Lebar Dasar dan Kemiringan Sungai

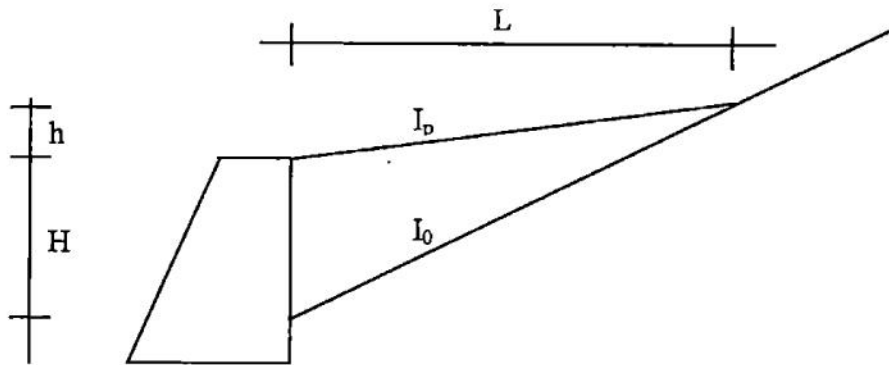
Lebar dasar sungai dihitung berdasarkan rata-rata dari pengukuran dari hulu sampai hilir Pa-C Tlatar, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3.1. Tabel 3.1 berikut merupakan hasil pengukuran lebar dasar sungai dari hulu sampai hilir Pa-C Tlatar. Untuk kemiringan dapat diketahui pada lampiran 3

Tabel 3.1. Data lebar dasar sungai dari Pa-Tlatar ke hulu

Jarak	Lebar Sungai
100 m	46 m
200 m	45 m
300 m	43 m
400 m	45 m
500 m	46 m
Rata-rata	45 m

3.4.3. Volume Endapan Sedimen Kontrol

Dari hasil pengukuran setelah terjadi banjir diplot dalam gambar didapat keiringan endapan. Dari gambar tersebut dihitung volume endapan sedimen yang terjadi secara teoritis, yaitu :



Gambar 3.2. Sketsa perhitungan volume kontrol

$$I_p = \text{tg } \alpha_1 = h/L$$

$$I_0 = \text{tg } \alpha_0 = (H+h)/L$$

$$I_0 - I_p = \{(H+h)/L\} - (h/L)$$

$$= H/L$$

$$L = H/(I_0 - I_p)$$

$$V_s = \frac{1}{2} \cdot B \cdot H \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot B \cdot H \cdot (H/(I_0 - I_p))$$

$$= \frac{1}{2} \cdot B \cdot H^2 / (I_0 - I_p)$$

$$\text{Jadi : } V_s = \frac{\frac{1}{2} \cdot B \cdot H^2}{I_0 - I_p} \dots \dots \dots (3.1)$$

3.4.4. Data curah hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan volume aliran sedimen yang dapat dikendalikan oleh bangunan sabo adalah data curah hujan harian maksimum dan data curah hujan harian saat terjadi aliran debris dari stasiun Jarakah,

Sleman, Yogyakarta yang terlampir pada lampiran 1. Tabel 3.2. berikut adalah curah hujan harian maksimum tahunan stasiun Jrahah dari tahun 2002 sampai dengan tahun 2012.

Tabel 3.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum, Tahun (2002-2012)

Tanggal	R ₂₄ (mm)
31/03/2002	53.2
3/1/2003	58.4
15/03/2004	42.8
6/1/2005	81
23/02/2006	149.4
28/12/2007	110
14/02/2008	80
2009	0
28/05/2010	99.5
3/12/2011	144.5

Sumber : Balai Sabo

3.4.5. Ukuran Butiran Material Dasar Sungai

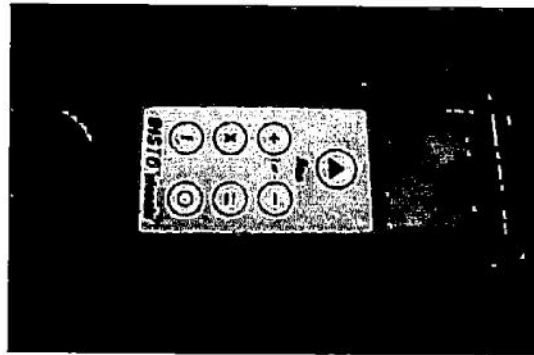
Pengambilan sampel material dasar sungai dilakukan sekali pada tanggal 27 maret 2013. Lokasi pengambilan sampel adalah 100 m ke hulu dari Pa-C Tlatar, sampel tersebut kemudian dianalisa di laboratorium Teknik Sipil UMY. Adapun hasil analisis sampel material dapat dilihat pada Tabel 3.2. Ukuran butiran ini digunakan untuk mencari nilai D50 yang ditunjukkan pada Gambar 3.10.

3.5. Alat-alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada saat pengambilan data adalah sebagai berikut:

1) Pengukur Jarak *Infrared Digital*

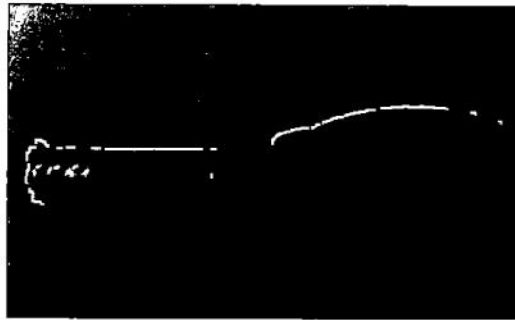
Pengukur jarak *infrared* untuk mengukur lebar saluran sungai yang tidak dapat dijangkau dengan meteran manual.



Gambar 3.3 Pengukur jarak *infrared*

2) Meteran 5 meter

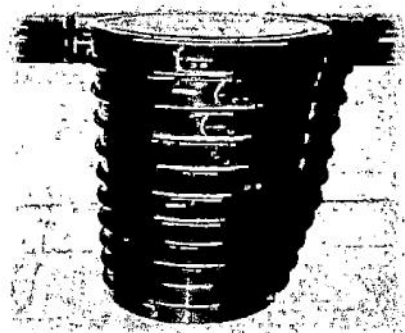
Meteran 5 meter dipakai untuk mengukur tinggi permukaan aliran air.



Gambar 3.4 Meteran 5 meter

3) Saringan

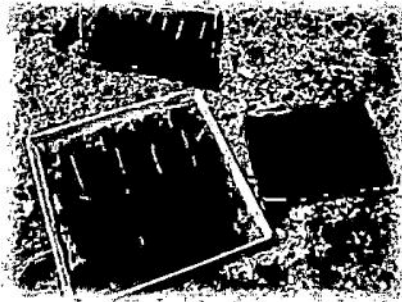
Saringan standar *ASTM* dengan ukuran 19,52 mm, 12,5 mm, 9,52 mm, 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm, 0,30 mm, 0,15 mm dan 0,075 mm. Saringan digunakan untuk menyaring sampel sedimen.



Gambar 3.5 Saringan

4) Wadah besi

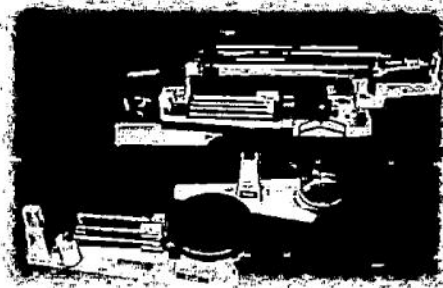
Wadah besi digunakan untuk meletakkan sampel sedimen dari lapangan untuk dimasukkan dalam oven dan untuk menimbang sampel yang sudah kering.



Gambar 3.6 Wadah Besi

5) Timbangan

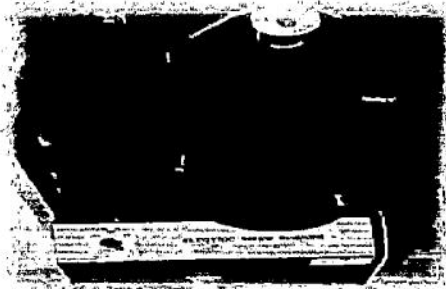
Timbangan digunakan untuk mengukur berat sampel sedimen dasar sungai.



Gambar 3.7 Timbangan

6) *Shave Shaker Machine*

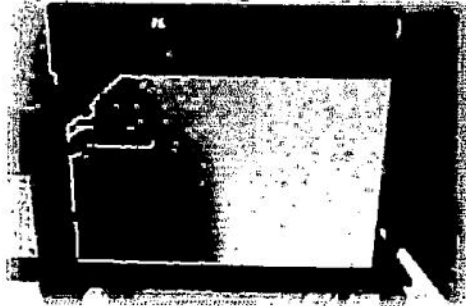
Shave Shaker Machine digunakan untuk mengayak sampel sedimen dasar sungai pada saringan.



Gambar 3.8 *Shave Shaker Machine*

7) Oven

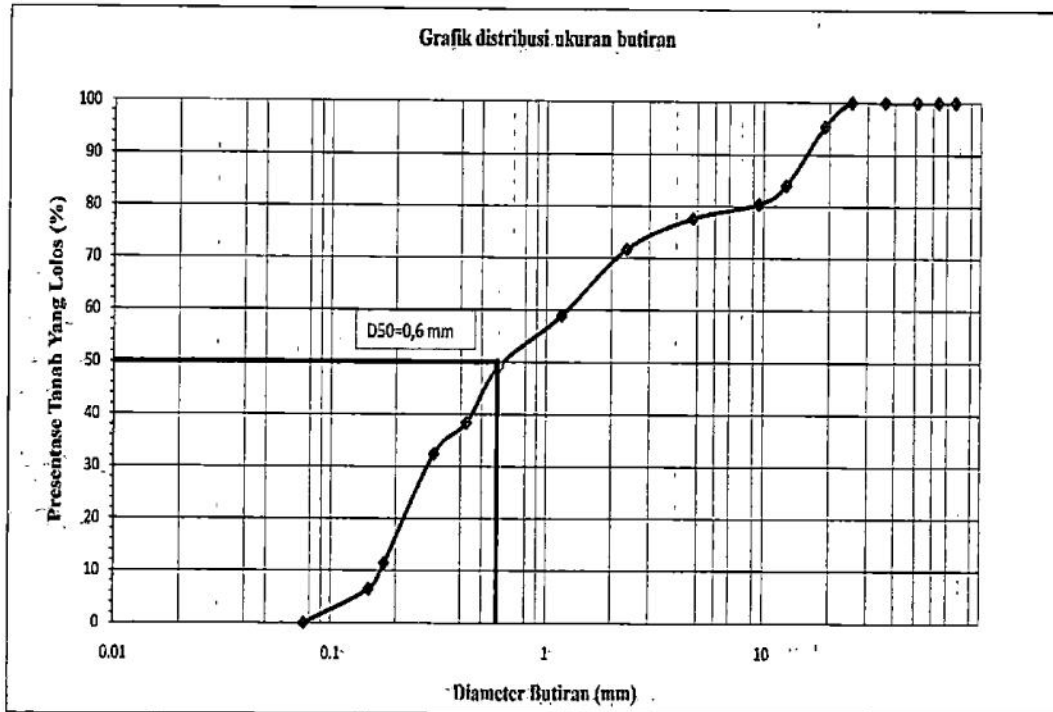
Oven digunakan untuk mengeringkan sampel sedimen.



Gambar 3.9 Oven

Tabel 3.3. Data analisis ayakan material dasar sungai

Analisis distribusi ukuran butiran					
Diameter (mm)	Berat				
	Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Kumulatif (gr)	Kumulatif (%)	Lolos (%)
76.2	-	-	-	-	100.00
63.5	-	-	-	-	100.00
50.8	-	-	-	-	100.00
36.1	-	-	-	-	100.00
25.4	-	-	-	-	100.00
19.1	230	4.60	230	4.60	95.40
12.7	562	11.24	792	15.84	84.16
9.52	184	3.68	976	19.52	80.48
4.75	142	2.84	1,118	22.36	77.64
2.35	298	5.96	1,416	28.32	71.68
1.18	640	12.80	2,056	41.12	58.88
0.6	488	9.76	2,544	50.88	49.12
0.425	534	10.68	3,078	61.56	38.44
0.3	300	6.00	3,378	67.56	32.44
0.177	1,056	21.12	4,434	88.68	11.32
0.15	242	4.84	4,676	93.52	6.48
0.075	324	6.48	5,000	100.00	0.00
Jumlah	5,000				



Gambar-3.10 Grafik distribusi ukuran butiran

