

Perilaku Tekanan Air Pori pada Bendungan berdasarkan Data Instrumen Pneumatic piezometer

Pore Water Pressure Behavior in Dam based on Pneumatic Piezometer Instrument Data

Lourina Evanale Orfa¹

¹Program Studi Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia
Alamat korespondensi: Jalan Raya Tlogomas no. 246 Malang
email: lourinaorfa@umm.ac.id*

Abstract

The behavior of pore water pressure in dams is very important in the safety control of dams. Seepage and pore water pressure data are obtained from dam instrument readings. Dam instrumentation is used as a monitoring tool for the study and behavior of dams and dam conditions so that they can be detected early in the event of construction failure. The Geo-Studio program has tools to be able to simulate landslides, seepage and pore water pressure. Researchers want to know the study of seepage and pore water pressure using the Geo-Studio Program. By comparing the results of data readings and approaches using the Geo-Studio Program. The SeepW program can simulate pore water pressure well where the SeepW program simulation results are close to the value of the instrument readings. The pore water pressure follows the pattern of the tryektori network of filtration flow (flownet) in the dam body.

Keywords: Dam; Pore Water Pressure; Instrument

Abstrak

Perilaku tekanan air pori di bendungan sangat penting dalam kontrol keamanan bendungan. Data rembesan dan tekanan air pori didapatkan dari pembacaan intrumen bendungan. Instrumentasi bendungan digunakan sebagai alat pemantauan kajian dan perilaku bendungan dan kondisi bendungan agar dapat terdeteksi lebih awal jika terjadi kegagalan konstruksi. Program Geo-Studio memiliki perangkat untuk dapat mensimulasikan longsoran, rembesan dan tekanan air pori. Peneliti ingin mengetahui kajian rembesan dan tekanan air pori menggunakan Program Geo-Studio. Dengan melakukan membandingkan hasil pembacaan data serta pendekatan menggunakan Program Geo-Studio. Program SeepW dapat mensimulasikan tekanan air pori dengan baik dimana hasil simulasi Program SeepW mendekati nilai hasil pembacaan instrumen. Tekanan air pori mengikuti pola pada jaringan tryektori aliran filtrasi (flownet) yang ada dalam tubuh bendungan.

Kata kunci: Bendungan; Tekanan Air Pori; Instrumen

PENDAHULUAN

Perilaku tekanan air pori di bendungan sangat penting dalam menentukan stabilitas dan keamanannya. Penelitian menunjukkan bahwa tekanan air pori dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk fluktuasi ketinggian air, desain bendungan, dan sifat material. Memahami dinamika ini sangat penting untuk pengelolaan bendungan yang efektif.

Tekanan air pori di bendungan berkorelasi kuat dengan ketinggian air, membantu dalam evaluasi stabilitas bendungan. Analisis komponen utama membantu memprediksi tekanan air pori, memungkinkan pemantauan

keselamatan real-time untuk pemeliharaan dan peringatan dini. (Yun et al., 2022)

Proses mengalirnya air dalam pori-pori tanah tersebut dinamakan Rembesan atau Seepage. Kemampuan tanah untuk dapat dirembesi disebut daya rembes atau permeability. Peranan penting rembesan meliputi kemungkinan bocor pada bendungan, menentukan besar dan tingkat penurunan (settlement) yang mungkin terjadi, kestabilan lereng galian tanah serta kecepatan rembesan yang mungkin dapat menimbulkan erosi yang berbahaya. Penyebab kegagalan rembesan biasanya diakibatkan oleh design yang buruk,

Please cite this article as:

Orfa, L.E. (2022). Perilaku Tekanan Air Pori pada Bendungan berdasarkan Data Instrumen Pneumatic piezometer. *Media Teknik Sipil*, 20(1), 1-6. doi:<https://doi.org/10.22219/jmts.v20i1.35931>

kendali mutu konstruksi yang tidak memadai, kurangnya pemeliharaan yang optimal serta kurangnya sistem pemantauan yang baik (Kementerian PUPR, 2008). Faktor-faktor yang mempengaruhi rembesan meliputi ukuran partikel, kadar pori, susunan tanah, struktur tanah, struktur tanah, serta derajat kejenuhan.

Pemantauan konstruksi bendungan perlu dilakukan dengan pengukuran besarnya nilai pergerakan yang terjadi pada inti tubuh bendungan, tekanan air pori di pondasi dan inti tubuh bendungan, serta untuk memantau rembesan (Dandel et al., 2017). Pemantauan dilakukan untuk mengetahui keamanan dari bendungan pasca konstruksi. Peralatan Instrumentasi bendungan berfungsi sebagai alat pemantauan kajian dan perilaku bendungan dan kondisi bendungan agar dapat terdeteksi lebih awal apabila ada suatu tanda-tanda yang tidak normal (abnormal) dimana dapat membahayakan kondisi keamanan bendungan (Buldan et al., 2021). (Wijayanto et al., 2021) mengkaji rembesan di bendungan.

Pemantauan nilai tekanan air pori yaitu Pneumatic piezometer dan Open stand pipe piezometer. Pemantauan rembesan yaitu menggunakan Seepage Measuring Device (V-Notch).

Berdasarkan kondisi lapangan tersebut maka peneliti bermaksud melakukan penelitian untuk melihat perilaku tekanan air pori pada Bendungan dengan menggunakan data di Alat Ukur, dengan harapan dapat mengetahui pola dan perilaku dari hasil pembacaan tekanan air pori tersebut.

(Beiranvand & Komasi, 2019) dan (Keyvanipour, M., Moharrampour, M., Ranjbar, 2013) menjelaskan mengenai pentingnya melakukan kajian yang berhubungan dengan monitoring tekanan air pori dan rembesan pada bendungan. (Pagano et al., 2010) (Siregar & Kurniawan, 2021) mengkaji evaluasi tekanan air pori dilakukan dengan mengumpulkan bacaan piezometer dan fluktuasi muka air waduk dalam rentang waktu beberapa tahun. (Aprianto, 2015) melakukan kajian terakit monitoring bendungan secara teratur dengan memperhatikan semua instrumen yang terdapat pada bendungan Loda untuk menjaga keamana. bendungan.

Beberapa peneliti telah melakukan kajian mengenai tekanan air pori bendungan (Akhtarpour & Soroush, 2015) (Morton et al.,

2008). (Fatahi et al., 2013) melakukan Analisa mengenai tekanan air pori di bawah timbunan. (Sari et al., 2016) dan (Keyvanipour, M., Moharrampour, M., Ranjbar, 2013) juga telah melakukan penelitian mengenai analisis tekanan pori dan rembesan menggunakan Plaxis. (Sompie et al., 2014) melakukan permodelan bendungan untuk menentukan nilai tegangan-regangan, tekanan air pori dan faktor keamanan dengan metode elemen batas pada program Plaxis. (Subiyanti et al., 2011) telah melakukan Analisa kelongsoran di lereng akibar pengaruh tekanan air pori dan rembesan di saluran induk Kalibawang Kulonprogo. (Huda et al., 2019) telah melakukan evaluasi terkait tekanan air pori dan rembesan pada Bendungan Panohan. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan permodelan dengan GeoStudio. Penelitian dilakukan dengan perhitungan rumus dan melakukan pendekatan metode elemen hingga. Namun, belum ada analisis tekanan air pori menggunakan Program Geo-Studio, dimana program ini juga menyediakan aplikasi untuk dapat mensimulasi tekanan air pori.

METODE PENELITIAN

Tahapan pengerjaan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pengambilan data pembacaan instrumen yang ada di lokasi penelitian kemudian dilakukan sajian data.
- Memodelkan tekanan air pori menggunakan data desain dan karakteristik tanah (*Grain size, hydraulic conductivity*). Parameter yang digunakan dilakukan control atau validasi untuk input dalam Model Seep/W pada Program Geo-Studio
- Kemudian dilakukan perbandingan hasil pembacaan dan pengamatan tekanan air pori dan permodelan analisis tekanan air pori menggunakan Program Geo-Studio

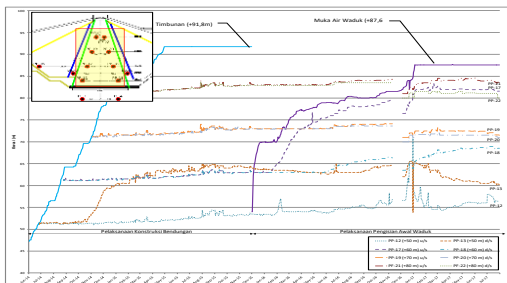
HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat Pneumatic Piezometer

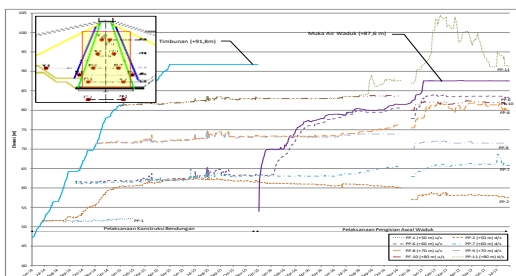
Pneumatic Piezometer yang terpasang di Bendungan ini jumlahnya 38 buah dan dipasang di beberapa stasiun yaitu STA 14, STA 17, dan STA 20 yang sebagian besar berada pada timbunan inti, dan juga terdapat di filter (zona 2), zona 3 (random tanah).

Fungsi Pneumatic Piezometer adalah untuk mengetahui tekanan air pori yang terjadi pada tubuh bendungan pada timbunan inti (pada clay material) dan zona filter, dan zona random tanah. Range pengukuran tekanan 3 kg/cm² s/d 10 kg/cm² dengan akurasi pembacaan 2%. Secara detail tekanan air pori yang terjadi dapat dianalisis yang mana tekanan air pori yang terjadi umumnya dibawah tekanan air pori kritis.

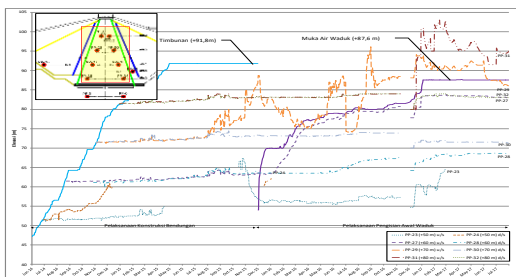
Pembacaan Data Pnumatic Piezometer



Gambar 1. Hasil Pembacaan Pneumatic Piezometer pada Zona Inti di Station 14



Gambar 2. Hasil Pembacaan Pneumatic Piezometer pada Zona Inti di Station 17



Gambar 3. Hasil Pembacaan Pneumatic Piezometer pada Zona Inti di Station 20

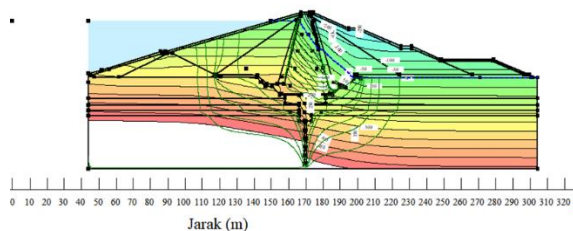
Gambar 1 menunjukkan di awal hari pengamatan perbedaan elevasi dari tekanan air pori setinggi 2,89 m. Di akhir pembacaan menunjukkan beda elevasi dari tekanan air pori sebesar 7,94 m. Gambar 2 merupakan hasil pembacaan alat ukur untuk station 17. Gambar 3 menunjukkan bahwa di awal pengamatan ada beda elevasi dari tekanan air

pori sebesar 2,71 m. Pada saat pembacaan akhir menunjukkan beda elevasi tekanan air pori sebesar 11,1 m.

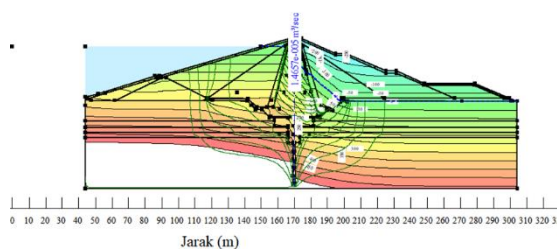
Permodelan Rembesan dan Angka Pori

Penelitian ini menggunakan kajian rembesan berdasarkan pengamatan instrumentasi dari piezometer yang ada pada inti tubuh Bendungan. Sebagai pembandingan, peneliti menggunakan analisis rembesan menggunakan metode elemen hingga (SEEP/W) dari Program Geo Studio yang menggunakan parameter desain kondisi pembangunan Bendungan.

Parameter desain bendungan digunakan untuk analisis dengan program Finite Element Method (SEEP / W). Analisis dengan metode elemen hingga (SEEP/W) menggunakan analisis kondisi steady state pada tiap kenaikan muka air waduk, menghasilkan output nilai tekanan air pori dan rembesan pada setiap titik piezometer serta debit rembesan di hilir bendungan yang kemudian akan dibandingkan dengan kondisi rembesan hasil pembacaan instrumen. Gambar 4 menunjukkan hasil SeepW menggunakan parameter design bendungan. Setelah dilakukan analisa didapatkan hasil nilai debit rembesan senilai 1,4675 . 10⁻⁵ m³/dt seperti yang terlihat pada Gambar 5.

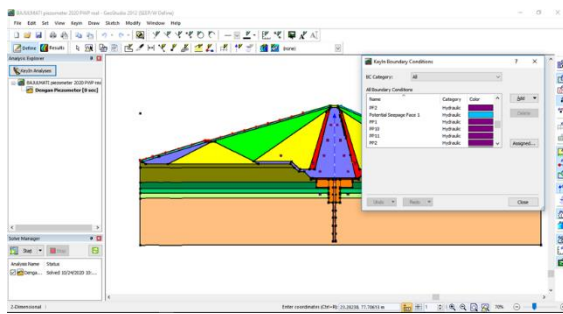


Gambar 4. Hasil SeepW menggunakan Parameter Design Bendungan

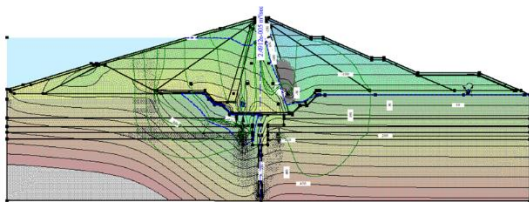


Gambar 5. Hasil Simulasi untuk Debit Rembesan menggunakan Parameter Design Bendungan

Analisis metode elemen hingga (SEEP/W) akan dilakukan juga menggunakan batasan hasil pembacaan instrument Piezometer. Program GeoStudio memiliki fitur Keyin untuk batasan (boundary condition) kondisi tekanan air pori dari hasil pembacaan instrumen piezometer pada kondisi Muka air di +84,1 didapatkan pola tekanan air pori (*Pore Water Pressure*) seperti terlihat pada Gambar 6 dan didapatkan hasil nilai debit rembesan senilai $2,4912 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dt}$ yang terlihat pada Gambar 7. Dengan membandingkan hasil tersebut maka nilai rembesan dari teoritis dan aktual mendekati nilainya.



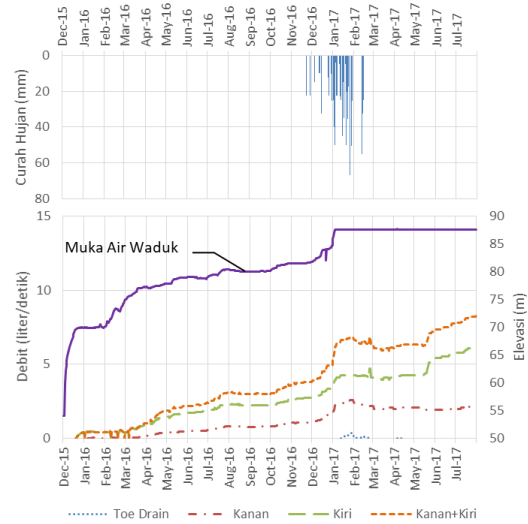
Gambar 6. Simulasi SeepW menggunakan Batasan Data Instrumen



Gambar 7. Hasil Simulasi untuk Debit Rembesan menggunakan Boundary Condition Hasil Pembacaan Instrumen

Selain melakukan perbandingan data instrumen piezometer dengan hasil simulasi program SeepW, juga dilakukan perbandingan dengan hasil pengamatan di alat ukur V-notch di hilir bendungan. Gambar 8 menunjukkan hasil pengamatan pembacaan rembesan. Dari hasil pembacaan alat ukur V-notch menunjukkan hasil debit rembesan mendekati sama dengan hasil simulasi menggunakan program SeepW.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa tekanan air pori pada bendungan ini mengikuti pola jaringan trayektori aliran filtrasi (filiwnet) pada tubuh bendungan.



Gambar 8. Hasil Pembacaan Rembesan pada V-Notch

KESIMPULAN

Program SeepW dapat mensimulasikan tekanan air pori dengan baik dimana hasil simulasi Program SeepW mendekati nilai hasil pembacaan instrumen. Tekanan air pori mengikuti pola pada jaringan tryektori aliran filtrasi (flownet) yang ada dalam tubuh bendungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtarpour, A., & Soroush, A. (2015). Numerical Study of Pore Pressure Development and Dissipation in Core of Masjed-Soleyman Rockfill Dam. *Hydropower '15*.
- Aprianto, D. S. (2015). Analisa Instrumentasi Geoteknik Untuk EvaluasiKeamanan Bendungan Urugan Tanah Di LodanKabupaten Rembang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(4), 561–567. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Beiranvand, B., & Komasi, M. (2019). Monitoring and numerical analysis of pore water pressure changes Eyvashan dam during the first dewatering period. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.22126/arww.2019.1017>
- Buldan, R., Suharyanto, S., Najib, N., & Sadono, K. W. (2021). Analisis Rembesan Terhadap Keamanan Bendungan Kedung Ombo Di

- Grobogan, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 12(2), 79–92. <https://doi.org/10.32679/jth.v12i2.657>
- Dandel, R., Sumampouw, J. E. R., Sompie, O. B. A., Teknik, J., Fakultas, S., Universitas, T., & Ratulangi, S. (2017). Pengaruh Tekanan Air Pori Tanah Terhadap Perkuatan Tembok Penahan Dan Geotextile. *Tekno*, 15(67).
- Fatahi, B., Le, T. M., Le, M. Q., & Khabbaz, H. (2013). Soil creep effects on ground lateral deformation and pore water pressure under embankments. *Geomechanics and Geoengineering*, 8(2), 107–124. <https://doi.org/10.1080/17486025.2012.727037>
- Huda, A. L., Wardani, S. P. R., & Suharyanto, S. (2019). Evaluation of pore water pressure and water leakage in Panohan dam. *Reka Buana : Scientific Journal of Civil Engineering and Chemical Engineering*, 4(2), 26.
- Kementerian PUPR. (2008). Prinsip Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar. *Diklat Teknis Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar*, 1–122. https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/04/5637f_MDL_Prinsip_Perencanaan_Bendungan.pdf
- Keyvanipour, M., Moharrampour, M., Ranjbar, M. K. (2013). An Evaluation and Comparison of Sirjan's Embankment Behavior with Instrumentation Data and Software PLAXIS. *Industrial Science*, 01(01), 1–7.
- Morton, K. L., Muresan, M. C., & Ramsden, F. (2008). Importance of pore pressure monitoring in high walls. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 108(11), 661–667.
- Pagano, L., Fontanella, E., Sica, S., & Desideri, A. (2010). Pore water pressure measurements in the interpretation of the hydraulic behaviour of two earth dams. *Soils and Foundations*, 50(2), 295–307. <https://doi.org/10.3208/sandf.50.295>
- Sari, U. C., Wardani, S. P. R., Suharyanto, & Partono, W. (2016). Analisis Tekanan Air Pori Menggunakan Metode Elemen Hingga Dengan Pemodelan Mohr-Coulomb Pada Plaxis. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 10 Di Universitas AtmaJaya Yogyakarta, 1980*, 675–683.
- Siregar, G. G. P., & Kurniawan, F. aldoko. (2021). Interpretasi Instrumentasi Piezometer Dalam Rangka Pemantauan Keamanan Bendungan Kedung Ombo. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 131–145. <https://doi.org/10.31849/siklus.v7i2.7460>
- Sompie, O. B. A., Teknik, P., Universitas, S., & Ratulangi, S. (2014). *fabian_jm,+JIME040401+Sompie&Christian*. 4(4), 205–214.
- Subiyanti, H., Rifa'i, A., & Jayadi, R. (2011). Analisis Kelongsoran Lereng Akibat Pengaruh Tekanan Air Pori di Saluran Induk Kalibawang Kulonprogo. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 14(1), 15–25.
- Wijayanto, A., Juwono, P., & Cahya, E. (2021). The Influence of Damage to the Geomembrane Layer on the Seepage Pattern and Discharge at the Homogeneous Embankment Dam. *Civil and Environmental Science*, 004(01), 076–083. <https://doi.org/10.21776/ub.civense.2021.00401.7>
- Yun, S. K., Kim, J., Im, E. S., & Kang, G. (2022). Behavior of Porewater Pressures in an Earth Dam by Principal Component Analysis. *Water (Switzerland)*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/w14040672>

