

## **PENILAIAN RISIKO BENDUNGAN MANGGAR DENGAN METODE MODIFIKASI ICOLD**

### ***RISK ASSESSMENT MANGGAR DAM WITH MODIFICATION ICOLD METHOD***

**Devi Ismijayanti<sup>1</sup>, Robert J. Kodoatie<sup>2</sup>, Sutarto Edhisono<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

Korespondensi : [Ismijayanti.devi@gmail.com](mailto:Ismijayanti.devi@gmail.com)

#### **ABSTRAK**

Kegagalan bendungan akan berakibat fatal terutama pada penduduk dan infrastruktur di sekitar bendungan. Keamanan bendungan perlu menjadi perhatian dalam pengoperasian dan pemeliharaan bendungan. Akan tetapi alokasi anggaran yang diberikan untuk operasi dan pemeliharaan untuk banyak bendungan di Indonesia sangat terbatas. Oleh sebab itu perlu adanya analisis risiko yang dapat menentukan skala prioritas pemeliharaan ataupun rehabilitasi pada suatu bendungan berdasarkan klasifikasi risikonya. Pada penelitian ini penilaian risiko menggunakan metode modifikasi ICOLD. Metode modifikasi ICOLD dianalisis berdasarkan pada hasil pemeriksaan besar yang dilakukan pada Tahun 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bendungan Manggar termasuk kategori bendungan risiko sedang dengan total nilai risiko 45. Tindakan yang direkomendasikan untuk meminimalisir risiko bahaya terhadap kegagalan bendungan adalah peningkatan manajemen operasi dan pemeliharaan, peningkatan kualitas sumber daya manusia pengelola bendungan dan peningkatan manajemen pelaporan yang lebih baik.

**Kata Kunci:** bendungan, modifikasi ICOLD, penilaian risiko

#### **ABSTRACT**

*Dam failure has fatal consequences. This is especially true for the infrastructures as well as population settling around the dam. Due to this reason, operation and maintenance of dams should put special care and attention on dam safety. Unfortunately, the budget allocated for dam operation and maintenance for many dams in Indonesia is still very limited. Therefore, it is necessary to determine the priority scale of maintenance or rehabilitation of dams based on its risk classification through a risk assessment. The risk assessment conducted for this research uses the modified ICOLD method. The modified ICOLD method is based on the results of a major inspection conducted in 2019. The results showed that Manggar Dam is categorized as a medium risk dam with a total risk score of 45. Recommended actions to minimize the risk of harm to dam failure included improved operations and maintenance management, improved quality of human resources managing dams, and improved reporting management.*

**Keywords:** dam, ICOLD modification, risk assesment

## PENDAHULUAN

Bendungan merupakan infrastruktur yang dapat menampung air dalam jumlah banyak dan memberikan banyak manfaat bagi masyarakat seperti penyediaan air untuk irigasi, pembangkit tenaga listrik, penyediaan air untuk kebutuhan air baku industri dan rumah tangga, sebagai pengendali banjir dan untuk kebutuhan beberapa sektor lainnya. Akan tetapi, selain memiliki banyak manfaat, bendungan juga mempunyai potensi risiko bahaya yang menimbulkan bencana bagi kelangsungan hidup manusia, harta benda serta kerusakan lingkungan di daerah bagian hilir apabila terjadi kegagalan atau keruntuhan struktur bendungan (Ditjen SDA, 2011). Menurut Soentoro dkk (2013) Alokasi anggaran yang diberikan untuk Operasi dan Pemeliharaan untuk banyak bendungan di Indonesia sangat terbatas. Oleh sebab itu perlu adanya penilaian risiko yang dapat menentukan skala prioritas pemeliharaan ataupun rehabilitasi pada suatu bendungan berdasarkan klasifikasi risikonya ataupun nilai keamanan bendungannya. Hal ini juga sejalan seperti yang tertuang dalam Undang-Undang Republik Indonesia No 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana Pasal 40 yang menyebutkan bahwa setiap kegiatan pembangunan yang mempunyai risiko tinggi yang menimbulkan bencana dilengkapi dengan analisis risiko bencana sebagai bagian dari usaha penanggulangan bencana.

Untuk Bendungan yang sedang proses perencanaan, penilaian risiko bertujuan untuk penyempurnaan desain dan meminimalisir potensi bahaya yang terjadi akibat kegagalan bendungan. Sedangkan pada bendungan yang sudah beroperasi dan telah terbangun, penilaian risiko bertujuan untuk menilai risiko bahaya yang ada dapat ditoleransi atau tidak sehingga diperlukan tindakan untuk meminimalisir risiko (Ahmad et al., 2023). Metode Modifikasi ICOLD merupakan salah satu metode sederhana yang dapat digunakan dalam penilaian risiko pada suatu bendungan. Pada tahun 2008 Kementerian Pekerjaan dan Perumahan Rakyat (PUPR) melakukan kegiatan penilaian risiko bendungan menggunakan metode ICOLD dengan beberapa modifikasi yang disesuaikan dengan kondisi bendungan di Indonesia (Suprpto et al., 2021).

Bendungan Manggar merupakan salah satu bendungan yang terletak di Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur yang membendung

Sungai Manggar besar dengan luas Daerah Aliran Sungai sebesar 50 km<sup>2</sup>. Secara Geografis lokasi Bendungan terletak pada koordinat 1°10'7.52"LS, 116°55'16.05". Tujuan pembangunan Bendungan Manggar adalah untuk menyediakan kebutuhan air baku untuk masyarakat Kota Balikpapan dan sekitarnya. Bendungan Manggar merupakan Bendungan Urugan tanah dengan tinggi bendungan mencapai 12,60 m, panjang puncak sepanjang 1.060 m dan lebar puncak bendungan 4 m dengan volume tampungan sebesar 16,32 Juta m<sup>3</sup>.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menilai kinerja, perilaku dan keamanan bendungan dan bangunan pelengkap setelah berumur 41 tahun, agar bangunan tetap aman dan berfungsi dengan baik. mengetahui potensi bahaya Bendungan Manggar yang dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi prioritas pemeliharaan bendungan.

## TINJAUAN PUSTAKA

Metode modifikasi ICOLD merupakan metode penilaian risiko yang dikembangkan dari metode ICOLD tahun 1989 yang memasukkan parameter gempa untuk bendungan. Metode Modifikasi ICOLD terdiri dari dua bagian yaitu faktor bendungan dan faktor keterkaitan dengan bendungan. Faktor bendungan terdiri dari kapasitas waduk, tinggi bendungan, ketersediaan data konstruksi dan pemeliharaan bendungan, data observasi instrumentasi, stabilitas bendungan, evaluasi terhadap banjir. Sedangkan faktor yang terkait dengan bendungan seperti risiko kerusakan di daerah hilir akibat kegagalan bendungan, risiko bisnis dan persyaratan evakuasi masyarakat (Soentoro et al., 2013).

Penilaian risiko metode Modifikasi ICOLD dilakukan berdasarkan bobot yang telah distandarkan sehingga akan diketahui tingkat risiko atau kepentingan dari bendungan tersebut yang dilihat pada **Tabel 1**. Setiap faktor akan diberikan nilai risiko dengan klasifikasi risiko ekstrim, tinggi, sedang dan rendah. Tahapan selanjutnya adalah mengklasifikasikan kelas risiko berdasarkan jumlah nilai dari semua faktor seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Menurut Adamo et al., (2020) Bendungan yang termasuk kelas risiko I (rendah) merupakan bendungan dengan risiko mengalami kegagalan atau kesalahan operasi yang tidak mengakibatkan kemungkinan hilangnya nyawa manusia, kerugian

ekonomi dan atau kerusakan lingkungan terjadi dalam skala kecil, dimana pada prinsipnya terbatas pada kerusakan struktur bendungan saja. Bendungan yang termasuk kelas risiko II (sedang) merupakan bendungan dengan resiko mengalami kegagalan atau kesalahan operasi yang tidak mengakibatkan kemungkinan hilangnya nyawa manusia tetapi dapat menyebabkan kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, gangguan fasilitas

penunjang kehidupan. Bendungan yang tergolong dalam kelas risiko III (tinggi) dan IV (ekstrem) adalah bendungan yang memiliki risiko untuk mengalami kegagalan operasi ataupun keruntuhan bendungan yang dapat mengakibatkan korban jiwa. Selain itu juga berdampak pada kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan didaerah hilir dan kerusakan fasilitas pendukung kehidupan lainnya.

**Tabel 1** Penentuan indeks risiko (IR) untuk Bendungan di Indonesia

Risiko Kelas	Ekstrem		Tinggi		Sedang		Rendah		
	Parameter	Nilai	Parameter	Nilai	Parameter	Nilai	Parameter	Nilai	
Kontribusi terhadap risiko (penilaian yang layak diberikan)									
Volume Waduk (Juta m <sup>3</sup> )	>120	6	120 - 1	4	1 - 0,1	2	<0,1	0	
Tinggi Bendungan (m)	>45	6	45 - 30	4	30 - 15	2	>15	0	
Penduduk di evakuasi (Jumlah orang)	>250.000	12	10 - 150 ribu	8	1- 10 ribu	4	0	0	
Potensi kerusakan di daerah hilir bendungan(terhadap struktur yang sudah ada	Ekstrem	18	Tinggi	12	Sedang	8	Rendah	4	
Faktor Tambahan untuk Bendungan yang sudah ada	Ketersediaan data untuk pembangunan & pemeliharaan	Tinggi	0	Sedang	1	Rendah	2	Tidak ada	3
	Pengamatan instrumentasi Bendungan	Tinggi	0	Sedang	1	Rendah	2	Tidak ada	3
	Tingkat usaha yang dilakukan pada evaluasi keamanan sebelumnya	Tinggi	0	Sedang	1	Rendah	2	Tidak ada	3
	Perkembangan hilir yang baru atau yang akan datang	Tinggi	3	Sedang	2	Rendah	1	Tidak ada	0
Faktor tambahan untuk mengatasi defisiensi struktural	Kapasitas banjir terhadap dengan kegagalan	Ekstrem	6	Tinggi	4	Sedang	2	Rendah	0
	Stabilitas statis terhadap kegagalan bendungan	Ekstrem	18	Tinggi	12	Sedang	6	Rendah	0
	ketahanan terhadap gempa	Ekstrem	12	Tinggi	8	Sedang	4	Rendah	0

Sumber : Satker Balai Bendungan (2014)

**Tabel 2** Kelas Risiko metode modifikasi ICOLD

Jumlah nilai	Kelas Risiko
0 – 15	Rendah
16 - 45	Sedang
46 – 75	Tinggi
76 - 90	Ekstrem

Sumber : Suprpto et al (2021)

## METODE

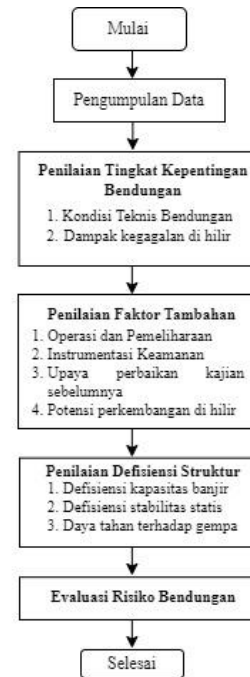
Pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Kalimantan IV berupa :

1. Data teknis bendungan yang memuat kondisi fisik teknis bendungan.
2. Data hasil inspeksi besar yang dilakukan pada Tahun 2019, yaitu data-data yang menunjukkan kondisi eksisting bendungan yang terdiri dari data hasil inspeksi secara visual dan data hasil inspeksi secara teknis.
3. Laporan operasi, pemeliharaan dan pemantauan bendungan
4. Laporan Rencana Tindak Darurat (RTD) bendungan.

Tahapan analisis penilaian risiko dengan metode modifikasi ICOLD pada penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data, kemudian dilakukan penilaian tingkat kepentingan bendungan berdasarkan data teknis bendungan dan kajian kondisi di daerah hilir. Tahapan selanjutnya adalah melakukan penilaian faktor tambahan dan faktor defisiensi struktur berdasarkan hasil inspeksi lapangan dan pemeriksaan data tambahan. Setelah itu, hasil analisis tersebut akan dievaluasi untuk menentukan kategori risiko bendungan. Bagan alir tahapan penelitian digambarkan pada **Gambar 1**.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal penilaian risiko adalah menentukan faktor kepentingan bendungan dengan mempertimbangkan kapasitas tampungan waduk dan tinggi bendungan yang diperoleh dari data teknis bendungan. Selain itu, faktor kepentingan bendungan juga ditinjau dari jumlah penduduk terkena dampak yang perlu dievakuasi dan potensi kerusakan di daerah hilir terhadap struktur eksisting serta risiko bisnis pemilik akibat keruntuhan bendungan. Penentuan parameter faktor kepentingan bendungan pada metode modifikasi ICOLD ditunjukkan pada **Tabel 3**.



**Gambar 1** Bagan Alir Penelitian

Selanjutnya dilakukan analisis faktor tambahan yang berkaitan dengan kegiatan operasi dan pemeliharaan bendungan Hal ini ditinjau dari (1) ketersediaan dokumen dari proses perencanaan bendungan hingga pembangunan selesai seperti dokumen desain bendungan dan dokumen terkait pemeliharaan bendungan seperti dokumen SOP dalam pengoperasian peralatan dan instrumentasi bendungan, laporan kegiatan hasil inspeksi dan yang termasuk dalam pemeliharaan, (2) ketersediaan data instrumentasi bendungan dan data pengukuran instrumentasi, (3) kegiatan yang telah dilakukan sebelumnya sebagai tindak lanjut dari evaluasi perilaku dan keamanan bendungan, dan (4) rencana pengembangan di daerah hilir bendungan dimasa yang akan datang. Penilaian risiko terkait faktor tambahan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

**Tabel 3** Nilai faktor kepentingan bendungan Manggar metode modifikasi ICOLD

Faktor	Kuantitas	Nilai Risiko
Volume waduk (juta m <sup>3</sup> )	16,32	4
Tinggi Bendungan (m)	12,6	0
Penduduk di evakuasi (Jumlah orang)	53.241	8
Potensi kerusakan di daerah hilir bendungan	tinggi	12
Risiko bisnis akibat keruntuhan bendungan	tinggi	6

Sumber : Analisis (2022)

**Tabel 4** Penilaian faktor tambahan pengelolaan keamanan Bendungan Manggar

Faktor	Keterangan	Kuantitas	Nilai Risiko
Ketersediaan data konstruksi & pemeliharaan	Dokumen Lengkap	Rendah	2
Ketersediaan instrumentasi yang sudah diproses dan data pengamatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat beberapa piezometer yang mengalami kerusakan</li> <li>• Beberapa pintu box sumur pantau telah berkarat</li> <li>• Alat ukur v notch masih berfungsi dengan baik</li> <li>• Alat baca (<i>read out unit</i>) Inklinometer yang menerapkan teknologi digital masih berfungsi dengan baik sementara terdapat alat baca pada inklinometer yang lama mengalami kerusakan. sehingga tidak ada pembacaan data sejak Agustus 2005 sampai April 2006</li> </ul>	Rendah	2
Tingkat usaha yang dilakukan pada evaluasi keamanan sebelumnya	Inspeksi besar terakhir dilakukan pada tahun 2013, data laporan lengkap dan tindak lanjut dilakukan sesuai rekomendasi laporan	Rendah	2
Perkembangan hilir yang baru atau yang akan datang	diperkirakan cepat berkembang seiring pertambahan penduduk dan pembangunan.	Tinggi	3

Sumber : Analisis (2022)

Penilaian defisiensi struktur ditentukan berdasarkan hasil inspeksi lapangan yang dilakukan pada tanggal 16-18 Juli 2019 dan kajian dokumen tambahan terkait dampak kegagalan bendungan terhadap kondisi di hilir bendungan. Defisiensi struktur pada metode ini dibagi menjadi 3 faktor, yaitu (1) faktor stabilitas statis yang ditentukan berdasarkan pemeriksaan kondisi

bendungan dilapangan untuk dilakukan penilaian terdapat atau tidak rembesan, retakan dan gejala kerusakan lainnya di tubuh bendungan, (2) faktor kapasitas banjir dengan melakukan pemeriksaan kapasitas *spillway* dan kondisi struktur *spillway* dan (3) faktor ketahanan gempa bumi. Hasil penilaian defisiensi struktur Bendungan Manggar dapat dilihat pada **Tabel 5**.

**Tabel 5** Penilaian defisiensi struktur Bendungan Manggar

Faktor	Keterangan	Kuantitas	Nilai Risiko
Kapasitas banjir sehubungan dengan kegagalan	Struktur bangunan pelimpah masih dalam kondisi baik dan tidak ditemukan tanda-tanda keretakan maupun deformasi yang terjadi namun didepan pintu penguras bangunan pelimpah banyak tumbuhan dan sampah dari batang pohon.	Rendah	0
Stabilitas statis sehubungan dengan kegagalan bendungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondisi lereng hulu bendungan masih cukup baik namun ditemukan beberapa kerusakan berupa pergeseran rip-rap beton.</li> <li>• Ditemukan tanah yang tererosi yang menyebar di beberapa bagian lereng hilir bendungan.</li> <li>• Drainase permukaan yang berupa <i>fish bone</i> masih dalam kondisi yang cukup baik.</li> </ul>	Sedang	6
Ketahanan terhadap gempa	Bendungan Manggar berada di zona 1	Rendah	0

Sumber : Analisis (2022)

Ketiga faktor yang telah ditentukan harus dijumlahkan dan selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan kelas risikonya untuk mendapatkan nilai risiko bendungan berdasarkan metode modifikasi ICOLD.

Hasil penilaian risiko Bendungan Manggar didapatkan total nilai sebesar 45 seperti yang disajikan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6** Hasil pembobotan indeks risiko Bendungan Manggar dengan metode modifikasi ICOLD

Faktor	Kuantitas	Nilai Risiko
Volume waduk (juta m <sup>3</sup> )	16,32	4
Tinggi Bendungan (m)	12,6	0
Penduduk di evakuasi (Jumlah orang)	53.241	8
Potensi kerusakan di daerah hilir bendungan	tinggi	12
Risiko bisnis akibat kegagalan bendungan	tinggi	6
<b>Sub Total</b>		<b>30</b>
Ketersediaan data pembangunan & pemeliharaan Bendungan	Rendah	2
Pengamatan instrumentasi Bendungan	Rendah	2
Tingkat usaha pada evaluasi keamanan sebelumnya	Rendah	2
Potensi perkembangan di daerah hilir bendungan	Tinggi	3
<b>Sub Total</b>		<b>9</b>
Kapasitas banjir terhadap kegagalan	Rendah	0
Stabilitas statis terhadap kegagalan bendungan	Sedang	6
Ketahanan terhadap gempa	Rendah	0
<b>Sub Total</b>		<b>6</b>
<b>Total</b>		<b>45</b>

Sumber : Analisis (2022)

Berdasarkan hasil penilaian risiko metode modifikasi ICOLD, Bendungan manggar termasuk dalam bendungan kategori kelas “sedang”. Untuk meningkatkan keamanan bendungan terhadap kegagalan diperlukan tindak lanjut terkait evaluasi hasil penilaian risiko bendungan sehingga dapat melakukan tindakan preventif kepada sumber bahaya berkembang hingga berpotensi terjadinya kegagalan bendungan. Tindakan-tindakan yang dapat dilakukan adalah meningkatkan manajemen operasi dan pemeliharaan dan saling terintegrasi dengan baik, meningkatkan kualitas sumber daya manusia pengelola bendungan melalui pelatihan teknis, bimbingan teknis ataupun studi banding

terkait pengelolaan bendungan, dan manajemen pelaporan yang lebih baik dan rapi.

## KESIMPULAN

Bendungan manggar tergolong bendungan yang berkategori bendungan risiko sedang dengan total indeks risiko 45 berdasarkan analisis risiko metode modifikasi ICOLD. Tindakan yang direkomendasikan untuk meminimalisir risiko bahaya terhadap kegagalan bendungan adalah peningkatan manajemen operasi dan pemeliharaan, peningkatan kualitas sumber daya manusia pengelola bendungan dan peningkatan manajemen pelaporan yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamo, N., Al-Ansari, N., Sissakian, V., Laue, J., & Knutsson, S. 2020. Dam Safety and Earthquakes. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 10(6), 79–132.
- Ahmad, Z., Pamungkas, A., Nugroho, H., & Sadono, K. W. 2023. *Penilaian Indeks Risiko Metode Modifikasi Andersen dan Metode Modifikasi ICOLD untuk Bendungan Palasari , Bendungan Gerokgak dan Bendungan Benel*. VIII(1), 4873–4882.
- Bendungan, S.B., 2014. *Inspeksi dan Penilaian Risiko Bendungan Batuujai. DOISP Technical Assistance Servie for Supporting the Implementation of Dam Safety Assurance & Institutional Improvement*.
- BWS Kalimantan IV Samarinda. 2015. *Laporan Akhir Rencana Tindak Darurat Bendungan Manggar*. Samarinda: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Kalimantan IV Samarinda.
- BWS Kalimantan IV Samarinda. 2019. *Laporan Pemeriksaan Bendungan Manggar*. Samarinda: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Kalimantan IV Samarinda.
- BWS Kalimantan IV Samarinda. 2019. *Laporan Evaluasi Sistem Manual OP dan RTD Bendungan Manggar*. Samarinda: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Kalimantan IV Samarinda.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2011. *Pedoman Teknis Penilaian Risiko Bendungan*.

Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

- Soentoro, E. A., Purnomo, A. B., & Susantin, S. H. 2013. Study on Dam Risk Assessment as a Decision-Making Tool to Assist Prioritizing Maintenance of Embankment Dam in Indonesia. *The Second Interbational Conference on Suistanable Infrastructure and Built Environment - Bandung 19-20 November 2013, November.*
- Suprpto, R. E., Japarussidik, J., Sriyana, S., & Sadono, K. W. 2021. Penilaian Risiko Bendungan Pelaparado Berbasis Metode Modifikasi ICOLD dan Metode Indeks Risiko. *Teknik*, 42(2), 226–235. <https://doi.org/10.14710/teknik.v42i2.39715>