PENGARUH WAKTU DAN TEMPAT PENYIMPANAN TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIS TANAH PASIR

Rosmiyati A. Bella (qazebo@yahoo.com)
Dosen pada Jurusan Teknik Sipil FST Undana
Robertus H. Jati (jatiobi@gmail.com)
Penamat dari Jurusan Teknik Sipil FST Undana
Jusuf J. S. Pah (yuserpbdaniel@yahoo.co.id)
Dosen pada Jurusan Teknik Sipil FST Undana

ABSTRAK

Hasil analisis sifat teknis tanah berupa sifat fisik dan mekanisdi laboratorium merupakan gambaran keadaan sesungguhnya di lapangan. Pada kenyataannya penetapan parameter sifat fisik dan mekanis tanah sering tidak mewakili keadaan sesungguhnya.Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh waktu dan tempat penyimpanan terhadap sifat fisik dan mekanis. Analisa data dilakukan dengan membuat perhitungan berdasarkan hasil pengujian kadar air dan kuat geser. Pendekatan regresi linear digunakan pada analisis kadar air untuk mengetahui pola penurunan kadar air. Akibat lama waktu penyimpanan terhadap sifat fisik adalah terdapat dua pola penurunan kadar air. Pola 1 adalah penurunan kadar air secara signifikan pada *range* hari ke-0 sampai hari ke-6 dan pola 2 adalah penurunan kadar air secara landai pada hari ke-6 sampai hari ke-27. Penurunan kadar air yang terbesar terjadi pada sampel yang disimpan pada ruang bebas,yakni 6.03% pada sampel Tarus dan 9.29% pada sampel Namosain, sedangkan yang terkecil adalah sampel yang disimpan pada *box* sampel yakni 3.39% pada sampel Tarus dan 3.88% pada sampel Namosain. Persentase perubahan kekuatan geser yang terbesar dari hari ke-0 hingga hari ke-27 adalah 4.79% pada sampel Tarus dan 0.89% pada sampel Namosain.

Kata Kunci: Pengaruh; sifat fisik; sifat mekanis; signifikan; landai; regresi linear

ABSTRACT

The results of the technical nature soil analysis in the form of physical and mechanical properties of soil in the laboratory must be representative the real condition on the ground. In fact, the determination of the physical and mechanical properties parameter of the soil does not often representative the real situation. The goal is to determine the effect of time duration and storage toward the physical and mechanical properties of the sandy soil.The data analysis was done by making calculations based on the results of water content and shear strength testing. The use of linear regression approached in the analysis of water content is to determine the pattern of water content decreasing. The cause of storage duration on the physical properties, there are two patterns of water content decreasing. The first pattern is a significant of water content decreasing in the range on day 0 to 6th, and the second pattern is a ramp water content decreasing on day 6th to day 27th. The largest water content decreasing is occurred on free spaces, which 6.03% in Tarus and 9.29% in Namosain while the smallest decreasing is occurred in sample boxes, which 3.39% in Tarus and 3.88% in Namosain. The largest change percentage of shearing strength on day 0 to 27th is 4.79% in Tarus and 0.89% in Namosain.

Keywords: Effect; physical properties; mechanical properties; significant; ramp; linear regression

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penyelidikan tanah di lapangan dibutuhkan untuk memperoleh data perancangan fondasi bangunan, seperti: bangunan gedung, dinding penahan tanah, bendungan, jembatan, dermaga dan lain-lain. Penyelidikan tanah tersebut bertujuan untuk memperoleh sifat-sifat teknis tanah berupa sifat fisik, seperti: warna, tekstur, struktur, angka pori, kadar air, berat volume, berat spesifik, analisis hidrometer, analisa saringan, batas-batas *Atterberg* dan sifat mekanis seperti: CBR(*CaliforniaBearingRatio*), standar Proctor, geser langsung, tekan bebas, konsolidasi dan permeabilitas.

Secara prinsip, hasil analisis sifat fisik dan mekanis tanah di laboratorium harus dapat menggambarkan keadaan sesungguhnya sifat fisik dan mekanis tanah di lapangan (Suganda et al., 2006).Namun, pada kenyataannyapenetapan parameter sifat fisik dan mekanis tanah sering tidak mewakili keadaan sebenarnya di lapangan karena masalah waktu dan tempat penyimpanan sampel. Misalnya, di daerah Nusa Tenggara Timur yang mempunyai jumlah laboratorium pengujian tanah yang terbatas sehingga proses pengujian membutuhkan waktu beberapa hari untuk mentransportasikan sampel dari lokasi pengambilan menuju laboratorium. Selain itu, ketika sampel belum diuji, sampel sering dibiarkan begitu saja di dalam kantung plastik atau tabung sampel.Hal tersebut akan mempengaruhi penetapansifat fisik dan mekanis tanah yang dilakukan pada sampel yang bergradasi kasar dan bersifat *non cohesive* seperti tanah pasir yang mempunyai pori lebih renggang dibandingkan dengan lempung dan lanau. Akibat penundaan waktu pengujian sampel dan perlakuan penyimpanan yang seadanya terhadap sampel akan mengakibatkan perubahan parameter sifat fisik dan mekanis tanah. Hal ini perlu diteliti karena dampaknya akan berpengaruh pada hal-hal perencanaan yang analisisnya membutuhkan data sifat fisik dan mekanis tanah.

MATERI

Pengertian Tanah

Menurut Smith (1984) 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.

Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah yang dipakai untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai dalam rekayasa teknik sipil, yaitu sistem klasifikasi AASHTO (*AmericanAssociationOfHighwayandTransportationOfficial*) dan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Clasification System)* atau sering disebut dengan sistem klasifikasi *Unified*.

Tanah Pasir

Berdasarkan ukuran butirannya tanah pasir mempunyai ukuran yang berbeda sesuai dengan standar yang digunakan. Berdasarkan standar AASHTO, jenis tanah yang digolongkan pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm) sedangkan menurut standar USCS jenis tanah yang digolongkan pasir adalah tanah di mana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200 (0.075 mm).Pasir merupakan jenis tanah *noncohesive*, yang mana mempunyai sifat lepas (*loose*) antara butiran-butirannya.

Kekuatan Geser Tanah Pasir

Kekuatan geser suatu massa tanah adalah perlawanan internal tanah per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah. Bila suatu titik pada sembarang bidang dari suatu massa tanah memiliki tegangan geser yang sama dengan kekuatan gesernya, maka keruntuhan akan terjadi pada titik tersebut (Craig, 1989).

Parameter-parameter kekuatan geser tanah berupa sudut geser dalam (φ) dan kohesi (c) dapat ditentukan dari hasil uji triaksial dalam kondisi terdrainasi dan uji geser langsung.

Tanah granular seperti pasir tidak mempunyai nilai kohesi (c=0) atau mempunyai kohesi namun sangat kecil sehingga sering diabaikan (Hardiyatmo, 2002), sedangkan nilai φ (sudut geser dalam)bervariasi seperti pada Tabel 3. Pada Tabel 3 di bawah adalah besar sudut geser dalam pada kondisi *drained* untuk pasir dan lanau secara umum.

Tabel 3. Besar Sudut Geser Dalam (φ) Yang Umum Pada Kondisi Drained Untuk Pasir dan Lanau

Tipe tanah	Φ^0
Pasir: butiran bulat	
Renggang/lepas	27 - 30
Menengah	35 - 40
Padat	35 - 38
Pasir: butiran bersudut	
Renggang/lepas	30 - 35
Menengah	35 - 40
Padat	40 - 45
Kerikil bercampur pasir	34 - 48
Lanau	26 - 35

Penyimpanan Sampel

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh sebuah laboratorium Mekanika Tanah yang berkaitan dengan penanganan sampel selama di laboratorium dan syarat laboratorium yang layak disebutkan oleh peraturan AASHTO dalam buku pedoman Kimpraswil (2002), antara lain:

1. Laboratorium harus terletak pada lantai dasar atau ruangan bawah tanah yang memiliki lantai keras/kaku yang bebas dari getaran akibat mesin atau lalu lintas.
2. Laboratorium harus dilengkapi dengan peralalatan uji tanah yang terbaru yang sesuai untuk melakukan pengujian-pengujian untuk pengklasifikasian dan mengetahui sifat-sifat material yang dibutuhkan.
3. Ruangan untuk kegiatan-kegiatan yang menghasilkan debu harus dipisahkan dari ruangan pengujian lain, seperti uji analisa saringan.
4. Jika memungkinkan, temperatur untuk seluruh laboratorium harus dapat dikontrol, jika ruangan yang suhunya dapat dikontrol terbatas, maka ruangan ini hanya dipakai untuk uji konsolidasi, triaksial dan permeabilitas.
5. Menyediakan sebuah ruangan yang lembab dan cukup luas untuk menyimpan sampel-sampel tak terganggu dan untuk mempersiapkan contoh sampel pengujian.
6. Pengawasan reguler dan kalibrasi peralatan pengujian harus selalu dilakukan untuk menjamin keakuratan dari hasil yang didapat.

Pengujian Sifat Fisik Tanah

Sifat fisiktanah yang dibahas adalah analisa saringan dan uji kadar air.

Analisa saringan

Analisa saringan adalah metode yang dipakai untuk menentukan penyebaran (distribusi) butiran tanah yang mempunyai ukuran lebih besar dari 0.075 mm (ayakan No. 200 *American Standard For Testing and Materials*, ASTM). Sedangkan untuk menentukan penyebaran butiran tanah yang mempunyai ukuran lebih kecil dari 0.075 mm dipakai analisa Hydrometer.Hasil analisis saringan ditampilkan dalam bentuk kurva distribusi ukuran butiran. Berdasarkan kurva tersebut dapat ditentukan dua (2) parameter dasar yang selanjutnya digunakan untuk mengklasifikasikan tanah berbutir kasar, yaitu:

a. Koefisien keseragaman

$$Cu=\frac{D60}{D10} \quad (3)$$

Dimana:

Cu =koefisien keseragaman.

D10 =diameter yang bersesuaian dengan 10 % lolos ayakan.

D60 =diameter yang bersesuaian dengan 60 % lolos ayakan.

b. Koefisien gradasi

$$Cc=\frac{D30^2}{D60\times D10} \quad (4)$$

Dimana:

Cc = koefisien gradasi.

D30 =diameter yang bersesuaian dengan 30 % lolos ayakan.

Tanah bergradasi baik akan mempunyai nilai koefisien keseragaman lebih besar dari 4 untuk kerikil dan 6 untuk pasir, dan koefisien gradasi antara 1 dan 3 untuk kerikil dan pasir. Untuk hasil pengklasifikasi yang lebih terperinci terdapat pada Tabel klasifikasi sistem*Unified.*

Uji Kadar Air

Besarnya kandungan air yang terdapat di dalam suatu contoh tanah disebut kadar air (*moisturecontent* atau *watercontent*) dengan notasi W. Kadar air didefinisikan sebagai perbandingan antar berat air (W_w) dengan berat butiran (W_s) dalam tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen (Budi, 2011). Rumus untuk menghitung kadar air adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{Ww}{Ws} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana:

W = kadar air(%)

W_s=berat butiran (gr)

W_w= berat air (gr)

Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Sifat mekanis tanah yang diuji pada penelitian ini adalah uji kuat geser tanah. Keruntuhansuatu titik pada bidang tertentu terjadi apabila massa tanah pada titik bidang tersebut memberikan tegangan geser yang sama dengan kekuatan geser yang dimilikinya (Craig, 1989). Kekuatan geser tanah suatu titik pada bidang tertentu dikemukakan oleh Coloumb sebagai suatu fungsi linear terhadap tegangan normal pada bidang tersebut pada titik yang sama. Nilai kekuatan geser

tanah berdasarkan konsep Coloumb dipengaruhi oleh 2 parameter yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) (Craig, 1989), konsep tersebut dirumuskan dalam bentuk persamaan berikut:

$$\tau = c + \sigma' \tan \phi \quad (6)$$

Dimana :

τ = kekuatan geser tanah maksimum (kg/cm^2)

c = kohesi (kg/cm^2)

σ' = tegangan efektif (kg/cm^2)

ϕ = sudut geser dalam(^{0})

Hubungan pada persamaan 6 di atas disebut sebagai kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primermerupakan data hasil pengukuran dan pengujian seperti: kedalaman pengambilan sampel, kadar air lapangan, kadar air laboratorium, suhu ruangan, kelembaban, waktu pengujian, analisa saringan dan kuat geser tanah pasir. Data sekunder merupakan datayang diperoleh dari literatur-literatur, peraturan-peraturan serta dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Data yang telah diperoleh dari hasil penelitian kemudian dianalisis sesuai dengan pendekatan yang telah dikemukakan dalam tinjauan pustaka pada babII. Selanjutnya untuk analisis kadar air, penentuan pengaruh waktu dan penyimpanan terhadap sampel menggunakan regresi linear pada program *MicrosoftOfficeExcel2010*. Langkah-langkah yang dilakukan adalah:

1. Data hasil pengujian kadar air dipisahkan menurut tempat penyimpanannya masing-masing.
2. Membuat grafik berdasarkan hasil pengujian kadar air. Berdasarkan grafik dapat dilihat *range* hari yang terjadi kecendrungan penurunan kadar air secara signifikan lalu kemudian landai.
3. Berdasarkan grafik lalu dibuat persamaan regresilinear pada penurunan kadar air yang signifikan dan pada penurunan kadar air yang landai, kemudian ditampilkan *trendline* pada grafik berdasarkan persamaan regresi linearnya. Penurunan kadar air secara signifikan selanjutnya disebut penurunan pola 1 dan penurunan secara landai disebut penurunan pola 2.
4. Menampilkan persamaan penurunan kadar air dan nilai koefisien determinasi (R^2).
5. Mengeliminasi persamaan linear pada penurunan pola 1 dengan persamaan linear pada penurunan pola 2.
6. Berdasarkan hasil eliminasi persamaan pada pola 1 dan pola 2 maka akan diperoleh nilai x yang merupakan perpotongan garis *trendline* antara kondisi penurunan pola 1 dengan penurunan pola 2. Nilai x adalah t(hari) saat terjadi perubahan penurunan pola 1pola 2.
7. Untuk masing-masingtempat penyimpanan dan masing-masing posisi pengambilan dibuat cara *trialanderror* seperti langkah 3, 4, 5 dan 6 pada *range* hari ke-0 sampai hari ke-3, 4, 5 dan 6.
8. Berdasarkan langkah 7 kemudian dihitung selisih antara nilai x dengan t(hari) percobaan 3, 4, 5 dan 6.
9. Selisih nilai terkecil antara nilai x dengan t=3, 4, 5 dan 6 (hari)adalah waktu t(hari) perubahan dari kondisi penurunan pola 1 ke penurunan pola 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat Fisik Dan Sifat Mekanis

Pengujian laboratorium yang dilaksanakan terdiri atas: 1.) Uji analisa saringan, 2.) Uji kadar air dan 3.) Uji geser langsung.

Pada pelaksanaan penelitian, sampel yang berasal dari Namosain tiba di laboratorium pada pukul 11.00 dan sampel yang berasal dari Tarus tiba di laboratorium pada pukul 13.00. Pengujian kadar air dan uji geser langsung pada hari ke-0 dilakukan pada saat sampel tiba di laboratorium dan pengujian kadar air pada hari ke 1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 20 dan 27 dilakukan pada jam 08.00. Selisih waktu antara pengujian kadar air hari ke 0 dan hari ke 1 tidak tepat 24 jam (1 hari), tetapi selisih pada sampel Tarus 19 jam dan sampel Namosain 21 jam. Selisih waktu tersebut menyebabkan perhitungan hari ke-1 menjadi sebagai berikut: untuk sampel Namosain dihitung 0.88 hari dan sampel Tarus dihitung 0.79 hari.

Analisa Saringan

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan, maka jenis tanah dari lokasi Tarus dan Namosain diklasifikasikan sebagai berikut:

Klasifikasi sistem *Unified*

1. Sampel lokasi Tarus mempunyai Simbol kelompok: SW (*Sand*=pasir, *Wellgraded*= tanah dengan gradasi baik).
2. Sampel lokasi Namosain mempunyai Simbol kelompok: SP (*Sand*=pasir, *Poorlygraded*= tanah dengan gradasi buruk).

Klasifikasi sistem ASSHTO

1. Sampel lokasi Tarus diklasifikasikan sebagai A-1-b(0) atau A-1-b.
2. Sampel lokasi Namosain diklasifikasikan sebagai A-3(0) atau A-3.

Uji Kadar Air

Perlakuan perhitungan kadar air dibedakan ke dalam 3 ruang yang berbeda, yakni ruang AC, ruang bebas dan *box* sampel. Untuk pembahasan selanjutnya, kedalaman dan posisi pengambilan sampel menggunakan simbol sebagai berikut:

1. Untuk sampel dari Tarus
   Tanah dari kedalalaman 1 m pada lubang pertama diberi simbol T-1, kedalaman 1.5 m pada lubang pertama diberi simbol T-1.5 dan kedalaman 1 m pada jarak 2 m dari lubang pertama diberi simbol T-2.
2. Untuk sampel dari Namosain
   Tanah dari kedalalaman 1 m pada lubang pertama diberi simbol N-1, kedalaman 1.5 m pada lubang pertama diberi simbol N-1.5 dan kedalaman 1 m pada jarak 2 m dari lubang pertama diberi simbol N-2.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kadar Air (%) Sampel Tarus

Lama Penyimpanan	T-1			T-1.5			T-2		
t (hari)	Ruang AC	Ruang Bebas	Box	Ruang AC	Ruang Bebas	Box	Ruang AC	Ruang Bebas	Box
0.00	11.38	11.38	11.38	12.49	12.49	12.49	10.97	10.97	10.97
0.79	10.80	10.71	11.23	11.97	12.05	12.22	10.69	10.56	10.76
1.79	10.16	9.82	10.93	11.85	11.47	12.11	10.33	10.13	10.46
2.79	9.74	8.96	10.35	11.51	11.13	11.79	9.85	9.83	10.24
3.79	9.65	8.05	9.92	11.34	10.90	11.46	9.59	9.54	9.90
4.79	9.61	7.54	9.57	11.11	10.46	11.13	9.38	9.30	9.72
5.79	9.18	7.13	9.28	10.86	10.00	11.06	9.01	8.79	9.61
12.79	8.78	6.74	8.92	10.16	8.59	10.47	8.31	7.15	8.97
19.79	7.78	6.18	8.46	8.98	7.25	9.52	7.27	5.91	8.11
26.79	7.33	5.70	7.99	8.32	6.45	9.09	6.47	5.25	7.57

Tabel 5. Hasil Pengujian Kadar Air (%) Sampel Namosain

Lama Penyimpanan t (hari)	N-1			N-1.5			N-2		
	Ruang AC	Ruang Bebas	Box	Ruang AC	Ruang Bebas	Box	Ruang AC	Ruang Bebas	Box
0.00	19.86	19.86	19.86	24.65	24.65	24.65	20.56	20.56	20.56
0.88	19.31	18.79	19.64	24.38	23.24	24.34	20.29	20.11	20.48
1.88	18.56	17.97	19.06	23.75	22.85	24.02	19.97	19.74	20.04
2.88	17.95	16.95	18.74	23.24	21.94	23.93	19.67	19.02	19.60
3.88	17.42	16.08	18.26	23.03	20.43	23.72	19.27	18.62	19.40
4.88	17.18	15.83	18.04	22.78	19.85	23.35	18.74	17.41	19.07
5.88	16.98	15.21	17.82	22.20	19.12	23.10	18.73	16.24	18.96
12.88	16.14	14.17	17.22	20.77	18.03	22.14	17.34	14.88	18.01
19.88	15.24	12.63	16.51	19.51	16.68	21.20	16.04	13.22	17.03
26.88	14.82	11.23	15.98	18.92	15.36	20.74	15.31	12.15	16.30

Uji Geser Langsung

Pada pengujian ini parameter yang ingin diketahui adalah sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c).Sampel yang digunakan untuk pengujian adalah sampel dengan kedalaman 1 m yang disimpan pada ruang AC, ruang bebas dan *box* sampel.Hasil uji geser langsung yang berupa parameter ϕ dan c ditampilkan pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Parameter φ dan c Untuk Sampel Tarus

Lama waktu penyimpanan t (hari)	Nilai parameter c dan Φ berdasarkan tempat penyimpanan					
	Ruang AC		Ruang bebas		*Box* sampel	
	c(kg/cm^2)	Φ^0	c(kg/cm^2)	Φ^0	c(kg/cm^2)	Φ^0
0	0.278	42.74	0.278	42.74	0.278	42.74
0.79	0.278	42.74	0.278	42.74	0.278	42.74
1.79	0.278	42.74	0.282	43.26	0.278	42.74
2.79	0.282	43.26	0.282	43.26	0.278	42.74
3.79	0.282	43.26	0.286	43.41	0.282	43.26
4.79	0.282	43.26	0.290	43.59	0.282	43.26
5.79	0.282	43.26	0.290	43.59	0.282	43.26
12.79	0.286	43.41	0.297	43.92	0.286	43.41
19.79	0.290	43.59	0.297	43.92	0.286	43.41
26.79	0.290	43.59	0.301	44.07	0.286	43.41

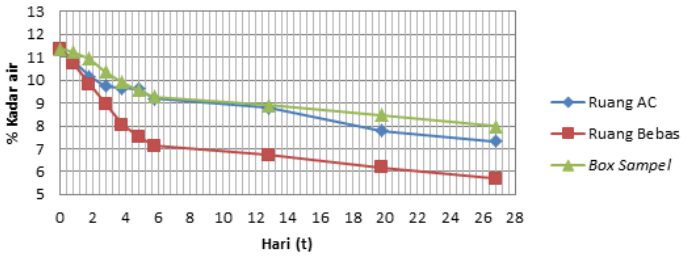
Tabel 7. Parameter φ dan c Untuk Sampel Namosain

Lama waktu penyimpanan t (hari)	Nilai parameter c dan Φ berdasarkan tempat penyimpanan					
	Ruang AC		Ruang bebas		*Box* sampel	
	c(kg/cm^2)	Φ^0	c(kg/cm^2)	Φ^0	c(kg/cm^2)	Φ^0
0	0.163	38.20	0.163	38.20	0.163	38.20
0.88	0.163	38.20	0.163	38.20	0.163	38.20
1.88	0.163	38.20	0.163	38.20	0.163	38.20
2.88	0.163	38.20	0.163	38.20	0.163	38.20
3.88	0.163	38.20	0.167	38.41	0.163	38.20
4.88	0.163	38.20	0.167	38.41	0.163	38.20
5.88	0.163	38.20	0.167	38.41	0.163	38.20
12.88	0.163	38.20	0.174	38.41	0.163	38.20
19.88	0.167	38.41	0.174	38.41	0.163	38.20
26.88	0.167	38.41	0.174	38.41	0.163	38.20

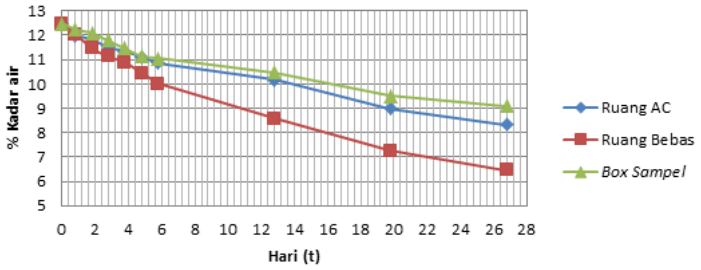
Pembahasan

Pengaruh Waktu dan Tempat Penyimpanan Terhadap Kadar Air Tanah Pasir

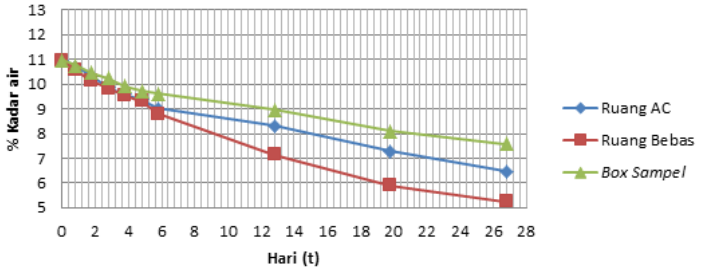
Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang ditampilkan pada Tabel 4 dan 5,dibuatlah Grafik untuk mengamati perubahan kadar air saat hari pertama sampel disimpan di laboratorium hingga hari terakhir pada hari ke-27. Grafik tersebut ditunjukan dalam Gambar 4 dan 5.



(a)

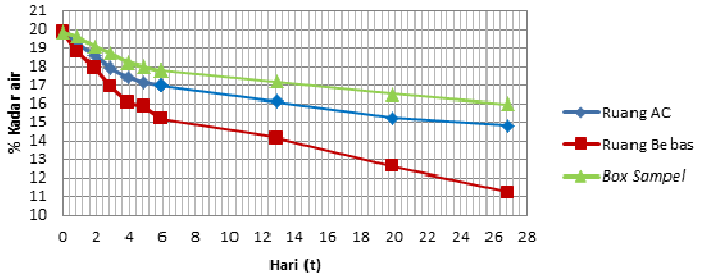


(b)

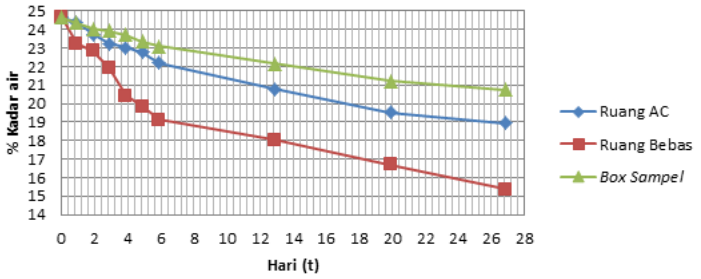


(c)

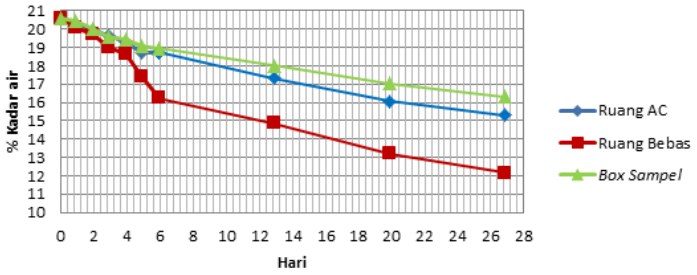
Gambar 4. Grafik Perubahan Kadar Air PadaSampel Tarus (a)T-1, (b)T-1.5 dan (c)T-2



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Grafik Perubahan Kadar Air Pada Sampel Tarus (a)T-1, (b)T-1.5 dan (c)T-2

Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang ditampilkan pada Tabel 4 dan 5 serta Grafik 4 dan 5, maka dapatlah dilihat bahwa terjadi penurunan kadar air selamasampel disimpan di laboratorium. Penurunan kadar air disebabkan karena terjadinya penguapan air pada sampel. Terjadinya penguapan pada sampel dapat dilihat dengan kelembaban atau persentase uap air di udara pada tempat penyimpanan sampel yang diukur dengan higrometer.Tabel 8 berikut ini menyajikan hasil pengukuran suhu dan kelembaban pada tempat penyimpanan sampel.

Tabel 8. Suhu dan Kelembaban Berdasarkan Tempat Penyimpanan Namosain

Lama waktu penyimpanan t (hari)	Suhu dan kelembaban berdasarkan tempat penyimpanan					
	Ruang AC		Ruang bebas		*Box* sampel	
	suhu ^{0}C	kelembaban (%)	suhu ^{0}C	kelembaban (%)	suhu ^{0}C	kelembaban (%)
0	28	71	29.8	65	30.6	82
1	28.1	72	29.8	65	30.6	82
2	28	70	29.7	67	30.81	81
3	28	72	29.5	66	30.5	80
4	27.9	75	29.7	68	30.7	81
5	27.8	74	30	70	30.3	81
6	27.9	74	29.7	69	30.5	81
13	28.2	75	28.8	64	30.2	84
20	28.1	74	29.7	68	30.4	85
27	27.8	75	28.7	64	30	81

Berdasarkan hasil pengukuran suhu dan kelembaban yang ditampilkan pada Tabel 8 dapatlah dilihat bahwa pada *box* sampel mempunyai kelembaban yang terbesar dan yang terkecil pada ruang bebas. Penurunan kadar air yang terkecil sesuai dengan hasil pengujian kadar air yang ditampilkan pada Tabel 4 dan 5 adalah pada *box* sampel dan penurunan kadar air yang terbesar adalah ada ruang bebas, sehingga jumlah kadar airyang lebih banyak adalah pada *box* sampel dan jumlah kadar air yang sedikit pada ruang bebas. Kelembaban udara didasarkan atas prinsip kesetaraan potensi air antara udara dengan larutan atau dengan bahan padat tertentu (Karim, 2010). Hubungan antara hasil pengujian kadar air yang ditampilkan pada Tabel 4 dan 5 dengan hasil pengukuran suhu dan kelembaban pada Tabel 8 sesuai dengan teori yaitu semakin tinggi kandungan air maka nilai kelembaban pada tanah juga tinggi (Pasaribu, 2011).

Berdasarkan Grafik 4 dan 5, dapatlah dilihat bahwa terjadi pola penurunan kadar air yang berbeda. Untuk menentukan tingkat penurunan kadar air yang terjadi pada sampel Tarus dan Namosain, dibuatlah regresi linear terhadap data-data pada Grafik 4 dan 5. Berdasarkan hasil regresi tersebut terjadi penurunan yang signifikan antara hari ke-0 sampai hari ke-6 kemudian penurunan selanjutnya landai sampai hari ke-27. Penurunan kadar air yang signifikan dan landai pada pembahasan selanjutnya disebut pola 1 dan pola 2.

Hasil perhitungan berdasarkan analisa data menggunakan analisis regresi linear untuk menentukan t (hari) terjadinya perubahan penurunan kadar air secara signifikan ke kondisi landau akan ditampilkan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil Perhitungan t(hari) Terjadinya Perubahan Dari Pola 1 Ke Pola 2

Lokasi	Posisi Pengambilan sampel	Nilai x (hari) hasil eliminasi persaman dengan selisih terkecil terhadap t (hari percobaan)			Hari (t) terjadi perubahan dari kondisi signifikan ke kondisi landai			Persamaan regresi linear									Nilai koefisien determinasi (R^2)					
								Ruang AC		Ruang bebas		Box sampel		Ruang AC		Ruang bebas		Box sampel				
		Ruang AC	Ruang bebas	Box sampel	Ruang AC	Ruang bebas	Box sampel	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Tarus	T-1	2.684	4.801	5.494	2.79	4.79	5.79	y = -0.593x+11.32	y = -0.103x+9.99	y = -0.826x+11.33	y = -0.077x+7.74	y = -0.388x+11.48	y = -0.062x+9.67	0.987	0.980	0.995	0.974	0.988	0.996
	T-1.5	4.714	6.345	5	4.79	5.79	4.79	y = -0.267x+12.33	y = -0.128x+11.67	y = -0.410x+12.37	y = -0.171x+10.86	y = -0.278x+12.51	y = -0.097x+11.61	0.956	0.991	0.987	0.985	0.986	0.986
	T-2	4.843	3.774	4.611	4.79	2.79	4.79	y = -0.345x+10.94	y = -0.129x+9.89	y = -0.409x+10.92	y = -0.197x+10.13	y = -0.265x+10.96	y = -0.106x+10.32	0.986	0.993	0.988	0.971	0.996	0.985
Namosain	N-1	4.049	4.592	4.817	3.88	4.88	4.88	y = -0.639x+19.84	y = -0.114x+17.71	y = -0.849x+19.62	y = -0.201x+16.64	y = -0.394x+19.89	y = -0.093x+18.42	0.996	0.981	0.976	0.993	0.987	0.995
	N-1.5	4.549	5.566	6.815	3.88	5.88	5.88	y = -0.448x+24.66	y = -0.182x+23.46	y = -0.932x+24.42	y = -0.180x+20.25	y = -0.25x+24.58	y = -0.115x+23.67	0.977	0.966	0.982	0.988	0.985	0.978
	N-2	5.941	6.85	4.847	5.88	5.88	4.88	y = -0.336x+20.58	y = -0.165x+19.56	y = -0.706x+20.86	y = -0.199x+17.38	y = -0.324x+20.64	y = -0.129x+19.69	0.981	0.983	0.954	0.994	0.982	0.997

Sumber: Hasil Analisis, 2014.

Keterangan :

a = Kondisi penurunan secara signifikan

b = Kondisi penurunan secara landai.

Pengaruh Waktu Penyimpanan Terhadap Kadar Air Tanah Pasir

Pada Grafik 4 dan 5 dapat dilihat bahwa akibatwaktu penyimpanan selama hari ke-0 hingga hari ke-27 terjadi penurunan kadar air pada sampel yang berasal dari lokasi Tarus dan Namosain.

Bentuk umum persamaan regresi linear adalah y = -ax + b. Nilai y menunjukan jumlah kadar air pada hari ke-x. Tanda (-) menunjukan pada grafik perubahan kadar air bergerak turun ke kanan bawah yang menandakan kadar air sampel berkurang. Nilai a adalah konstanta yang dibentuk oleh kemiringan garis regresi sebagai fungsi tangen dari kemiringan garis tersebut.

Sesuai dengan pendekatan regresi linear yang telah dibuat pada Grafik 4 dan 5 yaitu pada Tabel 9, maka pola penurunan kadar air terhadap waktu terdiri dari dua pola yaitu pola pertama, penurunan secara signifikan dan pola kedua penurunan secara landai. Masing-masing pola membentuk suatu persamaan penurunan yang berbeda dengan nilai a untuk pola penurunan yang signifikan lebih besar daripada nilai a pada pola penurunan secara landai. Hal tersebut

menandakan bahwa penurunan kadar air yang terbesar terjadi pada pola penurunan secara signifikan dan penurunan kadar air mulai sedikit pada pola penurunan secara landai. Nilai tangen a menyatakan besarnya sudut kemiringan yang dibentuk, sehingga penurunan kadar air untuk hari ke-0 sampai hari ke-6 mempunyai sudut kemiringan yang besar, sedangkan pada hari ke-6 sampai hari ke-27 penurunan kadar air mempunyai sudut kemiringan yang lebih kecil. Pada sampel yang berasal dari Tarus nilai a pada pola penurunan 1 mempunyai nilai terkecil a = 0.265 (*box* sampel) dan terbesar a = 0.826 (ruang bebas), pola penurunan 2 mempunyai nilai terkecil a = 0.062 (*box* sampel) dan terbesar a = 0.197 (ruang bebas). Pada sampel yang berasal dari Namosain nilai a pada pola penurunan 1 mempunyai nilai terkecil a = 0.180 (*box* sampel) dan terbesar a = 0.932 (ruang bebas), pola penurunan 2 mempunyai nilai terkecil a = 0.093 (*box* sampel) dan terbesar a = 0.201 (ruang bebas).

Pengaruh Tempat Penyimpanan Terhadap Kadar Air Tanah Pasir

Dari Tabel hasil pengujian kadar air yang ditampilkan pada Tabel 4 dan 5 dapatlah dilihat bahwa kadar air sampel setelah dipisahkan pada ruang AC, ruang bebas dan *box* sampel mengalami penurunan yang berbeda pada hari ke-27.

Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang ditampilkan pada Tabel 4 dan 5, maka pada Tabel 10 dan 11 di bawah ini akan ditampilkan selisih penurunan kadar air di laboratorium pada hari ke-0 dengan hari ke-27 menurut tempat penyimpanannya.

Tabel 10. Penurunan Kadar Air Sampel Tarus

Lokasi	Tempat penyimpanan sampel	Posisi pengambilan sampel	Kadar air (%) hari ke-0 (a)	Kadar air (%) hari ke-26.79 (b)	Penurunan kadar air (%) a - b
Tarus	Ruang AC	T-1	11.38	7.33	4.06
		T-1.5	12.49	8.32	4.17
		T-2	10.97	6.47	4.50
	Ruang bebas	T-1	11.38	5.70	5.69
		T-1.5	12.49	6.45	6.03
		T-2	10.97	5.25	5.72
	Box sampel	T-1	11.38	7.99	3.40
		T-1.5	12.49	9.09	3.39
		T-2	10.97	7.57	3.40

Tabel 11.Penurunan Kadar Air Sampel Namosain

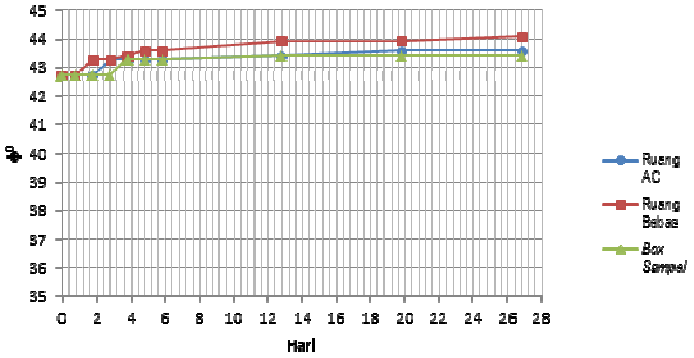
Lokasi	Tempat penyimpanan sampel	Posisi pengambilan sampel	Kadar air (%) hari ke-0 (a)	Kadar air (%) hari ke-26.88 (b)	Penurunan kadar air (%) a - b
Namosain	Ruang AC	N-1	19.86	14.82	5.04
		N-1.5	24.65	18.92	5.72
		N-2	20.56	15.31	5.25
	Ruang bebas	N-1	19.86	11.23	8.63
		N-1.5	24.65	15.36	9.29
		N-2	20.56	12.15	8.41
	Box sampel	N-1	19.86	15.98	3.88
		N-1.5	24.65	20.74	3.91
		N-2	20.56	16.30	4.26

Dari hasil perhitungan penurunan kadar air yang ditampilkan pada Tabel 10 dan 11 dapatlah dilihat bahwa penurunan kadar air terbesar dari semua sampel adalah pada sampel yang disimpan pada ruang bebas dan yang terkecil adalah sampel yang disimpan pada *box* sampel. Meskipun suhu pada ruang AC terkontrol, kadar air sampel tanah yang disimpan didalamnya mengalami

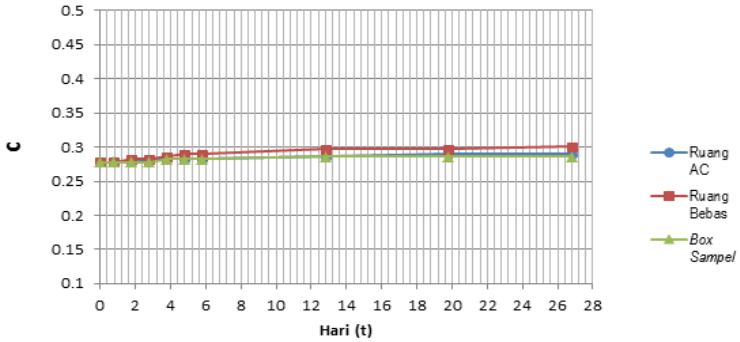
penurunan yang lebih banyak dari pada sampel tanah yang disimpan dalam *box* sampel sebagaimana yang ditunjukan pada Tabel 10 dan 11.

Pengaruh Waktu dan Tempat Penyimpanan Terhadap Parameter Uji Geser Langsung φ dan c

Berdasarkanhasil pengujian geser langsung yang ditampilkan pada Tabel 6 dan 7 dapatlah dilihat bahwa dari pengujian hari ke-0 sampai pada hari ke-27 terjadi perubahan nilai φ dan c. Bentuk perubahannya akan ditampilkan dalam bentuk Grafik 6 dan 7 berikut.

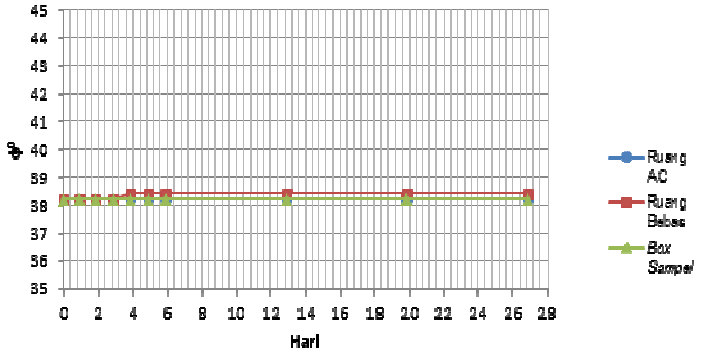


(a)

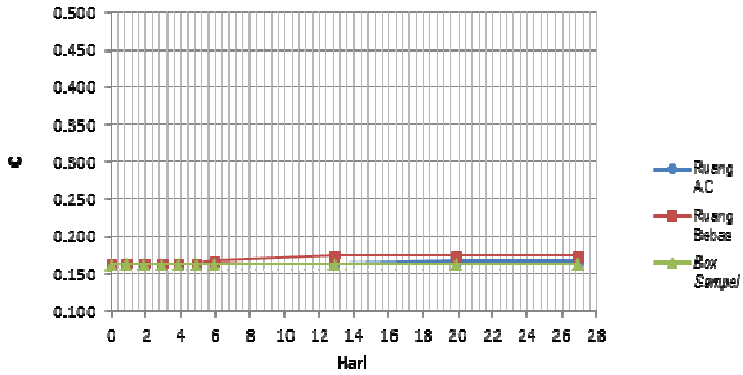


(b)

Gambar 6. Grafik Perubahan Nilai Sudut Geser Dalam (a) dan Kohesi (b) Sampel Tarus



(a)



(b)

Gambar 7. Grafik Perubahan Nilai Sudut Geser Dalam (a) dan Kohesi (b) sampel Namosain

Pengujian geser langsung dilakukan pada hari ke-0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 20 dan 27. Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang ditampilkan pada Tabel 4 dan 5, sampel tanah pasir mempunyai kadar air yang berkurang dari hari ke-0 hingga hari ke 27. Pada hasil pengujian uji geser langsung yang ditampilkan pada Tabel 6 dan 7 serta Grafik 6 dan 7 dapatlah dilihat bahwa pengaruh waktu dan tempat penyimpanan sampel menyebabkan peningkatan sudut geser(Φ) dan kohesi(c). Pada hari ke-0 sampel tanah pasir mempunyai kadar air yang lebih banyak sehingga ketika dipadatkan tidak mencapai kepadatan maksimal. Kadar air pada hari ke-27 yang sudah berkurang mengakibatkan sampel dengan mudah dipadatkan, sehingga pada hari ke 27 dengan penurunan kadar air terbesar pada ruang bebas menyebabkan parameter sudut geser(Φ) dan kohesi(c) yang terbesar terjadi pada tempat penyimpanan tersebut. Hal ini timbul akibat berkurangnya kadar air pada sampel tanah pasir,maka semakin kuatlah ikatan dan lekatan antara butiran tanah pasir ketika dipadatkan. Hal ini sesuai dengan dengan pendapat Hakam, et al (2010) yang menyatakan bahwa semakin padat massa tanah maka semakin besar sudut gesernya, dan sebaliknya semakin lepasmassa tanah maka sudut geser semakin menurun. Hal yang sama juga disampaikan oleh Nur (2011), yaitu semakin padat tanah maka semakin besar kemampuannya dalam menahan gaya geser (*shearingforce*).

KESIMPULAN

Berdasarkanhasil dan pembahasan pada bab IV, dapatlah disimpulkan bahwapengaruh lama waktu dan tempat penyimpanan terhadap tanah pasir yang berasal dari lokasi Tarus dan Namosain adalah terjadi perubahan pada sifat fisik dan mekanisnya. Perubahan tersebut adalah:Berdasarkanhasil dan pembahasan pada bab IV, dapatlah disimpulkan bahwapengaruh lama waktu dan tempat penyimpanan terhadap tanah pasir yang berasal dari lokasi Tarus dan Namosain adalah terjadi perubahan pada sifat fisik dan mekanisnya.

Perubahan tersebut adalah:

1. Akibat lama waktu penyimpanan selama 27 hari terhadap sifat fisiknyayaitu terdapat 2 pola penurunan kadar air seperti berikut ini:
   a. Pola 1 adalah penurunan secara signifikan pada *range* hari ke-0 sampai hari ke-6. Pada sampel yang berasal dari Tarus mempunyai nilai terkecil a = 0.265 (*box* sampel) dan terbesar a = 0.826 (ruang bebas) dan pada sampel yang berasal dari Namosain mempunyai nilai terkecil a = 0.180 (*box* sampel) dan terbesar a = 0.932 (ruang bebas).
   b. Pola 2 adalahpenurunan secara landai setelah hari ke-6 sampai hari ke-27. Pada sampel yang berasal dari Tarus mempunyai nilai terkecil a = 0.062 (*box* sampel) dan terbesar a = 0.197 (ruang bebas) dan pada sampel yang berasal dari Namosain mempunyai nilai terkecil a = 0.093 (*box* sampel) dan terbesar a = 0.201 (ruang bebas).
2. Akibat perbedaan tempat penyimpanan sampel terhadap sifat fisik adalah terjadinya penurunan kadar air yang berbeda untuk masing-masing tempat penyimpanan pada hari ke-27. Penurunan yang terbesar terjadi pada sampel yang disimpan pada ruang bebas yakni 6.03% pada sampel Tarus dan 9.29% pada sampel Namosain, sedangkan yang terkecil adalah sampel yang disimpan pada *box* sampel yakni 3.39% pada sampel Tarus dan 3.88% pada sampel Namosain.
3. Akibat lama waktu dan tempat penyimpanan terhadap sifat mekanis adalah terjadinya peningkatanparameter sudut geser dalam (Φ) dan kohesi (c) pada penyimpanan hari ke-27 yang berbeda untuk masing-masing tempat penyimpanan. Untuk sampel Tarus, peningkatan terbesar adalah sampel yang disimpan pada ruang bebas, yaitu dari 28 kg/cm^2 menjadi 29.34 kg/cm^{2}dan peningkatan terkecil adalah sampel yang disimpan pada *box* sampel yaitu dari 28 kg/cm^2 menjadi 28.67 kg/cm^2.Untuk sampel Namosain, peningkatan terbesar adalah sampel yang disimpan pada ruang bebas, yaitu dari 23.77 kg/cm^2 menjadi 23.98 kg/cm^2 dan pada tempat penyimpanan *box* sampel tidak mengalami perubahan kekuatan gesernya. Persentase perubahan kekuatan geser yang terbesar dari hari ke-0 hingga hari ke-27 adalah 4.79% pada sampel Tarus dan 0.89% pada sampel Namosain.
4. Peningkatan parameter kuat geser yang terbesar pada hari ke-27 terjadi pada sampel tanah pasir yang mempunyai gradasi baik yaitu sampel yang berasal dari Tarus yang disimpan pada ruang bebas dengan jumlah peningkatannya sebanyak 1.43 kg/cm^2 (4.79% dari kekuatan awalnya), sedangkan pada tanah pasir yang berasal dari Namosain mempunyai gradasi buruk sehingga mempunyai peningkatan kekuatan geser yang kecil dengan jumlah peningkatannya0.21 kg/cm^2 (0.89% dari kekuatan awalnya).

SARAN

Berdasarkan kesimpulan diatas, dapatlah disarankan hal-hal berikut:

1. Untuk tempat pengambilan sampel tanah yang jauh dari laboratorium, sebaiknya dalam perjalanan dari lokasi pengambilan sampel menuju ke laboratorium sampel disimpan di dalam *box* sampel.
2. Perlu dilakukan penelitian yang samaatas sampel dengan jenis tanah lempung dan lanau.
3. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya mengenai mineral yang terkandung pada sampel tanah pasir, karena terdapat kemungkinan sifat mineral juga berpengaruh dalam mempertahankan sifat teknis tanah.
4. Pada saat ditransportasikannya sampel dari lapangan ke laboratorium terjadi penurunan kadar air, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang membahas penurunan kadar air saat sampel dibawa dari lapangan menuju laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Budi, Gogot Setyo. (2011). ***Pengujian Tanah Di Laboratorium (Edisi 1)***. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Craig, R.F. (1989). ***Mekanika Tanah 1***. Erlangga. Jakarta.

Das, Braja M. (1995)a. ***Mekanika Tanah 1***. Erlangga. Jakarta.

Das, Braja M. (1995)b. ***Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)***. Erlangga. Jakarta.

Hakam, Abdul., Yuliet, Rina., & Donal, Rahmat. (2010). ***Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung Pada Tanah Pasir Pantai Terhadap Kekuatan Geser Tanah***.Jurnal Rekayasa Sipil Volume 6 No. 1, 2010.

Iriani, Savitri Evi. (2011). ***Pengembangan Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati***.Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian Vol. 7(1), 2011.

Kimpraswil.(2002). ***Panduan Geoteknik Indonesia.****Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah*.

Karim, Yasrin. (2010). ***Meteorologi dan Klimatologi***. Laporan Praktikum. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.

Nur, St. Hijraini. (2011). ***Mekanika Tanah 2***. Lembaga Kajian dan Pengembangan Pendidikan Universitas Hasanudin. Makasar.

Pasaribu, Linda. (2011). ***Studi Analisis Pengaruh Jenis Tanah, Kelembaban, Temperatur dan Kadar air Garam Terhadap Tahanan Pertanahan Tanah***. Tesis.Universitas Indonesia.Depok.

Siagian, Prasetyo. (2012). ***Sifat Fisik Tanah***.<http://llmutanah.blogspot.com/2012/06/-permeabilitas-tanah.html>.Diakses pada tanggal 19 Agustus 2014.

Smith, M. J. (1984). ***Mekanika Tanah***. Erlangga. Jakarta.

Suganda, Husein., Rachman, Achmad., & Sutono. (2006). ***Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya***.Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Agro Inovasi.