

## Studi Korelasi Koefisien Permeabilitas Vertikal dan Permeabilitas Horizontal pada Tanah Lempung

Muhammad Mabur

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No. 1, Kampus USU,  
Medan, Email : muhammadmabur@polmed.ac.id

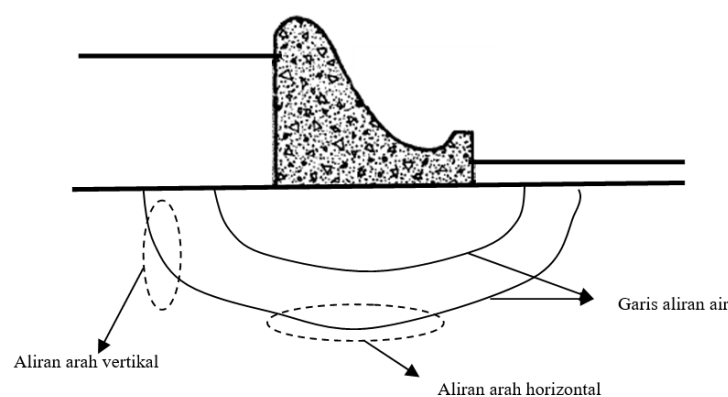
**Abstract:** *In the soil, water can flow in the vertical or horizontal direction. The direction of this flow will affect the speed of water that called soil permeability coefficient (k). This coefficient is very important in some civil construction planning. The use of appropriate permeability coefficient values will result in safe and economical construction planning. The soil investigation data used by planners usually only presents permeability coefficient values in the vertical direction (top to bottom). Therefore, we need an equation that can be a corelation of the coefficients in the vertical direction and horizontal direction. The equation can be use to determined the value of the horizontal permeability coefficient based on the value of the vertical coefficient permeability. To get the equation, permeability testing of 3 clay soil samples from 3 different locations in the city of Medan was conducted. Permeability testing is fallinghead test conducted in 2 direction water flow methods, first the vertical direction and than horizontal direction. To get the correlation equation, it is using a linear regression by using Microsoft Excel. Based on these results it is known that the correlation between the permeability coefficient in the vertical direction (kv) and the horizontal direction (kh) is  $kh = 0.8679 kv$  or  $kv = 1.14kh$ .*

**Keywords :** *corelation, coefficient, permeability, soil, vertical, horizontal*

**Abstrak:** Di dalam suatu lapisan tanah, air dapat merembes dalam arah vertikal maupun horizontal. Arah aliran ini akan mempengaruhi kecepatan rembesan air atau yang biasa disebut dengan koefisien permeabilitas tanah (k). Koefisien ini sangat penting dalam beberapa perencanaan konstruksi sipil. Penggunaan nilai koefisien permeabilitas yang tepat akan menghasilkan perencanaan konstruksi yang aman dan ekonomis. Data penyelidikan tanah yang digunakan perencana biasanya hanya menyajikan nilai koefisien permeabilitas dalam arah vertikal (atas ke bawah) saja. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu persamaan yang dapat menghubungkan antara koefisien dalam arah vertikal dan arah horizontal. Dengan adanya persamaan tersebut maka nilai koefisien tanah dalam arah horizontal akan dapat ditentukan berdasarkan nilai koefisien tanah dalam arah vertikal. Untuk mendapatkan persamaan tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan pengujian permeabilitas terhadap 3 sampel tanah lempung dari 3 lokasi yang berbeda di Kota Medan. Pengujian permeabilitas yang dilakukan adalah uji *fallinghead* yang dilakukan dalam 2 metode rembesan yaitu arah vertikal dan arah horizontal. Untuk mendapatkan persamaan korelasi, dilakukan dengan pendekatan regresi liner terhadap data hasil pengujian menggunakan bantuan microsoft excel. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui korelasi antara koefisien permeabilitas arah vertikal (kv) dan arah horizontal (kh) adalah  $kh = 0,8679 kv$  atau  $kv = 1,14kh$ .

**Kata kunci :** *korelasi, koefisien, permeabilitas, tanah, vertikal, horizontal*

Nilai Koefisien permeabilitas tanah ( $k$ ) sering juga disebut sebagai besaran kecepatan air mengalir dalam lapisan tanah oleh karenanya satuan koefisien ini adalah satuan jarak per satuan waktu. Semakin kecil butiran tanah, maka akan semakin kecil rongga yang terdapat antar butirannya, sehingga semakin lambat pula air mengalir dalam lapisan tanah tersebut. Oleh karena itu pada tanah lempung, kecepatan air mengalir relatif lebih lambat. Koefisien permeabilitas merupakan parameter penting pada perencanaan bangunan sipil seperti saluran irigasi, bendungan, sumur resapan, tanggul tanah, dan lainnya.



**Gambar 1 : Aliran air di bawah konstruksi bendung**

Pada Gambar 1 diperlihatkan garis aliran air yang terdapat pada suatu konstruksi bendung. Dapat diperhatikan aliran air di bawah bangunan bendung mengalir dalam arah vertikal dan horizontal. Dikarenakan adanya gaya grafitasi, maka koefisien permeabilitas ke arah vertikal ( $k_v$ ) ke bawah tentunya akan berbeda dengan permeabilitas arah horizontal ( $k_h$ ), namun tidak jarang ditemukan dalam perencanaan kedua parameter ini dianggap sama sehingga hasil dari perencanaan menjadi kurang akurat. Hal ini umumnya disebabkan karena pengujian yang dilakukan di laboratorium hanya pada arah vertikal saja.

Untuk menyikapi permasalahan di atas maka pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap 3 sampel tanah lempung yang berasal dari 3 lokasi berbeda di Kota Medan. Pada setiap sampel tanah dilakukan uji permeabilitas dengan dua arah rembesan yang berbeda yaitu arah vertikal ke bawah dan arah horizontal.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh persamaan yang merupakan korelasi antara koefisien Permeabilitas arah vertikal dan koefisien permeabilitas arah horizontal. Dimana persamaan ini diharapkan nantinya dapat digunakan untuk menentukan nilai koefisien permeabilitas horizontal berdasarkan koefisien permeabilitas

vertikal.

## KAJIAN PUSTAKA

### Permeabilitas

Permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan energi tinggi ke titik dengan energi yang lebih rendah. Untuk tanah, permeabilitas dilukiskan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui rongga pori tanah. (Hardiyatmo, Hary Christiadi. 2002).

Tanah yang mudah meloloskan air disebut *permeable*, sebaliknya, tanah disebut kedap air (*impermeable*), bila tanah tersebut mempunyai kemampuan meloloskan air sangat kecil. Kecepatan rembesan air dalam tanah disebut koefisien rembesan atau sering juga disebut koefisien permeabilitas (k). Koefisien permeabilitas tanah digunakan untuk menghitung besarnya rembesan pada konstruksi bangunan sipil seperti saluran irigasi, bendungan, sumur resapan, tanggul tanah, dan lainnya.

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 sifat rembesan tanah lempung adalah konsentrasi ion dan ketebalan lapisan air yang menempel pada butiran lempung. (Das, 1985).

### Hukum Darcy

Hukum Darcy (1956) menjelaskan tentang kemampuan air mengalir pada rongga-rongga (pori-pori) dalam tanah dan sifat-sifat yang mempengaruhinya. Ada dua asumsi utama yang digunakan dalam penetapan Hukum Darcy ini. Asumsi pertama menyatakan bahwa aliran fluida/cairan dalam tanah bersifat laminar. Sedangkan asumsi kedua menyatakan bahwa tanah berada dalam keadaan jenuh. Darcy (1956) mengemukakan persamaan rembesan air pada lapisan tanah jenuh sebagaimana yang ditunjukkan oleh persamaan :

$$q = A \cdot ki \quad (1)$$

$$v = \frac{q}{A} = ki \quad (2)$$

dengan :

q = vol. aliran air per satuan waktu (cm<sup>3</sup>)

A = luas penampang tanah yang dilewati oleh air (cm<sup>2</sup>)

k = koefisien rembes/permeabilitas (cm/s)

i = gradien hidraulik

v = kecepatan aliran (cm/s)

Sumber : Noegroho Djarwanti, 2008

### Pengujian Laboratorium

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. Umumnya tanah jenis ini memiliki nilai permeabilitas yang tinggi, karena jenis tanah ini mempunyai angka pori tinggi, yang bergantung pada distribusi ukuran butiran, susunan serta kerapatan butiran. Sedangkan Uji *Falling Head* (Gambar 2) digunakan untuk tanah yang memiliki butiran halus dan memiliki koefisien permeabilitas yang rendah. Uji ini cocok untuk tanah kohesif, seperti lempung dan lanau. Umumnya tanah jenis ini memiliki nilai permeabilitas yang rendah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah pula koefisien permeabilitasnya. (Craig RF,1987)

Rumus yang digunakan dalam uji Falling Head adalah:

$$k = 2,303 \left( \frac{a.L}{A.t} \right) \log \frac{h_1}{h_2} \quad (3)$$

Dengan :

k = Koefisien Permeabilitas (cm/detik)

a = Luas Penampang Pipa (cm<sup>2</sup>)

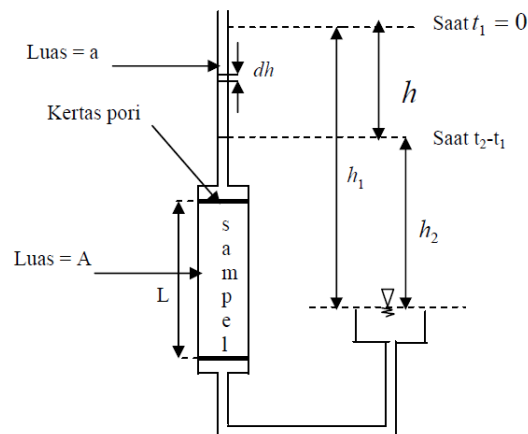
L = Panjang/Tinggi Sampel (cm)

A = Luas Penampang Sampel Tanah (cm<sup>2</sup>)

t = Waktu Pengamatan (detik)

h<sub>1</sub> = Tinggi Head Mula-mula (cm)

h<sub>2</sub> = Tinggi Head Akhir (cm)



**Gambar 2 : Skema pengujian *Falling Head***

Sumber : Noegroho Djarwanti, 2008

Harga koefisien permeabilitas untuk tiap – tiap tanah berbeda beda. Beberapa harga koefisien permeabilitas ditampilkan pada tabel 1.

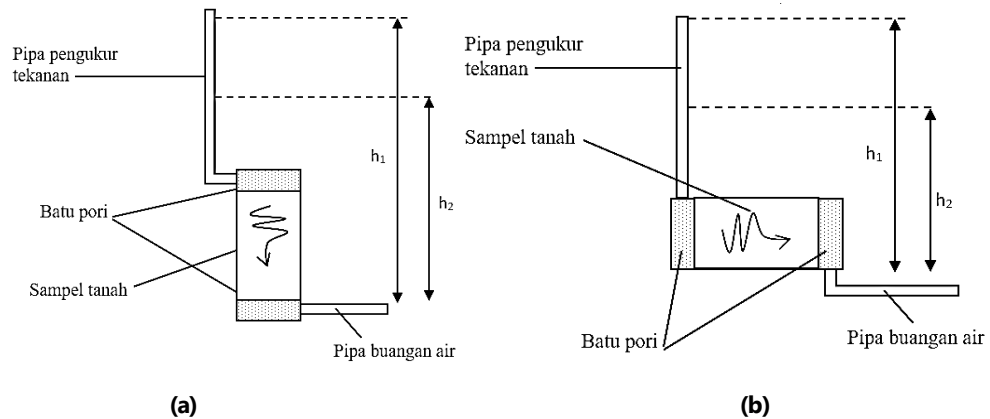
**Tabel 1 Harga-harga koefisien Permeabilitas pada umumnya (Das, 1985)**

Jenis tanah	Koefisien Permeabilitas, k	
	cm/detik	ft/menit
Kerikil bersih	1,0 – 100	2,0 – 2,00
Pasir Kasar	1,0 – 0,01	2,0 – 0,02
Pasir Halus	0,01 – 0,001	0,02 – 0,002
Lanau	0,001 – 0,00001	0,002 – 0,00002
Lempung	<0,000001	<0,000002

Sumber : Das (1985)

## METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan pengambilan sampel tanah lempung di tiga lokasi di Kota Medan. Sampel yang diperoleh dibawa ke laboratorium Uji tanah untuk dilakukan uji permeabilitas (*Falling Head*). Uji permeabilitas yang dilakukan meliputi 2 metode arah rembesan yaitu arah rembesan vertikal dari atas ke bawah dan arah rembesan horizontal (Gambar 3)



**Gambar 3. Pengujian Falling Head (a) Arah rembesan arah vertikal, (b) Arah rembesan arah Horizontal**

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.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Nilai Permeabilitas (k) pada sampel 1

Data hasil Pengujian Permeabilitas arah vertikal ( $k_v$ ) dan horizontal ( $k_h$ ) terhadap sampel 1 ditampilkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

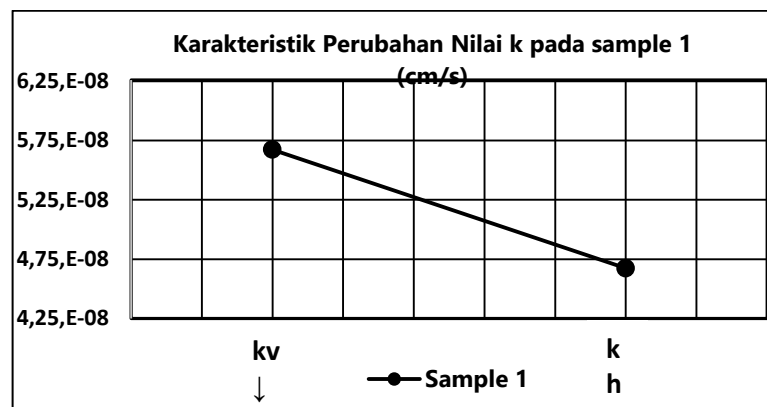
**Tabel 2. Koefisien vertikal ( $k_v$ ) Sampel 1**

No.	Waktu (detik)	$h_1$ (cm)	$h_2$ (cm)	$k$ (cm/detik)
1	151800	78,00	75,80	1,10E-07
2	172800	75,80	74,60	5,41E-08
3	85200	74,60	74,00	5,55E-08
4	33600	74,00	73,90	2,36E-08
5	54000	73,90	73,40	7,37E-08
6	32700	73,40	73,30	2,44E-08
7	56400	73,30	72,90	5,68E-08
8	32400	72,90	72,60	7,46E-08
9	55200	72,60	72,40	2,93E-08
10	29700	72,40	72,30	2,73E-08
11	54000	72,30	71,80	7,53E-08
12	21600	71,80	71,60	7,57E-08
13	149400	71,60	70,70	4,96E-08
14	34200	70,70	70,50	4,85E-08
15	51300	70,50	70,00	8,13E-08
16	88500	70,00	69,5	4,75E-08
Rata – rata				5,67 E-08

**Tabel 3. Koefisien horizontal (kh) Sampel 1**

No.	Waktu (detik)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (cm/detik)
1	30000	74,80	74,60	5,23E-08
2	229800	74,60	73,00	5,53E-08
3	33000	73,00	72,90	2,43E-08
4	50400	72,90	72,50	6,40E-08
5	32400	72,50	72,40	2,50E-08
6	54600	72,40	72,00	5,95E-08
7	87000	72,00	71,50	4,69E-08
8	31800	71,50	71,40	2,58E-08
9	60900	71,40	70,90	6,76E-08
Rata – rata				4,67 E-08

Berdasarkan data di atas dapat digambarkan karakteristik perubahan nilai koefisien permeabilitas (k) akibat perubahan arah rembesan pada sampel 1 seperti pada Gambar 4.

**Gambar 4. Karakteristik Perubahan Nilai k pada sampel 1**

### Perhitungan Nilai Permeabilitas (k) pada sampel 2

Data hasil Pengujian Permeabilitas arah vertikal (kv) dan horizontal (kh) terhadap sampel 2 ditampilkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

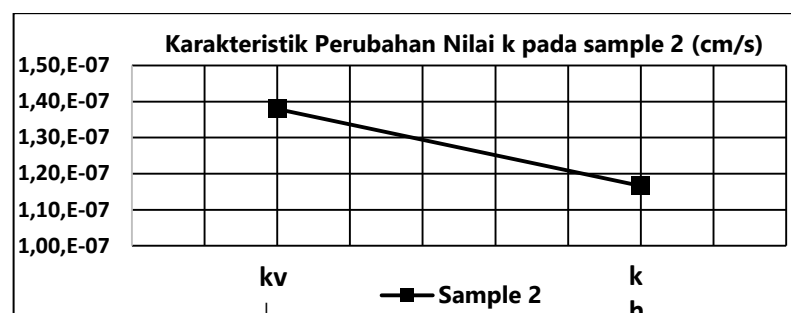
**Tabel 4. Koefisien vertikal (kv) Sampel 2**

No.	Waktu (detik)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (cm/detik)
1	12600	77,00	74,30	1,66E-06
2	51000	74,30	68,90	8,67E-07
3	21000	68,90	68,8	4,05E-08
4	150600	68,80	56,00	8,01E-07
5	24000	56	55,5	2,19E-07
6	70200	55,50	49,50	9,55E-07
7	23400	49,5	49,4	5,06E-08
8	55500	49,40	44,20	1,17E-06
9	36000	44,2	43,5	2,60E-07
10	53100	43,50	39,40	1,09E-06
11	21000	39,40	39,30	7,09E-08
Rata – rata				6,54E-07

**Tabel 5. Koefisien horizontal (kh) Sampel 2**

No.	Waktu (detik)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (cm/detik)
1	82800	78,00	72,70	4,98E-07
2	33600	72,70	70,50	5,36E-07
3	51900	70,50	66,40	6,76E-07
4	23400	66,40	65,00	5,34E-07
5	150000	65,00	55,90	5,89E-07
6	31800	55,90	54,50	4,67E-07
7	52200	54,50	51,60	6,14E-07
8	33300	51,60	49,80	6,25E-07
9	55800	49,80	47,30	5,41E-07
10	30600	47,30	45,80	6,17E-07
11	82800	78,00	72,70	4,98E-07
Rata – rata				5,70E-07

Berdasarkan data di atas dapat digambarkan karakteristik perubahan nilai koefisien permeabilitas (k) akibat perubahan arah rembesan pada sampel 2 seperti pada Gambar 5.

**Gambar 5 Karakteristik Perubahan Nilai k pada sampel 2**

### Perhitungan Nilai Permeabilitas (k) pada sampel 3

Data hasil Pengujian Permeabilitas arah vertikal (kv) dan horizontal (kh) terhadap sampel 3 ditampilkan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

**Tabel 6. Koefisien vertikal (kv) Sampel 3**

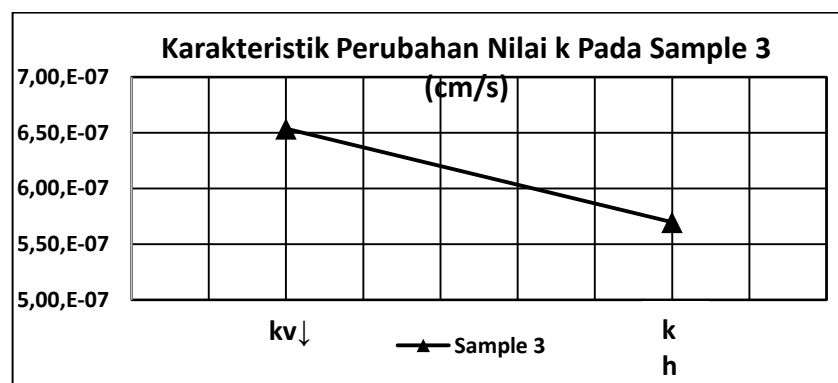
No.	Waktu (detik)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (cm/detik)
1	33900	76,50	76,00	1,13E-07
2	53700	76,00	75,00	1,45E-07
3	32700	75,00	74,50	1,20E-07
4	56400	74,50	73,00	2,11E-07
5	32400	73,00	72,90	2,48E-08
6	55200	72,90	71,60	1,91E-07
7	22500	71,60	71,50	3,64E-08
8	61200	71,50	70,90	8,07E-08
9	21600	70,90	70,50	1,53E-07
10	149400	70,50	68,10	1,36E-07
11	34200	68,10	67,80	7,56E-08
12	51300	67,80	65,50	3,94E-07
13	88500	65,50	64,40	1,12E-07
Rata – rata				1,38E-07



**Tabel 7. Koefisien horizontal (kh) Sampel 3**

No.	Waktu (detik)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (cm/detik)
1	183600	77,00	73,80	1,35E-07
2	53700	73,80	72,50	1,94E-07
3	32400	72,50	72,20	7,50E-08
4	57900	72,20	71,00	1,70E-07
5	82800	71,00	69,60	1,41E-07
6	84600	69,60	68,40	1,20E-07
7	88200	68,40	67,80	5,85E-08
8	22200	67,80	67,70	3,90E-08
Rata – rata				1,17E-07

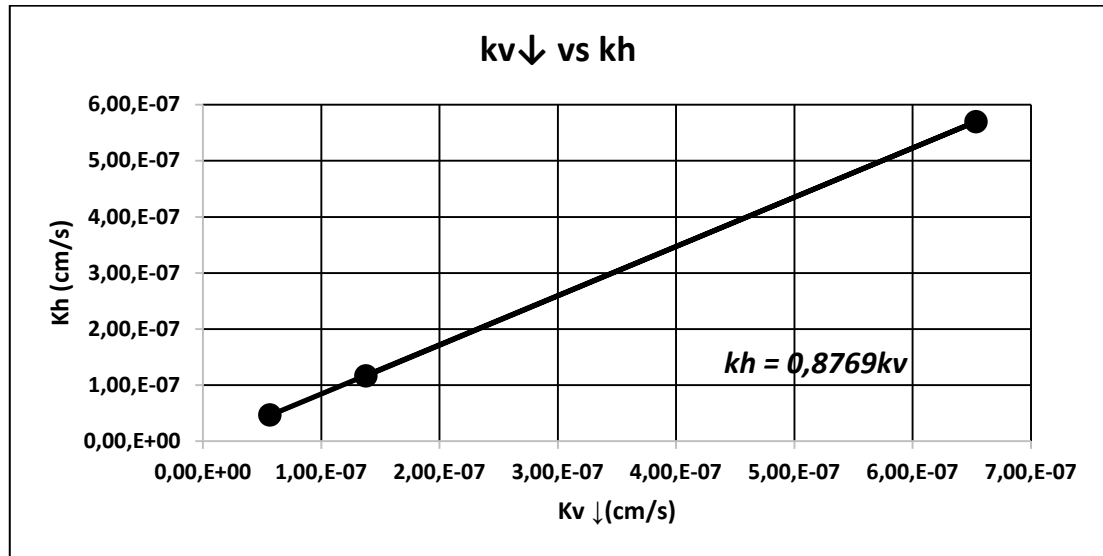
Berdasarkan data di atas dapat digambarkan karakteristik perubahan nilai koefisien permeabilitas (k) akibat perubahan arah rembesan pada sampel 3 seperti pada Gambar 6.

**Gambar 6. Karakteristik Perubahan Nilai k Pada Sampel 3**

Berdasarkan data di atas diperoleh perbandingan karakteristik perubahan nilai koefisien permeabilitas dari setiap sampel seperti ditampilkan pada tabel 8 dan Gambar 7.

**Tabel 8 Resume perhitungan kh dan kv**

Sam pel	k, arah vertikal (cm/detik)	k, arah horizontal (cm/detik)
1	5,67 E-08	4,67 E-08
2	6,54 E-07	5,70 E-07
3	1,38 E-07	1,17 E-07



**Gambar 7. Perbandingan Nilai kv dan kh pada ketiga sampel**

Berdasarkan Garfik pada gambar 7, diperoleh suatu persamaan linier yang merupakan hubungan/korelasi antara koefisien permeabilitas verikal (kv) dan koefisien permeabilitas horizontal (kh) yaitu  **$kh = 0,8769 kv$**

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Nilai Koefisien permeabilitas arah vertikal ke bawah menunjukkan angka yang lebih besar dibandingkan nilai koefisien arah horizontal.
2. Hubungan/korelasi antara koefisien permeabilitas verikal (kv) dan koefisien permeabilitas horizontal (kh) dapat dituliskan dalam suatu persamaan yaitu :  
 $kh = 0,8769 kv$  atau  $kv = 1,14 kh$ .

### Saran

1. Penelitian melibatkan sampel tanah lempung yang lebih banyak
2. Pengujian permeabilitas dengan arah rembesan air vertikal ke atas.
3. Penelitian perbandingan nilai kv dan kh pada tanah granuler

## DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R.F. (1991). "Mekanika Tanah", Jakarta : Erlangga.
- Das, B. M. (1995), "Mekanika Tanah I (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknik)", Jilid 1. Jakarta :

Erlangga.

Djarwanti, N. (2008). "Komparasi Koefisien Permeabilitas (k) Pada Tanah Kohesif". Diunduh 04 Oktober 2019 dari <https://media.neliti.com/media/publications/151153-ID-komparasi-koefisien-permeabilitas-k-pada.pdf>,

Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.