

## IDENTIFIKASI POTENSI KERUSAKAN PADA BOTTOM OUTLET BENDUNGAN PASELLORENG

**Rini S Harun<sup>1</sup>, Zaky Fhanisworo<sup>2</sup>, Anshar<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Balai Besar Wilayah Sungai

Email: riniharun36@yahoo.com

### **Abstrak**

*Bendungan Paselloreng yang terletak di Kabupaten Wajo Provinsi Sulawesi Selatan di impuonding pada tanggal 01 maret 2021 adalah bangunan sebagai pengendali banjir dan bangunan penyimpan air pada saat musim kering. Bendungan yang didesain dengan fasilitas bottom outlet. Salah satu permasalahan yang dijumpai di lapangan yaitu terkait bottom outlet. Saat pembahasan persiapan pengisian awal waduk, hasil sidang Pleno KKB (Komisi Keamanan Bendungan) merekomendasikan agar bendungan dilengkapi dengan fasilitas bottom outlet yang dibangun pada terowongan pengelak untuk mengantisipasi potensi-potensi rembesan, retakan dan penurunan. Kemudian setelah bendungan sudah beroperasi, bottom outlet direncanakan dapat difungsikan sebagai bangunan pengeluaran tambahan, pembilasan sedimen dan emergency outlet. Namun, hingga saat ini bottom outlet belum dapat difungsikan dengan optimal dikarenakan rumah bottom outlet belum selesai dibangun serta beberapa permasalahan lain. Permasalahan yang terjadi pada operasi bottom outlet umumnya disebabkan oleh kondisi aliran dengan kecepatan yang tinggi, seperti erosi, kerusakan akibat getaran, kavitasi dan disipasi energi yang kurang memadai*

**Kata kunci :** Bottom Outlet, disipasi energi, Kavitasi

### **Abstract**

*The Paselloreng Dam, which is located in Wajo Regency, South Sulawesi Province, in Impuonding on March 1, 2021, is a building as a flood control and water storage building during the dry season. Dam designed with bottom outlet facility. One of the problems encountered in the field is related to the bottom outlet. When discussing the preparation for the initial filling of the reservoir, the results of the Plenary Session of the KKB (Dam Safety Commission) recommended that the dam be equipped with a bottom outlet facility built in the evasion tunnel to anticipate the potential for seepage, cracks and subsidence. Then after the dam is operational, the bottom outlet is planned to function as an additional discharge building, sediment flushing and emergency outlet. However, until now the bottom outlet has not been able to function optimally because the bottom outlet house has not been completed and several other problems. Problems that occur in bottom outlet operations are generally caused by high-velocity flow conditions, such as erosion, damage due to vibration, cavitation and inadequate energy dissipation*

**Keywords:** Bottom Outlet, Cavitation and energy dissipation

## **PENDAHULAN**

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kegiatan perekonomian, kebutuhan air semakin meningkat, sementara ketersediaan air cenderung tetap bahkan menurun akibat

perubahan tata guna lahan dan perubahan iklim. Sumber daya air harus dikelola dengan memperhatikan aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi untuk mewujudkan sinergi dan keterpaduan antar

wilayah, antar sektor, dan antar generasi guna memenuhi kebutuhan air.

Bendungan Paselloreng yang terletak di Kabupaten Wajo Provinsi Sulawesi Selatan di impounding pada tanggal 01 maret 2021 adalah bangunan sebagai pengendali banjir dan bangunan penyimpanan air pada saat musim kering. Bendungan yang didesain dengan fasilitas bottom outlet dengan Pengelola Bendungan adalah Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang.

Salah satu permasalahan yang dijumpai di lapangan yaitu terkait bottom outlet. Saat pembahasan persiapan pengisian awal waduk, hasil sidang Pleno KKB (Komisi Keamanan Bendungan) merekomendasikan agar bendungan dilengkapi dengan fasilitas bottom outlet yang dibangun pada terowongan pengelak untuk mengantisipasi potensi-potensi rembesan, retakan dan penurunan. Kemudian setelah bendungan sudah beroperasi, bottom outlet direncanakan dapat difungsikan sebagai bangunan pengeluaran tambahan, pembilasan sedimen dan emergency outlet. Namun, hingga saat ini bottom outlet belum dapat difungsikan dengan optimal dikarenakan rumah bottom outlet belum selesai dibangun serta beberapa permasalahan lain.

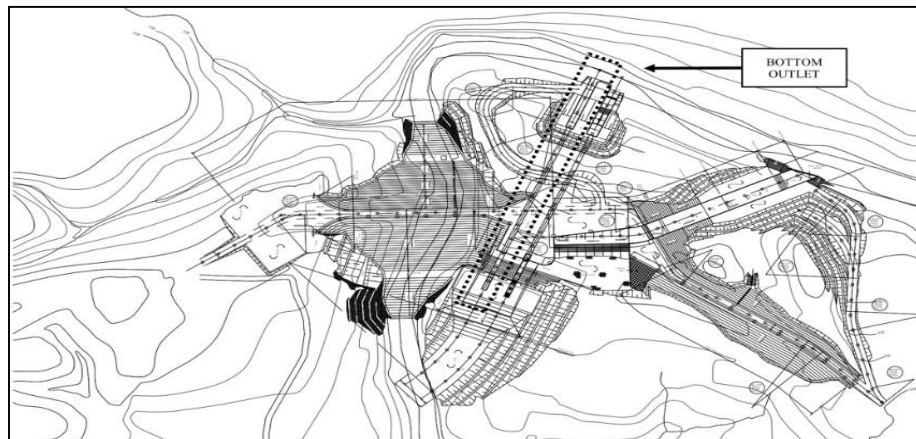
## STUDI KASUS

Bottom outlet merupakan bangunan pengeluaran di elevasi paling dasar dari bendungan yang dapat dipergunakan untuk berbagai tujuan, seperti untuk mengatur pengisian waduk, menurunkan muka air waduk, pengeluaran darurat (emergency outlet) dan pembilasan sedimen (Najafi dkk., 2009). Tidak semua bendungan di Indonesia dilengkapi dengan bottom outlet. Tersedianya bottom outlet pada bendungan disesuaikan dengan masing-masing kebutuhan bendungan.

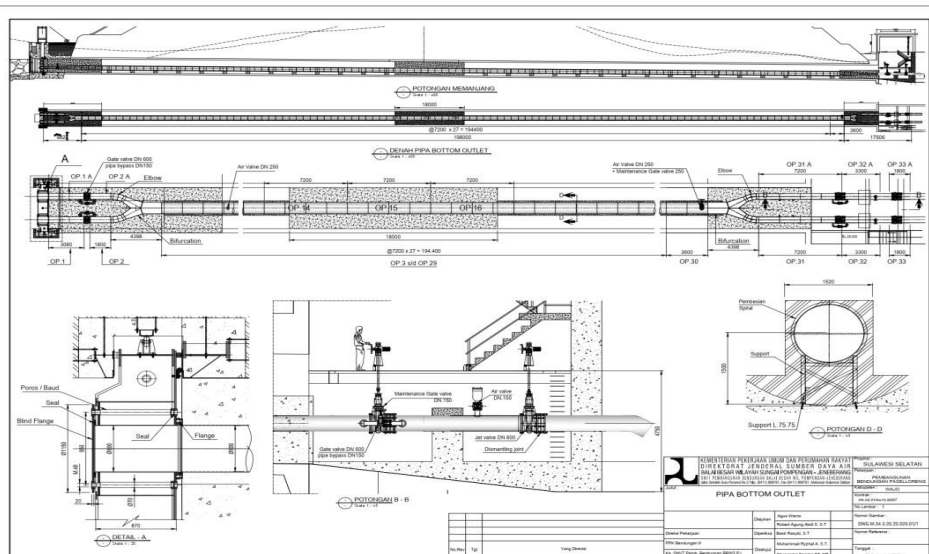
Saat tahap pengisian awal waduk, bottom outlet dapat berfungsi untuk mengontrol laju pengisian. Pengisian pertama (initial impounding) merupakan suatu proses krusial karena untuk pertama kalinya struktur akan diberikan beban sesuai dengan beban rencana. Pengisian air waduk harus dilaksanakan dengan mempertimbangkan stabilitas dan pembebanan terhadap tubuh bendungan dan area sekitar waduk. Dengan adanya bottom outlet, proses pengisian awal waduk dapat dilakukan secara perlahan-lahan dan terkontrol untuk dapat mengamati kestabilan tubuh bendungan (Anubhav dan Nayak, 2015)..

Bottom outlet Bendungan Paselloreng memanfaatkan saluran pengelak berupa conduit yang terletak di dekat dasar waduk dengan memasang pipa dengan diameter pipa utama 1200 mm. Di kedua ujung inlet dan outlet terdapat percabangan menjadi dua pipa dengan

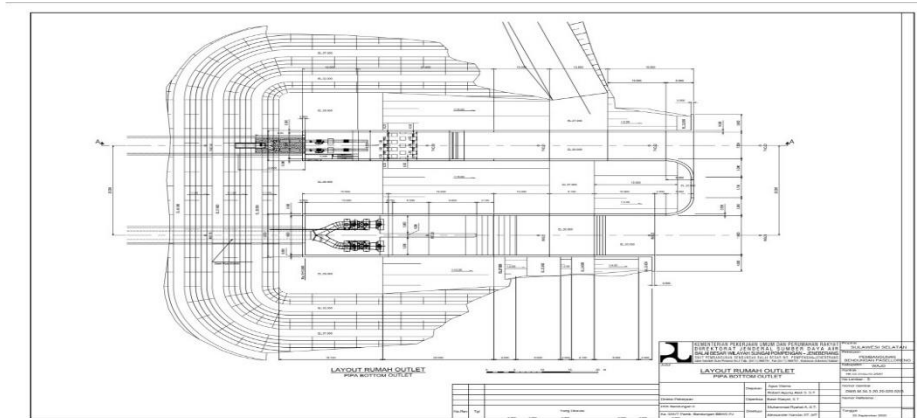
diameter 600 mm. Bottom outlet dapat difungsikan untuk mengosongkan tampungan mati di waduk dengan volume air sekitar  $\pm 15$  juta  $m^3$ . Berikut ditunjukkan pada Gambar 2.9 adalah lokasi bottom outlet terhadap bendungan dan Gambar 2.8 adalah gambar desain bottom outlet.



Gambar 1 Lokasi bottom outlet terhadap bendungan



Gambar 2. Gambar desain rumah bottom outlet



Gambar 3. Gambar desain saluran pengeluaran



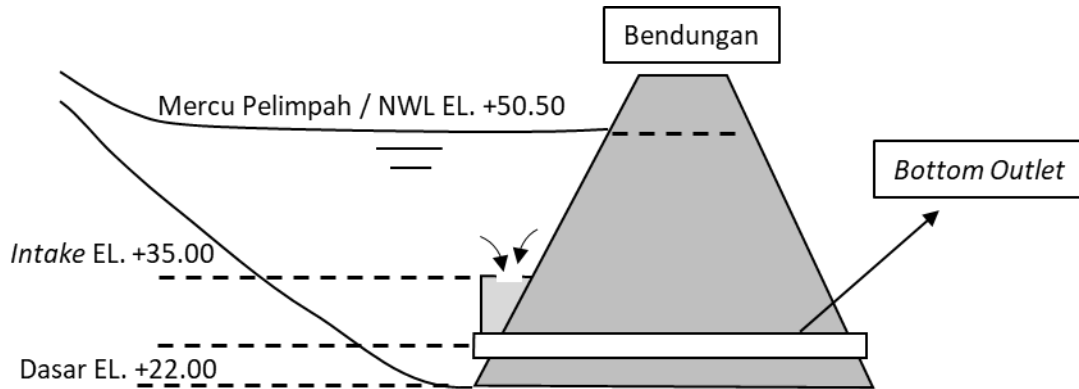
Gambar 4. Foto dokumentasi Bendungan Paselloreng sebelum pengisian waduk



Gambar 5. Foto dokumentasi saluran pengeluaran Bendungan Paselloreng



Gambar 6. Foto dokumentasi pipa bottom outlet



Gambar 7. Skema bottom outlet pada Bendungan Paselloreng

Pipa bottom outlet terbagi menjadi 4 bagian berdasarkan kondisi dan diameter pipa yaitu 600 mm dan 1.200 mm. Data desain bottom outlet ditampilkan pada Tabel.

Tabel 2 Data desain bottom outlet

No	Data Pipa	Satuan	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4
			<i>Embedded Pipe</i>	<i>Embedded Pipe</i>	<i>Embedded Pipe</i>	<i>Exposed Pipe</i>
1	Diameter bersih ( $D_i$ )	cm	60	120	60	60
2	Tebal pipa ( $t_o$ )	cm	1	1	1	1
3	Syarat tahan korosi ( $\epsilon$ )	cm	0,20	0,20	0,20	0,20
4	Tebal bersih ( $t$ )	cm	0,80	0,80	0,80	0,80
5	Diameter luar kotor ( $D_o$ )	cm	62	122	62	62
6	Diameter center ( $D_m$ )	cm	61	121	61	61
7	Diameter dalam bersih ( $D$ )	cm	60	120	60	60
8	Jejari center ( $r_m$ )	cm	30,50	60,50	30,50	30,50
9	Panjang Pipa	m	8,07	201,50	7,18	8,56

## METODE PENELITIAN

Tahap persiapan dimulai dari studi literatur mengenai kegagalan bottom outlet, kejadian kecelakaan terkait dan faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan tersebut. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data primer dan data sekunder dari lokasi magang. Data primer yang dibutuhkan yaitu kondisi

nyata, wawancara dan diskusi dengan pihak terkait yang bertanggung jawab dalam pengoperasian dan pemeliharaan, dokumentasi. Data yang dibutuhkan dalam studi ini antara lain:

1. Data teknis bendungan dan spesifikasi bottom outlet
2. Laporan pelaksanaan pembangunan
3. Laporan rencana pengelolaan
4. Laporan persiapan operasi dan pemeliharaan



Bottom outlet pada Bendungan Paselloreng menjadi salah satu peralatan hidromekanikal yang perlu menjadi perhatian dikarenakan memiliki risiko kerusakan yang perlu diantisipasi. Kerusakan suatu peralatan hidromekanikal pada bendungan menjadi suatu hal yang bisa terjadi kapan saja dan menjadi aspek penting dalam keamanan bendungan. Ketika kerusakan terdeteksi, pendekatan paling umum yang dilakukan adalah melakukan perbaikan, menghilangkan ketidaksesuaian dan meningkatkan keandalan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Permasalahan Bottom Outlet**

Berdasarkan kajian literatur yang dilakukan, beberapa permasalahan yang mungkin terjadi pada bottom outlet di Bendungan Paselloreng antara lain:

- a. Kerusakan pipa akibat tegangan melebihi tegangan ijin material
- b. Kerusakan kavitasi
- c. Kerusakan akibat terjadi blowout dan blowback
- d. Penyumbatan inlet pipa akibat sedimentasi

- e. Kerusakan akibat aliran dengan kecepatan tinggi atau aliran yang membawa sedimen
  - f. Kerusakan peralatan hidromekanikal seperti kebocoran, getaran dan korosi.
  - g. Rembesan di rumah bottom outlet
- Beberapa permasalahan yang dapat

terjadi disebabkan karena ketidaksempurnaan desain dan kurangnya inspeksi dan pemeliharaan. Karena bottom outlet tidak digunakan secara rutin untuk operasi waduk, sehingga diperlukan pengoperasian bottom outlet setidaknya satu kali dalam satu tahun untuk memastikan kondisi operasi yang aman dan peralatan hidromekanikal berfungsi dengan baik.

Kondisi saat ini, fasilitas bottom outlet belum bisa difungsikan secara optimal dikarenakan belum tersedianya rumah bottom outlet sebagai pengatur bukaan pipa dan adanya kendala akibat elevasi muka air sungai hilir lebih tinggi dari elevasi pipa bottom outlet (Gambar X). Skema bottom outlet Bendungan Paselloreng ditunjukkan pada Gambar X.



Gambar 7. Foto dokumentasi bagian hilir *bottom outlet*

### ***Analisis Penyebab Kerusakan Tegangan pada Pipa***

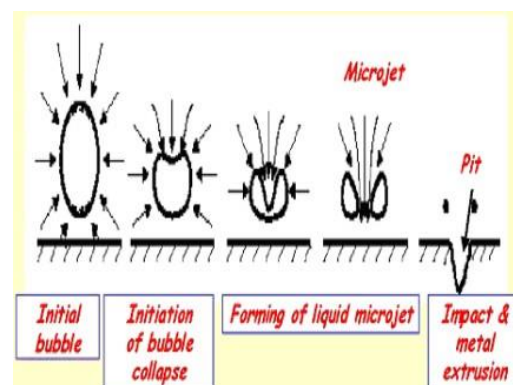
Sebuah pipa dinyatakan rusak atau gagal jika tegangan dalam yang terjadi pada pipa melebihi tegangan batas material yang diijinkan. Tegangan dalam yang terjadi pada pipa disebabkan oleh tekanan dari dalam pipa, beban luar seperti berat mati dan pemuai termal, dan bergantung pada bentuk geometri pipa serta jenis material pipa. Sedangkan tegangan batas ditentukan oleh jenis material dan metode produksinya.

#### ***Kavitasi***

Pada instalasi pipa yang mungkin terjadi kavitasi yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran dan perbedaan penampang yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan sampai turun di bawah tekanan uap jenuhnya sehingga menyebabkan terjadinya fenomena yang disebut kavitasi. Kavitasi merupakan fenomena perubahan fase uap dari zat cair pada fluida yang mengalir. Perubahan tersebut diakibatkan turunnya tekanan maupun naiknya temperatur fluida, turbulensi dan pulsasi pada pipa. Indikasi kavitasi adalah timbulnya gelembung-gelembung uap, getaran dan suara bising. Gelembung uap yang terbentuk dalam

proses ini mempunyai siklus yang sangat singkat. Gelembung ini akan terbawa aliran fluida sampai akhirnya berada pada daerah yang mempunyai tekanan lebih besar dari pada tekanan uap jenuh cairan. Pada daerah tersebut gelembung tersebut akan pecah dan akan menyebabkan shock pada dinding dekatnya. Cairan akan masuk secara tiba-tiba ke ruangan yang terbentuk akibat pecahnya gelembung uap tadi sehingga mengakibatkan tumbukan.

Gejala kavitasi biasanya ada suara berisik dan getaran, unjuk kerjanya menjadi turun, kalau dioperasikan dalam jangka waktu lama akan terjadi kerusakan pada permukaan dinding saluran. Permukaan dinding saluran akan berlubang-lubang karena erosi kavitasi sebagai tumbukan gelembung-gelembung yang pecah pada dinding secara terus-menerus dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses kavitasi



### Kerusakan pada Inlet dan Outlet Pipa

Ketika kantung udara terdapat pada aliran bottom outlet tidak terkendali dengan baik, hal tersebut dapat mengakibatkan permasalahan serius seperti: blowback, blowout dan penurunan kapasitas pengeluaran. Secara umum permasalahan ini dapat terjadi disebabkan 2 penyebab, yaitu pembentukan vortex di inlet dan kondisi aliran di hilir dengan aliran tenggelam (submerge) atau aliran bebas (free outflow).

Blowback terjadi ketika kantung udara bergerak naik ke hulu melawan arah aliran.

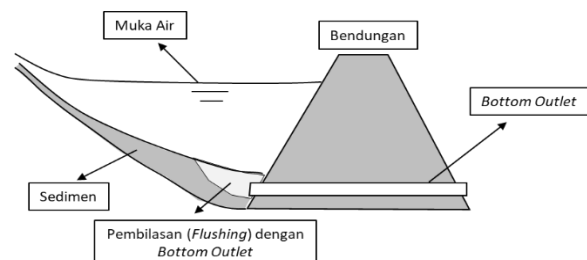
Hal tersebut terjadi jika kantung udara tidak dapat bergerak ke arah hilir yang dapat menyebabkan getaran dan kerusakan pada inlet pipa. Blowout terjadi ketika kantung udara keluar dari outlet pipa di hilir. Hal ini mungkin terjadi pada pipa di hilir dengan kondisi aliran tenggelam yang dapat menyebabkan kerusakan pada pipa dan struktur. Pada bottom outlet Bendungan Lerafors, Swedia, konduit di hilir dengan kondisi tenggelam (submerge) di bawah elevasi sungai, blowout terjadi ketika dioperasikan pada Tahun 2006, seperti ditunjukkan pada Gambar X



Gambar X. Contoh kejadian blowout (Liu, 2014)

Inlet pipa bottom outlet yang terletak di elevasi paling dasar waduk juga memiliki potensi untuk tertutup oleh akumulasi sedimen dan juga berpotensi membawa aliran debris yang dapat menyebabkan kerusakan pada valve atau penyumbatan pada pipa. Sehingga diperlukan pengoperasian bottom outlet secara berkala, minimal satu kali dalam

satu tahun untuk melakukan pembilasan area disekitar inlet pipa (Gambar X).



Gambar X. Skema pembilasan dengan bottom outlet

## KESIMPULAN

Permasalahan yang mungkin terjadi pada operasi *bottom outlet* umumnya disebabkan oleh kondisi aliran dengan kecepatan yang tinggi, seperti erosi, kerusakan akibat getaran, kavitasi dan disipasi energi yang kurang memadai. Hasil identifikasi beberapa potensi kerusakan *bottom outlet* antara lain: Kebocoran pada pipa, Kerusakan akibat kavitasi, Kerusakan akibat adanya kantung udara dalam pipa, Inlet pipa *bottom outlet* tersumbat sedimen atau debris, Erosi pada saluran hilir, Kerusakan pada peralatan hidromekanikal

Tingkat keamanan dan kehandalan dari *bottom outlet* dapat dinilai dari beberapa faktor, antara lain: Debit pengeluaran optimal, Struktur disipasi energi pada outlet pipa yang efektif, Tidak ada kebocoran, Pengoperasian mudah, Mudah diakses, Desain yang ekonomis, Tingkat kehandalan tinggi relative terhadap umur bendungan

Program operasi dan pemeliharaan (OP) bendungan harus mencakup keseluruhan komponen *bottom outlet* serta peralatan pendukungnya. Inspeksi secara berkala dan berkelanjutan harus dilaksanakan sebagai bagian dari program

OP bendungan untuk mendeteksi potensi kerusakan dan melakukan penanganan secara tepat. Inspeksi *bottom outlet* sebaiknya dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu inspeksi rutin (regular), inspeksi berkala (periodik) dan inspeksi khusus. Hasil inspeksi dan observasi harus dilaporkan dan terdokumentasi dengan baik terkait kerusakan atau insiden tertentu. Inspeksi juga penting dilakukan setelah kejadian banjir atau gempa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmada, Rajib, 2016. *Studi Ankutan Sedimen di Hilir Bendungan Karet Sungai* Amirsayafi, P., 2015. "Measures for Success in Dam Bottom Outlet Design". *GSTF Journal of Engineering Technology (JET)* Vol.3 No. 3.
- Anubhav dan Nayak, A., 2015. "Bottom Outlet of Koldam HEPP-Scheme, Challenges and Performance – A Case Study". *Global Energy Technology Summit*.
- Burgi, P. H., Regan, R. P., Jansen, R. B. dan Scherich, E. T., 1988. "Outlet Performance and Remedial Measures". *Advanced dam engineering for design, construction, and rehabilitation*, R. B. Jansen, Ed.

New York: Van Nostrand Reinhold,  
1988, ch. 22, pp 704-721.

Liu, T., 2014. “Modelling Air-Water  
Flows in Bottom Outlets of Dams”  
TRITA-LWR PHD 2014:02.

Najafi, Roshan, Zarrati dan Kavianpour,  
2009. “Numerical Modeling of Flow  
Condition in a Bottom Outlet”.  
Proceedings of 16th IAHR-APD  
Congress and 3rd Symposium of  
IAHR- ISHS.

Yang, J., Teng, P., Nan, J., Li, S. dan  
Ansell, A., 2020. “Assessment and  
Prediction of Air Entrainment and  
Geyser Formation in a Bottom  
Outlet: Field Observations and CFD  
Simulation”. *Fluids MDPI* 2020, 5,  
203.