

Uji Kepadatan Tanah Timbunan Pilihan Untuk Inti Bendung Terhadap Nilai Permeabilitas

Hany Octavia Anggraini¹⁾

Iswan²⁾

Lusmeilia Afriani³⁾

Abstract

The development of infrastructure development in Indonesia is increasing in various areas, such as the construction of reservoirs, reservoirs, dams and other constuctions. One of the important things that is the basis of development is land because almost all buildings stand on the ground. Therefore, it is necessary to know the type of soil used and the nature of the soil permeability. Soil permeability describes the ability of the soil to pass water.

Soil samples used were soil samples from Pamenang village, Pagelaran sub-district, Pringsewu district. Soil samples taken are disturbed and undisturbed soil samples. The soil is then compacted by the standard method and with the pressure method test apparatus at a pressure of 2,5 MPa, 5 MPa, 7,5 MPa, 10 MPa, 15 MPa, 20 MPa, and 30 MPa, each method has one sample being tested. Furthermore the permeability test was carried out to obtain the permeability coefficient value.

Results from observations in the laboratory show that the greater the pressure exerted on the soil, the smaller the permeability coefficient. The relationship between the permeability coefficient and the standard compaction method and the pressure method obtained different permeability coefficient values.

Keyword : 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 tanah karena hampir semua bangunan berdiri di atas tanah. Oleh karena itu, perlu mengetahui jenis tanah yang dipakai dan sifat permeabilitas tanah tersebut. Permeabilitas tanah menggambarkan kemampun tanah dalam meloloskan air.

Sampel tanah yang digunakan berupa sampel tanah yang berasal dari desa Pamenang kecamatan Pagelaran kabupaten Pringsewu. Tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang terganggu dan sampe tanah yang tidak terganggu. Tanaah tersebut selanjutnya dipadatkan dengan metode standar dan dengan alat uji metode tekanan pada tekanan 2,5 MPa, 5 MPa, 7,5 MPa, 10 MPa, 15 MPa, 20 MPa, dan 30 MPa, setiap metode terdapat satu buah sampel yang diuji. Selanjutnya dilakukan pengujian permeabilitas untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitasnya.

Hasil dari pengamatan di laboratorium menunjukkan 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 yang berbeda

Kata kunci : Tanah, Pemadatan, Tekanan dan Permeabilitas

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

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

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya tanah di suatu daerah tidak selalu memiliki elevasi yang sama, oleh sebab itu dilakukan penggalian diperlukan penggalian atau timbunan agar dipadatkan elevasi tanah sesuai rencana. Dalam hal ini keadaan tanah tersebut harus dilakukan perbaikan tanah terlebih dahulu. Setelah tanah tersebut diperbaiki, baru kemudian dirancang suatu konstruksi di atasnya. Untuk itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pemadatan tanah di laboratorium dengan pemodelan alat tekan pemadat modifikasi menggunakan tanah timbunan pilihan yang berasal dari salah satu lokasi pada Desa Pamenang kec. Pagelaran kab. Pringsewu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

2.1.1. Pengertian Tanah

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). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh zat organik, karbonat, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya (*Hardiyatmo*, 2002).

2.1.2. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengelompokkan tanah berdasarkan sifat dan ciri tanah yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Klasifikasi tanah sangat membantu perancangan dalam memberikan suatu pengarahan melalui tata cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu.

2.1.3. Tanah Lempung

Sifat tanah lempung yang sangat dipengaruhi oleh air mengakibatkan tanah lempung mempunyai sifat kembang susut yang tinggi. Tanah lempung memembang pada saat kering dan menyusut pada saat basah. Pada kondisi jenuh pori tanah diisi oleh air.

2.2. Pemadatan Tanah

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.

2.3. Permeabilitas

2.3.1. Definisi Permeabilitas

Kemampuan fluida untuk mengalir melalui medium yang berpori adalah suatu sifat teknis yang disebut permeabilitas (*Bowles*, 1991). Permeabilitas juga didefinisikan sebagai sifat bahan 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 yang mempunyai tinggi energi lebih tinggi ke titik dengan energi yang lebih rendah.

2.3.2. Hukum Darcy

Pada ilmu tanah, permeabilitas didefinisikan secara kualitatif sebagai pengurangan gas-gas, cairan-cairan atau penetrasi akar tanaman. Selain itu permeabilitas juga merupakan pengukuran hantaran hidraulik tanah. Hantaran hidraulik tanah timbul adanya pori kapiler yang saling bersambungan antara satu dengan yang lain. Secara kuantitatif hantaran hidraulik jenuh dapat diartikan sebagai kecepatan bergeraknya suatu cairan adalah air dan media pori adalah tanah. Penetapan hantaran hidraulik didasarkan pada hukum darcy.

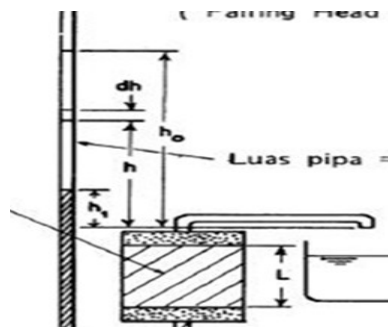
2.3.3. Koefisien Permeabilitas

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.

2.3.4. Uji Permeabilitas 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.

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.



Gambar 1. Cara Pengujian Koefisien Permeabilitas di Laboratorium

Pada pengujian ini, air dari dalam pipa tegak yang dipasang di atas contoh tanah mengalir melalui contoh tanah. Ketinggian air pada awal pengujian h_1 pada saat waktu $t_1 = 0$ dicatat, kemudian air dibiarkan mengalir melalui contoh tanah hingga perbedaan tinggi air pada waktu t_2 adalah h_2 .

3. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Adapun bahan penelitian yang digunakan yaitu sampel tanah berupa tanah timbunan pilihan yang berasal dari Desa Pamenang, kec. Pagelaran kab. Pringsewu, Lampung. Lokasi pengambilan sampel dipilih pada daerah tersebut karena merupakan lokasi pengambilan sampel tanah timbunan pilihan pada pembangunan bendungan yang digunakan untuk pemadatan tanah.

3.2. Metode Pengambilan Sampel

Proses pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara pengambilan langsung sampel tanah yang berasal dari Desa Pamenang kec.Pagelaran kab.Pringsewu. Sampel tanah yang diambil meliputi tanah tidak terganggu (*undisturb* sampel) yaitu tanah yang masih alami tidak terganggu oleh lingkungan luar dan tanah terganggu (*disturb* sampel) yaitu tanah yang tidak alami lagi yang telah terganggu oleh lingkungan luar. Pada pengambilan sampel tanah *undisturb* sampel dilakukan dengan menggunakan tabung yang digunakan untuk pengujian kadar air, berat volume, dan berat jenis sedangkan *disturb* sampel dilakukan dengan cara penggalian menggunakan cangkul dan memasukkannya kedalam karung yang digunakan untuk pengujian *atterberg*, analisis

3.3. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian fisik tanah pada tanah asli ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah yang digunakan sebagai bahan sampel. Kemudian hasil dari pengujian akan dianalisis sesuai dengan klasifikasi tanah menurut USCS dan AASHTO untuk mengetahui tanah tersebut termasuk klasifikasi tanah. Selanjutnya pengujian dengan alat tekan pemadat modifikasi, dengan prosedur pengujian menggunakan alat uji tekan pemadat modifikasi yang dilakukan pada tekanan 2,5MPa, 5MPa, 7,5 MPa, 10MPa, 15 MPa, 20 MPa, 30 MPa. dengan kadar air yang sama.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Sampel Tanah

4.1.1. Uji Kadar Air (w)

Uji kadar air dilakukan menggunakan sampel tanah *undisturbed* sebanyak 3 sampel dengan kondisi tanah yang sama. Tujuan pengujian kadar air adalah untuk mengetahui besar kadar air yang terkandung di dalam tanah. Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah

Pengujian	Berat Volume (gr/cm³)
Sampel 1	21,26
Sampel 2	21,01
Sampel 3	20,76
Rata-rata	21,01

Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa kadar air yang terkandung dalam tanah tersebut adalah sebesar 21,0096%. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah yang diambil dalam kondisi musim kemarau.

4.1.2. Uji Berat Volume

Hubungan antara volume dan berat sangat berguna untuk menggambarkan dan mengevaluasi sifat fisik dari tanah. Hasil pengujian berat volume dapat dilihat di tabel dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian Perhitungan Berat Volume Tanah

Pengujian	Berat volume
Sampel 1	1,77
Sampel 2	1,65
Sampel 3	1,35
Rata Rata	1,59

Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa berat volume tanah tersebut adalah sebesar 1,59 gr/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah yang diambil termasuk tanah dengan kerapatan sedang.

4.1.3. Uji Berat Jenis

Pada pengujian berat jenis ini dilakukan sebanyak 2 sampel. Tujuan pengujian berat jenis adalah untuk mengetahui kerapatan massa butiran tanah, yaitu perbandingan antara berat isi butir tanah terhadap berat isi air suling pada temperature dan volume yang sama. Hasil pengujian bert jenis dapat dilihat ditabel dibawah ini :

Tabel 3. Hasil Pengujian Perhitungan Berat Jenis

Pengujian	Berat Jenis
Sampel 1	2,67
Sampel 2	2,52
Rata-rata	2,57

Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa Berat jenis tanah tersebut adalah 2,57. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah yang diambil termasuk tanah berbutir sedang.

4.1.4. Uji Batas Atterberg

Batas *Atterberg* adalah batas plastisis tanah yang terdiri dari batas plastis (*plastis limit*) dan batas cair (*liquid limit*). Batas plastic adalah kadar air dimana tanah berubah dari keadaan plastis menjadi cair, dan batas cair adalah kadar air dimana tanah berubah dari keadaan air menjadi plastis. Berdasarkan dari pengujian batas *Atterberg* didapat nilai LL sebesar 62,53%, nilai PL sebesar 41,83% dan nilai PI 20,70% seperti pada table dibawah ini :

Tabel 4. Hasil Pengujian Batas *Atterberg* Tanah

	LL	PL	PI
Sampel Tanah	62,53%	41,83%	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%.

4.1.5. Uji Analisis Ukuran Butiran Tanah

Uji analisis saringan dilakukan sebanyak satu kali pengujian sampel. Tujuan uji analisa saringan adalah untuk mengetahui presentase ukuran butir atau menentukan gradasi

agregat. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar menggunakan saringan No.200 (ϕ 0,075 mm) – No.4 (ϕ 4,75 mm). Sampel yang di gunakan dalam penelitian ini sebanyak 500 gram. Berikut tabel yang menunjukan persentase lolos saringan:

Tabel 5. Hasil Pengujian Analisis Saringan

No Saringan	Ukuran Partikel (mm)	Persentase Lolos (%)
4	4,75	98,79
10	2,00	93,91
20	0,85	70,92
30	0,60	69,62
40	0,43	67,83
60	0,25	64,91
80	0,18	62,91
100	0,15	62,78
120	0,125	62,22
200	0,075	61,09
Pan	0,00	0,00

Dari Hasil Pengujian analisis saringan yang ditunjukkan pada Tabel. bahwa tanah tersebut memiliki prosentase lolos saringan No.200 (0,075 mm) sebesar 61,09 %.

4.1.6. Uji Analisis Hidrometer

Uji analisis hidrometer dilakukan sebanyak satu sampel. Tujuan uji analisis hidrometer adalah untuk menentukan distribusi ukuran butiran-butiran tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan No.10 (tidak ada butiran yang lebih besar dari 2 mm). hasil pengujian analisis Hidrometer dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6. Hasil pengujian Analisis Hidrometer

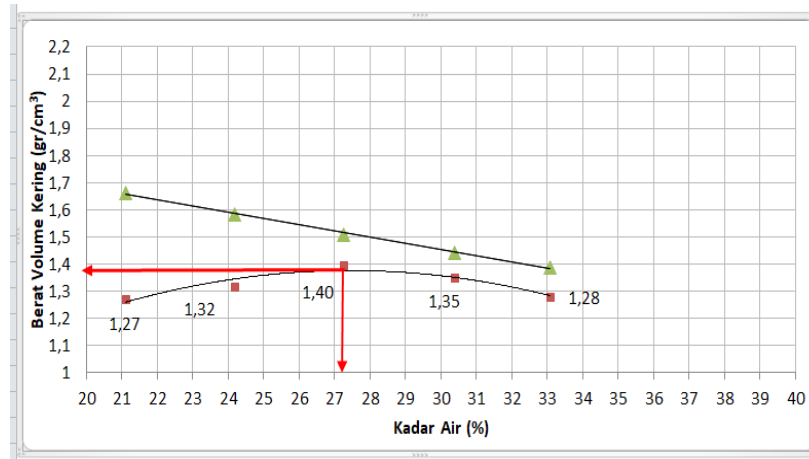
Waktu (t) (menit)	Diameter Butiran Lebih Kecil (mm)	Persen Massa (P)
3	0,084	13,27
5	0,065	11,22
15	0,039	10,82
30	0,028	10,00
60	0,020	9,18
250	0,010	8,98
1440	0,004	8,16

Berdasarkan Tabel sampel tanah yang digunakan merupakan jenis tanah pasir (halus) berlanau, Karena diameter butiran tanah berkisar antara 0,004 – 0,084 mm. Berdasarkan hasil uji analisis saringan dan Hidrometer, dapat diambil kesimpulan bahwa sampel tanah yang digunakan merupakan jenis tanah pasir berlanau, Karena sebagian besar diameter butiran tanah berada di antara 0,002 – 2 mm.

4.1.7. Uji Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan tanah bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum suatu jenis tanah melalui jenis tumbukan. Pemadatan tanah adalah salah satu upaya untuk meningkatkan kekuatan tanah dengan cara memberikan beban atau penekanan kepada permukaan tanah. Akibat dari pada pemberian beban penekanan, maka kandungan udara dan air yang terdapat di dalam rongga antara butiran butiran tanah akan keluar dari

rongga tersebut. Uji pemadatan dilakukan dengan menggunakan metode standard. Hasil dari pemadatan ini akan dijadikan sebagai tolak ukur untuk membandingkan kepadatan tanah pada saat pemadatan tanah dengan menggunakan alat tekan modifikasi.



Gambar 2. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air

Dari gambar diatas diperoleh hasil pemadatan tanah yaitu Volume kering maksimum sebesar 1,39 gr/cm³ dan nilai kadar air optimum sebesar 27,2%.

4.1.8. Analisis Permeabilitas Tanah Akibat Pemadatan Tekan

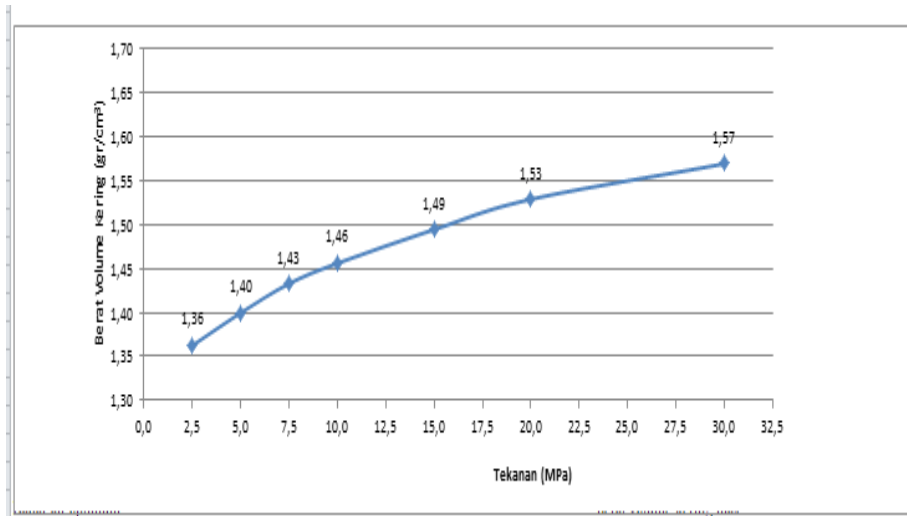
Uji permeabilitas dimaksudkan untuk menentukan besar nilai koefisien permeabilitas pada sampel tanah asli maupun tanah campuran. Uji permeabilitas tanah menggunakan pemadatan metode tekan merupakan cara pemadatan dengan menekan sampel secara manual menggunakan dongkrak. Pada metode pemadatan tekanan dengan metode standard proctor (3lapisan).Setelah dilakukan uji pemadatan dengan metode tekan, dilakukan uji permeabilitas untuk mengetahui nilai koefisien sampel waktu pembacaan per satu hari (24jam). Adapun hasil yang didapat dari pengujian adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Perhitungan Pengujian Permeabilitas Akibat Tekanan

Sampel	Pemadatan	Berat Volume Kering (gr/cm ³)	Koefisien Rembesan (cm/dt)
1	2,5 Mpa	1,37	1,32 x 10 ⁻⁷
2	5 Mpa	1,37	1,35 x 10 ⁻⁷
3	7,5 Mpa	1,42	1,685 x 10 ⁻⁸
4	10 Mpa	1,46	2,514 x 10 ⁻⁸
5	15 Mpa	1,50	1,378 x 10 ⁻⁸
6	20 Mpa	1,52	5,540 x 10 ⁻⁹
7	30 Mpa	1,57	0
8	Tumbukan	1,40	8,697 x 10 ⁻⁸

1. Hubungan tekanan dengan Berat Volume Kering

Dari hasil uji pemadatan tanah dengan metode tekanan didapat grafik hubungan tekanan dan berat volume kerng seperti pada Gambar dibawah ini :

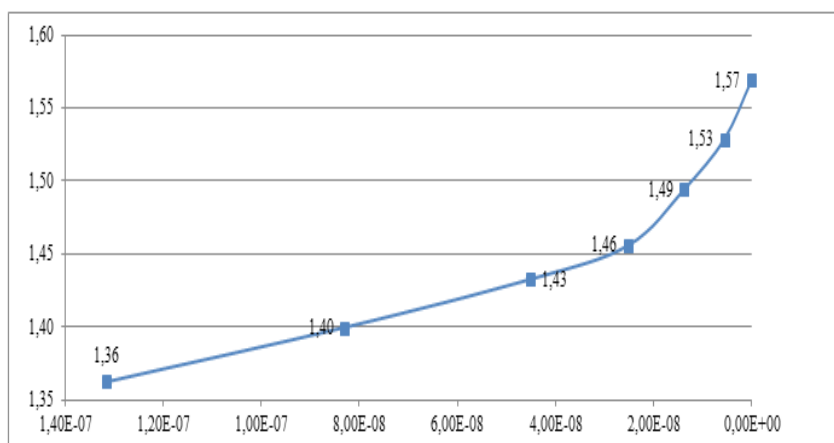


Gambar 3. Hubungan Tekanan dan Berat Volume Kering

Dari gambar 4. 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 dikarenakan kadar air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut.

2. Hubungan Berat Volume Kering dan Koefisien Permeabilitas

Dari hasil uji pemadatan tanah dengan metode tekana dan permeabilitas didapat grafik hubungan koefisien permeabilitas dan berat volume kering seperti pada gambar di bawah ini. Hal ini disebabkan oleh Hukum Darcy yang menunjukkan bahwa permeabilitas tanah ditentukan oleh koefisien permeabilitasnya. Koefisien permeabilitas tanah bergantung pada beberapa factor salah satunya adalah distribusi ukuran pori yang berhubungan dengan berat volume kering.

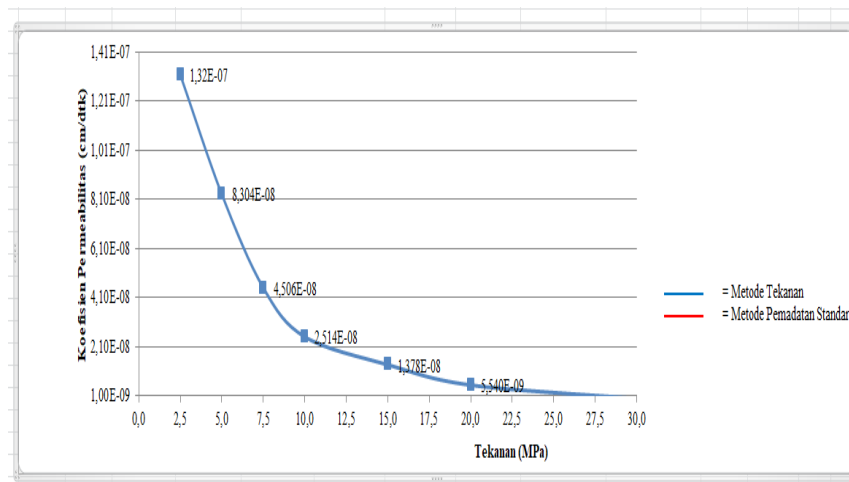


Gambar 4. Hubungan Koefisien dan Berat Volume Kering

Dari gambar 5. 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.

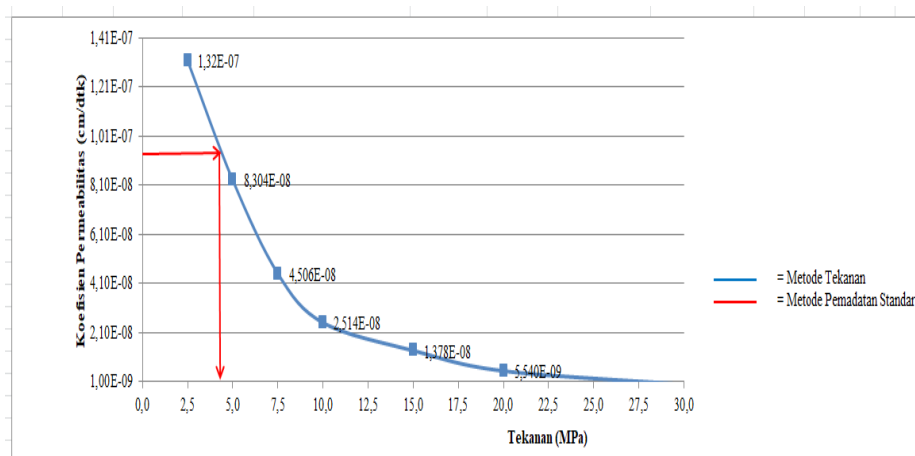
3. Hubungan tekanan dengan Koefisien Permeabilitas

Dari hasil uji pemadatan tanah menggunakan metode tekanan dan permeabilitas didapat grafik hubungan tekanan dan koefisien permeabilitas seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Hubungan Tekanan dan Koefisien Permeabilitas

Dari gambar di atas 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 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. Hubungan Permeabilitas Metode Pemadatan Standar dan Tekanan. Dari hasil pengujian permeabilitas menggunakan metode pemadatan standar tekanan didapatkan nilai koefisien permeabilitas seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 6. Hubungan Permeabilitas Metode Pemadatan Standard dan Tekanan

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai permeabilitas dengan pemadatan metode tumbukan memiliki koefisien yang lebih kecil dari pemadatan dengan tekanan 2,5 MPa, tetapi tidak melebihi permeabilitas dengan tekanan 5 MPa. Dari gambar diatas menunjukan nilai pada metode tumbukan berada disekitar 4 Mpa.

4. Aplikasi Permeabilitas pada Konstruksi Bangunan Sipil

Uji permeabilitas lainnya di lapangan adalah uji *Packer* yaitu pengujian pada batuan keras yang dapat menahan tekanan *packer*, dengan cara melakukan injeksi air kedalam lubang bor untuk mendapatkan koefisien kelulusan air dan nilai lugeon dari batuan tersebut. Pengujian dilakukan melalui lubang bor yang telah dibuat permeabilitas di laboratorium sering dilakukan terhadap contoh-contoh tanah untuk melengkapi dan mendukung hasil investigasi atau uji lapangan yang meliputi uji tinggi konstan, *falling head test*, dan konsolidasi. Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah.

5. KESIMPULAN

Berat volume kering pada tanah mempengaruhi permeabilitas karena semakin besar berat volume kering semakin kecil nilai koefisien permeabilitas yang diakibatkan oleh kemampuan air mengalir pada pori pori tanah yang mengecil. Hal ini juga yang menyebabkan semakin besar tekanan atau tumbukan yang diberikan pada tanah maka semakin kecil koefisien permeabilitasnya. Hubungan koefisien permeabilitas dengan metode pemadatan standard dan tekanan 2,5 MPa, 5 MPa, 7,5 MPa, 10 MPa, 15 MPa, 20 MPa dan 30 MPa memperoleh nilai koefisien permeabilitas yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, E. J. 1991. "*Sifat-sifat fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*". PT. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. "*Mekanika Tanah 1*". PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Verhoef, P.N.W. 1994. "*Geologi Untuk Teknik Sipil*", Erlangga, Jakarta.