

Observasi *diaphragm wall* metode *cut off wall* sebagai penanganan rembesan wilayah Waduk Cengklik

Nur Jannati Samad^{a*}, Mahfuz Hudori^b, Amanatullah Savitri^c

^{a*bc} Universitas International Batam, Indonesia

Corresponding Author:

Email: amanatullah@uib.ac.id

Keywords:

Cengklik reservoir, seepage, foundation, diaphragm wall, boyolali.

Received :

Revised :

Accepted :

Abstract: *Cengklik Reservoir is one of the tourist attractions in the Boyolali area. Functionally, the Cengklik reservoir is used as a water reservoir or storage area as well as a source of water for the needs of the surrounding community and to supply rice fields. Based on observations, the reservoir has decreased in function, namely seepage is found. One of the methods applied for the handling of seepage is the foundation structure in the form of a diaphragm wall. Observations were started by collecting data (pumping test data and drawings of the diaphragm wall structure). The results obtained for the total diaphragm wall foundation with a depth of 16 m with a depth of excavated soil of 16 m. Specifications for the diaphragm wall plan with a land area of 375m. Diaphragma wall (slurry wall) is a type of plastic concrete retaining wall with a foundation that has very strong rigidity, low vibration during construction, and has a waterproof function. Diaphragma wall provides less seepage effect than other methods such as secant pile. The secant pile only has the same use but differs in area. Cut off wall is a method of excavation work, surrounded by excavated land such as a guide wall. Insulation or retaining water flow on large dam foundations is usually done by the Cut of wall method. This method is suitable for excavation work which is quite deep and dense soil area*

Copyright © 2023 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

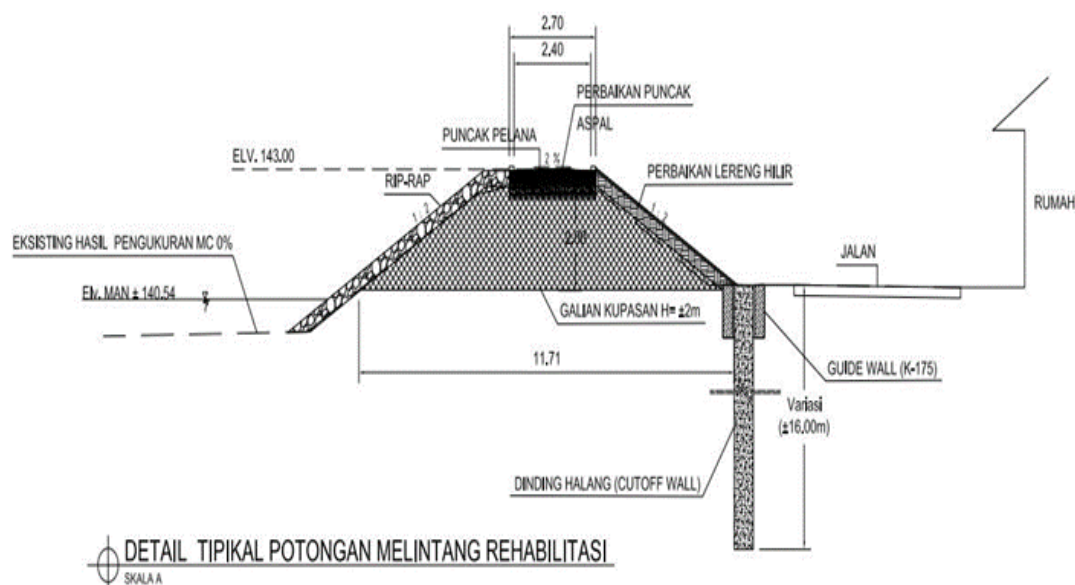
Waduk merupakan tempat penampungan air dengan fungsi sebagai sumber air kebutuhan masyarakat (BPSDM PUPR, 2017). Waduk juga merupakan *heavy construction* sehingga bendungan menyimpan potensi berbahaya dan memiliki resiko fisik ataupun fungsi (Setyawati, Najib dan Hidayatillah, 2016). Perencanaan waduk harus didesain sesuai dan dijaga terhadap penanganan rembesan yang terkendali. Jika tidak, waduk tersebut akan memiliki permasalahan terhadap penanganan rembesan. Salah satu masalah yang sering terjadi pada waduk adalah rembesan pada tubuh sisi waduk (Dharmayasa, 2018). Rembesan yang berlebihan dapat mempengaruhi terhadap keamanan waduk sendiri.

Rembesan merupakan permasalahan yang sering terjadi pada bendungan, waduk, embung, dan lain-lain. Rembesan terjadi apabila bangunan harus mengatasi beda tinggi muka air tanah dengan sebab aliran tersebut masuk melewati bangunan tersebut (Pratama, Suprijanto dan Asmaranto, 2021). Waduk Cengklik merupakan salah satu peninggalan sejarah yang berusia lebih dari 91 tahun dan destinasi wisata yang mempunyai potensi besar di Kabupaten Boyolali (Daningtias, 2022). Awal mula Waduk Cengklik difungsikan sebagai aliran sawah dan perkebunan (Yuono, 2012).

Rembesan terjadi pada waduk cengklik dikarenakan kerusakan secara fisik terjadinya kerusakan akibat retakan. Kegagalan fungsi waduk dapat mengancam jiwa masyarakat sekitar waduk tersebut dan keberlangsungan hidup warga sehari-hari yang bergantung waduk cengklik (Al-Muhaimin, 2018). Pada tahun 2018 ditemukan penurunan fungsi yaitu ditemukan rembesan (Waskito, 2016). Salah satu cara yang diterapkan dalam upaya penanganan dan perbaikan waduk tersebut adalah struktur pondasi berupa *diaphragm wall*. Yang perlu dipertimbangkan dalam pelaksanaan konstruksi vertikal bawah yaitu metode konstruksi galian dan penggunaan *diaphragm wall*. Ada macam-macam yang diperhatikan dalam metode konstruksi dan penggunaan *diaphragm wall* yakni lokasi galian, jenis tanah, kedalaman galian konstruksi vertikal bawah.

Penelitian serupa juga telah dilakukan pada Bendungan Cijurey yang mana diperlukan struktur tambahan dalam menangani rembesan yang terjadi (Kabupaten et al., 2023). Pada Hilir Bendungan Tugu, dilakukan analisis yang menyatakan bahwa *diaphragm wall* dapat berfungsi dengan baik dalam menanggapi rembesan (Baskara et al., 2018). Penelitian ini menggunakan pumping test sebagai penentuan muka air sebelum dan setelah adanya *diaphragm wall* yang memperoleh nilai elevasi air maksimal sehingga dapat menentukan tingkat rembesan yang baik dibanding penelitian sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas *diaphragm wall*. Dengan mengetahui stabilitas *diaphragm wall*, maka dapat diperoleh layak atau tidak *diaphragm wall* tersebut dalam menangani rembesan di waduk cengklik.

2. DATA DAN METODE



Gambar 1. Detail tipikal potongan melintang bendungan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode kualitatif. Metode pengumpulan data yang dilaksanakan ada 2 tahap yaitu primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dengan meninjau langsung lokasi proyek, berupa dokumentasi, kondisi nyata di lapangan, dan informasi bendungan yang terdapat pada Gambar 1. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan mencari informasi dari sub kontraktor. Data yang dibutuhkan yaitu:

1. Data spesifikasi rencana *diaphragm wall*.
2. Data *pumping test*.
3. Data pengecoran *diaphragm wall* panel 10.

Diaphragma wall (slurry wall) merupakan jenis dinding penahan tanah beton plastis dengan pondasi dalam yang memiliki kekakuan yang sangat kuat, getaran yang rendah saat pengerjaan, dan memiliki fungsi kedap air (Hazel, Leman dan Iskandar, 2019). Namun ketidaksempurnaan geometris seperti kendali penggalian secara miring, dapat menyebabkan aliran air masuk melalui dinding dan terkadang

dapat menyebabkan kebocoran yang signifikan (Pan dan Fu, 2020). Sebelum mengerjakan diaphragm wall adanya pengujian pemompaan tujuannya untuk pengecekan tingkat keefektifan konstruksi dinding halang. Jika terjadi hambatan, galian *diaphragm wall* hanya boleh dibiarkan maximal 2x24 jam (2 hari) dan harus menggunakan *air lift* sebelum pengecoran (Latif, 2021).

Metode pelaksanaan yang digunakan merupakan *Cut off wall* (Napitupulu Fatrio Berlinton, Savitri Amanatullah, 2022). *Cut off wall* merupakan metode yang dilakukan pekerjaan penggalian, dikelilingi lahan galian seperti *guide wall*. Penyekatan atau penahan aliran air pada pondasi bendungan besar biasanya dilakukan dengan metode *Cut off wall* (Heidarzadeh *et al.*, 2019). Metode ini cocok untuk pekerjaan penggalian yang cukup dalam dan luas tanah yang padat. Setelah *guide wall* terpasang, maka dilakukan penggalian dari ground level hingga kedasar galian diaphragm wall yang akan dikerjakan dari dasar galian ke atas (*bottom up*).

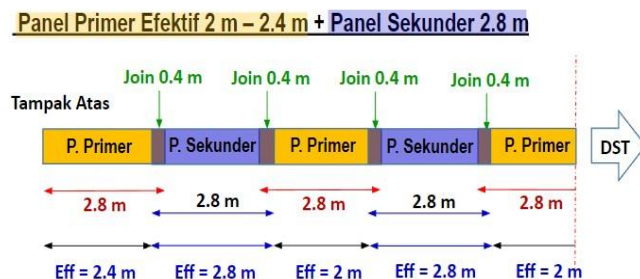
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Guide wall

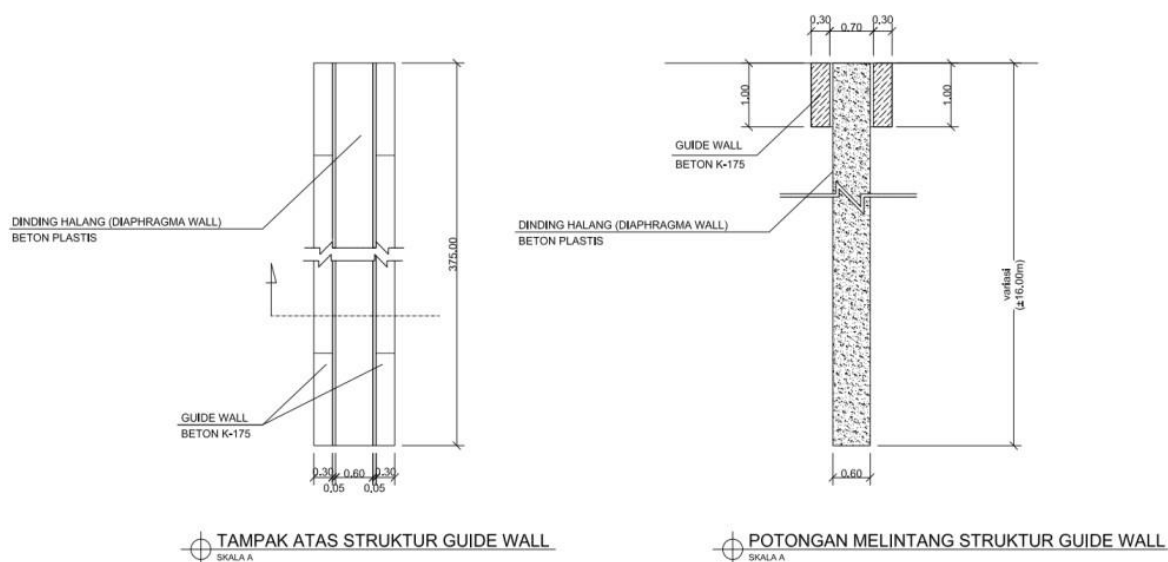
Dalam mempersiapkan lokasi untuk konstruksi *D-wall*, lokasi tersebut harus diratakan terlebih dahulu. Setelah tanah tersebut diratakan, pembangunan *guide wall* mulai bersamaan dengan mobilisasi slurry bentonite (Adam *et al.*, 2021). *Guide wall* merupakan 2 paralel *beam* beton bertulang pada sisi dinding yang berfungsi sebagai pengarah atau pemandu mesin grab dengan arahan yang baik dalam penggalian (A dan Yassin, 2012; Dehdar- Behbahani dan Parsaie, 2016). *Guide wall* menjadi acuan pendukung, pengontrolan penggalian tanah secara lurus, dan membantu posisi panel. *Guide wall* memiliki tebal 300mm, dengan parit 600mm. sedangkan *diaphragm wall* memiliki spesifikasi *depth* variasi ± 16 m, tebal 600mm, panjang 2800mm, 156 panel, join 0.4m. *diaphragm wall* terdiri dari panel sekunder dan panel primer. Detail dari *guide wall* tersebut tertera pada Gambar 2 dan Gambar 3.

SPESIFIKASI RENCANA D-WALL:

Depth Variasi L = ± 16 m, Tebal 600 mm, 156 Panel, Sepanjang 375 m, Join 0.4 m



Gambar 2. Spesifikasi Rencana D-wall.

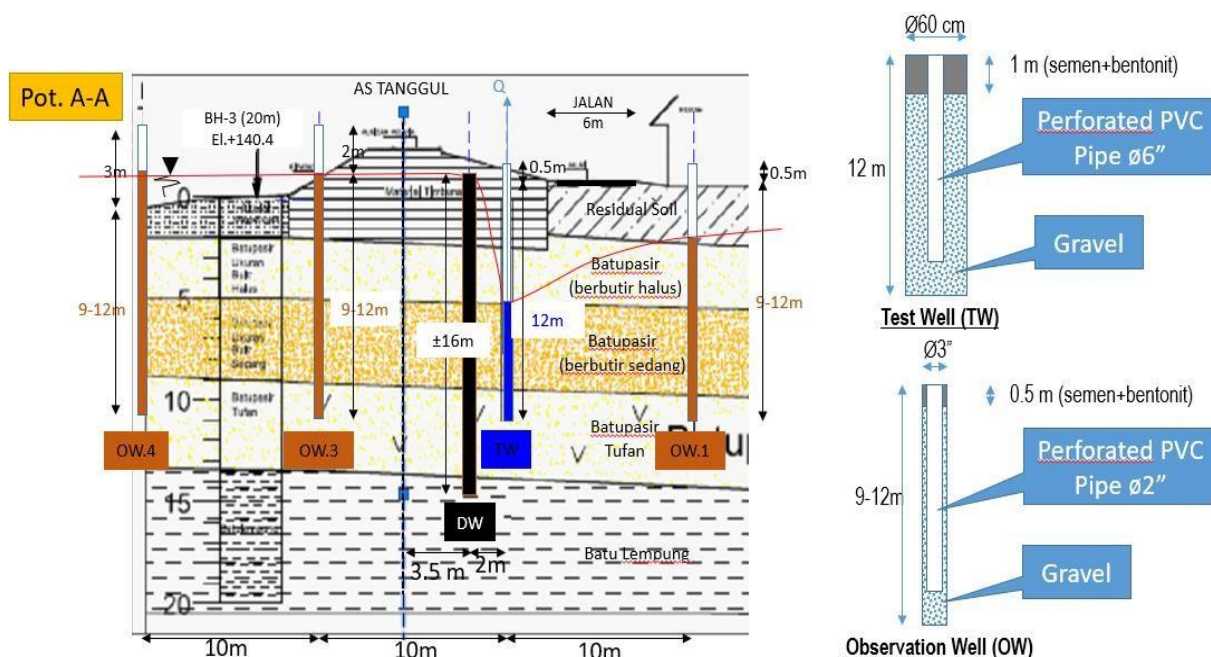


Gambar 3. Tampak atas dan samping *guide wall*.

Pumping Test

Pumping test (tes pemompaan) merupakan metode pengujian debit air dengan melakukan pemompaan dari dalam tanah melalui *pumping well* atau sumur bertujuan memantau pencatatan dari waktu ke waktu muka air tanah *observation well* dan jarak terhadap *pumping well* (Lorenza, 2019). Uji pemompaan ini dilakukan dengan cara memompa air tanah dari sumur *Test Well* (TW) dan mengamati penurunan seluruh muka air tanah dari sumur uji (TW) dan sumur pengamatan (OW). Selama berlangsungnya pemompaan dilakukan pembacaan debit air pada sumur uji (TW) dan pengamatan penurunan muka air tanah (*drawdown*) pada sumur uji (TW) dan sumur pengamatan (OW), serta mengamati kembahnya (kenaikan) muka air tanah setelah pemompaan dihentikan.

Pelaksanaan *pumping test* dilakukan 2 kali, dimana tahap pertama pelaksanaan *pumping* dilakukan sebelum pelaksanaan dinding *Diaphragm Wall* dan tahap kedua setelah pelaksanaan konstruksi dinding *Diaphragm Wall*. Pelaksanaan *Pumping test* tahap pertama dilakukan pada tanggal 27 Januari 2022 dan pelaksanaan *pumping test* tahap kedua pada tanggal 25 Maret 2022. Rencana *pumping test* ditunjukkan pada Gambar 4.

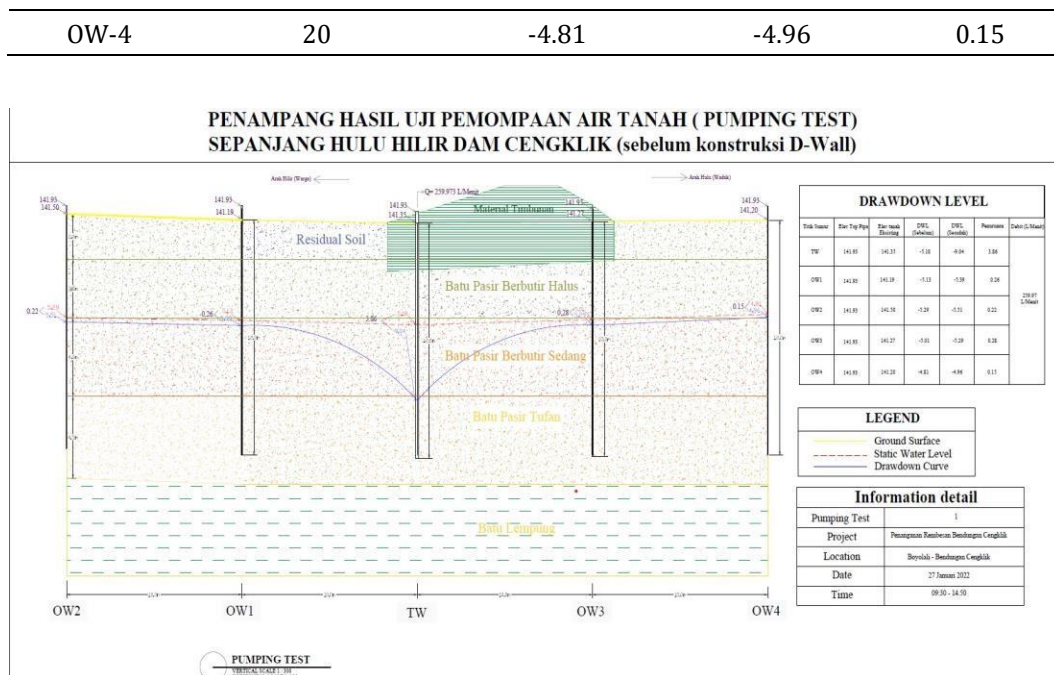


Gambar 4. Plan pumping test

Dari hasil pemompaan selama 5 jam dan pengukuran debit air dengan system sekat *V-Notch* pada Tabel 1 didapatkan debit air sebesar 259.97 liter per menit. Pembacaan muka air tanah awal cukup seragam dan dilakukan pembacaan penurunan muka air tanah selama uji pemompaan pada sumur uji (TW) dan sumur pengamatan (OW). Hasil penurunan (*drawdown*) dapat dilihat pada Tabel 1. Dilakukan juga pembacaan waktu kambuh (*recovery*) sampai keadaan kembali ke muka air semula atau sampai kondisi stabil. Hasil penampang *pumping test* juga diperoleh yang terdapat pada Gambar 5.

Tabel 1. Hasil uji pemompaan saat pra-konstruksi.

Titik	Jarak dari TW (m)	DWL		Penurunan (m)
		Sebelum (m)	Sesudah (m)	
TW	-	-5.18	-9.04	3.86
OW-1	10	-5.13	-5.39	0.26
OW-2	20	-5.29	-5.51	0.22
OW-3	10	-5.01	-5.29	0.28



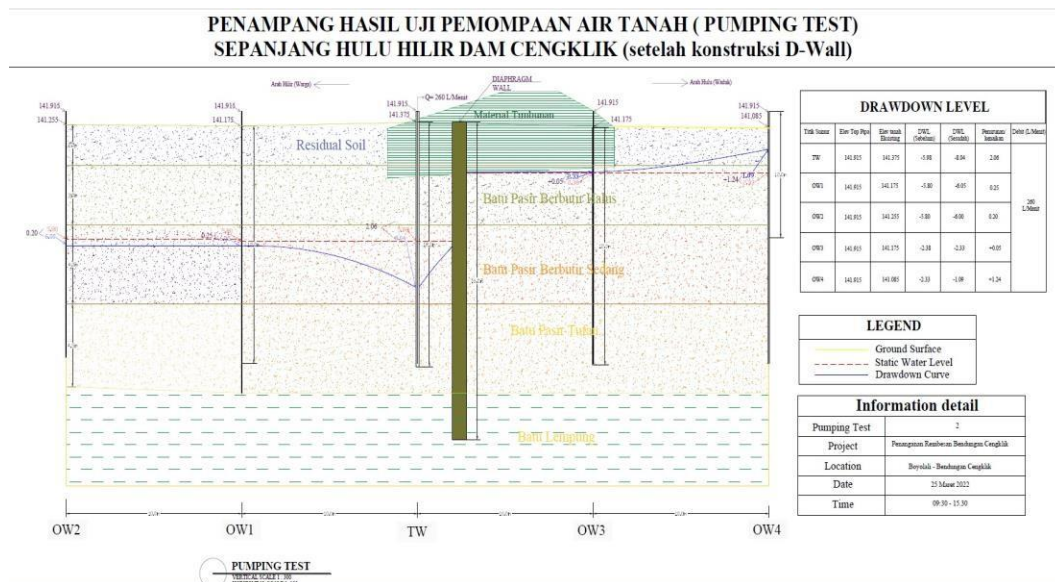
Gambar 5. Drawdown level pra konstruksi

Dari hasil pengamatan penurunan/ *drawdown* muka air tanah saat uji pemompaan tahap pertama pra konstruksidinding penghalang, didapat nilai penurunan pada sumur uji (TW) sebesar 3.86 m dan untuk sumur pengamatanmengalami penurunan cukup seragam dengan kisaran 0.15 s/d 0.28 m. Penggunaan pumping test untuk mengetahui elevasi banjir berbeda dengan analisis yang dilakukan pada rembesan waduk cijueray yang melalui metode perbedaan elevasi air normal dan elevasi air pada saat banjir yang diperoleh perbedaan elevasi sebesar 2 m (Kabupaten et al., 2023).

Pembacaan muka air tanah awal dilakukan sebelum dilakukan ujian pemompaan, dimana didapatkan perbedaan elevasi sekitar ± 3.5 m muka air tanah pada 2 lokasi sumur. Pada sumur dilokasi area Hulu (*Upstream*) lebih tinggi dari pada lokasi Hilir (*Downstream*). Selanjutnya dilakukan pembacaan penurunan muka air tanah selama uji pemompaan pada sumur uji (TW) dan sumur pengamatan (OW). Hasil penurunan (*drawdown*) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Pemompaan saat Pasca Konstruksi Diaphragm wall

Titik	Jarak dari TW (m)	DWL		Penurunan(m)
		Sebelum (m)	Sesudah (m)	
TW	-	-5.98	-8.04	2.06
OW-1	10	-5.8	-6.05	0.25
OW-2	20	-5.8	-6	0.2
OW-3	10	-2.38	-2.33	0.05
OW-4	20	-2.33	-1.09	1.24



Gambar 6 Gambar drawdown level pasca konstruksi

Dari hasil pengamatan penurunan/ drawdown muka air tanah pada Gambar 6, saat uji pemompaan tahap pertama pasca konstruksi dinding penghalang, didapat nilai penurunan pada sumur uji (TW) sebesar 2.06 m dan untuk sumur pengamatan (OW) yang mengalami penurunan pada lokasi Hilir (*Downstream*) dengan akan penurunan sekitar 0.20 – 0.25 m dan untuk lokasi sumur Hulu (*Upstream*) indikasi penurunan tidak ada, dan ada indikasi kenaikan MAT.

Slurry Bentonite

Semen bentonit merupakan salah satu semen yang sering dipakai dikarenakan semen tersebut mudah beradaptasi menahan tanah ketika terjadinya pengerukan. Semen bentonit mempunyai khas seperti bubur dibuat dengan cara mencampur semen dengan air. Campuran tersebut diadopsi sebagai pengikat utama (stabilitas dinding parit pada saat *grabbing*) (Cao dan Al-Tabbaa, 2022). *Slurry* bentonite yang digunakan pada Waduk Cengklik dengan Tabel 3.

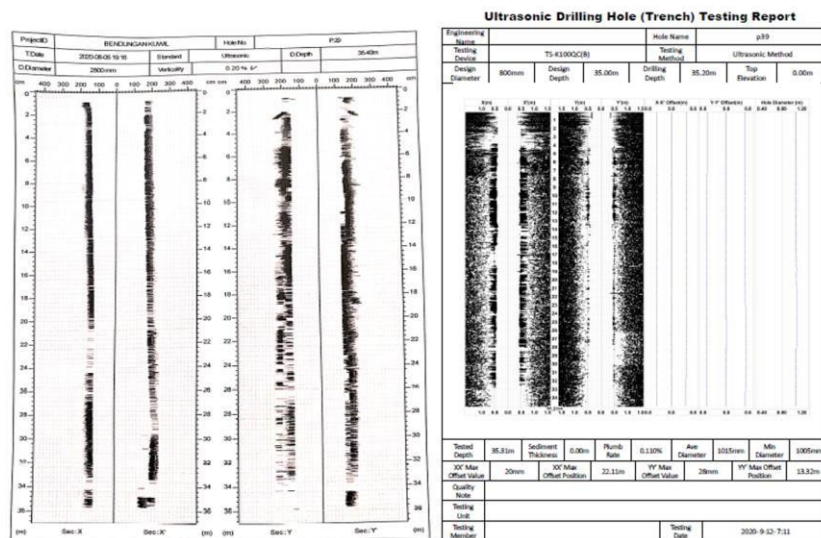
Tabel 3. Spesifikasi Campuran Bentonite waduk cengklik

PROPERTIES	BENTONITE SLURRY	
	Ketika Longsor/rembes kuat	Ketika Longsor/rembes tidak kuat
Viscositas	35 - 45 Detik	29 - 35 Detik
Density	1.04 - 1.05 g/cm ³	1.03 - 1.04 g/cm ³
Pengujian Ph	6.5 - 11	
Air & Bentonite	1000 Lt & 80 kg	1000 Lt & 50 kg

Verticality Test

Hal yang diperhatikan dalam penanganan rembesan adalah struktur proteksi galian bawah tanah yang merupakan *diaphragm wall* untuk menjaga agar tidak terjadinya rembesan. *Diaphragm wall* merupakan jenis dinding *retaining wall* sebagai struktural utama dalam suatu bangunan (Ramadhani *et al.*, 2021). Dalam memonitoring dan pengontrolan *diaphragm wall* diperlukan alat untuk memastikan parit tersebut masih terkendali. Alat koden merupakan alat verticality *diaphragm wall* dengan fungsi mengetahui kedalaman, plumb rate, dan diameter. Kedalaman galian *diaphragm wall* disesuaikan

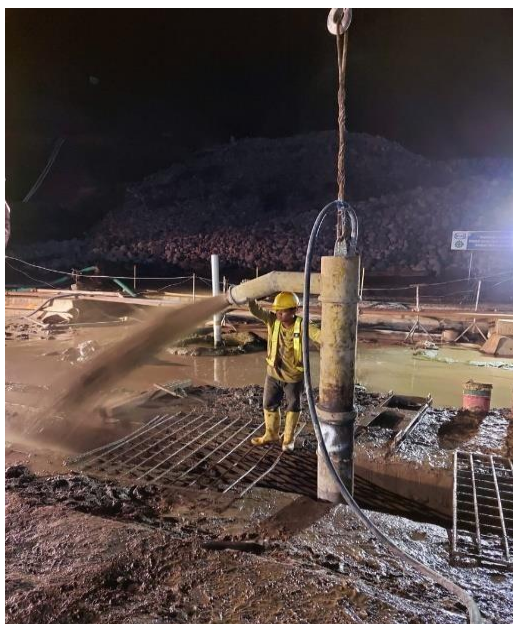
dengan kebutuhan kedalaman *Underpass*(Gerressen dan Bi, 2019). Untuk semua panel kawasan Cengklik memiliki kedalaman bervariasi $\pm 16\text{m}$. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Verticality Test Tensense dan Samyon

Air Lift

Dalam pengecoran *diaphragm wall* tidak boleh terdapat material endapan. *Air lift* merupakan suatu rangkaian alat yang digunakan untuk memindahkan atau membawa cairan atau bubur (cair padat) dalam teknologi berbeda menggunakan injeksi gas terkompresi(Enany, Shevchenko dan Drebenstedt, 2022)(Enany, Shevchenko dan Drebenstedt, 2021). Jenis pompa ini jarang terjadi permasalahan secara teknis seperti ketika air korosif dapat biaya tinggi, perbaikan untuk pompa konvensional dan pra perawatan air ketika tidak dapat menyaring(Enany, Shevchenko dan Drebenstedt, 2021). Untuk memastikan material endapan terangkat, perlu pengambilan material pada dasar galian menggunakan air lift. Proses *Air lift* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Air Lifted

Pengecoran

Dalam pengecoran *diaphragm wall* menggunakan beton plastis. Beton merupakan material konstruksi umum yang sering digunakan era ini(Soentpiet, Wallah dan Manalip, 2018). beton plastis terdiri dari semen, agregat, airdan bentonite. Dimana beton plastis sendiri mempunyai kapasitas deformasi yang besar dibawah muatan, impermeabilitas yang sesuai, dan kemampuan penguraian yang sangat bagus.

Dari keuntungan yang telah disebutkan, beton plastis sering dipakai diseluruh dunia dalam perbaikan bendungan dan dinding halang selama bertahun-tahun(Hu *et al.*, 2021).

Pembuatan beton plastis menggunakan *batching plan*. Pengecoran menggunakan pipa tremie tertanam sampai sesuai kedalamannya(Rohmawati dan Renovano, 2020). Pengecoran *diaphragm wall* dilakukan dengan menggunakan beton plastis dengan rata-rata *slump* 18 ± 2.5 cm. Untuk itu, sebelum dilakukan pengecoran, dilakukan *Trial Mix* Beton Plastis terlebih dahulu untuk memastikan beton yang terpasang di lapangan sesuai dengan ketentuan spesifikasi perencanaan perbaikan pondasi Waduk Cengklik. Hasil uji *Compressive Strenght Test* terdapat pada Tabel 4 dan diagram *compressive stress* terdapat pada Gambar 9.

Contoh *Diaphragm wall* panel 10, panel sekunder 7 days. Concrete (1 ~ 5 Mpa), *Method of Sampling is Cylinder Mould* diameter 10 cm and height 20 Cm, hasil *slump* 19cm.

1. Menghitung Dimensi Benda Uji
Height H (mm) = 200,00 mm Diameter, D (mm) = 100,00 mm
2. Menghitung Luas Benda Uji
Area, A (mm²) = $\pi \times r^2$
= $22/7 \times (10/2)^2$
= 78,54 cm²
3. Menghitung Volume Benda Uji
Volume, V (cm³) = $A \times H / 10$
= $78,54 \times 200 / 10$
= 1570,80 cm³
4. Menghitung Density Benda Uji
Weight = 3424 gr
Density = *Weight / Volume*
= $3424 \text{ gr} / 1570,80 \text{ cm}^3$
= 2,180 (gr/cm³)

Tabel 4. *Unconfined Compressive Strenght Test*

ELAPSED TIME	PRESURE GAUGE	LOAD P (kg)	COMPRESSION STRESS kg/cm ²	AXIAL STRAIN 1/100 mm	COMPRESSION STRAIN ϵ ($\Delta H/H$)	$1 - \epsilon$	$P \times (1 - \epsilon)$	Correction Comp. Stress H/D kg/cm ²
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	255	255	3.247	0.5	0	1	3.247	3.247
5	510	510	6.494	1.5	0.0001	0.9999	6.493	6.493
7.5	765	765	9.74	3	0.0002	0.9999	9.739	9.739
10	1020	1020	12.987	9	0.0005	0.9996	12.981	12.981
12.5	1275	1275	16.234	14	0.0007	0.9993	16.222	16.222
15	1530	1530	19.481	20	0.001	0.999	19.461	19.461
17.5	1785	1785	22.727	32	0.0016	0.9984	22.691	22.691
18.8	1912.5	1912.5	24.351	52	0.0026	0.9974	24.287	24.287
18.8	1912.5	1912.5	24.351	75	0.0038	0.9963	24.259	24.259

Gambar 9. Diagram *compressive stress*

4. KESIMPULAN

Dari hasil pumping test nilai debit relative sama antara saat pra konstruksi dan pasca konstruksi dinding penghalang (Diafragma Wall), yaitu sebesar 260 L/menit. Hasil monitoring penurunan muka air tanah (drawdown) pada sumur pengamatan (OW) pada saat pra konstruksi menunjukkan penurunan yang relative sama kisaran 0.15 m s/d 0.28m. Hal ini mengindikasikan bahwa selama uji pemompaan semua sumur pengamatan mengalami penurunan. Hasil monitoring penurunan muka air tanah (drawdown) pada sumur pengamatan (OW) pada saat pasca konstruksi menunjukkan penurunan hanya terjadi pada sumur area hilir (Downstream) yang relative sama kisaran 0.20 m s/d 0.25 m. Dan untuk lokasi sumur area hulu (Upstream) tidak ada penurunan dan mengindikasikan kenaikan muka air tanah (MAT). Dari hasil pengujian pemompaan antara pra konstruksi dan pasca konstruksi dinding penghalang (Diafragma Wall) menunjukkan adanya tingkat keefektifan dari dinding penghalang tersebut. Maka, konstruksi dinding penghalang (Diafragma Wall) pada waduk cengklik dapat menahan elevasi air yang terjadi sehingga tidak terjadi rembesan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, Segala puji syukur bagi penulis panjatkan kehadirat tuhan yang maha Esa karna atas limpahan rahmat dan karuniannya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini. Artikel Penelitian yang berjudul "Observasi Diaphragm wall Metode Cut Off Wall Sebagai Penanganan Rembesan Wilayah Waduk Cengklik" merupakan salah satu syarat kelulusan.

Dalam mewujudkan penelitian ini, penulis ingin menyampaikan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada Bapak Mahfuz Hudori, S.Si., M.Si dan Ibu Amanatullah Savitri, S.T., M.Eng sebagai dosen sekaligus pembimbing artikel ini dan juga tidak lupa pula saya mengucapkan terimakasih kepada PT. Pratama Widya Tbk yang telah memberikan data yang dibutuhkan dalam penulisan artikel. Semoga dengan adanya artikel ini dapat bermanfaat dan berkembang ilmunya bagi penulis dan para pembaca.

REFERENSI

- A, N.W.P. dan Yassin, H. (2012) "Analisa Kedalaman Maksimum Dinding Penahan Tanah Tanpa Adanya Perkuatan (Support)," *KoNTekS* 6, (November), hal. 75–84.
- Adam, D.H. *et al.* (2021) "Block 185: Slurry Diaphragm Wall Construction in Austin, TX," *ASCE*, (Ddl), hal. 233– 242.
- Al-Muhaimin, M. (2018) "Analisis Pengaruh Grouting Terhadap Pengendalian Rembesan Waduk

- Cengklik Dikabupaten Boyolali," *Universitas Dipenogoro*, hal. 1–4.
- BPSDM PUPR (2017) "Modul Analisa Stabilitas Bendungan: Perhitungan Rembesan," *Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar*, hal. 109.
- Cao, B. dan Al-Tabbaa, A. (2022) "Cement and Concrete Composites," *Cement and Concrete Composites*, 131(April), hal. 104565. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104565>.
- Daningtias, W. (2022) "Pengaruh Tingkat Pendidikan Wisatawan Terhadap Perilaku Peduli Lingkungan Di Objek Wisata Waduk Cengklik Kabupaten Boyolali," *Geo Edu*, 10(1), hal. 1–12.
- Dehdar-Behbahani, S. dan Parsaie, A. (2016) "Numerical modeling of flow pattern in dam spillway's guide wall. Case study: Balaroud dam, Iran," *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), hal. 467–473. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.01.006>.
- Dharmayasa, I. (2018) "Analisis Rembesan Di Bawah Tubuh Bendungan Urugan," *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil* hal. 53–62. Tersedia pada: <https://www.ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/paduraksa/article/view/817>.
- Enany, P., Shevchenko, O. dan Drebenstedt, C. (2021) "Experimental Evaluation of Airlift Performance for Vertical Pumping of Water in Underground Mines," *Mine Water and the Environment*, 40(4), hal. 970–979. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1007/s10230-021-00807-w>.
- Enany, P., Shevchenko, O. dan Drebenstedt, C. (2022) "Particle Transport Velocity in Vertical Transmission with an Airlift Pump," *Fluids*, 7(3). Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/fluids7030095>.
- Gerressen, F.W. dan Bi, A. (2019) "Deep and extra deep diaphragm walls - increasing demand for infrastructure in Megacities drives the requirement of increasing depth for diaphragm walls," *17th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ECSMGE 2019 - Proceedings*, 2019-Septe, hal. 1–8. Tersedia pada: <https://doi.org/10.32075/17ECSMGE-2019-0131>.
- Hazel, T., Leman, S. dan Iskandar, A. (2019) "Analisis Dinding Diafragma Dengan Penghilangan Ringslab Secara Efektif Pada Konstruksi Basement," *jurnal mitra teknik sipil*, 2(4), hal. 47–54. Heidarzadeh, M. et al. (2019) "Construction and performance of the Karkheh dam complementary cut-off wall: an innovative engineering solution," *International Journal of Civil Engineering*, 17(6), hal. 859–869. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1007/s40999-018-0370-4>.
- Hu, L. et al. (2021) "Mathematical model of constitutive relation and failure criteria of plastic concrete under true triaxial compressive stress," *Materials*, 14(1), hal. 1–14. Tersedia pada: <https://doi.org/10.3390/ma14010102>.
- Latif, A.A. (2021) "Tinjauan Biaya Pelaksanaan Dinding Diaphragma Pada Proyek Pembangunan Underpass Simpang Mandai Makassar," *UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR* [Preprint].
- Lorenza, A. (2019) "Pemodelan Pumping Test Sebagai Dasar Perhitungan Dewatering Pada Proyek Di Sudirman Latar belakang Steady-state flow Metode dewatering," *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(2), hal. 161–172.
- Napitupulu Fatrio Berlinton, Savitri Amanatullah, I. (2022) "Analisis Metode Penggantian Struktur Bawah Dermaga Laut (Studi Kasus Ponton Domestik Terminal Penumpang Selat Panjang)," 5, hal. 131–139.
- Pan, Y. dan Fu, Y. (2020) "Effect of random geometric imperfections on the water-tightness of diaphragm wall," *Journal of Hydrology*, 580(July 2019), hal. 124252. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124252>.
- Pratama, R.R., Suprijanto, H. dan Asmaranto, R. (2021) "Analisa Stabilitas Tubuh Bendungan Utama Pada Bendungan Semantok, Nganjuk, Jawa Timur," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(1), hal. 89–102. Tersedia pada: <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.01.08>.
- Ramadhani, F.I. et al. (2021) "Perencanaan Konstruksi Diaphragm Wall Apartemen Xyz Tangerang Selatan," *Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Pakuan*, hal. 1–12. Rohmawati, N. Dan Renovano (2020) *Pelaksanaan Bored Pile*.
- Setyawati, H., Najib, N. dan Hidayatillah, A.S. (2016) "Analisis Rembesan pada Perencanaan Pembangunan Bendungan Logung," *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 1(3), hal. 99–106.
- Soentpiet, B.J., Wallah, S.E. dan Manalip, H. (2018) "Modulus Elastisitas Beton Geopolymer Berbasis Fly Ash Dari Pltu Amurang," *Jurnal Sipil Statik*, 6(7), hal. 517–526.
- Waskito, F. (2016) "Analisis Rembesan Pada Bendungan Cengklik Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Dan Uji Permeabilitas Untuk Menghitung Debit Rembesan," *Youngster Physics Journal* [Preprint].
- Yuono, T. (2012) "Evaluasi Kinerja Sistem Irigasi Waduk Cengklik," *neliti.com* [Preprint].