

## ANALISIS PENGARUH PENGAMBILAN TANAH ARAH HORIZONTAL DAN VERTIKAL TERHADAP NILAI PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG

Rudianto Surbakti<sup>1</sup>, Muhammad Mabur<sup>2</sup>, Hasanul Arifin Purba<sup>2</sup>, Al Qadry<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Medan

Email: [rudiantosurbakti@polmed.ac.id](mailto:rudiantosurbakti@polmed.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

**Abstrak.** Koefisien permeabilitas tanah merupakan salah satu parameter terpenting dalam perencanaan konstruksi sipil seperti pembangunan jalan, talud, dinding penahan tanah, bendungan, sumur resapan, dan lainnya. Saat ini tabung *undisturbed sample* (UDS) yang tersedia di pasaran hanya dapat mengeluarkan sampel arah vertikal saja, sehingga seringkali dalam perencanaan nilai koefisien permeabilitas horizontal ( $k_x$ ) tidak dapat diperoleh dan disamakan nilainya dengan nilai permeabilitas vertikal ( $k_y$ ). Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai koefisien permeabilitas tanah arah horizontal dan vertikal yg diambil dari arah vertikal dan horizontal lapisan tanah. Metode pelaksanaan dalam penelitian ini dimulai dari pengambilan sampel tanah lempung dengan pengeboran, kemudian pengujian permeabilitas sampel tanah lempung laboratorium untuk pengujian permeabilitas tanah. Pengujian permeabilitas dilakukan dengan metode *falling head* untuk tanah yang diambil dari arah vertikal dan horizontal. Hasil pengujian tanah menunjukkan besar perbedaan nilai permeabilitas tanah yang dikeluarkan dari arah horizontal dan vertikal tanah menunjukkan nilai yang konsisten pada ketiga sampel tanah yang diujikan. Rasio antara permeabilitas vertikal dan horizontal pada masing-masing sampel tanah berurutan HB.01, HB.02 dan HB.03 adalah 3,79; 3,87 dan 4,04.

**Kata kunci:** permeabilitas tanah, sampel tak terganggu, lempung.

Diterima Redaksi: 30-10-2024 | Selesai Revisi: 05-06-2025 | Diterbitkan Online: 30-11-2024

### 1. PENDAHULUAN

Koefisien permeabilitas tanah merupakan salah satu parameter terpenting dalam perencanaan konstruksi sipil seperti pembangunan jalan, talud, dinding penahan tanah, bendungan, sumur resapan, dan lainnya. Permeabilitas pada tanah mencerminkan kemampuan untuk memungkinkan lewatnya air dan udara, yang sangat penting untuk mengeksplorasi isu-isu terkait di bidang geoteknik, lingkungan, pertanian, dan teknik perminyakan (Shi-Feng Lu, et. al., 2023). Koefisien permeabilitas tanah diperlukan untuk mengetahui seberapa aliran air akan melewati lapisan-lapisan tanah. Berapa lama yang dibutuhkan air untuk keluar dari lapisan tanah ditentukan dari besarnya nilai konsolidasi (Holtz, 1987).

Air yang terdapat pada lapisan tanah dapat membuat tanah menjadi tidak stabil, sehingga untuk membangun konstruksi diatasnya diperlukan metode untuk mengalirkan air tanah ke luar dari pori-pori tanah. Terdapat dua jenis koefisien permeabilitas tanah yaitu koefisien permeabilitas tanah arah vertikal ( $k_y$ ) dan

koefisien permeabilitas arah horizontal ( $k_x$ ). Koefisien permeabilitas arah vertikal menentukan kecepatan air tanah bergerak ke permukaan tanah, sedangkan koefisien permeabilitas arah horizontal menentukan kecepatan air bergerak kesamping. Jika pergerakan air ke arah vertikal menentukan berapa besar penurunan tanah, maka pergerakan air ke arah horizontal menentukan besar perpindahan tanah yang terjadi (Roesyanto, 2018).

Diperlukan pengujian tanah yang akurat untuk mendapatkan besar pergerakan tanah secara vertikal atau horizontal untuk mencegah terjadinya kegagalan konstruksi atau bencana seperti likuifaksi, longsor, keruntuhan bangunan dan lainnya. Dengan mengetahui berapa potensi pergerakan yang terjadi, dapat direncanakan pencegahan yang sesuai dengan kondisi tanahnya.

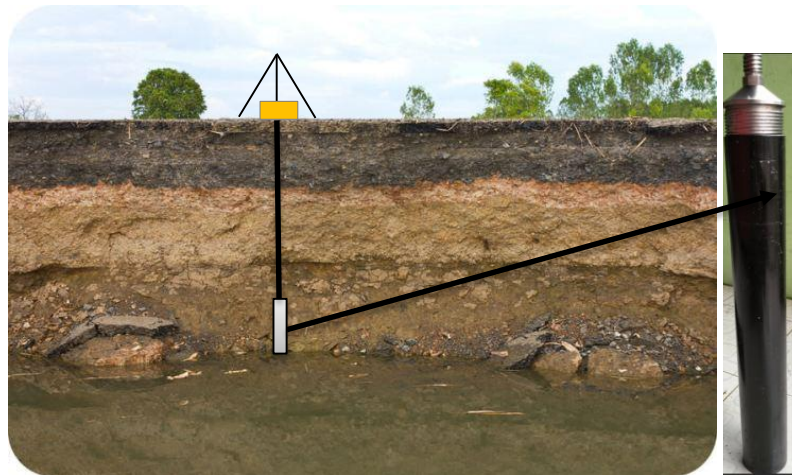
Proses yang dilakukan untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitas tanah adalah dengan melakukan pengeboran tanah sampai kedalaman yang diinginkan, kemudian mengambil sampel dengan tabung UDS (Bina Marga, 2021). Tabung UDS yang dimasukkan tegak lurus kedalam tanah dimaksudkan untuk mendapatkan sampel tanah dengan kondisi tidak terganggu dan sesuai dengan kondisi asli di lapangan. Pada penelitian ini akan digunakan alat *two ways UDS tube sampler* untuk mengambil sampel tanah UDS. Dimana tabung ini mampu mengeluarkan material baik secara vertikal maupun horizontal, sehingga koefisien permeabilitas horizontal ( $k_x$ ) tidak dapat diperoleh secara tepat.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis kualitatif yang berfokus pada observasi langsung di lapangan. Observasi dilakukan untuk mendapatkan data sampel tanah lapangan dengan kondisi alami yang tidak terganggu. Untuk mendapatkan sampel undisturbed dari kedalaman tanah yang diinginkan, digunakan pengambilan sampel dengan menggunakan *two way UDS tube sampler*. *Two way UDS tube sampler* yang didesain harus mampu mengeluarkan material tanah melalui arah vertikal dan horizontal untuk diujikan ke laboratorium menggunakan metode *falling head*.

Dalam penelitian ini parameter yang akan diuji pada tanah lempung adalah permeabilitas tanah arah horizontal dan vertikal. Nilai koefisien permeabilitas  $k_x$  dan  $k_y$  pada berbagai jenis tanah. Untuk tingkat akurasi produk menggunakan *two way UDS tube sampler* diukur dari konsistensi hasil pengujian pada 3 tabung berbeda dengan kedalaman tanah yang diuji pada kedalaman yang sama. Masing-masing tabung diuji dua kali, arah horizontal dan vertikal dengan metode *falling head*.

Penelitian dilakukan dimulai dari pengambilan sampel tanah pada 3 titik berbeda dengan menggunakan tabung *two way UDS tube sampler*. Pada proses pengambilan sampel, tabung UDS akan dimasukkan kedalam lapisan tanah secara tegak lurus dengan peralatan pengeboran. Tabung dipasang UDS harus tegak lurus dengan peralatan pengeboran tanah, maka sulit untuk dilakukan pengambilan tanah secara horizontal untuk tanah dengan topografi datar. Kecepatan rembesan air di dalam tanah tergantung pada beberapa faktor yaitu : kekentalan cairan, distribusi ukuran pori tanah, gradasi butiran, angka pori, kekasaran permukaan butiran, dan derajat koefisien permeabilitas. Faktor lain yang mempengaruhi. Ilustrasi pengambilan sampel tanah UDS pada lapisan tanah dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Proses pengambilan sampel UDS dengan *two way UDS tube sampler*

Nilai permeabilitas tanah arah horizontal ( $k_x$ ) harus menggambarkan besar kecepatan aliran air pada tanah ke arah horizontal. Untuk menentukan koefisien permeabilitas di laboratorium, ada dua macam cara pengujian yang sering digunakan, yaitu uji tinggi energi tetap (*constant head*) dan uji tinggi energi turun (*falling head*). Uji *constant head* digunakan untuk tanah yang memiliki butiran kasar dan memiliki koefisien permeabilitas yang tinggi. Uji ini cocok untuk tanah granular, seperti pasir, kerikil atau beberapa campuran pasir dan lanau. Rumus yang digunakan dalam uji *falling head* adalah:

$$k = 2,303 \left( \frac{a.L}{A.t} \right) \log \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

Dimana:

- $k$  = koefisien permeabilitas (cm/detik)
- $a$  = luas penampang pipa (cm<sup>2</sup>)
- $L$  = panjang/tinggi sampel (cm)
- $A$  = luas penampang sampel tanah (cm<sup>2</sup>)
- $t$  = waktu pengamatan (detik)
- $h_1$  = tinggi head mula-mula (cm)
- $h_2$  = tinggi head akhir (cm)

Selanjutnya data yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian tersebut dianalisa menggunakan bantuan *microsoft excel* untuk mendapatkan persamaan korelasi berupa suatu pendekatan regresi liner yang merupakan persamaan korelasi antara koefisien permeabilitas vertikal dan permeabilitas horizontal.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk hasil penelitian yaitu *two way UDS tube sampel* yang telah didesain terbukti mampu mengeluarkan sampel tanah UDS baik dari arah horizontal maupun vertikal lapisan tanah yang ingin diselidiki. Masing-masing elemen dari produk berfungsi dengan baik. *Rod* dan *cashing head* tidak memiliki masalah pada saat proses pengambilan sampel UDS. Untuk menjaga lapisan tanah dalam kondisi baik, *cashing UDS* yang telah dibuat berfungsi dengan baik agar tanah tidak kehilangan air

tanah dan bentuknya tetap stabil. Akurasi dari alat ini dapat dibuktikan dengan melakukan percobaan pada beberapa sampel tanah yang sejenis, dalam penelitian ini tanah yang digunakan dalam penelitian adalah tanah lempung.

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 3 titik yang berbeda yang dinamakan HB.01, HB.02 dan HB.03. Pengujian permeabilitas arah vertikal dan horizontal dilakukan pada ketiga sampel tersebut. Data hasil Pengujian Permeabilitas arah vertikal (kv) dan horizontal (kh) terhadap sampel HB.01 ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian permeabilitas tanah arah vertikal pada titik HB.01

| time<br>(day) | h (cm) | $h_1 - h_2$ | $h_1 / h_2$ | k (cm/s) |
|---------------|--------|-------------|-------------|----------|
| 1             | 95,1   | 4,9         | 1,052       | 2,3E-07  |
| 2             | 89,5   | 5,6         | 1,063       | 2,8E-07  |
| 3             | 82,4   | 7,1         | 1,086       | 3,8E-07  |
| 4             | 73,9   | 8,5         | 1,115       | 5,0E-07  |
| 5             | 64,1   | 9,8         | 1,153       | 6,6E-07  |
| 6             | 55,6   | 8,5         | 1,153       | 6,6E-07  |
| 7             | 48,2   | 7,4         | 1,154       | 6,6E-07  |

Tabel 2. Hasil Pengujian permeabilitas tanah arah horizontal pada titik HB.01

| time<br>(day) | h (cm) | $h_1 - h_2$ | $h_1 / h_2$ | k (cm/s) |
|---------------|--------|-------------|-------------|----------|
| 1             | 98,5   | 1,5         | 1,015       | 4,2E-08  |
| 2             | 96,1   | 2,4         | 1,025       | 6,9E-08  |
| 3             | 92,4   | 3,7         | 1,040       | 1,1E-07  |
| 4             | 87,3   | 5,1         | 1,058       | 1,6E-07  |
| 5             | 82,1   | 5,2         | 1,063       | 1,7E-07  |
| 6             | 77,2   | 4,9         | 1,063       | 1,7E-07  |
| 7             | 72,5   | 4,7         | 1,065       | 1,7E-07  |

Permeabilitas arah vertikal (kv) dan horizontal (kh) terhadap sampel HB.02 ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut ini:

Tabel 3. Hasil Pengujian permeabilitas tanah arah vertikal pada titik HB.02

| time<br>(day) | h (cm) | $h_1 - h_2$ | $h_1 / h_2$ | k (cm/s) |
|---------------|--------|-------------|-------------|----------|
| 1             | 94,5   | 5,5         | 1,058       | 2,6E-07  |
| 2             | 87,4   | 7,1         | 1,081       | 3,6E-07  |
| 3             | 78,5   | 8,9         | 1,113       | 5,0E-07  |
| 4             | 65     | 13,5        | 1,208       | 8,7E-07  |
| 5             | 53,9   | 11,1        | 1,206       | 8,7E-07  |
| 6             | 44,7   | 9,2         | 1,206       | 8,7E-07  |
| 7             | -      | -           | -           | -        |

Tabel 4. Hasil Pengujian permeabilitas tanah arah horizontal pada titik HB.02

| time<br>(day) | h (cm) | $h_1 - h_2$ | $h_1 / h_2$ | k (cm/s) |
|---------------|--------|-------------|-------------|----------|
| 1             | 96,5   | 3,5         | 1,036       | 9,9E-08  |
| 2             | 92,6   | 3,9         | 1,042       | 1,1E-07  |
| 3             | 88,3   | 4,3         | 1,049       | 1,3E-07  |
| 4             | 83,3   | 5           | 1,060       | 1,6E-07  |
| 5             | 76,9   | 6,4         | 1,083       | 2,2E-07  |
| 6             | 71,1   | 5,8         | 1,082       | 2,2E-07  |
| 7             | 65,6   | 5,5         | 1,084       | 2,2E-07  |

Permeabilitas arah vertikal (kv) dan horizontal (kh) terhadap sampel HB.03 ditampilkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut ini:

Tabel 5. Hasil Pengujian permeabilitas tanah arah vertikal pada titik HB.03

| time<br>(day) | h (cm) | $h_1 - h_2$ | $h_1 / h_2$ | k (cm/s) |
|---------------|--------|-------------|-------------|----------|
| 1             | 98,1   | 1,9         | 1,019       | 8,9E-08  |
| 2             | 95,6   | 2,5         | 1,026       | 1,2E-07  |
| 3             | 92,6   | 3           | 1,032       | 1,5E-07  |
| 4             | 87,9   | 4,7         | 1,053       | 2,4E-07  |
| 5             | 80,9   | 7           | 1,087       | 3,8E-07  |
| 6             | 72,4   | 8,5         | 1,117       | 5,1E-07  |
| 7             | 64,9   | 7,5         | 1,116       | 5,1E-07  |
| 8             | 58,1   | 6,8         | 1,117       | 5,1E-07  |

Tabel 6. Hasil Pengujian permeabilitas tanah arah horizontal pada titik HB.03

| time<br>(day) | h (cm) | $h_1 - h_2$ | $h_1 / h_2$ | k (cm/s) |
|---------------|--------|-------------|-------------|----------|
| 1             | 98,3   | 1,7         | 1,017       | 4,8E-08  |
| 2             | 96,3   | 2           | 1,021       | 5,7E-08  |
| 3             | 93,2   | 3,1         | 1,033       | 9,1E-08  |
| 4             | 88,9   | 4,3         | 1,048       | 1,3E-07  |
| 5             | 84,9   | 4           | 1,047       | 1,3E-07  |
| 6             | 81,1   | 3,8         | 1,047       | 1,3E-07  |

Rekapitulasi data hasil Pengujian permeabilitas arah vertikal (kv) dan horizontal (kh) terhadap sampel HB.01, HB.02 dan HB.03 ditampilkan pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pengujian permeabilitas tanah arah vertikal dan horizontal

| Lokasi | $k_v$ (Vertikal)<br>cm/s | $k_h$ (horizontal)<br>cm/s | Rasio<br>$k_v/k_h$ |
|--------|--------------------------|----------------------------|--------------------|
| HB.01  | 6,613E-07                | 1,745E-07                  | 3,7897             |
| HB.02  | 8,666E-07                | 2,237E-07                  | 3,8743             |
| HB.03  | 5,140E-07                | 1,272E-07                  | 4,0404             |

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap sampel tanah lempung pada ketiga sampel HB.01, HB.02 dan HB.03, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar perbedaan nilai permeabilitas tanah yang dikeluarkan dari arah horizontal dan vertikal tanah dapat dilihat pada tabel 7, dimana hasil pengujian menunjukkan nilai yang konsisten pada ketiga sampel tanah yang diujikan. Rasio antara permeabilitas vertikal dan horizontal pada masing-masing sampel tanah berurutan HB.01, HB.02 dan HB.03 adalah 3,79, 3,87 dan 4,04. Nilai Koefisien permeabilitas arah vertikal ke bawah menunjukkan angka yang lebih besar dibandingkan nilai koefisien arah horizontal.
2. Tingkat akurasi produk penelitian cukup baik melihat nilai pengujian permeabilitas tanah pada ketiga sampel sangat konsisten. Namun, akurasi ini perlu ditingkatkan lagi dengan menambah jumlah dan jenis sampel tanah yang digunakan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Baihaqi, F., dan Effendi, R (2019) Pengaruh Variasi Campuran Agregat Kelas A Terhadap Koefisien Permeabilitas Horizontal. *Buletin Profesi Insinyur* 2(1) 029-035
- Bo Hong, Xi'an Li, Tao Pang, Li Wang, Jinyang Liu, (2022). Influence of density-moisture on air permeability ( $k_a$ ) in compacted loess and correlation between  $k_a$  and water permeability ( $k_s$ ), *Arabian Journal of Geosciences*, 10.1007/s12517-022-10187-2, 15, 9.
- Das, B. M. (2008), *Advanced Soil Mechanics Third Edition*, UK:British Library.
- Fatnanta, Ferry; dkk. (2023) "Permeability Prediction for Expansive Soil Based on Physical Properties Using Artificial Neural Networks," *Makara Journal of Technology*: Vol. 27: Iss. 2, Article 2. DOI: 10.7454/mst.v27i2.1623 Available at: <https://scholarhub.ui.ac.id/mjt/vol27/iss2/2>
- Mabrur, M. (2019). Studi Korelasi Koefisien Permeabilitas Vertikal dan Permeabilitas Horizontal pada Tanah Lempung, *SEMDI UNAYA-2019*, 227-237.
- Purba, Baby et.al (2022). Analisis Konsolidasi dengan Metode Preloading dikombinasikan dengan PVD berdasarkan Perhitungan Analitis dan Plaxis 2D. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(12). <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i12.518>.
- Roesyanto, et. al, (2021), "Analysis of the effect of sand replacement as a counterweight towards stability of embankment in Belawan Port reclamation", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1122, DOI 10.1088/1757-899X/1122/1/012015.
- Shi-Feng Lu, et. al (2023), On measuring methods and influencing factors of air permeability of soils: An overview and a preliminary database, *Geoderma*, 10.1016/j.geoderma.2023.116509, 435, (116509).
- Surbakti, R. (2020). Analisis pengaruh SAND REPLACEMENT sebagai COUNTER WEIGHT pada proses konsolidasi di Reklamasi Belawan. Universitas Sumatera Utara,
- Surbakti, R. (2021). Prediksi Penurunan Konsolidasi Tanah Lunak Dengan Metode Analitis Dan

Metode Element Hingga. JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation).  
5 (2): 83 – 91

Tarigan, R., Parman, & Harahap, M.A.S. (2024). Study of Residual Soil Permeability Coefficient Post Addition of Coal Fly Ash. *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, 3(4), 159–164. <https://doi.org/10.53893/ijrvocas.v3i4.103>

Tuli, A, et. al. (2005), Comparison of Air and Water Permeability between Disturbed and Undisturbed Soils. *Soil Science Society of America Journal*, Volume 69, Issue 5, Pages 1361-1371. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0332>