

## Evaluasi kinerja dan pengambilan keputusan pemeliharaan rangkaian sabodam tahun 2023 di Kali Bebeng, Jawa Tengah

Ira Firdayanti<sup>1,\*</sup>, Adam Pamudji Rahardjo<sup>1</sup>, Jati Iswardoyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Balai Teknik Sabo, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Keywords:

Sabodam  
Erupsi Merapi  
Inspeksi

### Corresponding Author:

Ira Firdayanti  
[irafirdayanti@mail.ugm.ac.id](mailto:irafirdayanti@mail.ugm.ac.id)\*

### Abstract

After the 2010 Merapi eruption, there are still volcanic material deposits of around 70 m<sup>3</sup> which have accumulated on the southern and western slopes, which have the potential for lava floods in the following years and cause high damage to water structures. It is known that 77 sabo dams built in rivers at Mount Merapi were damaged and were swept away by the lava flow (BBWS Serayu-Opak, 2011). Even though several damaged sabodams have been rebuilt, floods that cause damage still occur. Simultaneously with the increase in the current status of Mount Merapi to Level III Alert and monitoring of eruption activity with the potential for cold lava in the Bebeng river, research is needed that identifies and evaluates the current condition of these buildings so that appropriate maintenance decisions can be made. Field surveys and scoring are carried out through visual observations of sabodam, analysis of sabodam is based on the Sabodam Operation and Maintenance Guidelines (SE Ministry of PUPR no. 3 of 2019). As the results, there are 3 sabodams in the heavily damaged category, including BE-D4, BE-RD1A, and BE-D10. Broken subdams in the Bebeng River can generally be caused by 2 things, namely damage caused by the slope of the river bed which is still high about 11% and then there's no structure to reduce falling material in the last sub dam which can erode the surrounding land to to the subdam foundation and the existence of mining activities near the building.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Pendahuluan

Erupsi besar Gunung Merapi yang terjadi pada tahun 2010 mengeluarkan material vulkanik dalam jumlah yang besar. Sepanjang sejarah aktivitas Merapi baru, erupsi eksplosif terbesar terjadi pada tahun 1872 dan 2010 dengan skala 4 VEI (BNPB, 2018). Terdapat sekitar 140 juta m<sup>3</sup> material yang dihasilkan dari erupsi tersebut meliputi batu berukuran besar hingga pasir. Material vulkanis tersebut tersebar dan mengendap ke sungai-sungai utama yang berhulu di Gunung Merapi. Tentunya, hal tersebut menimbulkan aliran debris yang mengalir ke hilir dalam konsentrasi tinggi menyebabkan daya rusak tinggi saat musim hujan. Oleh

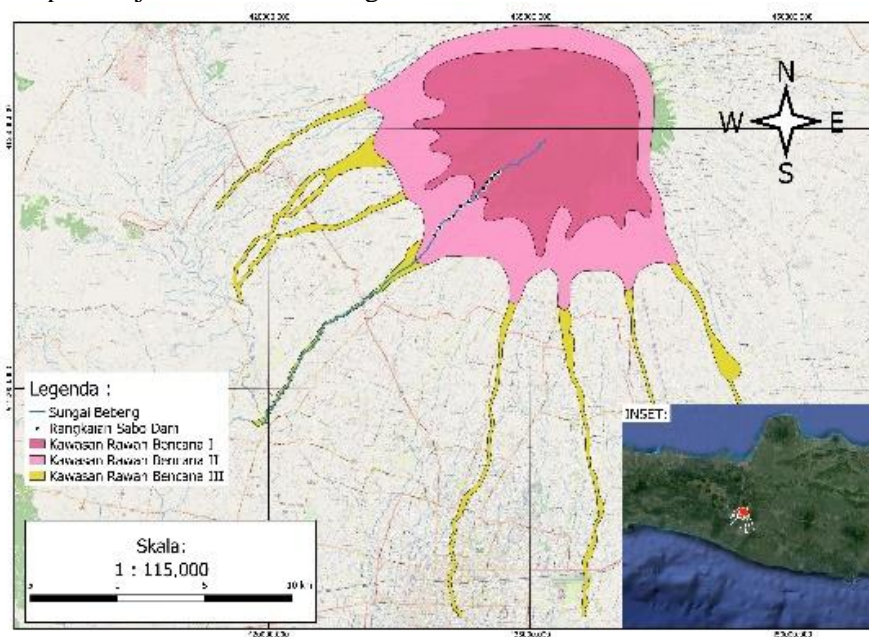
karena itu, pasca erupsi 2010, terjadi banyak kerusakan pada beberapa bangunan air sehingga aliran debris mengenai obyek-obyek vital di hilir sungai sehingga menimbulkan kerugian material hingga korban jiwa.

Di sepanjang sungai-sungai di lereng Gunung Merapi telah dibangun puluhan bangunan dam sabo, dam konsolidasi/*groundsill*, dam kantong pasir, serta bangunan-bangunan pelindung tebing. Dam sabo merupakan bangunan air yang dibangun melintang sungai dan berfungsi untuk mengendalikan aliran debris dengan cara menahan material serta meloloskan air ke hilir. Namun, pasca erupsi Merapi 2010 diketahui terdapat 77 unit dam sabo yang

terbangun di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi mengalami kerusakan hingga hanyut terbawa aliran lahar (Balai Besar Wilayah Sungai Serayu – Opak, 2011). Sebagian besar dugaan penyebab keruntuhan dan hanyutnya dam sabo disebabkan oleh pondasi yang dibangun dengan konsep pondasi mengambang tidak mengikat ke dalam lapisan tanah keras yang menyebabkan terjadi *local scouring*.

Besarnya material vulkanik yang mengendap pada daerah di sekitar lereng-lereng Gunung Merapi memiliki potensi terjadinya banjir lahar pada tahun-tahun berikutnya. Berdasarkan BNPB, pasca erupsi 2010 diketahui masih terdapat sisa endapan material vulkanik khususnya sekitar 70 m<sup>3</sup> material menumpuk di lereng bagian selatan dan barat yang berpotensi terjadinya banjir lahar. Meskipun beberapa bangunan yang rusak telah dibangun kembali, namun kejadian-kejadian banjir yang mengakibatkan kerusakan masih terjadi yang disebabkan oleh banjir bandang khususnya pada musim hujan. Menurut Iswardoyo (2011), kerusakan bangunan sabodam yang terjadi adalah *scouring*. Selain itu, adanya peningkatan status Gunung Merapi menjadi Level III Siaga

menimbulkan erupsi material yang berdasarkan BPPTKG kondisi ini akan berpotensi lahar dingin di sungai Bebeng. Kejadian banjir lahar dingin yang terjadi begitu cepat pada akhir tahun 2021 pada aliran sungai Kali Bebeng menyebabkan satu unit truk penambang pasir hanyut terbawa aliran hingga menimbulkan korban jiwa. Aktivitas vulkanis pada tanggal 13 Maret 2023 yang mengarah ke barat daya yaitu Kali Bebeng dan Kali Krasak yang telah terjadi sebanyak 41 kali awan panas guguran Merapi memberikan ancaman bahaya lahar di aliran sungai dan menjadi erupsi terbesar kedua setelah 27 Januari 2021. Berdasarkan permasalahan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi fisik serta kelayakan fungsinya dalam mereduksi kecepatan pada rangkaian bangunan sabodam di Kali Bebeng saat ini. Lokasi penelitian yang dipilih merupakan rangkaian sabodam sebanyak 13 sabodam di sepanjang Sungai Bebeng yang secara administratif terletak di perbatasan Kabupaten Sleman dan Kabupaten Magelang, tepatnya di barat daya lereng Merapi seperti yang tersaji pada Gambar 1.

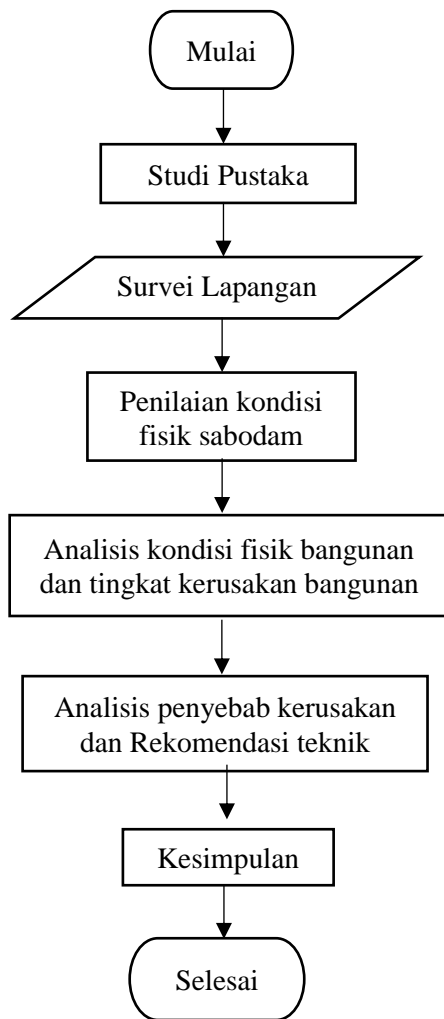


Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth, 2023)

**Metode**

**Prosedur Penelitian**

Untuk mengetahui kinerja dan kondisi fisik rangkaian sabodam di Kali Bebeng dilakukan dengan menilai secara langsung kondisi fisik bangunan yang kemudian akan dianalisis dengan mengacu pada Pedoman Inspeksi Sabodam. Secara rinci prosedur penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

**Batasan Masalah**

Pada penelitian ini, penting bagi penulis untuk dapat merumuskan dengan jelas batasan-batasan yang dapat mengarahkan menuju lingkup serta fokus dari penelitian

ini agar lebih mendalam dan terarah. Sehingga batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada rangkaian sabodam di Sungai Bebeng
2. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan visual kondisi bangunan
3. Analisis kondisi dan tingkat kerusakan bangunan berdasarkan Pedoman Inspeksi Sabodam 2019

**Metode Analisis**

1. Penilaian kondisi fisik bangunan  
 Penilaian kondisi bangunan dengan cara pengamatan visual dilakukan menggunakan formulir inspeksi yang ditentukan oleh Pedoman Inspeksi Sabodam dengan penilaian kondisi bangunan direpresentasikan dengan poin 1 – 5 yang secara detail tersaji pada Gambar 3.3, dengan Nilai 1 adalah sebagian besar komponen bangunan mengalami kerusakan, dianggap bangunan sangat rawan runtuh, dan harus segera diperbaiki, nilai 2 adalah sebagian besar komponen bangunan mengalami kerusakan, dianggap bangunan mudah runtuh, harus diperbaiki, nilai 3 adalah beberapa bagian pada komponen bangunan mengalami kerusakan yang cenderung berkembang, dianggap bangunan rawan runtuh, dan perlu segera diperbaiki, nilai 4 adalah beberapa bagian pada komponen bangunan mengalami kerusakan cenderung tidak berkembang, dianggap bangunan tidak rawan runtuh namun perlu diperbaiki, dan nilai 5 adalah tidak terjadi kerusakan.

2. Tingkat kerusakan bangunan  
 Data yang digunakan dalam analisis ini ialah data formulir penilaian inspeksi sabodam yang telah diperoleh saat survei lapangan

kemudian dilakukan analisis menggunakan Pers. (1).

$$\text{Kondisi bangunan (\%)} = \frac{A}{D} \times \frac{1}{\frac{C}{D}} \quad (1)$$

Di mana A adalah total skor hasil inspeksi, B adalah total item kondisi bangunan, C adalah total skor terbesar = 5 x (B), dan D adalah total skor seluruh item.

$$\text{Kerusakan bangunan (\%)} = 100\% - \text{kondisi bangunan (\%)} \quad (2)$$

Kategori kerusakan bangunan selanjutnya akan digunakan pada proses penentuan pemilihan jenis pemeliharaan yang tepat pada suatu bangunan. Sedangkan kategori kerusakan dapat ditentukan berdasarkan tingkat kerusakan yang telah dihitung dengan Persamaan 2. Berikut adalah klasifikasi kategori kerusakan berdasarkan Pedoman OP Sabodam 2019.

Tabel 1. Kategori Kerusakan Sabodam (Kementrian PUPR,2019)

Tingkat Kerusakan (%)	Kategori Kerusakan
< 10 %	Baik
10% - 20%	Rusak ringan
21% - 40%	Rusak sedang
41% - 60%	Rusak berat
>60%	Runtuh

### 3. Pemeliharaan Bangunan

Pemeliharaan pada bangunan sabodam ditujukan untuk mempertahankan kinerja sabodam agar mampu berfungsi sesuai dengan perencanaan awal. Terdapat tiga jenis kegiatan pemeliharaan yang ditentukan berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi pada bangunan tersebut. Pemeliharaan sabodam ditentukan berdasarkan tingkat

kerusakan yang terjadi pada bangunan tersebut. Tabel penentuan jenis pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Pemeliharaan Sabodam (Kementrian PUPR, 2019)

Tingkat Kerusakan (%)	Pemeliharaan
< 10%	Pemeliharaan preventif
10%-40%	Pemeliharaan korektif
> 40%	Pemeliharaan rehabilitatif

### Pembahasan

#### Kondisi Sabodam

Kondisi dan kerusakan yang terjadi pada sabodam di Sungai Bebeng diketahui dengan melakukan analisis terhadap data hasil pengamatan dan penilaian setiap bagian bangunan yang selanjutnya menjadi input awal untuk Pers. (1) dan Pers. (2). Dari hasil analisis diketahui bahwa sebagian besar sabodam yang berada di Sungai Bebeng mengalami kerusakan. Pada rangkaian sabodam di Kali Bebeng, bangunan masih dapat berfungsi seperti yang direncanakan namun berpotensi tidak dapat bekerja optimal saat terjadi hujan, hal ini dikarenakan sebagian besar permasalahan terjadi akibat kurangnya pemeliharaan sabodam diantara tumbuhnya vegetasi di ruas sungai hulu dan hilir hingga di mercu pelimpah memiliki potensi aliran tidak dapat mengalir ke hilir dan material sedimen tertahan di hulu. Tumbuhnya gebalan rumput tersebut dapat disebabkan oleh endapan sedimen maupun adanya retakan pada bangunan tersebut sehingga tumbuhan tersebut akan mengisi setiap celah dari retakan-retakan tersebut.

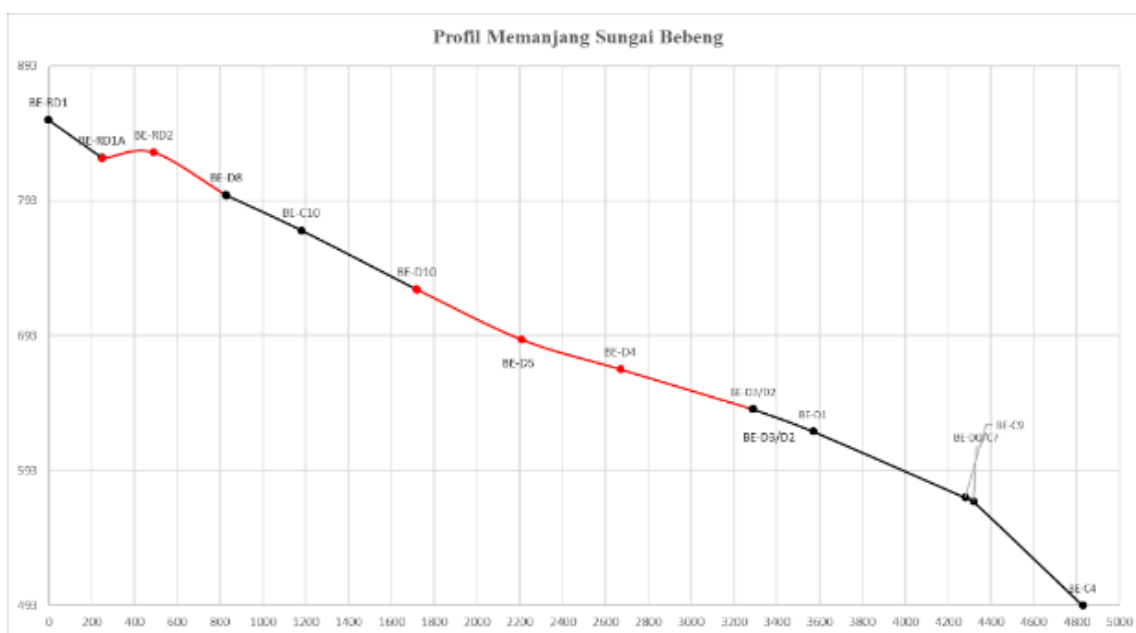
Secara umum, tingkat kerusakan rangkaian sabodam Sungai Bebeng berkisar 10% – 40% yaitu dengan pemeliharaan korektif. Kegiatan setiap pemeliharaan lebih detail akan ditentukan berdasarkan jenis bangunan, lokasi kerusakan, dan kemungkinan penyebab kerusakannya. Secara detail, kondisi bangunan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi Bangunan dan Rekomendasi Pemeliharaan Sabodam di Sungai Bebeng

Kode Bangunan	Kondisi Bangunan	Tingkat Kerusakan	Kategori Kerusakan	Jenis Pemeliharaan
BE-C4	91.67%	8.33%	Baik	Preventif
BE-D0	86.15%	13.85%	Rusak Ringan	Korektif
BE-C9	86.96%	13.04%	Rusak Ringan	Preventif
BE-D1	88.00%	12.00%	Rusak Ringan	Korektif
BE-D3/D2	68.46%	31.54%	Rusak Sedang	Korektif
BE-D4	63.20%	36.80%	Rusak Sedang	Korektif
BE-D5	55.20%	44.80%	Rusak Berat	Rehabilitatif
BE-D10	59.20%	40.80%	Rusak Berat	Rehabilitatif
BE-C10	86.09%	13.91%	Rusak Ringan	Korektif
BE-D8	85.93%	14.07%	Rusak Ringan	Korektif
BE-RD2	60.00%	40.00%	Rusak Sedang	Korektif
BE-RD1A	58.26%	41.74%	Rusak Berat	Rehabilitatif
BE-RD1	77.39%	22.61%	Rusak Sedang	Korektif

Profil memanjang lokasi setiap bangunan dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, bangunan yang mengalami kerusakan berupa patah subdam dan

bangunan dengan kategori rusak berat tergambar dengan warna merah dan selanjutnya akan dibahas lebih detail mengenai kerusakan dan penyebabnya.



Gambar 3. Profil Memanjang Sungai Bebeng

### Kerusakan pada Sabodam

Banjir lahar yang terjadi di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi merupakan banjir bandang yang disebabkan oleh material vulkanik yang menumpuk. Berdasarkan BNPB (2016), banjir bandang adalah banjir besar yang dapat menghanyutkan material seperti air, tanah,

batu, pasir, lumpur, dan kayu dalam jumlah yang besar ke dataran yang lebih rendah dan mampu merusak wilayah di sekitarnya dalam waktu singkat. Pada umumnya, banjir bandang terjadi akibat hujan yang sangat deras. V Say, dkk (2021) menyatakan fenomena banjir bandang biasanya terjadi di daerah pengunungan yang curam, daerah

tangkapan kecil, dan sedimentasi. Sedangkan menurut *National Weather Service Philadelphia* (2009), banjir bandang ditandai dengan waktu terjadinya yang begitu cepat sehingga tidak ada waktu yang cukup untuk evakuasi. Aliran debris yang terjadi begitu cepat dengan kecepatan yang tinggi akan membawa material sedimen yang sebagian akan mengendap di hulu sabodam, sedangkan sisanya akan mengalir bersama dengan aliran air. Pada kondisi ini aliran debris memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan dengan aliran air saja, sehingga aliran debris akan memberikan daya rusak yang tinggi. Material yang melewati mercu pelimpah menyebabkan gesekan sehingga permukaan beton pelimpah mengelupas, sedangkan terjangan aliran dapat menyebabkan gerusan dibagian hilir pondasi bangunan dan apron. Selain itu, menurut Sukatja dan Alfianto (2017) endapan sedimen yang mengendap di hulu bangunan akan membentuk tumpukan di tengah saluran, sehingga saat terjadi aliran berikutnya, aliran akan langsung melewati pelimpah dan bergerak menuju sayap sabodam hingga mengenai tanggul bagian hilir dan menggerus kaki tanggul. Apabila hal ini terjadi secara terus-menerus, maka bangunan sabodam beresiko runtuh.

### 1. Sabodam BE-RD1A

Pada sabodam BE-RD1A pada Gambar 4 terdapat penumpukan sedimen dan semak belukar menutupi pelimpah, sehingga permukaan pelimpah tidak terlihat. Meskipun demikian, karena sebagian semak belukar tumbuh diatas tumpukan material sedimen di atas pelimpah, apabila terjadi banjir bandang alirannya akan menyapu sedimen dan vegetasi liar. Selain itu, adanya retakan dan abrasi di mercu pelimpah juga kemungkinan akibat hantaman dari material sedimen yang akhirnya mengendap pada mercu pelimpah.



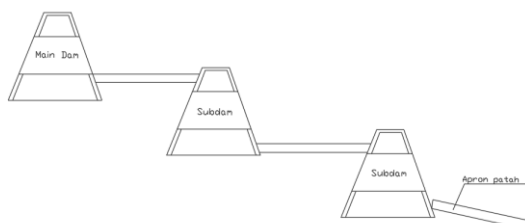
Gambar 4. Penumpukan Sedimen dan Vegetasi di Pelimpah

Subdam runtuh BE-RD1A berada pada posisi kedua teratas dari hulu dengan jarak antar sabodam sekitar 250 m dan memiliki kemiringan dasar 11%. Menurut Cahyono (2000), daerah dengan kemiringan >6% merupakan daerah produksi sedimen dengan tipe aliran debris sehingga kecepatan aliran dan tenaga gerusan akan besar. Aliran yang terjadi secara terus menerus merupakan salah satu penyebab terjadinya gerusan lokal. Gerusan lokal yang terjadi secara alami akan berlangsung lama (Kironoto, 2023). Huali, dkk (2013) menyatakan kemampuan aliran dalam mengerosi dasar sungai bergantung pada fungsi debit per satuan lebar, tingkat aliran di hulu dan hilir, serta ketahanan bangunan akibat tumbukan aliran akan bergantung pada komposisi material dasar yang tererosi. Patahnya subdam dapat disebabkan oleh kondisi kemiringan dasar sungai yang curam ditambah dengan kecepatan aliran saat terjadi banjir lahar dalam skala besar dapat memberikan *impact* yang lebih besar terhadap bangunan subdam seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Keruntuhan Subdam BE-RD1A

Kerusakan sabodam dalam tampak memanjang dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Potongan Memanjang Sabodam BE-RD1A

## 2. Sabodam BE-RD2

Kerusakan pada sabodan BE-RD2 adalah selimut beton pada tubuh subdam terkelupas. Hal ini dimungkinkan terjadi akibat adanya retakan yang ditandai dengan tumbuhnya tanaman liar pada tubuh subdam. Keberadaan vegetasi liar pada bangunan mengindikasikan retakan dan adanya celah pada beton. Bangunan BE-RD2 yang berada pada hulu sungai dengan kemiringan yang tinggi yaitu 11% menimbulkan kecepatan aliran yang masih tinggi sehingga hantaman material terhadap bangunan akan memberikan

*impact* yang besar juga. Akibat aliran secara terus menerus menggerus dasar, akhirnya akan mengerosi fondasi subdam dan material sedimen akan mengikis selimut beton lebih dalam. Dengan demikian subdam menjadi tidak stabil dan pelimpah subdam berpotensi patah seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Kerusakan Tubuh Subdam BE-RD2

Kerusakan sabodam dalam tampak memanjang dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 8 berikut.



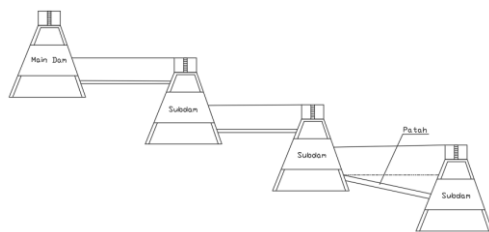
Gambar 8 Profil Memanjang Sabodam BE-RD2

Berdasarkan kondisi tersebut, maka rekomendasi perbaikan yang dilakukan dapat berupa Melakukan perbaikan berupa rekonstruksi. Pembuatan sub-sub sabodam (seri subdam) di hilirnya pada jarak dan ketinggian mercu tertentu.

### 3. Sabodam BE-D10

Subdam BE-D10 patah yang mungkin disebabkan oleh tumbukan aliran terhadap apron subdam dan kondisi struktur yang terlebih dahulu tidak stabil. Mengacu pada profil penampang sungai sabodam BE-D10 yang berada pada kemiringan 5% merupakan daerah transportasi sedimen sehingga material-material berukuran sedang masih ditemui.

Kerusakan sabodam dalam tampak memanjang dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Potongan Memanjang Sabodam BE-D10

### 4. Sabodam BE-D5

Berdasarkan hasil inspeksi oleh PT Ika Adya Perkasa KSO CV Intishar Karya menetapkan sabodam BE-D5 sebagai prioritas pertama keputusan pemeliharaan tahun 2022 dengan kerusakan skor 2 pada subdam. Selain itu, berdasarkan pengamatan di lapangan, ditemukan potongan bangunan di hilir sabodam. Adanya aktivitas penambangan pasir galian C baik hulu maupun hilir sabodam BE-D5 memungkinkan terjadinya degradasi di hilir sabodam BE-D5 sehingga pondasi subdam menggantung, menimbulkan *piping* hingga tergerus. Disamping itu, sabodam BE-D5 adalah zona produksi

sedimen dengan kemiringan 8% sehingga alirannya akan memberikan *impact* yang besar terhadap bangunan diantaranya adalah menimbulkan kerusakan pada subdam seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Potongan Bangunan di Subdam BE-D5

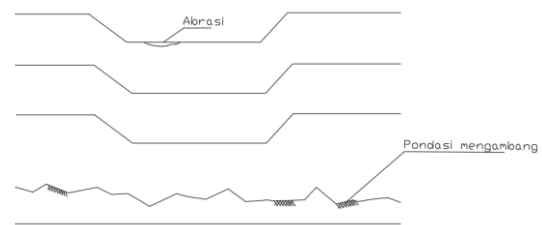
### 5. Sabodam BE-D4

Selimut beton terkelupas hingga ke tubuh utama dam sisi hulu. Sabodam BE-D4 memiliki kemiringan 5% sebagai zona transportasi sedimen yang ditandai dengan keberadaan batuan berukuran sedang yang tersebar disekitar sabodam. Benturan material dengan kecepatan tinggi memberikan *impact force* yang besar juga menyebabkan material inti bangunan rusak. Sementara kubangan air tepat di depan bangunan pada dasarnya pada sisi hulu *main dam* dipenuhi oleh endapan sedimen halus hingga batuan berukuran sedang. Dengan melihat kondisi disekitar hulu sabodam, keberadaan kubangan mungkin dapat diakibatkan bahwa pernah dilakukan pengerukan endapan tepat di tubuh *main dam* sisi hulu seperti pada Gambar 11 dapat meningkatkan resiko kerusakan pada sabodam dan peluang bencana meningkat.



Gambar 11. Tubuh Main Dam sisi hulu

Selain itu, bangunan utama mengalami abrasi hingga membentuk cekungan, pada beberapa bagian terjadi retakan, dan terdapat material sedimen yang mengendap pada mercu pelimpah. Endapan material sedimen berupa pasir, gravel dan batu bongkah yang terbawa akibat aliran debris seringkali mengendap pada bagian hulu sabodam. Apabila terjadi aliran debris berikutnya, aliran akan langsung mengalir melalui pelimpah. Saat frekuensi kejadian banjir lahar tinggi, material yang dibawa oleh aliran memiliki daya rusak tinggi. Adanya gesekan yang ditimbulkan oleh air yang membawa material sedimen dengan permukaan mercu dam yang berlangsung secara terus menerus menyebabkan tergerusnya sebagian volume permukaan beton hingga dapat meruntuhkan sabodam. Variasi ukuran material yang terangkut oleh air juga akan memberikan pengaruh yang berbeda pada kerusakan sabodam. Penanggulangan kerusakan sabodam akibat abrasi pada pelimpah sabodam di wilayah Gunung Merapi dilakukan dengan penggunaan lapisan beton kualitas tinggi dengan campuran bahan lainnya sebagai perkuatan untuk permukaan pelimpah seperti campuran beton dengan serat baja, campuran beton *fero-con*, *master-plate*, *non-shrink*, *ambil-top*, *epoxy-plate* (Sukatja dan Alfianto, 2017).



Gambar 12 Tampak Depan Sabodam BE-D4

Pembangunan sabodam di wilayah hulu sungai sebagai mitigasi dalam mencegah gerusan lokal pada kaki tebing oleh aliran lahar dan tenaga gerusan yang beresiko terjadinya longsoran tebing sungai (Iswardoyo dan Alfianto, 2019). Sementara itu, menurut Puslitbang Sumber Daya Air (2014) menjelaskan kronologi keruntuhan sabodam pasca erupsi Gunung Merapi 2010 terjadi akibat penumpukan lahar di tengah sabodam menyebabkan aliran lahar berikutnya akan mengisi bagian tepi hingga menggerus tebing sungai. Hal tersebut sejalan dengan kondisi tebing sungai di hilir subdam BE-D4 yang beresiko mengalami kelongsoran. Keberadaan excavator dan beberapa truk di hilir sabodam mengindikasikan bahwa tergerusnya kaki tebing sungai disebabkan oleh adanya aktivitas penambangan pasir di hilir subdam BE-D4 yang tidak sesuai dengan pedoman yaitu jarak minimal penambangan seharusnya 5 m dari kaki tanggul. Menurut

Herlina L, dkk (2013) suplai sedimen tidak hanya berasal dari aktivitas erupsi Gunung Merapi, adanya erosi dasar sungai, longsor pada tebing sungai maupun erosi lereng bukit menambah pasokan sedimen di alur sungai hingga mengubah topologi permukaan lereng di sekitar sungai. Pada bagian hilir sabodam BE-D4 pada Gambar 4.15 terlihat penambangan dilakukan hingga ke tebing sungai. Berdasarkan Kementerian PUPR (2019) bahwa penambangan tidak boleh dilakukan di kaki tanggul karena beresiko mengalami kelongsoran.

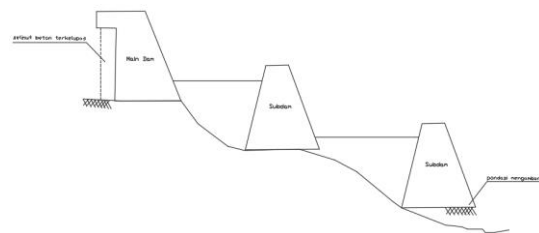


Gambar 13 Hilir Bangunan BE-D4 yang Berpotensi Longsor

Keberadaan aktivitas penambangan pasir galian C di hilir subdam BE-D4 menjadi menyebabkan degradasi hingga pondasi subdam BE-D4 mengambang. Selanjutnya kondisi ini akan menjadikan subdam tidak stabil. Selain itu, sebagai zona transport sedimen keberadaan batuan ukuran sedang tentunya akan memberikan benturan yang cukup besar sehingga kerusakan akan terus berkembang khususnya saat musim hujan dan berpeluang mengalami keruntuhan saat musim hujan. Kerusakan pada subdam dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14 Kerusakan Subdam BE-D4



Gambar 15 Profil Memanjang Sabodam BE-D4

Berdasarkan deskripsi kerusakan diatas, rekomendasi pemeliharaan yang dapat dilakukan secara umum untuk mempertahankan dan mengembalikan fungsi sabodam sesuai rencana dapat berupa membangun pondasi baru pada subdam, melakukan *grouting* beton pada bagian tubuh bangunan yang terkelupas, menambah sub-subdam dan apron yang akan menjadi satu kesatuan dengan subdam eksisting untuk mengurangi beda elevasi yang tinggi sehingga dapat meminimalisir benturan material yang besar, serta menghindari penambangan dengan jarak yang terlalu dekat dengan sabodam.

## Kesimpulan

Berikut adalah beberapa poin yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini.

1. Secara umum bangunan sabodam perlu dilakukan pemeliharaan secara rutin sesuai dengan pedoman.
2. Terdapat 3 sabodam dalam kategori rusak berat diantaranya BE-D5, BE-RD1A, dan BE-D10. Kerusakan pada sabodam tersebut berupa patahnya apron subdam sehingga memerlukan tindakan rehabilitatif berupa pembangunan kembali bagian subdam yang patah.
3. Selain itu, kerusakan berat serta patahnya subdam di Sungai Bebeng secara umum dapat disebabkan oleh 2 hal, yaitu kemiringan dasar sungai yang masih curam, tidak adanya bangunan yang berfungsi untuk meredam jatuhnya material pada subdam terakhir yang dapat mengerosi tanah sekitarnya hingga ke pondasi subdam, dan aktivitas penambangan di sekitar bangunan.

## Saran

Setelah penelitian ini dilakukan, terdapat beberapa saran sebagai solusi yang dapat memperkaya pembahasan dalam proses analisis sehingga akan memberikan penilaian yang komprehensif. Dengan demikian dapat memberikan kontribusi positif terhadap kegiatan pemeliharaan sabodam.

1. Analisis terhadap kelengkapan/sarana pendukung bangunan sabodam maupun kondisi tumbuhan sebaiknya dilakukan secara terpisah dengan analisis penilaian kondisi bangunan,
2. Perlunya penertiban dan peninjauan ulang dalam penentuan jarak aman penambangan pasir galian C,
3. Pembersihan tumbuhan liar khususnya yang berada pada bangunan pelimpah dan tubuh bangunan utama,
4. Membuat peredam di hilir subdam untuk menahan tumbukan material yang dapat mengerosi dasar sungai,
5. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai gerusan lokal yang terjadi pada rangkaian sabodam di Sungai Bebeng.

## Daftar Pustaka

- BNPB. 2018. Buku Data Bencana Indonesia. Jakarta.
- Cahyono, J., 2000. Pengantar Teknologi Sabo. s.l.:Yayasan Sabo Indonesia.
- Huali et al., 2013. Study on The Ultimate Depth of Scour Pit Downstream of Debris Flow Sabo Dam Based on The Energy Method. *Engineering Geology* 160 (2013) 103-109
- Herlina L, Kurniyaningrum E. 2013. Analisis Stabilitas Bangunan Pengendali Sedimen (Sabodam) Berdasarkan Morfologi Sungai di Sungai Warmake, Kabupaten Manokwari. *Jurnal Sipil*, 13 (1). pp. 1-8. ISSN 1411-9064.
- Iwardoyo, J., 2011. Evaluasi Kinerja sabo dam pasca erupsi merapi 2010 studi kasus hulu boyong (BO-D7 dan BO-D4), ISBN 97-602-98759-0-4
- Kementrian PUPR, 2019. Pedoman OP Sabodam, dalam "SE No. 3 Kementrian PUPR". Jakarta.
- Kementrian PUPR. 2017. Perbaikan sabo dam Merapi, <https://pu.go.id/berita/ditjen-sda-terus-lakukan-perbaikan-sabo-dam-merapi>
- Kironoto, B.A. 2023. Materi Kuliah Hidrodinamika Sungai, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service. 2009. Glossary, <https://w1.weather.gov/glossary/>
- Say, V., Legono, D., Rahardjo, A. P., & Yuniawan, R. A. (2021). Flash flood Characteristics of Ciberang River, Its Impact and Mitigation. *IOP conference series: Earth and Environmental Science*, 930(1). Doi:10.1088/1755-1315/930/1/012085
- Sukatja, C., Alfianto, A. (2017). Revitalisasi Sabo Dam sebagai Pengendali Aliran Lahar (Studi Kasus di Daerah Gunungapi Merapi). *Jurnal Teknik Hidraulik*.