

ANALISIS STABILITAS SABO DAM DAN GERUSAN LOKAL KALI WORO GUNUNG MERAPI KABUPATEN KLATEN

Edy Harseno¹⁾ Marsinius²⁾

¹⁾Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

²⁾Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

INTISARI

Bencana gunung Merapi merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi di sebagian wilayah Indonesia. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan membangun Sabo Dam yang berguna untuk menghambat laju Lava dingin dengan muatan-muatan yang terbawa bersama lava dingin.

Dalam menganalisis stabilitas dan gerusan lokal Sabo Dam pada Kali Woro Gunung Merapi Lereng Timur yang terletak di Desa Balerante, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten. Untuk menganalisis stabilitas Sabo Dam sesuai dengan Standarisasi dan kriteria Perencanaan Gugus kerja bidang Sabo pada Sub-Panitia Teknik Bidang Sumber Daya Air, dan untuk rencana desain bangunan gerusan lokal 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/m² < 60 t/m² 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.

Keywords : stabilitas, gerusan.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Negara Indonesia secara alami terletak di dalam daerah resiko tinggi dari beberapa tipe yang berhubungan dengan bencana. Indonesia mempunyai 129 gunung api aktif yang pada saat terjadinya letusan gunung api, bahan vulkanik yang dikeluarkan gunung api bervariasi mulai dari yang berdiameter kasar seperti

bom vulkanik dan berdiameter kecil yang berupa abu vulkanik. Bahan vulkanik ini menyebar mulai dari puncak lereng hingga kaki gunung, bahkan sampai jauh titik letusan akibat tertipunya bahan vulkanik berdiameter halus oleh angin kencang. Pada musim hujan, endapan bahan vulkanik bercampur dengan air hujan menjadi lumpur dan mengalir ke palung sungai. Selain bencana, daerah yang terletak berdekatan dengan gunung api umumnya subur sehingga menarik aktivitas pertanian untuk meningkatkan perekonomian. Sehubungan dengan hal ini di daerah tersebut banyak didirikan berbagai bangunan fasilitas penahan sedimen pada alur hilir.

Kantong lahar adalah salah satu bangunan Sabo yang mempunyai fungsi untuk menampung sedimen dalam jumlah besar, melokalisir endapan sedimen agar tidak merusak daerah di sekitarnya dan mencegah terjadinya aliran sedimen pada aliran di hilirnya sehingga tidak terjadi agradasi pada sungai di hilir bangunan kantong sedimen. Bangunan kantong lahar terdiri dari sebuah tanggul melintang sungai yang dilengkapi dengan bangunan peluap, tanggul memanjang sungai di kiri dan di kanan sungai dan untuk meningkatkan kapasitas serta meratakan aliran sedimen di dalam kantong lahar, baik kapasitas maupun kualitas bangunannya. Sehingga Sabo Dam ini diharapkan mampu secara langsung menahan material pasir dan secara tidak langsung meningkatkan perekonomian masyarakat di sekitar Sabo Dam. Selain itu, Sabo Dam ini juga berfungsi untuk konservasi dan pariwisata.

Sabo adalah kata dari bahasa Jepang yang berarti pengendalian pasir, dan mengandung pengertian tindakan-tindakan pengendalian pasir, dan lebih luas lagi adalah suatu sistem penanggulangan erosi dan sedimentasi yang berpotensi menimbulkan bencana. Teknik yang diterapkan tidak hanya untuk dimanfaatkan di daerah vulkanik, tetapi juga di bidang lain. Kenyataan ini mendorong penulis untuk menganalisis stabilitas dan gerusan lokal pada salah satu Sabo Dam, yang bertujuan untuk menahan sedimen. Sabo Dam yang Penulis pilih adalah Sabo Dam Kali Woro Gunung Merapi Lereng Timur yang terletak di Desa Balerante, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten. Masalah yang terjadi akibat erosi dan sedimentasi di sungai, menyebabkan adanya penurunan material dari aliran sungai dalam kecepatan tertentu, sehingga perlu diketahui kondisi stabilitas Sabo Dam dan gerusan lokal.

B. Tujuan dan Manfaat Analisis Stabilitas Sabo Dam.

Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai gaya desak, faktor keamanan terhadap gaya geser, nilai eksentrisitas, serta untuk mengetahui gerusan lokal dan jumlah *beehive* Sabo Dam Kali Woro Gunung Merapi Lereng Timur yang terletak di Desa Balerante, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten. Analisis yang dilakukan bermanfaat untuk mengetahui stabilitas dan gerusan

lokal dan memberikan sumbangan pengetahuan dan gambaran pengaplikasian teori tentang perencanaan Sabo Dam.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Stabilitas Konstruksi Sabo Dam

Dimensi merupakan perhitungan konstruksi untuk menentukan ukuran Sabo Dam, agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang berkerja padanya dalam keadaan apapun juga. Di dalam hal ini termasuk terjadinya angin kencang, gempa bumi dan banjir besar. Data angka yang dipakai untuk perhitungan harus diambil dari hasil penelitian dan penyelidikan. Dalam keadaan yang tidak memungkinkan diadakannya penelitian dan penyelidikan, data diambil dari proyek yang mirip dengan proyek yang bersangkutan sehingga hasil perhitungan yang diperoleh diyakini akan aman. Di dalam kriteria desain dan dasar-dasar menganalisis terdapat dua prinsip yang harus diperhatikan, yaitu untuk mencegah terjadinya bahaya limpasan lewat puncak Sabo Dam maka harus disediakan bangunan pelimpah dan bangunan pengeluaran yang cukup kapasitasnya dan syarat-syarat stabilitas konstruksi harus dapat dipenuhi.

Pada lereng alami, kelongsoran yang terjadi disebabkan oleh tiga faktor, yaitu perubahan profil pada lereng yang disebabkan oleh pengaruh alam, perubahan profil pada puncak lereng yang disebabkan oleh perbuatan manusia, dan perubahan kemiringan lereng sehingga lereng menjadi semakin curam.

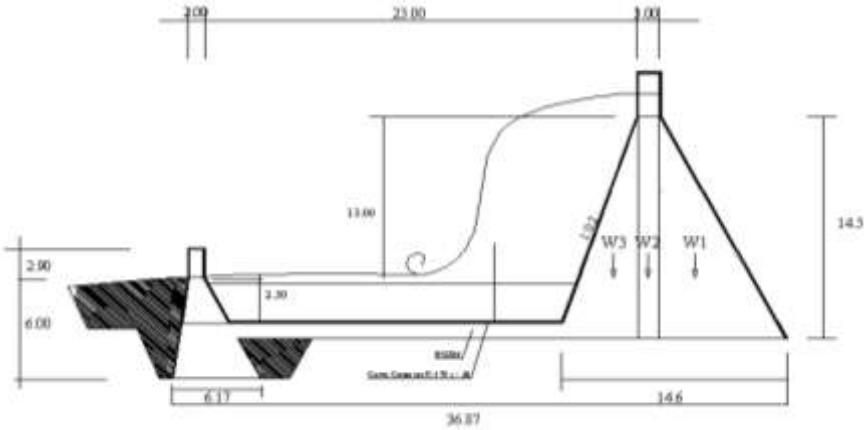
B. Prinsip Kerja Bangunan Sabo Dam

Terjadinya pergerakan sedimen dan erosi sehingga menyebabkan perpindahan massa sedimen dari satu tempat ke tempat yang lain biasanya mempunyai potensi untuk menimbulkan kerusakan-kerusakan material terhadap bangunan-bangunan prasarana, rumah-rumah, lahan-lahan pertanian maupun jiwa manusia. Proses erosi dan sedimentasi ini terutama di sebabkan oleh energi air yang mengalir hingga dapat mengangkut tebing yang mengakibatkan longsoran. Transport sedimen di alur sungai biasanya di sebabkan oleh volume dan kecepatan air yang terlalu besar. Penambahan volume dan kecepatan air dalam hal ini umumnya diakibatkan oleh bertambahnya curah hujan di hulu. Data dan informasi untuk perencanaan teknis tanggul pada sungai lahar yang diperlukan adalah parameter desain meliputi parameter desain topografi, hidrologi, dan geoteknik yang merupakan hasil analisis data dan data lain yang diperlukan adalah data atau informasi bahan bangunan dan bahan timbunan tanggul yang tersedia, sarana dan prasarana, serta tenaga kerja yang tersedia. Selanjutnya, fungsi tanggul yang direncanakan harus dapat membatasi penyebaran aliran lahar dan keperluan lain asal tidak mengganggu fungsi utamanya sedang keamanan dan

stabilitas tanggul harus memenuhi persyaratan, yaitu stabilitas gaya-gaya yang bekerja, aman terhadap gerusan, rembesan dan erosi buluh, abrasi, benturan, limpasan dan longsor, dan stabil terhadap penurunan.

1. Gaya vertikal beban mati

Beban mati (*dead weight*) adalah berat dari semua bagian struktur yang bersifat tetap termasuk berat sendiri dari bagian struktur tersebut. Total dari satuan berat dari badan Sabo Dam, dan jarak, gaya vertikal akibat beban mati lihat (Gambar 2.1.) Persamaan yang dipakai guna menghitung gaya vertikal akibat beban mati untuk analisis stabilitas Sabo Dam adalah :



Gambar 2.1.. Gaya vertikal akibat beban mati

$$W = W1 + W2 + W3 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$X = (W1 \times X1 + W2 \times X2 + W3 \times X3) / W \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan W = Satuan berat dari badan Sabo Dam (ton), X = jarak vertikal (m), dan Untuk menghitung total momen, gaya vertikal akibat beban mati dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M = V \cdot X \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan M = total momen akibat beban vertikal (tm), V = total beban vertikal (t), dan X = jarak (m).

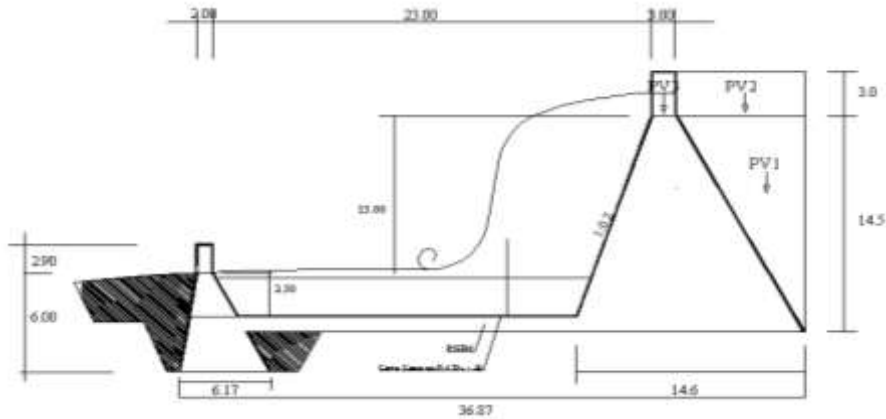
2. Tekanan hidrostatis gaya vertikal

Tekanan hidrostatis (*hydrostatic pressure*) adalah tekanan pada setiap titik dalam suatu cairan yang diam, yang nilainya sama dengan kedalaman cairan

dikali dengan densitasnya. Persamaan yang dipakai guna menghitung tekanan hidrostatik untuk analisis stabilitas Sabo Dam adalah :

$$PV = PV1 + PV2 + PV3 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$X = (PV1 \times X1 + PV2 + PV3 \times X2 + X3) / PV \dots\dots\dots (2.5)$$



Gambar 2.2. Tekanan hidrostatik pada Bangunan Sabo

dengan PV = tekanan hidrostatik pada setiap titik air gaya vertikal (t), X = jarak vertikal (m)

Untuk menghitung total momen tekanan hidrostatik gaya vertikal digunakan persamaan :

$$M = V \cdot X \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan M = momen (tm), V = total gaya vertikal (t), dan X = total jarak vertikal (m).

3. Tekanan hidrostatik gaya horisontal

Tekanan hidrostatik (*hydrostatic pressure*) adalah tekanan pada setiap titik dalam suatu cairan yang diam, nilainya sama dengan kedalaman cairan dikali dengan densitasnya, (Gambar 2.3) Persamaan yang dipakai guna menghitung tekanan hidrostatik gaya horisontal untuk analisis stabilitas Sabo Dam adalah :

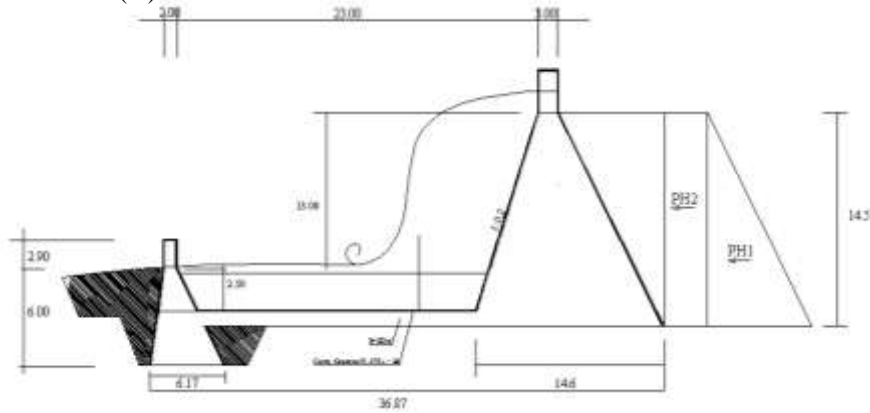
$$PH = PH1 + PH2 \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Y = (PH1 \times Y1 + PH2 \times Y2) / PH \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan PH = tekanan hidrostatik pada setiap titik air gaya horisontal (t), Y= total jarak horisontal (m). Untuk menghitung total momen tekanan hidrostatik gaya horisontal digunakan persamaan :

$$M = H \cdot Y \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan M = momen (tm), PH = total gaya horisontal (t), dan Y = total jarak horisontal (m).



Gambar 2.3. Tekanan hidrostatik gaya horisontal.

$$PH = PH1 + PH2 \quad \dots\dots\dots 2.10$$

$$Y = (PH1 \times Y1 + PH2 \times Y2) / PH \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan PH = tekanan hidrostatik pada setiap titik air gaya horisontal (t), Y= total jarak horisontal (m). Untuk menghitung total momen tekanan hidrostatik gaya horisontal digunakan persamaan :

$$M = H \cdot Y \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan M = momen (tm), PH = total gaya horisontal (t), dan Y = total jarak horisontal (m).

4. Stabilitas Terhadap Gaya Desak dan Geser

Pada muka tanah pondasi, berat/beban sendiri bendung di dalam daerah pertengahan 1/3 muka tanah dari potongan Sabo Dam, dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$X = \frac{M}{V} \quad \dots\dots\dots (213)$$

dengan $X = 1/3$ panjang dari pertengahan pada dasar potongan bendung, $M =$ total momen, dan $V =$ total beban vertikal.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap gesekan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan, beban akan ditahan oleh tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, gesekan antara butir-butir tanah besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya. Seluruh bagian dari Sabo Dam harus aman terhadap gaya geser. Keamanan dari geser antara lapisan badan Sabo Dam beton dan muka tanah dengan menggunakan persamaan berikut :

$$N_S = \frac{FV}{H} \dots\dots\dots (2.14)$$

dengan $N_S =$ faktor keamanan gaya geser, $F =$ koefisien gesek, $V =$ gaya vertikal pada potongan perlebar satuan (t), dan $H =$ gaya horisontal pada potongan perlebar satuan (t)

5. Stabilitas Pondasi dan Konstruksi Pelindung Dasar Sungai

Penurunan pondasi harus diperkirakan dengan sangat hati-hati untuk berbagai bangunan, jembatan, menara, instalasi tenaga dan struktur-struktur biaya yang mahal atau sejenisnya. Penurunan untuk bangunan seperti urugan, bendungan tanah, tanggul-tanggul banjir dan dinding penahan biasanya dapat diperkirakan dengan toleransi kesalahan yang lebih besar. Perhitungan penurunan tanah itu paling baik hanya merupakan tafsiran tentang perubahan bentuk yang dapat diharapkan pada waktu bebannya diterapkan dikemudian hari. Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi, tegangan maksimum pada pondasi dari Sabo Dam tidak melebihi tegangan izin.

$$\tau_{max} = \frac{V}{b_2} (1 + \frac{6e}{b_2}) < q_a \dots\dots\dots (2.15)$$

$$e = \frac{b_2}{2} - \frac{M}{V} < \frac{b_2}{6} \dots\dots\dots (2.16)$$

dengan $\tau_{max} =$ tegangan pada alas bendungan, $V =$ total beban vertikal perlebar satuan (t), $e =$ gaya eksentrisitas (m), $M =$ momen total perlebar satuan (tm), dan $b_2 =$ total panjang pondasi (m).

Pelindung dasar sungai dibuat agar dasar sungai terlindung dari gerusan lokal, berdasarkan persamaan empiris dari :

1. Hokkaido : $ln = 3,2 \times h_{ds} + 0,5$ (m) $\dots\dots\dots (2.17)$
2. Bry :

$$L_n = 0,67 \times c \times \sqrt{q \times h_{ds}} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

dengan L_n = panjang ke hilir (m), c = konstanta (untuk batu dan kerikil diambil = 5), dan q = debit spesifik $\frac{Q}{B}$ ($\text{m}^3/\text{det}/\text{m}$)

3. Jumlah blok beton (searah aliran sungai) dihitung menurut formula empiris berikut :

$$L_n = (n_l - 1) \times (0,9175 l_b + e_b) + l_b \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan n_l = Jumlah blok beton searah aliran sungai, l_b = satuan panjang blok beton, e_b = ukuran blok beton beehive dan arah melintang aliran sungai :

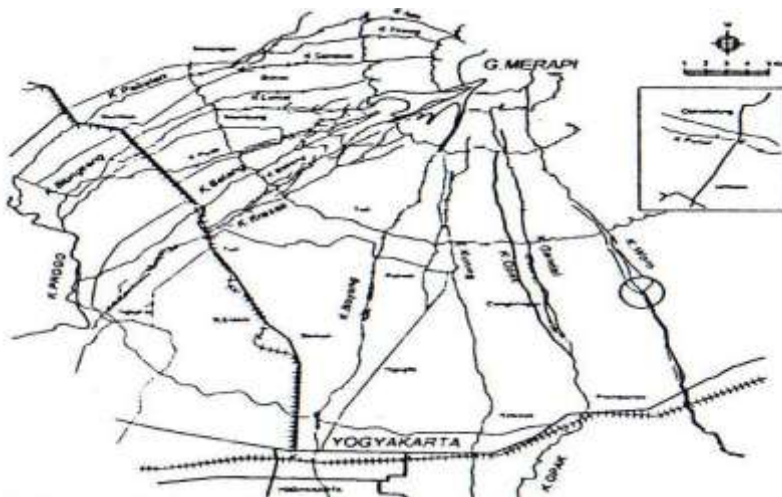
$$B_n = (n_B + 0,5) \times H_b + (n_B - 0,5) \times b_b \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

dengan n_B = jumlah blok beton melintang aliran sungai , H_b = ukuran blok beton beehive, dan b_b = ukuran blok beton beehive

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Keadaan Lokasi Sabo Dam Kali woro

Sabo Dam Kali woro terletak di Desa Balerante, Kecamatan Kemalang, Kabupaten Klaten, lokasi di aliri lahar dari Gunung Merapi dengan debit rata-rata 2.77m/det.



Gambar 3.1. Peta lokasi

B. Situasi Rencana Sabo Dam

Peta rupa bumi merupakan peta yang muthakhir guna mendapatkan gambaran secara jelas mengenai elevasi atau ketinggian badan sungai berikut letak bangunan sungai lengkap dengan bagian-bagian yang ada seperti tampak pada Gambar 3.2 dan 3.3.



C. Riwayat Bangunan dan Sedimen

Riwayat bangunan yang diperlukan harus memuat semua catatan hasil pemantauan bangunan Sabo Dam sejak pertama kali dibangun sampai dengan saat dilakukan pengkajian maupun perencanaan teknis pengamanan bangunan Sabo Dam dari gerusan lokal dan seluruh perbaikan, penambahan maupun perubahan-perubahan yang pernah dilakukan terhadap bangunan Sabo Dam tersebut.

Berdasarkan pengamatan pada aliran Kali Woro terjadinya pendangkalan aliran disebabkan oleh terbawanya sedimen maupun material oleh aliran yang terbawa bersama air. Sedimen bergerak di dalam sungai sebagai sedimen muatan dasar yang bergeser atau menggelinding sepanjang daerah aliran, karena material yang tampak sebagai muatan dasar. Oleh sebab itu disarankan daerah tangkapan hujan agar ditanami tanaman yang mampu mengendalikan erosi.

D. Data Hujan

Analisis curah hujan Kali Woro berdurasi pendek umumnya dimuat dalam data yang diterbitkan sebagai jumlah hari-pengamatan atau jumlah jam-pengamatan. Kecuali pada daerah pegunungan, variasi-variasi frekuensi-intensitas curah hujan yang sangat pendek mungkin terlalu kecil. Sehingga untuk keperluan praktis, disediakan peta-peta jumlah curah hujan untuk berbagai frekuensi dan durasi.

E. Data Banjir

Konfigurasi gelombang banjir yang bergerak pada ruas saluran, di mana hambatan saluran relative kecil dapat dianggap tidak berubah. Penelusuran banjir pada sungai membutuhkan suatu hubungan simpanan yang melukiskan simpanan secara memadai. Hal ini biasanya dilakukan dengan memasukkan aliran masuk sebagai parameter dalam persamaan simpanan.

F. Analisis Sabo Dam

Analisis suatu Sabo Dam sangat ditentukan oleh kondisi sungai. Hal-hal yang harus di perhitungkan di dalam perencanaan Sabo Dam antara lain adalah : perencanaan tanggul, analisis stabilitas. Perubahan kondisi sungai pasca konstruksi seperti agradasi, baik itu dalam jangka waktu pendek ataupun jangka panjang, dapat mengganggu stabilitas bangunan yang telah ada tersebut, dengan mengetahui parameter-parameter Sabo Dam pada waktu banjir dan bendung aliran.

1. Analisis Parameter Stabilitas Sabo Dam

Sebelum menganalisis stabilitas Sabo Dam perlu diketahui gaya vertikal akibat beban mati, tekanan hidrostatis gaya vertikal dan gaya horisontal, tekanan sedimen, satuan berat dari bendung aliran dan gaya dinamis air waktu banjir dan bendung aliran.

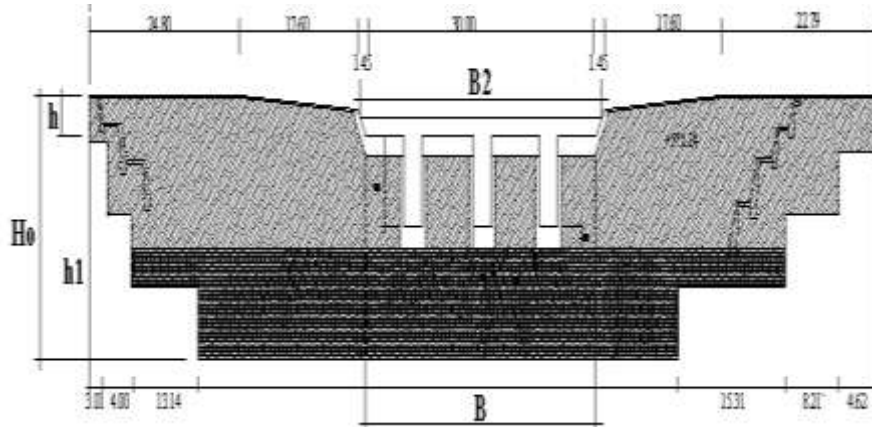
2. Analisis Pelindung Dasar Sungai

Bangunan penahan sedimen akan mengakibatkan perubahan kemiringan dasar sungai yang ada, baik di sebelah hulu maupun hilir. Kedalaman gerusan lokal maksimum berkisar antara 3,00 m sampai dengan 5,00 m termasuk penetrasi, pelindung dasar sungai harus dibuat sedini mungkin agar dasar sungai selalu terlindung dari gerusan lokal, dengan menentukan berat blok beton dan gaya hambat beton beehive, menentukan panjang hamparan blok beton ke arah hilir, menentukan jumlah blok beton beehive yang diperlukan.

IV. ANALISIS STABILITAS

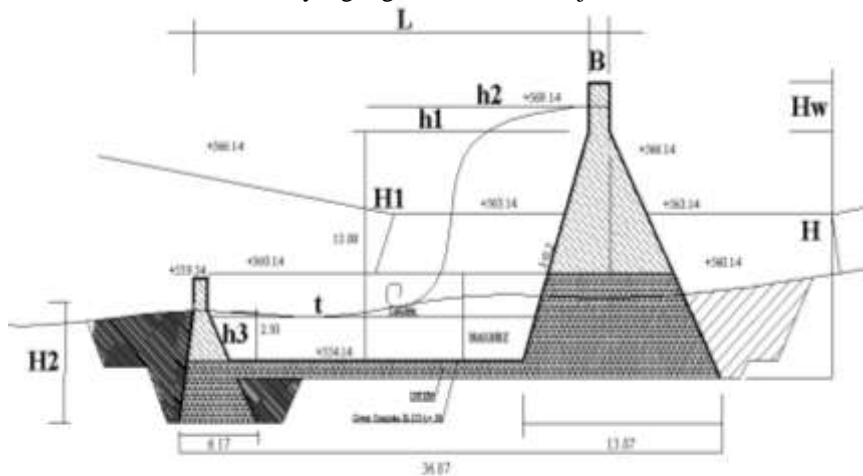
A. Stabilitas Sabo Dam

Tegangan yang terjadi akibat berat sendiri, tekanan air, tekanan sedimen, pukulan akibat aliran, dan gaya seret pada tanggul tidak boleh melebihi daya dukung tanah pondasi yang diizinkan, rembesan yang terjadi harus lebih kecil dari rembesan yang diizinkan. Notasi yang digunakan dalam tinjauan dan gambar penampang disajikan pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Keterangan : H_o = tinggi dari bagian limpahan, h_1 = tinggi limpahan dalam, h = tinggi Ukuran dalam air, M = lereng aliran, B = lebar aliran bagian bawah, dan B_2 = lereng aliran bagian atas .

Gambar 4.1. Notasi yang digunakan dalam tinjauan stabilitas Sabo.



Keterangan B = lebar aliran lahar, L = panjang bidang gelincir potongan, Hw = tinggi tanggul Sabo, H = tinggi jagaan, H1 = tinggi jatuh, H2 = tinggi aliran lahar, h3 = tinggi loncatan aliran lahar, h1 = tinggi endapan sediment deposit, h2 = tinggi tekanan air tanah, dan t = tebal bidang gelincir.

Gambar 4.2. Notasi yang digunakan dalam tinjauan stabilitas Sabo.

B. Data Bendung Aliran

Tabel 4.1. Data sabo *Deris flow time* dari Sabo Dam Kali Woro

Notasi	Nilai/ Satuan	Keterangan
H	14.5 m	Total tinggi dari Sabo Dam
b ₁	3.0 m	Lebar bagian atas dari Sabo Dam
n	0.2	Lereng aliran bawah
m	0.6	Lereng aliran atas
b2	14.6 m	Lebar total dari dasar Sabo Dam
	2.9 m	Lebar dari bawah aliran dasar
	8.7 m	Lebar dari atas aliran dasar
h ₃	2.1 m	Ukuran dalam air bagian atas Sabo Dam
W _c	2.20 t/m ³	Berat satuan dari material Sabo Dam
W _o	1.20 t/ m ³	Berat satuan dari sedimen yang terbawa bersama air
σ ₀	0.0 t/ m ³	tegangan geser dari pondasi
S	1.2	Factor keamanan terhadap gaya geser
F	0.6	Koefesien gesekan dalam dasar Sabo Dam
l	14.6 m	Panjang dari dasar konstruksi menahan geser
σ _a	60.0 t/ m ³	Daya dukung dari tanah pondasi
h	1.2 m	Ukuran dalam air dari bendung aliran Sabo Dam
he	13.3 m	Ukuran dari dalam waktu aliran bendung Sabo Dam
Ce	0.3	Koefesien dari tekanan tanah
W _{sl}	1.10 t/ m ³	Berat satuan dari sedimen dalam lumpur
ρ _d	1.62 t/ m ³	Berat satuan dari bendung aliran
ρ ₁	0.42 t/ m ³	Berat satuan dari sedimen dalam air
α	1	Koefesien (assumed as 1.0)
g	9.8 m/sec ²	Percepatan gravitasi
U	2.77 m/ sec ²	Kecepatan aliran rata-rata dari bendung aliran
θ	3.6 ⁰	Faktor bobot dari dasar aliran

Sumber : Proyek pembangunan konstruksi Gunung Merapi

1. Beban total (*Debris flow*)

Tabel 4.2. Parameter stabilitas *Debris flow*

Parameter-parameter	V(t)	H(t)	X(m)	Y(m)	M(tm)
Gaya vertikal akibat beban mati	280.72		8.43		2366.87

Tekanan hidrostatik gaya vertikal	64.06		2.67		170.92
gaya horisontal		125.34		4.78	598.64
Tekanan sedimen	58.73	31.31	2.67	4.95	143.57
Satuan berat dari bendung aliran	15.7		4.18		65.58
Gaya dinamis air		1.47		13.92	20.48
Total	419.2	158.13			3522.75

2. Stabilitas terhadap gaya desak dan geser

Pada muka tanah pondasi dam, berat/beban sendiri bendungan di dalam daerah pertengahan 1/3 muka tanah dari potongan. Dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$X = \frac{M}{V}$$

dengan X : Panjangnya dari pertengahan 1/3 di dalam bendungan dasar potongan (m), M : Total momen, V : Total beban vertikal didapat nilai $X = 3522.75 / 419.20 = 8.40$ m.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap gesekan atau tarikan. Keamanan dari geser antara lapisan badan dam beton dan muka tanah dapat ditetapkan menggunakan persamaan

$$N_s = \frac{FV}{H}$$

dengan N_s = faktor keamanan gaya geser ($N_s > 1,2$), F = koefisien gesekan, V = gaya vertikal yang bekerja (t), dan H = gaya horisontal yang bekerja(t) dan diperoleh nilai $N_s = 0.60 \times 419.20 / 158.13 = 1.59 > 1.2$.

3. Stabilitas terhadap pondasi

Penurunan pondasi harus diperkirakan dengan sangat hati-hati untuk berbagai bangunan, Penurunan untuk bangunan seperti urugan, bendungan tanah, tanggul-tanggul banjir dan dinding penahan biasanya dapat diperkirakan dengan salah yang lebih besar, pondasi ialah bagian dari suatu system rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang berada di bawahnya, tegangan maksimum pada pondasi dari dam tidak melebihi tegangan izin.

$$\tau \max = \frac{V}{b_2} \left(1 + \frac{be}{b_2}\right) < q_a \text{ dan } e = \left(\frac{b_2}{2} - \frac{M}{V}\right) < \frac{b_2}{6}$$

dengan $\tau \max$ = tegangan pada alas dari bendungan, V= total beban vertikal per lebar satuan (t), e = gaya eksentrisitas (m), M = momen total per lebar satuan (tm), dan b_2 = total panjang dari pondasi (m) dan diperoleh :

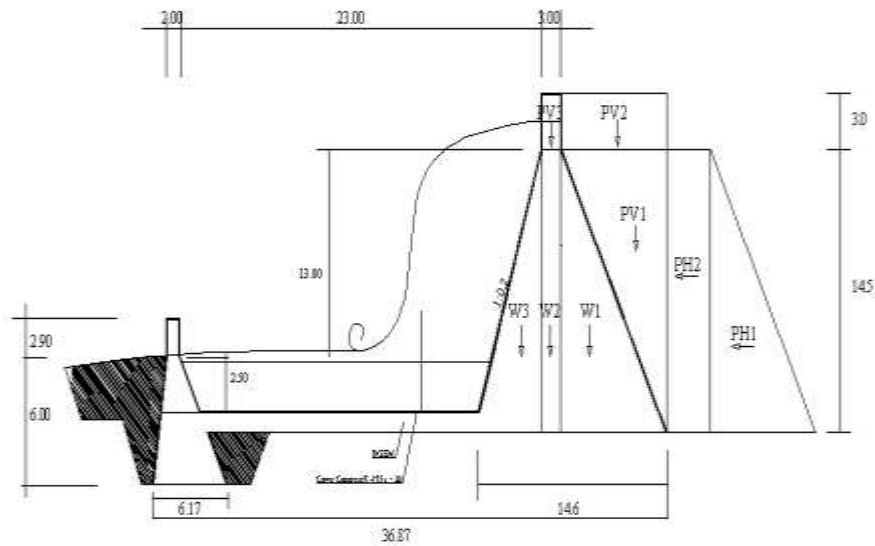
$$e = 8.40 - 1/2 \times 14.6 = 1.10 \text{ m}$$

$$\tau_{\max} = \frac{419,20}{14,6} \left(1 + \frac{6 \cdot 1,10}{14,6}\right) = 41,73 < 60$$

1. Parameter Waktu Banjir

Dalam menganalisis stabilitas Sabo Dam yang dipengaruhi dari analisis stabilitas terhadap gaya desak, stabilitas terhadap gaya geser dan stabilitas terhadap penurunan dari pondasi, kondisi dasar waktu banjir. (Gambar 4.3) Persamaan yang dipakai guna analisis menghitung stabilitas Sabo Dam. Adapun parameter-parameternya adalah :

- Gaya vertikal akibat beban mati
- Tekanan hidrostatik gaya vertikal
- Tekanan hidrostatik gaya horisontal



Gambar 4.3. Gaya-gaya yang berkerja waktu banjir.

Dari perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada waktu banjir diperoleh gaya vertikal akibat beban mati 280.72 T dan dengan $X = 8,43$ m didapat momen sebesar 2,366.87 Tm. Besarnya tekanan hidrostatik (*hydrostatic pressure*) gaya vertikal yaitu tekanan pada setiap titik dalam suatu cairan yang diam, nilainya sama dengan kedalaman cairan dikali dengan densitasnya. Dari analisis gaya-gaya yang bekerja, besarnya tekanan hidristatik gaya vertikal pada saat banjir diperoleh 105.17 t dan $X = 3.73$ m sehingga $M = 105,17 \cdot 3,73 = 391,98$ Tm.

Tekanan hidrostatik gaya horisontal (*hydrostatic pressure*) adalah

tekanan pada setiap titik dalam suatu cairan yang diam, nilainya sama dengan kedalaman cairan dikali dengan densitasnya dan diperoleh total tekanan sebesar 162.69 t dan $Y = 5.38$ m sehingga $M = 162,69 \cdot 5,38 = 874,64$ Tm.

2. Parameter stabilitas *flood time*

Analisis perlu memperhatikan kecenderungan untuk tetap dalam bentuk semula untuk menahan kehancuran. Dari parameter-parameter di atas maka Data yang digunakan untuk stabilitas dari sabo dam adalah kondisi dasar waktu banjir, dari Sabo Dam dapat dianalisis stabilitas Sabo Dam Syarat-syarat berikut harus dipenuhi pada setiap kondisi waktu aliran longsor dan waktu banjir :

- Stabilitas terhadap gaya desak.
- Stabilitas terhadap gaya geser.
- Stabilitas terhadap penurunan dari pondasi.

Tabel 4.3. Parameter stabilitas *flood time*

Gaya / Beban	V (t)	H (t)	X (m)	Y (m)	M (tm)
Beban Mati	280,72		8,43		2,366.87
Gaya Hidrostatik Vertikal	105,17		3,73		391,98
Gaya Hidrostatik Horisontal		162,69		5,38	874,64
Total	385,89	162,69	12,16	5,38	3,633.50

3. Gerusan Lokal

Kedalaman maksimum gerusan lokal (D_{max}) yang terjadi di bagian hilir bangunan sabo disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 4.4. Parameter dan hasil penelitian dari gerusan lokal

H	14,5 m	Tinggi Badan Sabo Dam
h	3.00 m	Tinggi Aliran
Dmax	4.43 m	Tinggi Gerusan lokal
d95	0.075	Diameter butiran

Sumber : penelitian local scouring protection and crown protection – balai Sabo, Yogyakarta

C. Konstruksi Pelindung Dasar Sungai

Pelindung dasar sungai harus dibuat sedini mungkin agar dasar sungai selalu terlindung dari gerusan lokal dan untuk itu perlu ditentukan berat blok dan gaya hambat beton *beehive*, panjang hamparan blok beton ke arah hilir, dan jumlah blok beton *beehive* yang diperlukan.

Tabel.4.5. Ukuran blok beton *Beehive*

Kode	Panjang	Berat blok beton (ton)				
		0,5	1	4	8	12
l_b	11b	0,974	1,228	1,949	2,455	2,810
e_b	0,0574	0,056	0,070	0,112	0,141	0,161
b_b	0,1670	0,162	0,206	0,325	0,410	0,469
h_b	0,5220	0,508	0,641	1,017	1,282	1,467

Sumber : penelitian local scouring protection and crown protection – balai Sabo, Yogyakarta

1. Menentukan berat blok beton dan panjang hamparan ke arah hilir

Perhitungan berat blok beton beehive yang stabil menggunakan rumus empiris berikut :

$$F = \frac{u^2}{2g} S$$

dengan F = berat beehive di Sabo Dam. , U = kecepatan aliran, dan g = percepatan gravitasi.

$$F = \frac{2,77^2}{2 \cdot 9,8} S = 0,3914 S$$

Untuk menentukan gaya hambat yang stabil digunakan persamaan :

$$R = f \left(1 - \frac{W_o}{W_c} \right) W$$

Dengan R = gaya hambat, f = koefisien gesekan dalam Sabo Dam, W_o = berat satuan dari sedimen yang terbawa bersama air, W_c = berat satuan dari material Sabo Dam, W = ukuran blok beton.

$$R = 0,60 \left(1 - \frac{1,20}{2,20} \right) W = 0,2727 W$$

Berat blok beton beehive yang stabil $\rightarrow R / F > sf = 1,2$

Dengan cara coba-coba nilai R/F yang memnuhi syarat adalah untuk W = 1 T sehingga dapat digunakan blok beton beehive seberat 1 ton sedang perhitungan blok beton ke arah hilir menggunakan formula Bry dan Hokaido menghasilkan $L_n = 29,21$ m.

2. Menentukan jumlah blok beton

Perhitungan jumlah blok beton beehive menggunakan persamaan sebagaiberikut :

$$l_n = (l_n - 1)(0,9175l_n + e_b) + l_b$$

dan

$$B_n = (n_b + 0,5) b_b + (n_b - 0,5) b_b$$

Dari hasil analisis, untuk $W = 1$ T, ukuran blok beton *beehive* $\rightarrow l_b = 1,228$ m, $e_b = 0,206$, $H_b = 0,641$, $l_n = 29,21$, $n_l = 24$, $n_s = 103$ m, dan $n_b = 84$ sehingga jumlah blok beton yang digunakan = 24×84 bh

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan Saran

Dari analisis yang dilakukan diperoleh bahwa tekanan hidrostatis vertikal sebesar 385,89 t dan total momen 3.633, 50 tm. Faktor keamanan terhadap stabilitas gaya geser sebesar 1,42 lebih besar dari faktor keamanan ketinggian geser 1,2 m. Pada pondasi diperoleh besarnya eksentrisitas $e = 2,12$ dengan tegangan vertikal maksimum $49,41$ t/m² lebih kecil dari daya dukung pondasi tanah 60 t/m². Bangunan Sabo Dam Kali Woro menggunakan $S_A = 0,3534$ (luas permukaan blok beton), bangunan pengikat dasar di hilir dengan jumlah blok beton 24×83 buah dan berdasar analisis bangunan aman terhadap gerusan lokal. Melihat hasil analisis disarankan pemeliharaan rutin dan rehabilitasi Sabo Dam yang rusak agar fungsi dari bangunan tidak terganggu dan tidak terjadi kerusakan yang lebih parah karena sedimen yang akan mengalir dari Gunung Merapi melalui Kali Woro masih berjumlah besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Purwanto., 2008. *Perencanaan Bangunan Penangkap Air Embung Kali Duren Di Dusun Plarangan Desa Purwoharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo*, (Tidak Dipublikasikan), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UKRIM, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo, *Hidraulika 1*, Penerbit Beta Offset. Yogyakarta.
- Haryono, dkk, 1988, *Laporan Penelitian Local Scouring Protection and Crown Protection*, TA 1997/1998, Dep. PU, Ditjen Pengairan, Yogyakarta.
- Jhon S, Scot, *Kamus Lengkap Teknik Sipil*, Edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Majalah Wahana Teknik, Vol 2, No 1 April 2000, Vol 3, No 2 Agustus 2001, Vol 6, No 3 Desember 2004, Penerbit Jurnal Keteknikan Antar Perguruan Tinggi Swasta Daerah Yogyakarta.
- Soeryono, dkk, 2002, *Laporan Akhir Penelitian Gerusan Lokal di Hilir Bangunan Penahan Sedimen dan Cara Pengamanannya – Studi kasus di*

- Daerah Merapi*, Dep. Kimpraswil, Puslitbang SDA-Balai Sabo, Yogyakarta.
- Rahardjo, S.E., 2006, *Tinjauan Tegangan Lekat dan Panjang Penyaluran BJTP pada Beton Serat Kaca*, Buku Skripsi (Tidak Dipublikasikan), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UKRIM, Yogyakarta.
- Yachiyo Engineering co ltd, 2007, *Consulting Services For Urgent Disaster Redection Project For Mt Merapi, Progo River Basin (ID-524)*, Directorate General Of Water Resources Ministry Of Public Works Republic Of Indonesia.
- Ministry Of Public Works Sabo Technical Centre Republic Indonesia, 1994, *Proceedings Of The Third Seminar On Sabo Engineering*, Japan International Cooperation Agency.