



Analisa Hasil *Monitoring* Instrumentasi Geoteknik Sebagai Keamanan Tubuh Bendungan Sadawarna

Alvin Frinandy*, Vitus Dwi Yuniarto Budi Ismadi

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: frinandyalvinn@gmail.com

(Received: November 1, 2023; Accepted: December 8, 2023)

Abstract

Analysis of Geotechnical Instrumentation Monitoring Results for Sadawarna Dam Body Safety. Sadawarna Dam is located in Sadawarna Village, Cibogo District, Subang Regency, West Java. At this time Sadawarna Dam is filling and has reached the reservoir water level (MAW) elevation of +76.35. To determine the behavior and level of safety when charging is carried out until the dam is operated, a monitoring device in the form of geotechnical instrumentation must be installed. Instrumentation are monitored such as the foundation and body of the dam, in the form of pore water pressure gauges, horizontal & vertical directional movements, seepage discharge, surface motion at the top and downstream of the dam and groundwater level fluctuations downstream of the dam. From the results of monitoring the dam instrumentation, the condition of the geotechnical instrumentation is functioning properly but the condition of the dam after impounding up to the water level elevation +76.35 is in an alert condition.

Keywords: dam, instrumentation, geotechnical

Abstrak

Bendungan Sadawarna terletak di Desa Sadawarna, Kecamatan Cibogo, Kabupaten Subang. Pada saat ini, Bendungan Sadawarna dalam proses pengisian sudah mencapai muka air waduk elevasi +76,35. Untuk mengetahui perilaku serta tingkat keamanan saat pengisian dilaksanakan hingga bendungan dioperasikan, maka dipasang alat pemantau berupa instrumentasi geoteknik. Instrumentasi yang dimonitoring seperti bagian fondasi dan tubuh bendungan, berupa alat pengukur tekanan air pori, pergerakan arah horizontal & vertikal, debit rembesan, gerak permukaan pada puncak dan hilir bendungan, serta fluktuasi muka air tanah di hilir bendungan. Dari hasil monitoring instrumentasi bendungan, kondisi alat instrumentasi geoteknik berfungsi dengan baik, namun kondisi bendungan pasca *impounding* hingga elevasi muka air +76,35 berada pada kondisi waspada.

Kata kunci: bendungan, instrumentasi, geoteknik

How to Cite This Article: Frinandy, A. & Ismadi, V. D. Y. B. (2023). Analisa Hasil Monitoring Instrumentasi Geoteknik Sebagai Keamanan Tubuh Bendungan Sadawarna. *JPII*, 1(8), 333-338. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2023.23911>

PENDAHULUAN

Bendungan, selain memiliki manfaat yang besar, juga memiliki potensi bahaya besar. Bendungan yang runtuh akan menyebabkan banjir yang parah sampai jauh

ke hilir yang dapat menyebabkan banyak korban jiwa, properti, fasilitas umum dan kerusakan lingkungan yang parah di daerah hilir. Untuk mencegah bencana tersebut, setiap bendungan harus dipantau dan dipelihara dengan

baik. Dengan pengawasan yang baik, pengelola mengetahui permasalahan yang terjadi di bendungan, sehingga dapat ditentukan langkah yang diperlukan di samping menjamin berfungsinya infrastruktur pendukung bendungan sebagaimana mestinya.

Pengisian awal waduk (*impounding*) Bendungan Sadawarna telah dilaksanakan pada akhir tahun 2022. Pengisian awal waduk dilakukan setelah pelaksanaan konstruksi bendungan selesai. Pengisian awal waduk merupakan uji coba bendungan dengan diberi beban sesuai dengan rencana, guna mengetahui apakah bendungan aman dan dapat berfungsi.

Dalam rangka mengetahui perilaku bendungan selama pelaksanaan konstruksi, perlu dilakukan pemantauan terhadap perilaku bendungan kemudian dibandingkan dengan perilaku bendungan yang direncanakan. Selanjutnya pada periode pengisian awal waduk merupakan periode yang kritis sehingga pada periode tersebut perlu dilakukan pemantauan secara intensif.

Untuk mengetahui perilaku serta tingkat keamanan saat pengisian dilaksanakan dan dioperasikan bendungan, maka dilakukan pemantau alat-alat instrumentasi yang telah dipasang. Dengan dipasangnya alat-alat instrumentasi maka dapat diketahui atau dimonitor sedini mungkin jika ada kerusakan dan perubahan-perubahan pada tubuh bendungan atau struktur bendungan yang ada. Adapun instrumentasi yang terpasang pada bendungan Sadawarna yaitu *open pipe piezometer, embankment vibrating wire piezometer, foundation vibrating wire piezometer, multilayer settlement plate, inclinometer, surface movement points, observation well, seepage measuring device, staff gauge, accelerometer*.

Dalam rangka memenuhi amanat Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2020 tentang perubahan atas Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan, maka pada tahun 2022 SNVT Pembangunan Bendungan Balai Besar Wilayah Sungai Brantas melaksanakan kegiatan Monitoring dan Evaluasi Bendungan Sadawarna Pelaksanaan Konstruksi di Kabupaten Subang.

Bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, dan beton, yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Menurut Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan yang mengatur mengenai pembangunan bendungan dan pengelolaan bendungan. Sebagaimana disebutkan dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRT/M/2015, pasal 2 dinyatakan bahwa pembangunan bendungan dan pengelolaan bendungan beserta waduknya harus dilaksanakan berdasarkan pada

konsepsi keamanan bendungan dan kaidah-kaidah keamanan bendungan yang tertuang dalam berbagai norma, standar, pedoman dan manual untuk meningkatkan kemanfaatan fungsi sumber air, pengawetan air, pengendalian daya rusak air, dan fungsi pengamanan tampungan limbah tambang atau tampungan lumpur. Konsepsi keamanan bendungan terdiri dari 3 (tiga) pilar yaitu:

1. Keamanan struktur berupa aman terhadap kegagalan struktural, aman terhadap kegagalan hidraulis, dan aman terhadap kegagalan rembesan,
2. Operasi, pemeliharaan dan pemantauan; dan
3. Kesiapsiagaan tindak darurat.

Maksud pemasangan instrumentasi adalah untuk mengetahui perilaku pada struktur bendungan, dengan dipasangnya instrumentasi maka dapat diketahui sedini mungkin jika ada kerusakan dan perubahan-perubahan pada tubuh bendungan atau struktur bendungan yang ada. Jenis dan jumlah instrumentasi yang dipasang di Bendungan Sadawarna adalah sebagaimana yang tercantum pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Jumlah instrumentasi Bendungan Sadawarna

No	Nama Alat	Jumlah
1	Open Pipe Piezometer	11
2	Embankment VW Piezometer	56
3	Foundation VW Piezometer	20
4	Multilayer Settlement Plate	4
5	Inclinometer	4
6	Crest Movement Point	23
7	Surface Movement Point	41
8	Observation Well	15
9	Staff Gauge	2
10	Vnotch	6
11	Accelerograph	1
12	AWLR	1
13	Vibrating Wire Triaxial Joinmeter	4
14	Climatologi Station	1

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui garis *phreatis* dari pembacaan instrumentasi terpasang serta mengetahui kondisi keamanan bendungan saat pengisian atau *impounding* sampai muka air waduk (MAW) pada tanggal 31 Desember 2022.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di area Bendungan Sadawarna, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Penelitian terdiri dari pengambilan data *embankment vibrating wire piezometer, foundation vibrating wire piezometer, Open Standpipe Piezometer*.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *VW Readout Unit* untuk mengukur tekanan pori air tanah, baik menengah atau rendah.
2. *Depth Meter* untuk mengukur tinggi muka air secara vertikal pada lubang *Open Stand Pipe Piezometer*.

Langkah-langkah Penelitian

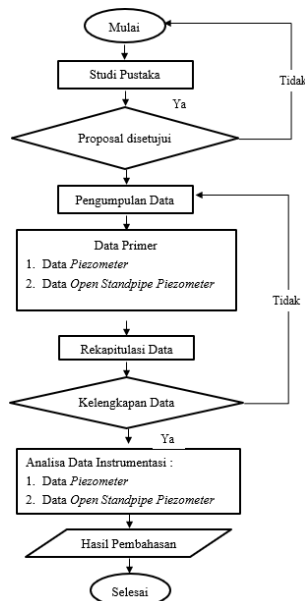
Penelitian diawali dengan survei lapangan. Selanjutnya dilakukan proses monitoring pada instrumentasi terpasang. Dilaksanakan pada saat pelaksanaan konstruksi sampai saat bendungan dioperasikan. Setelah semua data terkumpul, maka dilakukan proses plotting data hasil monitoring instrumentasi yang akan dituangkan dalam bentuk grafik salib sumbu (arah x dan arah y).

Pengolahan dan Analisis Data

Sebelum melakukan evaluasi keamanan bendungan, terlebih dahulu disusun basis data hasil pemantauan instrumen yang terpasang. Waktu pemantauan selama awal pemasangan hingga bulan Desember 2022.

Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian adalah urutan-urutan kegiatan penelitian, meliputi survei ke lokasi, pemasangan instrumentasi, pengambilan data hasil monitoring di lapangan, setelah selesai dilakukan plotting data, diteruskan dengan penarikan kesimpulan. Untuk lebih jelasnya, mengenai bagian tahapan-tahapan pekerjaan penelitian dapat diperhatikan pada skema alur pada Gambar 1.



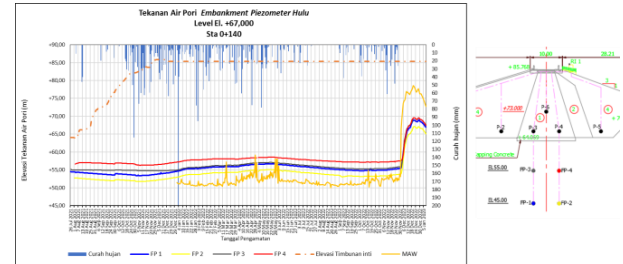
Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

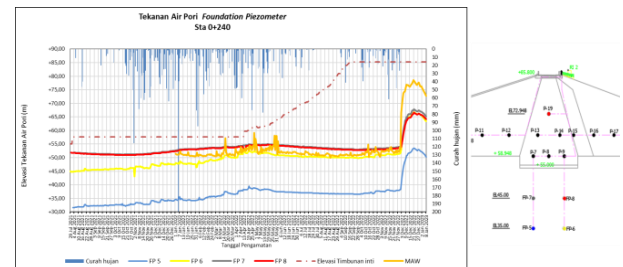
Setelah dilakukan pengumpulan data, data hasil monitoring instrumentasi dituangkan dalam bentuk grafik kemudian dianalisa dari hasil pembacaannya.

Foundation VW Piezometer

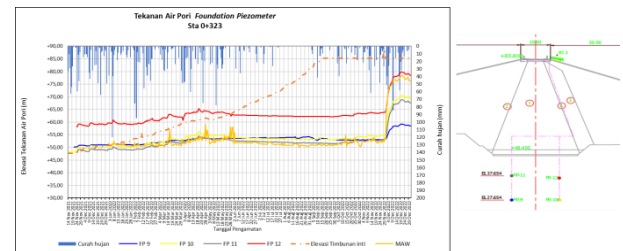
Vibrating Wire Pezometer (FP) pada Bendungan Sadawarna dicatat dan dimonitor tiap hari, setelah itu dianalisis dalam bentuk grafik pemantauan.



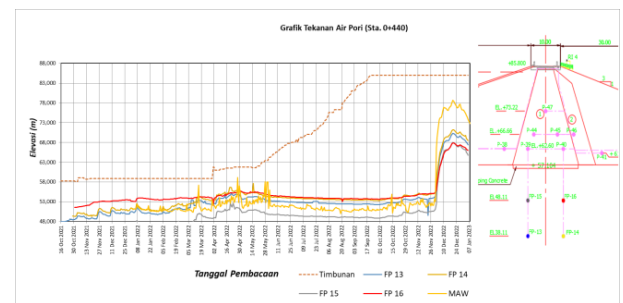
Gambar 2. Pembacaan FP Sta 0+140



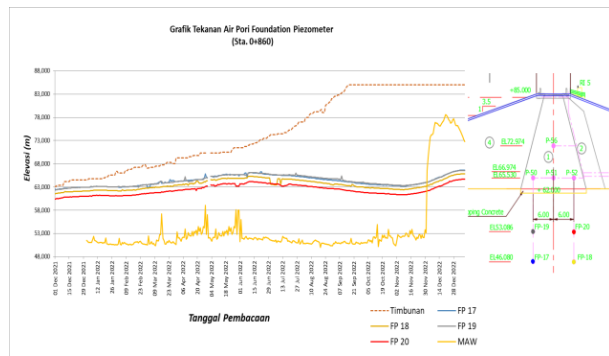
Gambar 3. Pembacaan FP Sta 0+240



Gambar 4. Pembacaan FP Sta 0+323



Gambar 5. Pembacaan FP Sta 0+440



Gambar 6. Pembacaan FP Sta 0+860

Tabel 2. Nilai efektifitas *grouting*

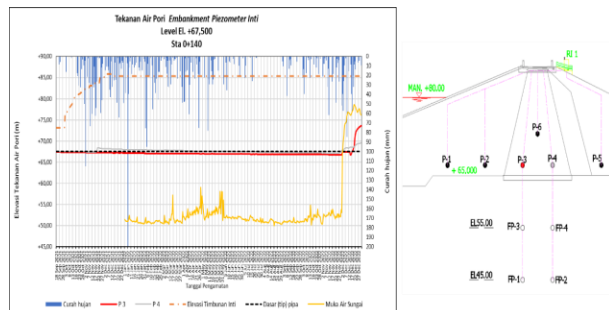
Effektivitas <i>Grouting</i> (%)	Pengaruh <i>Grouting</i>
> 90	Sangat Baik
60 - 90	Baik
30 - 60	Sedang
10 - 30	Kurang
< 10	Buruk

(Sumber: Pedoman *Grouting* untuk Bendungan Hal 171 Departemen Pekerjaan Umum iRektorat Jendral Sumber Daya Air Direktorat Sungai, Danau dan Waduk)

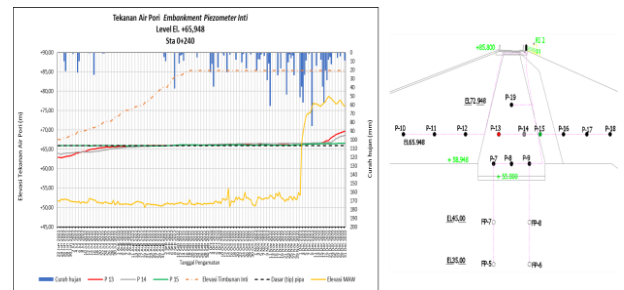
Dari grafik hasil pembacaan hasil monitoring *Foundation Vibrating Wire Piezometer* diketahui bahwa tekanan air pori pada sisi hulu dan hilir bendungan telah berfungsi dengan baik dan mengikuti pergerakan dari curah hujan serta elevasi MAW. Namun hasil bacaan yang berhimpit antara hulu dan hilir dapat dikatakan nilai efektifitas *grouting* memiliki pengaruh dalam kategori buruk/kurang dibawah 10% seperti yang dikatakan pada pedoman *grouting* untuk bendungan.

Embankment VW Piezometer

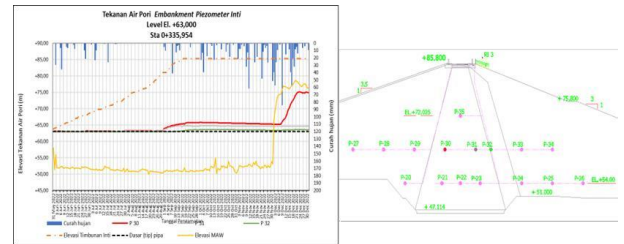
Embankment Pezometer (EP) pada Bendungan Sadawarna dicatat dan dimonitor tiap hari dengan alat yang sama pembacaan *Vibrating Wire Pezometer* (FP). Pada rangkaian *piezometer embankment* yang terpasang di STA 0+140 sampai STA 0+860, selama masa konstruksi hingga selesai konstruksi dan masa 1 bulan *impounding* diperoleh grafik pembacaan sebagai berikut.



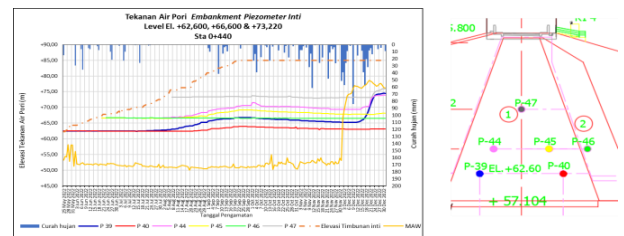
Gambar 8. Pembacaan EP STA 0+140



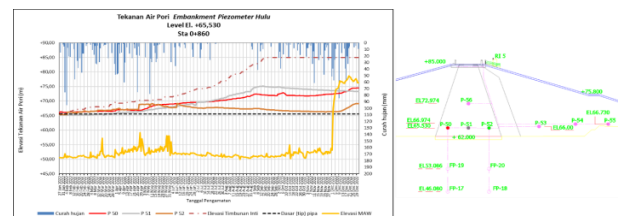
Gambar 9. Pembacaan EP STA 0+240



Gambar 10. Pembacaan EP STA 0+323



Gambar 11. Pembacaan EP STA 0+440

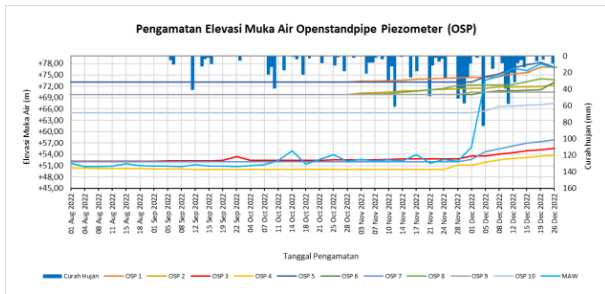


Gambar 12. Pembacaan EP STA 0+860

Dari grafik hasil monitoring *Embankment Piezometer* menunjukkan bahwa tekanan air pori akibat proses konstruksi timbunan belum ada respon. Hal tersebut kemungkinan terjadi akibat terlalu besar gelembung udara yang tekanannya lebih besar dari timbunan. Namun setelah *impounding*, hasil monitoring *piezometer* telah menunjukkan respon yang baik sesuai fluktuasi MAW.

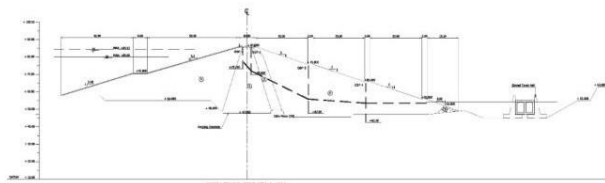
Open Standpipe Piezometer

Pada rangkaian OSP yang terpasang, selama masa konstruksi hingga selesai konstruksi dan pada masa 1 bulan *impounding* diperoleh grafik pembacaan sebagai berikut.

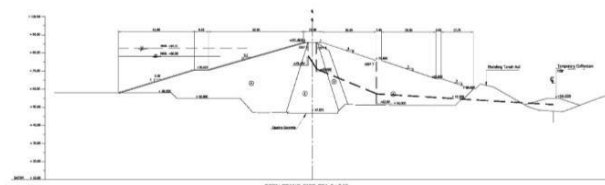


Gambar 13. Pembacaan *Open Standpipe Piezometer*

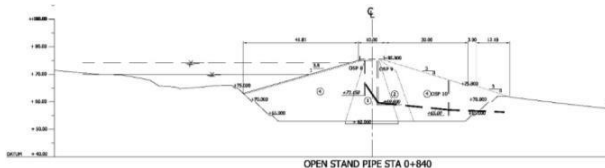
Dengan demikian dari hasil pembacaan *piezometer*. Selanjutnya dari hasil pembacaan *piezometer* dapat dibuat garis *phreatis* yang tertuang dalam Gambar 14, Gambar 15, Dan Gambar 16.



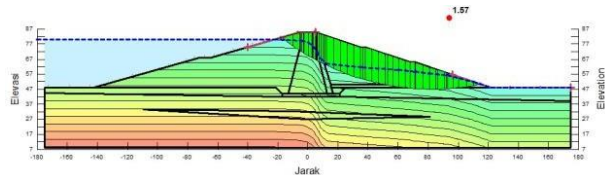
Gambar 14. Garis *phreatis* pada STA 0+300



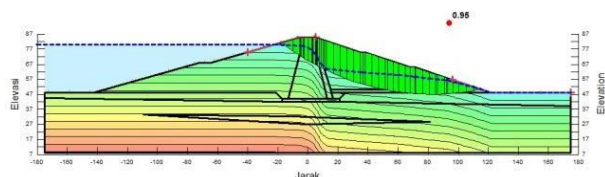
Gambar 15. Garis *phreatis* pada STA 0+340



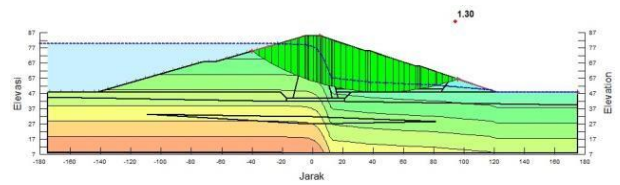
Gambar 16. Garis *phreatis* pada STA 0+840



Gambar 17. Analisa stabilitas tanpa gempa



Gambar 18. Analisa stabilitas dengan gempa kala ulang 145 thn Sta 0+300



Gambar 19. Analisa stabilitas dengan gempa kala ulang 145 thn Sta 0+340

Dari hasil analisa stabilitas dengan data hasil monitoring pada tanggal 31 Desember 2022, menunjukkan bahwa nilai *safety factor* tanpa gempa sebesar 1,57 (aman), nilai *safety factor* dengan gempa kala ulang 145 tahun sebesar 0,95 (bahaya) pada sta 0+300 dan 1,3 (aman) pada sta 0+340, minimum sf 1,2.

Berdasarkan pada hasil monitoring instrumentasi pada saat elevasi muka air waduk mencapai elevasi +76,35, terutama mengacu pada besarnya tekanan air pori, elevasi muka air pada tubuh bendungan yang terbaca pada *open standpipe piezometer*, maka dapat disimpulkan kondisi bendungan sampai saat itu berada pada kondisi waspada.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil monitoring pada alat pengukur tekanan air pori berupa *Vibr. Wire Piezometer* yang dipasang pada bagian inti kedap air (zona 1) maupun di bagian fondasi telah menunjukkan respon yang baik sesuai dengan fluktuasi MAW.

Dari hasil bacaan *piezometer*, selanjutnya dilakukan *Back Analysis* oleh tenaga ahli Bendungan Besar untuk mengetahui nilai *safety factor* pada Bendungan Sadawarna pasca 1 bulan *impounding*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada BPPW Sumatera Selatan dan PT Adhi Karya yang telah bersedia memberikan data untuk keberlangsungan studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, (2015), Peraturan Menteri PUPR No.27/PRT/2015 tentang Bendungan, Jakarta.
 Mulyono, Joko (2017), Konsep Keamanan Bendungan Dalam Pembangunan dan Pengelolaan Bendungan, Jurnal, Jakarta.
 PT. Bina Karya, (2022), Laporan Akhir Supervisi Pekerjaan, Analisis Keamanan Tubuh Bendungan; Subang.
 PT. Bina Karya, (2022), Laporan Akhir Supervisi Pekerjaan, Pelaksanaan Pemasangan Instrumentasi dan Evaluasinya; Subang.
 Pusat Pendidikan Dan Pelatihan SDA Dan Kontruksi, (2017), Modul Analisa Stabilitas Bendungan: Perhitungan Rembesan, Kementerian PUPR

- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia,
Bandung
- Pusat Pendidikan Dan Pelatihan SDA Dan Kontruksi,
(2017), Modul Pengaturan dan Konsepsi
Keamanan Bendungan, Pelatihan perencanaan
Bendungan Tingkat Dasar Kementerian PUPR
Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia,
Bandung
- RSNI M-03-2002. (2002). Metode Analisis Stabilitas
Lereng Statik Bendungan Tipe Urugan. Jakarta:
Badan Standarisasi Nasional.