

Analisis Permeabilitas Tanah yang Dipadatkan dengan Menggunakan Metoda Cubic Permeameter

Mohammad Yogi Alnasir¹⁾

Lusmeilia Afriani²⁾

Idharmahadi Adha³⁾

Abstract

The development of infrastructure in Indonesia is increasing in various regions such as the construction of reservoirs, dams and other construction. One of the important things that became the basis of development is foundation ground. Therefore, it is necessary to know the type of soil used and the permeable nature of the soil. Soil permeability illustrates the ability of soil to pass water. In this study to determine the permeability of the soil by using a cubic mold and compare the results of soil permeability obtained from compacted soil using the pressure method and the standard method.

Soil samples used were from Pamenang village, Pringsewu. Soil taken is disturbed and undisturbed soil samples. The soil was then compacted by a standard method and with a pressure test method at a pressure of 5 MPa, 10 MPa and 15 MPa. Then the permeability test is carried out to get the permeability coefficient. The results of observations in the laboratory show the greater pressure applied to the soil, the smaller coefficient of permeability. The relationship between the permeability coefficient with standard compaction method and the pressure method get the permeability coefficient value so that the pressure is between 5 to 10 MPa.

Keywords: Soil, Compaction, Pressure and Permeability.

Abstrak

Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia sedang meningkat diberbagai daerah seperti pembangunan waduk, embung, bendungan dan konstruksi lainnya. Salah satu hal penting yang menjadi dasar dalam pembangunan adalah pondasi tanah. Oleh karena itu, perlu mengetahui jenis tanah yang dipakai dan sifat permeable tanah tersebut. Permeabilitas tanah menggambarkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Pada penelitian ini untuk mengetahui permeabilitas tanah dengan menggunakan mold segiempat dan membandingkan hasil permeabilitas tanah yang didapatkan dari tanah yang dipadatkan menggunakan metode tekanan dan secara metode standar.

Sampel tanah yang digunakan berupa sampel tanah yang berasal dari desa Pamenang, Pringsewu. Tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang terganggu dan sampel tanah tak terganggu. Tanah tersebut selanjutnya dipadatkan dengan metode standar dan dengan alat uji metode tekanan pada tekanan 5 MPa, 10 MPa, dan 15 MPa. Selanjutnya dilakukan pengujian permeabilitas untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitasnya. Hasil dari pengamatan di laboratorium menunjukan semakin besar tekanan yang diberikan pada tanah maka semakin kecil koefisien permeabilitasnya. Hubungan koefisien permeabilitas dengan metode pemadatan standar dan metode tekanan memperoleh nilai koefisien permeabilitas sehingga tekanan berada diantara nilai 5 sampai 10 MPa.

Kata kunci: Tanah, Pemadatan, Tekanan dan Permeabilitas.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung. 35145.

³⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara berkembang yang saat ini sedang melaksanakan pembangunan infrastruktur disetiap daerah antara lain pembangunan waduk, embung, dan bendungan diberbagai daerah. Salah satu hal penting yang menjadi dasar dalam pembangunan adalah kuatnya pondasi yang dibangun, termasuk jenis tanah yang dipakai dan sifat permeable tanah tersebut. Pada umumnya uji pemadatan pada permeabilitas yang dilakukan dipadatkan dengan menggunakan mould berbentuk silinder. Pada penelitian ini, dilakukan uji permeabilitas tanah yang dipadatkan dengan menggunakan metoda cubic permeameter.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengetahui permeabilitas tanah dengan menggunakan alat tekan modifikasi. Batasan masalah pada penelitian ini adalah Sampel tanah yang berasal dari Pringsewu, Uji Permeabilitas yang dilakukan menggunakan *mold kubus* kubus dengan ukuran 10 x 10 cm, dan pemadatan dilakukan menggunakan metode standar dengan alat tekan modifikasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai permeabilitas akibat alat tekan modifikasi, dan membandingkannya dengan standar proctor method. Hasil dari penelitian ini diharap agar dapat bermanfaat bagi dinas pekerjaan umum, kontraktor dan untuk perkembangan ilmu pengetahuan sehingga menambah wawasan khususnya mengenai permeable dalam pembangunan waduk, embung, dan bendungan di berbagai daerah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994). Tanah di klasifikasikan berdasarkan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya. Sistem klasifikasi tanah dibedakan menjadi dua yaitu sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) dan Sistem klasifikasi AASHTO.

Tanah dilakukan pemadatan untuk mendapatkan berat kering maksimum. Pemadatan adalah usaha secara mekanik untuk merapatkan butir-butir tanah. Pemadatan dilakukan untuk mengurangi volume pori, mengurangi volume tanah namun tidak mengurangi volume butir tanah. Pada awal proses, berat volume tanah kering (γ_d) bertambah seiring dengan ditambahnya kadar air. Pada kadar air nol ($w=0$), berat volume tanah basah (γ_b) dengan berat volume tanah kering (γ_d) sama. Ketika kadar air ditambah secara bertahap (dengan usaha pemadatan yang sama), berat butiran tanah padat per volume satuan (γ_d) juga bertambah. Pada saat kadar air lebih besar dari kadar air optimum (OMC), kenaikan kadar air justru mengurangi berat volume keringnya. Hal ini karena, air mengisi rongga yang sebelumnya diisi oleh butiran padat. Pada saat berat volume kering mencapai maksimum (γ_{dmax}) disebut kadar air optimum (Hardiyatmo, 2002).

Permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori (Hardiyatmo, 2001). Pori-pori tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Sehingga air dapat mengalir dari titik yang mempunyai tinggi energi lebih tinggi ke titik dengan energi yang lebih rendah. Permeabilitas juga merupakan pengukuran hantaran hidraulik tanah. Hantaran hidraulik tanah timbul adanya pori kapiler yang saling bersambungan antara

satu dengan yang lain. Hantaran hidraulik jenuh dapat diartikan sebagai kecepatan Bergeraknya suatu cairan adalah air dan media pori adalah tanah. Penetapan hantaran hidraulik didasarkan pada hukum Darcy (1856).

$$V = k \cdot I \quad (1)$$

Dimana,

V = kecepatan aliran (m/dtk atau cm/dtk)

k = koefisien permeabilitas

I = gradient hidraulik

Lalu telah diketahui bahwa

$$v = \frac{Q}{A \cdot t} \quad (2)$$

dan

$$v = \frac{\Delta h}{L} \quad (3)$$

Dimana,

Q = debit konstan, air yang dituangkan ke dalam sumur uji (cm^3/dt)

A = luas penampang aliran (m^2 atau cm^2)

t = waktu tempuh fluida sepanjang L (s/detik)

Δh = selisih ketinggian (m atau cm)

L = panjang daerah yang dilewati aliran (m atau cm)

Koefisien permeabilitas dapat ditentukan secara langsung di lapangan ataupun dengan cara lebih dahulu mengambil contoh tanah di lapangan dengan menggunakan tabung contoh kemudian diuji di laboratorium.

Untuk menentukan koefisien permeabilitas di laboratorium, ada 2 macam cara pengujian yang sering digunakan, yaitu Uji Tinggi Energi Tetap (*Constant Head*) dan Uji Tinggi Energi Turun (*Falling Head*). Uji permeabilitas *Constant Head* 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.

Uji permeabilitas *Falling Head* cocok digunakan untuk mengukur permeabilitas tanah berbutir halus. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Falling Head*, karena contoh tanah yang digunakan adalah tanah lempung. Rumus mencari nilai permeabilitas metode *Falling Head* adalah sebagai berikut :

$$k = 2,303 \frac{aL}{At} \log \frac{h_2}{h_1} \quad (4)$$

Dimana,

- K = nilai permeabilitas laboratorium (cm/dtk)
 a = luas penampang melintang pipa pengukur (pipa tegak)
 A = luas penampang melintang contoh tanah (m^2 atau cm^2)
 L = panjang contoh tanah (m atau cm)
 r = waktu tempuh fluida sepanjang L (s/detik)
 h_1 = ketinggian awal (m/cm)
 h_2 = ketinggian akhir (m/cm)

3. METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan yaitu berupa sampel tanah yang berlokasi di desa Pamenang, Kecamatan Pagelaran, kabupaten Pringsewu. Sampel tanah yang diambil berupa tanah lempung. Tanah yang diambil adalah sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) dan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed sample*). Pengambilan sampel tanah dilakukan di tiga titik yang berbeda. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara digali terlebih dahulu sedalam ± 2 meter, lalu tanah diambil secukupnya menggunakan karung dan tabung.

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Sampel tanah *disturbed* yang telah diambil diamparkan untuk dijemur hingga kering. Untuk tanah *undisturbed* sampel yang berada dalam tabung dapat langsung dilakukan pengujian sifat fisik tanah. Pengujian sifat fisik tanah terdiri dari pengujian kadar air, pengujian berat jenis, pengujian batas *atterberg*, pengujian analisis saringan, dan pengujian hidrometer. Setelah dilakukan pengujian sifat fisik tanah, dilanjutkan pengujian pemadatan tanah. Pengujian pemadatan *standard proctor method* bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum suatu jenis tanah melalui cara tumbukan.

Setelah dilakukan uji pemadatan tanah standar, dilanjutkan dengan uji pemadatan dengan metode tekanan. Cara kerja alat tekan pemadat modifikasi dengan cara memompa dongkrak secara manual, maka pelat yang ada tepat berada di bawah dongkrak akan turun. Saat dongkrak dipompa maka akan menekan tanah yang berada di dalam cetakan dan per yang berada di atas menahan beban yang diterima dari dongkrak. Pada saat tanah dipadatkan maka manometer akan bergerak sehingga dapat mengetahui berapa besar tekanan yang diterima oleh tanah dengan membaca pada manometer. Pada uji *pressure method* ini, tekanan yang digunakan adalah 5, 10 dan 15 Mpa. Setelah dilakukan pengujian *pressure method*, sampel tanah langsung dilanjutkan dengan pengujian permeabilitas supaya sampel tanah yang diuji memiliki kondisi yang sama. Tujuan uji permeabilitas adalah untuk mendapatkan nilai koefisien. Karena tanah yang dipakai adalah tanah lempung maka metode dalam uji permeabilitas yang dipakai cara tinggi energi turun (*Falling Head*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian di laboratorium mekanika tanah teknik sipil unila, didapat hasil pengujian sebagai berikut :

a. Sifat Fisik Tanah

Uji sifat fisik tanah yang pertama adalah uji kadar air. Uji kadar air dilakukan menggunakan sampel tanah *undisturbed* sebanyak 3 sampel dengan kondisi tanah yang sama. Didapat rata-rata hasil dari pengujian kadar air sebesar 21,01%. Hal ini

menunjukkan bahwa sampel tanah yang diambil pada kondisi musim kemarau. Selanjutnya adalah pengujian Berat volume. Uji berat volume dilakukan sebanyak 3 sampel dengan kondisi tanah yang sama dengan pengujian kadar air. Didapat rata-rata hasil dari berat volume sebesar $1,59 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah yang diambil termasuk tanah dengan kerapatan sedang.

Pengujian sifat fisik selanjutnya adalah berat jenis. Pada pengujian berat jenis ini dilakukan sebanyak 2 sampel. Didapat rata-rata hasil dari uji berat jenis tanah sebesar 2,57. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah yang diambil termasuk tanah berbutir sedang. Setelah dilakukan pengujian berat jenis, dilanjutkan dengan batas *Atterberg*. Batas *Atterberg* adalah batas plastisitas tanah yang terdiri dari batas plastis (*plastic limit*) dan batas cair (*liquid limit*). Berdasarkan dari pengujian batas *Atterberg* didapat nilai LL sebesar 62,53%, nilai PL sebesar 41,83% dan nilai PI 20,70%. Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Apabila tanah memiliki indeks plastisitas (PI) tinggi, maka tanah tersebut bersifat kohesif. Sebaliknya, apabila mempunyai indeks plastisitas (PI) yang rendah. Tanah dinyatakan non plastis, ketika batas plastis sama atau lebih besar dari batas cair. Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki angka indeks plastisitas yang tinggi, karena memiliki nilai indeks plastisitas 20,70 %.

Pengujian selanjutnya adalah uji analisis saringan. Uji analisis saringan dilakukan sebanyak satu kali pengujian sampel. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar menggunakan saringan No. 200 ($\varnothing 0,075 \text{ mm}$) – No. 4 ($\varnothing 4,75 \text{ mm}$). Dari hasil pengujian analisis saringan tanah tersebut memiliki persentase lolos saringan No. 200 ($0,075 \text{ mm}$) sebesar 61,09 %. Selanjutnya dilakukan uji analisis hidrometer. Uji analisis hidrometer dilakukan sebanyak satu sampel. Tujuan uji analisis hidrometer adalah untuk menentukan distribusi ukuran butiran-bituran tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan No. 10 (tidak ada butiran yang lebih besar dari 2 mm). Berdasarkan hasil uji analisis hidrometer, sampel tanah yang digunakan merupakan jenis tanah pasir (halus) berlanau, karena diameter butiran tanah berkisar antara 0,004-0,084 mm.

Setelah dilakukan beberapa pengujian, sampel tanah dapat di klasifikasikan. Hasil yang diperoleh dari pengujian analisis saringan No. 200 yaitu lolos sebesar 61,09 %. Menurut sistem klasifikasi AASTHO, berdasarkan hasil pengujian nilai batas cair (LL) sebesar 40,98 %, batas plastis (PL) sebesar 41,83%, dan indeks plastisitas (PI) sebesar 20,70 %, menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki angka indeks plastisitas yang sebesar 20 % dengan nilai batas cair 62,53%. Maka tanah dari daerah Pamenang, Pringsewu, digolongkan sebagai kelompok tanah A-7-5 (tanah berlempung).

Hasil yang diperoleh dari pengujian analisis saringan No. 200 yaitu lolos sebesar 61,09 % berdasarkan tabel klasifikasi USCS dengan nilai persentase lolos saringan No. 200 $\geq 50\%$ (lebih dari 50 %) termasuk tanah berbutir halus. Nilai indeks plastisitas sebesar 20,70%, batas cair sebesar 62,53% dan batas-batas *atterberg* dibawah garis A, hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah dari daerah Pamenang, Pringsewu secara umum digolongkan dalam kelompok CH yaitu tanah lempung. Setelah di klasifikasikan, dilanjutkan pengujian pemadatan tanah. Pengujian pemadatan tanah bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum suatu jenis tanah melalui cara tumbukan. Uji pemadatan dilakukan dengan menggunakan metode standar. Dari pengujian pemadatan tanah diperoleh yaitu volume kering maksimum sebesar 1,39 gr/cm kubik dan nilai kadar air optimum sebesar 27,2%.

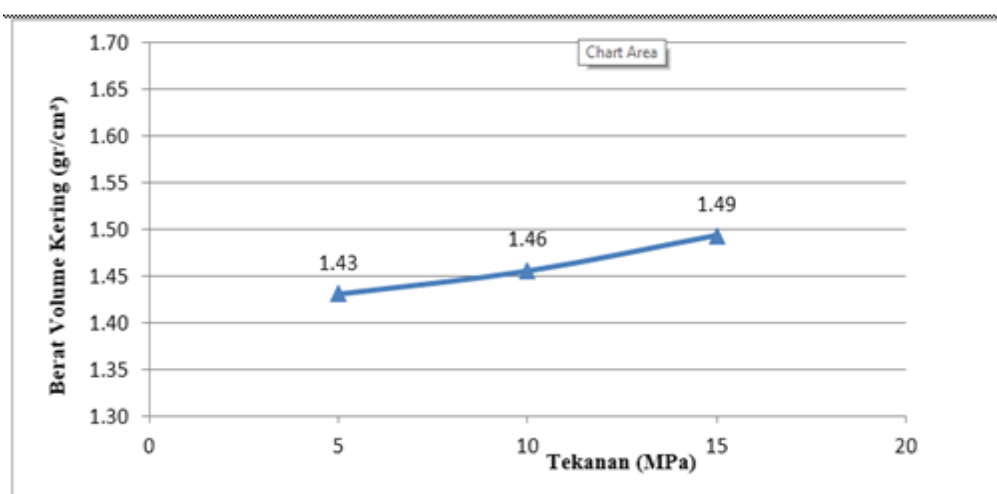
b. Analisis Permeabilitas Tanah Akibat Pemadatan Tanah

Uji permeabilitas dimaksudkan untuk menentukan besarnya nilai koefisien permeabilitas pada sampel tanah asli maupun tanah campuran. Uji Permeabilitas tanah menggunakan pemadatan metode tekan merupakan cara pemadatan dengan menekan sampel secara manual menggunakan dongkrak. Pada metode pemadatan tekanan yang digunakan adalah 5 MPa, 10 MPa, dan 15 MPa dengan metode standar proctor (3 lapisan). Uji pemadatan dilakukan dengan kadar air optimum yang sudah didapat dari uji pemadatan melalui cara tumbukan. Setelah dilakukan uji pemadatan dengan metode tekan, dilakukan uji permeabilitas untuk mengetahui nilai koefisien dari sampel tanah tekan. Uji permeabilitas menggunakan *burret* diameter 5 cm dengan waktu pembacaan per satu hari (24 jam). Adapun hasil yang didapat dari pengujian adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Pengujian Permeabilitas Akibat Tekanan

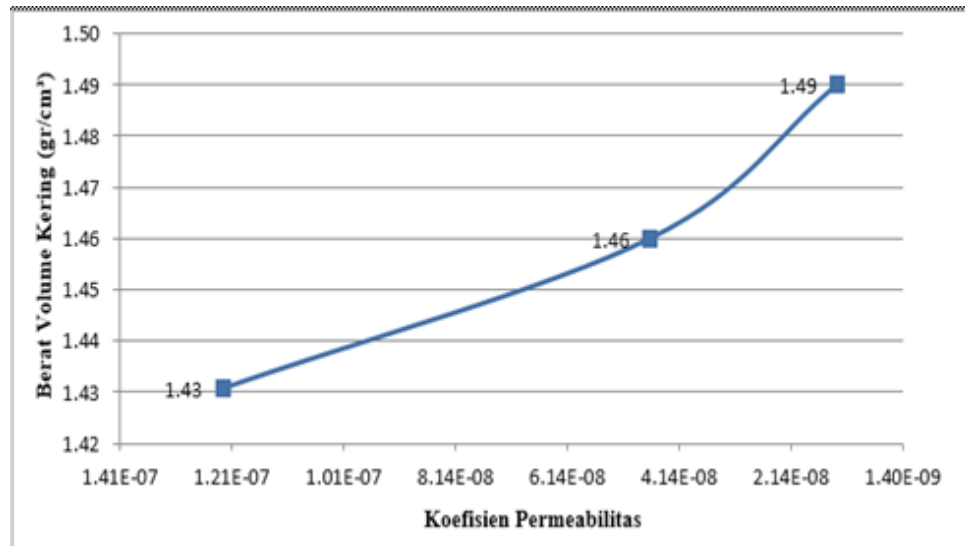
Sampel	Pemadatan	Berat Volume Kering (gr/cm ³)	Koefisien Rembesan
1	5 MPa	1.43	1.23E-07
2	10 MPa	1.46	4.663E-08
3	15 MPa	1.49	1.308E-08
4	Tumbukan	1.41	8.697E-08

Dari hasil uji pemadatan tanah dengan metode tekanan didapatkan hubungan antara tekanan, berat volume kering dan nilai koefisien permeabilitas. Hubungan tersebut dapat dilihat dari gambar dibawah ini :



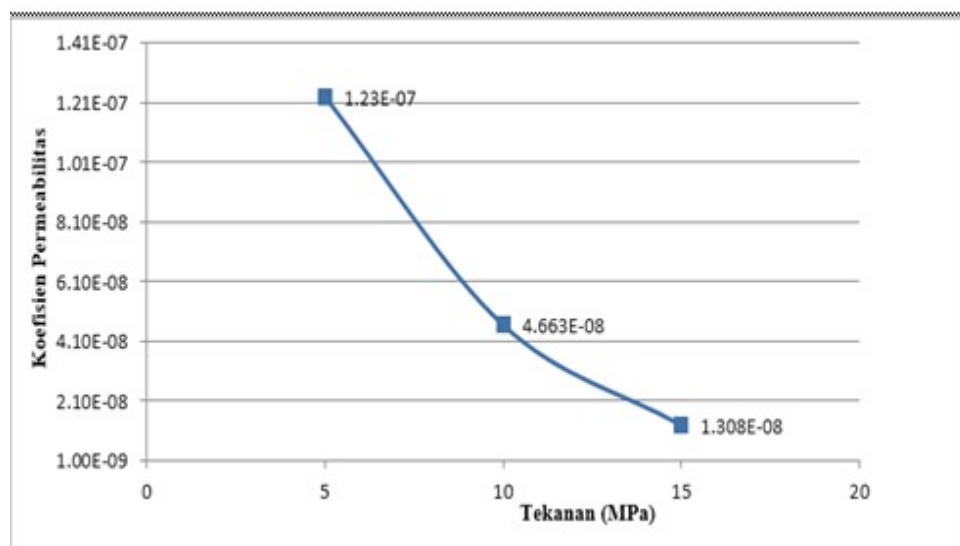
Gambar 1. Hubungan Tekanan dan Berat Volume Kering

Dari gambar 1. dapat dilihat hubungan antara tekanan dengan berat volume kering. Semakin besar nilai tekanan yang diberikan maka semakin kecil rapat kepadatannya yang menyebabkan semakin berkurangnya aliran air dalam pori dan berkurangnya kadar air dalam tanah sehingga bertambahnya berat volume kering.



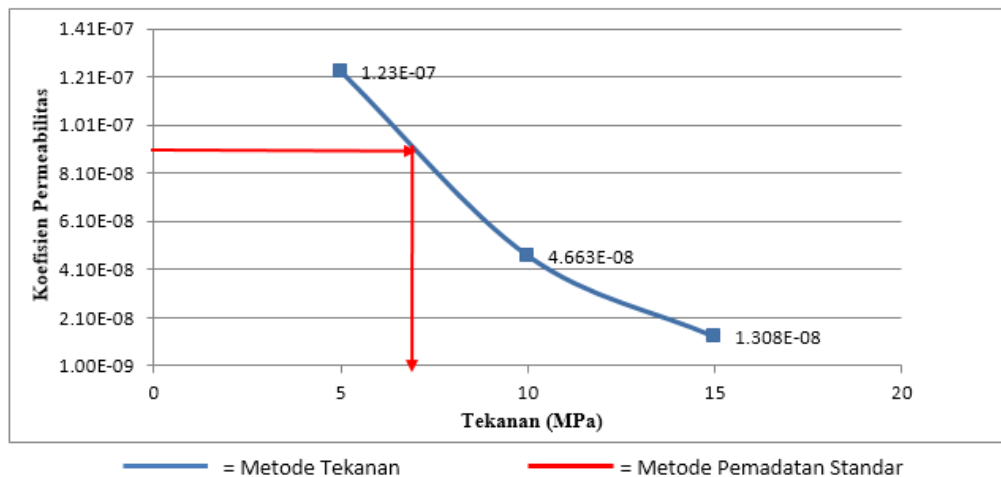
Gambar 2. Hubungan Koefisien dan Berat Volume Kering

Dari gambar 2. dapat dilihat hubungan antara koefisien permeabilitas dengan berat volume kering. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar berat volume kering maka semakin kecil nilai koefisien permeabilitas.



Gambar 3. Hubungan Tekanan dan Koefisien Permeabilitas

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa tekanan mempengaruhi nilai koefisien permeabilitas. Semakin besar tekanan yang diberikan maka semakin kecil Koefisien permeabilitasnya. Hal ini disebabkan oleh semakin besarnya tekanan pada tanah akan membuat pori-pori yang terdapat pada tanah semakin kecil menyebabkan rasio kekosongan (void) semakin kecil. Dalam Hukum Darcy menjelaskan permeabilitas adalah kemampuan air mengalir pada rongga (pori-pori) sehingga semakin kecil rongga atau pori tersebut menyebabkan semakin kecil koefisien permeabilitas pada tanah.



Gambar 4. Hubungan Permeabilitas Metode Pemadatan Standar dan Tekanan

Dari gambar 4. dapat dilihat bahwa nilai permeabilitas dengan pemadatan metode tumbukan memiliki koefisien yang lebih kecil dari pemadatan dengan tekanan 5 MPa, tetapi tidak melebihi permeabilitas dengan tekanan 10 MPa. Dari gambar diatas menunjukkan nilai pada metode tumbukan berada di sekitar 7 MPa.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh nilai koefisien permeabilitas pada tekanan 5 MPa sebesar 1,23E-07, pada tekanan 10 MPa sebesar 4,663E-08 dan pada tekanan 15 MPa sebesar 1,308E-08. Hal ini membuktikan bahwa sampel tanah yang digunakan layak sebagai bahan inti bendungan. Karena standar nilai permeabilitas untuk inti bendungan maksimal sebesar 1E-07.

DAFTAR PUSTAKA

- Darcy, H., 1856. *Les Fontaines Publiques de la Ville de Dijon*, Victor Dalmont, Paris.
- Hardiyatmo, H.C., 2001. *Teknik Fondasi 1*, Edisi II. Beta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2002. *Mekanika Tanah 1 Edisi 3*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Verhoef, P.N.W., 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta.