

PERBANDINGAN PENGUKURAN KADAR AIR TANAH LEMPUNG MENGUNAKAN METODE *GRAVIMETRY* DAN METODE *GYP SUM BLOCK* BERDASARKAN VARIASI KEDALAMAN

Tri M. W. Sir¹ (trimwsir@yahoo.com)
I Made Udiana² (made_udiana@yahoo.com)
Sari R. Isu³ (zharyizhu72@gmail.com)

ABSTRAK

Tanah merupakan faktor yang sangat penting dalam setiap pekerjaan teknik sipil, akan tetapi masalah yang sering terjadi adalah pada penentuan sifat – sifat fisis dan mekanis tanah. Sifat fisis dan mekanis tanah yang mempengaruhi kapasitas dukung adalah kadar air tanah. Ukuran butiran tanah juga mempengaruhi perubahan kadar air suatu jenis tanah. Pengujian kadar air tanah biasanya dilakukan dengan metode *gravimetry*, akan tetapi *gravimetry* merupakan metode untuk menguji kadar air tanah di laboratorium, sehingga kondisi kadar air tanah yang dihasilkan kurang sesuai dengan kondisi di lapangan, untuk mendapatkan kadar air tanah yang sesuai dengan kondisi di lapangan maka digunakan metode pengujian langsung di lapangan dengan menggunakan metode sensor listrik. Salah satu metode sensor listrik yang digunakan adalah metode *gypsum block*, metode ini merupakan pengujian kadar air tanah secara langsung di lapangan setelah dikalibrasi secara individu di laboratorium. Dari hasil penelitian sampel tanah Desa Oebelo Kabupaten Kupang merupakan jenis tanah CH, dimana CH merupakan lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk, pengujian dengan metode *gypsum block* kadar air tanah berkisar dari 19,35 % - 41,05 %, sedangkan dengan metode *gravimetry* berkisar dari 18,34 % - 34,67 %. Pengujian kadar air tanah kedalaman 0,50 m dan 1,00 m dengan *gypsum block* dapat digunakan, sedangkan pada kedalaman 1,50 m dan 2,00 m tidak dapat digunakan hal ini disebabkan pemasangan *gypsum block* yang agak sulit, dan memberikan selisihnya dari metode *gravimetry* dan *gypsum block* berkisar dari 4,19 % - 7,69 %.

Kata Kunci: Kadar air, *Gypsum block*, Resistansi

ABSTRACT

Soil is one of the most important things in every civil engineering construction. But the problem is how to define physical and mechanic characteristic of the soil. Physical and mechanic characteristic that have influence on bearing capacity of the soil is water content. Size of soil also has effects on the changing of water content. To define water content, engineer is often using Gravimetry Method, but this method can only be doing in laboratory, so it can't specifically describe real condition of water content in the fields. Then, an in-site test such as Electrical Sensory Method is needed, in order To get correct result of water content in fields. In Electrical Sensory Method there is one method called Gypsum Block Method, this method is an in-situ water content test with individual calibration on laboratory. The results from Oebelo Village, Kupang District soils sample, the soils is CH soil, where CH is organic clay with high plasticity, Fat Clay. By using gypsum block method, water content results is in range of 19,35 % - 41,05 %, while with gravimetry method the water content is in range of 18,34 % - 34,67 %. Water content test using gypsum block method can only be doing at 0,50 m dan 1,00 m depth range, at 1,50 m dan 2,00 m depth range cannot be using this method because is too difficult to install gypsum block and the gap results between gravimetry method and gypsum block method is in range of 4,19 % - 7,69 %.

Keywords: Water Content, *Gypsum Block*, Resistance

¹ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

² Dosen pada Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

³ Penamat dari Jurusan Teknik Sipil, FST Undana

PENDAHULUAN

Pengujian kadar air tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan metode *gravimetry* dan metode sensor listrik. Pengujian kadar air tanah biasanya menggunakan metode *gravimetry*, metode ini dilakukan di laboratorium untuk menguji kadar air tanah dan membutuhkan waktu 1 x 24 jam, sehingga menghasilkan kondisi kadar air tanah yang belum tentu sesuai dengan kondisi lapangan, dikarenakan kadar air sudah mengalami perubahan sebagai akibat cara pengambilan sampel tanah dan transportasi. Pengujian kadar air tanah menggunakan metode *gravimetry* tidak memberikan nilai kadar air tanah yang sesuai di lapangan maka perlu pengujian kadar air tanah langsung di lapangan dengan menggunakan salah satu metode sensor listrik yaitu *gypsum block*, dimana alat ini merupakan sebuah alat sensor uji kelembaban atau kelengasan tanah yang sudah digunakan dalam bidang pertanian dan terbuat dari campuran air, serbuk gipsum, kawat jaring (*wire mesh*) dan kabel *speaker* dan juga dipasang langsung di lapangan setelah dikalibrasi secara individu. Pengujian metode *gravimetry* dan metode *gypsum block* sangat berbeda sehingga menghasilkan nilai kadar air tanah yang berbeda juga. Hasil dari pengujian tersebut memiliki selisih sehingga perlu dilakukan perbandingan pengujian antara kedua metode tersebut berdasarkan variasi kedalaman.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah sebagai material yang terdiri agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1988 : 1).

Tanah dianggap sebagai suatu lapisan sedimen lepas seperti kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) atau suatu campuran dari bahan-bahan tersebut. Definisi secara teknis hendaknya tidak dikaitkan dengan definisi tanah secara geologis, yakni merupakan bahan organik pada permukaan yang terpengaruh oleh cuaca atau tanah lapisan atas (*topsoil*) yang pada umumnya dibongkar sebelum suatu proyek dikerjakan (Smith, 1984 : 1).

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antara partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan batuan. Ikatan yang lemah antara partikel - partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat atau oksida yang tersenyawa di antara partikel - partikel tersebut atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik (Craig, 1989 : 1).

Ukuran Partikel Tanah

Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan tanah tersebut. Kerikil (*gravels*) adalah kepingan - kepingan dari batuan yang kadang- kadang juga mengandung partikel mineral *quartz*, *feldspar*, dan mineral - mineral lain. Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini. Lanau (*Silts*) sebagian besar merupakan mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran - butiran *quartz* yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan - lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral - mineral mika. Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskop biasa (Das, 1988 : 7).

Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa disusun ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok-subkelompok. Menurut Das, 1988 klasifikasi yang sering digunakan, yaitu sistem AASHTO

(*American Association of Highway and Transportation Official*) dan sistem USCS (*Unified Soil Classification System*).

Pengujian Karakteristik Tanah

Kadar Air Tanah (w)

Tanah terdiri dari tiga unsur, yaitu: butiran tanah atau partikel padat (*solid*), air (*water*) dan udara (Das, 1988 : 28). Pedoman pengujian kadar air mengikuti prosedur ASTM D-2216-71 dan untuk menghitung kadar airtanah dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.2 di bawah ini.

$$w = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} \times 100 \% \quad (1)$$

dimana:

w = kadar air (%)

M₁ = berat cawan kosong (gram)

M₂ = berat cawan + tanah basah (gram)

M₃ = berat cawan + tanah kering (gram)

Berat spesifik (G_s)

Berat spesifik dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam –macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah. Harga- harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium (Das, 1988:15). Perhitungan berat jenis tanah dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.3 di bawah ini.

$$G_s = \frac{(M_2 - M_1)}{(M_2 - M_1) - (M_3 - M_4)} \quad (2)$$

dimana:

G_s = berat jenis tanah

M₁ = berat piknometer kosong (gram)

M₂ = berat piknometer + tanah kering (gram)

M₃ = berat piknometer + tanah + air (gram)

M₄ = berat piknometer + air (gram)

Batas –batas Konsistensi (LL, PL, SL)

Kadar air dinyatakan dalam persen, dimana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi-padat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Kadar air di mana transisi dari keadaan semi - padat ke keadaan plastis terjadi dinamakan batas plastis (*plastic limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*). Batas - batas ini dikenal juga sebagai batas-batas konsistensi (Das, 1988 : 43).

Analisa ukuran butiran

Ada dua cara yang dipakai untuk mendapatkan distribusi ukuran - ukuran partikel tanah yaitu dengan analisa saringan dan analisa hidrometer. Analisa ayakan dipakai untuk ukuran partikel dengan diameter lebih besar dari 0.075 mm. Analisa ayakan adalah mengayak dan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan dimana lubang - lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan ke bawah (Das, 1988 : 17). Analisa hidrometer dipakai untuk partikel-partikel dengan ukuran butiran lebih kecil dari 0.075 mm.

Uji Pemadatan Tanah

Pada pembuatan timbunan tanah untuk jalan raya, dam tanah dan banyak struktur teknik sipil lainnya, tanah lepas (renggang) haruslah dipadatkan untuk meningkatkan daya dukungnya. Pemadatan juga dapat mengurangi besarnya penurunan tanah yang diinginkan dan meningkatkan kemantapan timbunan (Das, 1988 : 234). Pada uji proktor standar tanah dipadatkan dalam sebuah cetakan silinder bervolume 943,3 cm³, diameter cetakan tersebut adalah 4 in (101.6 mm). Berat

penumbuk adalah 2,5 kg dan tinggi jatuh sebesar 12 in (304,88 mm). Selama pengujian di laboratorium, cetakan itu dikelam pada sebuah pelat dasar dan di atasnya diberi perpanjangan (juga berbentuk silinder). Tanah dicampur air dengan kadar yang berbeda-beda dan kemudian dipadatkan dengan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 3 lapisan dan jumlah tumbukan untuk setiap lapisan adalah 25 kali setiap lapisan (Das,1988 : 235).

Gypsum (Gypsum)

Gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang dominan pada mineralnya. Gypsum yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum sebagai perekat mineral mempunyai sifat yang lebih baik dibandingkan dengan perekat organik karena tidak menimbulkan pencemaran udara, murah dan tahan api. (Wikipedia 2015 a).

Blok Gypsum (Gypsum Block)

Gypsum block merupakan alat yang terbuat dari serbuk *gypsum* dan campuran air dengan pemasangan kabel untuk mengetahui resistansi atau tahanan tanah. *Gypsum block* pertama kali dipakai di bidang pertanian untuk mengukur kelengasan tanah atau kelembaban tanah guna mengatur kesuburannya pada suatu tanah atau lahan yang dikerjakan, dengan cara kalibrasi dulu, lalu ditanam di tempat yang akan diteliti. Dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam ilmu geoteknik, *gypsum block* dapat dikembangkan untuk mengukur kadar air dalam tanah, pengukuran kadar air tanah dengan tujuan agar tidak merusak struktur tanah di sekitar daerah penelitian. Untuk mengetahui nilai kadar air, kedua kabel dihubungkan dengan multimeter sehingga diperoleh nilai tahanan *gypsum block*, kemudian nilai tahanan *gypsum block* dimasukkan dalam grafik kalibrasi maka diperoleh suatu persamaan resistansi tanah yang dipakai dalam pengukuran kadar air (Sir, 2010 : 5). Prinsip kerja *gypsum block* yaitu jika dalam kondisi basah, *gypsum block* akan menghasilkan resistansi yang kecil. Demikian sebaliknya dalam kondisi kering, *gypsum block* akan menghasilkan resistansi yang lebih tinggi. Sebelum dipakai *gypsum block* harus dikalibrasi dahulu secara individu karena setiap *gypsum block* memiliki karakteristik tersendiri (Sir, 2010 : 36). Keuntungan dan kerugian dari *gypsum block*. Keuntungan dari *gypsum block* sebagai berikut :

1. Pembuatan *gypsum block* dapat dilakukan oleh orang awam.
2. Mudah dalam pemasangan dan penggunaannya serta memerlukan sedikit pemeliharaan.
3. Tidak merusak struktur tanah sekitarnya.

Kerugian dari *gypsum block* sebagai berikut :

1. Lama penggunaannya *gypsum block* terbatas.
2. Sensitif terhadap garam.
3. Memerlukan kalibrasi secara individu.
4. Tidak ada kompensasi terhadap suhu.

Multimeter

Multimeter merupakan alat pengukur listrik yang sering dikenal sebagai VOM (volt – ohmmeter), multimeter ini juga dapat mengukur tegangan (volt-meter), mengukur tahanan (ohm-meter) dan arus (amperemeter). Ada dua jenis multimeter yaitu: multimeter digital atau DMM (digital multimeter) dan multimeter analog (Wikipedia 2015 b).

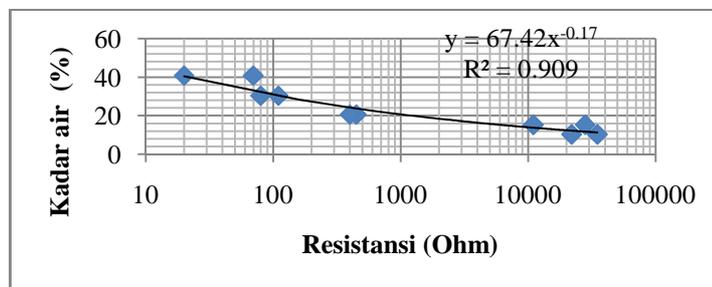
Analisa Regresi dan Korelasi

Regresi dimaksudkan untuk mengetahui sampai sejauh mana satu variabel berhubungan dengan variabel lainnya. Pada regresi perlu ada variabel bebas atau variabel yang menentukan (X) dan variabel tak bebas atau variabel yang ditentukan (Y). Kedua variabel biasanya mempunyai hubungan sebab akibat yang saling berpengaruh, dalam hubungan dua variabel atau lebih yang

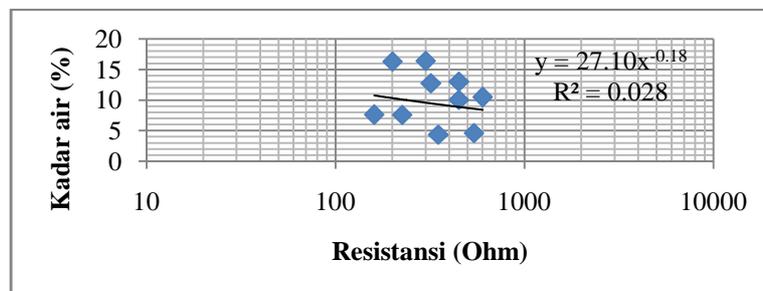
dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi $Y = f(X)$. Bentuk regresi tergantung pada fungsi yang menunjangnya atau tergantung pada persamaannya (Ritonga, 1987 : 123).

Beberapa Penelitian yang Pernah dilakukan dengan Menggunakan Alat *Gypsum Block*:

1. Skinner A. (1997), *gypsum block* adalah alat sensor yang dipakai dalam bidang pertanian untuk mengukur lengas tanah atau kelembaban tanah guna memilih jenis tanaman dan mengatur kesuburannya pada suatu tanah atau lahan yang akan dikerjakan. Alat ini dapat digunakan dengan biaya yang terjangkau dan paling sederhana dari pada alat sensor elektrik yang lain.
2. Keyhani A. (2001) melakukan penelitian dalam pengukuran kadar air dengan menggunakan mini *gypsum block* pada sampel tanah yang tipis (30 mm) dengan memperhitungkan dalam pembacaan resistansi mempunyai pengaruh yang signifikan sehingga memberikan koefisien korelasi yang cukup tinggi yaitu lebih dari 0,95.
3. Sir T. (2010) penelitian dilakukan terhadap dua jenis tanah yaitu tanah lempung dan pasir berlanau. Pembacaan resistansi *gypsum block* dilakukan selama 7 hari dengan menggunakan multimeter analog dan pembacaan dilakukan setiap hari sampai *gypsum block* menghasilkan resistansi konstan. Pada sampel uji lempung menunjukkan bahwa pengukuran kadar air dapat dilakukan dengan *gypsum block*, selain itu dapat dinyatakan pengaruh kadar air terhadap nilai resistansi yang dihasilkan oleh *gypsum block* bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin kecil nilai resistansi yang dihasilkan, sebaliknya semakin rendah kadar air tanah maka semakin besar nilai resistansi. *Gypsum block* tidak cocok untuk pengukuran kadar air tanah pasir berlanau karena nilai resistansi *gypsum block* tidak dapat konstan sebagai akibat dari sifat permeabilitas tanah granuler. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 di bawah ini:

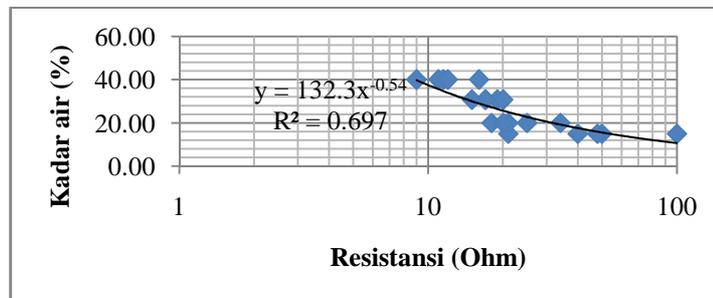


Gambar 1. Nilai Resistansi dengan Kadar Air Tanah Lempung
 Sumber: Sir, 2010.



Gambar 2. Nilai Resistansi dengan Kadar Air Tanah Pasir
 Sumber: Sir, 2010.

4. Nesnay, D. (2012) pengujian ini dilakukan di Desa Oebelo. Pengujian ini bertujuan untuk menguji *gypsum block* apakah dapat berfungsi atau tidak pada provinsi Nusa Tenggara Timur. Pengujian ini tidak berdasarkan variasi kedalaman sehingga perlu diadakan penelitian lanjutan *gypsum block* berdasarkan variasi kedalaman. Pengukuran kadar air tanah menggunakan *gypsum block* menunjukkan bahwa *gypsum block* dapat dipakai pada tanah lempung Desa Oebelo. Persamaan kalibrasi dibuat berdasarkan nilai resistansi konstan dan nilai kadar air tanah, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Perbedaan kadar air antara metode *gypsum block* dan metode *gravimetry* berkisar dari 0,26 % – 2,56 %.



Gambar 3. Hubungan Resistansi dengan Kadar Air Tanah Lempung (Nesnay, 2012)

METODE PENELITIAN

Teknik Pengumpulan Data

1. Teknik Dokumentasi

Teknik dokumentasi merupakan teknik pengambilan data dengan cara mengambil teori – teori dan rumus yang sesuai dengan masalah yang akan diteliti dari studi literatur.

2. Teknik Pengukuran

Teknik pengukuran merupakan teknik pengambilan data yang bersifat kuantitatif untuk mengetahui tingkat atau derajat tertentu dari obyek penelitian berupa hasil-hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium dan pengukuran langsung di lapangan. Data-data yang diperoleh berupa kadar air lapangan dan kadar air di laboratorium.

Tahapan Pengujian

a. Persiapan tanah lempung

- 1) Mengeringkan tanah dengan cara sampel tanah di jemur di bawah sinar matahari.
- 2) Menumbuk dan menyaring sampel tanah.
- 3) Mempersiapkan alat - alat pengujian yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebagai berikut:
 - a) Alatuji kadar air.
 - b) Alatuji berat jenis tanah.
 - c) Alat uji batas – batas konsistensi.
 - d) Alat uji saringan.
 - e) Alat uji hidrometer.
 - f) Alat uji pemadat standar.
 - g) Multimeter analog merek Samwa YX- 360 TR_w.
 - h) Timbangan dengan ketelitian 0,01 kg.
 - i) Pipa PVC sebagai cetakan.
 - j) Bor tangan (*hand bore*).

b. Persiapan pembuatan *gypsum block* :

1. Menyiapkan serbuk *gypsum* dan air
2. Menyiapkan kabel dengan kedua ujungnya yang telah dibuka sepanjang 2 cm .
3. Membuat aksesoris *gypsum block* yaitu dengan cara kawat jaring yang terdiri dari 2 buah masing-masing berdiameter 0,4 cm dan 1,3 cm.

4. Kedua ujung kabel yang telah dibuka dihubungkan dengan aksesoris *gypsum block* yang sudah dibuat, untuk ujung kabel yang berwarna putih dihubungkan pada kawat jaring yang berdiameter 0,4 cm sedangkan untuk ujung kabel berwarna hijau dihubungkan pada kawat jaring berdiameter 1,3 cm. Serbuk *gypsum* yang sudah dicampurkan dengan air, diaduk selama waktu kurang lebih 15 detik dalam cawan yang sudah tersedia.
5. Serbuk *gypsum* yang sudah homogen dimasukkan ke dalam cetakan pipa PVC berdiameter 2 cm yang telah tersedia dan untuk menghasilkan *gypsum block* yang padat dan tidak berpori maka pada saat memasukkan serbuk *gypsum* yang sudah dicampur dengan air, serbuk tersebut dirojak agar dapat menghasilkan *gypsum block* yang padat dan tidak berpori, karena jika *gypsum block* yang dihasilkan berpori maka pada saat pembacaan *gypsum block* akan menghasilkan resistansi yang tidak akurat. Serbuk *gypsum* dibiarkan sampai memadat, sehingga pada saat cetakan dibuka dapat menghasilkan *gypsum block* yang tidak berpori.
6. Setelah 1 jam memadat cetakan dibuka, kemudian direndam dalam air selama 3 jam dengan tujuan *gypsum block* menjadi lebih kuat serta seragam. *Gypsum block* yang telah direndam kemudian dikeringkan dengan cara diangin – anginkan serta diukur resistansi yang terjadi.

Tahapan pengujian pendahuluan

Tahapan pengujian pendahuluan di laboratorium dalam penelitian ini terdiri dari 2 tahapan sebagai berikut:

a. Uji propertis tanah lempung

Pada tahap ini dilakukan beberapa pengujian terhadap tanah lempung sebagai berikut:

- 1) Kadar air.
- 2) Berat jenis.
- 3) Batas - batas *Atterberg* meliputi batas cair, batas plastis, batas susut.
- 4) Analisis ukuran butiran meliputi analisa ayakan dan analisa hidrometer.

b. Mencetak sampel tanah untuk pengujian kalibrasi di laboratorium

Tahap-tahap pengujian alat *gypsum block* adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan tanah lempung yang lolos saringan No. 4, memasukkan tanah ke dalam cetakan tanah, dimana pada penelitian ini menggunakan cetakan dari alat pemadat proktor standar. Tanah dipadatkan dengan menggunakan penumbuk proktor standar seberat 2,5 kg.
- 2) Membuat lubang tepat ditengah-tengah tanah dengan menggunakan pipa yang berdiameter sama dengan diameter *gypsum block* yang digunakan. Memasukkan *gypsum block* yang telah dikeringkan tepat di tengah-tengah tanah tersebut. Tanah dikeluarkan dari cetakan proktor dengan menggunakan dongkrak agar struktur tanah tidak rusak, kemudian ditimbang serta dibungkus dengan kantong plastik agar kadar airnya tidak berubah akibat masuknya udara.
- 3) Untuk mencegah masuknya udara dan berkurangnya kadar air pada saat pemeraman, maka sampel tanah disimpan di tempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung. Selama masa pemeraman, resistansi yang terjadi pada *gypsum block* akan diukur dengan multimeter setiap 24 jam hingga resistansi konstan. Setelah konstan, mengkorelasikan nilai kadar air tanah lempung dan resistansi konstan *gypsum block* dalam sebuah persamaan kalibrasi.

Tahap pengujian utama

Pada tahap ini akan dilakukan pemasangan alat uji *gypsum block* di lapangan dengan langkah - langkah sebagai berikut:

- a. *Gypsum block* yang telah dikalibrasi dan masih dalam keadaan baik ditanam dalam tanah di lokasi pengambilan sampel tanah untuk pembuatan persamaan kalibrasi yaitu di Desa Oebelo, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT).
- b. Proses pemasangan yaitu membuat lubang menggunakan alat bantu *hand bore* yang berdiameter 15,24 cm agar *gypsum block* dapat ditanam di tengah - tengah. Tanah yang sudah dikeluarkan dengan *hand bore* dimasukkan kembali di sekitar *gypsum block* dengan cara dirojok agar tanah disekitar *gypsum block* padat. Hal ini dilakukan agar *gypsum block* dapat digunakan, karena *gypsum block* harus padat dengan tanah sehingga tujuan untuk pembacaan resistansi dapat dilakukan. *Gypsum block* dengan kedalaman 0,50 m, 1,00 m, 1,50 m, 2,00 m dan pembacaan dilakukan setiap hari. Kedalaman 0,50 m terdapat 7 titik dan untuk kedalaman 1,00 m, 1,50 m dan 2,00 m masing - masing terdapat 6 titik. Masing - masing titik dipasang 1 *gypsum block*.
- c. *Gypsum block* yang sudah dipasang diukur resistansinya sampai menghasilkan nilai resistansi sampai keadaan konstan. Setelah resistansi *gypsum block* sudah konstan, *gypsum block* tersebut dibiarkan selama 2 minggu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah *gypsum block* masih berfungsi atau tidak. Pada saat pengujian *gypsum block* yang sudah lama dibiarkan ternyata *gypsum block* masih dapat digunakan.
- d. Resistansi yang sudah konstan disubstitusikan ke dalam persamaan kalibrasi yang telah diperoleh di laboratorium untuk mendapatkan nilai kadar air. Setelah resistansi konstan diambil sampel tanah di sekitar *gypsum block* untuk diuji kadar airnya dengan menggunakan metode *gravimetry*. Hasil uji dengan metode *gravimetry* kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan *gypsum block* untuk mendapatkan selisih kadar air antara kedua metode tersebut.

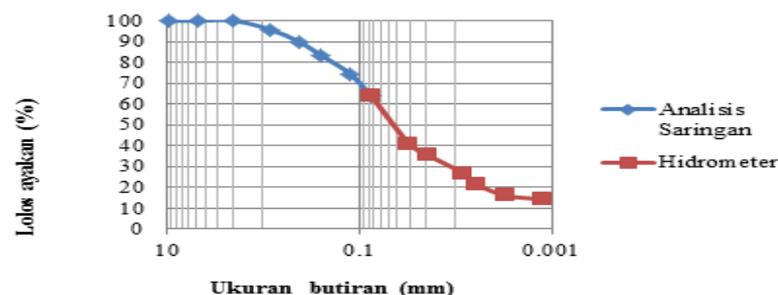
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Karakteristik Tanah

Penelitian ini menggunakan tanah lempung yang di ambil dari Desa Oebelo, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Pengujian tanah lempung untuk kadar air tanah, berat spesifik, batas - batas konsistensi, dan analisa saringan disajikan pada Tabel 1, sedangkan grafik hasil saringan dan hidrometer dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung

No	Pengujian Sifat Tanah Lempung	Hasil Pengujian
1	Kadar Air Tanah (w)	19,25 %
2	Berat Spesifik (Gs)	2,63
3	Batas Cair (LL)	70,55 %
4	Batas Plastis (PL)	34,43 %
5	Batas Susut (SL)	14,07 %
6	Presentase Lolos Saringan 200	63,83 %



Gambar 4. Analisa Distribusi Ukuran Butiran

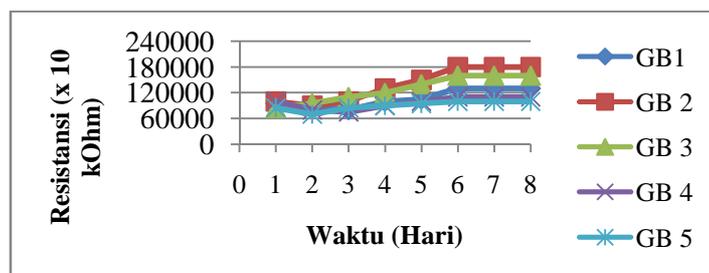
Dalam penelitian ini sampel tanah yang berasal dari Desa Oebelo, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) diklasifikasikan tanah tersebut adalah A-7-5 (25), sedangkan klasifikasi dengan USCS: Sampel tanah yang lolos ayakan No.200 adalah 63,83 % (> 50 %) sehingga tanah tersebut dapat digolongkan dalam tanah berbutir halus, Indeks plastisitas (PI) = LL- PL = 73,69 % - 34,36 % = 39,33 %. Dari grafik batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) sampel tanah Desa Oebelo merupakan jenis tanah CH, dimana CH merupakan lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk.

Kalibrasi Gypsum Block di Laboratorium

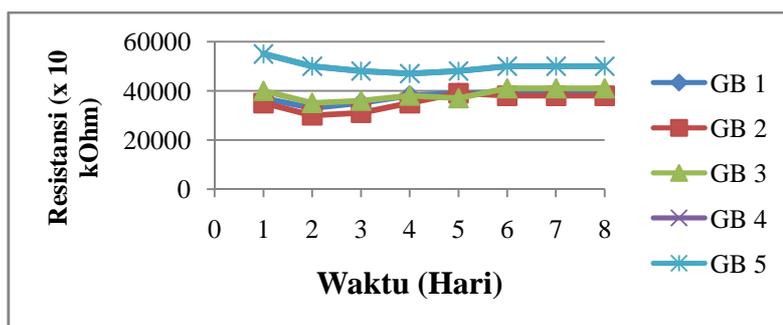
Pembacaan resistansi di laboratorium menggunakan *gypsum block* dengan variasi kadar air 10% pembacaannya menggunakan 10000 kilo Ohm, sedangkan untuk variasi kadar air tanah 15%, 20%, 30%, dan 40% pembacaannya menggunakan 1000 kilo Ohm. Perbedaan pembacaan disebabkan range dari multimeter tidak terlalu besar, sehingga pada variasi kadar air tanah 10% digunakan pembacaan dengan 10000 kilo Ohm, sedangkan untuk variasi kadar air tanah 15%, 20%, 30%, dan 40% pembacaannya cukup menggunakan 1000 kilo Ohm. Perbedaan pengukuran dilakukan untuk hasil resistansi atau tahanan yang akurat. Nilai W_{akhir} diambil dari tanah disekitar *gypsum block*, dimana *gypsum block* sudah menghasilkan nilai resistansi yang sudah konstan. Tabel 2 menunjukkan hasil pembacaan resistansi *gypsum block* di laboratorium untuk mencapai keadaan konstan atau keadaan dimana resistansi atau tahanan tidak mengalami perubahan yaitu selama 8 hari. Setelah nilai resistansi sudah konstan dapat dibuat grafik. Grafik tersebut menggunakan data dari hubungan antara waktu (hari) dan resistansi. Pembacaan resistansi kadar air tanah 10 %, 15%, 20%, 30% dan 40% dapat dilihat pada Gambar 5 - 9 di bawah ini. Perbedaan pengukuran agar mendapatkan hasil resistansi atau tahanan yang akurat. Hasil pembacaan nilai resistansi dapat dilihat dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Pembacaan Resistansi *Gypsum Block* di Laboratorium

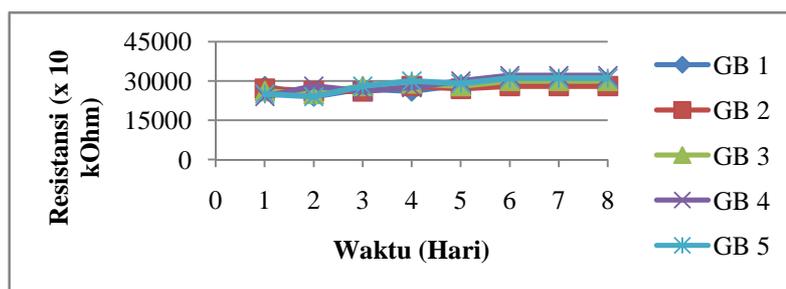
W rencana (%)	W akhir (%)	Waktu (Hari)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Pembacaan resistansi (k Ω)									
10	10.44	95000	90000	80000	100000	105000	130000	130000	130000
10	10.3	100000	90000	100000	130000	150000	180000	180000	180000
10	10.55	85000	95000	110000	120000	140000	160000	160000	160000
10	10.47	100000	80000	75000	90000	100000	110000	110000	110000
10	10.53	85000	70000	85000	90000	95000	100000	100000	100000
15	15.76	37000	33000	35000	38000	39000	39500	39500	39500
15	15.22	35000	30000	31000	35000	39000	38000	38000	38000
15	15.37	40000	35000	36000	38000	37000	41000	41000	41000
15	15.17	55000	50000	48000	47000	48000	50000	50000	50000
15	15.39	45000	40000	35000	40000	44000	46000	46000	46000
20	20.16	28000	24000	27000	26000	28500	29000	29000	29000
20	20.23	27000	26000	26000	28000	27000	28000	28000	28000
20	20.18	26000	25000	28000	29000	28000	30000	30000	30000
20	20.25	24000	28000	26000	27500	30000	32000	32000	32000
20	20.05	25000	24000	28000	30000	29000	31000	31000	31000
30	30.58	16500	18000	19000	20000	21000	22000	22000	22000
30	30.07	16000	20000	16000	25000	23000	24000	24000	24000
30	30.28	18000	19000	15000	17000	19000	21000	21000	21000
30	30.35	20000	17000	21000	22000	20000	23000	23000	23000
30	30.3	19000	20000	24000	23000	22000	25000	25000	25000
40	40.15	15000	14000	15000	16000	14000	16000	16000	16000
40	40.73	16000	14000	15000	12000	13000	14000	14000	14000
40	40.32	10000	9500	9000	11000	16000	18000	18000	18000
40	40.47	9500	9000	13500	12500	15000	17000	17000	17000
40	40.54	14000	17000	15000	16500	16000	15000	15000	15000



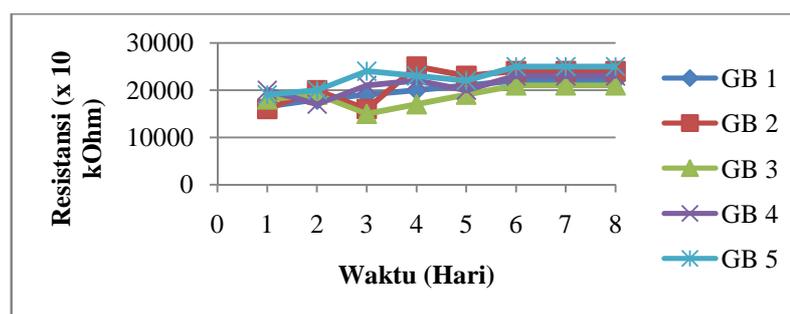
Gambar 5. Pembacaan Resistansi Kadar Air Tanah 10



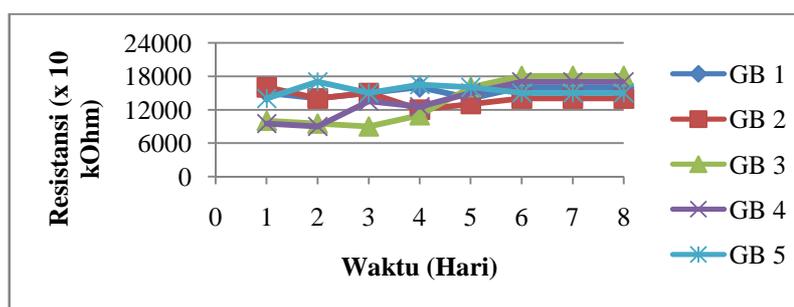
Gambar 6. Pembacaan Resistansi Kadar Air Tanah 15 %



Gambar 7. Pembacaan Resistansi Kadar Air Tanah 20 %

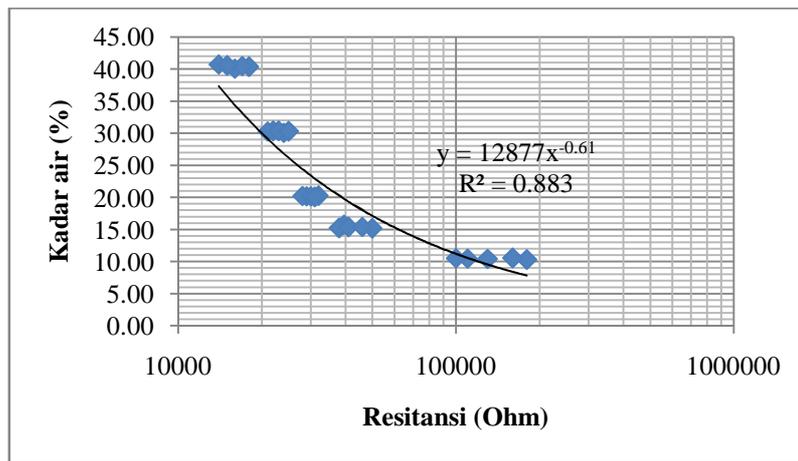


Gambar 8. Pembacaan Resistansi Kadar Air Tanah 30 %



Gambar 9. Pembacaan Resistansi Kadar Air Tanah 40 %

Setelah mendapatkan nilai resistansi yang sudah konstan, maka nilai tersebut dapat dimasukkan kedalam persamaan regresi pada program *Microsoft Excel*. Gambar 10 dan menunjukkan hubungan resistansi dan kadar air tanah menghasilkan persamaan kalibrasi *gypsumblock* yaitu $Y = 12877 x^{-0.612}$ dengan nilai $r^2 = 0,883$ atau $r = 0,9396$.



Gambar 10. Hubungan Resistansi dan Kadar Air Tanah

Pengujian Gypsum Block di Lapangan untuk Mendapatkan Resistansi

Gypsum block dipasang pada lokasi pengambilan sampel tanah. Setelah dipasang *gypsum block* diukur resistansi. Pengukuran resistansi *gypsum block* dilakukan setiap hari sampai *gypsum block* menghasilkan nilai resistansi konstan atau tidak mengalami perubahan. Pembacaan resistansi di lapangan tersebut dapat ditampilkan pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Pembacaan Resistansi *Gypsum Block* di Lapangan

Kedalaman (m)	NO.GB	Waktu (Hari)											
		1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	
0,50	1.1	10	9.5	9	7.5	7	6.5	6	5.2	3	3	3	
	1.2	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.4	4.3	3.5	3.5	3.5	
	1.3	11	8.5	7	6	5.5	5.2	5.1	5	4.1	4.1	4.1	
	1.4	19	13	12	7	6	5.5	5	4.5	4	4	4	
	1.5	9	8.5	8.4	8.1	7	6.5	6.1	5	3.6	3.6	3.6	
	1.6	12	10.5	9	7.2	7	6	5.5	4	3.2	3.2	3.2	
	1.7	13	10	9.5	7.5	7.2	7	6.6	3.5	3	3	3	
1,00	2.1	55	50	45	42	40	39	38	30	28	28	28	
	2.2	46	45	44	41	38	35	34	33	28.5	28.5	28.5	
	2.3	55	50	46	44	40	35	30	30	27	27	27	
	2.4	60	58	56	53	48	40	35	33	25	25	25	
	2.5	70	65	60	54	53	52	40	35	21.5	21.5	21.5	
	2.6	80	60	55	48	35	33	32	28	22	22	22	
1,50	3.1	40	39	35	31	30	29	25	21	15	15	15	
	3.2	46	45	40	32	31	30	29.5	22	16	16	16	
	3.3	35	33	30	28	27.5	27	26.5	24	14	14	14	
	3.4	43	38	37	31	29	28	25	19	14.5	14.5	14.5	
	3.5	48	47	46	44	43	35	29	20	16.5	16.5	16.5	
	3.6	41	40	35	29	27	26.5	25	18	14	14	14	
2,00	4.1	36	35	33	29	28	25	20	14	13.5	13.5	13.5	
	4.2	30	29	26	23	21	20	18	17	13	13	13	
	4.3	21	20	19.5	18	17	16	15.5	13	12	12	12	
	4.4	25	24	23	20	19	17	16	15.5	13	13	13	
	4.5	26	25	24	22	20	19	18	14	12.5	12.5	12.5	
	4.6	20	19.5	19	17	16.5	16	15	13	12	12	12	

Tabel 3 menunjukkan *gypsum block* menghasilkan nilai resistansi atau tahanan mencapai keadaan konstan di lapangan yaitu selama 12 hari. Perhitungan kadar air tersebut dapat dilakukan dengan mensubstitusikan nilai resistansi yang sudah konstan di lapangan kedalam persamaan tersebut. Perhitungan *gypsum block* no 1 menggunakan persamaan kalibrasi dapat dilihat dibawah ini:

$$Y = 12877x^{-0.612} \tag{3}$$

di mana:

Y = Kadar air

x = Resistansi *gypsum block*

$$Y = 12877x^{-0,612}$$

$$Y = 12877 * (30000^{-0,612})$$

$$Y = 23,43$$

Perbandingan Kadar Air Tanah Metode Gypsum Block dan Metode Gravimetry

Tabel 4.5 Perbandingan Kadar Air Tanah Metode Gypsum Block dan Metode gravimetry

Kedalaman (m)	NO GB	Resistansi kOhm		Kadar air Gypsum block dan Gravimetry			
				Gypsum Block (%)	Gravimetry (%)	Selisih (%)	
0,50	1.1	3	10000	30000	23.43	22.35	1.08
	1.2	3.5	10000	35000	21.32	20.77	0.55
	1.3	4.1	10000	41000	19.35	18.37	0.99
	1.4	4	10000	40000	19.65	18.34	1.31
	1.5	3.6	10000	36000	20.96	20.47	0.49
	1.6	3.2	10000	32000	22.52	20.74	1.79
	1.7	3	10000	30000	23.43	22.22	1.21
1,00	2.1	28	1000	28000	24.44	23.14	1.31
	2.2	28.5	1000	28500	24.18	23.90	0.28
	2.3	27	1000	27000	24.99	24.25	0.74
	2.4	25	1000	25000	26.20	25.14	1.06
	2.5	21.5	1000	21500	28.73	27.44	1.29
	2.6	22	1000	22000	28.33	27.39	0.94
1,50	3.1	15	1000	15000	35.81	30.35	5.46
	3.2	16	1000	16000	34.43	30.12	4.31
	3.3	14	1000	14000	37.36	30.47	6.89
	3.4	14.5	1000	14500	36.56	31.54	5.03
	3.5	16.5	1000	16500	33.78	29.59	4.19
	3.6	14	1000	14000	37.36	31.42	5.94
2,00	4.1	13.5	1000	13500	38.20	33.26	4.94
	4.2	13	1000	13000	39.09	33.32	5.77
	4.3	12	1000	12000	41.05	34.28	6.78
	4.4	13	1000	13000	39.09	34.67	4.42
	4.5	12.5	1000	12500	40.04	34.13	5.91
	4.6	12	1000	12000	41.05	33.37	7.69

Pengujian kadar air dengan menggunakan *gypsum block* tidak langsung mendapatkan nilai kadar airnya, dikarenakan multimeter analog hanya menunjukkan nilai resistansi atau tahanan, untuk itu *gypsum block* sendiri harus dikalibrasi di laboratorium untuk mendapatkan persamaan kalibrasi. *Gypsum block* yang digunakan pada variasi kadar air 10% menghasilkan resistansi atau tahanan yang lebih besar, sedangkan pada variasi kadar air 15%, 20%, 30%, dan 40% menghasilkan resistansi yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan prinsip kerja *gypsum block* adalah dalam keadaan yang kering *gypsum block* akan menghasilkan resistansi lebih besar, sedangkan dalam keadaan yang basah *gypsum block* akan menghasilkan resistansi lebih kecil. Dalam penelitian ini *gypsum block* dipasang berdasarkan variasi kedalaman 0,50 m, 1,00 m, 1,50 m dan 2,00 m, dimana *gypsum block* ini bertujuan untuk menguji kadar air setiap kedalaman. Pengujian *gypsum block* di kedalaman 0,50 m menghasilkan nilai resistansi lebih besar, sedangkan untuk kedalaman 1,00 m, 1,50 m dan 2,00 m menghasilkan nilai resistansi lebih kecil. *Gypsum block* yang sudah dipasang di lapangan dapat ditinggalkan, ketika kita membutuhkan data kadar air tanah pada suatu saat, maka kita dapat langsung mengukur resistansi *gypsum block* tersebut dan menghubungkan ke dalam persamaan kalibrasi untuk segera mengetahui kadar air tanah di lokasi tersebut. Guna mengetahui perbedaan untuk selisih kadar air tanah metode *gypsum block* dan metode *gravimetry* maka sampel tanah yang berdekatan dengan *gypsum block* diambil untuk diuji kadar airnya dengan menggunakan metode *gravimetry* dimana metode ini digunakan sebagai pembandingan dengan metode *gypsum block*. Hasil pengujian resistansi *gypsum block* di lapangan menunjukkan bahwa pada kedalaman 0,50 m dan 1,00 m *gypsum block* dapat digunakan untuk menguji kadar air dikarenakan selisih tidak terlalu besar, berkisar dari 0,28 % – 1,79 %, sedangkan kedalaman 1,50 m dan 2,00 m tidak dapat digunakan dikarenakan mempunyai selisih yang besar berkisar 4,19 % – 7,69 %. Pada kedalaman 1,50 m dan 2,00 m mempunyai selisih yang besar dikarenakan proses pemasangan yang sulit yang dapat merusak *gypsum block*, serta kadar air tanah yang besar sehingga *gypsum block* tidak dapat bekerja dengan baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran kadar air tanah lempung dengan menggunakan metode *gravimetry* dan metode *gypsum block* berdasarkan variasi kedalaman memiliki pengaruh, dimana untuk pengujian pada kedalaman 0,50 m dan 1,00 m menggunakan metode *gypsum block* dapat digunakan, sedangkan untuk kedalaman 1,50 m dan 2,00 m menggunakan metode *gypsum block* tidak dapat digunakan. Pada kedalaman 1,50 m dan 2,00 m mempunyai selisih yang besar dikarenakan proses pemasangan yang sulit yang dapat merusak *gypsum block*, serta kadar air tanah yang besar sehingga *gypsum block* tidak dapat bekerja dengan baik dan dilihat dari prinsip kerja *gypsum block* yaitu semakin basah tanah maka semakin kecil resistansi sedangkan semakin kering tanah maka semakin besar resistansi yang dihasilkan. Dari hasil pengujian kadar air juga metode *gypsum block* memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan dengan metode *gravimetry* hal dikarenakan pengujian metode *gypsum block* langsung diuji airnya di lapangan.
2. Dari hasil pengujian dengan metode *gypsum block* dan metode *gravimetry* untuk kedalaman 0,50 dan 1,00 m memberikan selisih berkisar dari 0,28 % – 1,79 % sedangkan untuk kedalaman 1,50 m dan 2,00 m, selisihnya berkisar dari 4,19 % – 7,69 %.

SARAN

Pengujian dengan metode *gypsum block* masih memiliki beberapa kekurangan, sehingga penulis menyarankan:

1. Sebelum *gypsum block* digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu, dan menggunakan metode *gypsum block* ini juga harus menggunakan multimeter yang canggih, sehingga dalam waktu pembacaan dapat menghasilkan nilai resistansi atau tahanan yang tepat dan persamaan kalibrasi ini hanya digunakan untuk tanah lempung yang diambil pada saat pembuatan persamaan kalibrasi di laboratorium.
2. Pembuatan *gypsum block* harus dilakukan secara teliti, sehingga *gypsum block* yang dihasilkan dapat digunakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R. F. 1989. *Mekanika Tanah 1*. Terj. Zaki, Evita, dan Herold. Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1988. *Mekanika Tanah 1*. Terj Mochtar, N. E. dan Mochtar, B. I. Erlangga, Jakarta.
- Keyhani, A. 2001. *Development of Mini Gypsum Block for Soil Moisture Measurement and their Calibration to Compensate for Temperature*. J. Agric. Sci Technol. (2001) vol. 3 : 141 – 145.
- Nesnay, D. 2012. *Studi Penggunaan Gypsum Block Untuk Mengukur Kadar air Tanah Lempung*. Skripsi Program Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Ritonga, A. 1987. *Statistika Terapan Untuk Penelitian*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Sir, T. M. W. 2010. *Pengaruh Variasi Volume Contoh Terhadap Pengukuran Kadar Air Tanah dengan Menggunakan Gypsum Block*, Tesis, Program Studi Teknik Sipil, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada.
- Smith M. J. 1984. *Mekanika Tanah 1*. Terj. Madyayanti. E. Erlangga, Jakarta

Wikipedia (2015) a, Gypsum.<http://www.wikipedia.gypsum>. Diakses 17 Oktober 2013.

Wikipedia (2015) b, Multimeter. <http://www.wikipedia.multimeter>. Diakses 28 Mei 2015.

Skinner, A. 1997. *Resurrecting The Gypsum Block for Soil Moisture Measurement*. Measurement Engineering Australia, <http://www.sowacs.com.sensor.gypsum>. Diakses November 1997.