

Analisis Permeabilitas Tanah pada Tubuh Waduk Gedang Kulut

Mochammad Dias Eca Mantofani^{1*}, Edy Priyanto¹, Dandy Nugroho¹

¹Universitas Gresik, Gresik, Indonesia

Ecamantofani@gmail.com*

| Received: 09/07/2026 | Revised: 30/07/2026 | Accepted: 05/08/2026 |

Copyright©2026 by authors. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons

Abstrak

Permeabilitas tanah merupakan salah satu parameter geoteknik yang menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air melalui pori-porinya. Pada konstruksi waduk, karakteristik permeabilitas berpengaruh terhadap besarnya rembesan yang dapat memengaruhi efektivitas tampungan air serta stabilitas tubuh waduk. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas tanah pada tubuh Waduk Gedang Kulut serta menganalisis karakteristik permeabilitas tanah sebagai salah satu parameter dalam evaluasi material penyusun tubuh waduk. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis. Sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) diambil pada satu titik pengambilan sampel, kemudian diuji 5 kali menggunakan metode *Constant Head Test* berdasarkan Hukum Darcy. Analisis distribusi ukuran butiran melalui uji ayak juga dilakukan sebagai data pendukung untuk karakterisasi tanah. Hasil penelitian menunjukkan nilai koefisien permeabilitas berturut-turut sebesar 0,00043; 0,00034; 0,00025; 0,00039; dan 0,00031 cm/detik, dengan nilai rata-rata 0,000344 cm/detik atau $3,44 \times 10^{-6}$ m/detik. Berdasarkan klasifikasi permeabilitas, tanah termasuk dalam kategori permeabilitas rendah, yang menunjukkan kemampuan meloloskan air yang relatif kecil. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa dari aspek permeabilitas, tanah pada lokasi penelitian memiliki karakteristik yang mendukung penggunaannya sebagai material penyusun tubuh waduk. Namun, penilaian kelayakan material secara menyeluruh tetap memerlukan kajian terhadap parameter geoteknik lainnya.

Kata kunci: permeabilitas tanah, Constant Head Test, rembesan, tubuh waduk, Waduk Gedang Kulut, geoteknik

Abstract

Soil permeability is one of the key geotechnical parameters that describes the ability of soil to transmit water through its pore spaces. In reservoir construction, soil permeability significantly influences seepage, which may affect water storage efficiency and the stability of the reservoir embankment. This study aimed to determine the soil permeability coefficient of the Gedang Kulut Reservoir embankment and to analyze its permeability characteristics as a parameter for evaluating the suitability of the embankment material. A quantitative method with a descriptive-analytical approach was employed. Undisturbed soil samples were collected from a single sampling point, followed by five permeability tests using the *Constant Head Test* method based on Darcy's Law. In addition, particle-size distribution analysis was conducted using sieve analysis to support soil characterization. The results showed that the permeability coefficients obtained from the five tests were 0.00043, 0.00034, 0.00025, 0.00039, and 0.00031 cm/s, respectively, with an average value of 0.000344 cm/s (3.44×10^{-6} m/s). Based on the soil permeability classification, the soil was categorized as having

low permeability, indicating a relatively low capacity to transmit water. These findings suggest that, in terms of permeability, the soil at the study site is suitable for use as embankment material for the reservoir. Nevertheless, a comprehensive evaluation of material suitability requires further assessment of other geotechnical parameters.

Keywords: soil permeability, Constant Head Test, seepage, reservoir embankment, Gedang Kulut Reservoir, geotechnical engineering

Pendahuluan

Waduk adalah wadah air buatan yang terbentuk sebagai akibat pembangunan bendungan pada alur sungai atau kawasan lembah tertentu yang dirancang untuk menampung dan menyimpan air dalam kapasitas besar. Keberadaan waduk memiliki peranan strategis dalam pengelolaan sumber daya air karena memungkinkan pengaturan debit dan distribusi air secara terkontrol untuk memenuhi kebutuhan manusia sekaligus menjaga keseimbangan lingkungan. Oleh karena itu, waduk merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan dari bendungan sebagai struktur utama pengendali aliran air (Hanafi & Harmiyati, 2021)

Ditinjau dari aspek fungsional, waduk dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, antara lain pengendalian banjir, penyediaan air irigasi, pemenuhan kebutuhan air baku, pembangkitan energi listrik tenaga air, serta mitigasi dampak kekeringan. Pada periode musim hujan, waduk berfungsi menahan dan mereduksi debit puncak banjir sehingga aliran air ke wilayah hilir dapat dikendalikan, sedangkan pada musim kemarau cadangan air yang tersimpan dimanfaatkan untuk menjamin ketersediaan air secara berkelanjutan (Kartini & Permana, 2016)

Penetapan kelayakan tanah waduk dilakukan melalui analisis sejumlah parameter utama yang meliputi nilai permeabilitas, jenis dan struktur tanah, serta kondisi geologi dan hidrogeologi di lokasi waduk. Proses evaluasi tersebut dilaksanakan melalui pengujian laboratorium, pengujian lapangan, serta kajian teknis yang disesuaikan dengan standar dan ketentuan yang berlaku. Oleh karena itu, kajian kelayakan tanah waduk merupakan komponen penting dalam perencanaan dan pengelolaan waduk karena berpengaruh langsung terhadap keberlanjutan fungsi waduk serta keselamatan lingkungan dan masyarakat di sekitarnya. Permeabilitas adalah parameter tanah yang penting untuk setiap proyek di mana aliran air melalui tanah menjadi masalah, misalnya rembesan melalui atau di bawah bendungan, drainase dari tanah dasar, atau penimbunan. (Syarif et al., 2020)

Rembesan merupakan proses pergerakan air yang terjadi melalui media tanah akibat sifat tanah yang memiliki pori-pori dan mampu meloloskan air. Dalam mekanika tanah, aliran air yang melewati media berpori umumnya diasumsikan sebagai aliran laminar, yaitu aliran yang mengikuti Hukum Darcy, di mana kecepatan aliran berbanding lurus dengan gradien hidrolik. Berdasarkan konsep tersebut, peningkatan nilai permeabilitas tanah akan menyebabkan meningkatnya potensi rembesan pada tubuh bendungan, fondasi, maupun saluran irigasi.

Besarnya rembesan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berkaitan dengan kondisi fisik bangunan dan karakteristik tanah di sekitarnya. Faktor-faktor tersebut meliputi kerusakan atau retakan pada tubuh bangunan yang dapat memperbesar jalur aliran air, serta karakteristik tanah seperti tingkat permeabilitas, jenis tanah, distribusi ukuran butiran, struktur tanah, dan konfigurasi pori-pori. Tanah yang didominasi oleh material berpasir umumnya memiliki permeabilitas yang lebih tinggi sehingga memungkinkan air mengalir lebih cepat dibandingkan dengan tanah berbutir halus. (Najimuddin & Wahyudi, n.d.)

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji permeabilitas tanah pada bendungan maupun waduk sebagai dasar evaluasi rembesan dan stabilitas konstruksi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakteristik permeabilitas sangat dipengaruhi oleh jenis tanah, ukuran butir, dan struktur pori, sehingga setiap lokasi memiliki karakteristik yang berbeda. Namun, hingga saat ini belum ditemukan kajian yang secara khusus mengukur dan mengevaluasi nilai permeabilitas tanah di tubuh Waduk Gedangkulut, Kabupaten Gresik. Kondisi tersebut menunjukkan adanya research gap, yaitu belum tersedianya data ilmiah mengenai karakteristik permeabilitas tanah sebagai dasar penilaian kelayakan tubuh Waduk Gedangkulut.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengukur nilai koefisien permeabilitas tanah pada tubuh Waduk Gedangkulut menggunakan metode *Constant Head*, kemudian mengevaluasi kelayakan tanah berdasarkan hasil pengujian laboratorium. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada penyediaan data permeabilitas tanah spesifik di Waduk Gedangkulut yang belum pernah dilaporkan sebelumnya serta pemanfaatannya sebagai dasar evaluasi kelayakan tanah penyusun tubuh waduk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi ilmiah yang mendukung pengelolaan dan pemeliharaan Waduk Gedangkulut secara berkelanjutan

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai permeabilitas hasil penyelidikan pada tanah tubuh Waduk Gedang Kulut?
2. Bagaimanakah kelayakan tanah penyusun tubuh Waduk Gedang Kulut?

Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh dan mengevaluasi nilai permeabilitas tanah pada tubuh waduk sebagai dasar untuk menilai kemampuan tanah dalam menghambat rembesan air dari tampungan waduk.
2. Untuk mengetahui tingkat kelayakan permeabilitas tanah pada tubuh waduk berdasarkan nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium.

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini memusatkan kajian pada pengukuran nilai permeabilitas tanah yang menyusun tubuh waduk.
2. Tidak mencakup pembahasan yang mendalam mengenai aspek hidrologi dan hidraulika waduk secara menyeluruh.
3. Analisis dalam penelitian ini dibatasi pada penentuan nilai koefisien permeabilitas tanah sebagai parameter utama dalam menilai kelayakan tubuh waduk, tanpa mencakup kajian terhadap aspek geoteknik lainnya, seperti kekuatan geser tanah, karakteristik konsolidasi, maupun stabilitas lereng.
4. Penilaian kelayakan tubuh waduk dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil

pengukuran permeabilitas tanah yang selanjutnya dibandingkan dengan kriteria atau standar teknis yang berlaku.

Metodologi Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk memperoleh data numerik terkait karakteristik tanah, khususnya nilai koefisien permeabilitas, sedangkan metode deskriptif-analitis bertujuan untuk menggambarkan serta menganalisis kondisi tanah penyusun tubuh waduk berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Waduk Gedangkulut, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Titik koordinat garis lintang dan bujur -7.1975, 112.504 (atau sekitar 7°11'52"S 112°32'5"E). Pengambilan sampel tanah dilakukan pada beberapa bagian tubuh waduk yang dianggap representatif, antara lain pada bagian atas (puncak), bagian samping (lereng), dan bawah (dasar) waduk. Penelitian dilaksanakan melalui tahapan survei lapangan, pengambilan sampel tanah, serta pengujian di laboratorium.



Gambar 1 lokasi waduk

Sumber: google-earth,-2026

Waktu Pelaksanaan

Waktu penelitian dilaksanakan $\pm$ 6 bulan dimulai dari Desember 2025 hingga Mei 2026, yang mencakup tahap persiapan, pengumpulan data, analisis, hingga penyusunan laporan tugas akhir.

Persiapan penelitian

Tahap persiapan penelitian merupakan langkah awal yang dilakukan sebelum

pelaksanaan pengambilan data di lapangan. Kegiatan pada tahap ini meliputi studi literatur yang berkaitan dengan karakteristik tanah, permeabilitas tanah, serta konsep perencanaan dan evaluasi waduk. Studi literatur dilakukan melalui penelaahan buku teks, jurnal ilmiah, dan dokumen teknis yang relevan untuk memperoleh landasan teoritis yang kuat bagi penelitian.

Selain itu, dilakukan penentuan lokasi dan titik pengambilan sampel tanah pada tubuh Waduk Gedangkulut berdasarkan kondisi lapangan dan tujuan penelitian. Persiapan peralatan dan instrumen penelitian juga dilakukan untuk memastikan seluruh alat yang digunakan dalam kondisi layak dan siap pakai. Pada tahap ini dilakukan pula penyusunan jadwal penelitian serta perizinan yang diperlukan guna mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian di lapangan dan di laboratorium.

Seluruh kegiatan persiapan dilakukan secara sistematis agar proses pengambilan data dan pengujian laboratorium dapat berlangsung secara efektif, efisien, dan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan

Pengmpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengambilan sampel tanah di lapangan dan pengujian laboratorium. Data yang dikumpulkan terdiri atas data primer berupa hasil pengujian sifat fisik tanah dan nilai koefisien permeabilitas, serta data sekunder yang diperoleh dari literatur, jurnal ilmiah, dan dokumen teknis yang relevan dengan penelitian.

Analisis data

Data hasil pengujian laboratorium dianalisis untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas tanah. Hasil analisis tersebut kemudian dibandingkan dengan standar teknis dan referensi yang berlaku guna menilai kelayakan tanah penyusun tubuh waduk dalam mengendalikan rembesan air dan menjaga stabilitas struktur waduk

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan seperangkat alat yang digunakan untuk memperoleh data yang relevan dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam penelitian ini, instrumen disusun untuk mengumpulkan data terkait pengukuran permeabilitas tanah waduk gedangkulut untuk mengetahui kelayakan tubuh waduk.

Tabel 1 Blangko Uji Permeabilitas

Data	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5
Head (h)					
Waktu (t)					
Volume air (Q)					
Debit (Q/t)					
Koefisien Permeabilitas (k)					

Sumber: Data laboratorium

Keterangan

Data	:	Menunjukkan nomor atau urutan data hasil pengujian permeabilitas yang dilakukan pada setiap percobaan.
Head (h)	:	Tinggi tekanan hidrolik (<i>hydraulic head</i>) yang bekerja pada sampel tanah selama pengujian. Nilai ini merupakan selisih tinggi muka air yang menjadi gaya pendorong aliran air melalui sampel tanah dan dinyatakan dalam satuan cm.
Waktu (t)	:	Lama waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui sampel tanah selama pengujian. Parameter ini dinyatakan dalam satuan detik (s).
Volume Air (Q)	:	Volume air yang berhasil melewati sampel tanah selama waktu pengujian. Nilai ini dinyatakan dalam satuan cm ³ atau mL.
Koefisien Permeabilitas (k)	:	Nilai yang menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air melalui pori-porinya. Koefisien permeabilitas dihitung berdasarkan hasil pengujian <i>Constant Head</i> dan dinyatakan dalam satuan cm/detik. Semakin besar nilai k, semakin mudah air mengalir melalui tanah, sedangkan semakin kecil nilai k, semakin rendah kemampuan tanah meloloskan air.

Sumber: Data laboratorium

Tabel 2 Blangko Uji Ayak

No ayakan	Bukaan ayakan (mm)	Berat ayakan (g)	Berat ayakan + tanah (g)	Berat tanah tertahan (g)	% tertahan	% tertahan kumulatif	% lolos

Sumber: data laboratorium

Keterangan

No Ayakan	:	Nomor standar ayakan yang digunakan dalam pengujian sesuai ukuran bukaan ayakan.
Bukaan Ayakan (mm)	:	Ukuran diameter bukaan setiap ayakan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm).
Berat Ayakan + Tanah (g)	:	Berat ayakan beserta tanah yang tertahan setelah proses Pengayakan selesai, dinyatakan dalam gram (g).
Berat Tanah Tertahan (g)	:	Berat tanah yang tertahan pada masing-masing ayakan, diperoleh dari selisih antara berat ayakan + tanah dengan berat ayakan kosong.
% Tertahan	:	Persentase berat tanah yang tertahan pada setiap ayakan terhadap berat total sampel yang diuji.
% Tertahan Kumulatif	:	Akumulasi persentase tanah yang tertahan mulai dari ayakan dengan bukaan terbesar hingga ayakan tertentu.
% Lolos	:	Persentase tanah yang lolos pada setiap ukuran ayakan, diperoleh dari 100% dikurangi persentase tertahan kumulatif.

Instrumen Lapangan

Instrumen yang digunakan pada kegiatan lapangan mencakup bor tanah dan tabung contoh tanah (ring sample) yang berfungsi untuk memperoleh sampel tanah dalam kondisi terganggu maupun tidak terganggu. Selain itu, digunakan peralatan penunjang berupa pisau tanah, palu karet, kantong sampel, meteran, serta perangkat GPS untuk memastikan ketepatan penentuan lokasi titik pengambilan sampel. Peralatan keselamatan kerja turut disiapkan dan digunakan guna menjamin keamanan selama pelaksanaan kegiatan lapangan.

Instrumen Laboratorium

Instrumen yang digunakan dalam pengujian laboratorium mencakup perangkat uji permeabilitas tanah dengan metode *constant head* timbangan digital yang berfungsi untuk menentukan massa tanah. Selain itu, digunakan seperangkat alat analisis saringan dan hidrometer guna keperluan klasifikasi tanah, Peralatan pendukung seperti gelas ukur, stopwatch, dan alat ukur dimensi. Seluruh instrumen pengujian dioperasikan sesuai dengan prosedur serta standar pengujian tanah yang berlaku untuk menjamin tingkat akurasi dan keandalan data yang dihasilkan dalam penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi lapangan, pengambilan sampel tanah, pengujian laboratorium, serta studi literatur. Observasi lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi fisik waduk. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada beberapa titik di tubuh waduk sebagai bahan uji. Pengujian laboratorium digunakan untuk memperoleh data kuantitatif berupa nilai koefisien permeabilitas tanah, sedangkan studi literatur digunakan sebagai landasan teori dan acuan standar teknis dalam analisis data

Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilaksanakan untuk meninjau secara langsung kondisi fisik tubuh waduk, yang meliputi karakteristik permukaan tanah, keberadaan indikasi rembesan, serta kondisi lingkungan di sekitarnya. Data hasil observasi dimanfaatkan sebagai informasi pendukung dalam analisis penelitian.

Penentuan Titik Pengambilan Sampel

Penentuan titik pengambilan sampel tanah dilakukan pada beberapa bagian tubuh Waduk Gedangkulut, khususnya bagian atas dan bagian samping, dengan tujuan agar sampel yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi tanah penyusun tubuh waduk secara keseluruhan.

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan pipa paralon dengan diameter 3 inc" untuk memperoleh sampel tanah terganggu maupun tidak terganggu. Sampel yang telah diambil selanjutnya diberi identitas dan disimpan dengan baik guna menjaga kondisi sampel sebelum dilakukan pengujian laboratorium.

Pengujian Laboratorium

Sampel tanah yang telah dikumpulkan selanjutnya diuji di laboratorium untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas tanah. Selain itu, dilakukan pula pengujian sifat fisik tanah sebagai data pendukung dalam proses analisis.

Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui kajian literatur, peraturan perundang-undangan, serta standar teknis yang berkaitan dengan permeabilitas tanah dan penilaian kelayakan tubuh waduk, terutama yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).

Pencatatan dan Dokumentasi

Seluruh rangkaian kegiatan pengumpulan data didokumentasikan secara sistematis

melalui pencatatan hasil pengukuran, pengambilan dokumentasi visual di lapangan, serta dokumentasi selama pengujian laboratorium guna menjamin keakuratan dan keabsahan data penelitian.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian berjudul “Pengukuran permeabilitas tanah waduk Gedangkulut untuk mengetahui kelayakan tubuh waduk” dilakukan melalui analisis deskriptif kuantitatif. sesuai dengan tujuan penelitian dan rumusan masalah yang telah ditetapkan. Data yang digunakan terdiri atas data primer yang diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan, serta data sekunder yang bersumber dari literatur ilmiah berupa buku, jurnal, dan laporan penelitian terdahulu.

Metode yang akan digunakan adalah metode *constant head*. Maka dari itu, rumus yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

Metode *constant head*

Digunakan untuk tanah berbutir kasar (pasir–kerikil).

Rumus

$$k = \frac{Q \cdot L}{A \cdot h \cdot t}$$

Keterangan:

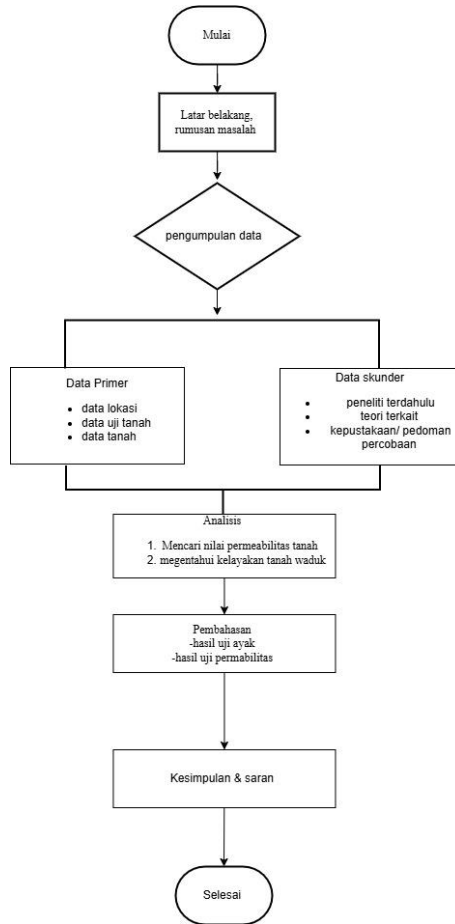
k = koefisien permeabilitas (cm/detik atau m/detik)
Q = volume air yang mengalir (cm³ atau m³)

L = panjang sampel tanah (cm atau m)

A = luas penampang sampel (cm² atau m²)
h = tinggi beda tekan (*head*) (cm atau m)
t = waktu aliran (detik)

Flowchart

Flowchart ini menggambarkan alur penelitian dari studi literatur hingga penyusunan rekomendasi teknis, sehingga memastikan setiap tahap penelitian dilakukan secara sistematis dan berurutan.



Flowchart

Sumber: Olahan penelitian,2026

Hasil dan Pembahasan

Deskripsi penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk menganalisis nilai koefisien permeabilitas tanah menggunakan metode *Constant Head* pada sampel tanah yang berasal dari kawasan Waduk Gedang Kulut. Penelitian dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai kemampuan tanah dalam meloloskan air melalui pori-porinya, sehingga dapat diketahui karakteristik hidrolik tanah pada lokasi penelitian. Informasi mengenai nilai permeabilitas sangat penting karena berkaitan dengan kemampuan tanah dalam proses infiltrasi, rembesan, serta kestabilan tanah terhadap aliran air.

Pengambilan sampel tanah dilaksanakan secara langsung di lokasi penelitian menggunakan metode *undisturbed sampling* atau pengambilan sampel tanah tidak terganggu. Teknik ini dilakukan dengan memanfaatkan tabung sampel yang ditancapkan ke dalam tanah hingga kedalaman tertentu, sehingga struktur alami tanah tetap terjaga. Penggunaan sampel tidak terganggu bertujuan untuk mempertahankan susunan butiran tanah, distribusi pori, serta kondisi fisik tanah sebagaimana terdapat di lapangan. Dengan demikian, hasil pengujian permeabilitas yang diperoleh dapat menggambarkan kondisi sebenarnya dan memiliki tingkat akurasi yang

lebih baik.

Setelah proses pengambilan sampel selesai, sampel tanah dibawa ke laboratorium rumah untuk diuji permeabilitasnya. Sebelum pengujian dimulai, seluruh peralatan dipersiapkan dan diperiksa untuk memastikan bahwa alat berfungsi dengan baik. Sampel tanah kemudian dimasukkan ke dalam tabung permeabilitas dengan hati-hati agar tidak terjadi perubahan bentuk maupun kerusakan pada struktur tanah. Tahapan ini menjadi salah satu faktor penting yang memengaruhi ketelitian hasil pengujian.

Sebelum pelaksanaan uji permeabilitas, sampel tanah terlebih dahulu dianalisis melalui pengujian saringan (uji ayak) untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah. Pengujian ini dilakukan menggunakan satu set ayakan dengan ukuran tertentu yang disusun secara berurutan dari bukaan terbesar hingga bukaan terkecil. Sampel tanah kering ditempatkan pada susunan ayakan, kemudian digetarkan selama waktu tertentu sehingga butiran tanah terpisah sesuai dengan ukuran masing-masing. Berat tanah yang tertahan pada setiap ayakan selanjutnya ditimbang dan dicatat sebagai data utama dalam analisis gradasi.

Berdasarkan hasil analisis saringan (uji ayak), diperoleh informasi mengenai distribusi ukuran butir tanah yang menjadi dasar untuk mengidentifikasi karakteristik fisik sampel. Pengujian dilakukan menggunakan susunan ayakan standar yang terdiri atas ayakan No. 20 (0,85 mm), No. 40 (0,425 mm), No. 170 (0,090 mm), No. 200 (0,075 mm), serta pan

sebagai penampung fraksi tanah yang lolos dari seluruh susunan ayakan. Berat awal sampel tanah yang digunakan dalam pengujian adalah 500 gram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada ayakan No. 20 dengan bukaan 0,85 mm, berat tanah yang tertahan sebesar 13 gram atau 2,60% dari total berat sampel. Persentase tertahan kumulatif pada ayakan tersebut sebesar 2,60%, sedangkan persentase tanah yang lolos mencapai 97,40%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa hanya sebagian kecil butiran tanah berukuran lebih besar dari 0,85 mm, sehingga kandungan fraksi berukuran kasar pada sampel relatif rendah.

Pada ayakan No. 40 dengan bukaan 0,425 mm, diperoleh berat tanah yang tertahan sebesar 116 gram atau 23,20% dari total sampel. Persentase tertahan kumulatif meningkat menjadi 25,80%, sedangkan persentase lolos sebesar 75,20%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian butiran tanah berada pada rentang ukuran antara 0,425 mm dan 0,85 mm, yang mengindikasikan adanya fraksi pasir berukuran sedang hingga halus dalam jumlah yang cukup signifikan.

Selanjutnya, pada ayakan No. 170 dengan bukaan 0,090 mm, diperoleh berat tanah tertahan terbesar, yaitu 248 gram atau 49,60% dari total berat sampel. Persentase tertahan kumulatif mencapai 75,40%, sedangkan persentase lolos hanya 24,60%. Dominasi tanah yang tertahan pada ayakan ini menunjukkan bahwa sebagian besar partikel penyusun sampel berukuran mendekati 0,090 mm. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa sampel tanah didominasi oleh fraksi berukuran halus, yang umumnya memiliki pori-pori lebih kecil dibandingkan dengan tanah berbutir kasar.

Pada ayakan No. 200 dengan bukaan 0,075 mm, berat tanah yang tertahan sebesar 89 gram atau 17,80% dari total berat sampel. Persentase tertahan kumulatif meningkat menjadi 93,20%, sedangkan persentase tanah yang lolos hanya 6,80%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa jumlah partikel berukuran lebih kecil dari 0,075 mm relatif sedikit, sehingga sebagian besar butiran tanah masih tertahan pada ayakan berukuran tersebut.

Sementara itu, pada pan diperoleh berat tanah sebesar 28 gram atau 5,60% dari total sampel. Fraksi tanah yang terkumpul pada pan merupakan partikel yang mampu melewati seluruh susunan ayakan, sehingga termasuk ke dalam kelompok partikel yang sangat halus. Keberadaan fraksi ini memberikan gambaran mengenai kandungan material berukuran sangat kecil yang terdapat dalam sampel tanah.

Secara keseluruhan, hasil analisis saringan menunjukkan bahwa distribusi ukuran butir tanah didominasi oleh material yang tertahan pada ayakan No. 170 dengan persentase sebesar 49,60%. Dominasi fraksi berukuran halus tersebut menunjukkan bahwa tanah memiliki distribusi pori yang relatif kecil dan rapat. Kondisi ini menyebabkan kemampuan tanah dalam mengalirkan atau meloloskan air menjadi lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang didominasi oleh butiran kasar. Dengan demikian, hasil analisis saringan mendukung hasil pengujian permeabilitas yang menunjukkan bahwa tanah pada lokasi penelitian memiliki nilai koefisien permeabilitas yang rendah, karena ukuran butir yang lebih halus cenderung menghambat laju aliran air di dalam media tanah.

Tabel 3 Uji Ayak

No ayakan	Bukaan ayakan (mm)	Berat ayakan n (g)	Berat ayakan n + tanah (g)	Berat tanah tertahan (g)	% tertahan	% tertahan komulatif	% lolos
20	0,85	395	409	13	2,60%	2,60%	97,40 %
40	0,425	378	496	116	23,20%	25,80%	75,20%
170	0,090	349	600	248	49,60 %	75,40%	24,60
200	0,075	348	436	89	17,80%	93,20%	6,80
pan		162	197	28	5,60%	98,80%	0

Sumber : hasil uji laboratorium

Pengujian permeabilitas dilakukan menggunakan metode *Constant Head*, yaitu metode yang mempertahankan tinggi muka air (*head*) tetap konstan selama proses pengaliran air melalui sampel tanah. Kondisi *head* yang konstan memungkinkan aliran air berlangsung stabil, sehingga volume air yang melewati sampel dapat diukur secara akurat dalam selang waktu tertentu. Metode ini umumnya digunakan untuk tanah dengan permeabilitas sedang hingga tinggi karena mampu menghasilkan aliran yang kontinu selama proses pengujian.

Sebelum proses pengukuran dilakukan, sampel tanah dijenuhkan terlebih dahulu dengan air hingga seluruh pori tanah terisi sepenuhnya. Proses penjenuhan dilakukan secara bertahap untuk menghindari terbentuknya gelembung udara di dalam sampel, karena keberadaan udara dapat menghambat aliran air dan menyebabkan hasil pengujian menjadi kurang akurat. Setelah kondisi jenuh tercapai, air dialirkan melalui sampel dengan mempertahankan tinggi muka air tetap sesuai dengan prosedur pengujian metode *Constant Head*. Air yang keluar dari bagian bawah

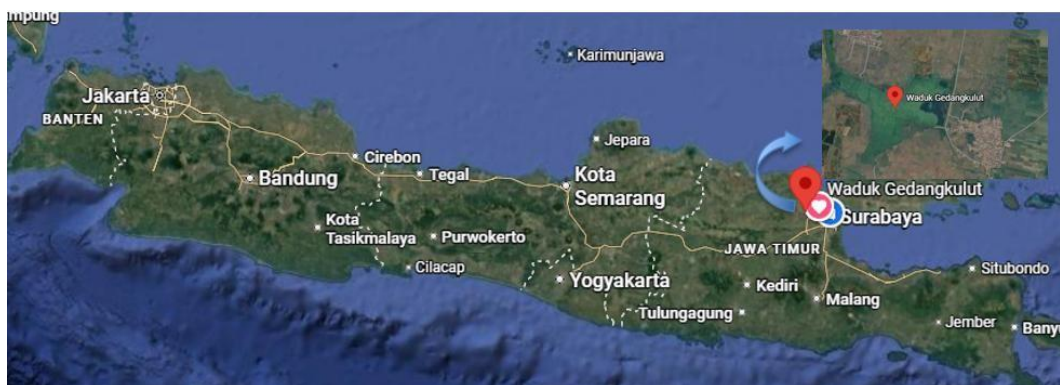
tabung permeabilitas ditampung menggunakan gelas ukur selama interval waktu tertentu. Volume air yang terkumpul kemudian dicatat bersama waktu pengaliran untuk menghitung debit aliran. Selanjutnya, data tersebut digunakan untuk menghitung koefisien permeabilitas berdasarkan persamaan Darcy. Parameter yang digunakan dalam perhitungan meliputi volume air yang mengalir, luas penampang sampel, panjang sampel tanah, tinggi *head*, serta waktu pengujian.

Untuk meningkatkan tingkat ketelitian hasil penelitian, pengujian dilakukan beberapa kali pada sampel yang sama. Setiap hasil pengujian dicatat secara sistematis, kemudian koefisien permeabilitas dihitung untuk setiap percobaan. Nilai-nilai tersebut selanjutnya dirata-ratakan sehingga diperoleh nilai permeabilitas yang dianggap mewakili karakteristik tanah di lokasi penelitian. Pengulangan pengujian dilakukan untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan pengukuran serta meningkatkan tingkat kepercayaan terhadap hasil penelitian. Hasil pengujian kemudian dianalisis dengan mengacu pada teori mekanika tanah dan hukum Darcy untuk mengetahui kemampuan tanah dalam meloloskan air. Nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan klasifikasi permeabilitas tanah berdasarkan literatur, sehingga dapat diketahui kategori tanah, apakah memiliki permeabilitas rendah, sedang, atau tinggi.

Analisis ini menjadi dasar untuk menginterpretasikan kondisi tanah di kawasan Waduk Gedang Kulut. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan informasi mengenai karakteristik permeabilitas tanah berdasarkan hasil pengujian laboratorium menggunakan metode *Constant Head*. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi sumber informasi ilmiah yang bermanfaat dalam pengelolaan kawasan Waduk Gedang Kulut, khususnya yang berkaitan dengan proses infiltrasi, rembesan air, konservasi tanah, serta perencanaan bangunan sipil yang memerlukan data sifat hidrolik tanah. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat dijadikan referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas karakteristik fisik dan hidrolik tanah dengan metode pengujian yang serupa.

Lokasi Pengambilan Sempel

Lokasi pengambilan sampel merupakan salah satu komponen penting dalam penelitian permeabilitas tanah karena setiap lokasi memiliki karakteristik fisik, mekanik, dan hidrolik yang berbeda-beda. Perbedaan karakteristik tersebut akan memengaruhi kemampuan tanah dalam meloloskan air melalui pori-porinya.



Gambar 2 Peta Lokasi Waduk

Sumber: Google Earth

Oleh karena itu, penentuan lokasi pengambilan sampel harus dilakukan secara cermat agar data yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi tanah yang sebenarnya. Dalam penelitian ini, sampel tanah diambil dari kawasan Waduk Gedang Kulut, yang dipilih berdasarkan pertimbangan bahwa kondisi tanah di sekitar waduk memiliki peranan penting dalam proses infiltrasi, rembesan, serta keseimbangan tata air di kawasan tersebut. Selain itu, lokasi tersebut dinilai sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk menganalisis nilai koefisien permeabilitas tanah menggunakan metode *Constant Head*.

Waduk Gedang Kulut merupakan kawasan yang berfungsi sebagai tampungan air, sehingga karakteristik tanah di sekitarnya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan tanah dalam menyerap, menyimpan, dan mengalirkan air. Kondisi tersebut berkaitan erat dengan efektivitas waduk dalam menampung air serta menjaga kestabilan tanah di sekitarnya. Karakteristik tanah pada lokasi penelitian dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis material penyusun tanah, kondisi topografi, intensitas curah hujan, tutupan vegetasi, serta aktivitas manusia di sekitar kawasan waduk. Variasi faktor-faktor tersebut berpotensi memengaruhi nilai permeabilitas tanah, sehingga diperlukan pengujian langsung melalui pengambilan sampel di lapangan untuk memperoleh data yang akurat.

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *undisturbed sampling* (sampel tanah tidak terganggu), yaitu metode yang bertujuan mempertahankan kondisi alami tanah selama proses pengambilan hingga tahap pengujian di laboratorium. Metode ini dipilih karena mampu menjaga struktur tanah, susunan butiran, distribusi pori, dan tingkat kepadatan sesuai kondisi asli di lapangan. Dengan demikian, hasil pengujian permeabilitas yang diperoleh diharapkan dapat menggambarkan karakteristik hidrolik tanah secara representatif dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi.



Gambar 3 Proses Pengambilan Sampel Uji *Constant Head*

Sumber : dokumentasi penelitian, 2026

Proses pengambilan sampel menggunakan tabung silinder berdiameter sekitar 3 inci yang ditancapkan secara vertikal ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman kurang lebih 15 cm dari permukaan tanah. Tabung dimasukkan secara perlahan untuk meminimalkan gangguan pada struktur tanah. Setelah tabung terisi penuh dengan sampel, bagian atas dan bawah tabung diratakan, kemudian ditutup rapat guna mempertahankan kadar air alami serta mencegah perubahan kondisi fisik tanah selama proses pengangkutan menuju laboratorium. Seluruh tahapan dilakukan dengan hati-hati agar tidak terjadi kerusakan struktur tanah akibat benturan maupun getaran.

Sebelum proses pengambilan sampel dilaksanakan, dilakukan observasi lapangan untuk menentukan titik pengambilan yang dianggap mampu mewakili kondisi tanah di sekitar Waduk Gedang Kulut. Penentuan titik pengambilan mempertimbangkan kondisi permukaan tanah yang relatif datar dan tidak mengalami gangguan akibat aktivitas manusia, seperti penggalian, penimbunan, maupun aktivitas konstruksi. Pemilihan lokasi tersebut bertujuan agar sampel yang diperoleh benar-benar mencerminkan karakteristik alami tanah di kawasan penelitian sehingga hasil pengujian dapat dijadikan dasar analisis yang valid.



Gambar 4 Lokasi Pengambilan Sampel

Sumber: dokumentasi penelitian,2026

Berdasarkan hasil pengamatan visual di lapangan, tanah pada lokasi penelitian berwarna kecokelatan dengan tekstur yang didominasi oleh fraksi halus. Karakteristik tersebut mengindikasikan bahwa tanah memiliki ukuran pori yang relatif kecil sehingga kemampuan tanah dalam meloloskan air diperkirakan berada pada kategori rendah hingga sedang. Dugaan tersebut selanjutnya diverifikasi melalui pengujian permeabilitas menggunakan metode *Constant Head* untuk memperoleh nilai koefisien permeabilitas secara kuantitatif.

Setelah proses pengambilan selesai, sampel tanah segera dibawa ke laboratorium untuk diuji. Selama proses transportasi, sampel dijaga agar tidak mengalami perubahan kadar air maupun kerusakan struktur akibat guncangan. Penanganan sampel yang baik merupakan salah satu faktor yang menentukan tingkat akurasi hasil pengujian, karena perubahan kondisi fisik tanah dapat memengaruhi nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh dan menyebabkan hasil pengujian tidak lagi merepresentasikan kondisi tanah di lapangan.

Pemilihan lokasi pengambilan sampel di kawasan Waduk Gedang Kulut diharapkan mampu memberikan informasi yang akurat mengenai karakteristik hidrolik tanah pada kawasan

tersebut. Data permeabilitas yang diperoleh tidak hanya digunakan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam meloloskan air, tetapi juga dapat menjadi dasar dalam perencanaan sistem drainase, pengelolaan waduk, konservasi tanah dan air, serta berbagai kajian geoteknik yang berkaitan dengan pembangunan infrastruktur di sekitar lokasi penelitian.

Selanjutnya, hasil pengujian permeabilitas sampel tanah dianalisis menggunakan persamaan Darcy untuk memperoleh nilai koefisien permeabilitas. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi permeabilitas tanah berdasarkan teori mekanika tanah, sehingga dapat diketahui kategori permeabilitas tanah dalam penelitian ini.

Hasil analisis tersebut menjadi dasar pembahasan mengenai karakteristik tanah, kemampuan tanah dalam meloloskan air, serta implikasinya terhadap kondisi hidrologi dan pengelolaan kawasan Waduk Gedang Kulut.

Hasil Analisis Eksperimen

Tahap analisis eksperimen dilaksanakan setelah seluruh rangkaian pengujian permeabilitas tanah menggunakan metode *Constant Head* selesai dilakukan. Analisis ini bertujuan untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas (k) sebagai parameter yang menggambarkan kemampuan tanah dalam meloloskan air melalui pori-porinya. Penentuan nilai koefisien permeabilitas dilakukan berdasarkan data hasil pengujian yang diperoleh selama proses eksperimen di laboratorium. Data yang digunakan dalam analisis meliputi volume air yang mengalir melalui sampel tanah, waktu pengaliran, tinggi muka air (*head*), panjang sampel tanah, dan luas penampang sampel. Seluruh parameter tersebut kemudian diolah menggunakan persamaan Darcy untuk memperoleh nilai koefisien permeabilitas yang merepresentasikan karakteristik hidrolik tanah di lokasi penelitian.

Sebelum dilakukan proses perhitungan, seluruh data hasil pengamatan disusun secara sistematis dalam bentuk tabel untuk mempermudah pengolahan dan interpretasi data. Pengujian dilakukan melalui beberapa kali pengulangan pada sampel tanah yang sama dengan tujuan meningkatkan tingkat ketelitian hasil penelitian serta meminimalkan potensi kesalahan yang dapat terjadi selama proses pengukuran. Meskipun setiap percobaan menghasilkan volume air dan debit aliran yang sedikit berbeda, perbedaan tersebut masih berada dalam rentang yang relatif kecil sehingga menunjukkan bahwa hasil pengujian memiliki tingkat konsistensi yang baik dan dapat digunakan sebagai dasar analisis.



Gambar 5 Proses Pengujian Constant Head

Sumber : Data lab/uji

Perhitungan debit aliran dilakukan dengan membandingkan volume air yang berhasil melewati sampel tanah dengan waktu yang diperlukan selama proses pengujian. Debit aliran merupakan salah satu parameter penting dalam analisis permeabilitas karena mencerminkan jumlah air yang dapat mengalir melalui media tanah dalam satuan waktu tertentu. Besarnya debit yang diperoleh menunjukkan kemampuan tanah dalam mengalirkan air, di mana semakin besar nilai debit, semakin tinggi pula kemampuan tanah dalam meloloskan air melalui pori-porinya.

Tahapan berikutnya adalah menghitung nilai koefisien permeabilitas menggunakan persamaan Darcy. Perhitungan dilakukan pada setiap percobaan dengan memasukkan seluruh parameter yang telah diukur, yaitu volume air, panjang sampel, luas penampang, tinggi *head*, dan waktu pengaliran. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai koefisien permeabilitas pada setiap percobaan mengalami sedikit variasi. Variasi tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti perbedaan volume air yang mengalir, tingkat ketelitian dalam pencatatan waktu, serta kondisi aliran selama proses pengujian. Namun demikian, variasi yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima sehingga hasil pengujian dinilai memiliki tingkat reliabilitas yang baik.

Tabel 4 Hasil Uji *Constant Head*

Data	Satuan	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5
Head (h)	Cm	35	35	35	35	35
Waktu (t)	Detik	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
Volume air (Q)	ml	660	520	380	600	470
Debit (Q/t)	ml/detik	0,0458	0,0361	0,0264	0,0417	0,0326
Koefisien Permeabilitas (k)	cm/detik	0,00043	0,00034	0,00025	0,00039	0,00031

Sumber: hasil uji labpratorium,2026

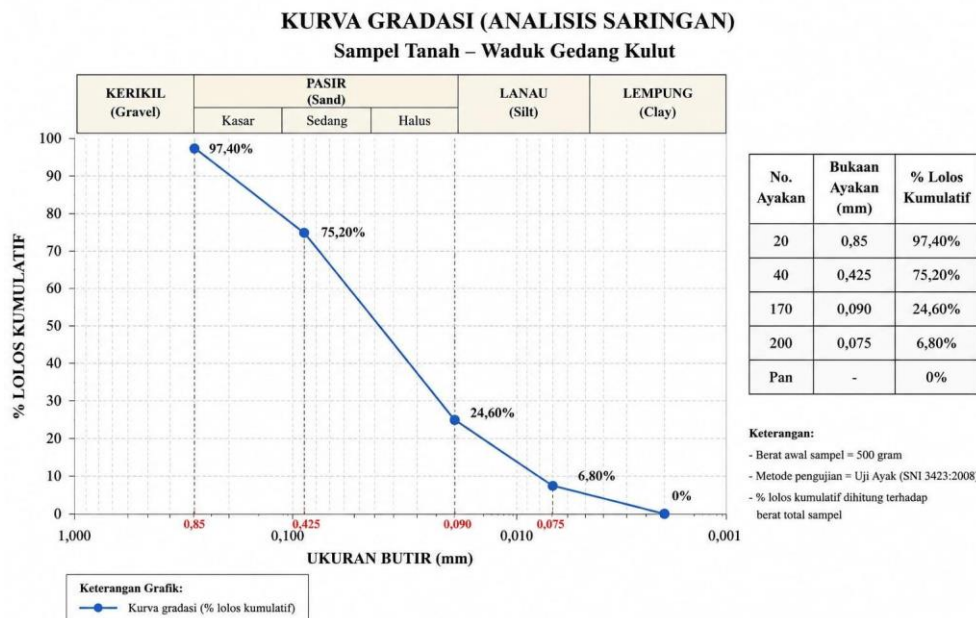
Dari tabel di atas, diketahui bahwa tanah pada tubuh Waduk Gedang Kulut memiliki kemampuan yang relatif kecil dalam mengalirkan air, sehingga potensi terjadinya rembesan dapat diminimalkan. Kondisi ini memberikan indikasi bahwa tanah memiliki karakteristik yang mendukung stabilitas tubuh waduk dan memenuhi persyaratan kelayakan sebagai material penyusun tubuh waduk dari aspek permeabilitas. Adanya variasi nilai koefisien permeabilitas pada setiap pengujian diduga dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik fisik sampel tanah, seperti tingkat kepadatan, distribusi ukuran butir, struktur pori, serta ketelitian dalam proses pengujian. Meskipun demikian, variasi tersebut masih berada dalam rentang yang wajar sehingga nilai rata-rata yang diperoleh dinilai mampu merepresentasikan karakteristik permeabilitas tanah pada lokasi penelitian secara umum.

Tabel menunjukkan bahwa seluruh pengujian dilakukan pada waktu yang sama, yaitu 14.400 detik, sehingga perbedaan nilai koefisien permeabilitas (k) disebabkan oleh karakteristik masing-masing sampel tanah. Nilai permeabilitas tertinggi diperoleh pada Uji 1 sebesar 0,00043 cm/detik, sedangkan yang terendah pada Uji 5 sebesar 0,00031 cm/detik. Rata-rata nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,000344 cm/detik, yang termasuk dalam kategori permeabilitas rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah pada tubuh Waduk Gedang Kulut memiliki kemampuan

rendah dalam meloloskan air, sehingga berpotensi mengurangi rembesan dan mendukung kestabilan tubuh waduk

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas tanah pada kawasan Waduk Gedang Kulut menggunakan metode *Constant Head*. Pengujian dilakukan terhadap sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) yang diambil secara langsung di lokasi penelitian, sehingga karakteristik fisik tanah tetap terjaga selama proses pengujian. Selain uji permeabilitas, penelitian ini juga didukung oleh hasil analisis saringan (uji ayak) untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah yang berpengaruh terhadap kemampuan tanah dalam meloloskan air. Berdasarkan hasil analisis saringan, diketahui bahwa distribusi ukuran butir tanah didominasi oleh fraksi halus. Persentase tanah yang tertahan terbesar berada pada ayakan No. 170 (0,090 mm) sebesar 49,60%, sedangkan persentase lolos pada ayakan No. 200 (0,075 mm) hanya sebesar 6,80%.



Gambar 6 Kurva S Hasil Uji Ayak

Sumber: Hasil uji lab

Kurva gradasi yang diperoleh menunjukkan penurunan persentase lolos yang cukup tajam pada ukuran butir yang lebih kecil. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar partikel penyusun tanah memiliki ukuran yang relatif halus sehingga ruang pori antarbutir menjadi lebih kecil dan lebih rapat. Struktur pori yang demikian menyebabkan aliran air di dalam tanah berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan tanah yang didominasi oleh butiran kasar.

Hasil uji permeabilitas menggunakan metode *Constant Head* menunjukkan bahwa nilai koefisien permeabilitas rata-rata tanah sebesar 0,000344 cm/detik. Nilai tersebut termasuk dalam kategori permeabilitas rendah, yang menunjukkan bahwa tanah memiliki kemampuan terbatas untuk meloloskan air melalui pori-porinya. Rendahnya nilai permeabilitas tersebut berkaitan erat dengan distribusi ukuran butir yang didominasi oleh fraksi halus. Semakin kecil ukuran butir

tanah, semakin kecil pula ukuran pori yang terbentuk, sehingga hambatan terhadap aliran air menjadi semakin besar.

Selama proses pengujian, aliran air yang melewati sampel berlangsung secara kontinu dengan tinggi muka air (*head*) yang tetap dipertahankan sesuai prosedur metode *Constant Head*. Volume air yang keluar dari sampel dicatat pada setiap interval waktu untuk menghitung debit aliran. Selanjutnya, nilai debit digunakan dalam Persamaan Darcy untuk menentukan koefisien permeabilitas. Hasil setiap percobaan menunjukkan adanya sedikit variasi nilai permeabilitas, namun perbedaannya relatif kecil sehingga hasil pengujian dinilai konsisten dan memiliki tingkat keandalan yang baik. Variasi tersebut dapat dipengaruhi oleh ketelitian pengukuran waktu, volume air, maupun kondisi pemasangan sampel pada alat uji.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat diketahui bahwa hubungan antara distribusi ukuran butir dan nilai permeabilitas sangat erat. Tanah yang memiliki dominasi fraksi halus cenderung memiliki ruang pori yang kecil, sehingga air memerlukan waktu lebih lama untuk mengalir melalui media tanah. Sebaliknya, tanah yang didominasi oleh butiran kasar umumnya memiliki pori yang lebih besar sehingga nilai permeabilitasnya juga lebih tinggi. Oleh karena itu, hasil uji ayak yang menunjukkan dominasi fraksi halus mendukung hasil uji permeabilitas yang menghasilkan nilai koefisien permeabilitas yang rendah.

Nilai permeabilitas yang rendah menunjukkan bahwa tanah di kawasan Waduk Gedang Kulut memiliki kemampuan infiltrasi yang relatif rendah. Kondisi tersebut menyebabkan air lebih lama tertahan di dalam lapisan tanah sebelum meresap ke lapisan yang lebih dalam. Dari sisi pengelolaan waduk, kondisi ini memiliki dua implikasi. Di satu sisi, rembesan air melalui dasar atau tebing waduk cenderung lebih kecil, sehingga kehilangan air akibat rembesan dapat diminimalkan. Di sisi lain, kemampuan infiltrasi yang rendah dapat menyebabkan genangan air di permukaan tanah bertahan lebih lama saat terjadi hujan intens.

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori mekanika tanah yang menyatakan bahwa permeabilitas dipengaruhi oleh ukuran butir, distribusi pori, tingkat kepadatan, dan struktur tanah. Tanah dengan kandungan lanau atau lempung yang lebih dominan umumnya memiliki nilai permeabilitas yang rendah karena ukuran pori antarpartikelnya relatif kecil. Dengan demikian, karakteristik tanah pada lokasi penelitian telah sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin halus ukuran butir tanah, semakin kecil nilai koefisien permeabilitasnya.

Selain dipengaruhi oleh ukuran butir, hasil pengujian juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lain, seperti tingkat kejenuhan sampel, keberadaan gelembung udara selama pengujian, ketelitian dalam menjaga tinggi muka air tetap konstan, serta ketepatan pencatatan waktu dan volume air yang keluar dari sampel. Oleh karena itu, seluruh tahapan pengujian harus dilakukan secara teliti agar hasil yang diperoleh benar-benar mencerminkan kondisi tanah di lapangan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Constant Head* dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas tanah pada sampel Waduk Gedang Kulut dengan hasil yang konsisten. Nilai permeabilitas rata-rata sebesar 0,000344 cm/detik menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian termasuk dalam kategori tanah dengan permeabilitas rendah. Hasil tersebut didukung oleh analisis saringan yang menunjukkan dominasi fraksi berukuran halus, sehingga terdapat hubungan yang kuat antara distribusi ukuran butir tanah dan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Informasi ini dapat dijadikan sebagai data

pendukung dalam pengelolaan Waduk Gedang Kulut, khususnya yang berkaitan dengan analisis rembesan, sistem drainase, konservasi tanah dan air, serta perencanaan konstruksi geoteknik di kawasan waduk

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai rata-rata koefisien permeabilitas sebesar 0,000344 cm/detik atau setara dengan $3,44 \times 10^{-6}$ m/detik. Menurut klasifikasi (Wesley, 2012), nilai tersebut termasuk dalam kategori lanau (*silt*) dengan rentang koefisien permeabilitas 10^{-6} – 10^{-5} m/detik. Hal ini menunjukkan bahwa tanah memiliki permeabilitas yang rendah, sehingga kemampuan tanah dalam meloloskan air relatif kecil dan aliran air melalui pori-pori tanah berlangsung lambat.

Matrix Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas tanah penyusun Waduk Gedangkulut menggunakan metode *Constant Head*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap lima sampel tanah, diperoleh nilai koefisien permeabilitas berturut-turut sebesar 0,00043 cm/detik pada Uji 1, 0,00034 cm/detik pada Uji 2, 0,00025 cm/detik pada Uji 3, 0,00039 cm/detik pada Uji 4, dan 0,00031 cm/detik pada Uji 5. Dari seluruh hasil pengujian tersebut diperoleh nilai rata-rata koefisien permeabilitas sebesar 0,000344 cm/detik atau setara dengan $3,44 \times 10^{-6}$ m/detik.

Berdasarkan klasifikasi permeabilitas menurut Wesley (2012), nilai rata-rata tersebut termasuk dalam kategori lanau (*silt*) dengan rentang koefisien permeabilitas 10^{-6} – 10^{-5} m/detik. Hal ini menunjukkan bahwa tanah memiliki tingkat permeabilitas yang rendah, sehingga kemampuan tanah dalam meloloskan air relatif kecil dan aliran air melalui pori-pori tanah berlangsung lambat.

Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa volume air yang mengalir selama waktu pengujian 14.400 detik berkisar antara 0,38 hingga 0,66 liter, dengan debit aliran antara 0,0264 hingga 0,0458 ml/detik. Kurva S yang dihasilkan pada setiap pengujian memperlihatkan kecenderungan peningkatan volume air yang tertampung seiring bertambahnya waktu hingga mendekati kondisi aliran yang stabil (*steady state*). Hasil tersebut menunjukkan bahwa karakteristik tanah pada lokasi penelitian memiliki kemampuan meloloskan air yang relatif rendah dan sesuai dengan karakteristik tanah berjenis lanau.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai analisis permeabilitas tanah penyusun Waduk Gedangkulut menggunakan metode *Constant Head*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian permeabilitas tanah menggunakan metode *Constant Head* pada lima sampel, diperoleh nilai koefisien permeabilitas berturut-turut sebesar 0,00043 cm/detik, 0,00034 cm/detik, 0,00025 cm/detik, 0,00039 cm/detik, dan 0,00031 cm/detik. Nilai rata-rata koefisien permeabilitas yang diperoleh adalah 0,000344 cm/detik atau setara dengan $3,44 \times 10^{-6}$ m/detik. Berdasarkan klasifikasi Wesley (2012), nilai tersebut termasuk dalam kategori lanau (*silt*) dengan rentang koefisien permeabilitas 10^{-6} – 10^{-5} m/detik. Hal ini menunjukkan bahwa tanah penyusun Waduk Gedangkulut memiliki permeabilitas rendah, sehingga kemampuan tanah dalam meloloskan air relatif kecil dan aliran air melalui pori-pori tanah berlangsung secara lambat

2. Berdasarkan hasil pengujian permeabilitas tanah menggunakan metode *Constant Head*, tanah penyusun tubuh Waduk Gedangkulut memiliki nilai rata-rata koefisien permeabilitas sebesar 0,000344 cm/detik atau $3,44 \times 10^{-6}$ m/detik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah memiliki permeabilitas rendah, sehingga kemampuan tanah untuk meloloskan air relatif rendah. Dengan kondisi tersebut, tanah penyusun tubuh waduk dinilai cukup layak sebagai material tubuh waduk karena dapat mengurangi potensi rembesan air berlebihan. Namun, untuk memastikan kelayakan tubuh waduk secara menyeluruh, hasil pengujian permeabilitas perlu didukung oleh pengujian sifat geoteknik lainnya, seperti kepadatan, kuat geser, dan stabilitas lereng, sehingga kondisi keamanan dan kinerja tubuh waduk dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Disarankan agar penelitian berikutnya menggunakan jumlah titik pengambilan sampel yang lebih banyak dan mewakili seluruh bagian tubuh waduk, sehingga hasil pengujian dapat menggambarkan kondisi tanah secara lebih akurat..
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk tidak hanya berfokus pada pengujian permeabilitas tanah, tetapi juga mencakup pembahasan yang lebih mendalam mengenai aspek hidrologi dan hidraulika waduk, seperti analisis rembesan, stabilitas muka air, debit masuk dan keluar, serta pengaruhnya terhadap kinerja dan keamanan waduk secara keseluruhan.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk tidak hanya menganalisis nilai koefisien permeabilitas tanah sebagai parameter penilaian kelayakan tubuh waduk, tetapi juga mengkaji aspek geoteknik lainnya, seperti kekuatan geser tanah, karakteristik konsolidasi, kepadatan, plastisitas, serta stabilitas lereng. Dengan demikian, hasil penelitian dapat memberikan evaluasi yang lebih komprehensif terhadap kondisi, keamanan, dan kelayakan tubuh waduk.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penilaian kelayakan tubuh waduk dengan mempertimbangkan berbagai parameter teknis secara terpadu, tidak hanya berdasarkan hasil pengukuran permeabilitas tanah. Analisis tersebut dapat dilengkapi dengan evaluasi kondisi geoteknik, hidrologi, hidraulika, serta inspeksi lapangan, sehingga hasil penilaian kelayakan tubuh waduk menjadi lebih komprehensif, akurat, dan sesuai dengan standar teknis yang berlaku (Hanafi & Harmiyati, 2021).

Daftar Pustaka

- Hanafi, D., & Harmiyati. (2021). Studi Optimasi Operasional Waduk Koto Panjang Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Saintis*, 21(01), 31–44. [https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21\(01\).6249](https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21(01).6249)
- Kartini, T., & Permana, S. (2016). Analisis Operasional Waduk Ir.H.Djuanda. *Jurnal Konstruksi*, 14(1), 13–24. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.14-1.330>
- Najimuddin, D., & Wahyudi, I. (n.d.). *ANALYSIS OF WATER LOSS DUE TO SEEPAGE IN THE*. 1–6.

- Syarif, F., Mahadika Davino, G., & Ferry Ardianto, M. (2020). Penerapan Teknik Biocementation Oleh *Bacillus Subtilis* Dan Pengaruhnya Terhadap Permeabilitas Pada Tanah Organik. *Jurnal Saintis*, 20(01), 47–52. [https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20\(01\).4809](https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20(01).4809)
- Hanafi, D., & Harmiyati. (2021). Studi Optimasi Operasional Waduk Koto Panjang Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Saintis*, 21(01), 31–44. [https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21\(01\).6249](https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21(01).6249)
- Kartini, T., & Permana, S. (2016). Analisis Operasional Waduk Ir.H.Djuanda. *Jurnal Konstruksi*, 14(1), 13–24. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.14-1.330>
- Najimuddin, D., & Wahyudi, I. (n.d.). *ANALYSIS OF WATER LOSS DUE TO SEEPAGE IN THE*. 1–6.
- Syarif, F., Mahadika Davino, G., & Ferry Ardianto, M. (2020). Penerapan Teknik Biocementation Oleh *Bacillus Subtilis* Dan Pengaruhnya Terhadap Permeabilitas Pada Tanah Organik. *Jurnal Saintis*, 20(01), 47–52. [https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20\(01\).4809](https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20(01).4809)