

An aerial photograph of a large-scale dam construction project in a mountainous area. The dam structure is visible as a long, curved concrete wall with multiple buttresses. The surrounding landscape is hilly and covered with sparse vegetation. In the background, more mountains are visible under a cloudy sky. The text is overlaid on the image in a bold, yellow font.

Respon Seismik Tiga Bendungan Urugan terhadap Beban Gempa Flores Mw 7.7, 15 Agustus 2026 Lessons Learnt

Hendra Jitno – Komisi Gempa KNIBB – Institut Teknologi Nasional Bandung (presenter)

Mahdi Ibrahim – Komisi Gempa KNIBB – BHGK

Dimas Satrio Utomo – Balai Teknik Bendungan

Velita Faska Kris Duwita – Balai Teknik Bendungan

Bagus Wiratama – Direktorat Bendungan dan Danau

Rumi Alkindi – Agrinas

11 September 2026

Outline

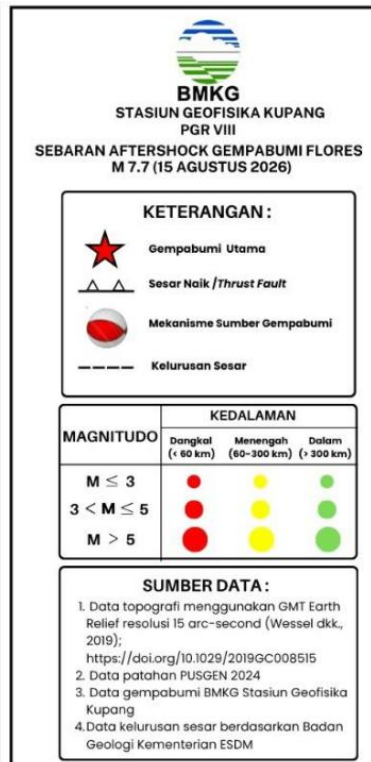
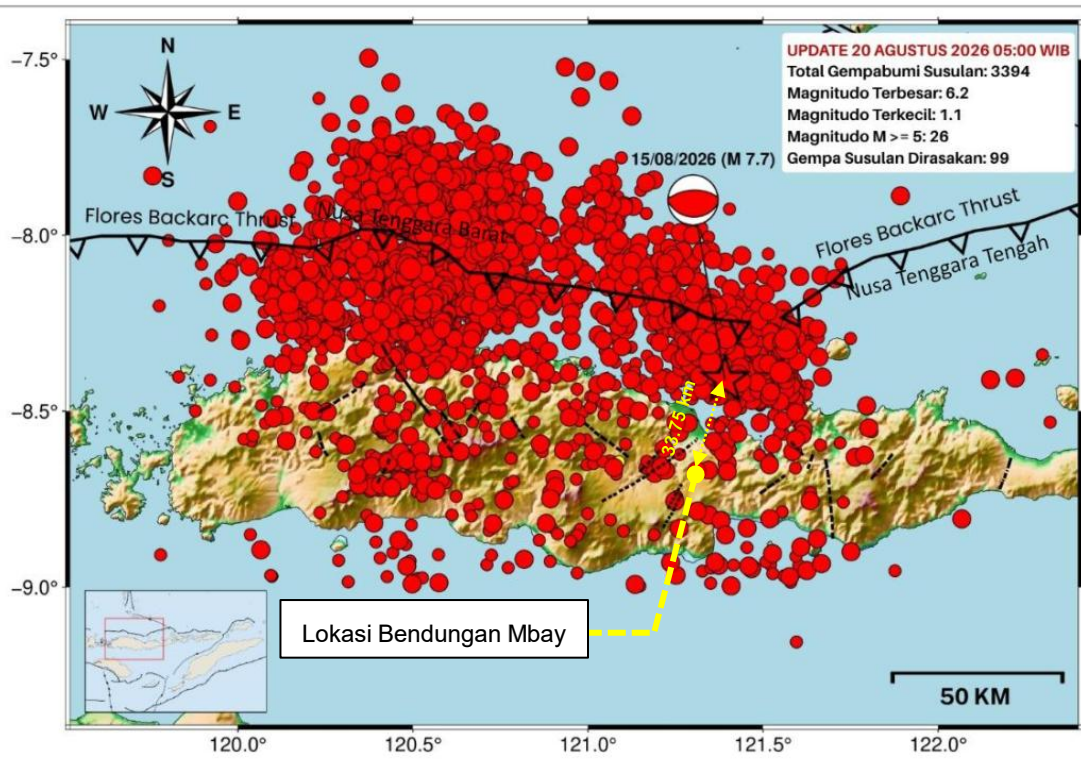
- Introduction
- Gempa Flores and Jarak episenter ke Bendungan yang ditinjau
- Distribusi Bendungan di Indonesia and Bahaya Gempa yg Ada
- Beban Gempa Rencana dan Estimasi Beban Gempa Flores di site
- Respon Seismik Bendungan Napun Gete
- Respon Seismik Bendungan Waerita
- Respon Seismik Bendungan Mbay
- Kesimpulan

Main Shock - Mw 7.7; Aftershocks – up to M6.0

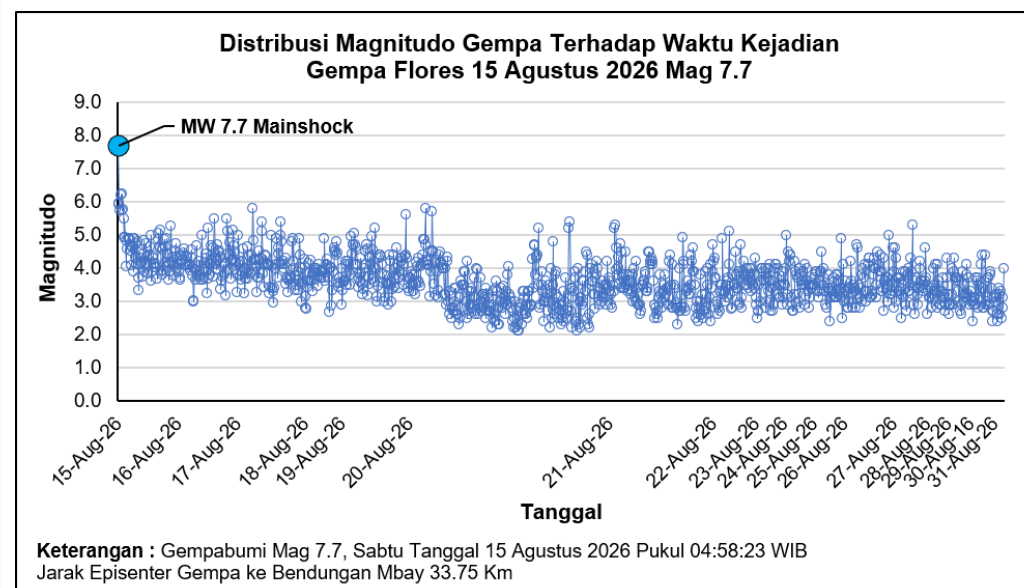
Gempa Flores M7,7 terjadi pada 15 Agustus 2026 pukul 04.58.23 WIB, dengan kedalaman 15 km dan episenter di laut sekitar 30 km timur laut Nagekeo.

Gempa dangkal akibat aktivitas sesar naik *Flores Back-Arc Thrust* ini berjarak sekitar 33,75 km dari Bendungan Mbay dan diikuti 3.394 gempa susulan bermagnitudo M1,1–M6,2 hingga 20 Agustus 2026.

Peta Episenter Gempa Utama Mw 7.7 (15 Agustus 2026) dan Gempa Susulan Hingga Tanggal 20 Agustus 2026 Pukul 05:00 WIB



Monitoring Magnitudo *After Shock* Gempa Flores M 7.7 sampai dengan Tanggal 31 Agustus 2026 Pukul 07:42 WIB



Catatan : Hasil monitoring penulis yang bersumber dari BMKG, memungkinkan terdapatnya perbedaan data dengan BMKG, dikarenakan keterbatasan akses.

Jarak Episenter ke Bendungan² Yang Ditinjau



Bendungan Mbay : PGA: **0.25g~0.35g**

Bendungan Waerita : PGA: **0.08g ~ 0.14g**

Bendungan Napun Gete: PGA: **0.06g ~ 0.11g**

Dihitung berdasarkan rata2 dari rumus atenuasi sbbg:

BSSA14 (Boore, Stewart, Seyhan & Atkinson (2014); Campbel-Bozorgnia 2014;

Chiou-Youngs 2014 and Abrahamson-Silva-Kamai 2014

Data Bendungan dan Beban Gempa Desain berdasarkan Kelas Risiko Bendungan

Data dari PU (2023)

Provinsi	Jumlah	Manfaat_Irigasi	Manfaat_D MI	Manfaat_PLTA
Bali	6	7678.82	0.94	2.04
Banten	4	22339	10.9	3.2
DI Yogyakarta	1	7152	0	0
Jawa Barat	20	372079.5	35.87	6468310.5
Jawa Tengah	44	215396	7886.44	98001267.25
Jawa Timur	34	154261	978.81	327666.96
Kalimantan Selatan	1	5472	0.5	3.3
Kalimantan Timur	6	2129.71	0.834	0
Kalimantan Utara	1	0	0.2	0
Kepulauan Riau	8	0	24.17	0
Lampung	5	182509	5.787	33.4
Maluku	1	0	0	0
Aceh	5	4356	2.741	0
Nusa Tenggara Barat	66	42940.46	1693.944	13761.76
Nusa Tenggara Timur	18	4554	14.73	10.46
Sulawesi Selatan	6	51023	47.75	824.6
Sulawesi Tenggara	1	3604	0.12	1.35
Sulawesi Utara	2	2214	5	3.83

223 Bendungan (2023)

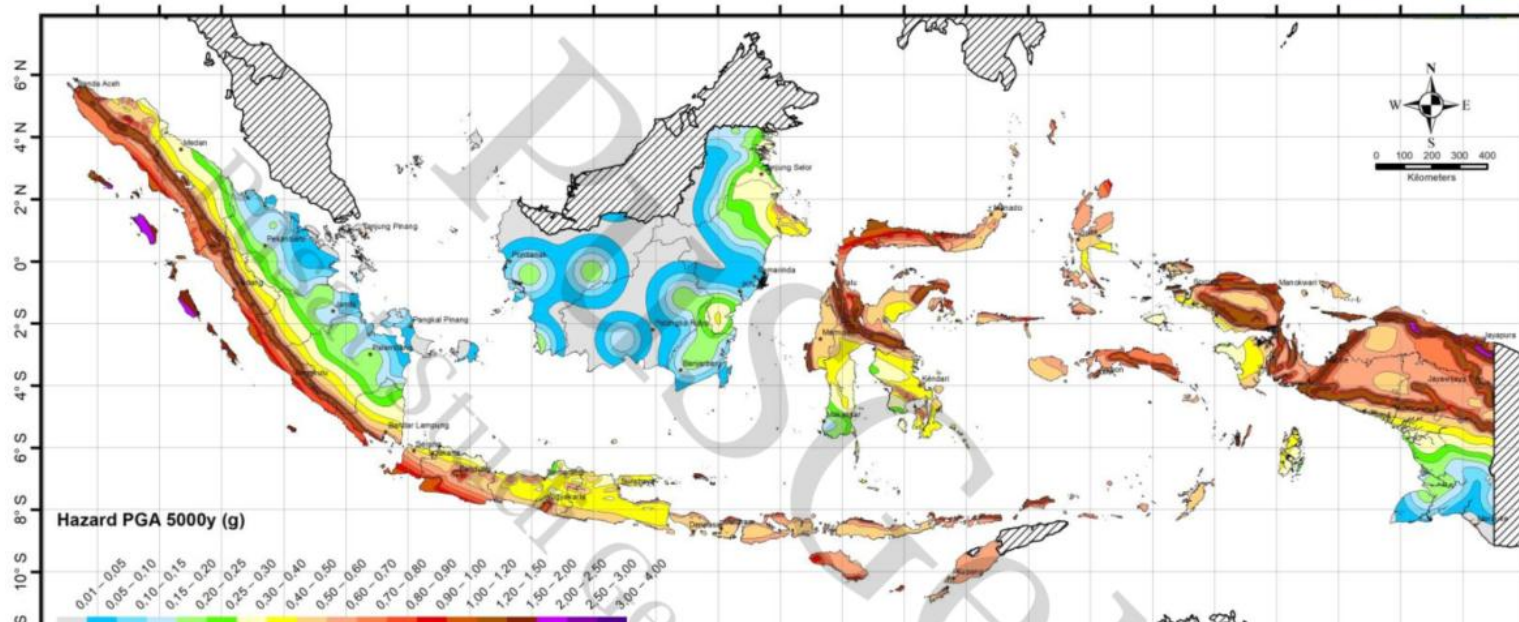
240 Bendungan (2026)

Berdasarkan ICOLD (2010)

Tabel 2.3. Hubungan antara level gempa OBE dan SEE dengan Kelas Risiko Bendungan.

Kelas Risiko	Beban Gempa Rencana	
	OBE	SEE
I (rendah)	Periode Ulang 145 tahun (PSHA)	Periode Ulang 1.000tahun (PSHA) atau 84 th persentile dari MCE (DSHA)
II (moderat)	Periode Ulang 145 tahun (PSHA)	Periode Ulang 3.000 tahun (PSHA) atau 84 th persentile dari MCE (DSHA),
III (tinggi)	Periode Ulang 145 tahun (PSHA)	Periode ulang 5.000 tahun (PSHA) atau 84 th persentile dari MCE (DSHA),
IV (ekstrem)	Periode Ulang 145 tahun (PSHA)	Periode Ulang 10.000 tahun (PSHA) atau 84 th persentile dari MCE (DSHA),

Kontur Peak ground Acceleration utk RP 5000 tahun

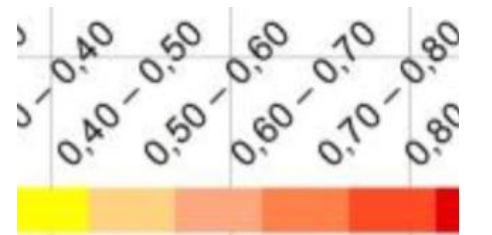
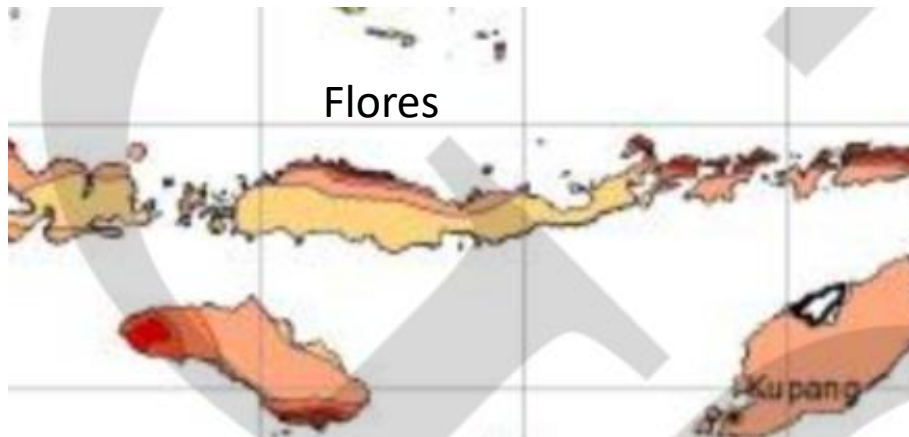


Distribusi Lokasi Bendungan di Indonesia (2026)

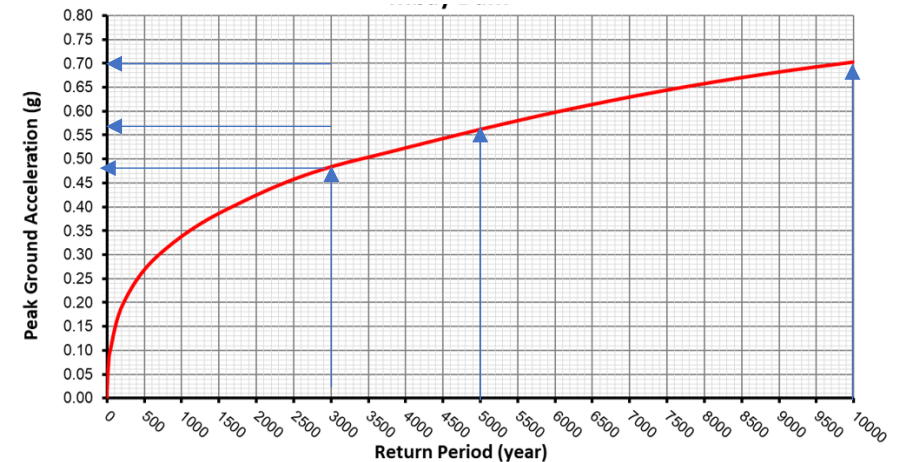


Beban Gempa Design and Strong Motion Accelerograph (SMA)

Parameter	Mbay	Waerita	Napun Gete
Tipe	Urugan zonal, inti tegak	Urugan homogen	Urugan batu, inti tegak
Tinggi	44 m	17,6 m	52 m
Jarak episentral	33,75 km	±107 km	±132 km
Status SMA	Belum terpasang	Tidak tersedia	Terpasang tetapi tidak merekam
Data PGA tapak (est)	0.25g~0.35g	0.08g ~ 0.14g	0.06g ~ 0.11g
Kelas Risiko/Bahaya	Tinggi/Ekstrim	Moderate	Tinggi
PGA -OBE (145 th)	0.17g	0.17g	0.17g
PGA - SEE	0.70g	0.47g	0.57g



Kontur PGA – 2500 th RP



Gambar 3.2. Hazard PGA Vs Periode ulang di bendungan Mbay berdasarkan sumber-gempa terbaru dari studi ini.

PSHA dilakukan pada Bendungan Mbay. Tetapi mengingat lokasi ke tiga Bendungan tersebut mempunyai jarak yang mirip thd Flores Backarc Thrust, maka dapat dianggap hasil PSHA nya akan mirip.

Respon Seismik Bendungan Napun Gete

Estimasi PGA: 0.06g ~ 0.11g

Operating Basis Earthquake : 0.17 g (145 yr RP)

Safety Evaluation Earthquake: 0.57g (5,000 yr RP)

- Dampak Gempa : Penangkal petir mengalami korosi dan roboh.
- Lainnya – Tidak ada

Observasi yang lain :

- Rembesan atau area basah di sekitar STA 0+080 dan 0+100 → bukan karena gempa
- Kelembapan persisten pada lereng hingga kaki hilir → bukan karena gempa
- Longsor pada lereng di atas pelimpah → bukan karena gempa
- V-notch dipengaruhi backwater → bukan karena gempa

Catatan

- Tiga SMA tidak merekam sejak 2024
- Inklinometer tidak dapat digunakan sejak Agustus 2020
- Sebagian OSP dan pneumatic piezometer mengalami gangguan
- Kelas Bahaya Bendungan - Tinggi

Data Teknis Bendungan

- Tipe Bendungan : Rockfill dengan Inti Tegak
- Tinggi Bendungan : 52.00 m (MC-100%)
- Panjang Puncak : 585.00 m
- Lebar Puncak : 10.00 m
- Elevasi Puncak Bendungan : El.+223.00 m
- Elevasi Dasar Pondasi : El.+171.00 m



Respon Seismik Bendungan Waerita

Estimasi PGA: 0.08g ~ 0.14g

Operating Basis Earthquake : 0.17 g (145 yr RP)

Safety Evaluation Earthquake: 0.47g (3,000 yr RP)

- Dampak Gempa = Tidak ada

Catatan

- Tidak ada instrumentasi bendungan
- Kelas Bahaya Bendungan - Moderate

Data Teknis Bendungan

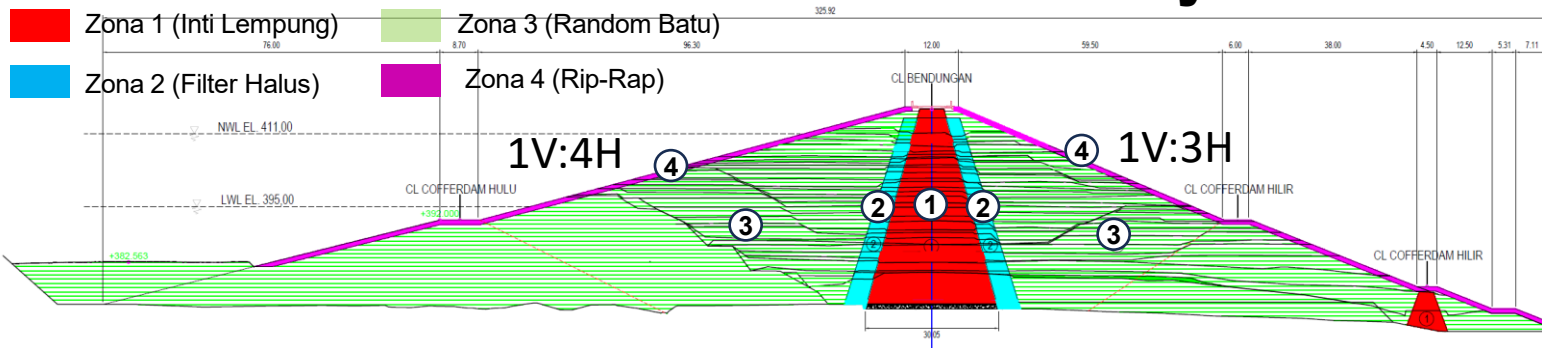
- Tipe Bendungan : Urugan Homogen
- Tinggi Bendungan : 17.60 m
- Panjang Puncak : 102.00 m
- Lebar Puncak : 6.00 m
- Elevasi Puncak Bendungan : El.+76.60 m
- Elevasi Dasar Pondasi : El.+59.00 m



Respon Seismik Bendungan Mbay (Tahap Konstruksi)

Tipikal Potongan Bendungan Utama (Riverbed)

Keterangan :



Estimasi PGA: 0.25g~0.35g

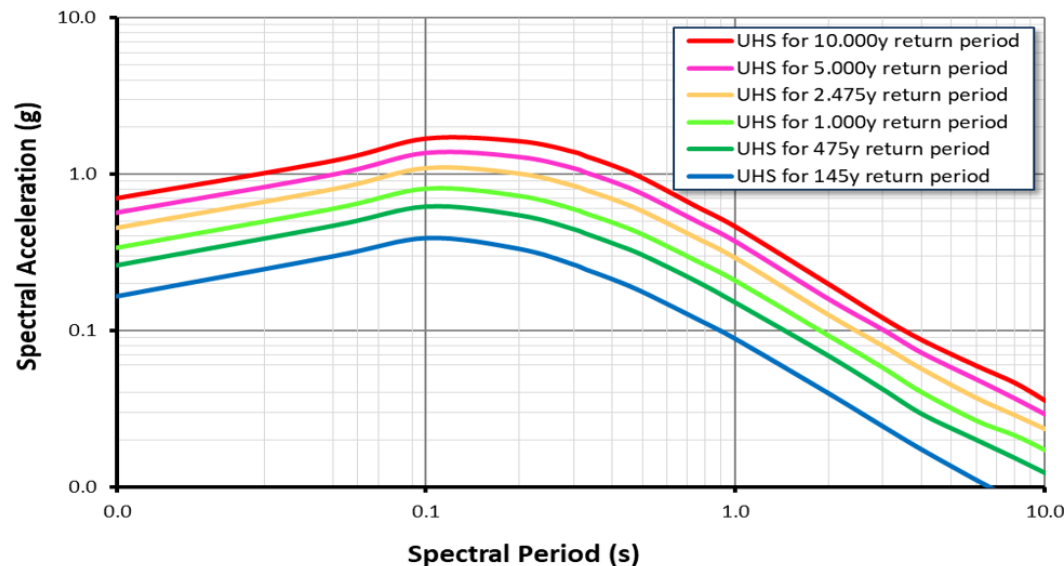
Operating Basis Earthquake : 0.17 g (145 yr RP)

Safety Evaluation Earthquake: 0.70g (10,000 yr RP)

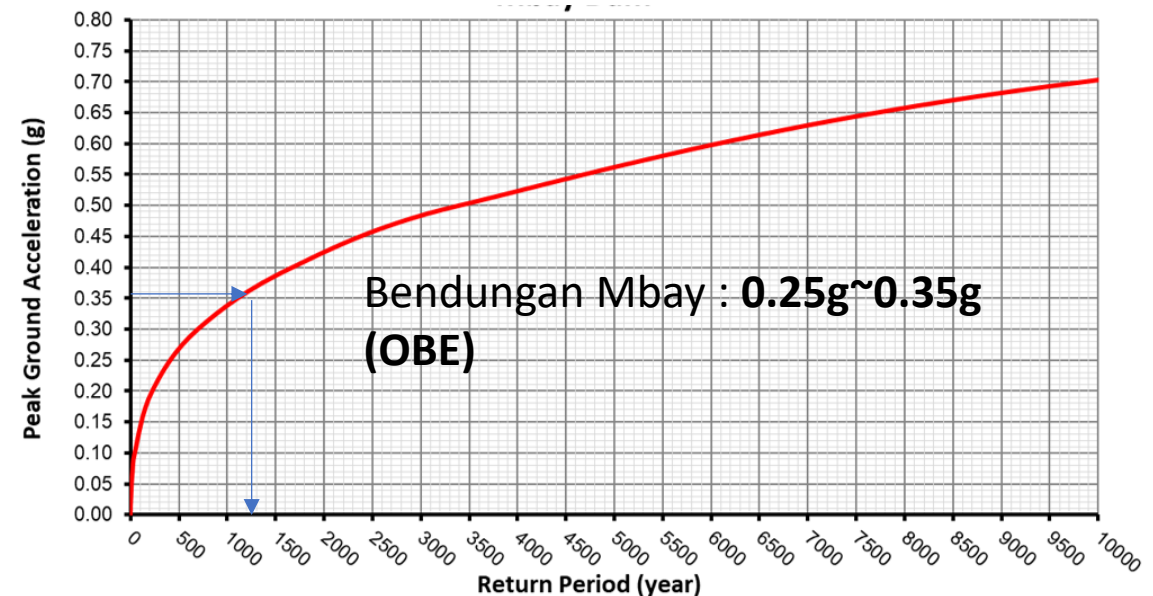
Data Teknis Bendungan

- Tipe Bendungan : Zonal dengan Inti Tegak
- Tinggi Bendungan : 44.00 m
- Panjang Puncak : 380.00 m
- Lebar Puncak : 12.00 m
- Elevasi Puncak Bendungan : El.+416.00 m
- Elevasi Dasar Pondasi : El.+369.00 m

Uniform Hazard Spectra Mbay Dam with V_{s30} 964.6 m/s Spectral Response @ 5% Damping - Average Horizontal Componen

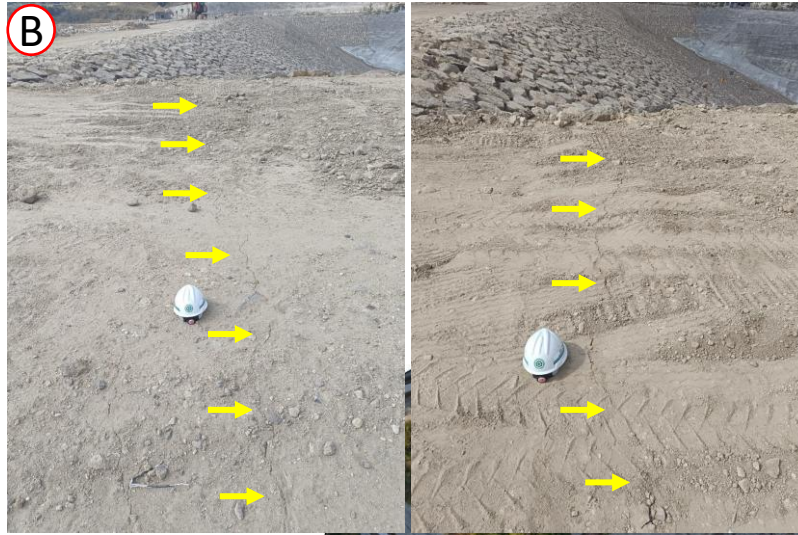


Gambar 3.1. Grafik uniform hazard spektra di Bendungan Mbay untuk berbagai periode ulang gempa berdasarkan sumber-sumber gempa dari studi ini.



Gambar 3.2. Hazard PGA Vs Periode ulang di bendungan Mbay berdasarkan sumber-gempa terbaru dari studi ini.

Bendungan Mbay

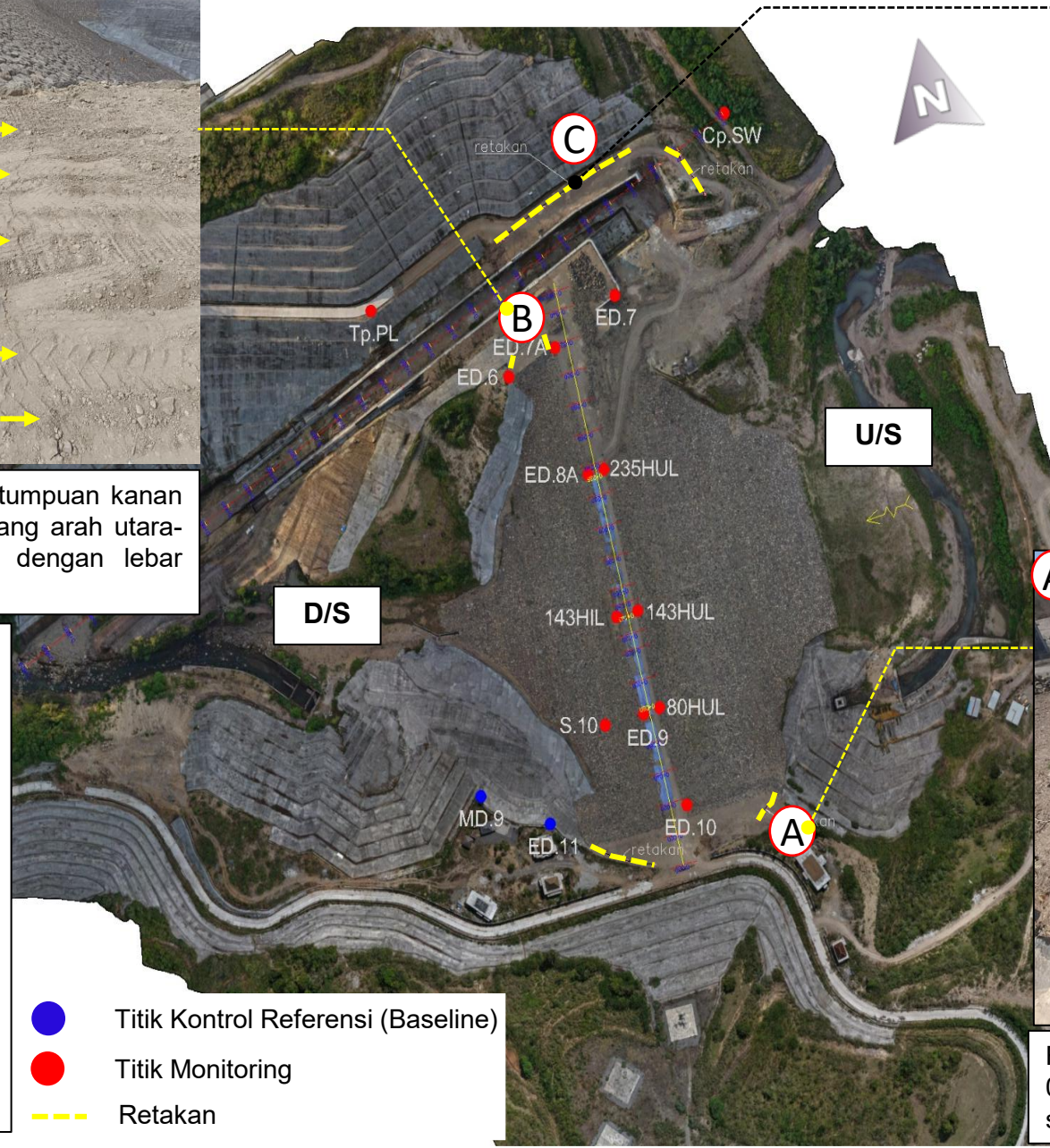


Retakan pada timbunan *secondary* pada tumpuan kanan sta 0+320 sisi hilir, arah retakan memanjang arah utara-selatan, dengan panjang retakan 6 m dengan lebar retakan 2-3 cm.

Catatan :

- Retakan yang terjadi pada timbunan *secondary* yang menyatu dengan timbunan bendungan utama bagian *shell* (zona 3).
- Retakan tersebut tidak berpengaruh terhadap konstruksi utama bendungan.
- Timbunan *secondary* seperti yang ditunjukkan pada poin **A** merupakan timbunan tambahan untuk memperluas area lahan bangunan FASOP.
- Timbunan *secondary* seperti yang ditunjukkan pada poin **B** untuk menghubungkan timbunan bendungan utama dengan bukit tumpuan pada bagian hilir, dan sebagai jalan akses ke lokasi alat stasiun klimatologi yang sudah terpasang di area tersebut.

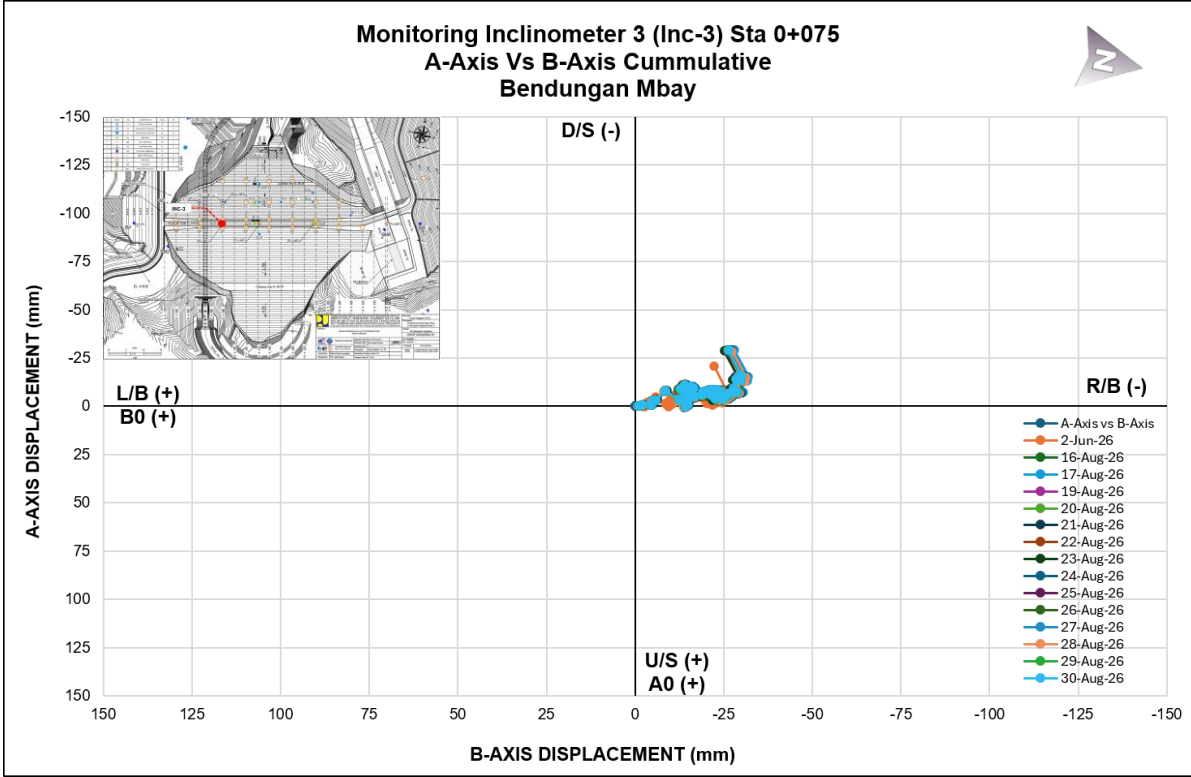
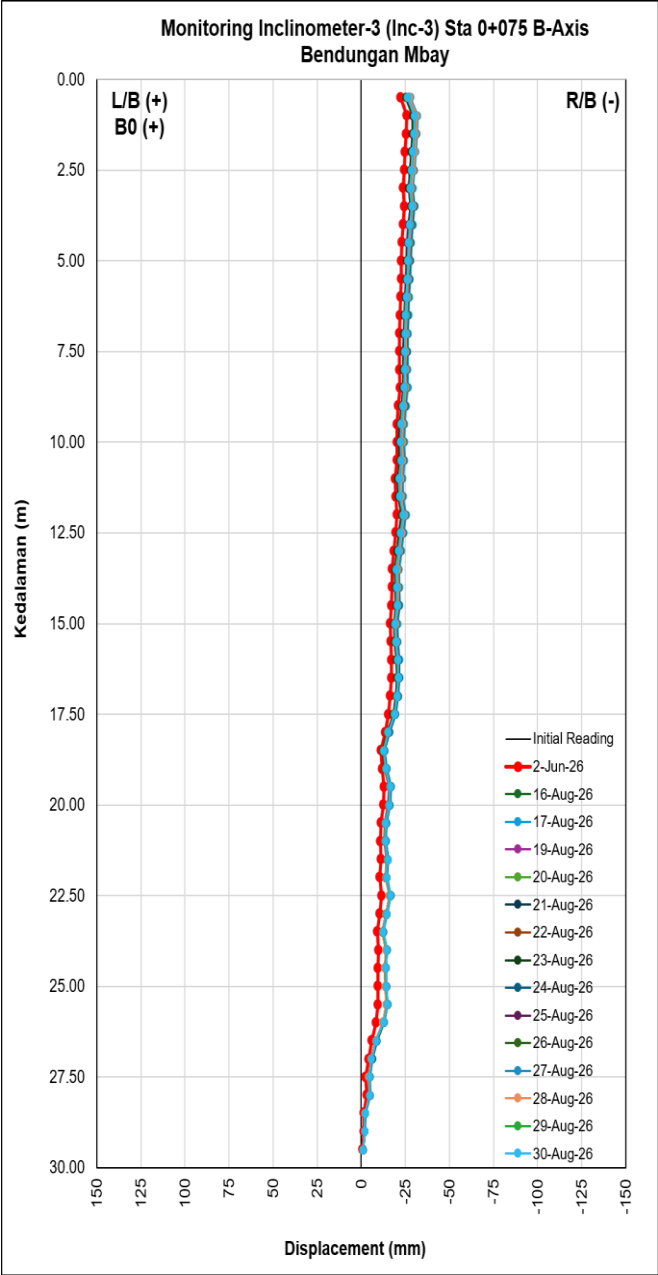
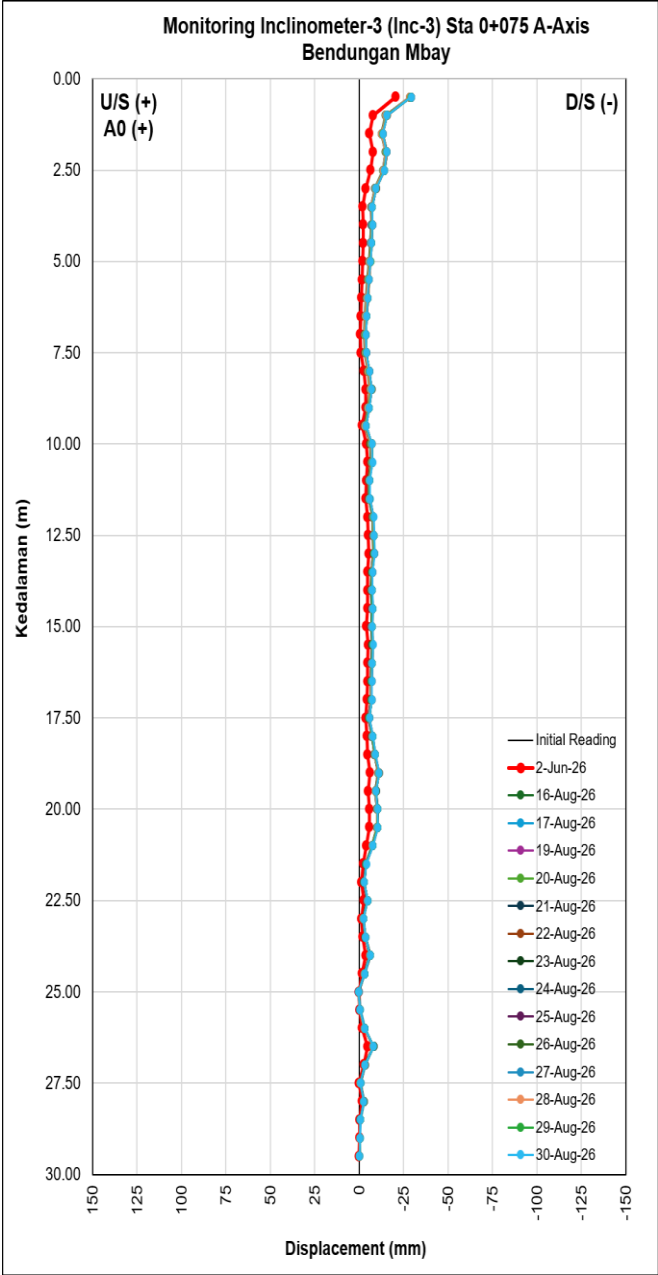
- Titik Kontrol Referensi (Baseline)
- Titik Monitoring
- Retakan



Retakan arah memanjang pada *bench* galian spillway elevasi +416, arah retakan barat-timur dengan panjang 100 meter, lebar retakan 1 – 5 cm.



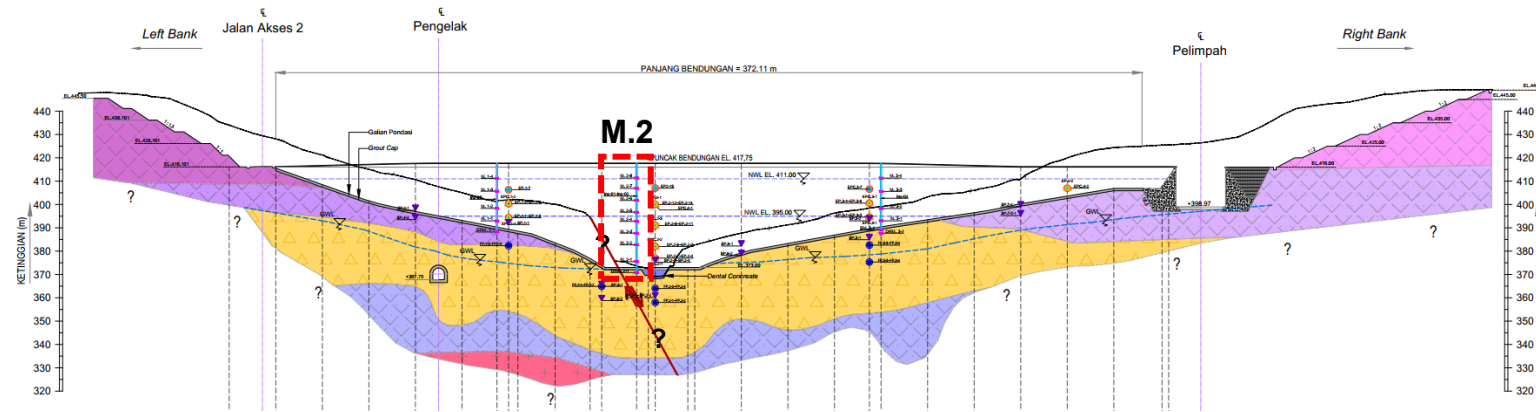
Retakan pada timbunan *secondary* pada tumpuan kiri Sta 0+000 sisi hulu, arah retakan memanjang dari sisi utara-selatan, dengan panjang 15 m dengan lebar 2 cm.



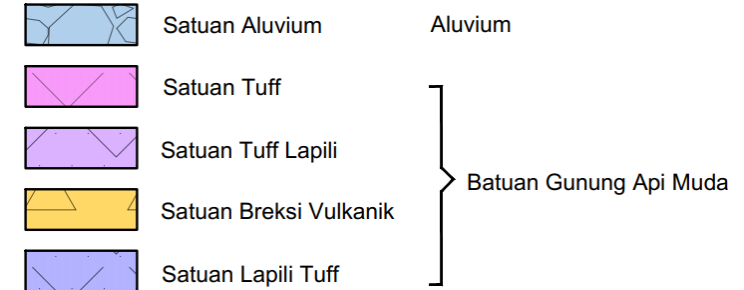
Summary Pengamatan Deformasi Inclino-3 Sebelum dan Pasca Gempa

Tanggal	Sebelum Gempa		Aftershock		Deviasi (mm)	
	2-Jun-26		30-Aug-26			
	Displacement (mm)		Displacement (mm)			
	A-Axis	B-Axis	A-Axis	B-Axis	A-Axis	B-Axis
Max	0.23	-0.71	0.28	-1.04	0.05	0.33
Min	-20.58	-25.74	-29.30	-30.18	8.72	4.44
Rata-Rata	-3.57	-15.73	-6.81	-18.86	3.24	3.14

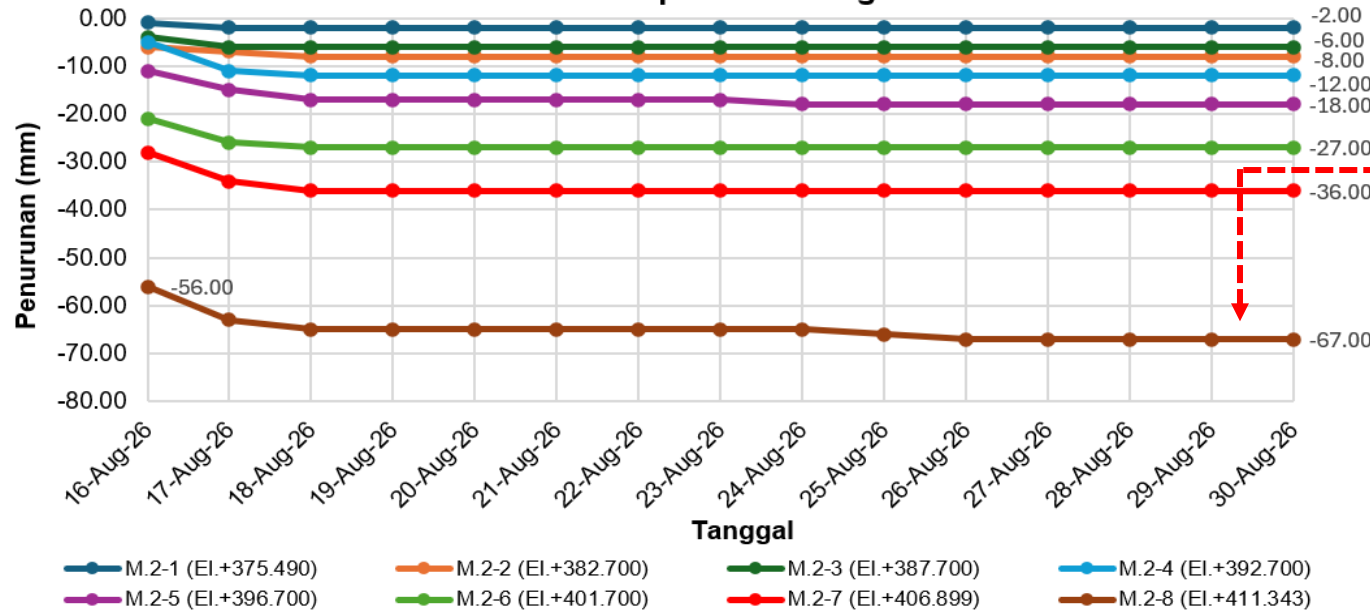
Potongan Memanjang Penempatan Alat Instrumen Bendungan Utama



Keterangan :

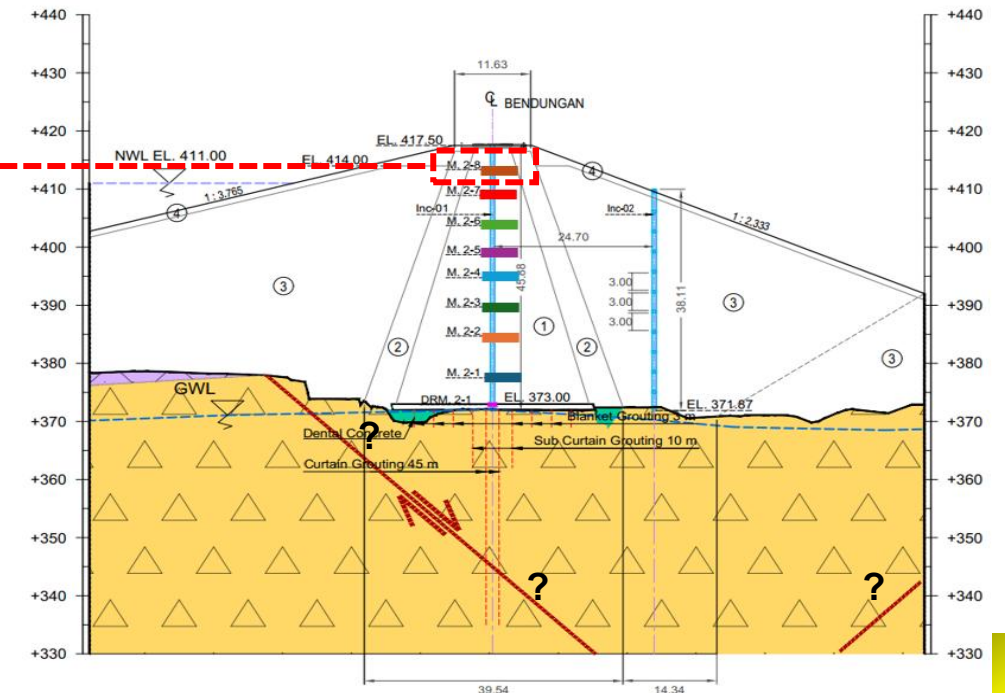


Monitoring Penurunan Settlement Plate Sta 0+135
Pasca Gempa Flores Mag 7.7

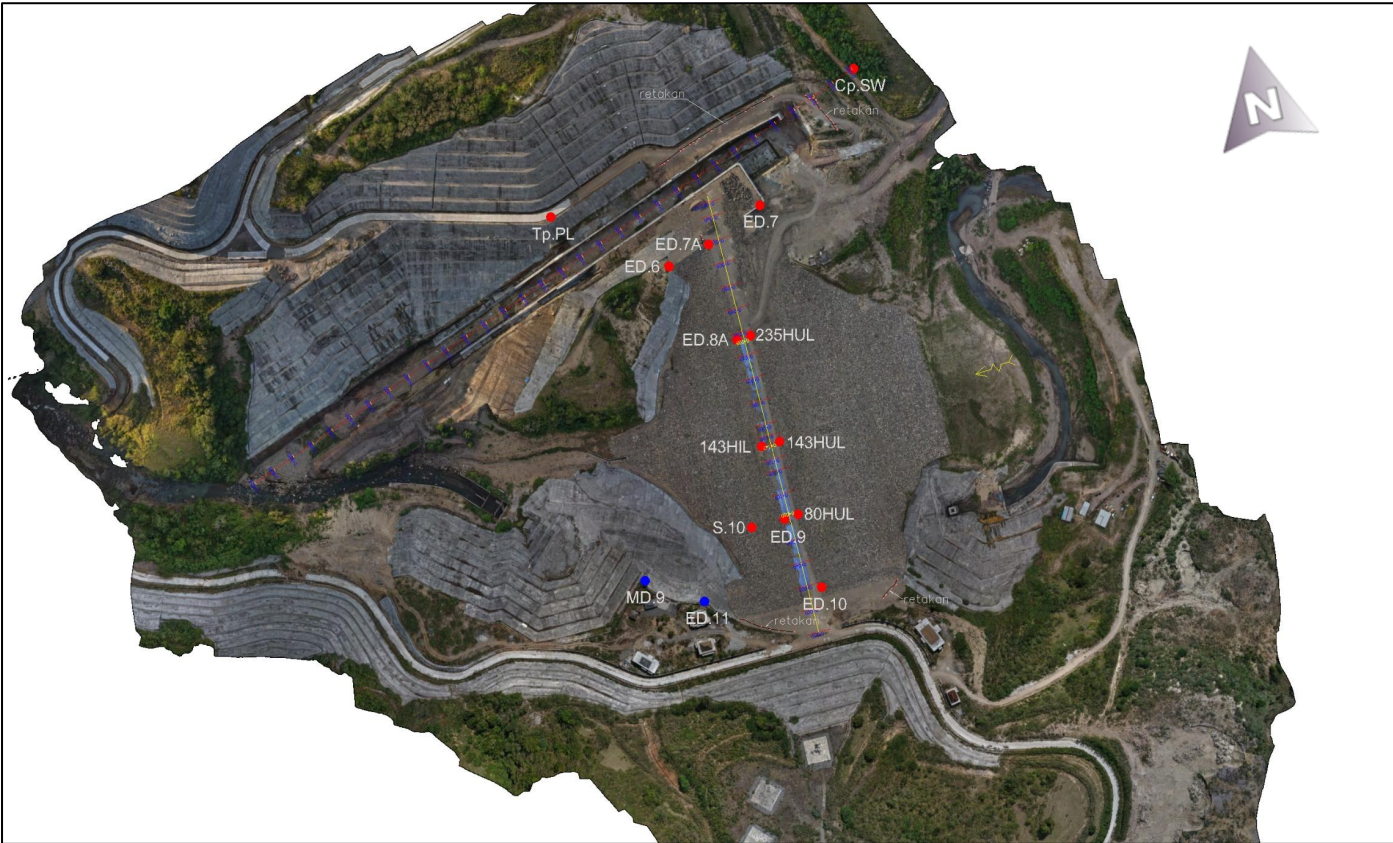


Keterangan : Gempabumi Mag 7.7, Sabtu Tanggal 15 Agustus 2026 Pukul 04:58:23 WIB
Jarak Episenter Gempa ke Bendungan Mbay 33.75 Km

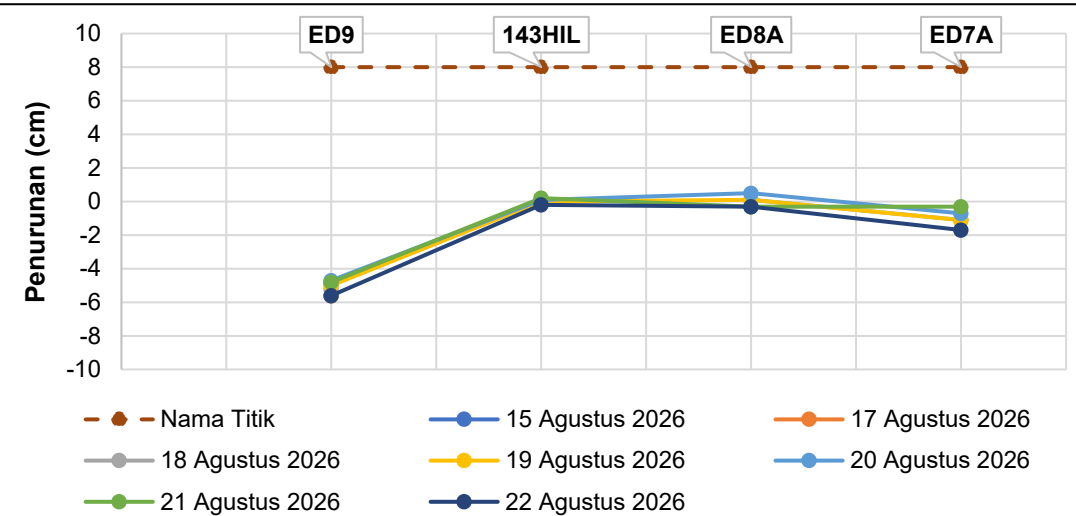
Potongan Melintang Penempatan Settlement Plate Magnet Sta 0+135



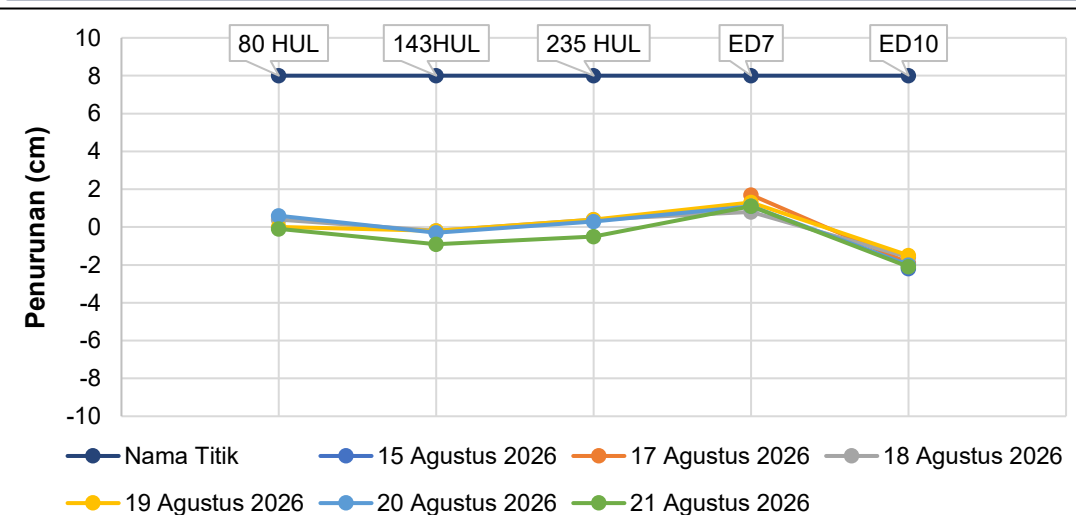
Layout Photogrammetry Bendungan Utama dan Penempatan Titik Pengukuran Puncak Bendungan



Grafik Monitoring Penurunan Puncak Bendungan Hilir Pasca Gempa



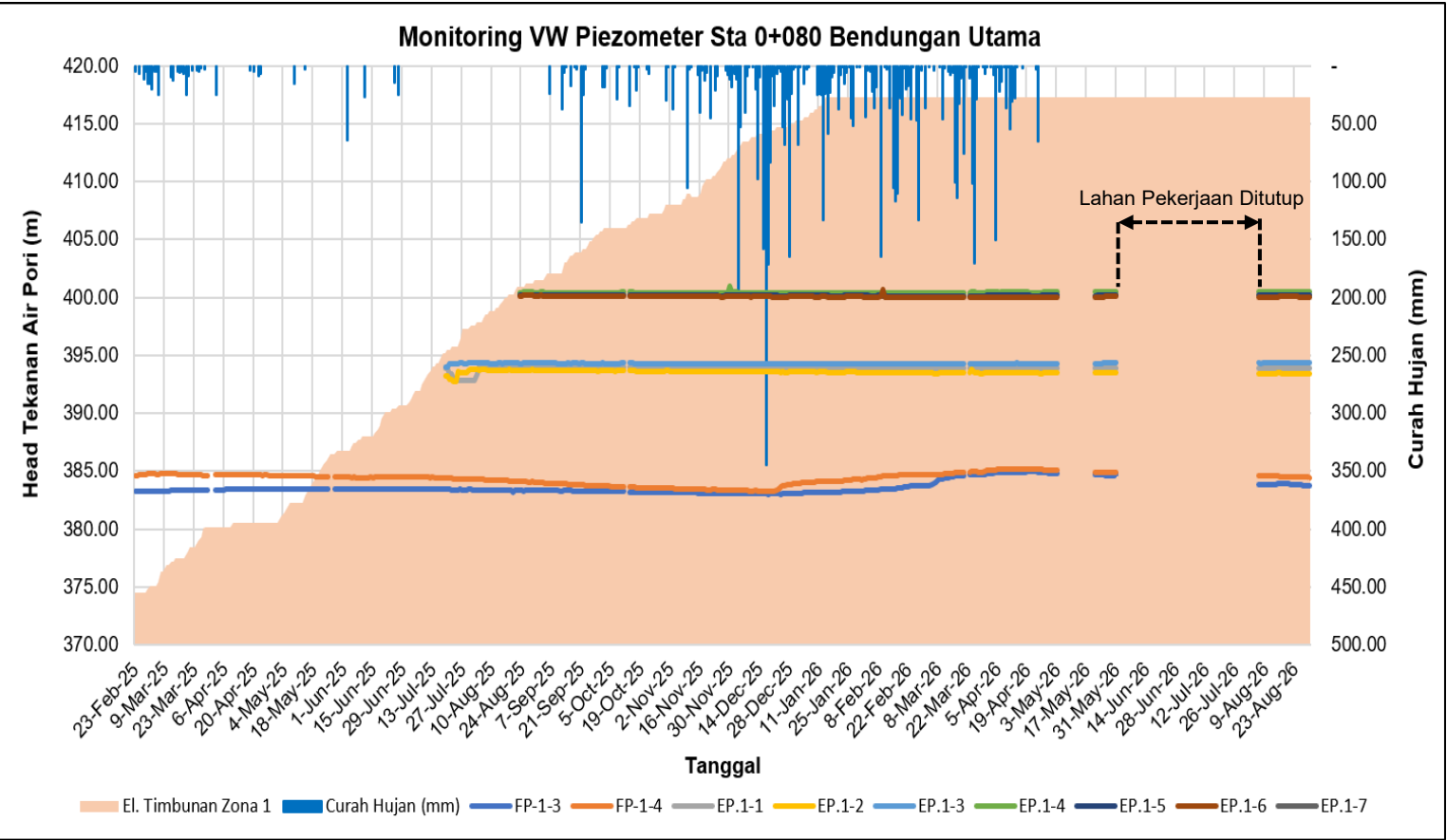
Grafik Monitoring Penurunan Puncak Bendungan Hulu Pasca Gempa



Keterangan :

- Hasil pengukuran titik referensi pada puncak bendungan, penurunan puncak bendungan pasca gempa sebesar -5.00 cm pada titik initial ED.9 (hilir) dan sebesar 2.10 cm pada titik initial ED.10 (hulu) yang diukur pada tanggal 15 Agustus 2026 (dengan faktor koreksi ketelitian alat ± 1.00 cm).

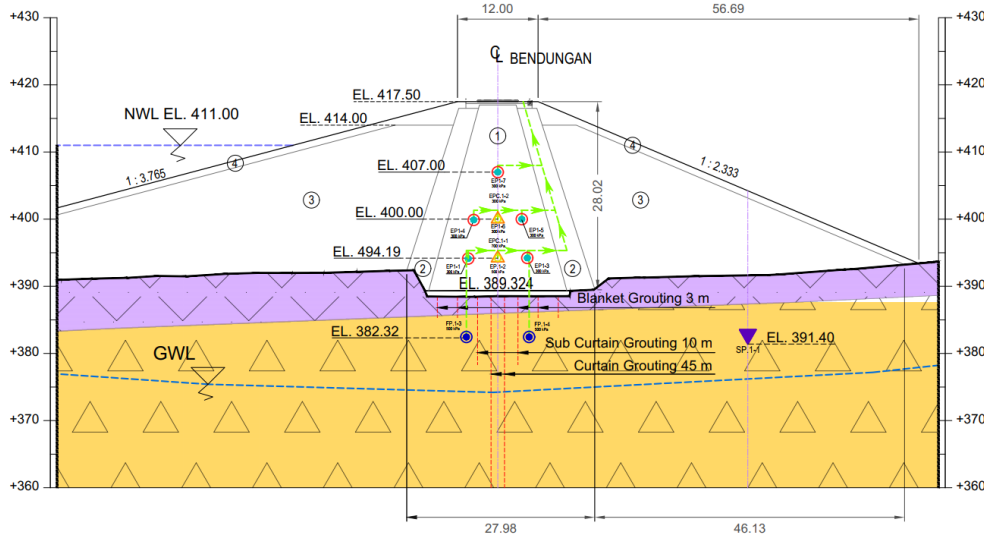
Grafik Monitoring VW Piezometer Sta 0+080 Bendungan Utama



Keterangan :

- Hasil monitoring piezometer pada timbunan zona 1 (inti) pasca terjadi gempa tanggal 15 Agustus 2026 tidak menunjukkan adanya lonjakan tekanan air pori, dengan hasil besaran tekanan air pori yang terukur pasca gempa mengikuti tren tekanan air pori yang sudah termonitoring sejauh ini, dengan rata-rata deviasi pembacaan sebelum dan pasca gempa rata-rata sebesar 0.01 – 0.03 mH₂O.

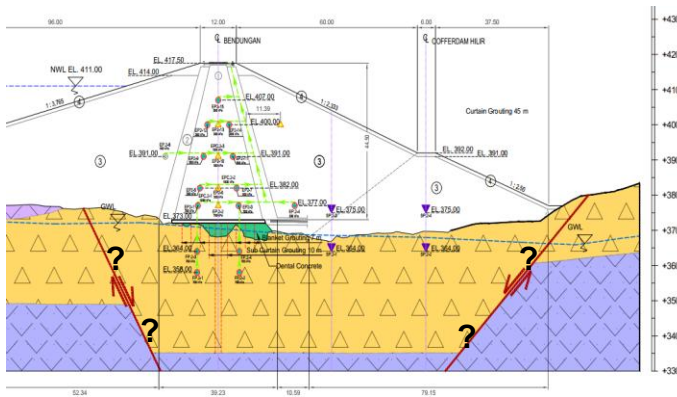
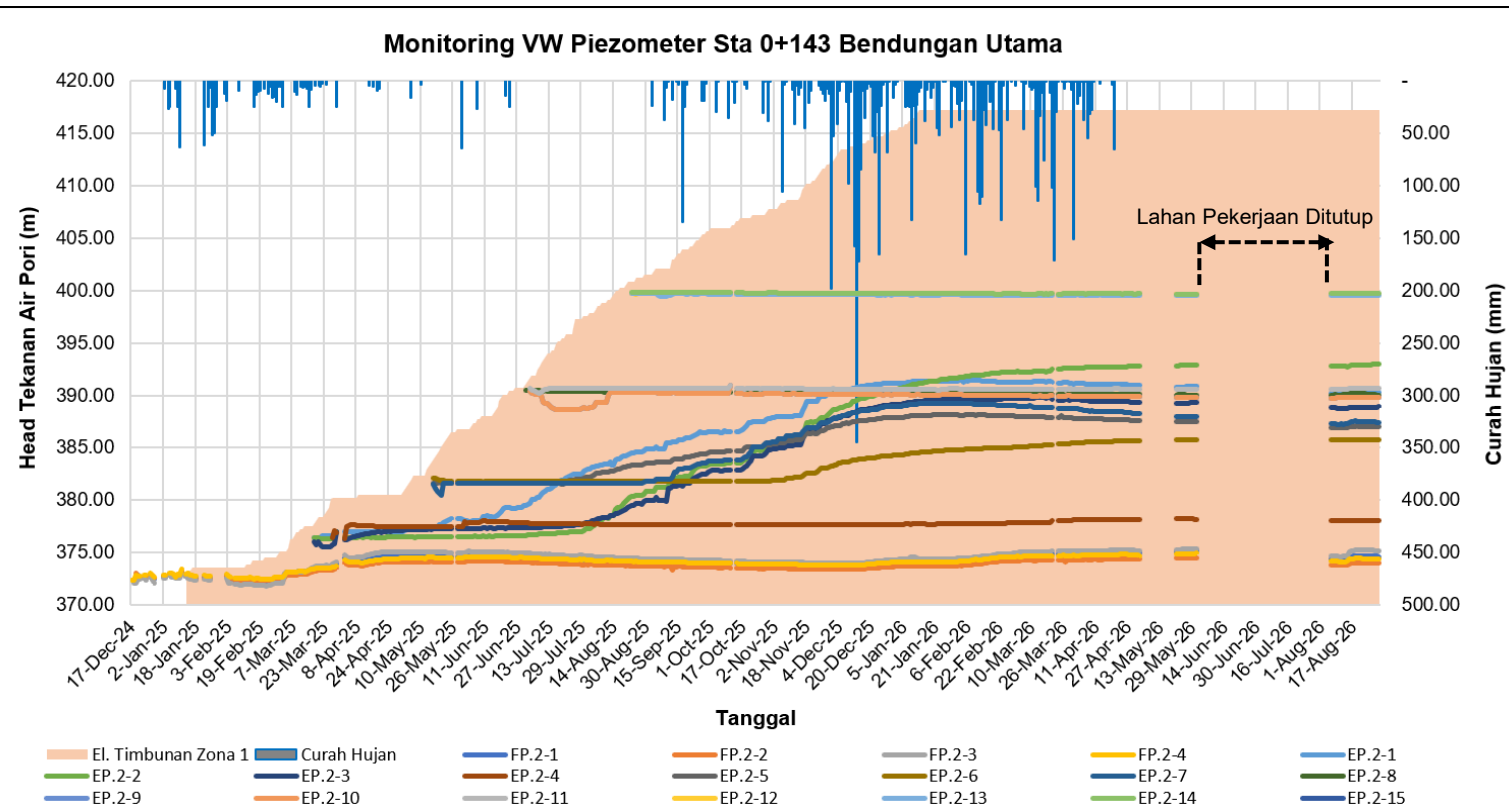
Potongan Melintang Penempatan Piezometer Sta 0+080



Summary Pembacaan Tekanan Air Pori Sebelum dan Pasca
Terjadi Gempa

No	Label Piezometer	Elevasi (m)	Bacaan Tekanan Air Pori		Deviasi (mH ₂ O)
			14-Aug-26 Sebelum Gempa mH ₂ O	30-Aug-26 Setelah Gempa mH ₂ O	
1	FP-1-3	382.48	1.40	1.30	-0.09
2	FP-1-4	382.45	2.14	2.01	-0.13
3	EP.1-1	394.30	0.44	-0.43	-0.86
4	EP.1-2	394.30	0.87	0.86	-0.01
5	EP.1-3	394.30	0.04	0.04	0.00
6	EP.1-4	400.30	0.19	0.21	0.03
7	EP.1-5	400.30	0.14	0.12	-0.02
8	EP.1-6	400.30	0.26	0.26	0.00
9	EP.1-7				

Grafik Monitoring VW Piezometer Sta 0+143 Bendungan Utama



Keterangan :

- Hasil monitoring piezometer pada timbunan zona 1 (inti) pasca terjadi gempa tanggal 15 Agustus 2026 tidak menunjukkan adanya lonjakan tekanan air pori, dengan hasil besaran tekanan air pori yang terukur pasca gempa mengikuti tren tekanan air pori yang sudah termonitoring sejauh ini, dengan rata-rata deviasi pembacaan sebelum dan pasca gempa rata-rata sebesar 0.01 – 0.50 mH₂O.

Summary Pembacaan Tekanan Air Pori Sebelum dan Pasca Terjadi Gempa

No	Label Piezometer	Elevasi (m)	Bacaan Tekanan Air Pori		Deviasi (mH2O)
			14-Aug-26	30-Aug-26	
			Sebelum Gempa	Setelah Gempa	
			mH2O	mH2O	
1	FP.2-1	358.00	16.46	16.63	0.16
2	FP.2-2	358.06	15.78	15.96	0.19
3	FP.2-3	363.80	10.90	11.40	0.50
4	FP.2-4	364.40	9.77	9.96	0.19
5	EP.2-1	377.00	13.17	13.32	0.14
6	EP.2-2	377.00	15.76	15.99	0.23
7	EP.2-3	377.00	11.77	11.90	0.13
8	EP.2-4	376.87	1.19	1.15	-0.03
9	EP.2-5	382.00	4.95	5.02	0.07
10	EP.2-6	382.00	3.76	3.75	0.00
11	EP.2-7	382.00	5.28	5.43	0.15
12	EP.2-8	391.00	0.91	0.95	0.04
13	EP.2-9	391.00	1.20	1.19	-0.01
14	EP.2-10	391.00	0.33	0.33	-0.01
15	EP.2-11	391.00	0.42	0.29	-0.13
16	EP.2-12	400.00	0.35	0.36	0.01
17	EP.2-13	400.00	0.43	0.40	-0.03
18	EP.2-14	400.00	0.29	0.29	0.00
19	EP.2-15				

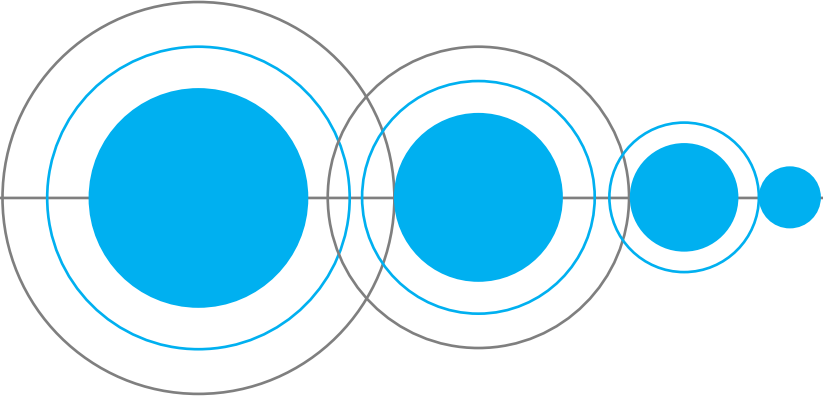
Kesimpulan dan “Lessons Learnt”

1. Gempa Flores Mw 7,7 merupakan “uji lapangan” yang penting bagi ketiga bendungan. Berdasarkan inspeksi visual dan data yang tersedia, **tidak ditemukan indikasi kegagalan besar pada tubuh bendungan, ketidakstabilan menyeluruh, overtopping, ataupun pelepasan air waduk yang tidak terkendali.**
2. Observasi ini **belum cukup untuk menyimpulkan bahwa ketiga bendungan telah terbukti aman terhadap SEE**, karena intensitas guncangan berbeda pada setiap lokasi, kondisi instrumentasi tidak semuanya memadai, dan kondisi muka air saat gempa belum tentu mewakili kondisi operasi kritis.
3. Bendungan Mbay menerima guncangan terbesar dan memperlihatkan beberapa respons lokal berupa retakan pada timbunan sekunder, retakan panjang pada bench galian spillway, serta perubahan elevasi yang perlu diverifikasi. Meskipun demikian, piezometer inti tidak menunjukkan lonjakan tekanan air pori yang jelas.
4. Pada Napun Gete dan Waerita tidak terdapat bukti kuat kerusakan utama yang langsung diakibatkan gempa, tetapi terdapat sejumlah masalah eksisting—rembesan, kelembapan lereng, longsoran di sekitar spillway, sedimentasi, dan instrumen tidak berfungsi—yang mengurangi kemampuan untuk menilai respons bendungan secara meyakinkan

Kesimpulan dan “Lessons Learnt”

5. Gempa Flores Mw 7,7 tidak menyebabkan kegagalan besar pada ketiga bendungan, tetapi mengungkap kelemahan penting pada **instrumentasi, baseline monitoring, drainase, rembesan, bangunan pelengkap, dan kesiapan operasi**. Pelajaran utamanya bukan sekadar bahwa bendungan “selamat”, melainkan bahwa keselamatan hanya dapat dibuktikan melalui data pra- dan pascagempa yang andal, evaluasi berbasis OBE–SEE, serta tindak lanjut yang terukur.





SEKIAN DAN TERIMAKASIH

