

## Analisis Pelaksanaan *Plugging Conduit* pada Bendungan Marangkayu

Ikhwanudin<sup>1</sup>✉, Tegar Wijaya Saputra<sup>2</sup>, Farida Yudaningrum<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas PGRI Semarang, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.26623/teknika.v21i1.13574>

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Disubmit 30 Januari 2026

Direvisi 01 Februari 2026

Disetujui 18 Februari 2026

#### Keywords:

Concrete  
Temperature, Marangkayu  
Dam; *Plugging Conduit*; Water  
Quality; Water Resources

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan desain dan menghitung pintu pengelak pada *plugging conduit* di Bendungan Marangkayu. Setelah itu untuk mengetahui kualitas hasil pekerjaan *plugging conduit* atau sumbatan beton dan kaitannya terhadap kekuatan tekan beton, suhu beton serta suhu air. Serta mengetahui perubahan parameter kualitas air berdasarkan data hasil uji laboratorium dari tahap pra konstruksi hingga pasca konstruksi. Penerapan metode ini untuk menjamin bahwa terpenuhi persyaratan teknis, aman dan tidak akan menimbulkan efek merugikan jangka panjang terhadap konstruksi atau fungsi bendungan. Kondisi pergantian memperbesar dimensi pintu saluran dari 2,5 m x 2,5 m menjadi 3 m x 3 m sebanyak satu buah pintu baja dengan roda tetap dan juga pergantian pada pipa pengelak dari sebelumnya DN 800 pipa baja menjadi DN 1200 pipa baja untuk memenuhi kebutuhan kapasitas aliran banjir pada Bendungan Marangkayu. Rata-rata kuat tekan 28 hari melebihi 300 kg/cm<sup>2</sup> dan variasi *slump flow* masih dalam batas toleransi, berdasarkan hasil studi dan evaluasi kualitas beton proyek Bendungan Marangkayu. Kualitas air permukaan Sungai Marangkayu pada masa pra konstruksi tahun 2024 pada titik pemantauan untuk parameter *Dissolve Oxygen (DO)* telah melewati ambang baku mutu. Kualitas air permukaan Sungai Marangkayu pada masa pasca konstruksi tahun 2024 pada titik pemantauan untuk parameter *BOD (Biological Oxygen Demand)*, *Dissolved Oxygen (DO)*, serta logam terlarut.

### Abstract

*This study aims to design and calculate the diversion gate installed in the plugging conduit at Marangkayu Dam. Furthermore, the study evaluates the quality of the plugging conduit construction (concrete plug) and its relationship with concrete compressive strength, concrete temperature, and water temperature. In addition, the study analyzes changes in water quality parameters based on laboratory test results from the pre-construction stage to the post-construction stage. The application of this method is intended to ensure that the construction meets the technical requirements, maintains safety, and does not cause adverse long-term impacts on the structural integrity or operational function of the dam. The design modification involved enlarging the diversion gate dimensions from 2.5 m × 2.5 m to 3 m × 3 m, consisting of one steel gate with fixed wheels. In addition, the diversion pipe was replaced from the previous DN 800 steel pipe to a DN 1200 steel pipe in order to meet the required flood discharge capacity at Marangkayu Dam. Based on the study and evaluation of the concrete quality in the Marangkayu Dam project, the average 28-day compressive strength exceeded 300 kg/cm<sup>2</sup>, and the slump flow variation remained within the allowable tolerance limits. In terms of water resources and water quality, the surface water quality of the Marangkayu River during the pre-construction period in 2024 at the monitoring point showed that the Dissolved Oxygen (DO) parameter had exceeded the applicable water quality standard threshold. Meanwhile, during the post-construction period in 2024, monitoring results at the same location indicated changes in several parameters, including Biological Oxygen Demand (BOD), Dissolved Oxygen (DO), and dissolved metals.*

#### ✉ Alamat Korespondensi:

E-mail: [ikhwan.menur12@gmail.com](mailto:ikhwan.menur12@gmail.com)

p-ISSN 1410-4202

e-ISSN 2580-8478

## PENDAHULUAN

Bendungan merupakan salah satu infrastruktur terpenting dalam pengelolaan sumber daya air. Fungsinya tidak hanya terbatas pada pengendalian banjir, tetapi juga penyediaan air baku, irigasi pertanian, serta pembangkit listrik tenaga air yang mendukung kesejahteraan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan. Menurut Novak et al. (2007), bendungan didefinisikan sebagai struktur hidrolik yang dibangun secara melintang pada aliran sungai untuk menahan air dan menciptakan reservoir guna tujuan irigasi, penyediaan air minum, pembangkitan energi listrik, serta pengendalian banjir. Menurut Fell et al. (2015), tubuh bendungan dapat dibentuk dari berbagai material seperti tanah, batu, atau beton, tergantung pada kondisi lokasi dan tujuan dari bendungan tersebut. Dengan menyimpan debit puncak pada musim hujan dan melepaskannya secara bertahap, bendungan mengurangi risiko genangan yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi dan sosial. Fungsi lainnya adalah sebagai sumber energi terbarukan melalui pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

Bendungan menyimpan cadangan air yang kemudian dapat dialirkan ke sawah atau lahan pertanian terutama saat musim kemarau, sehingga produktivitas pertanian tetap terjaga (SDA PU, 2025). Keberadaan bendungan memungkinkan suplai air yang berkelanjutan sepanjang tahun melalui sistem irigasi teknis. Sistem irigasi bertujuan untuk meningkatkan produktivitas hasil pertanian dan mengoptimalkan hasil panen (Hidayati et al., 2024). Pembangunan maupun rehabilitasi bendungan memerlukan pendekatan teknis yang tepat agar dapat berfungsi optimal dan aman dalam jangka panjang. Aliran air dapat menghasilkan material sedimen yang dari proses erosi pada area hulu, hingga hilir sungai, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya penyusutan elevasi air (Ikhwanudin, et al., 2024; Darmawan et al., 2020; Ikhwanudin, et al., 2022, Ikhwanudin, et al., 2024).

Salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah metode *plugging conduit* atau beton sumbat pada terowongan pengelak. Tujuan utama dari penerapan metode ini adalah untuk menjaga integritas struktur bendungan dan mencegah kehilangan air yang berlebihan, yang dapat membahayakan stabilitas dan efisiensi sistem bendungan secara keseluruhan. Metode ini bertujuan untuk menutup aliran air pada terowongan sehingga air dapat mengisi genangan waduk. Namun, metode ini memiliki tantangan teknis yang tinggi karena kesalahan dalam pelaksanaan dapat menimbulkan retakan pada beton, gangguan pada aliran air, atau bahkan kerusakan struktural pada bendungan (Rosmawati & Purba, 2021). Dengan kondisi tersebut, diperlukan kajian yang mendalam mengenai pelaksanaan metode *plugging conduit* pada Bendungan Marangkayu, mulai dari aspek desain pintu pengelak, evaluasi kualitas hasil pekerjaan (terkait kekuatan tekan beton, suhu beton, dan suhu air), hingga analisis perubahan kualitas air dari pra konstruksi hingga pasca konstruksi.

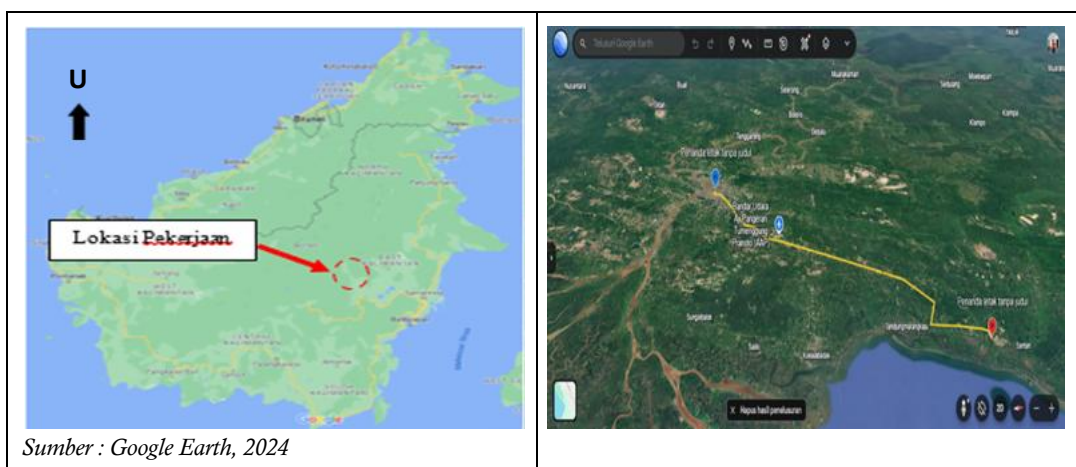
Tujuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar evaluasi pelaksanaan metode *plugging conduit* yang lebih efektif dan aman pada Bendungan Marangkayu serta dapat menjadi referensi bagi proyek rehabilitasi bendungan lainnya dimasa mendatang.

## METODE

Penelitian ini dilakukan dan dilaksanakan selama 6 (enam) bulan terhitung dari bulan 10 Agustus 2024 hingga 31 Januari 2025. Penelitian ini berfokus pada konstruksi pelaksanaan Bendungan Marangkayu dengan analisis pelaksanaan metode *plugging conduit* yang merupakan wilayah kerja yang dikerjakan oleh kontraktor PT. Brantas Abipraya (Persero) Tbk dan konsultan pengawas oleh PT.

Indrakarya (Persero). Setelah bendungan utama selesai, *plugging conduit* merupakan teknik penting untuk menutup saluran pengalihan (saluran), sehingga air dapat mengalir melalui badan bendungan dan mengisi waduk seefisien mungkin. Karena struktur saluran biasanya terletak di area dengan tekanan air tinggi, oleh karena itu penelitian ini penting dilakukan untuk mencegah rembesan, keretakan pada beton *plugging* dan kemungkinan keruntuhan konstruksi bendungan. Program yang terdapat dalam ketahanan pangan salah satunya adalah dengan menjamin ketersediaan air untuk irigasi sepanjang tahun, dan diperlukan serangkaian usaha terus menerus dalam rangka perlindungan, pengendalian, pengembangan dan pemanfaatan sumber daya air dengan dibangunnya proyek bendungan (Pratama et al., 2022).

Penelitian yang dilakukan berada di Sungai Marangkayu, 90 KM Utara Kota Samarinda. Secara administratif Bendungan Marangkayu terletak di Desa Sebuntal, Kecamatan Marangkayu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur dimana untuk saat ini Bendungan ini dikelola oleh BWS IV Samarinda. Dapat dilihat seperti Gambar 1.



**Gambar 1.** Lokasi Bendungan Marangkayu

Pada tahap awal *impounding* adalah tahap yang dilakukan setelah pekerjaan konstruksi selesai dan merupakan pekerjaan krusial yang harus dilalui dalam suatu pembangunan bendungan (Prayitno, 2022). Manajemen risiko dilakukan dengan berbagai pendekatan terstruktur untuk mengetahui risiko yang berpotensi mempengaruhi proyek sehingga dapat menghindari dan mengurangi dampak negatif yang mungkin muncul pada proyek (Muhiddin et al., 2024). Analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi, dengan mengorganisasikan data, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun kedalam pola, memilih mana yang penting dan yang akan dipelajari dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain. Solusi untuk mengatasi tekanan air eksternal yang tinggi pada struktur pelapis, desain terowongan pengalihan sering mengadopsi prinsip penggabungan *plugging conduit* dengan metode drainase, yaitu memasang peralatan drainase atau lubang drainase pada struktur pelapis, sehingga air yang menggenang di belakang pelapis dapat dibuang ke dalam terowongan dan tekanan air eksternal pada pelapis dapat dikurangi (Yao et al., 2022).

1. Data monitoring yang didapatkan dari hasil bacaan alat pengukuran suhu ruang dan suhu air dapat digunakan sebagai analisis perhitungan dan pemantauan. Monitoring bacaan alat pengukuran suhu ruang atau suhu air, data hasil pengujian laboratorium dan data perencanaan yang sudah disediakan terdahulu. Pada penelitian ini, pengumpulan data yang diperlukan sebagai bahan analisis pelaksanaan metode *plugging conduit* pada Bendungan Marangkayu. Data obsevasi

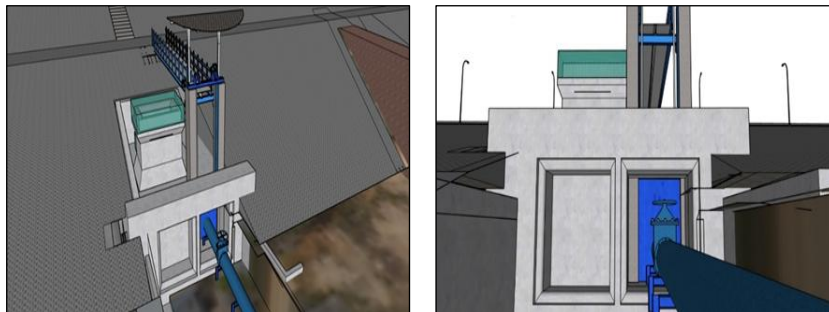
dilapangan dan melakukan pengukuran pada saluran *conduit* dapat membantu dalam melakukan perhitungan analisis pintu pengelak *conduit* yang dapat mempengaruhi dalam proses inti dari pelaksanaan metode *plugging conduit* nantinya semua perhitungan kemudian akan diolah melalui *Software Microsoft Excel* dan juga dibantu dengan *Software Autocad 2022* dan *Software Sketchup2020* untuk mempermudah visualisasi gambar dilapangan.

2. Menghasilkan sebuah grafik analisis untuk mempermudah dalam memahami analisa yang telah disajikan. Selain itu, dengan penyajian data ini juga akan mendapatkan hasil dan kesimpulan setelah proses penyajian data dilakukan.
3. Penarikan kesimpulan dari hasil analisa data yang telah diolah dan disajikan. Kesimpulan awal yang dikemukakan masih bersifat sementara, dan akan berubah bila tidak ditemukan bukti – bukti yang kuat yang mendukung pada tahap pengumpulan data berikutnya. Dari kesimpulan data ini, dapat menjawab identifikasi masalah yang telah dibuat sejak awal dan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Pintu Pengelak atau *Conduit*

Setelah dilakukan hasil perhitungan analisis pintu pengelak atau *conduit* pada Bendungan Marangkayu, bahwa dimensi saluran pengelak yang ada belum mampu dapat mengatasi debit banjir rancangan kala ulang dalam 25, 50 dan 100 tahun. Evaluasi pembahasan dan perencanaan ulang dengan memperbesar dimensi pintu saluran dari 2,5 m × 2,5 m menjadi 3 m × 3 m sebanyak satu buah pintu baja dengan roda tetap dan juga pergantian pada pipa pengelak dari sebelumnya DN 800 mm pipa baja menjadi DN 1200 mm pipa baja untuk memenuhi kebutuhan kapasitas aliran banjir pada Bendungan Marangkayu. Dijelaskan pada Gambar 2 untuk visualisasi gambar 3 dimensinya.



(Sumber : Hasil Analisis Software Sketchup2020, 2024)

**Gambar 2.** Pintu Pengelak pada Bendungan Marangkayu Pintu Baja dan Pipa Baja DN 1200

### Analisis Hasil Evaluasi Mutu Beton K-300 *Slump Flow* pada *Plugging Conduit* Bendungan Marangkayu

Memastikan kesesuaian mutu beton yang direncanakan (K-300) dengan mutu aktual di lapangan untuk operasi pemasangan pipa di Bendungan Marangkayu, dilakukan pengujian mutu beton. Uji *slump flow* digunakan untuk mengevaluasi kemampuan alir beton baru, dan uji kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm diuji menggunakan Mesin Uji Kompresi (CTM) untuk mengetahui hasil uji kuat tekannya.

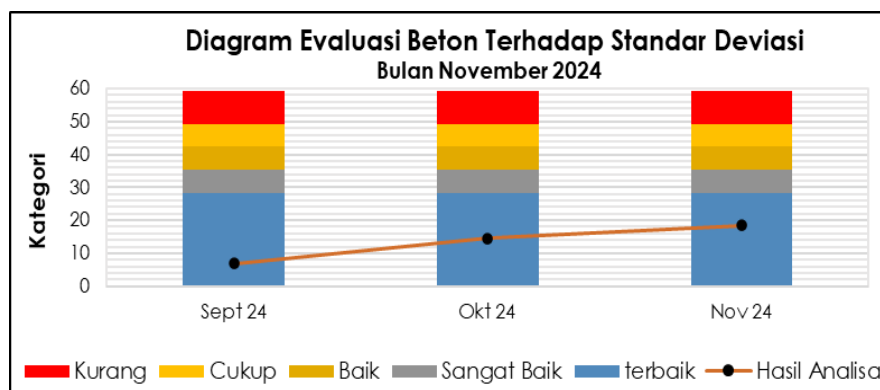
Diketahui bahwa dalam proses pengecoran *slump flow* dengan mutu beton K-300 bisa memenuhi syarat tercapai mutu beton. Sesuai standar SNI 9024:2021 maka, mengatur teknik uji *slump flow* dan pengukuran ini sangat penting untuk menjamin *workability* sesuai dengan keadaan lapangan

dan spesifikasi desain beton (Badan Standardisasi Nasional, 2021). Dapat dilihat, berdasarkan pada Tabel 1.

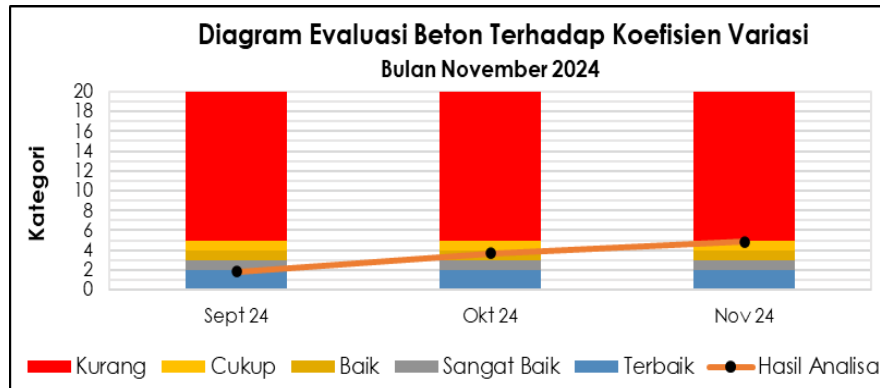
**Tabel 1.** Analisis Perhitungan Beton Umur 28 Hari

No	Keterangan	Tanggal Cor	Umur Beton	Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )	Tekanan (kN)	Kuat Tekan Umur 28 Hari	Kuat Tekan Rerata (kg/cm <sup>2</sup> )	Rerata Aritmatik 3 Berurutan	Syarat 1	Syarat 2
			(hari)			(kg/cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>2</sup> )		
1	Sampel <i>Plugging Slump Flow</i> K – 300	24/10/24	28	2.405	550	382,377	375,425	-	-	111,1
				2.433	540	375,425				
				2.396	530	368,473				
2	Cor <i>Plugging Slump Flow</i> Tahap 1	10/11/24	28	2.424	580	403,234	406,710	-	-	142,4
				2.414	590	410,187				
				2.419	585	406,710				
3	Cor <i>Plugging Slump Flow</i> Tahap 2	14/11/24	28	2.452	575	399,758	398,020	393,4	93,4	133,7
				2.414	570	396,282				
				2.396	572,5	398,020				
4	Cor <i>Plugging Slump Flow</i> Tahap 3	30/11/24	28	2.443	515,8	358,600	363,537	389,4	89,4	99,2
				2.433	530	368,473				
				2.396	522,9	363,537				
5	Cor <i>Plugging Slump Flow</i> Tahap 4	4/12/24	28	2.405	530	368,473	364,997	375,5	75,5	100,7
				2.414	520	361,520				
				2.396	525	364,997				

Diagram penilaian keseragaman beton adalah untuk mengukur dan mengevaluasi konsistensi kualitas beton yang digunakan dalam proyek pemasangan pipa Bendungan Marangkayu. Guna memastikan tidak ada area dengan konsistensi kualitas buruk yang berpotensi menyebabkan retakan atau kebocoran, diagram ini mencoba menunjukkan variasi sifat fisik beton (seperti viskositas campuran, *slump flow* dan distribusi kualitas beton K-300) selama proses pengecoran dan pada berbagai tahap operasi, dari pemasangan pipa sekunder hingga pemasangan pipa *primer*. Dapat dilihat, berdasarkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



**Gambar 3.** Diagram Evaluasi Beton terhadap Standar Deviasi



**Gambar 4.** Diagram Evaluasi Beton terhadap Koefisien Variasi

Hasil diagram evaluasi beton terhadap standar deviasi beton (Gambar 3), mulai dari pengecoran bulan September 2024 – November 2024 mendapatkan kategori yang terbaik. Pada bulan September 2024 diagram evaluasi beton terhadap koefisien variasi mendapatkan kategori terbaik, kemudian pada bulan Oktober 2024 diagram evaluasi beton terhadap koefisien variasi mendapatkan kategori baik dan pada bulan November 2024 diagram evaluasi beton terhadap koefisien variasi mendapatkan kategori cukup (Gambar 4).

Pencegahan kebocoran atau kerusakan yang dapat mengganggu fungsi utama bendungan, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kuat tekan beton, ketahanan terhadap tekanan air dan tekanan lingkungan, serta keandalan dalam pengisian dan penutupan pipa. Risiko kegagalan struktural pada bagian pengalihan berkurang berkat penilaian kualitas beton, yang juga penting untuk mengelola aliran air sebelum dan sesudah konstruksi bendungan selesai. Maka dapat dilihat, berdasarkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Analisis Perhitungan Beton Umur 28 Hari

No	Bulan	Kuat Tekan Sampel (kg/cm <sup>2</sup> )			Kuat Tekan Rerata (kg/cm <sup>2</sup> )		Std. Deviasi (kg/cm <sup>2</sup> )		Koef. Variasi (%)	
		Rencana	Maks.	Min.	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>	Nilai	Kategori	Nilai	Kategori
1.	Sept 2024	300	382,38	368,47	30,56	375,43	6,95	Terbaik	1,85	Terbaik
2.	Okt 2024	300	410,19	368,47	31,12	382,38	14,54	Terbaik	3,70	Baik
3.	Nov 2024	300	410,19	368,47	29,99	368,47	18,56	Terbaik	4,86	Cukup

Hasil Tabel 1 analisa dan evaluasi mutu beton K – 300 *slump flow* pada bulan September 2024 – November 2024 memenuhi syarat 1 dan syarat 2. Standar deviasi juga memiliki nilai terbaik pada setiap bulannya dan koefisien variasi memiliki kategori yang berbeda – beda pada setiap bulannya (Tabel 2).

#### **Analisis Hasil Pemantauan dan Pengambilan Suhu Beton pada *Plugging Conduit* Bendungan Marangkayu**

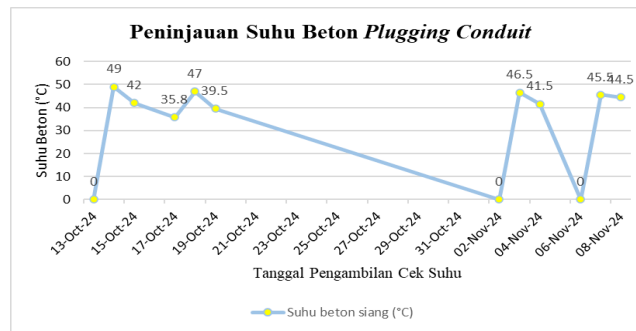
Evaluasi data pemantauan suhu sangat penting untuk mengetahui kualitas dan usia beton yang ditinjau, memaksimalkan kuat tekannya, serta menjaga stabilitas dan keamanan keseluruhan struktur bendungan. Jika terjadi variasi suhu selama fase pengerasan beton yang ditimbun, data dari studi ini juga sebagai dasar untuk penilaian teknis mengenai tindakan korektif atau penguatan.

**Tabel 3.** Analisis Perhitungan Beton Umur 28 Hari

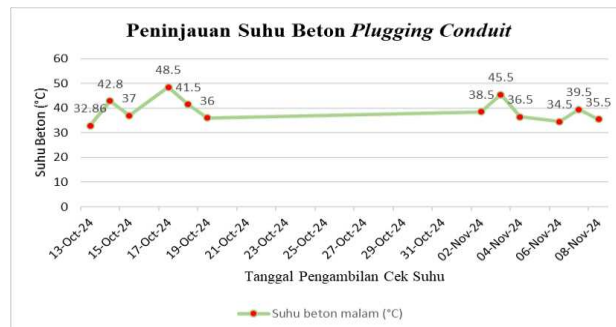
No.	Tanggal Pengujian Suhu <i>Plugging Conduit</i>	Suhu Beton Pagi (°C)	Suhu Beton Siang (°C)	Suhu Beton Malam (°C)
1.	13/10/24	-	-	32,86
2.	14/10/24	40	49	42,8
3.	15/10/24	39	42	37
4.	17/10/24	-	35,8	48,5
5.	18/10/24	46,5	47	41,5
6.	19/10/24	38,5	39,5	36
7.	02/11/24	-	-	38,5
8.	03/11/24	44,5	46,5	45,5
9.	04/11/24	39	41,5	36,5
10.	06/11/24	-	-	34,5
11.	07/11/24	43,5	45,5	39,5
12.	08/11/24	38,5		35,5



**Gambar 5.** Grafik Peninjauan Suhu Beton pada Pagi Hari di Area *Plugging Conduit*



**Gambar 6.** Grafik Peninjauan Suhu Beton pada Siang Hari di Area *Plugging Conduit*



**Gambar 7.** Grafik Peninjauan Suhu Beton pada Malam Hari di Area *Plugging Conduit*

Berdasarkan pengecekan berkala ditemukan karakter suhu beton yang terus berubah – ubah mengikuti cuaca yang ada pada Bendungan Marangkayu. Oleh karena itu, harus dilakukan *water cooling system* untuk dapat mempercepat penurunan suhu beton agar tidak terjadi crack pada beton di area *plugging conduit* Bendungan Marangkayu. Menurut ACI 207.1R dan SNI 2847:2019, perbedaan suhu antara inti beton dan permukaan tidak boleh melebihi 20°C untuk menghindari retak termal (American Concrete Institute, 2005; Badan Standardisasi Nasional, 2019).

### **Hasil Analisis Perubahan Uji Kualitas Air Meliputi (Fisika, Kimia dan Logam) berdasarkan Data Hasil Uji Laboratorium dari Tahap Pra dan Pasca Konstruksi pada Bendungan Marangkayu**

Kualitas air adalah ukuran kondisi air yang dilihat dari parameter fisika, kimia dibandingkan dengan standar baku mutu yang ditetapkan untuk tujuan tertentu (Moses et al., 2024). Dalam konstruksi bendungan, khususnya pekerjaan *plugging conduit*, kualitas air sangat penting karena dapat memengaruhi kinerja material (beton, *grouting*, baja tulangan) dan keberhasilan pengerjaan. Air yang digunakan atau yang mengalir melalui area kerja harus memenuhi standar tertentu untuk menjamin integritas struktur (Rajput & Joshi, 2021).

Data dikumpulkan secara berkala selama pra konstruksi dan setelah operasi penyumbatan pada area *plugging conduit*. pH, suhu, kekeruhan (NTU), total padatan tersuspensi (TSS), oksigen terlarut (DO), kebutuhan oksigen kimia (COD) dan kebutuhan oksigen biokimia (BOD) merupakan beberapa karakteristik kualitas air yang diamati.

Hasil pembahasan parameter pemantauan kualitas air permukaan pra konstruksi pada Bendungan Marangkayu. Oksigen terlarut merupakan parameter yang telah mencapai tingkat kritis, berdasarkan hasil pemantauan kualitas air pra konstruksi tahun 2024. Analisis laboratorium parameter oksigen terlarut titik pemantauan, yaitu sebesar 7.77 mg/L, melampaui ambang batas baku mutu. Parameter DO ditetapkan sebesar 4 mg/L sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Peraturan Pemerintah, 2021). Hasil pengamatan yang menunjukkan kadar seng terlarut sebesar 0.09 mg/L, jauh di bawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan sebesar 0.05 mg/L, konsentrasi seng terlarut tersebut telah melampaui baku mutu yang dipersyaratkan. Secara umum, mutu air Sungai Marangkayu tergolong agak tercemar (skala 3). Namun, temuan pemantauan keseluruhan dari pra konstruksi tahun 2024 menunjukkan bahwa pengelolaan lingkungan masih diterapkan secara efektif. Maka dari hasil analisis diatas, pintu saluran dari 2,5 m × 2,5 m menjadi 3 m × 3 m sebanyak satu buah pintu baja dengan roda tetap dan juga pergantian pada pipa pengelak dari sebelumnya DN 800 pipa baja menjadi DN 1200 pipa baja untuk memenuhi kebutuhan kapasitas aliran banjir pada Bendungan Marangkayu.

### **SIMPULAN**

Berdasarkan pedoman manajemen suhu beton struktural, pengendalian suhu selama pengecoran beton massal berhasil dilakukan, dengan suhu maksimum di bawah 70°C dan gradien suhu permukaan-inti tidak melebihi 20°C, sehingga mengurangi risiko retak termal. Beton dengan kekuatan, kemudahan pengerjaan, dan daya tahan jangka panjang untuk stabilitas bendungan dihasilkan dengan mengoptimalkan variabel-variabel seperti cuaca, komposisi campuran, dan kualitas air pencampuran di lapangan. Kualitas Air Permukaan Sungai Marangkayu pada masa pra konstruksi tahun 2024 pada titik pemantauan untuk parameter *Dissolve Oxygen (DO)* telah melewati ambang baku mutu yang ditetapkan sehingga perlu dilakukan pengelolaan lingkungan yang lebih ketat lagi untuk kedepannya. Kualitas air permukaan Sungai Marangkayu pada masa pasca konstruksi tahun 2024

pada titik pemantauan untuk parameter *BOD (Biological Oxygen Demand)*, *Dissolved Oxygen*, serta logam terlarut yaitu; besi, mangan dan seng telah melewati ambang baku mutu yang ditetapkan sehingga perlu dilakukan pengelolaan lingkungan yang lebih ketat lagi untuk kedepannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. (2005). *Guide to mass concrete (ACI 207.1R-05)*. American Concrete Institute.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847-2019-Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung sni 1726-2019 persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2021). SNI 9024:2021-Metode pengujian slump flow beton. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Darmawan, M.A., Sumerman, Hermanto, W., & Ikhwanudin (2020). Perencanaan Embung Krajan Kabupaten Grobogan. *Jurnal Teknik Sipil Giratory UPGRIS* 1 (2), 58-68. <https://doi.org/10.26877/giratory.v1i2.9419>
- Fell, R., MacGregor, P., Stapledon, D., & Bell, G. (2015). *Geotechnical engineering of dams (2nd ed.)*. CRC Press.
- Hidayati, N., Sari, R. S. P., Umam, K., & Setiyowati, D. (2024). Optimalisasi Sistem Irigasi Saluran Tersier dan Water Storage Pond di Desa Sowan Kidul Kabupaten Jepara. *Teknika*, 19(1), 38-50. <https://doi.org/10.26623/teknika.v19i1.8041>
- Ikhwanudin, Harjanto, I., & Yudaningrum, F. (2024). *Pengelolaan banjir dengan sistem polder berbasis teknologi informasi dan IoT*. Universitas PGRI Semarang. <https://eprints.upgris.ac.id/3737/>
- Ikhwanudin, Yudaningrum, F., Hidayah, N., & Rossid, A. (2022). Penanggulangan banjir di Jalan Brigjen S. Sudiarto Kota Semarang STA 0+00–8+00. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 10(2), 168–174. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v10i2.61219>
- Ikhwanudin, Yudaningrum, F., & Wardani, A. (2024). Penanganan banjir Daerah Aliran Sungai Babon Kota Semarang. *Jurnal Teknik Sipil GIRATORY UPGRIS*, 5(1), 1–5. <https://doi.org/10.26877/giratory.v1i1.19456>
- Moses, M. K., Nsahlai, N. L., Penka, B. J., & Fru, C. P. (2024). Analysis of the influence of water qualities on the strength of concrete. *Journal of Engineering and Applied Science*, 71, 110. <https://doi.org/10.1186/s44147-024-00432-8>
- Muhiddin, Y., Wibowo, M.A., & Makruf, L. (2024). Analisis Manajemen Risiko pada Bendungan. *Jurnal Ilmiah Nusantara (JINU)*, 1(6), 458-466. <https://doi.org/10.61722/jinu.v1i6.2900>
- Peraturan Pemerintah. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Nomor 6634. <https://jdih.setkab.go.id>
- Novak, P., Moffat, A. I. B., Nalluri, C., & Narayanan, R. (2007). *Hydraulic Structures (4th ed.)*. Taylor & Francis
- Pratama, I. K., Marsudi, S., & Cahya, E. N. (2022). Studi Penjadwalan Pelaksanaan Konstruksi Conduit Pengelak dan Cofferdam pada Bendungan Cijurey Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3(1), 336–343. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2023.003.01.29>
- Prayitno, R. T. (2022). Kajian Pelaksanaan Pengisian Awal Bendungan Way Sekampung. *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, 3(1), 15–19. <https://doi.org/10.23960/jpi.v3n1.75>
- Rajput, A. B., & Joshi, M. M. (2021). Effect of Water Quality on the Strength and Durability Characteristics of Concrete. *International Journal of Innovative Research in Technology (IJIRT)*, 8(1), 964–964. <https://ijirt.org/article?manuscript=151840>
- Rosmawati, & Purba, A. (2021). *Metode pelaksanaan plugging pada terowongan pengelak Bendungan Way Sekampung*. Prosiding Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP), 1(1). <https://doi.org/10.23960/snip.v1i1.103>
- SDA PU. (2025). *Fungsi bendungan dan manfaatnya dalam pengelolaan sumber daya air*. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian PUPR. [sda.pu.go.id](https://sda.pu.go.id)
- Yao, J., Wang, Y., Feng, D. (2022). Application of drainage technique to water diversion tunnels in water-rich karst area. *International Journal of Heat and Technology*, 40(5), 1287-1292. <https://doi.org/10.18280/ijht.400522>