

TUGAS AKHIR

PENGARUH KADAR KAPUR TERHADAP KUAT GESER DAN PERMEABILITAS
TANAH BERBUTIR KASAR



Disusun oleh :

ANDI MULYADI
4512041 073

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2017



UNIVERSITAS
BOSOWA

FAKULTAS TEKNIK
Jalan Urip Sumiharjo Km. 4 Gd. 2 Lt. 7
Makassar – Sulawesi Selatan 90231
Telp. 0411 452901- 452789 ext. 116
Fax. 0411 424568
<http://www.universitasbosowa.ac.id>

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR

Tugas Akhir :

**"PENGARUH KADAR KAPUR TERHADAP KUAT GESER DAN PERMEABILITAS
TANAH BERBUTIR KASAR "**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : **ANDI MULYADI**

No. Stambuk : 45 12 041 073

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi
Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir. H. Syahrul Sariman, MT


(.....)

Pembimbing II : Arman Setiawan, ST, MT

(.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


(Dr. Ridwan, ST, M.si)
NIDN. 09.240676 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil


(Nur Hadiah Yunianti, ST, MT)
NIDN. 09.16068 01



UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jl. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411)452991 – 452789 psw 20 Makassar

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. 382 / SK / FT / UNIBOS / IX / 2017, Tanggal 26 September 2017, perihal Pengangkatan Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Kamis / 28 september 2017
Nama : Andi Mulyadi
Nomor Stambuk : 45 12 041 073
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : “ **PENGARUH KADAR KAPUR TERHADAP KUAT GESER DAN PERMEABILITAS TANAH BERBUTIR KASAR** “

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan didepan tim penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua/ Ex Officio : Ir. H. Syahrul Sariman, MT (.....)
Sekertaris/Ex Officio : Arman Setiawan, ST, MT (.....)
Anggota : Ir. Eka Yuniarto, MT (.....)
Hijriah, ST, MT (.....)

Makassar, 2018

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

(Dr. Ridwan, ST, M.si)

NIDN : 09 101271 01

Ketua Jurusan Sipil

Univ. Bosowa Makassar



(Nurhidayah Yuniarti, ST, MT)

NIDN : 09 16068 01

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Andi Mulyadi**
Nomor Stambuk : **4512041073**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Kadar Kapur Terhadap Kuat Geser dan Permeabilitas Tanah Berbutir Kasar.**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan / mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkanya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 30 Mei 2017
Yang Menyatakan



Andi Mulyadi

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan kelancangan dalam berpikir sehingga penulisan tugas akhir dengan judul “ **PENGARUH KADAR KAPUR TERHADAP KUAT GESER DAN PERMEABILITAS TANAH BERBUTIR KASAR** “. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa.

Tugas akhir ini merupakan suatu syarat akademik yang harus ditempuh guna kelulusan studi Sarjana Strata Satu di Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan – bantuan pihak lain dalam memberi bantuan dan bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT tempat meminta dan memohon pertolongan.
2. Bapak Dekan, Para Wakil Dekan dan Staf Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
3. Ibu Nurhadijah Yunianti, ST.MT sebagai Ketua Jurusan Sipil beserta staf dan dosen pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa.
4. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, MT sebagai pembimbing I yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan kami sehingga terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Arman Setiawan, ST.MT sebagai pembimbing II yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan kami sehingga

terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Pimpinan, Koordinator Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa beserta asisten Laboratorium
7. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tak terhitung jumlahnya, sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti ini.
8. Ibu Ir. Hj. Satriawati Cangara, Msp dan sekeluarga yang memberi dukungan selama penyusunan Tugas Akhir.
9. Teman – teman angkatan 012 Teknik Sipil Universitas Bosowa yang telah menemani dan berbagi dalam suka dan duka selama ini.
10. Sahabat – sahabatku yang telah menemani dan berbagi dalam suka dan duka selama ini.

Menyadari akan segala kekurangan dan keterbatasan penulis sebagai manusia biasa, maka penulis dengan tangan terbuka menerima segala saran dan kritik yang membangun guna penyempurnaan tugas akhir ini.

Akhirnya, semoga penulis tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun rekan – rekan mahasiswa lainnya di masa yang akan datang dan segala bantuan dari pihak semua pihak bernilai ibadah disisi Allah SWT, Amin.

Makassar, 7 Maret 2017

Penulis

ABSTRAK

ANDI MULYADI, *Pengaruh Kadar Kapur Terhadap Kuat Geser dan Permeabilitas Tanah Berbutir Kasar (dibimbing oleh Syahrul Sariman, dan Arman Setiawan)*.

Tanah pasir dalam kondisi padat cenderung memiliki sifat-sifat yang baik. Namun pada kondisi tertentu, seperti bila dalam kondisi lepas dan jenuh air, dapat memiliki kuat geser yang rendah ketika terjadi beban siklik seperti gempa bumi. Pada keadaan ini lapisan pasir kehilangan kuat gesernya atau berkurang. Secara umum, kuat geser tanah pasir disumbangkan oleh nilai sudut gesek internal. Guna meningkatkan kuat gesernya, perbaikan tanah pasir sering dilakukan dengan inklusi serat atau campuran semen (Consoli, dkk, 1998). Penelitian ini bertujuan untuk menguji perubahan kuat geser dan permeabilitas antara berbutir kasar (granular) yang tambah dengan kapur. Penelitian ini menggunakan metode experiment yaitu dengan suatu percobaan untuk mendapatkan hasil, dengan akan terlihat pengaruh kapur pada konstruksi jalan raya atau bangunan. Hasil penelitian menunjukkan pada pengujian Kuat Geser Langsung penurunan maksimum terjadi pada persentase campuran 12% yaitu $c = 0,113 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 11,537^\circ$ dibandingkan dengan tanah aslinya yaitu $c = 0,016 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 27,607^\circ$. Pada pengujian Permeabilitas peningkatan maksimum terjadi pada kadar campuran 12% yaitu $k = 0,00243 \text{ cm/detik}$ dibandingkan dengan dengan tanah aslinya yaitu $k = 0,00826 \text{ cm / detik}$.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengajuan Ujian Akhir.....	ii
Lembar Pengesahan	iii
Surat Pernyataan Keaslian dan Publikasi Tugas Akhir	iv
Kata Pengantar	v
Abstrak	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Notasi	xv
Daftar Lampiran	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I - 1
1.2. Rumusan Masalah	I - 2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	I - 2
1.3.1. Tujuan Penelitian.....	I - 2
1.3.2. Manfaat Penelitian.....	I - 3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian dan Batasan Masalah	I - 3
1.4.1. Ruang Lingkup Penelitian.....	I - 3
1.4.2. Batasan Masalah.....	I - 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan umum Tanah.....	II -1
2.1.1. Komposisi dan Istilah Tanah	II -3

2.1.2.	Tekstur Tanah	II -6
2.1.3.	Struktur Tanah	II -10
2.1.4.	Warna Tanah.....	II -13
2.2.	Klasifikasi Tanah	II -15
2.2.1.	Ukuran Butiran dan Gradasi	II -15
2.2.2.	Sistem Klasifikasi Tanah	II -17
2.2.2.1.	Sistem Klasifikasi Tanah USCS (Unified Soil Classification System)	II -17
2.2.2.2.	Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (American Association of State Higway and Transportation Official Classification.....	II -17
2.2.2.3.	Klasifikasi Tanah dengan Referensi Terhadap Pemampatan.....	II -20
2.3.	Stabilisasi Tanah	II -24
2.3.1.	Stabilisasi Tanah Berbutir Kasar dengan Kapur (Lime Stabilization)	II -25
2.4.	Analisis Sifat Mekanis Tanah.....	II -27
2.4.1.	Permeabilitas Tanah.....	II -27
2.4.1.1.	Uji Permeabilitas di Laboratorium.....	II- 30
2.4.1.2.	Uji Permeabilitas dengan Tinggi Energi Tetap (Constant head)	II -30
2.4.1.3.	Hubungan Permeabilitas dengan Angka Pori Tanah Granuler....	II -32
2.4.1.4.	Prosedur Pengujian Permeabilitas	II -32
2.4.2.	Kuat Geser Tanah	II -33
2.4.2.1.	Uji Kuat Geser Tanah.....	II -38
2.4.2.2.	Kuat Gesert Tanah Pasir (Granuler).....	II -39
2.4.2.3.	Uji Geser Langsung pada Tanah Pasir.....	II -39
2.4.2.4.	Faktor yang Mempengaruh Kuat Geser Tanah Pasir	II -41

2.4.2.5.	Prosedur Pengujian Kuat Geser	II -45
2.5.	Percobaan Terdahulu	II -46
2.5.1.	Pengujian Awal terhadap Tanah Pasir	II -46
2.5.2.	Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Berat Jenis	II -47
2.5.3.	Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Batas Konsistensi.....	II -48
2.5.4.	Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Gradasi Butiran	II -50
2.5.5.	Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Pemadatan.....	II -51
2.5.6.	Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Kuat Geser Langsung	II -52
2.5.7.	Hubungan Persentase Kapur dengan Nilai Kohesi dan Sudut Geser	II -53

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Diagram Alur Penelitian.....	III - 1
3.2.	Gambaran Umum Penulisan	III - 2
3.2.1.	Jenis Penulisan	III - 2
3.3.	Tempat dan Waktu Penelitian	III - 2
3.3.1.	Tempat	III - 2
3.3.2.	Waktu Penelitian.....	III - 2
3.4.	Sistematika Penulisan	III - 2
3.5.	Jenis Pengujian Material	III - 3
3.6.	Variabel Penelitian	III - 4
3.7.	Notasi sampel	III - 4
3.8.	Metode Analisis	III - 5

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Pengujian.....	IV -1
4.1.1.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah.....	IV -1

4.1.2.	Klasifikasi Tanah	IV -3
4.2.	Penelitian Sifat Mekani Tanah	IV -4
4.2.1.	Kompaksi (Proctor Test)	IV -4
4.2.2.	Permeabilitas	IV -4
4.2.3.	Kuat Geser Langsung	IV -5
4.3.	Pembahasan	IV -5
4.3.1.	Hubungan Kompaksi Tanah Granular dengan Variasi Penambahan Kapur	IV -6
4.3.2.	Hubungan Permeabilitas Tanah Granular dengan Variasi Penambahan Kapur	IV -7
4.3.3.	Hubungan Kuat Geser Tanah Granular dengan Variasi Penambahan Kapur	IV - 9
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	V - 1
5.2.	Saran	V - 2
	Daftar Pustaka	xviii
	Lampiran	xx

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah Unified	II - 21
Tabel 2.1 Lanjutan	II - 22
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO.....	II - 22
Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah dengan Referensi terhadap Pemampatan.....	II - 23
Tabel 2.4 Koefisien Permeabilitas Pasir Seragam Madison.....	II - 32
Tabel 2.5 Sudut geser dalam ϕ' untuk tanah pasir	II - 41
Tabel 2.6 Hasil uji penambahan kapur terhadap berat jenis	II - 48
Tabel 2.7 Hasil uji atterberg terhadap penambahan kapur.....	II - 49
Tabel 2.8 Hasil Uji Pemadatan.....	II - 51
Tabel 2.9 Hasil pengujian kuat geser	II - 52
Tabel 3.1 Sumber referensi setiap pengujian.....	III - 3
Tabel 3.2 Jumlah sampel dalam setiap pengujian	III - 4
Tabel 3.3 Jumlah material dalam setiap pengujian	III - 4
Tabel 4.1 Hasil pengujian sifat fisik tanah	IV - 1
Tabel 4.2 Hubungan nilai kadar air variasi kapur	IV - 6
Tabel 4.4 Hasil pengujian permeabilitas komposisi kapur.....	IV - 7
Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat geser komposisi kapur	IV -10

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram fase tanah (Das, 1994)	II - 1
Gambar 2.2 Klasifikasi butiran menurut system USDA, ASTM, MIT, International Nomenclature and British Standard BS 6930 (Kovacs, 1981)	II - 5
Gambar 2.3 Diagram segitiga tekstur tanah dan sebaran besaran butiran	II - 8
Gambar 2.4 Sistem klasifikasi ukuran butiran yang digunakan di Negara – Negara yang berlainan	II- 16
Gambar 2.5 Contoh kurve gradasi di Amerika dan Perancis grafik – grafik bersesuaian menunjukkan partikel – partikel besar ke sebuah kiri dan partikel – partikel kecil ke sebelah kanan	II- 17
Gambar 2.6 Peta klasifikasi plastisitas	II- 18
Gambar 2.7 Perkiraan koefisien permeabilitas dan karakteristik drainase (Sumber : Merrit, 1976)	II- 28
Gambar 2.8 Prinsip uji permeabilitas constant-head	II- 32
Gambar 2.9 Kriteria kegagalan Mohr dan Coulomb	II- 34
Gambar 2.10 Lingkaran Mohr	II- 36
Gambar 2.11 Kondisi tegangan yang mewakili	II- 37
Gambar 2.12 Hasil uji geser langsung pada tanah pasir	II- 40
Gambar 2.13 Hubungan angka pori, bentuk butiran, dan distribusi ukuran butiran terhadap sudut gesek dalam pasir (Casagrande,1936)	II- 44

Gambar 2.14 Hubungan kerapatn relative dan sudut gesek dalam tanah pasir dari penyeledikian di lapangan (Meyerhof,1956).....	II- 44
Gambar 2.15 Hasil pengujian awal terhadap tanah pasir	II- 46
Gambar 2.16 Kurva ukuran butiran pasir	II- 47
Gambar 2.17 Hubungan antara % kapur dengan berat jenis.....	II- 48
Gambar 2.18 Grafik hubungan antara persen kapur dengan nilai Liquid Limit (LL).....	II- 49
Gambar 2.19 Grafik hubungan antara persen kapur dengan nila Plastis Limit (PL)	II- 49
Gambar 2.20 Grafik hubungan antara persen kapur dengan nilai Plastis Indeks (PI)	II- 50
Gambar 2.21 Grafik hubungan antara persen kapur dengan nilai Shringkage Limit (SL).....	II- 50
Gambar 2.22 Grafik hubungan antara % kapur dengan frkasi lolos saringan No. 200	II- 50
Gambar 2.23 Grafik hubungan antara kadar air dengan berat jenis kering	II- 52
Gambar 2.24 Grafik hubungan antara tegangan normal dengan tegangan geser	II- 53
Gambar 2.25 Grafik hubungan kadar kapur dengan nilai kohesi	II- 54
Gambar 2.26 Grafik hubungan kadar kapur dengan sudut geser	II- 54
Gambar 4.1 Grafik pengujian analisa saringan	IV- 2
Gambar 4.2 Grafik pengujian kompaksi.....	IV- 4
Gambar 4.3 Grafik pengujian geser langsung.....	IV- 5

Gambar 4.4	Grafik hubungan nilai berat volume kering dan kadar air variasi kapur.....	IV - 6
Gambar 4.5	Grafik hubungan nilai koefisien permeabilitas variasi kapur	IV - 8
Gambar 4.6	Grafik hubungan nilai angka pori dengan variasi kapur	IV - 9
Gambar 4.7	Grafik hubungan nilai vs dengan variasi kapur	IV - 9
Gambar 4.8	Grafik hubungan nilai sudut geser variasi kadar kapur	IV - 10



DAFTAR NOTASI

ASTM	American Society for Testing and Material
USCS	Unified Soil Classification System
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials Classification
GI	Group Index
LL	Liquid Limit
PI	Plastisitas Indeks
C_u	Koefisien Uniformitas (Keseragaman)
C_c	Koefisien Gradasi
BV	Berat volume
Gs	Gravity specify
IP	Index plastis
Ws	Berat butiran padat
Ww	Berat air
ω	Kadar air
γ_d	Berat volume kering
γ_{wet}	Berat volume basah
Wd	Berat kering
Wwet	Berat tanah basah
ω_{opt}	Kadar air optimum
A	Luas penampang
Subgrade	Tanah dasar
PI	Plastis Indeks

A	Luas penampang buret
k	Koefisien Permeabilitas
KT	Koefisien permeabilitas pada suhu T°C
OCR	Overconsolidation Ratio
τ_m	Nilai Tegangan Maksimum
τ_t	Tegangan Konstant
Φ	Sudut gerer dalam
e	Angka Pori
D_r	Kerapatan density
c	Kohesi
σ	Tegangan
t	Waktu
V	Volume
vs	Kecepatan air lewat rongga pori
SPT	Standard Penetration Test
MDD	Volume kering maksimum
OMC	Kadar air optimum

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Resume Hasil Pengujian Laboratorium
Lampiran B	Pengujian Analisa Saringan
Lampiran C	Pengujian Berat Jenis
Lampiran C1	Pengujian Berat Jenis
Lampiran D	Pengujian Kadar Air
Lampiran D1	Pangujian Kompaksi
Lampiran H	Pengujian Permeabilitas
Lampiran I	Pengujian Kuat Geser Langsung
Lampiran J	Pengujian Kadar Air Tanah denga Kapur
Lampiran J1	Pengujian Kompaksi variasi Kapur
Lampiran K	Pengujian Permeabilitas variasi Kapur
Lampiran L	Pengujian Kuat Geser Langsung variasi Kapur

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah pasir dalam kondisi padat cenderung memiliki sifat-sifat yang baik. Namun pada kondisi tertentu, seperti bila dalam kondisi lepas dan jenuh air, dapat memiliki kuat geser yang rendah ketika terjadi beban siklik seperti gempa bumi. Pada keadaan ini lapisan pasir kehilangan kuat gesernya atau berkurang. Secara umum, kuat geser tanah pasir disumbangkan oleh nilai sudut gesek internal. Guna meningkatkan kuat gesernya, perbaikan tanah pasir sering dilakukan dengan inklusi serat atau campuran semen (Consoli, dkk, 1998). Kapur dan abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi tanah lempung sudah banyak diteliti, namun penggunaannya untuk tanah pasir belum banyak dikaji. Untuk itu dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh campuran kapur terhadap kuat geser tanah pasir.

Pada kebanyakan penelitian, teknik perbaikan tanah (*ground improvement*) yang sering digunakan adalah teknik *stone-column* atau *stone-piers*. Teknik ini mampu mengurangi resiko kerusakan struktur akibat peristiwa likuifaksi (Mitchell dkk, 1995). Namun demikian teknik perbaikan tanah lainnya seperti teknik kolom dengan bahan kapur atau semen dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi resiko likuifaksi (Seed dkk, 2001). Selain itu, teknik kolom ini juga dapat digunakan sebagai fondasi untuk bangunan gedung (Kempfert, 2003). Dalam perkembangannya, bahan untuk kolom dapat berupa *colloidal-silica* yaitu silika dalam bentuk gel atau cair (Gallagher dkk, 2007; Liao dkk, 2004). Pada sisi lain, abu sekam padi yang

banyak mengandung pozzolan silika (SiO_2) padat yang berukuran mikro merupakan bahan yang sangat baik jika dicampur dengan kapur. Hasil reaksi kapur-abu sekamp padi akan membentuk bahan penyusun semen (Zhang dkk, 1996). Untuk itu penggunaannya dengan kapur untuk mitigasi likuidasi adalah suatu alternatif pemanfaatan bahan.

Dari uraian tersebut diatas menjadi latar belakang untuk mengadakan penelitian di laboratorium dan menuliskannya dalam bentuk tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Kadar Kapur Terhadap Kuat Geser Dan Permeabilitas Tanah Berbutir Kasar”**.

1.2. Rumusan Masalah

- a. Seberapa besar perubahan mekanis tanah granuler yang distabilisasi dengan campuran kapur ?
- b. Seberapa besar nilai koefisien rembesan dari pengambilan sampel tanah yang distabilisasi dengan kapur ?
- c. Seberapa besar nilai sudut geser dalam (ϕ) dari pengambilan sampel tanah yang distabilisasi dengan kapur ?
- d. Seberapa besar nilai kuat geser tanah granuler setelah distabilisasi dengan kolom campuran pasir kapur?

1.3. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian :

- a. Untuk mengetahui besarnya pengaruh penambahan kapur pada tanah granuler terhadap kuat geser.
- b. Mengetahui nilai koefisien rembesan tanah granuler yang distabilisasi dengan kapur.

- c. Mengetahui nilai sudut geser dalam (ϕ) tanah granuler yang distabilisasi dengan kapur.
- d. Mengetahui nilai kuat geser (τ) tanah granuler yang distabilisasi dengan kapur.

1.3.2. Manfaat Penelitian :

- a. Mengetahui alternatif perbaikan tanah granuler yang distabilisasi dengan kapur.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pemahaman ilmu tanah khususnya mengenai kuat geser dan permeabilitas tanah granuler.

1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

1.4.1. Ruang Lingkup

- a. Melakukan pengujian karakteristik / sifat – sifat fisik tanah berbutir kasar.
- b. Melakukan pengujian sifat – sifat mekanik (kuat geser dan permeabilitas) tanah berbutir kasar.
- c. Menambahkan kapur dengan berbagai variasi.
- d. Pengujian sifat fisik dan mekanik (kuat geser dan permeabilitas).

1.4.2. Batasan Masalah

Penulisan tugas akhir ini dibatasi pada hal – hal sebagai berikut :

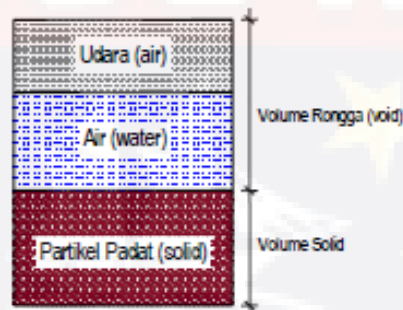
- a. Jenis tanah yang digunakan yaitu tanah berbutir kasar (*granuler*) dari Kecamatan Benteng Kepulauan Selayar.
- b. Pengujian sifat fisik tanah (berat jenis dan analisa saringan)
- c. Pengujian sifat mekanis tanah (kompaksi, kuat geser dan permeabilitas).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan bahan – bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong di antara dari butiran – butiran hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran tiap butirannya dapat sebesar kerikil – pasir – lanau – lempung dan kontak antar butir tidak tersementasi termasuk bahan organik



Gambar 2.1 Diagram fase tanah (Das, 1994)

Tanah terdiri dari tiga komponen yaitu udara, air dan bahan padat (Gambar 2.1). Udara dianggap tak mempunyai pengaruh teknis sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang di antara butiran-butiran (ruang ini disebut pori atau *voids*) sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya tanah dikatakan dalam kondisi jenuh. Sehingga jika beban diterapkan pada tanah kohesif yang jenuh

maka pertama kali beban tersebut akan didukung oleh tekanan air dalam rongga pori tanahnya.

Pada kondisi ini butiran-butiran lempung tidak dapat mendekat satu sama lain untuk meningkatkan tahanan geser selama pori di dalam rongga pori tidak keluar meninggalkan rongga tersebut. Karena rongga pori tanah lempung sangat kecil, keluarnya air pori meninggalkan rongga pori memerlukan waktu yang lama. Jika sesudah waktu yang lama setelah air dalam rongga pori berkurang butiran-butiran lempung dapat mendekat satu sama lain sehingga tahanan geser tanahnya meningkat. Masalah ini tak dijumpai pada tanah granuler yang rongga porinya relatif besar karena sewaktu beban diterapkan air langsung keluar dari rongga pori dan butiran dapat mendekat satu sama lain yang mengakibatkan tekanan gesernya langsung meningkat.

Menurut Jenny (1941) 5 Faktor yang mempengaruhi Proses Pembentukan Tanah (Genesis) dan Perkembangan Tanah (Differensiasi Horison), yaitu:

1. Bahan Induk (b) = Batuan Beku, B.Sedimen, B.Metamorf, Bhn.Organik;
(mempengaruhi perbedaan dari sifat kimia dan sifat fisik tanah).
2. Iklim (i) = curah hujan dan suhu (temperatur).
3. Organisme (o) atau Jasad Hidup (h) = Tumbuhan & Hewan.
4. Relief (r) atau Topografi (t) : Kecuraman Lereng.
5. Waktu (w) = Tingkat Perkembangan (muda, dewasa, tua) dan Umur
(dalam tahun).

Tidak semua faktor lingkungan mempunyai pengaruh yang sama dalam proses pembentukan tanah, kadang-kadang satu atau dua faktor berpengaruh lebih dominan sementara faktor yang lain mempunyai pengaruh yang minimum.

Keragaman faktor-faktor lingkungan pembentukan tanah ini akan menyebabkan sifat-sifat tanah bervariasi baik ke arah vertikal maupun horizontal.

Pelapukan adalah proses alterasi dan fraksinasi batuan dan material tanah pada dan/atau dekat permukaan bumi yang disebabkan karena proses fisik, kimia dan biologi. Hasil dari pelapukan ini merupakan asal (source) dari batuan sedimen dan tanah (soil). Kiranya penting untuk ketahui bahwa proses pelapukan akan menghancurkan batuan atau bahkan melarutkan sebagian dari mineral kemudian menjadi tanah atau diangkut dan diendapkan sebagai batuan sedimen klastik. Sebagian dari mineral mungkin larut secara menyeluruh dan membentuk mineral baru.

Komposisi tanah tidak hanya tergantung pada batuan induk (asal) nya, tetapi juga dipengaruhi oleh alam, intensitas, dan lama (duration) pelapukan dan proses jenis pembentukan tanah itu sendiri. Pelapukan dipengaruhi oleh faktor iklim yang bersifat merusak. Faktor-faktor iklim yang turut menentukan adalah sinar matahari, perbedaan temperatur antara siang dan malam, keadaan musim kemarau dan musim penghujan.

Pada awalnya batuan pecah dalam bentuk pecahan-pecahan batuan dan mineral-mineral penyusunnya. Selanjutnya oleh adanya air, asam dan senyawa-senyawa yang larut dalam air, pecahan-pecahan batuan dan mineral ini menjadi lunak dan terurai ke dalam unsur-unsur penyusunnya. Dari bahan-bahan sisa penguraian dan senyawa kembali membentuk mineral-mineral baru.

2.1.1. Komposisi dan Istilah Tanah

Pada bidang ilmu teknik sipil, mendefinisikan tanah sebagai semua bahan pada kulit yang tidak terkonsolidasi (*unconsolidated*). Dan menganggap bahwa batuan merupakan mineral agregat yang dihubungkan

oleh berbagai kekuatan besar, sedangkan tanah merupakan partikel-partikel alam yang dapat dihancurkan dengan kekuatan rendah. Dengan perkataan lain, tanah merupakan bahan lepas di luar lapisan batuan, yang terdiri atas kumpulan butir-butir mineral dengan berbagai ukuran dan bentuk serta kandungan bahan organik, air dan udara. Sesuai dengan klasifikasi USCS, ukuran tekstur tanah seperti di bawah ini:

- a. Kerikil (*gravel*): yaitu partikel tanah berbutir kasar yang berukuran 4,76 (No. 4) sampai 75 mm (No. 3).
- b. Pasir (*sand*): yaitu partikel tanah berbutir kasar yang berukuran 0,074 (No. 200) sampai 4,76 mm (No. 4). Berkisar dari kasar (3 sampai 5 mm) sampai halus (< 1 mm).
- c. Lanau (*silt*) dan Lempung (*clay*): yaitu tanah berbutir halus yang berukuran lebih kecil dari 0,074 mm (No. 200). Lanau (dan lempung) dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau dekat garis pantai pada muara sungai. Deposit loess terjadi bila angin mengangkut partikel – partikel lanau ke suatu lokasi. Angkutan oleh angin ini membatasi ukuran partikel sedemikian rupa sehingga deposit yang dihasilkan mempunyai ukuran butir yang hampir sama.
- d. Koloid (*colloids*): yaitu partikel mineral yang "diam", berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Adapun batasan-batasan interval dari ukuran butiran/partikel tanah lempung, lanau, pasir, dan kerikil menurut Bureau of Soil USDA, ASTM, M.I.T, *International Nomenclature*, dan *British Standard BS 6930* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

besar. Secara umum tanah disebut kohesif bila partikel-partikelnya saling melekat setelah dibasahi kemudian dikeringkan dan diperlukan gaya yang cukup besar untuk meremas tanah tersebut, dan ini tidak termasuk tanah yang partikel-partikelnya saling melekat ketika dibasahi akibat tegangan permukaan.

Tanah termasuk tipe pasir atau kerikil (disebut juga tanah berbutir kasar) jika setelah kerakal atau berangkalnya disingkirkan, lebih dari 50% material tersebut tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm). Tanah termasuk tipe lanau atau lempung (disebut juga tanah berbutir halus) jika setelah kerakalnya atau berangkalnya disingkirkan, lebih dari 50% material tersebut lolos ayakan No. 200. Pasir dan kerikil dapat dibagi lagi menjadi fraksi-fraksi kasar, medium, dan halus. Pasir dan kerikil juga dapat dideskripsikan sebagai bergradasi baik, bergradasi buruk, bergradasi seragam, atau bergradasi timpang (*gap-graded*).

Istilah pasir, lempung, lanau, dan sebagainya, selain digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan, dapat juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus, seperti istilah "lempung" untuk jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, dan "pasir" untuk jenis tanah yang non kohesif dan tidak plastis.

2.1.2. Tekstur Tanah

Tekstur tanah menunjukkan perbandingan butir-butir pasir (diameter 2,00 - 0,05 mm), debu (0,005 - 0,02 mm) dan liat (<0,002 mm) di dalam tanah. Tekstur tanah adalah sifat tanah yang sangat penting yang mempengaruhi sifat kimia, fisika dan biologi tanah yang berguna bagi penetrasi akar dan kemampuan pengikatan air oleh tanah.

Menurut Haridjadja (1980) tekstur tanah adalah distribusi besar butir-butir tanah atau perbandingan secara relatif dari besar butir-butir tanah. Butir-

butir tersebut adalah pasir, debu dan liat. Gabungan dari ketiga fraksi tersebut dinyatakan dalam persen dan disebut sebagai kelas tekstur. Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butiran-butiran yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda.

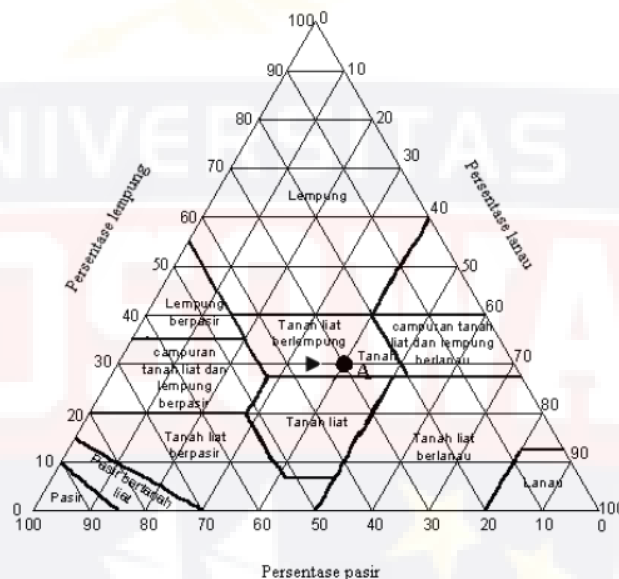
Tekstur tanah menunjukkan kasar halusya tanah. Kelas tekstur tanah dikelompokkan berdasarkan perbandingan banyaknya butir-butir pasir, debu dan liat. Tanah-tanah yang bertekstur pasir mempunyai luas permukaan yang kecil sehingga sulit menyerap (menahan) air dan unsur hara. Tanah-tanah bertekstur liat mempunyai luas permukaan yang besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi.

Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (sandy clay), lempung berlanau (silty clay), dan seterusnya. Terdapat hubungan yang erat antara tekstur tanah dengan sifat-sifat tanah yang lain, seperti kapasitas tukar kation (KTK), porositas, kecepatan infiltrasi dan permeabilitas. Komposisi ketiga fraksi tanah akan menentukan sifat-sifat fisika, fisika-kimia dan kimia tanah. Sebagai contoh, besarnya lapangan pertukaran dari ion-ion di dalam tanah amat ditentukan oleh tekstur tanah.

Sifat fisik dan kesuburan tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah. Dari segi fisis tanah, tekstur berperan pada struktur, rumah tangga, air dan udara serta suhu tanah. Dalam segi kesuburan, tekstur memegang peranan penting dalam pertukaran ion, sifat penyangga, kejenuhan basa dan sebagainya. Fraksi liat merupakan fraksi yang paling aktif sedangkan kedua fraksi yang lain disebut kurang aktif.

Braja (1993) menyatakan bahwa kelas tekstur dapat ditetapkan dengan menggunakan diagram segi tiga tekstur menurut USDA dalam Gambar 2.3. Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah yang meliputi:

- Pasir : butiran dengan diameter 2.0 s.d. 0.05 mm
- Debu : butiran dengan diameter 0.05 s.d. 0.002 mm
- Liat: butiran dengan diameter lebih kecil dari 0.002 mm



Gambar 2.3 Diagram segitiga tekstur tanah dan sebaran besaran butiran

Fraksi pasir terdiri dari pecahan-pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butiran-butiran pasir hampir selalu terdiri dari satu macam zat mineral, terutama kwartz. Partikel-partikel pasir memiliki ukuran yang jauh lebih besar dan memiliki luas permukaan yang kecil (dengan berat yang sama) dibandingkan dengan partikel-partikel debu dan liat. Oleh karena luas permukaan pasir adalah kecil, maka peranannya dalam ikut mengatur sifat-sifat kimia tanah adalah kecil sekali. Disamping itu, disebabkan fraksi pasir itu memiliki luas permukaan yang kecil, tetapi memiliki ukuran yang besar, maka fungsi utamanya adalah sebagai penyokong tanah dalam di sekelilingnya terdapat

partikel debu dan liat yang lebih aktif. Kecuali terdapat dalam jumlah yang lebih kecil, maka jika semakin tinggi persentase pasir dalam tanah, makin banyak ruang pori-pori

di antara partikel tanah semakin dapat memperlancar gerakan udara dan air.

Debu merupakan bahan peralihan antara liat dan pasir halus. Fraksi ini kurang plastis dan lebih mudah ditembus air daripada liat dan memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak terdapat pada liat. Luas permukaan debu lebih besar dari luas permukaan pasir per gram, tingkat pelapukan debu dan pembebasan unsur-unsur hara untuk diserap akar lebih besar dari pasir. Partikel-partikel debu terasa licin sebagai tepung dan kurang melekat. Tanah yang mengandung fraksi debu yang tinggi dapat memegang air tersedia untuk tanaman. sifat dilatasi yang tidak terdapat pada liat.

Fraksi liat pada kebanyakan tanah terdiri dari mineral-mineral yang berbeda-beda komposisi kimianya dan sifat-sifat lainnya dibandingkan dengan debu dan pasir. Fraksi liat memiliki luas permukaan yang besar. Di dalam tanah molekul-molekul air mengelilingi partikel-partikel liat berbentuk selaput tipis, sehingga jumlah liat akan menentukan kapasitas memegang air dalam tanah. Permukaan liat dapat mengadsorpsi sejumlah unsur-unsur hara dalam tanah. Dengan demikian liat yang permukaannya bermuatan negatif dianggap sebagai penyimpan air dan makanan tanaman. Liat terdiri dari butiran-butiran yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian bahan itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk asalnya, dan tanpa terjadi retakan atau terpecah-pecah.

Dalam penetapan tekstur tanah ada tiga jenis metode yang biasa digunakan yaitu metode feeling yang dilakukan berdasarkan kepekaan indra perasa (kulit jari jempol dan telunjuk), metode pipet atau biasa disebut dengan metode kurang teliti dan metode hydrometer atau disebut dengan metode lebih teliti yang didasarkan pada perbedaan kecepatan jatuhnya partikel-partikel tanah di dalam air dengan asumsi bahwa kecepatan jatuhnya partikel yang berkerapatan sama dalam suatu larutan akan meningkat secara linear apabila radius partikel bertambah secara kuadratik.

2.1.3. Struktur Tanah

Menurut Haridjadja (1980) struktur tanah adalah susunan butiran tanah secara alami menjadi agregat dengan bentuk tertentu dan dibatasi oleh bidang-bidang. Gumpalan struktur ini terjadi karena butir-butir pasir, debu dan liat terikat satu sama lain oleh suatu perekat seperti bahan organik, oksida-oksida besi dan lain-lain. Gumpalan-gumpalan kecil ini mempunyai bentuk, ukuran, dan kemantapan (ketahanan) yang berbeda-beda.

Struktur tanah merupakan sifat fisik tanah yang menggambarkan susunan keruangan partikel-partikel tanah yang bergabung satu dengan yang lain membentuk agregat. Dalam tinjauan morfologi, struktur tanah diartikan sebagai susunan partikel-partikel primer menjadi satu kelompok partikel (cluster) yang disebut agregat, yang dapat dipisah-pisahkan kembali serta mempunyai sifat yang berbeda dari sekumpulan partikel primer yang tidak teragregasi. Dalam tinjauan edafologi, sejumlah faktor yang berkaitan dengan struktur tanah jauh lebih penting dari sekedar bentuk dan ukuran agregat. Dalam hubungan tanah-tanaman, agihan ukuran pori, stabilitas agregat,

kemampuan teragregasi kembali saat kering, dan kekerasan (hardness) agregat jauh lebih penting dari ukuran dan bentuk agregat itu sendiri.

Struktur tanah berpengaruh terhadap gerakan air, gerakan udara, suhu tanah, dan hambatan mekanik perkecambahan biji serta penetrasi akar tanaman. Karena kompleksnya peran struktur, maka pengukuran struktur tanah didekati dengan sejumlah parameter. Beberapa parameter tersebut antara lain bentuk dan ukuran agregat, agihan ukuran agregat, stabilitas agregat, persentase agregat, porositas (BV, BJ), agihan ukuran pori, dan kemampuan menahan air.

Menurut Utomo dan Dexter (1982) menyatakan bahwa macam macam struktur tanah adalah sebagai berikut:

1. Struktur tanah berbutir (granular): Agregat yang membulat, biasanya diameternya tidak lebih dari 2 cm. Umumnya terdapat pada horizon A yang dalam keadaan lepas disebut "Crumbs" atau Spherical.
2. Kubus (Bloky): Berbentuk jika sumbu horizontal sama dengan sumbu vertikal. Jika sudutnya tajam disebut kubus (angular blocky) dan jika sudutnya membulat maka disebut kubus membulat (sub angular blocky). Ukuranya dapat mencapai 10 cm.
3. Lempeng (platy): Bentuknya sumbu horizontal lebih panjang dari sumbu vertikalnya. Biasanya terjadi pada tanah liat yang baru terjadi secara deposisi (deposited).
4. Prisma: Bentuknya jika sumbu vertikal lebih panjang dari pada sumbu horizontal. Jadi agregat terarah pada sumbu vertikal. Seringkali

mempunyai 6 sisi dan diameternya mencapai 16 cm. Banyak terdapat pada horizon B tanah berliat. Jika bentuk puncaknya datar disebut prismatic dan membulat disebut kolumner.

Selanjutnya tanah yang partikel-partikelnya belum tergabung, terutama yang bertekstur pasir disebut tanpa struktur atau bertekstur lepas, sedangkan tanah yang bertekstur liat terlihat massif (padu tanpa ruang pori, yang lembek jika basah dan kering jika kering) atau apabila dilumat dengan air membentuk pasta. Tanah yang bertekstur baik akan mempunyai drainase dan aerasi yang baik pula, sehingga lebih memudahkan sistem perakaran tanaman untuk berpenetrasi dan mengabsorpsi hara dan air sehingga pertumbuhan dan produksi menjadi lebih baik. Dilapangan struktur tanah sendiri dideskripsikan menurut :

1. Tipe, indikator bentuk dan susunan ped, yaitu bulat, lempeng, balok, dan prisma.
2. Kelas, indikator bentuk struktur yang terbentuk dari ped-ped penyusunnya menghasilkan tujuh tipe struktur tanah.
3. Gradasi, indikator derajat agregasi, atau perkembangan struktur yang dibagi menjadi:
 - a) Tanpa struktur, jika agregasi tidak terlihat atau terbatas, tidak jelas atau berbaur dengan batas-batas alamiah.
 - b) Lemah, jika ped sulit terbentuk tetapi terlihat
 - c) Sedang, jika ped dapat terbentuk dengan baik, tanah lama dan jelas, tetapi tak jelas pada tanah utuh.

d) Kuat, jika ped kuat, pada tanah utuh jelas terlihat dan antar ped terikat lemah namun tahan jika dipindahkan dan hanya terpisah apabila tanah terganggu.

Umumnya tanah yang dikehendaki tanaman adalah tanah yang berstruktur ramah dengan perbandingan bahan padat dan pori seimbang. Struktur tanah, terutama mengandung debu dan lempung. Keduanya berpengaruh pada pertumbuhan akar dan tanaman akan tetapi pengaruh struktur tersebut secara tidak langsung yaitu melalui pengaruhnya terhadap pemampatan, kadar lengas, dan temperatur tanah.

2.1.4. Warna Tanah

Hanafiah (2005) mengungkapkan bahwa warna tanah merupakan:

- 1) Sebagai indikator dari bahan induk untuk tanah yang baru berkembang,
- 2) Indikator kondisi iklim untuk tanah yang sudah berkembang lanjut, dan
- 3) Indikator kesuburan tanah atau kapasitas produktivitas lahan.

Secara umum dikatakan bahwa: makin gelap tanah berarti makin tinggi produktivitasnya, selain ada berbagai pengecualian, namun secara berurutan sebagai berikut: putih, kuning, kelabu, merah, coklat-kekelabuan, coklat kemerahan, coklat, dan hitam. Kondisi ini merupakan integrasi dari pengaruh:

- 1) Kandungan bahan organik yang berwarna gelap, makin tinggi kandungan bahan organik suatu tanah maka tanah tersebut akan berwarna makin gelap,
- 2) Intensitas pelindihan (pencucian dari horison bagian atas ke horison bagian bawah dalam tanah) dari ion-ion hara pada tanah tersebut, makin intensif proses pelindihan menyebabkan warna tanah menjadi lebih terang, seperti pada horison eluviasi, dan

3) Kandungan kuarsa yang tinggi menyebabkan tanah berwarna lebih terang.

Warna tanah berfungsi sebagai penunjuk dari sifat tanah, karena warna tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terdapat dalam tanah tersebut. Penyebab perbedaan warna permukaan tanah umumnya dipengaruhi oleh perbedaan kandungan bahan organik. Makin tinggi kandungan bahan organik, warna tanah makin gelap. Sedangkan dilapisan bawah, dimana kandungan bahan organik umumnya rendah, warna tanah banyak dipengaruhi oleh bentuk dan banyaknya senyawa Fe dalam tanah. Di daerah berdrainase buruk, yaitu di daerah yang selalu tergenang air, seluruh tanah berwarna abu-abu karena senyawa Fe terdapat dalam kondisi reduksi (Fe^{2+}). Pada tanah yang berdrainase baik, yaitu tanah yang tidak pernah terendam air, Fe terdapat dalam keadaan oksidasi (Fe^{3+}) misalnya dalam senyawa Fe_2O_3 (hematit) yang berwarna merah, atau $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (limonit) yang berwarna kuning coklat. Sedangkan pada tanah yang kadang-kadang basah dan kadang-kadang kering, maka selain berwarna abu-abu (daerah yang tereduksi) didapat pula bercak-bercak karatan merah atau kuning, yaitu di tempat-tempat dimana udara dapat masuk, sehingga terjadi oksidasi besi ditempat tersebut. Keberadaan jenis mineral kwarsa dapat menyebabkan warna tanah menjadi lebih terang.

Menurut Hardyatmo (1992) bahwa intensitas warna tanah dipengaruhi tiga faktor berikut: (1) jenis mineral dan jumlahnya, (2) kandungan bahan organik tanah, dan (3) kadar air tanah dan tingkat hidrasi. Tanah yang mengandung mineral feldspar, kaolin, kapur, kuarsa dapat menyebabkan warna putih pada tanah. Jenis mineral feldspar menyebabkan beragam warna dari putih sampai merah. Hematit dapat menyebabkan warna tanah menjadi merah

sampai merah tua. Makin tinggi kandungan bahan organik maka warna tanah makin gelap (kelam) dan sebaliknya makin sedikit kandungan bahan organik tanah maka warna tanah akan tampak lebih terang. Tanah dengan kadar air yang lebih tinggi

atau lebih lembab hingga basah menyebabkan warna tanah menjadi lebih gelap (kelam). Sedangkan tingkat hidratisasi berkaitan dengan kedudukan terhadap permukaan air tanah, yang ternyata mengarah ke warna reduksi (gleisasi) yaitu warna kelabu biru hingga kelabu hijau.

2.2. Klasifikasi Tanah

Perbedaan sifat – sifat tanah yang besar telah membawa kepada perkembangan beberapa system klasifikasi tanah dengan tujuan yang berbeda.

2.2.1. Ukuran Butiran dan Gradasi

Ukuran butiran dan gradasi sangat penting bagi sifat – sifat mekanis dari sebuah tanah. Definisi berarti ini, dengan referensi terhadap ukuran butiran, digunakan :

Blok (batu guling) Batu (Kerakal) Kerikil Pasir	Partikel – partikel berbutir kasar yang dapat diidentifikasi dengan pemeriksaan okuler dan lebih teliti dengan analisis saringan
Lumpur Tanah Liat	Partikel – partikel berbutir halus. Partikel – partikel tak dapat dilihat dengan secara visual sendiri – sendiri. Diidentifikasi dan diklasifikasi dengan analisis hydrometer dan uji – uji khusus lainnya.

Sistem klasifikasi ukuran butiran yang digunakan di Negara – Negara yang berlainan menunjukkan beberapa variasi, terutama pada rentang butiran

kasar, Gambar 2.4. Garis batas yang penting di antara pasir dan lumpur ditemukan pada ukuran butiran 0,06 mm sampai 0,074 mm (penyaring No. 200).

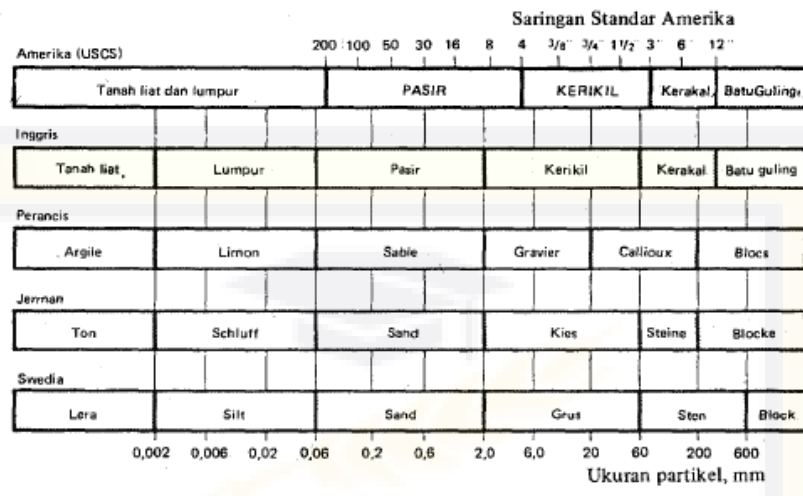
Hasil – hasil analisis saringan, dengan serangkaian saringan standar, diberikan di dalam diagram sebagai kurve gradasi, Gambar 2.5. Kurve gradasi memperlihatkan distribusi ukuran butiran dan menunjukkan apakah tanah itu digradasi secara seragam atau baik. Tanah yang digradasi secara seragam dengan partikel – partikel kurang lebih sama ukurannya, mempunyai sebuah koefisien uniformitas (keseragaman) :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$$

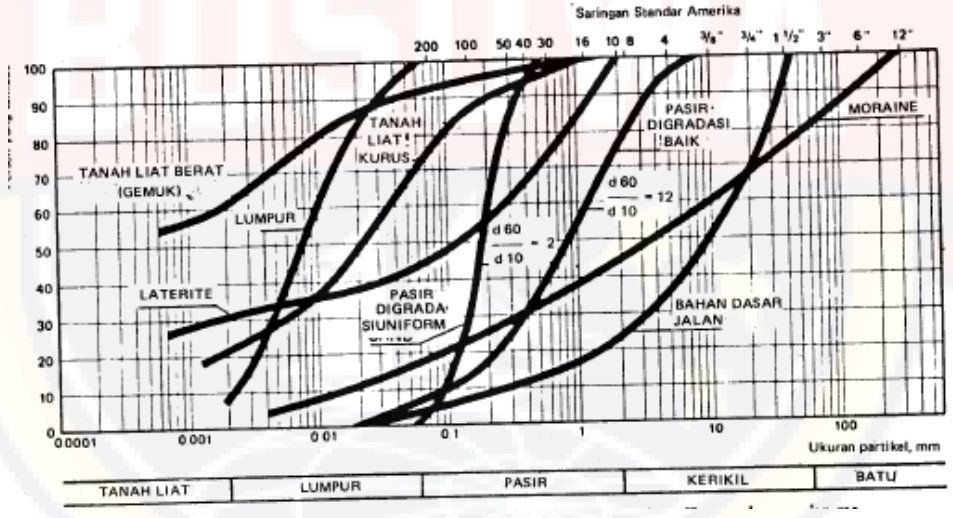
Atau

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$$

Dimana D_{60} dan D_{10} adalah diameter partikel yang sesuai dengan nilai 60 dan 10 persen pada kurve gradasi, dibandingkan Gambar 2.5. Tanah yang digradasi baik, mempunyai sebuah koefisien uniformitas (keseragaman) C_u lebih besar dari pada 4 maupun 6. Dalam hal ini rongga di antara partikel – partikel yang lebih besar diisi dengan partikel – partikel yang lebih kecil dan tanah yang digradasi baik membuat sebuah urukan yang lebih stabil daripada tanah yang digradasi uniform.



Gambar 2.4. Sistem klasifikasi ukuran butiran yang digunakan di Negara – Negara yang berlainan.



Gambar 2.5. Contoh kurve gradasi di Amerika dan Perancis grafik – grafik bersesuaian menunjukkan partikel – partikel besar ke sebuah kiri dan partikel – partikel kecil ke sebelah kanan.

2.2.2. Sistem Klasifikasi Tanah

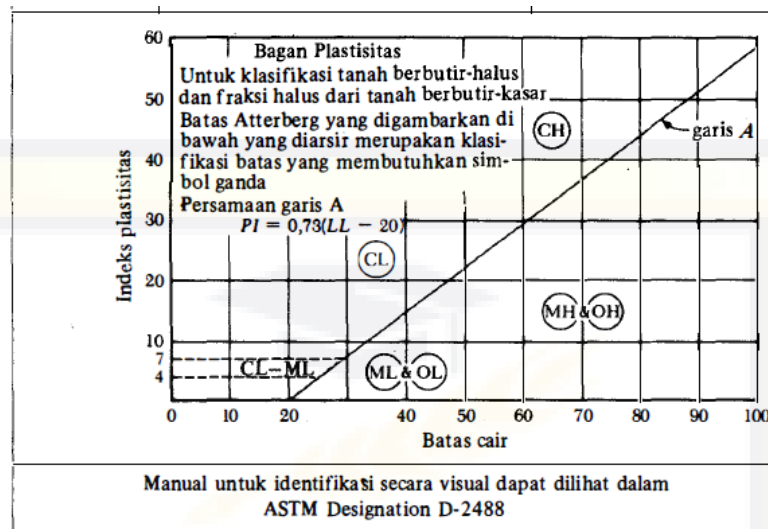
2.2.2.1. Sistem Klasifikasi Tanah USCS (Unified Soil Classification System)

Sistem klasifikasi tanah ini digunakan oleh Corps Zeni Angkatan Darat Amerika, Biro Reklamasi dan yang lain – lainnya, Tabel 2.1, mungkin yang paling terkenal. System ini, yang berasal dari A. Casagrande, menempatkan tanah dalam 15 kelompok, yang diidentifikasi dengan lambing nama dan huruf. Tanah – tanah berbutir diidentifikasi sebagai tanah dengan lebih dari 50 persen bahan yang lebih besar dari saringan No. 200. Tanah berbutir halus dibagi menjadi tanah – tanah dengan kompresibilitas rendah (L) atau tinggi (H). sebuah peta plastisitas, Gambar 2.6., digunakan untuk mengklasifikasi tanah – tanah berbutir halus.

2.2.2.2. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials Classification)

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai Public Road Administration Classification System. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan ; versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board dalam tahun 1945 (ASTM Standard no D-3282, AASHTO metode M 1 45).

Dalam system ini, tanah dengan daya dukung beban yang kira – kira sama diklasifikasikan dalam tujuh kelompok dasar, disebut sebagai A – 1 . sampai A – 7. Tanah terbaik untuk tanah dasar jalan raya diklasifikasikan sebagai A – 1, yang terbaik selanjutnya sebagai A – 2 dan seterusnya. Tabel 2.2



Gambar 2.6. Peta klasifikasi plastisitas

Untuk mengevaluasi mutu (kualitas) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (subgrade) dari suatu jalan raya, suatu angka yang dinamakan *indeks grup* (group index, GI) juga diperlukan selain kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Harga GI ini dituliskan di dalam kurung setelah nama kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti dibawah ini :

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \quad (2.1)$$

di mana :

F = persentase butiran yang lolos ayakan No.200

LL = batas cair (liquid limit)

PI = indeks plastisitas

Suku pertama persamaan 2.1, yaitu $(F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)]$, adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL).

Suku yang kedua, yaitu $0,01 (F - 15) (PI - 10)$, adalah bagian dari

indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (PI). Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup :

- a. Apabila persamaan (2.1) menghasilkan nilai G_I yang negative, maka G_I dianggap nol.
- b. Indeks grup yang dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.1) dibulatkan ke angka yang paling dekat (sebagai contoh: $G_I = 3,4$ dibulatkan menjadi 3,0; $G_I = 3,5$ dibulatkan menjadi 4,0).
- c. Tidak ada batas untuk indeks grup.
- d. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1a, A-1b, A-224, A-225, dan A-3 selalu sama dengan nol
- e. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan, yaitu
$$G_I = 0,01 (F - 15) (PI - 10).$$

Pada umumnya, kualitas tanah yang digunakan untuk bahan tanah dasar dapat dinyatakan sebagai kebalikan dari harga indeks grup.

2.2.2.3. Klasifikasi Tanah dengan Referensi Terhadap Pemampatan

Sulit untuk menggunakan system klasifikasi tanah konvensional untuk menentukan metode pemampatan yang paling sesuai dan jenis peralatan pemampatan. Satu alasan penting ialah bahwa limit konsistensi (limit cair, dan lain – lain) yang digunakan di dalam beberapa system klasifikasi yang tidak berhubungan langsung dengan kemampuan pemampatan. B. Brom dan L. Forssblad karenanya telah mengusulkan sebuah system klasifikasi yang akan digunakan dengan referensi terhadap pemampatan. Tabel 2.3.

Menurut system ini, gradasi tanah di Kelompok I, II dan III ditentukan. Untuk Kelompok IV, kekuatan tanah harus diukur misalnya dengan uji laboratorium mengenai kekuatan tekan tidak terbatas. Sebuah baling – baling atau uji lapangan dengan penetrometer dapat juga digunakan. Kekuatan itu harus diukur pada kandungan air yang akan dapat digunakan selama pemampatan.



Tabel 2.1. Sistem Klasifikasi Tanah Unified

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama umum
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya Kerikil)	GW Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan butiran halus	GP Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau.
		GC Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir lanau
			SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung.
	Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus (lean clay)
OL Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%		MH Lanau anorganik, pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays).	
		OH Lempung anorganik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Tabel 2.1. (Lanjutan)

	Kriteria klasifikasi	
Klasifikasi berdasarkan persentase butir halus Kurang dari 5% lolos ayakan No. 200 GW, GP, SW, SP Lebih dari 12% lolos ayakan No. 200 GM, GC, SM, SC 5% sampai 12% lolos ayakan No. 200 Klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dua simbol	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3.	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
	Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$	
	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
	Batas-batas atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$	

Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Tanah	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
	A - 1		A - 3	A - 2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos)							
No. 19	Maks. 50						
No. 40	Maks. 30	Maks. 51	Maks. 51				
No. 100	Maks. 15	Maks. 25	Maks. 10	Maks. 35	Maks. 35	Maks. 35	Maks. 35
Sifat fraksi yang lolos Ayakan No. 40 Batas Cair (LL)				Maks. 40	Maks. 41	Maks. 40	Maks. 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks. 6		NP	Maks. 10	Maks. 10	Maks. 11	Maks. 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir Halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Klasifikasi Tanah	Tanah lanau - lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7-5* A - 7-5'
Analisis ayakan (% lolos) No. 19 No. 40 No. 100	Maks. 6	Maks. 36	Maks. 36	Maks. 36
Sifat fraksi yang lolos Ayakan No. 40 Batas Cair (LL)	Maks. 40	Maks. 41	Maks. 40	Maks. 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks. 10	Maks. 10	Maks. 11	Maks. 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Bisa sampai jelek			

Tabel 2.3. Sistem Klasifikasi Tanah dengan Referensi terhadap Pemampatan

I. Urukan batuan dan tanah butiran dengan batu dan guling besar ¹⁾
II. Pasir dan kerikil ¹⁾ a. Digradasi-baik b. Digradasi uniform
III. Lumpur, tanah berlumpur, dan lain-lain: a. Pasir berlumpur, kerikil berlumpur, moraine. b. Lumpur dan lumpur berpasir, pasir berlempung, kerikil berlempung.
IV. Tanah Liat a. Tanah liat dengan kekuatan rendah atau sedang ²⁾ b. Tanah liat dengan kekuatan tinggi ³⁾

1) Dengan kurang dari 5 sampai 10 persen dari bahan yang lebih kecil dari 0,06 mm

2) Kekuatan tekan tidak terbatas < 0,2 Mpa

3) Kekuatan tekan tidak terbatas > 0,2 Mpa.

Kelompok I dan II, yang terdiri dari blok (batu guling), batu (kerakal), kerikil atau pasir adalah tanah – tanah non-kohefif dan bebas air. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya mereka lebih disukai sebagai bahan urukan da relatif mudah dimampatkan. Sejumlah kecil butiran halus (lumpur dan lempung) dapat diterima dalam tanah – tanah yang termasuk pada kelompok I dan II. Persentase butiran maksimum yang bias diterima berbeda – beda tergantung pada ukuran partikel dan sifat lain dari butiran halus itu. Sebuah persentase maksimum dari partikel – partikel yang lebih kecil dari 0,06 mm sebesar 5 sampai 100 persen ditunjukkan dalam system klasifikasi yang diusulkan. Kelompok III dan IV mempunyai kadnungan butiran halus tertentu. Derajat pemampatan yang dapat dicapai, sangat tergantung pada kandungan air. Jika sebuah derajat pemampatan yang tinggi diperlukan, kandungan air tidak boleh berbeda besar dari kandungan air maksimum. Untuk memampatkan tanah liat (kelompok IV) pada kandungan air di bawah atau di sekitar optimum, kompaktor (alat pemadat) yang menghasilkan tekanan kontak statis atau dinamis yang tinggi diperlukan untuk mengatasi tahanan geser. Juga perlu untuk bekerja dengan ketebalan lapisan terbatas. Metode pemampatan yang sesuai harus ditentukan dengan kekuatan tanah, yang menunjukkan kompaktibilitas yang lebih baik.

2.3. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah secara kimiawi biasa juga disebut “ stabilisasi sementara (Cementation Stabilization). Ada berbagai macam stabilisasi tanah sementara anatar lain :

- Stabilisasi dengan kapur (lime stabilization)
- Stabilisasi dengan semen (cement stabilization)

- Stabilisasi dengan larutan (grouting / injection stabilization)
- Dan lain – lain yang masih terus akan berkembang.

Stabilisasi tanah adalah segala macam usaha untuk memperbaiki atau meningkat daya dukung tanah (*bearing capacity*). Tanah sehingga mampu memikul beban yang berada di atasnya baik dalam keadaan kering maupun basah, dapat mempertahankan bentuk dan sifat sebagai suatu massa yang mempunyai fungsi untuk memikul beban dinamis.

2.3.1. Stabilisasi Tanah Berbutir Kasar Dengan Kapur (*Lime Stabilization*)

Bahan kapur yang digunakan dalam stabilisasi tanah adalah jenis bubuk kapur. Yang rumusan mineralnya Ca CO_3 dengan pemanasan ($\pm 980^\circ \text{C}$) karbon dioksidanya ke luar dan tinggal kapurnya saja (CaO). Metode ini mulai berkembang pada dekade antara Perang Dunia I dengan Perang Dunia II, yaitu pada saat angkatan perang negara – negara yang terlihat PD I dan sementara mempersiapkan kekuatan untuk PD II aktifkan membangun jalan – jalan guna mobilisasi peralatan perangnya. Akan tetapi perkembangan pesat baru tercapai pasca PD II, seiring dengan upaya pembangunan di berbagai Negara maju guna mendirikan infrastruktur yang mengalami kehancuran dan kemunduran selama terjadinya PD II tersebut.

Dimana defenisi kapur itu adalah termasuk golongan bahan pengikat hidrolis, dimana bahan pengikat hidrolis adalah bahan yang dicampur dengan menjadi bentuk plastic dapat mengikat dan mengeras di bawah efek proses fisik dan kimia yang berlainan.

Ada beberapa jenis – jenis kapur :

- Kapur Tohor (Gumpalan)

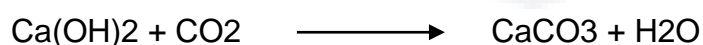
- Kapur Padam (Serbuk)
- Kapur hidrolis (Kapur Padam)
- Kapur Udara
- Kapur Magnesium.

Kapur hasil pembakaran apabila ditambahkan air maka mengembang dan retak-retak. Banyak panas yang keluar (seperti mendidih) selama proses ini, hasilnya adalah kalsium hidroksida Ca(OH)_2 . Air yang dipakai untuk proses ini secara teoritis hanya 32 % berat kering kapur, tetapi karena faktor-faktor antara lain pembakaran, jenis kapur, dan sebagainya, kadang-kadang air yang diperlukan 2 atau 3 kali volume kapur.

Susunan batu kapur terdiri dari :

- Jumlah karbonat (CO_3) : 97%
- Kapur tohor (CaO) : 29,77 - 55,5%
- Magnesium(MgO) : 21 - 31%
- Silika(SiO_2) : 0,14-2,41%
- Alumina (Al_2O_3) dan Oxid Besi (Fe_2O_3) : 0,5%

Proses kimia pembentukan kapur dapat ditulis sebagai berikut (Tjokrodimuljo,1992 dalam Fathani,1998) :



Kapur sebagai bahan stabilisasi, biasanya digunakan kapur mati (slake lime) atau kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), dan kapur hidup (quick lime) atau kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida (CaO) lebih efektif pada kasus-kasus tertentu, kapur jenis ini mempunyai kelemahan-kelemahan pada

pelaksanaanya, yaitu menyebabkan alat-alat mudah berkarat dan berbahanya terhadap keselamatan pekerja. Dalam pelaksanaan stabilisasi, kapur yang sering digunakan adalah kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), sedangkan kalsium karbonat (CaCO_3) kurang efektif sebagai bahan stabilisasi kecuali sebagai pengisi.

Dengan penambahan kapur akan mereduksi plastisitas tanah, meningkatkan kekuatan dan daya tahan, meningkatkan penyerapan air dan pengembangan (swelling) yang diakibatkan oleh air. Pada keadaan ini efek stabilisasi adalah karena proses kimia tertentu dan bukanlah suatu penguatan akibat perlakuan mekanis. Proses kimia ini mengubah struktur tanah dengan cara pembentukan agregat butir yang lebih besar (flokulasi), dan hal inilah yang sangat menguntungkan untuk suatu konstruksi. Penambahan kapur mempengaruhi karakteristik pemadatan, yaitu kadar air optimum (w_{opt}) naik, berat volume kering maksimum (γ_{dmaks}) turun dan kurva pemadatan lebih datar.

Peningkatan kekuatan (strength) akibat dari stabilisasi berbutir kasar dengan kapur disebabkan 3 reaksi yang terjadi, yaitu : penyerapan air (hydration of soil), flocculation/pertukaran ion (ion exchange), dan cementation (pengerasan)/reaksi pozolan (pozzolanic reaction). Mekanisme lainnya adalah karbonisasi (carbonation), reaksi ini menyebabkan sedikit peningkatan kekuatan, sehingga dapat diabaikan. Reaksi cepat (short term reaction) meliputi hidrasi untuk kapur hidup dan flokulasi. Reaksi lambat (long term reaction) meliputi sementasi (cementation) dan karbonisasi (carbonation).

2.4. Analisis Sifat Mekanis Tanah

2.4.1. Permeabilitas Tanah

Permeabilitas adalah kemampuan bahan yang berpori untuk melewatkan aliran (rembesan) dari fluida (air / minyak) melalui rongga pori – porinya. Jamulya dan Suratman Woro Suprodjo (1983), mengemukakan bahwa permeabilitas adalah cepat lambatnya air merembes ke dalam tanah baik melalui pori makro maupun pori mikro baik ke arah horizontal maupun vertikal. Tanah adalah kumpulan partikel padat dengan rongga yang saling berhubungan. Rongga ini memungkinkan air dapat mengalir di dalam partikel melalui rongga dari satu titik yang lebih tinggi ke titik yang lebih rendah. Sifat tanah yang memungkinkan air melewatinya pada berbagai laju alir tertentu disebut permeabilitas tanah. Sifat ini berasal dari sifat alami granuler tanah, meskipun dapat dipengaruhi oleh faktor lain (seperti air terikat di tanah liat). Jadi, tanah yang berbeda akan memiliki permeabilitas yang berbeda.

Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya. Berarti suatu lapisan tanah berbutir kasar yang mengandung butiran-butiran halus memiliki harga k yang lebih rendah dan pada tanah ini koefisien permeabilitas merupakan fungsi angka pori. Kalau tanahnya berlapis-lapis permeabilitas untuk aliran sejajar lebih besar dari pada permeabilitas untuk aliran tegak lurus. Lapisan permeabilitas lempung yang bercelah lebih besar dari pada lempung yang tidak bercelah.

Jenis Tanah	Koef. Permeabilitas (cm/detik)	Karakteristik Drainase
1. Kerikil basah	5 - 10	Baik
2. Pasir kasar bersih	0,4 - 3	Baik
3. Pasir medium bersih	0,05 - 0,15	Baik
4. Pasir halus bersih	0,004 - 0,02	Jelek sampai baik
5. Pasir dan kerikil kelanauan	10^{-5} - 10^{-4}	Jelek
6. Pasir kelanauan	10^{-6} - 10^{-5}	Jelek
7. Pasir kelempungan	10^{-6}	Jelek
8. Lempung kelanauan	10^{-7}	Jelek
9. Lempung	10^{-8}	Jelek
10. Lempung koloid	10^{-9}	Jelek

Gambar 2.7. Perkiraan koefisien permeabilitas dan karakteristik drainase (Sumber : Merrit, 1976)

Faktor-faktor yang mempengaruhi permeabilitas adalah sebagai berikut:

1. Tekstur tanah

Tekstur tanah adalah perbandingan antara pasir, liat, dan debu yang menyusun suatu tanah. Tekstur sangat berpengaruh pada permeabilitas. Apabila teksturnya pasir maka permeabilitas tinggi, karena pasir mempunyai pori-pori makro. Sehingga pergerakan air dan zat-zat tertentu bergerak dengan cepat.

2. Struktur tanah

Struktur tanah adalah agregasi butiran primer menjadi butiran sekunder yang dipisahkan oleh bidang belah alami. Tanah yang mempunyai struktur mantap maka permeabilitasnya rendah, karena mempunyai pori-pori yang kecil. Sedangkan tanah yang berstruktur lemah, mempunyai pori besar sehingga permeabilitanya tinggi. (Semakin kekanan semakin rendah)

3. Porositas

Permeabilitas tergantung pada ukuran pori-pori yang dipengaruhi oleh ukuran partikel, bentuk partikel, dan struktur tanah. Semakin kecil ukuran partikel, maka semakin rendah permeabilitas.

4. Viskositas cairan

Viskositas merupakan kekentalan dari suatu cairan. Semakin tinggi viskositas, maka koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin kecil.

5. Gravitasi

Gaya gravitasi berpengaruh pada kemampuan tanah untuk mengikat air. Semakin kuat gaya gravitasinya, maka semakin tinggi permeabilitasnya.

6. BI dan BJ

Jika BI tinggi, maka kepadatan tanah juga tinggi, sehingga permeabilitasnya lambat atau rendah.

2.4.1.1. Uji Permeabilitas di Laboratorium

Ada empat macam pengujian untuk menentukan koefisien permeabilitas di laboratorium :

- a) Uji tinggi energi tetap (*constant – head*)
- b) Uji tinggi energi turun (*falling – head*)
- c) Penentuan secara tidak langsung dari uji konsolidasi
- d) Penentuan secara tidak langsung dari uji kapiler horizontal.

2.4.1.2. Uji Permeabilitas dengan Tinggi Energi Tetap (*Constant- head*)

Pengujian ini cocok untuk jenis tanah granular. Prinsip pengujian dapat dilihat dalam Gambar 2.8. Tanah benda uji diletakkan di dalam silinder. Pada gambar tersebut tinggi energi hilang adalah h . aliran air lewat tanah diatur. Banyak air yang keluar ditampung di dalam gelas ukur. Waktu pengumpulan air

dicatat. Data pengamatan yang diperoleh, kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan Darcy :

$$Q = qt = kiAt$$

Dengan A adalah penampang benda uji dan Q adalah volume air dalam gelas ukur. Karena $i = h/L$, dengan L adalah panjang benda uji atau panjang pengaliran, maka $Q = k (h/L)At$. Dari persamaan ini diperoleh :

$$k = \frac{QL}{hAt} \quad (2.1)$$

Dalam tanah jenuh, asalkan rongga pori tanah tidak sangat besar, aliran air adalah laminar. Pada rentang aliran laminar, Darcy (1856) mengusulkan persamaan yang menyatakan hubungan antara kecepatan dan gradien hidrolis

$$v = k.i$$

Gradient hidrolis (i), didefinisikan sebagai : (2.2)

$$i = \frac{h}{L} \quad (2.3)$$

Dengan L adalah panjang sampel,

Karena air hanya dapat mengalir lewat rongga pori, maka persamaan kecepatan sebenarnya rembesan lewat tanah (v_s) dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini :

$$v_s = \frac{v}{n} \quad (2.4)$$

atau

$$v_s = \frac{k.i}{n} \quad (2.5)$$

Untuk tanah dengan volume satuan , porositas (n), dinyatakan oleh :

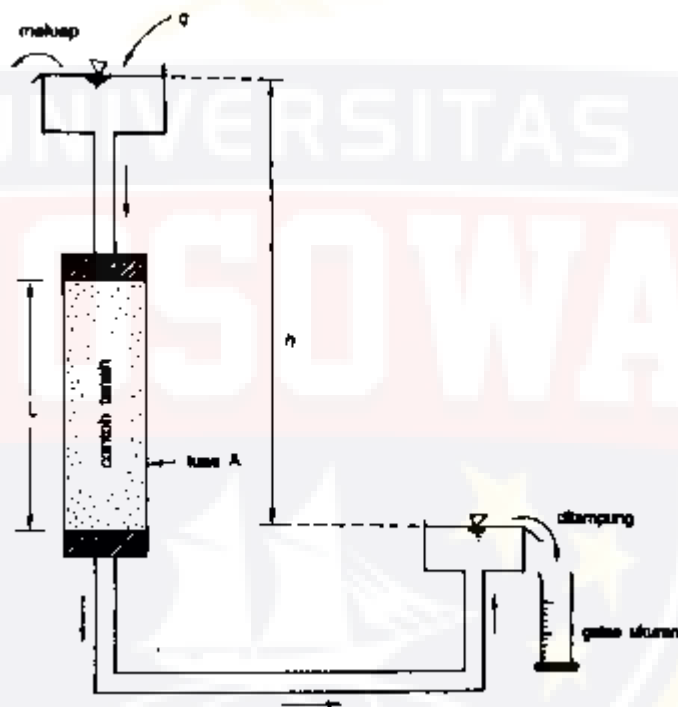
$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (2.6)$$

Dengan n adalah porositas tanah.

Angka Pori (e), didefinisikan sebagai :

$$e = \left(\frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_d} \right) - 1 \quad (2.7)$$

Suku persamaan di sebelah kanan diperoleh dari hasil pengujian. Dengan Substitusi masing - masing nilainya, maka koefisien permeabilitas (k) dapat diperoleh.



Gambar 2.8 Prinsip uji permeabilitas *constant-head*

2.4.1.3. Hubungan Permeabilitas dengan Angka Pori Tanah Granuler

Tabel 2.4 Koefisien permeabilitas pasir seragam Madison

Nomor Pengujian	Angka Pori e	K ₂₀ (mm/det)	$\frac{e^3}{1+e}$	$\frac{e^2}{1+e}$	e ²
1	0,797	0,504	0,282	0,353	0,635
2	0,704	0,394	0,205	0,291	0,496
3	0,606	0,303	0,139	0,229	0,367
4	0,804	0,539	0,228	0,358	0,646
5	0,688	0,356	0,193	0,280	0,473
6	0,617	0,286	0,144	0,235	0,381
7	0,755	0,490	0,245	0,325	0,570
8	0,687	0,436	0,192	0,280	0,472
9	0,582	0,275	0,125	0,214	0,339

2.4.1.4. Prosedur Pengujian Permeabilitas

a. Constan Head

- Ambil contoh pasir secukupnya.
- Campurkan air secukupnya untuk menghindari segregasi selama pengisian tabung sehingga campuran tersebut dapat mengalir bebas untuk membentuk lapisan-lapisan dalam tabung.
- Lepaskan tutup tabung lalu masukkan batu pori kedalamnya.
- Masukkan campuran tanah tadi kedalam tabung. Pengisian diteruskan sampai didapatkan ketinggian tanah 6 cm.
- Padatkan lapisan tanah tersebut, sampai ketinggian yang diinginkan
- Letakkan batu pori diatasnya lalu masukkan pegas. Tutup kembali tabung tersebut, catat tinggi benda uji dalam tabung.
- Nyalakan stopwatch dan tampung air yang keluar dengan gelas ukur. Catat waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan volume tertentu.

2.4.2. Kuat Geser Tanah

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis - analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding

penahan tanah. Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh karena akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang rumahnya, dinyatakan oleh persamaa :

$$\tau = f (\sigma)$$

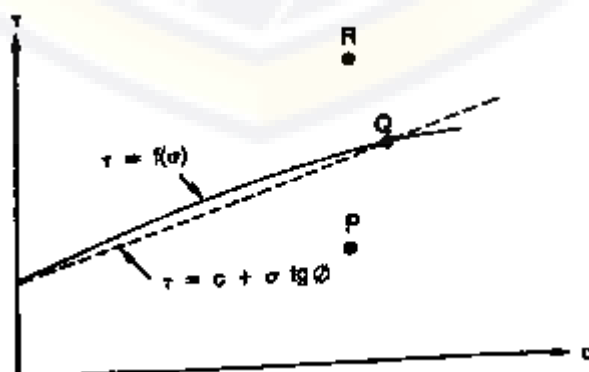
Dengan τ adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (*failure*), dan σ adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut. Garis kegagalan yang didefinisikan dalam persamaan (2.8), adalah kurva yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir - butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- 1) Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
- 2) Gesekan antara butiran - butiran tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Coulomb (1776) mendefenisikan $f (\sigma)$ sebagai :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (2.9)$$



Gambar 2.9 Kriteria kegagalan Mohr dan Coulomb.

Dengan :

τ = kuat geser tanah (KN/m²)

c = kohesi tanah (KN/m²)

ϕ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (derajat)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (KN/m²)

Persamaan 2.9 ini disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr - Coulomb, di mana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam Gambar 2.9.

Pengertian mengenai keruntuhan suatu bahan dapat diterapkan sebagai berikut (Gambar 2.9) : Jika tegangan - tegangan baru mencapai titik P , keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan - tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan yang terjadi mencapai titik R , bahan sudah mengalami keruntuhan. Tegangan - tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori. Terzaghi (1925) mengubah persamaan Coulomb dalam bentuk tegangan efektif sebagai berikut :

$$\tau = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \phi'$$

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi'$$

dengan :

c' = kohesi tanah efektif (KN/m²)

σ' = tegangan normal efektif (KN/m²)

u = tekanan air pori (KN/m²)

ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)

Persamaan 2.9 menghasilkan data yang relatif tidak tepat, nilai - nilai c dan φ yang diperoleh sangat tergantung dari jenis pengujian yang dilakukan. Persamaan (2.10) menghasilkan data untuk nilai - nilai c' dan φ' yang relatif lebih tepat.

Kuat geser tanah juga bias dinyatakan dalam bentuk tegangan - tegangan efektif σ_1' dan σ_3' pada saat keruntuhan terjadi. σ_1' adalah tegangan utama mayor efektif dan σ_3' adalah tegangan utama minor efektif. Lingkaran Mohr dalam bentuk lingkaran tegangan, dengan koordinat - koordinat τ dan σ' , dilihat dalam Gambar 2.10, Persamaan tegangan geser, dinyatakan oleh :

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_1' - \sigma_3') \sin 2\theta \quad (2.11)$$

$$\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_1' + \sigma_3') + (\sigma_1' - \sigma_3') \cos 2\theta \quad (2.12)$$

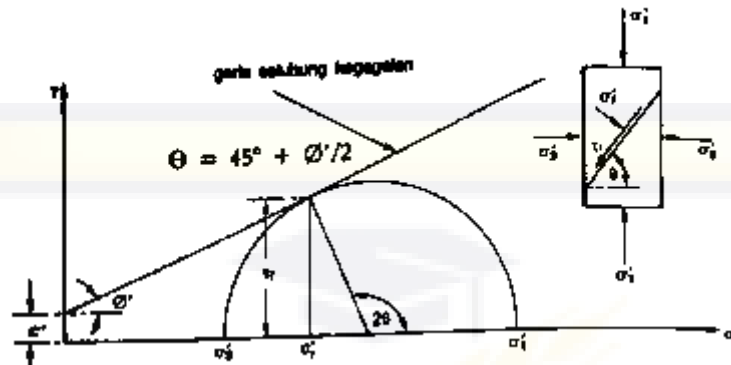
Dengan θ adalah sudut teoritis antara bidang horizontal dengan bidang runtuh, yang besarnya :

$$\theta = 45^\circ + \varphi'/2 \quad (2.13)$$

Dari Gambar 2.9 hubungan antara tegangan utama efektif saat keruntuhan dan parameter kuat geser juga dapat diperoleh. Besarnya nilai parameter kuat geser, dapat ditentukan dari persamaan - persamaan :

$$\sin \varphi' = \frac{\frac{1}{2}(\sigma_1' - \sigma_3')}{c \operatorname{tg} \varphi' + \frac{1}{2}(\sigma_1' - \sigma_3')} \quad (2.14)$$

$$(\sigma_1' + \sigma_3') = 2 \cos \varphi' + (\sigma_1' + \sigma_3') \sin \varphi' \quad (2.15)$$



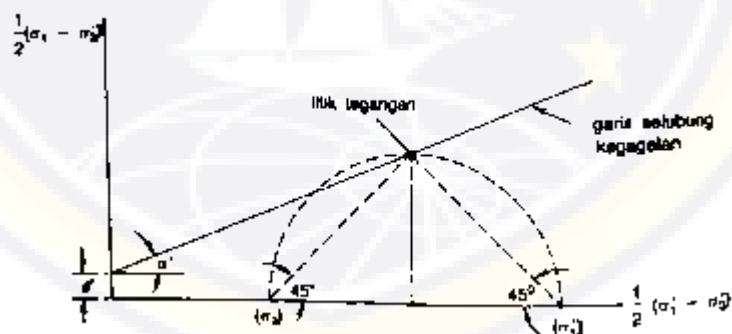
Gambar 2.10 Lingkaran Mohr

Persamaan (2.9) digunakan untuk kriteria keruntuhan atau kegagalan menurut Mohr-Coulomb.

Bila kedudukan tegangan - tegangan digambarkan dalam koordinat - koordinat $p - q$, dengan

$$p = \frac{1}{2} (\sigma'_1 + \sigma'_3) \text{ dan } q = \frac{1}{2} (\sigma'_1 - \sigma'_3)$$

Sembarang kedudukan dapat ditunjukkan oleh sebuah titik tegangan sebagai ganti dari lingkaran Mohr (lihat Gambar 2.11).



Gambar 2.11. Kondisi tegangan yang mewakili.

Kuat Geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir – butir tanah terhadap desakan atau butiran. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
- Gesekan antara butir – butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis – analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Untuk mempelajari kuat geser tanah, istilah – istilah berikut ini sering dipakai, yaitu :

- Kelebihan tekanan pori (*excess pore pressure*), adalah kelebihan tekanan air pori akibat dari tambahan tekanan yang mendadak.
- Tekanan *overburden efektif* adalah tekanan akibat beban tanah dan air di atasnya, dikurang tekanan air (pori).
- Tanah *normally consolidated* (terkonsolidasi normal) adalah tanah di mana tegangan efektif yang pernah membebaninya pada waktu lampau, lebih kecil daripada tegangan efektif yang bekerja pada waktu sekarang.
- Tanah *overconsolidated* (terkonsolidasi berlebihan) adalah tanah di mana tegangan efektif yang pernah membebaninya pada waktu lampau, lebih besar daripada tegangan efektif yang bekerja waktu sekarang.
- Tekanan prakonsolidasi (*preconsolidation pressure*) adalah nilai tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah tersebut.
- Nilai perbandingan *overconsolidation* (*overconsolidation ratio = OCR*) adalah nilai banding antara tekanan prakonsolidasi dengan tekanan *overburden efektif* yang ada sekarang. Jadi, bila $OCR = 1$ tanah dalam kondisi *normally consolidated*, dan bila $OCR > 1$, tanah dalam kondisi *overconsolidated*.

2.4.2.1. Uji Kuat Geser Tanah

Parameter kuat geser tanah ditentukan dari uji – uji laboratorium pada benda uji yang diambil dari lapangan yaitu dari hasil pengeboran tanah yang dianggap mewakili. Tanah yang diambil dari lapangan harus diusahakan tidak berubah kondisinya, terutama pada contoh asli (*undisturbed*), di mana masalahnya adalah harus menjaga kadar air dan susunan tanah di lapangannya supaya tidak berubah. Pengaruh kerusakan contoh benda uji berakibat fatal terutama pada pengujian tanah lempung. Umumnya, contoh benda uji diperoleh baik dengan kondisi terganggu atau tidak asli (*disturbed-simple*) maupun di dalam tabung contoh (*undisturbed-simple*). Pada pengambilan tanah benda uji dengan tabung, biasanya kerusakan contoh tanah relative lebih kecil.

Kuat geser tanah dari benda uji yang diperiksa di laboratorium biasanya dilakukan dengan besar beban yang ditentukan lebih dulu dan dikerjakan dengan menggunakan tipe peralatan khusus. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kuat geser tanah yang diuji di laboratorium, adalah :

- a. Uji geser langsung (*direct shear test*)
- b. Uji traksial (*triaxial test*)
- c. Uji tekan bebas (*unconfined compression test*)
- d. Uji geser kipas (*vane shear test*).

2.4.2.2. Kuat Geser Tanah Pasir (Granuler)

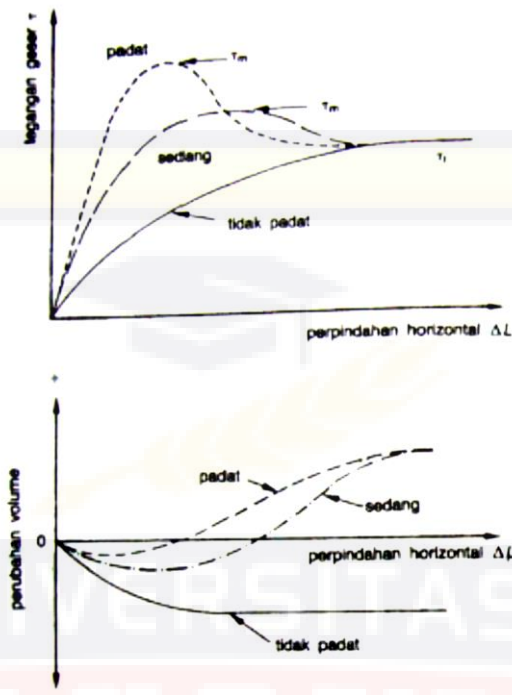
Kuat geser tanah pasir dapat ditentukan dari salah satu uji traksial (*triaxial test*) atau uji geser langsung (*direct shear test*). Kelebihan tekanan air pori akibat adanya beban yang bekerja di atas tanah pasir dalam kondisi jenuh adalah nol. Hal ini disebabkan tanah pasir mempunyai permeabilitas besar,

sehingga pada kenaikan beban, air pori relative cepat menghambur ke luar tanpa menimbulkan tekanan yang berarti. Jadi, dapat dianggap bahwa kondisi pembebanan pada tanah pasir akan berupa pembebanan pada kondisi terdrainase atau *drained*.

2.4.2.3. Uji Geser Langsung pada Tanah Pasir

Gambar 2.8 memperlihatkan sifat khusus dari hasil uji geser langsung pada tanah pasir tidak padat, sedang dan padat. Dari gambar tersebut dapat terlihat bahwa :

- a. Pada tanah pasir padat dan sedang, tegangan geser bertambah oleh perpindahan akibat ΔL , pada suatu nilai maksimum τ_m dan berkurang ke nilai yang mendekati konstan pada nilai τ_t pada perpindahan akibat geser yang besar. Tegangan yang konstan (τ_t ini merupakan tegangan geser batas (unlimit).
- b. Pada tanah pasir tidak padat, tegangan, tegangan geser bertambah dengan ΔL , pada suatu nilai maksimum, dan kemudian konstan.
- c. Untuk tanah pasir padat dan sedang, volume awal berkurang kemudian bertambah dengan ΔL – nya. Pada ΔL yang besar, volume benda uji mendekati konstan.
- d. Untuk tanah pasir tidak padat, volume benda uji berangsur – angsur berkurang pada suatu nilai tertentu dan kemudian mendekati konstan.



Gambar 2.12 Hasil uji geser langsung pada tanah pasir

Pada pasir padat, butiran berhubungan saling mengunci satu sama lain dan rapat. Sebelum kegagalan geser terjadi, hubungan yang saling mengunci ini menambah perlawanan gesek pada bidang geser. Setelah tegangan puncak tercapai pada nilai ΔL yang rendah, tingkat penguncian antar butirnya turun dan tegangan geser selanjutnya berkurang. Pengurangan tingkat penguncian antar butir menghasilkan penambahan volume contoh benda uji selama geseran berlangsung. Kadang – kadang benda uji menjadi cukup mengembang sehingga meluap dari tempatnya. Pada kondisi ini tergantung geser menjadi konstan, yaitu pada nilai tegangan batasnya. Derajat hubungan saling mengunci antar butir akan sangat besar pada tanah – tanah pasir yang bergradasi baik dengan bentuk butiran yang bersudut. Dalam keadaan ini, pasir akan mempunyai kuat geser yang tinggi. Pada pasir yang tidak padat, derajat penguncian antar butir kecil, sehingga kenaikan tegangan geser secara berangsur – angsur akan menghasilkan suatu nilai yang menuju puncak. Tiap

kenaikan tegangan geser, akan diikuti oleh pengurangan volume benda uji. Pada tegangan vertikal dan tegangan geser yang sama, nilai tegangan geser batas dan angka pori untuk pasir tidak padat dan tanah pasir padat mendekati sama. Benda uji tanah pasir dikatakan pada nilai bandng pori kritis, jika tercapai keadaan volume benda uji yang tetap tak berubah pada proses penggeseran. Pada tanah pasir, hanya kuat geser dari pengujian *drained*, relevan digunakan dalam praktek. Nilai kuat geser ϕ' ($c' = 0$) pada masing – masing kondisi pasir diperhatikan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Sudut geser dalam ϕ' untuk tanah pasir

Jenis Tanah	Sudut geser dalam efektif (ϕ')	
	Tidak Padat	Padat
• Pasir bulat – seragam	27°	35°
• Pasir gradasi baik, bentuk bersudut	33°	45°
• Kerikil berpasir	35°	50°
• Pasir berlanau	27° - 30°	30° - 34°

2.4.2.4. Faktor yang Mempengaruhi Kuat Geser Tanah Pasir

Karena tanah pasir terdiri dari butira kasar, jika tahanan geser tanah pasir bertambah, maka akan bertambah pula sudut gesek dalamnya (ϕ).

Faktor – faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah pasir adalah :

- a. Ukuran butiran,
- b. Air yang terdapat di antara butiran,
- c. Kekerasan permukaan butiran
- d. Angka pori (e) atau kerapatan relative (*relative density*) (D_r)
- e. Distribusi ukuran butiran,

- f. Bentuk butiran
- g. Tegangan utama tengah, dan
- h. Sejarah tegangan yang pernah dialami (*overconsolidation*).

Dari faktor – faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah pasir di atas, yang paling besar pengaruhnya adalah angka pori (e). Karena angka pori akan berpengaruh pada kerapatan. Pada uji geser langsung maupun triaksial, bila angka pori rendah atau kerapatan relative tinggi, kuat geser (sudut geser dalam) akan tinggi pula.

Pengaruh angka pori atau kerapatan relative, bentuk butiran, distribusi ukuran butiran dan ukuran partikel pada sudut gesek dalam tanah pasir yang disimpulkan oleh Casagrande (1936) diperlihatkan dalam Gambar 2.13. Nilai – nilainya diperoleh dari uji triaksial pada benda uji jenuh dengan besar tegangan sel sedang.

Jika dua macam tanah pasir mempunyai kerapatan relative (D_r) yang sama, tetapi gradasinya berlainan, pasir yang bergradasi lebih baik akan mempunyai sudut gesek dalam (ϕ) yang lebih besar. Ukuran butiran, untuk pasir dengan angka pori yang sama tak kelihatan banyak berpengaruh besar pada sudut gesek dalamnya. Jadi, pasir halus dan pasir kasar pada angka pori yang sama tak mungkin mempunyai sudut gesek dalam yang sama (Casagrande, 1936). Parameter yang tak disebutkan pada table Gambar 2.13. adalah kekasaran permukaan butiran. Karena faktor ini sulit diukur. Pada umumnya, semakin kasar permukaan butiran, semakin besar pula sudut gesek dalamnya. Telah terbukti pula bahwa pasir basah mempunyai sudut gesek dalam 1° sampai 2° lebih rendah daripada pasir kering.

Faktor lain, yaitu pengaruh tegangan utama tengah (σ_2). Nilai – nilai sudut gesek yang dibicarakan di atas adalah hasil uji gesek langsung dan uji triaksial, di mana $\sigma_3 = \sigma_2$. Terdapat alat uji triaksial yang lain, yaitu uji triaksial bentuk kubus, di mana dengan alat ini dapat divariasikan penerapan tegangan utama tengah pada system tegangan yang bekerja. Ladd dkk. (977) telah menyelidiki bahwa sudut gesek dalam tanah pasir tidak padat yang diperoleh dari uji *plane strain* lebih besar 2° sampai 4° dari sudut gesek dalam yang diperoleh dari uji triaksial. Untuk pasir yang padat, nilai sudut gesek dalam dari pengujian *plane strain* lebih besar 4° sampai 9° . Faktor tegangan yang pernah dialami oleh tanah pasir tidak begitu berpengaruh terhadap sudut gesek dalam. Akan tetapi, sangat mempengaruhi pada kelakuannya terhadap penurunan (Lambrechts dan Leoard, 1978).

Deskripsi	Bentuk butiran	D_{10} mm	C_u	Tidak Padat		Padat	
				c	ϕ°	c	ϕ°
1. Pasir standar Ottawa	Bulat benar	0,56	1,2	0,7	28	0,53	35
2. Pasir dan batu pasir St. Peter	Bulat	0,16	1,7	0,69	31	0,47	37
3. Pasir pantai dari Plymouth	Bulat	0,18	1,5	0,89	29	-	-
4. Pasir berlanau dari Dam Franklin Fall	Agak bulat	0,03	2,1	0,85	33	0,65	37
5. Pasir berlanau dari Dam John Martin	Agak bersegi sampai agak bulat	0,04	4,1	0,65	36	0,45	40
6. Pasir agak berlanau dari Dam Ft. Peck	Agak bersegi sampai agak bulat	0,13	1,8	0,84	34	0,54	42
7. Pasir glasial disaring, Manchester	Agak bersegi	0,22	1,4	0,85	33	0,6	43
8. Pasir dari pantai Dam urugan, Proyek Quabbin	Agak bersegi	0,07	2,7	0,81	35	0,54	46
9. Batuan pecah dipadatkan gradasi baik	Bersegi	-	-	-	-	0,18	60

Catatan : Semua sudut gesek dalam (ϕ) diambil dari uji triaksial, hanya nomor 8 dari uji geser langsung.

Gambar 2.13. Hubungan angka pori, bentuk butiran, dan distribusi ukuran butiran terhadap sudut gesek dalam pasir (Casagrande,1936)

Meyerhof (1956), mengusulkan sudut gesek dalam ϕ tanah pasir yang didasarkan pada beberapa pengamatan di lapangan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.14. Pengamatan ini didasarkan pada hubungan sudut gesek dalam, kerapatan relative dan hasil dari pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) dan tahanan kerucut statis atau sondir.

Kondisi	Kerapatan relatif (<i>Dr</i>)	Nilai SPT (<i>N</i>)	Nilai tahanan kerucut statis (sondir) (<i>qc</i>) (kg/cm ²)	Sudut gesek dalam (ϕ)
Sangat tidak padat	< 0,2	< 4	< 20	< 30°
Tidak padat	0,2 - 0,4	4 - 10	20 - 40	30° - 35°
Agak padat	0,4 - 0,6	10 - 30	40 - 120	35° - 40°
Padat	0,6 - 0,8	30 - 50	120 - 200	40° - 45°
Sangat padat	> 0,8	> 50	> 200	> 45°

Gambar 2.14 Hubungan kerapatan relative dan sudut gesek dalam tanah pasir dari penyelidikan di lapangan (Meyerhof, 1956)

2.4.2.5. Prosedur Pengujian Kuat Geser

- a. Siapkan benda uji sebanyak 3 buah
- b. Masukkan contoh. tanah kedalam tabung pembuat contoh (sample tube), kemudian keluarkan dengan alat pengeluarnya (extrude). Ratakan tanah yang menonjol di kedua ujung benda uji dengan pisau pemotong (wire saw).
- c. Timbang benda uji dengan ketelitian 0.1 gram
- d. Stel bak geser dimana plat geser bawah diletakkan pada permukaan dasar bak perendam kemudian kencangkan baut pengunci.
- e. Setelah itu pasang plat geser atas kemudian pasang pen sehingga plat geser bawah dan atas lubangnya akan simetris.

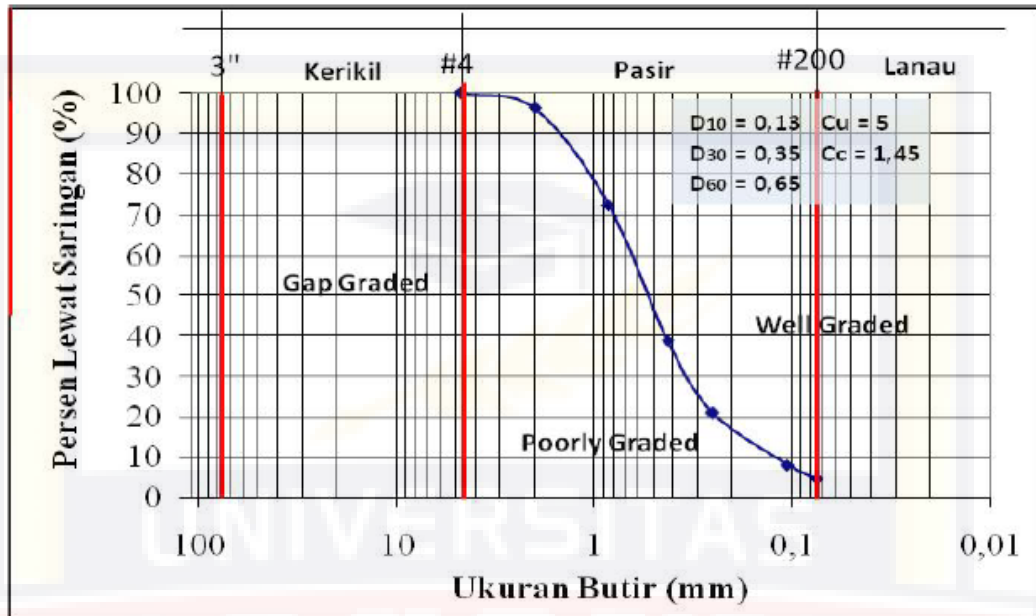
- f. Kemudian masukkan plat atas kemudian batu pori. Setelah itu letakkan benda uji kemudian himpit dengan batu pori dan penekan contoh.
- g. Pasang instalasi muatan dan palang kecilnya akan berhubungan dengan lengan keseimbangan. Kemudian atur handle setelah seimbang.
- h. Pasang dial pergeseran dan proving ring.
- i. Atur posisi jarum pergeseran pada angka nol dan atur pula dial proving ring pada angka nol.
- j. isi bak perendam dengan air sesuai kebutuhan.
- k. Pasang beban pertama kemudian catat proses konsolidasi, tentukan $t = 50$ untuk penentuan kecepatan pergeseran.
- l. Buka pen pengunci lalu putar pen peregang.
- m. Putar engkol sehingga tanah mulai menerima beban geser. Baca dial proving ring dan dial pergeseran setiap 15 detik sampai tercapai beban maximum atau deformasi 10% diameter benda uji.
- n. Masukkan benda uji kedua sesuai prosedur a. s/d i. (gunakan 2 kali beban pertama). Untuk benda uji ketiga lakukan seperti prosedur j. s/d l. diatas (gunakan beban 3x).

2.5. Percobaan Terdahulu

2.5.1. Pengujian Awal Terhadap Tanah Pasir

Parameter	Nilai
Berat jensi, Gs	2,65
Ukuran fraksi :	
Kasar (pasir)	95%
Halus (lanau, lempung)	4,8%
Pemadatan Proctor Standar :	
Beart volume kering maksimum	2 gr/cm ³
Kadar air optimum,	13,4%
Klasifikasi tanah pasir USCS	SP

Gambar 2.15 Hasil pengujian awal terhadap tanah pasir



Gambar 2.16 Kurva ukuran butiran pasir

2.5.2. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Berat Jenis

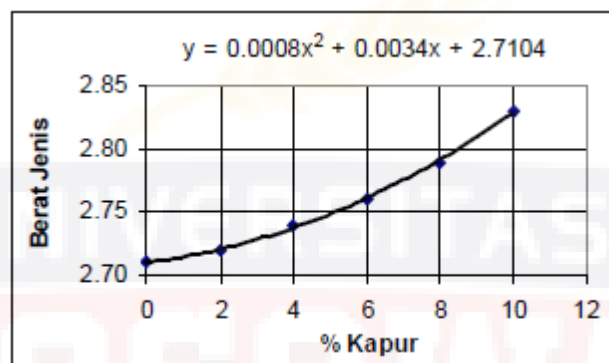
Nilai berat jenis pada kondisi adalah 2,71 dan setelah penambahan kapur 2% berat jenis menjadi 2,72 , 4% adalah 2,74 , 6% adalah 2,76 , 8 % adalah 2,79. Peningkatan nilai dari asli ke penambahan kapur 2 % adalah 1 % , 2 % ke 4 % adalah 2 % , 4 % ke 6 % adalah 2 % , dan 6 % ke 8 % adalah 3 %.

Penambahan kapur terhadap tanah menunjukkan kecenderungan adanya peningkatan nilai berat jenis seiring dengan bertambahnya persentase kapur yang digunakan (Gambar 2.13). Hal ini disebabkan, karena bercampurnya antara dua bahan dengan berat jenis yang berbeda.

Selain itu, campuran kapur dengan tanah mengakibatkan mengecilnya rongga – rongga pori yang telah ada dan merekatkan partikel – partikel tanah, sehingga sebagian tanah akan dikelilingi bahan kapur yang lebih keras dan lebih sulit ditembus air. Rongga pori yang terisolasi oleh lapisan kapur akan terukur sebagai volume butir sehingga memperbesar volume butir.

Tabel 2.6 Hasil uji penambahan kapur terhadap berat jenis

No.	Kapur %	Berat Jenis
1	0	2,71
2	2	2,72
3	4	2,74
4	6	2,76
5	8	2,79



Gambar 2.17 Hubungan antara % kapur dengan berat jenis

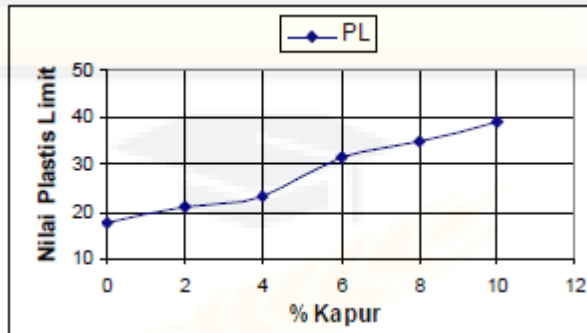
2.5.3. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Batas Konsistensi

Hasil uji batas konsistensi menunjukkan bahwa penambahan kapur mampu meningkatkan plastisitas tanah. Dari uji yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan kapur dapat menurunkan plastisitas indeks tanah. Hal ini disebabkan terjadinya penurunan nilai batas cair, meningkatkan nilai batas plastis dan nilai batas susut. Penurunan indeks plastisitas dapat menyebabkan penurunan nilai potensial pengembangan. Nilai batas konsistensi dapat dilihat pada gambar 2.14 sampai gambar 2.17 dibawah ini.

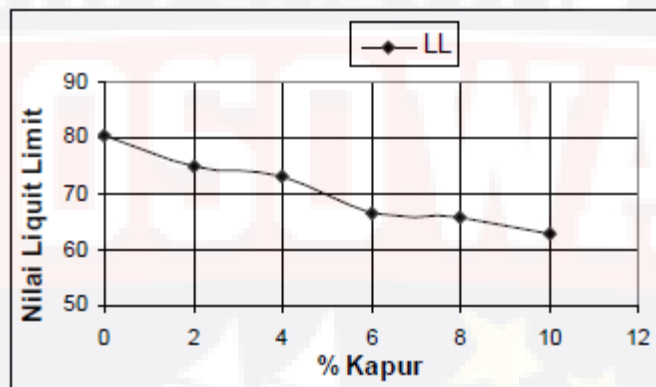
Tabel 2.7 Hasil uji atterberg terhadap penambahan kapur

No.	Kapur %	Batas Cair LL	Batas Plastis PL	Indeks Plastisitas PI	Batas Susut SL
1	0	80,62	17,71	62,91	22,39
2	2	75,12	21,13	53,99	27,37
3	4	73,11	23,18	49,93	30,09

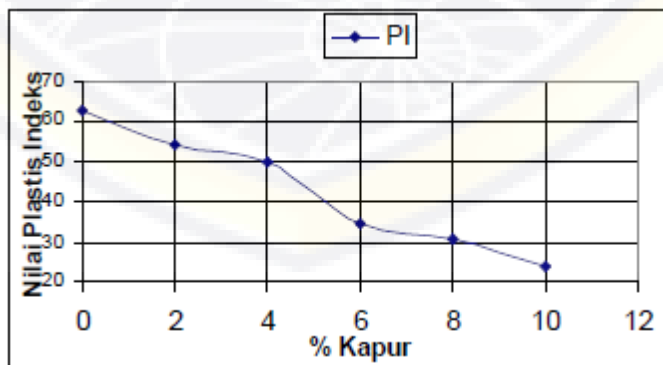
4	6	66,34	31,68	34,66	36,61
5	8	65,66	34,84	30,82	40,27



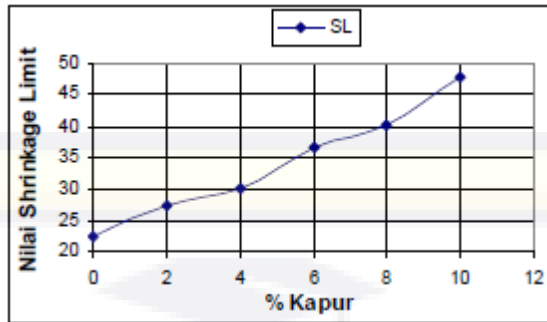
Gambar 2.18 Grafik hubungan antara persen kapur dengan nilai Liquit Limit (LL)



Gambar 2.19 Grafik hubungan antara persen kapur dengan nilai Plastis Limit (PL)



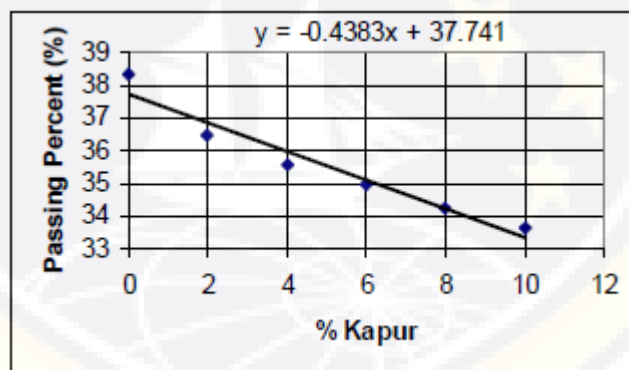
Gambar 2.20 Grafik hubungan antara persen kapur dengan nilai Plastis Indeks (PI)



Gambar 2.21 Grafik hubungan antara persen kapur dengan nilai Shringkage Limit (SL)

2.5.4. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Gradasi Butiran

Hasil uji gradasi uji tanah untuk tanah asli menunjukkan bahwa jumlah butiran halus lolos saringan nomor 200 adalah 38,34 % dan setelah penambahan persentase kapur 10 % menjadi 33,64 %, menyebabkan perubahan komposisi fraksi, yaitu bertambahnya fraksi tertahan saringan no. 200 (lihat gambar 2.22).



Gambar 2.22 Grafik Hubungan antara % kapur dengan fraksi lolos saringan No. 200

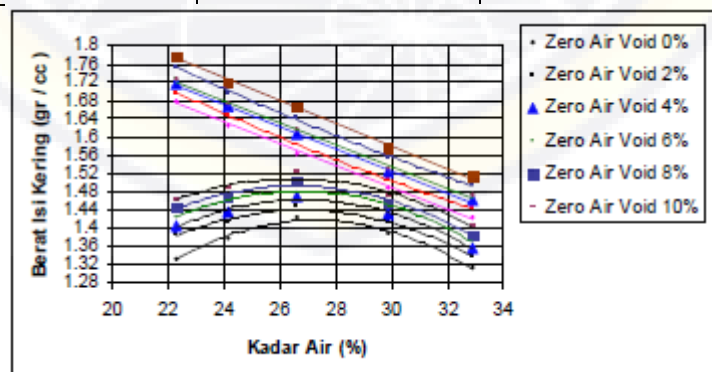
Perubahan ini menyebabkan gradasinya beragam. Salah satu penyebabnya adalah terjadinya penggumpalan akibat proses penambahan kapur, sebagian partikel berubah ukuran menjadi lebih besar.

2.5.5. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Pemadatan.

Karakteristik pemadatan adalah kepadatan (*densitas*) kering atau volume kering maksimum (MDD) dan kadar air optimum (OMC). Hasil uji pemadatan menunjukkan bahwa penambahan persentase kapur memperlihatkan kecenderungan peningkatan berat volume kering maksimum, (gambar 2.23). Dari gambar dapat dilihat nilai kadar air maksimum, berat isi kering untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.8. Hal ini disebabkan karena mengecilnya rongga – rongga antara partikel campuran tanah akibat penambahan kapur. Kenaikan berat volume kering maksimum, salah satu penyebabnya adalah semakin rapat jarak antara partikel tanah, sehingga tanah lebih padat dan terjadi penurunan kadar air optimum.

Tabel 2.8 Hasil Uji Pemadatan

No.	Kadar Kapur %	W optimum (%)	γ D Maksimum (gr / cc)
1	0	27,5	1,414
2	2	26,6	1,424
3	4	26,0	1,471
4	6	25,8	1,476
5	8	25,5	1,516



Gambar 2.23 Grafik Hubungan Antara Kadar Air dengan Berat Jenis Kering.

2.5.6. Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kuat Geser Langsung

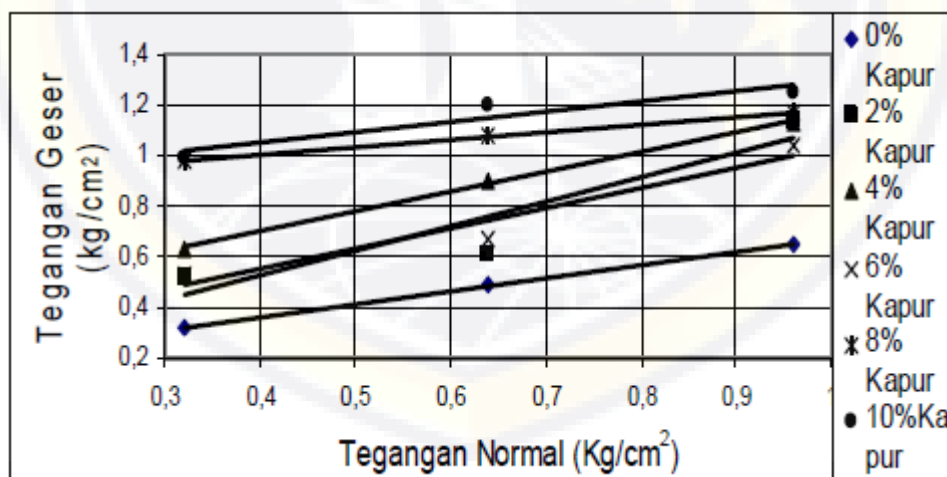
Pengujian kuat geser langsung dilakukan untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser yang terjadi pada tanah. Pengujian di laboratorium sangat dipengaruhi oleh metode pembuatan contoh tanah selain jenis dan kepadatan contoh tanah.

Hasil pengujian kuat geser langsung terhadap penambahan kapur dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Hasil pengujian kuat geser

No.	Kadar Kapur %	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (°)
1	0	0,16	22,8
2	2	0,28	26,4
3	4	0,46	28,5
4	6	0,59	32,7
5	8	0,52	36,0

Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser untuk setiap variasi penambahan kapur dapat kita lihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24 Grafik hubungan antara tegangan normal dengan tegangan geser

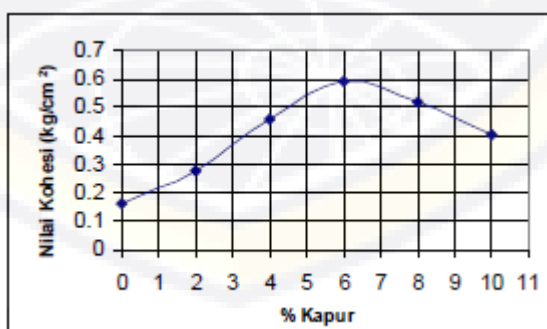
2.5.7. Hubungan Persentase Kapur dengan Nilai Kohesi dan Sudut Geser

Besarnya kuat geser tanah dipengaruhi oleh kualitas dari bahan, lekatan antar butiran dan kepadatannya. Kualitas bahan berhubungan erat dengan

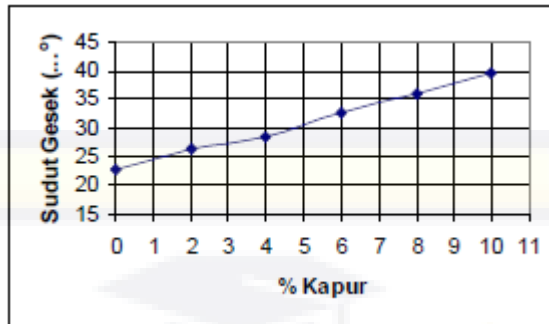
kekasaran dan kekuatan. Bahan keras artinya tidak mudah hancur dan menjadi butir – butir yang lebih kecil atau berubah bentuk, karena pengaruh perubahan kadar air.

Ikatan antara butir merupakan kemampuan saling mengunci antar butiran, dan adanya rekatan yang merekatakan permukaan butiran tersebut. Semakin kuat ikatan antar butir akan menghasilkan nilai kuat geser semakin tinggi dan begitu pula sebaliknya. Dapat dilihat bahwa hasil pengujian menunjukkan nilai kuat geser efektif terjadi pada penambahan 6 % kapur sebesar 0.59, walaupun penambahan kapur lebih tinggi akan menghasilkan nilai kuat geser tidak jauh berbeda. Maka penambahan kapur yang paling efektif adalah antara 0 % sampai 6 %.

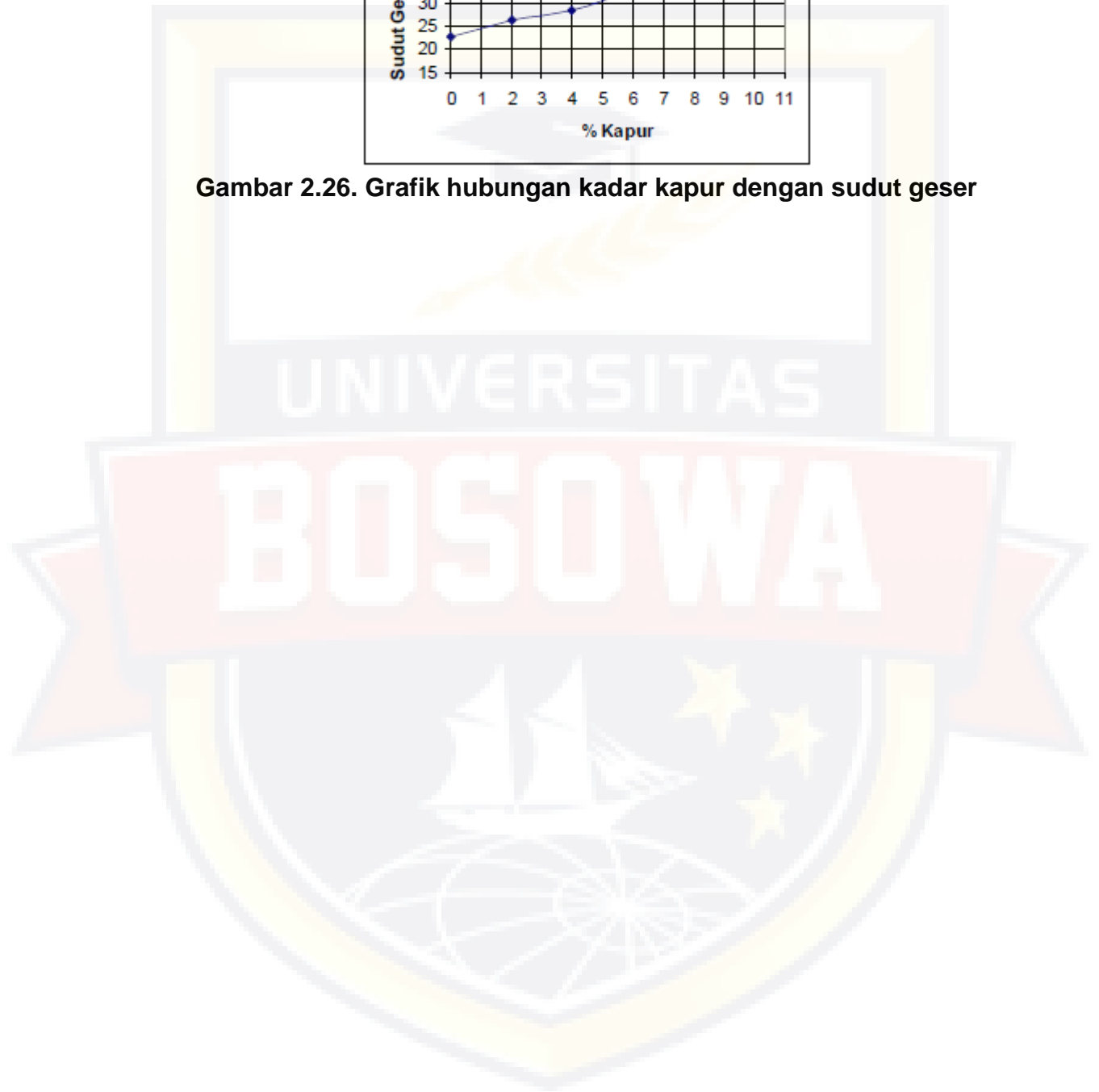
Dari analisa yang dilakukan sebagaimana diuraikan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa stabilisasi dengan kapur pada tanah lempung ini dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah. Penambahan kapur pada tanah lempung akan mengakibatkan daya dukung sebanding dengan peningkatan kuat geser tanah.



Gambar 2.25. Grafik hubungan kadar kapur dengan nilai kohesi



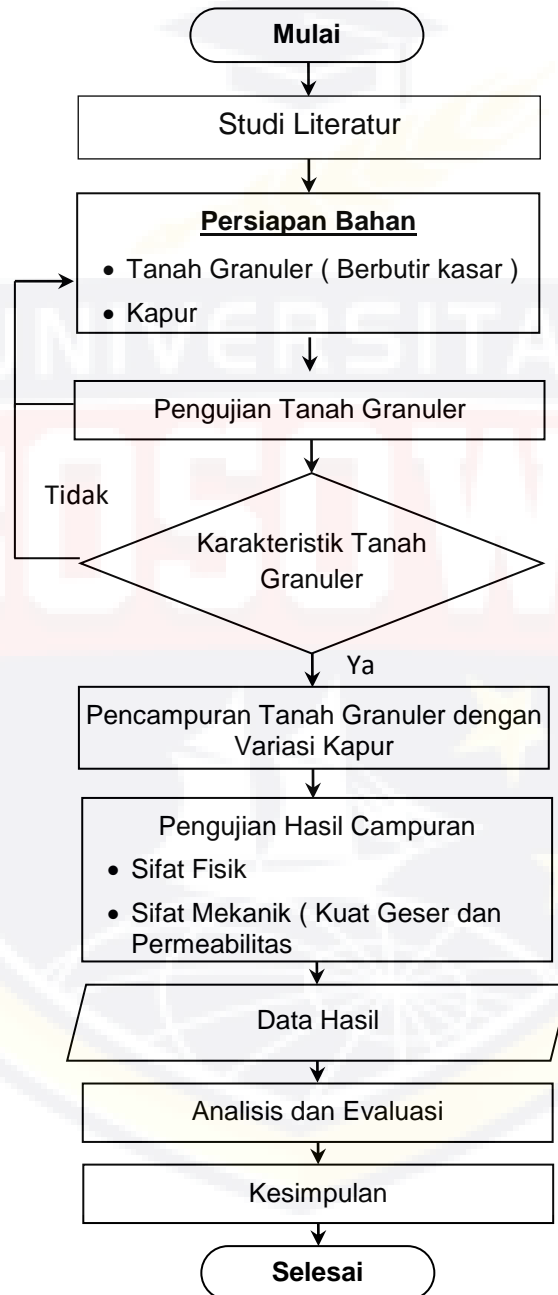
Gambar 2.26. Grafik hubungan kadar kapur dengan sudut geser



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

3.2. Gambaran Umum Penulisan

3.2.2. Jenis Penulisan

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental merupakan bentuk penelitian percobaan yang berusaha untuk mengisolasi dan melakukan kontrol setiap kondisi-kondisi yang relevan dengan situasi yang diteliti kemudian melakukan pengamatan terhadap efek atau pengaruh ketika kondisi-kondisi tersebut di manipulasi.

3.3. Tempat dan Waktu Penelitian

3.3.2. Tempat

a. Tempat pengambilan sampel

- 1) Tanah berbutir kasar (Granuler) di Jl. Ahmad Yani Kecamatan Benteng Kepulauan Selayar.

b. Tempat penelitian dilakukan yaitu di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Bosowa.

3.3.3. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama tiga bulan terhitung mulai dari bulan Desember 2016 – Februari 2017.

3.4. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang berurutan sebagai berikut :

➤ BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penulisa, ruang lingkup dan batasan masalah.

➤ **BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang teori-teori pendukung mengenai penelitian yang dilakukan.

➤ **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang bagan alir penelitian, variabel penelitian, gambaran umum penulisan, waktu dan tempat penelitian, sistematika penulisan, variabel penelitian, jenis pengujian material, notasi sampel dan metode analisis

➤ **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang hasil rekapitulasi data, analisa rancangan campuran , hasil pengetesan benda uji serta pembahasan hasil penelitian.

➤ **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup yang memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.

3.5. Jenis Pengujian Material

Tabel 3.1. Sumber Referensi Setiap Pengujian

No.	Jenis Pengujian	Referensi
1.	Analisa saringan	ASTM D 3080 -72
2.	Kadar air	ASTM D 2216-(71)
3.	Berat Jenis tanah	SNI 03-1964-2008/ASTM D 3080 -72
4.	Kepadatan tanah	ASTM D 698-70
5.	Kuat Geser Langsung	ASTM D 3080
6.	Rembesan (<i>permeability</i>)	ASTM D 2434-68

3.6. Variabel Penelitian

a) Variabel bebas : kadar kapur

b) Variabel terikat : kuat geser dan permeabilitas tanah berbutir kasar.

3.7. Notasi Sampel

Tabel 3.2. Jumlah Sampel Dalam Setiap Pengujian

No	Jenis Percobaan	Komposisi Campuran	Kode Sampel	Jumlah Sampel (Buah)	Total Sampel
1	Kompaksi (Standar Proktor Test)	Tanah Asli	K0	5	5
2	Geser Langsung (Direact Shear)	Tanah Asli	GL0	3	18
		Tanah + 4% Kapur	GL2	3	
		Tanah + 6% Kapur	GL3	3	
		Tanah + 8% Kapur	GL4	3	
		Tanah + 10% Kapur	GL5	3	
		Tanah + 12% Kapur	GL6	3	
3	Rembesan (Permeabilitas)	Tanah Asli	R0	2	12
		Tanah + 4% Kapur	R2	2	
		Tanah + 6% Kapur	R3	2	
		Tanah + 8% Kapur	R4	2	
		Tanah + 10% Kapur	R5	2	
		Tanah + 12% Kapur	R6	2	
Total Benda Uji					35

Tabel 3.3. Kebutuhan Material dalam setiap Pengujian

No	Jenis Percobaan	Komposisi Campuran	Berat Material			Berat Campuran (gr)
			Tanah (gr)	Kapur (gr)	Air (ml)	
1	Kompaksi (Standar Proktor Test)	Tanah Asli	10000	0		10000
		Tanah + 4% Kapur	10000	416,67		10416,67
		Tanah + 6% Kapur	10000	638,30		10638,30
		Tanah + 8% Kapur	10000	869,57		10869,57
		Tanah + 10% Kapur	10000	1111,11		11111,11
		Tanah + 12% Kapur	10000	1363,64		11363,64
2	Geser Langsung (Direact Shear)	Tanah Asli	450	0		450
		Tanah + 4% Kapur	450	18,75		468,75
		Tanah + 6% Kapur	450	28,72		478,72
		Tanah + 8% Kapur	450	39,13		489,13
		Tanah + 10% Kapur	450	50,00		500,00
		Tanah + 12% Kapur	450	61,36		511,36
3	Rembesan (Permeabilitas)	Tanah Asli	1000	0		1000
		Tanah + 4% Kapur	1000	41,67		1041,67
		Tanah + 6% Kapur	1000	63,83		1063,83
		Tanah + 8% Kapur	1000	86,96		1086,96
		Tanah + 10% Kapur	1000	111,11		1111,11
		Tanah + 12% Kapur	1000	136,36		1136,36
			57250	5037,17		73737,17243

3.8. Metode Analisis

Pada analisa data yang digunakan yaitu analisis terhadap data hasil uji di laboratorium dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Analisis distribusi butiran terhadap tanah yaitu melakukan analisis hasil pengujian tanah di laboratorium dan klasifikasinya menurut klasifikasi tanah serta menggolongkannya menurut jenis mineral tanah.
2. Analisis kadar air dan berat jenis tanah granuler terhadap penggunaan lapisan tanah dasar.
3. Analisis hasil pemadatan (Uji Proctor)

Analisis hasil pemadatan tanah asli dan variasi campuran kapur dilakukan guna mengetahui nilai kadar air optimum terhadap peningkatan kepadatan tanah.

4. Analisis hasil kuat geser langsung (Direct Shear) tanah asli dan variasi campuran kapur terhadap peningkatan nilai kohesi (C) dan kuat geser (ϕ). Analisis ini digunakan untuk mencari hubungan penambahan kapur terhadap nilai kohesi dan sudut yang dituangkan dalam grafik serta analisa mengenai tanah yang memiliki kohesi dan sudut geser yang rendah setelah diberi bahan stabilisasi kapur dapat dijadikan sebagai tanah dasar (*subgrade*).

Gaya geser (ϕ) diperoleh dengan mengalikan pembacaan arloji geser dengan angla kalibrasi cincin penguji (*proofing ring*). Gaya geser maksimum dibagi luas bidang geser menghasilkan tegangan geser maksimum.

Grafik hubungan antara tekanan normal dan tegangan geser maksimum dibuat untuk memperoleh persamaan hubungan antara keduanya. Dari persamaan tersebut dihitung sudut geser tanah (ϕ) dan kohesi (C).

5. Analisis uji Rembesan (Permeabilitas)

Selama proses pengujian air resapan diamati dan ditampung pada gelas ukur untuk tiap menitnya hingga volumenya menjadi tetap (constant) selanjutnya kadar air juga dicatat untuk tiap menitnya hingga menjadi tetap (constant). Setelah mendapatkan data – data dari running kolom permodelan resapan lapisan penutup akhir *Sanitary Landfill* di laboratorium, maka data – data yang diperoleh kemudian diolah selanjutnya mengimput ke dalam grafik hubungan antara waktu dengan resapan pada variasi kadar kapur, waktu dengan kadar air pada variasi kadar kapur, dan membuat hubungan permeabilitas terhadap variasi kadar kapur. Untuk mengetahui pengaruh beberapa parameter terhadap resapan / infiltrasi yang terjadi.

Analisis ini digunakan untuk mencari hubungan penambahan kapur terhadap nilai rembesan untuk pertimbangan desain, analisis pondasi konstruksi dan metode konstruksi pada tanah granuler.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

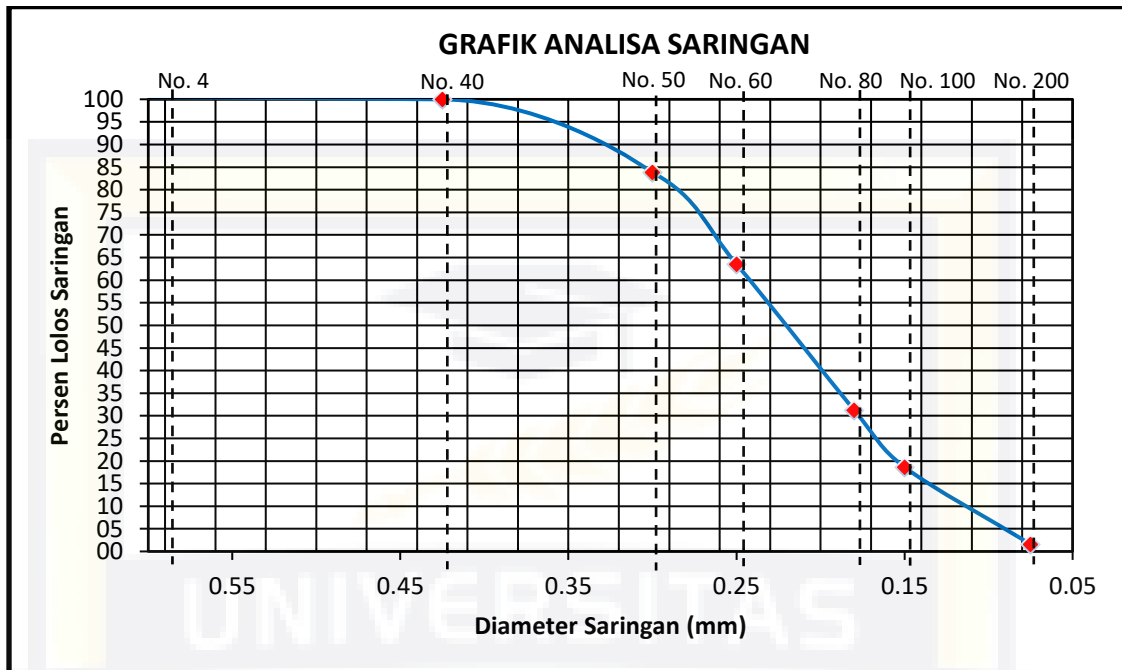
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah

Hasil pemeriksaan karakteristik tanah sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan dan disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No	Pengujian		Hasil Uji	Satuan
1.	Berat Jenis		2,66	
2.	Analisa Saringan			
	No. Saringan	Ukuran Partikel (mm)		
	4	4,750	100	%
	40	0,425	99,98	%
	50	0,300	83,84	%
	60	0,250	63,54	%
	80	0,180	31,26	%
	100	0,150	18,66	%
	200	0,075	1,60	%
3.	Atterberg Limit		NON PLASTIS	

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium



Gambar 4.1 Grafik pengujian analisa saringan

Hasil pengujian berat jenis (G_s) yang sudah dilakukan di laboratorium dengan pengujian sebanyak dua sampel. Dari pengujian tersebut didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,66. Angka ini menunjukkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam golongan tanah pasir. Percobaan berat jenis yang lain juga disyaratkan oleh Hardiyatmo (1992) berkisar antara 2,65 – 2,68 juga terpenuhi.

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk mengetahui persentase ukuran butiran tanah dan susunan butiran tanah (*gradasi*) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200. Pengujian ini dilakukan secara mekanis, yaitu sampel tanah diguncang dengan kecepatan tertentu di atas sebuah susunan ayakan, kemudian masing – masing tanah yang tertahan di atas saringan ditimbang beratnya dan digambarakn di dalam satu grafik hubungan antara diameter butir (mm) dengan persentase lolos.

Hasil pengujian analisa saringan ditunjukkan pada Tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa sampel tanah yang digunakan memiliki persentase lolos

saringan No. 200 (0,075 mm) sebesar 1,60 %. Gambar 4.1 adalah grafik dari pengujian analisa saringan.

4.1.2. Klasifikasi Tanah

A. AASHTO (*America Association of State Highway and Transportation Official*)

Berdasarkan analisa basah, persentase bagian tanah yang lolos saringan no. 200 adalah lebih kecil 35% (<35%). Sehingga tanah diklasifikasikan dalam kelompok : (A-1; A3; A2).

Tanah berbutir kasar merupakan tanah nonplastis. Maka tidak melakukan uji batas – batas atterberg.

B. USCS (*Unified Soil Classification System*)

Persentase butiran yang lolos saringan No. 4 (4,750) lebih dari 50 %, maka dapat diklasifikasikan sebagai pasir (*sand*). Dan persentase butiran yang lolos saringan No. 200 kurang dari 5%, maka perlu mempertimbangkan grafik distribusi dengan menghitung Cu dan Cc.

- Koefisien Keseragaman

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,245}{0,113} = 2,168$$

- Koefisien Gradasi

$$C_c = \frac{(D_{60})^2}{(D_{10})(D_{60})} = \frac{0,0600}{0,0277} = 2,167$$

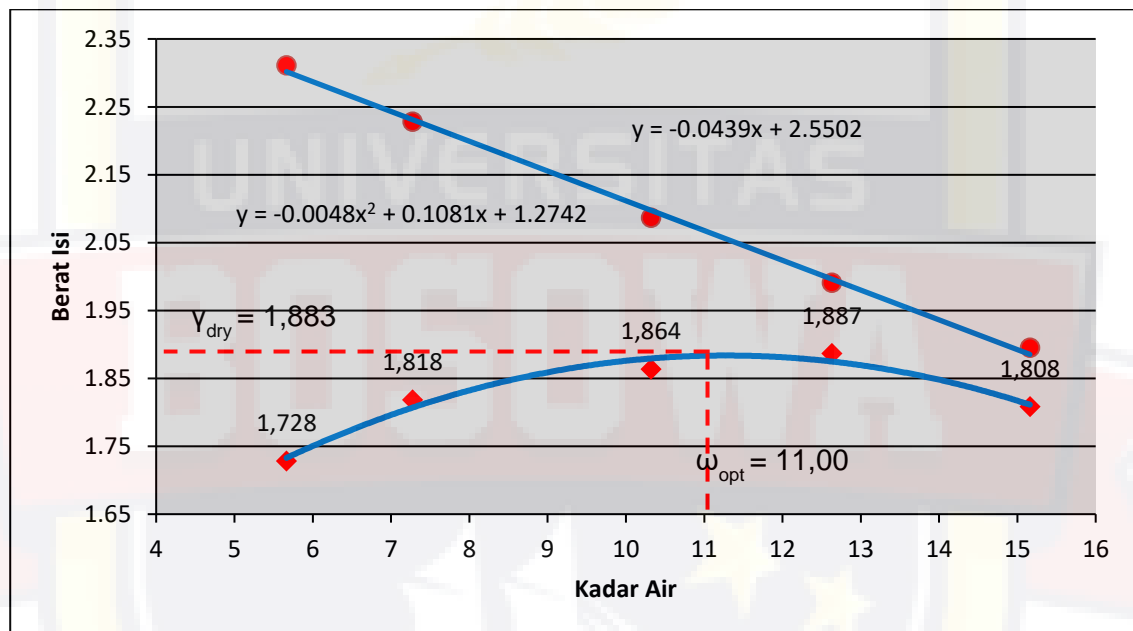
Tanah termasuk bergradasi baik, jika Cc diantara 1 dan 3, Cu > 6 atau Cu > 4. Karena tanah tidak masuk kriteria tersebut, maka termasuk SP – SM dengan gradasi buruk.

Dari persentase lolos saringan No.200 lebih kecil dari 12%, maka tidak perlu uji batas – batas atterberg.

4.2. Penelitian Sifat Mekanis Tanah

4.2.1. Kompaksi (Proctor Test)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Dari hasil pengujian pemadatan standar (*proctor test*) pada tanah diperoleh kadar optimum $\omega_{opt} = 11,00\%$ dan berat isi kering maksimumnya $\gamma_{dmaks} = 1,883 \text{ gr/cm}^3$.

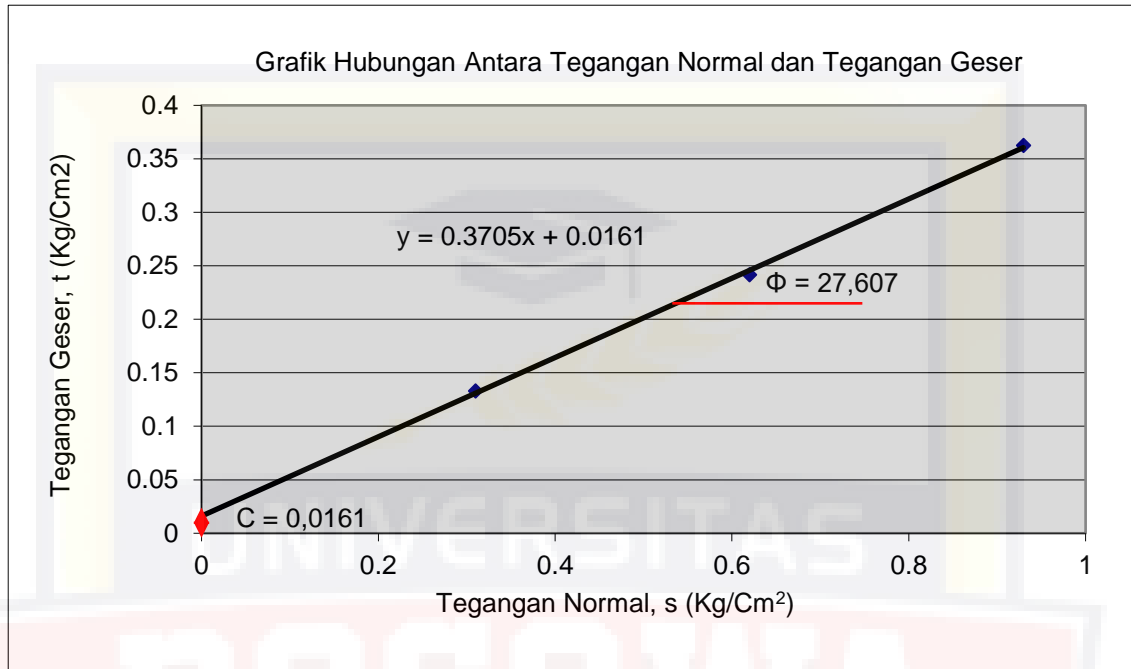


Gambar 4.2 Grafik pengujian kompaksi

4.2.2. Permeabilitas

Dari hasil pengujian permeabilitas pada tanah diperoleh koefisien rembesan sebesar $8,26 \cdot 10^{-3} \text{ cm/menit}$ yang menjelaskan bahwa tanah tersebut memiliki *permeability* jelek sampai baik.

4.2.3. Kuat Geser Langsung



Gambar 4.3 Grafik pengujian geser langsung

Dari hasil pengujian geser langsung pada tanah diperoleh nilai sudut geser dalam (ϕ) = 27,607° dan nilai hesi (c) = 0,0161 kg/cm². Untuk nilai kuat geser dari persamaan (2.3), maka nilai kuat geser tanah granular.

$$\tau = 0,0161 + (0,92964)(tg 27,607) = 0,502 \text{ kg/cm}^2$$

4.3. Pembahasan

4.3.1. Hubungan Kompaksi Tanah Granular dengan Variasi Penambahan Kapur

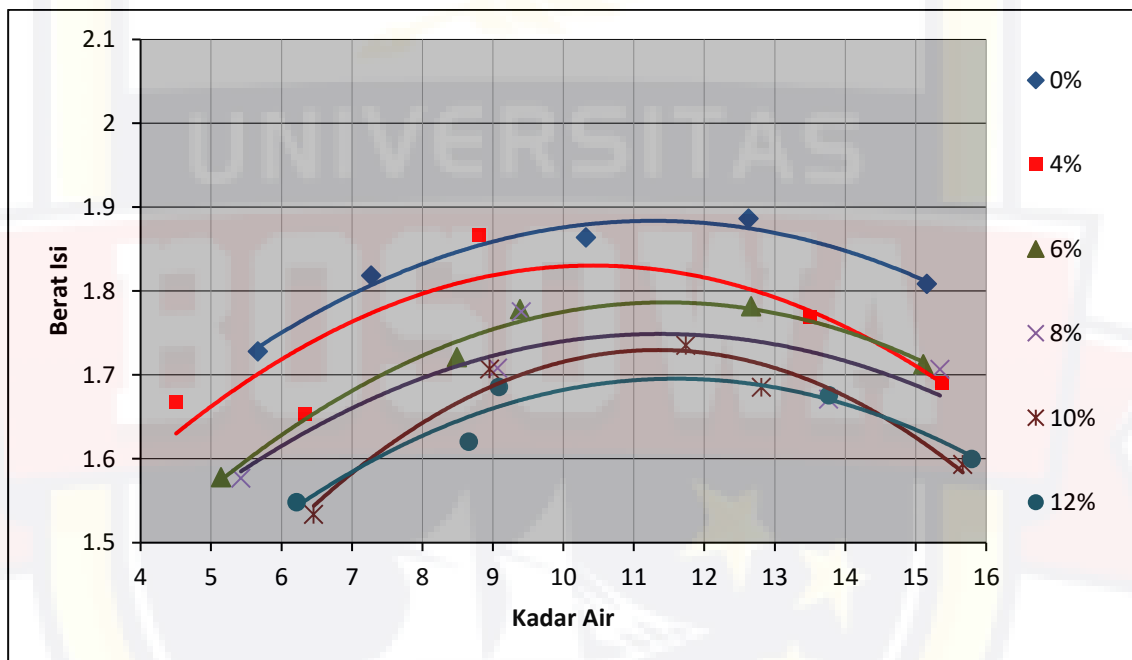
Setelah mendapatkan data kadar air optimum tanah asli, dilakukan pengujian pemadatan / compaction tanah asli yang distabilisasi masing – masing variasi yaitu untuk campuran kapur 2%; 6%; 8%; 10%; 12%;. Guna mengetahui apakah kapur menyerap air, dan campuran tanah – kapur cenderung menggumpal.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diprediksikan kadar air optimum campuran tanah – kapur akan lebih besar daripada kadar optimum tanah asli.

Tabel 4.2 Hubungan nilai kadar air variasi kapur

Komposisi Campuran	Kadar air (%)	Berat Isi (gr/cm ³)
Tanah Asli	11,00	1,88
Tanah asli + Kapur 4%	11,16	1,83
Tanah asli + Kapur 6%	11,32	1,79
Tanah asli + Kapur 8%	11,58	1,75
Tanah asli + Kapur 10%	11,88	1,73
Tanah asli + Kapur 12%	11,92	1,69

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium



Gambar 4.4 Grafik hubungan nilai berat volume kering dan kadar air variasi kapur

Dapat dilihat grafik diatas sesuai prediksi bahwa nilai kadar air optimumnya meningkat. Dengan diurai sebagai berikut, kadar air optimum tanah asli 11,00 % kadar air optimum tanah + kapur 4% adalah 11,16 , kadar air optimum tanah + kapur 6% adalah 11,32% , kadar air optimum tanah + kapur 8% adalah 11,58%, kadar air optimum tanah + kapur 10% adalah 11,88%, kadar air optimum tanah + kapur 12% adalah 11,92%. Dan berat volume kering maksimum (γ_{dmaks}) mengalami penurunan dengan uraian

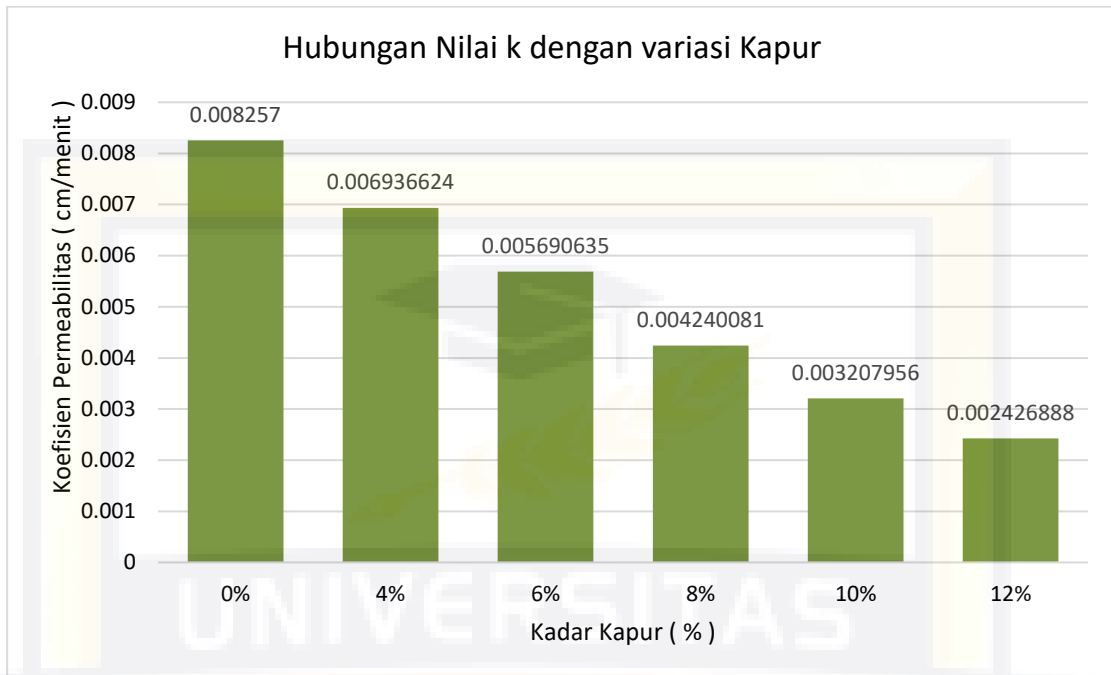
sebagai berikut, berat volume kering tanah asli 1,88 gr/cm³ , berat volume kering tanah + kapur 4% adalah 1,83 gr/cm³ , berat volume kering tanah + kapur 6% adalah 1,78 gr/cm³ , berat volume kering tanah + kapur 8% adalah 1,75 gr/cm³, berat volume kering tanah + kapur 10% adalah 1,73 gr/cm³, berat volume kering tanah + kapur 12% adalah 1,69 gr/cm³. Hal tersebut disebabkan karena mengecilnya rongga – rongga antara partikel campuran tanah akibat penambahan kapur. Penurunan berat volume kering maksimum, salah satu penyebabnya adalah semakin lepas (*loose*) / tidak padat antar partikel dan terjadinya peningkatan kadari air optimum.

4.3.2. Hubungan Permeabilitas Tanah Granular dengan Variasi Penambahan Kapur

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Permeabilitas Komposisi Kapur

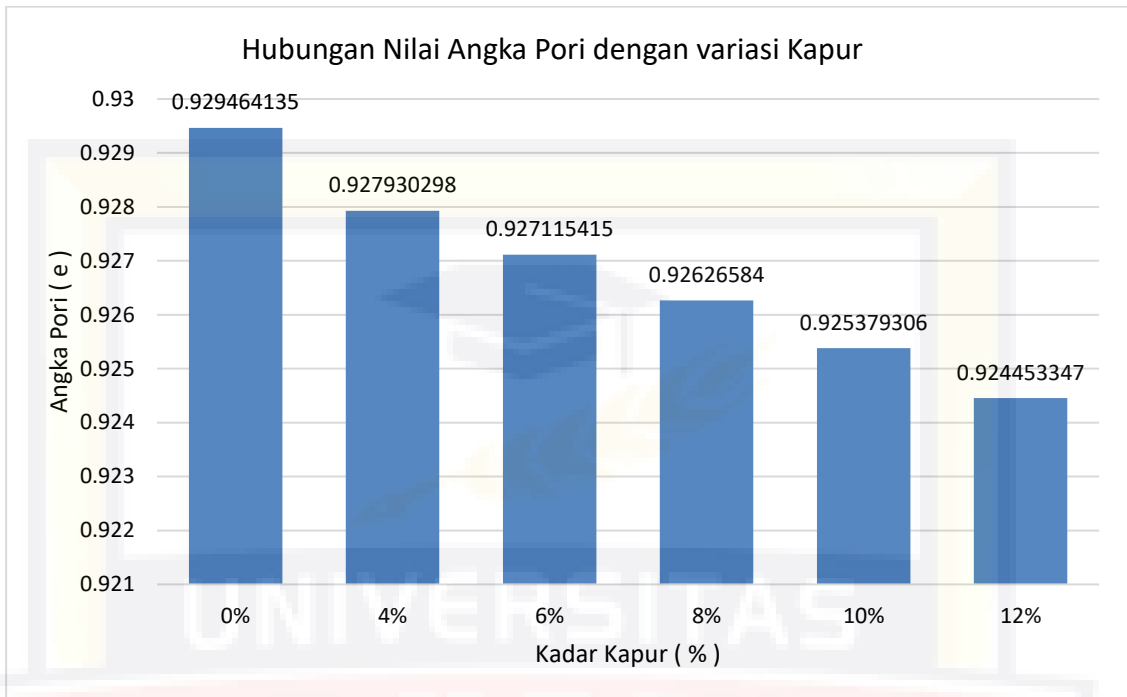
Komposisi Campuran	Koefisien Permeabilitas rata - rata (cm/menit)
Tanah Asli	0,00825
Tanah asli + Kapur 4%	0,00694
Tanah asli + Kapur 6%	0,00569
Tanah asli + Kapur 8%	0,00424
Tanah asli + Kapur 10%	0,00321
Tanah asli + Kapur 12%	0,00243

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

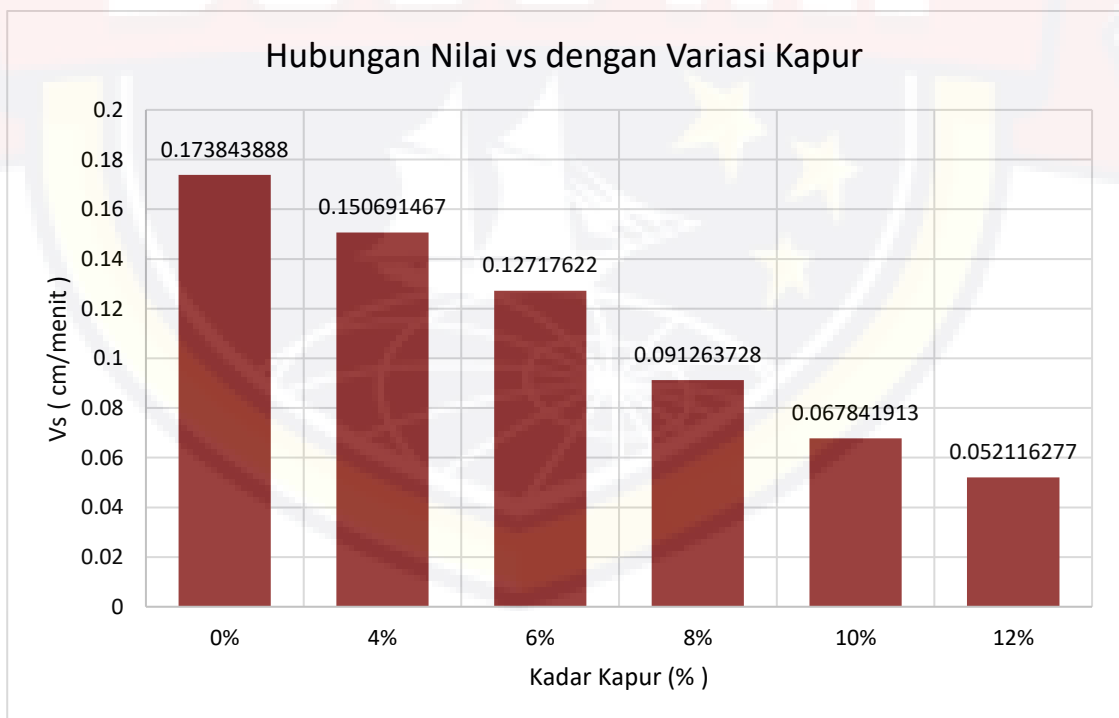


Gambar 4.5 Grafik hubungan nilai koefisien permeabilitas variasi kadar kapur

Grafik hubungan variasi penambahan kapur dengan nilai koefisien permeabilitas diperlihatkan pada Gambar 4.5. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai k menurun seiring dengan bertambah kadar campuran kapur. Pada campuran kapur 12%, nilai k sebesar 0,00243 cm/menit. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan rembesan air bergantung pada volume total dari ruangan pori di dalam tanah. Kecilnya ukuran pori tersebut sebagai akibat rekasi kimia yang berupa pengikat kapur oleh partikel pasir. *Exchangeable cation* yang terdapat pada kapur mengganti lapisan air yang mengelilingi partikel pasir sehingga tanah menjadi lebih buruk. Butiran - butiran tanah tersebut bila dipadatkan akan menghasilkan ukuran pori yang lebih kecil (Gambar 4.6) walaupun volumenya berkurang. Dengan demikian air yang mengalir melalui pori - pori tanah tersebut menjadi lebih lambat. Ini di buktikan pada Gambar 4.7



Gambar 4.6 Grafik hubungan nilai angka pori dengan variasi kapur



Gambar 4.7 Grafik hubungan nilai vs dengan variasi kapur

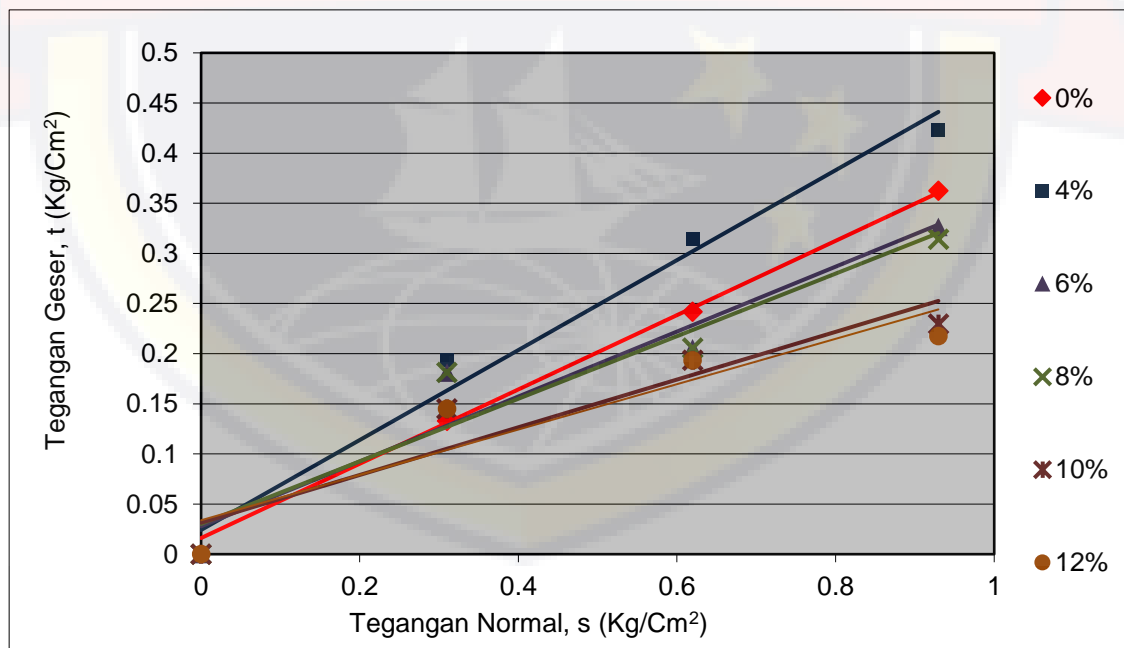
4.3.3. Hubungan Kuat Geser Tanah Granular dengan Variasi Penambahan Kapur

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Geser Komposisi Kapur

Komposisi Campuran	Kohesi (kg/cm ²)	Kuat Geser (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (°)
Tanah Asli	0,016	0,502	27,607
Tanah asli + Kapur 4%	0,081	0,454	21,873
Tanah asli + Kapur 6%	0,093	0,369	16,602
Tanah asli + Kapur 8%	0,101	0,359	15,562
Tanah asli + Kapur 10%	0,105	0,320	13,050
Tanah asli + Kapur 12%	0,113	0,305	11,537

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Grafik 4.8 menunjukkan terjadinya penurunan nilai tegangan geser seiring bertambahnya kadar kapur. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa kapur dapat mengoptimalkan nilai sudut geser tanah berbutir kasar yang semula memiliki nilai sudut geser dalam yang tinggi dan setelah di stabilisasi dengan kapur terjadi penurunan.



Gambar 4.8 Grafik hubungan nilai sudut geser variasi kadar kapur

Besarnya kuat geser tanah dipengaruhi oleh kualitas dari bahan, lekatan antar butiran dan kepadatannya. Kualitas bahan berhubungan erat dengan

kekasaran dan kekuatan. Bahan keras artinya tidak mudah hancur dan menjadi butir – butir lebih kecil atau berubah bentuk, karena pengaruh perubahan kadar air. Ikatan antara butir merupakan kemampuan saling mengunci antar butiran, dan adanya rekatan yang merekatkan permukaan butiran tersebut. Semakin kuat ikatan antar butir akan menghasilkan nilai kuat geser semakin tinggi dan begitu pula sebaliknya. Dari analisa yang dilakukan sebagaimana diuraikan di atas, dapat disimpulkan bahwa stabilisasi dengan kapur pada tanah berbutir kasar (pasir) ini dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dilaboratorium, maka kami menarik beberapa kesimpulan tentang perilaku sampel tanah yang stabilisasikan dengan kapur sebagai berikut :

1. Berdasarkan klasifikasi tanah sistem *USCS*

Tanah pasir Jl. Ahmad Yani Kecamatan Benteng Kepulauan Selayar dikelompokkan ke dalam tanah berbutir kasar yaitu lebih 50% yang lolos saringan No. 4 (4,750 mm), dan kurang dari 5% yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Dengan hasil perhitungan C_u dan C_c diperoleh $C_u = 2,168$, $C_c = 2,167$, maka tanah ini dikelompokkan tanah dengan simbol SP - SM yaitu pasir dengan gradasi buruk.

Berdasarkan klasifikasi tanah system *AASHTO*

Tanah pasir ini dikelompokkan ke dalam material granuler yaitu kurang dari 35% lolos saringan no. 200, dengan simbol klasifikasi kelompok (A-1; A3; A2). Tipe material pada tanah ini adalah pasir halus, dengan penilaian umum sebagai tanah dasar adalah sangat baik sampai baik.

2. Terjadi peningkatan nilai kohesi (c) dan menurunnya sudut geser dalam (ϕ) pada pengujian Kuat Geser Langsung dengan variasi campuran kapur. Hal ini disebabkan karena kapur memiliki daya ikat antara partikel. Peningkatan maksimum terjadi pada persentase 12% yaitu $c = 0,113 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 11,537^\circ$.

3. Pada pengujian permeabilitas nilai koefisien permeabilitasnya (k) menurun seiring bertambahnya variasi campuran kapur. Penurunan maksimum terjadi pada persentase 12% yaitu $k = 0,00243$ cm/menit. Hal ini disebabkan karena mengecilnya ukuran pori pada tanah pasir yang distabilisasi dengan kapur.

5.2. Saran

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan apabila ingin mengembangkan penelitian ini.
2. Dapat dipertimbangkan mengenai alternatif bahan stabilisasi lain untuk tanah berbutir kasar, supaya dapat diperoleh perbandingan yang lebih baik guna memperbaiki kondisi tanah pasir tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006, " Pedoman, Penuntun dan Tata Cara Penulisan Tugas Akhir
", JTS FT Universitas " 45 " Makassar.
- Anonim, Penunutn Prkatikum Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Universitas Bosowa 2015
- Aysen, A. 2003. ***Problem Solving In Soil Mechanics***. A.A. Balkema Tokyo.
- ARBA, 1959. ***Lime Stabilization and Lime Modification***. Amerika
- Das, B.M, 1993. ***Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)
Jilid II***. Erlangga Jakarta.
- Das, B.M, 1995. ***Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)
Jilid I***. Erlangga Jakarta.
- Das, B.M, and Sobhan, K. 1976. ***Principles of Geotechnical Engineering***.
USA.
- Forssblad, L., 1988. ***Kompaksi (Pemampatan) Urukan Tanah Dan Batuan
Dengan Getaran***. Bina Aksara Jakarta
- Gautheyrou, M.P., 2003. ***Handbook of Soil Analysis***, New York
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. ***Mekanika Tanah I. Gadjah Mada
University Press***. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. ***Mekanika Tanah II. Gadjah Mada
University Press***. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2001. ***Prinsip - Prinsip Mekanika Tanah Dan
Soal - Soal Penyelesaian***. Yogyakarta.
- Head, K.H, 1994. ***Manual of Soil Laboratory Testing Volume II :
Permeability, Shear Strength and Compressibility Test***. New York
– Toronto

- Hofsteede, J.G.C, dan Nawawi H, 1980. **Ilmu Mekanika Tanah (Dasar – dasar Ilmu Mekanika Terpakai)**. Pradnya Paramita Jakarta.
- Moitra, Debashis. 1998. **Problems in Soil Mechanics and Foundation Engineering**, Dhanpat Rai Publication.
- Makusa, G.P., 2012. **Soil Stabilization Methods and Materials**, Lulea University
- Panguriseng, Darwis. 2001. **Stabilisasi Tanah. Universitas 45**. Makassar.
- Panguriseng, Darwis. 2001. **Mekanika Tanah I dan Gologi Rekayasa. Universitas 45**. Makassar.
- Panguriseng, Darwis. 2001. **Mekanika Tanah II dan Mekanika Batuan. Universitas 45**. Makassar.
- Santoso, B., Suprpto. H, dan Suryadi, 1998. **Dasar Mekanika Tanah**. Gunadarma.
- Santoso, B., Suprpto. H, dan Suryadi, 1998. **Mekanika Tanah Lanjutan**. Gunadarma.
- Wesley, L.D., 2012. **Mekanika Tanah (Untuk Tanah Endapan dan Residu)**, ANDI Yogyakarta



LAMPIRAN

DOKUMENTASI PENELITIAN



PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH



PENGUJIAN BERAT JENIS KAPUR



PENGUJIAN ANALISA SARINGAN



MENIMBANG HASIL ANALISA SARINGAN



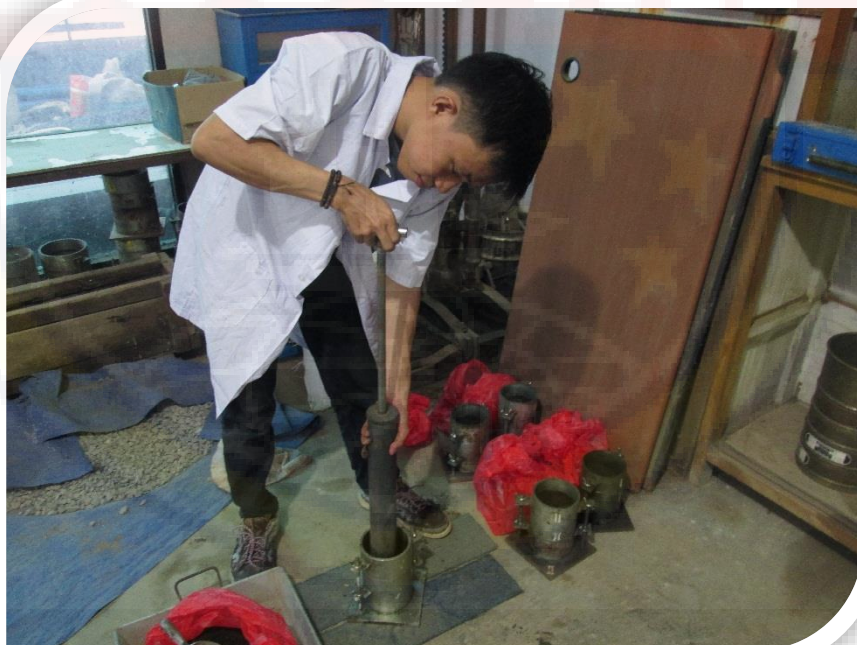
PENGUJIAN ANALISA SARINGAN BASAH



PENAMBAHAN KADAR AIR



MENIMBANG BENDA UJI



PENGUJIAN KOMPAKSI



HASIL PENGUJIAN KOMPAKSI



PEMBUATAN BENDA UJI



PENGUJIAN KUAT GESER



HASIL PENGUJIAN GESER LANGSUNG



PENGUJIAN PERMEABILITAS



MENIMBANG BAHAN TAMBAH



HASIL PENGUJIAN KOMPAKSI VARIASI KAPUR



HASIL PENGUJIAN PERMEABILITAS VARIASI KAPUR



**HASIL PENGUJIAN GESER LANGSUNG VARIASI
KAPUR**



Universitas Bosowa

Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Jurusan Sipil
Jln. Urip Sumoharjo Km.4, Kampus Unibos Makassar.
Website: www.univ45.ac.id

RESUME HASIL PEGUJIAN LABORATORIUM

PEKERJAAN : Penelitian Tugas Akhir
OBYEK : Karakteristik Tanah Berbutir Kasar

: Andi Mulyadi
: 45 12 041 073

		-	Normal	Ket
Sample		-	1	
Berat Jenis Tanah (Gs)		-	2,659	
Berat Jenis Kapur (Gs)		-	1,393	
Kadar Air (w_{opt})		%	11,00	
Berat Isi Kering (γ_d)		gr/cm ³	1,883	
Analisa Saringan	#4	%	100	
	#40	%	99,98	
	#50	%	83,84	
	#60	%	63,540	
	#80	%	31,260	
	#100	%	18,660	
	#200	%	1,600	
Atterberg Limit	Liquid Limit (LL)	%	NON PLASTIS	
	Plastic Limit (PL)	%		
	Plasticity Index (PI)	%		
	Shrinkage Limit (SL)	%		
Kuat Geser	Kohesi (c)	kg/cm ²	0,016	
	Sudut Geser (ϕ)	degree	27,61	
	Kuat Geser (τ)	kg/cm ²	0,502	
Permeabilitas	Temperatur	°C	28	
	Koefisien Permeabilitas	cm/menit	0,008257	
	Angka Pori (e)	-	0,9295	
	Kecepatan air lewat rongga pori (v_s)	cm/menit	0,1738	

Makassar, 16 Maret 2017

Kepala Laboratorium Mekanika Tanah
Universitas Bosowa



Ir. H. Syahrul Sariman, MT.



Universitas Bosowa

Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Jurusan Sipil
Jln. Urip Sumoharjo Km.4, Kampus Unibos Makassar.
Website: www.univ45.ac.id

PEKERJAAN
OBYEK

: Penelitian Tugas Akhir
: Tanah Berpasir dengan Variasi Kapur

NAMA
NO. STB

: Andi Mulyadi
: 45 12 041 073

Sample	Variasi 4%	Variasi 6%	Variasi 8%	Variasi 10%	Variasi 12%
Berat Jenis (Gs)	2,768	2,826	2,886	2,949	3,014
Kadar Air (woopt)	11,160	11,320	11,560	11,860	11,920
Berat Isi Kering (γ_d)	1,830	1,790	1,754	1,726	1,688
Kohesi (c)	0,081	0,093	0,101	0,105	0,113
Sudut Geser (ϕ)	21,87	16,60	15,56	13,05	11,54
Kuat Geser (τ)	0,454	0,370	0,360	0,320	0,303
Temperatur	28	28	28	28	28
Angka Poros (e)	0,9279	0,9271	0,9263	0,9254	0,9245
Kecepatan air lewat rongga (vs)	0,153	0,130	0,101	0,078	0,062
Koefisien Permeabilitas	0,00694	0,00569	0,00424	0,00321	0,00243

Makassar, 16 Maret 2017
Kepala Laboratorium Mekanika Tanah
Universitas Bosowa



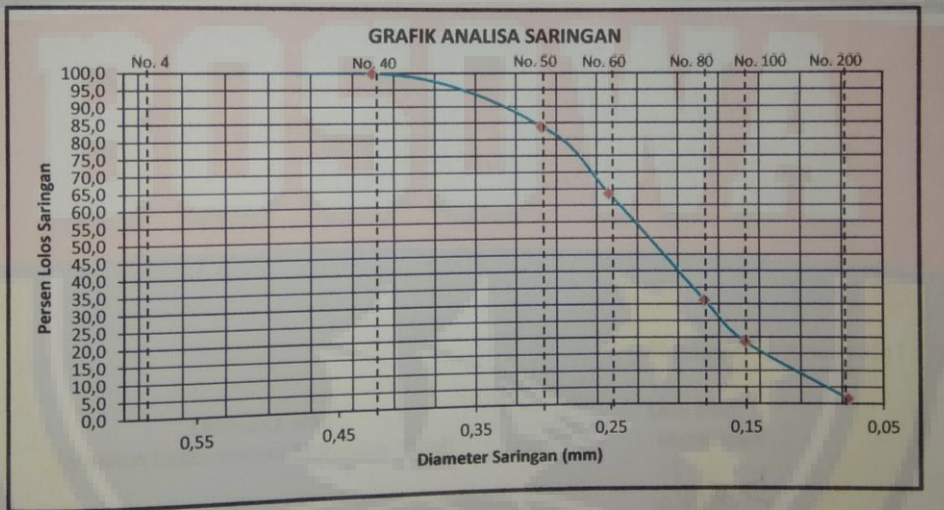
Ir. H. Syahrul Sariman, MT.

HASIL PENGUJIAN ANALISA SARINGAN

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR
 LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH UNIV BOSOWA
 TANGGAL PENGUJIAN : 9 DESEMBER 2016
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 3080 -72
 NAMA : ANDI MULYADI

Berat tanah kering oven	Berat (gram)
Berat tanah kering tertahan sar. 200 sesudah dicuci	500,00
Berat tanah lolos saringan 200 setelah dicuci	1,60
	8,00

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4,75	0	0	0	100,0
40	0,425	0,10	0,10	0,02	99,98
50	0,300	80,70	80,80	16,16	83,84
60	0,250	101,50	182,30	36,46	63,54
80	0,180	161,40	343,70	68,74	31,26
100	0,150	63,00	406,70	81,34	18,66
200	0,075	85,30	492,00	98,4	1,60
Pan	-	8,00	500,00	100	0



Makassar, 15 Januari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa

Andi Mulyadi

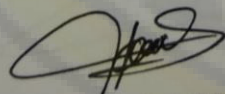
BERAT JENIS / SPESIFIC GRAVITY

PROYEK :
LOKASI : PENELITIAN TUGAS AKHIR
METODE PENGUJIAN : LAB MEKANIKA TANAH UNIV. BOSOWA
NAMA : ASTM D 3080 -72
TANGGAL : ANDI MULYADI
: 10 DESEMBER 2016

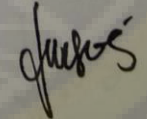
Sampel	-	I	II
Berat Piknometer, (W1)	gram	35,9	37,5
Berat Piknometer + Air, (W2)	gram	83,3	87,3
Berat Piknometer + Air + Tanah, (W3)	gram	99,7	102,1
Berat Tanah, (Ws)	gram	25	25
Temperatur	°C	28	28
Faktor Koreksi, $\alpha = \gamma_T/\gamma_{20}$		0,99267	0,99267
Berat Jenis (Gs)		2,89	2,43
Berat Jenis rata-rata		2,659	

Makassar, 15 Januari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mulyadi

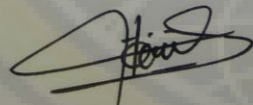
BERAT JENIS / SPESIFIC GRAVITY

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR
LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH UNIV. BOSOWA
METODE PENGUJIAN : ASTM D 3080 -72
NAMA : ANDI MULYADI
TANGGAL : 10 DESEMBER 2016

Sampel	-	I	II
Berat Piknometer, (W1)	gram	35,9	37,5
Berat Piknometer + Air, (W2)	gram	83,3	87,3
Berat Piknometer + Air + Kapur, (W3)	gram	91,2	93,7
Berat Kapur, (Ws)	gram	25	25
Temperatur	°C	28	28
Faktor Koreksi, $\alpha = \gamma_T/\gamma_{20}$		0,99267	0,99267
Berat Jenis (Gs)		1,45	1,33
Berat Jenis rata-rata		1,393	

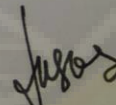
Makassar, 15 Januari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah



Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa



Andi Mulyadi

Tabel Faktor Koreksi (α)

Temperatur (C°)	Unit Weight of Water
4	1
16	0,99897
17	0,99880
18	0,99862
19	0,99844
20	0,99823
21	0,99802
22	0,99870
23	0,99757
24	0,99733
25	0,99708
26	0,99682
27	0,99655
28	0,99267
29	0,99598
30	0,99568

BOSOWA



PEMERIKSAAN KADAR AIR

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR
LOKASI : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
METODE PENGUJIAN : ASTM D 3080 -72
NAMA : ANDI MULYADI
TANGGAL :

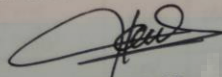
No. Cawang		1A	2A	3A
Berat Cawang (W3)	gram	8,4	8,5	8,4
Berat Cawang + Tanah Basah (W1)	gram	50,7	55,8	49,6
Berat Cawang + Tanah Kering (W2)	gram	50,4	55,3	49,1
Berat Tanah Kering (Wd = W2 - W3)	gram	42	46,8	40,7
Berat Air (Ww = W1 - W2)	gram	0,3	0,5	0,5
Kadar Air (Ww/Wd*100%)	%	0,71	1,07	1,23
Rata-rata	%		1,00	

UNIVERSITAS

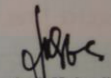
BOSOWA

Makassar, 15 Januari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mulyadi

KOMPAKSI (PROCTOR)

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR
 LOKASI PENGUJIAN : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 1560-77, AASHTO T99-70
 TANGGAL PENGUJIAN : 13 JANUARI 2017

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Penambahan Air	%	100	150	200	250	300
Kadar Air Akhir	ml	5,664	7,274	10,320	12,630	15,160

BERAT ISI BASAH

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	1670	1862	1797	1722	1670
Berat Tanah Basah + Mould	gram	3400	3710	3745	3735	3643
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1730	1848	1948	2013	1973
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Volume Basah	gr/cm ³	1,826	1,951	2,056	2,125	2,083
$\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$						

KADAR AIR

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah Basah + Cawan	gram	49,1	45,4	47,4	48,6	60,2	48,6	53,3	61,1	58,9	59,7
Berat Tanah Kering + Cawan	gram	46,9	43,5	44,7	46	55,3	45	48,3	55,2	52,2	53
Berat Air (Ww)	gram	2,2	1,9	2,7	2,6	4,9	3,6	5	5,9	6,7	6,7
Berat Cawan	gram	8,9	9,2	8,8	9	9	9,2	8,7	8,5	8,4	8,4
Berat Tanah Kering	gram	38	34,3	35,9	37	46,3	35,8	39,6	46,7	43,8	44,6
Kadar Air (ω)	%	5,79	5,54	7,52	7,03	10,6	10,1	12,6	12,6	15,3	15
Kadar Air Rata-rata	%	5,664	7,274	10,320	12,630	15,160					

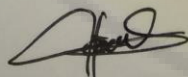
BERAT ISI KERING

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1730	1848	1948	2013	1973
Kadar Air Rata-rata	%	5,664	7,274	10,320	12,630	15,160
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{\omega}{100})}$	gram	1637,259	1722,692	1765,780	1787,267	1713,274
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm ³	1,728	1,818	1,864	1,887	1,808
Berat Isi Basah $\gamma_{wet} = \frac{Gs}{1 + (\omega \times Gs)}$	gr/cm ³	2,311	2,228	2,087	1,991	1,895

Berat Jenis (Gs) = 2,66

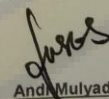
Makassar, 15 Januari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

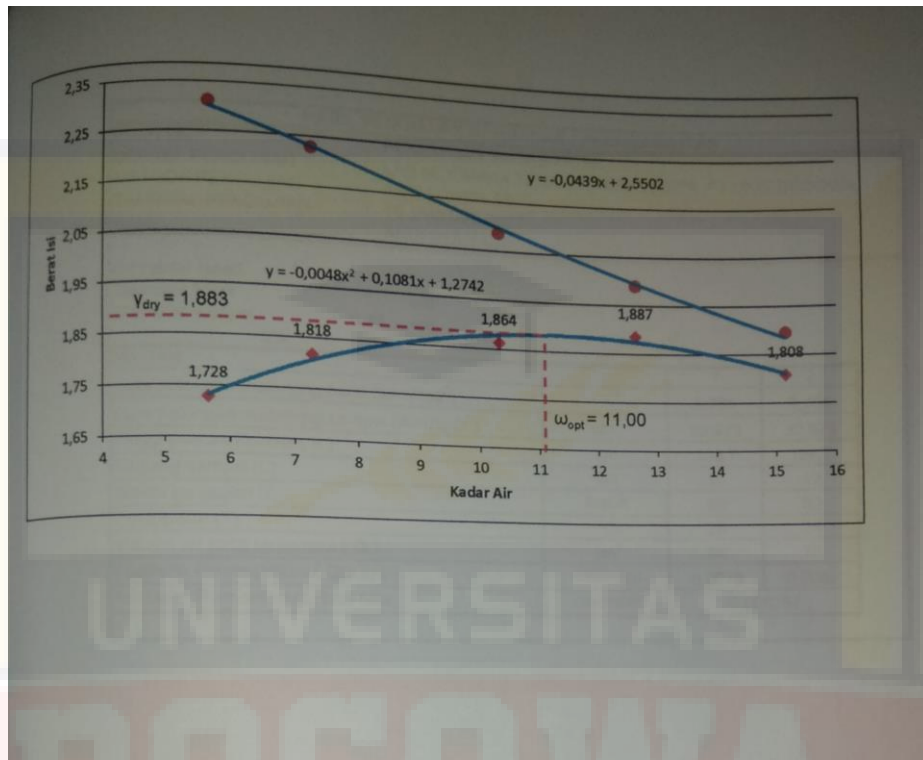


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa



Andi Mulyadi



UNIVERSITAS
BOSOWA



HASIL PENGUJIAN REMBESAN / PERMEABILITAS

PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR
 LOKASI PENGUJIAN : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 METODE PENGUJIAN : ASTM D2434-68
 TANGGAL PENGUJIAN : 19 JANUARI 2017
 NAMA : ANDI MULYADI

Constant Head

Diameter buret : 1 cm
 Diameter sampel : 6,48 cm

0%

No. Test		1	2
Luas potongan melintang buret ($a=1/4\pi d^2$)	cm ²	0,785	0,785
Luas potongan melintang sampel ($A=1/4\pi D^2$)	cm ²	32,979	32,979
Tinggi puncak hidrolik (h)	cm	108,7	108,7
Panjang sampel (L)	cm	10	12
Waktu pengujian (t)	menit	30	30
Temperatur (T)	°C	28	28
Volume air yang terkumpul (Q)	cm ³	84	78
Koefisien Permeabilitas (QL/ hAt)	cm/menit	0,0078	0,0087
Koefisien Permeabilitas Rata-rata	cm/menit	0,008257	

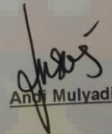
Diperiksa oleh :
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah



Hasrullah, ST

Makassar, 20 Januari 2017

Diuji oleh :
 Mahasiswa



Andi Mulyadi

KUAT GESER LANGSUNG										
PROYEK	: PENELITIAN TUGAS AKHIR									
LOKASI PENGUJIAN	: LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA									
METODE PENGUJIAN	: ASTM D 3080									
TANGGAL PENGUJIAN	: 17 JANUARI 2017									
NAMA	: ANDI MULYADI									
Kedalaman Sampel	:	0	m							
Dimensi Sampel	:	6,41	cm							
Kalibrasi Proving Ring	:	0,39	kg/div							
Tinggi Sampel	:	2	cm							
Luas Sampel	:	32,2705	cm ²							
Benda Uji	:	Pasir								
Gaya Normal	P ₁ = 10 kg			P ₂ = 20 kg			P ₃ = 30 kg			
Tegangan Normal	σ ₁ = 0,30988 kg/cm ²			σ ₂ = 0,61976 kg/cm ²			σ ₃ = 0,92964 kg/cm ²			
Perpindahan Geser (mm)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	
0	0	0	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000	
50	4	1,56	0,0483	9	3,51	0,1088	11	4,29	0,1329	
100	6	2,34	0,0725	13	5,07	0,1571	15	5,85	0,1813	
150	9	3,51	0,1088	17	6,63	0,2055	21	8,19	0,2538	
200	10	3,9	0,1209	19	7,41	0,2296	26	10,14	0,3142	
250	11	4,29	0,1329	20	7,8	0,2417	30	11,7	0,3626	
300	10	3,9	0,1209	19	7,41	0,2296	29	11,31	0,3505	
350	8	3,12	0,0967	18	7,02	0,2175	28	10,92	0,3384	
400										

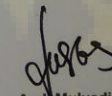
BOSOWA

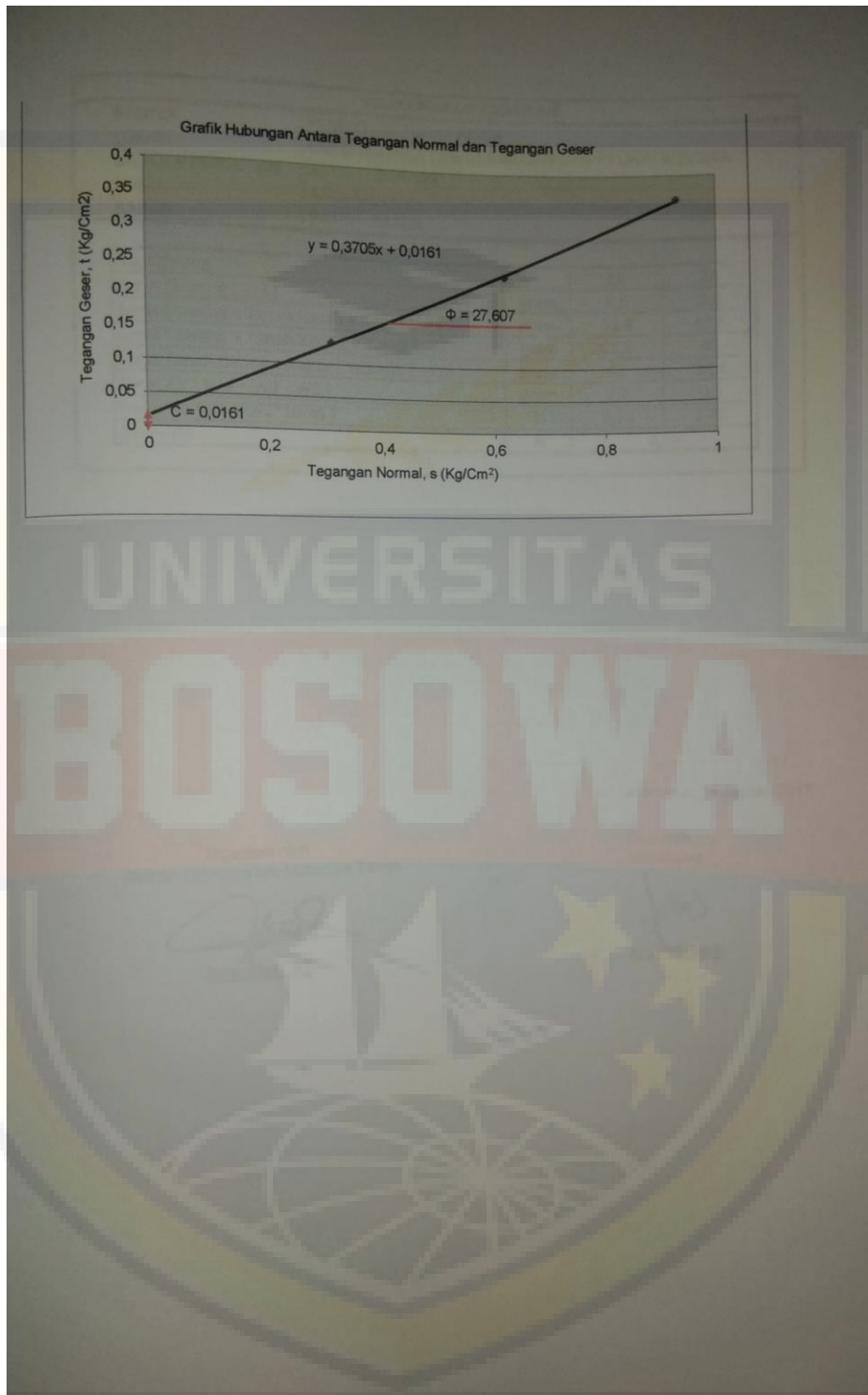
Makassar, 18 Januari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mulyadi



PEMERIKSAAN KADAR AIR			
PROYEK	:	PENELITIAN TUGAS AKHIR	
LOKASI	:	LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA	
METODE PENGUJIAN	:	ASTM D 3080 -72	
NAMA	:	ANDI MULYADI	
BAHAN	:	PASIR + KAPUR	

No. Cawang		1A	2A
Berat Cawang (W3)	gram	8,6	8,6
Berat Cawang + Tanah Basah + Kapur (W1)	gram	53,8	43,5
Berat Cawang + Tanah Kering + Kapur (W2)	gram	52,6	43
Berat Tanah Kering + Kapur (Wd = W2 - W3)	gram	44	34,4
Berat Air (Ww = W1 - W2)	gram	1,2	0,5
Kadar Air (Ww/Wd*100%)	%	2,73	1,45
Rata-rata	%	2,09	

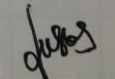


Makassar, 15 Januari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mulyadi

KOMPAKSI (PROCTOR)
 PROYEK : PENELITIAN S1
 LOKASI PENGUJIAN : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 1560-77, AASHTO T99-70
 TANGGAL PENGUJIAN : 4 MARET 2017
 BAHAN : PASIR + KAPUR 4%

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Penambahan Air	%	100	150	200	250	300
Kadar Air Akhir	ml	4,504	6,337	8,806	13,506	15,367

BERAT ISI BASAH

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	1670	1862	1797	1722	1670
Berat Tanah Basah + Kapur + Mould	gram	3321	3528	3722	3624	3517
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1651	1666	1925	1902	1847
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Volume Basah	gr/cm ³	1,743	1,759	2,032	2,008	1,950
$\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$						

KADAR AIR

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah + Kapur + Cawan	gram	36,2	33,8	29,7	30	29,6	30,8	24,3	31,4	32,5	33,4
Berat Tanah Kering + Kapur + Cawan	gram	35,4	32,3	28	28,9	27,3	29,4	22,2	28,4	28,2	30,9
Berat Air (Ww)	gram	0,8	1,5	1,7	1,1	2,3	1,4	2,1	3	4,3	2,5
Berat Cawan	gram	6,4	8,3	6,4	6	6,1	8,7	6,5	6,4	6	8,9
Berat Tanah Kering	gram	29	24	21,6	22,9	21,2	20,7	15,7	22	22,2	22
Kadar Air (w)	%	2,76	6,25	7,87	4,8	10,8	6,76	13,4	13,6	19,4	11,4
Kadar Air Rata-rata	%	4,504	6,337	8,806	13,506	15,367					

BERAT ISI KERING

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1651	1666	1925	1902	1847
Kadar Air Rata-rata	%	4,504	6,337	8,806	13,506	15,367
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{w}{100})}$	gram	1579,839	1566,718	1769,201	1675,681	1600,985
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm ³	1,668	1,654	1,867	1,769	1,690
Berat Isi Basah $\gamma_{wet} = \frac{Gs}{1 + (w \times Gs)}$	gr/cm ³	2,372	2,273	2,152	1,955	1,886

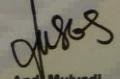
Berat Jenis (Gs) = 2,66

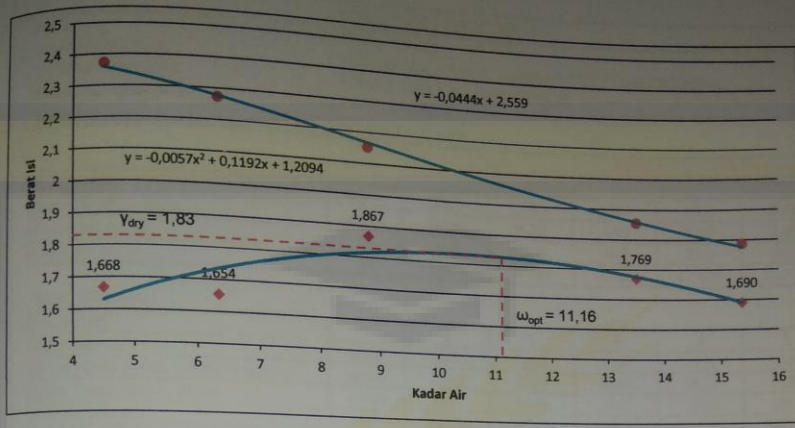
Makassar, 6 Maret 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Haerullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mutyadi



UNIVERSITAS

BOSOWA



PROYEK
LOKASI PENGUJIAN
METODE PENGUJIAN
TANGGAL PENGUJIAN
BAHAN

KOMPAKSI (PROCTOR)
 : PENELITIAN S1
 : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 : ASTM D 1560-77, AASHTO T99-70
 : 4 MARET 2017
 : PASIR + KAPUR 6%

Berat Tanah						
Kadar Air Mula-mula	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Penambahan Air	gram	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Kadar Air Akhir	%	100	150	200	250	300
	ml	5,145	8,493	9,385	12,666	15,111

BERAT ISI BASAH

No. Mould		1	2	3	4	5
Berat Mould	-					
Berat Tanah Basah + Kapur + Mould	gram	1670	1862	1797	1722	1670
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	3242	3631	3640	3624	3538
Volume Mould	cm ³	1572	1769	1843	1902	1868
Berat Volume Basah		947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
$\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm ³	1,659	1,867	1,945	2,008	1,972

KADAR AIR

No. Cawan		1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah + Kapur + Cawan	gram	33,2	32,8	27,5	30,6	29,4	30,3	26,2	33,4	31,5	35
Berat Tanah Kering + Kapur + Cawan	gram	32	31,5	26	28,5	28,4	27,6	25,7	28,4	27,4	32,4
Berat Air (Ww)	gram	1,2	1,3	1,5	2,1	1	2,7	0,5	5	4,1	2,6
Berat Cawan	gram	6,4	8,3	6,4	6	6,1	8,7	6,5	6,4	6	8,9
Berat Tanah Kering	gram	25,6	23,2	19,6	22,5	22,3	18,9	19,2	22	21,4	23,5
Kadar Air (ω)	%	4,69	5,6	7,65	9,33	4,48	14,3	2,6	22,7	19,2	11,1
Kadar Air Rata-rata	%	5,145	8,493	9,385	12,666	15,111					

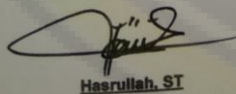
BERAT ISI KERING

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1572	1769	1843	1902	1868
Kadar Air Rata-rata	%	5,145	8,493	9,385	12,666	15,111
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{\omega}{100})}$	gram	1495,071	1630,517	1684,874	1688,180	1622,776
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm ³	1,578	1,721	1,778	1,782	1,713
Berat Isi Basah $\gamma_{wet} = \frac{Gs}{1 + (\omega \times Gs)}$	gr/cm ³	2,337	2,167	2,126	1,987	1,895

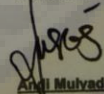
Berat Jenis (Gs) = 2,66

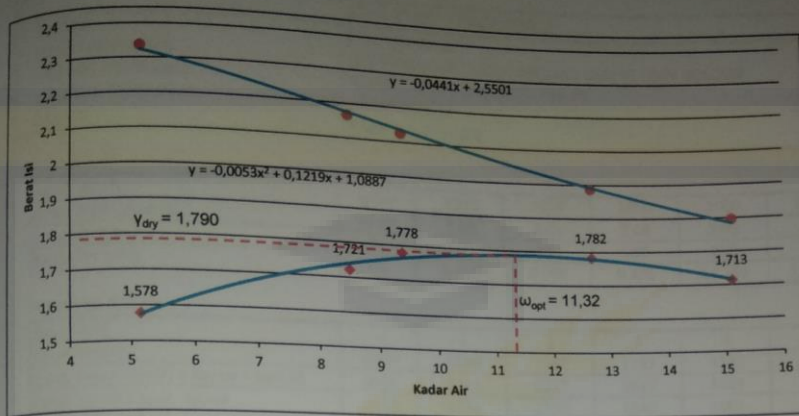
Makassar, 6 Maret 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

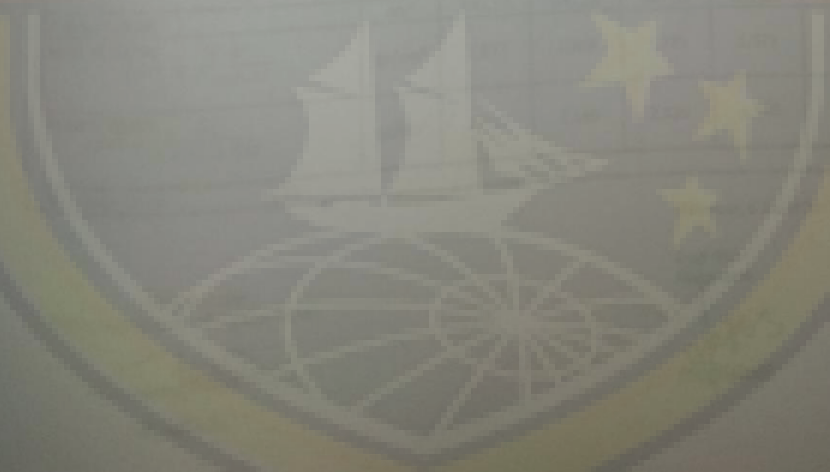
Diuji oleh :
Mahasiswa


Anji Mulyadi



UNIVERSITAS

BOSOWA



PROYEK
LOKASI PENGUJIAN
METODE PENGUJIAN
TANGGAL PENGUJIAN
BAHAN

KOMPAKSI (PROCTOR)
 : PENELITIAN S1
 : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 : ASTM D 1560-77, AASHTO T99-70
 : 4 MARET 2017
 : PASIR + KAPUR 8%

Berat Tanah						
Kadar Air Mula-mula	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Penambahan Air	gram	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Kadar Air Akhir	%	100	150	200	250	300
	ml	5,425	9,068	9,405	13,763	15,345

BERAT ISI BASAH

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	1670	1862	1797	1722	1670
Berat Tanah Basah + Kapur + Mould	gram	3245	3627	3637	3523	3535
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1575	1765	1840	1801	1865
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Volume Basah	gr/cm ³	1,662	1,863	1,942	1,901	1,969
$\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$						

KADAR AIR

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah + Kapur + Cawan	gram	32,5	36,9	40,3	37,7	28,7	28,2	26,2	27,1	29,5	35,8
Berat Tanah Kering + Kapur + Cawan	gram	31,0	35,7	37,6	35,3	26,7	26,2	23,8	24,6	26,4	32,2
Berat Air (Ww)	gram	1,5	1,2	2,7	2,4	2,0	2,0	2,4	2,5	3,1	3,6
Berat Cawan	gram	8,7	6,6	8,3	8,4	3,6	6,5	6,3	6,5	6,4	8,5
Berat Tanah Kering	gram	22,3	29,1	29,3	26,9	23,1	19,7	17,5	18,1	20,0	23,7
Kadar Air (w)	%	6,7	4,1	9,2	8,9	8,7	10,2	13,7	13,8	15,5	15,2
Kadar Air Rata-rata	%		5,425	9,068	9,405	13,763	15,345				

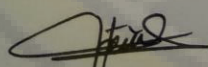
BERAT ISI KERING

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1575	1765	1840	1801	1865
Kadar Air Rata-rata	%	5,425	9,068	9,405	13,763	15,345
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{w}{100})}$	gram	1493,952	1618,249	1681,822	1583,113	1616,889
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm ³	1,577	1,708	1,775	1,671	1,707
Berat Isi Basah $\gamma_{wet} = \frac{Gs}{1 + (w \times Gs)}$	gr/cm ³	2,321	2,140	2,125	1,945	1,887

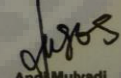
Berat Jenis (Gs) = 2,66

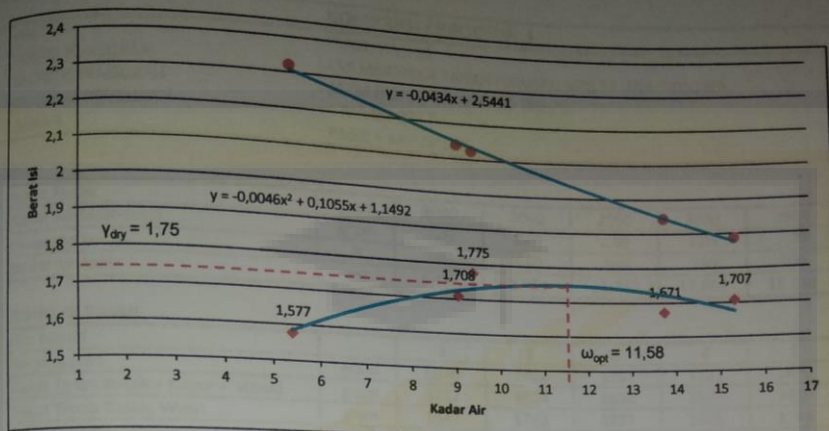
Makassar, 6 Maret 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

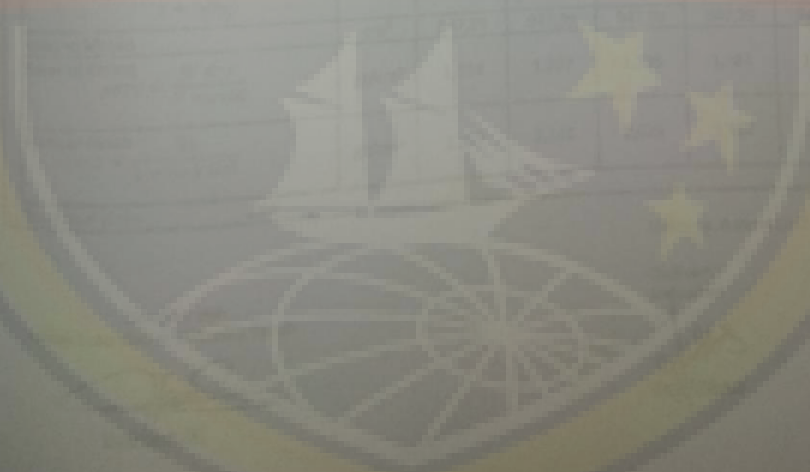
Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mulvadi



UNIVERSITAS

BOSOWA



PROYEK
 LOKASI PENGUJIAN
 METODE PENGUJIAN
 TANGGAL PENGUJIAN
 BAHAN

KOMPAKSI (PROCTOR)
 : PENELITIAN S1
 : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 : ASTM D 1560-77, AASHTO T99-70
 : 4 MARET 2017
 : PASIR + KAPUR 10%

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Penambahan Air	%	100	150	200	250	300
Kadar Air Akhir	ml	6,458	8,954	11,738	12,809	15,668

BERAT ISI BASAH

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	1670	1862	1797	1722	1670
Berat Tanah Basah + Kapur + Mould	gram	3217	3624	3634	3523	3416
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1547	1762	1837	1801	1746
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Volume Basah	gr/cm ³	1,633	1,860	1,939	1,901	1,843

KADAR AIR

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah + Kapur + Cawan	gram	35,2	33,8	28,8	31	28,7	31,8	25,3	32,4	30,5	39
Berat Tanah Kering + Kapur + Cawan	gram	33,4	32,3	27	28,9	26,3	29,4	23,2	29,4	27,2	34,9
Berat Air (Ww)	gram	1,8	1,5	1,8	2,1	2,4	2,4	2,1	3	3,3	4,1
Berat Cawan	gram	6,4	8,3	6,4	6	6,1	8,7	6,5	6,4	6	8,9
Berat Tanah Kering	gram	27	24	20,6	22,9	20,2	20,7	16,7	23	21,2	26
Kadar Air (w)	%	6,67	6,25	8,74	9,17	11,9	11,6	12,6	13	15,6	15,8
Kadar Air Rata-rata	%	6,458	8,954	11,738	12,809	15,668					

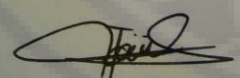
BERAT ISI KERING

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1547	1762	1837	1801	1746
Kadar Air Rata-rata	%	6,458	8,954	11,738	12,809	15,668
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{w}{100})}$	gram	1453,151	1617,195	1644,029	1596,502	1509,497
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm ³	1,534	1,707	1,735	1,685	1,593
Berat Isi Basah $\gamma_{wet} = \frac{Gs}{1 + (w \times Gs)}$	gr/cm ³	2,267	2,146	2,025	1,982	1,875

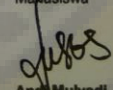
Berat Jenis (Gs) = 2,66

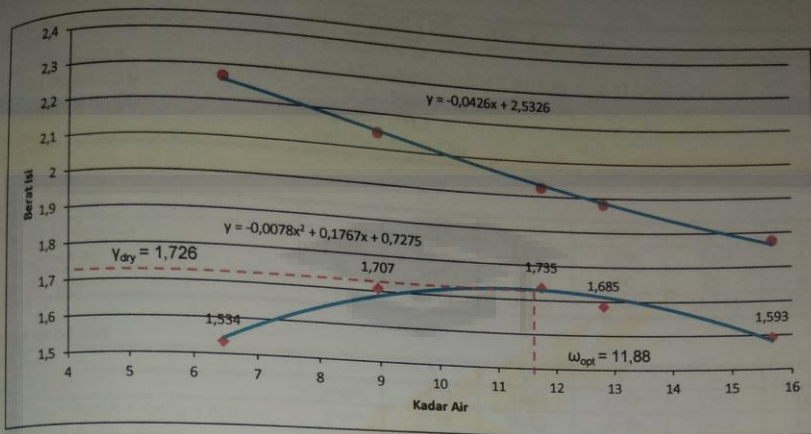
Makassar, 6 Maret 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasruifah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mulvadi



UNIVERSITAS

BOSOWA



KOMPAKSI (PROCTOR)
 PROYEK : PENELITIAN S1
 LOKASI PENGUJIAN : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 1560-77, AASHTO T99-70
 TANGGAL PENGUJIAN : 4 MARET 2017
 BAHAN : PASIR + KAPUR 12%

Berat Tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gram	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
Penambahan Air	%	100	150	200	250	300
Kadar Air Akhir	ml	6,214	8,660	9,087	13,768	15,794

BERAT ISI BASAH

No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gram	1670	1862	1797	1722	1670
Berat Tanah Basah + Kapur + Mould	gram	3228	3530	3539	3528	3425
Berat Tanah Basah, Wwet	gram	1558	1668	1742	1806	1755
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Volume Basah	gr/cm ³	1,645	1,761	1,839	1,906	1,852
$\gamma_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$						

KADAR AIR

No. Cawan	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat Tanah + Kapur + Cawan	gram	36,2	34,8	29,8	32,1	29	32,7	29,3	33,4	32,5	34
Berat Tanah Kering + Kapur + Cawan	gram	34,4	33,3	27,2	30,9	28,5	29,4	27,2	29,4	26,2	33,9
Berat Air (Ww)	gram	1,8	1,5	2,6	1,2	0,5	3,3	2,1	4	6,3	0,1
Berat Cawan	gram	6,4	8,3	6,4	6	6,1	8,7	6,5	6,4	6	8,9
Berat Tanah Kering	gram	28	25	20,8	24,9	22,4	20,7	20,7	23	20,2	25
Kadar Air (w)	%	6,43	6	12,5	4,82	2,23	15,9	10,1	17,4	31,2	0,4
Kadar Air Rata-rata	%	6,214		8,660		9,087		13,768		15,794	

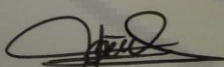
BERAT ISI KERING

Berat Tanah Basah, W wet	gram	1558	1668	1742	1806	1755
Kadar Air Rata-rata	%	6,214	8,660	9,087	13,768	15,794
Berat Kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + (\frac{w}{100})}$	gram	1466,846	1535,069	1596,889	1587,439	1515,622
Volume Mould	cm ³	947,39	947,39	947,39	947,39	947,39
Berat Isi Kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm ³	1,548	1,620	1,686	1,676	1,600
Berat Isi Basah $\gamma_{wet} = \frac{Gs}{1 + (w \times Gs)}$	gr/cm ³	2,280	2,159	2,139	1,945	1,871

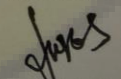
Berat Jenis (Gs) = 2,66

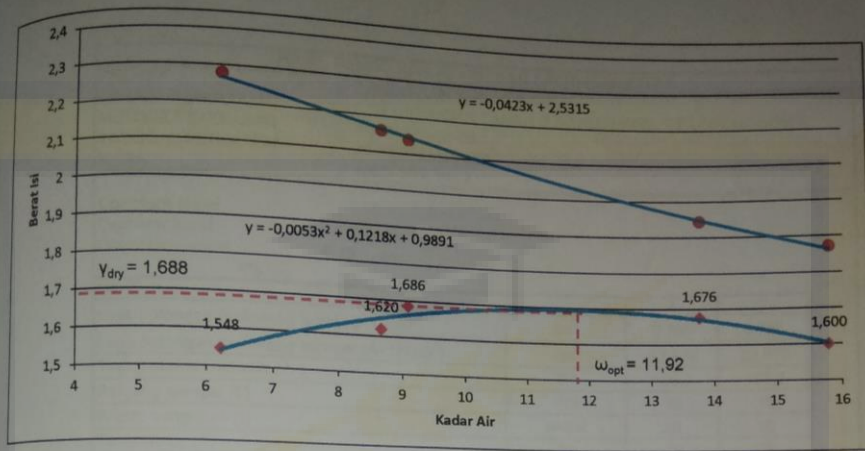
Makassar, 6 Maret 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Wuliyadi



UNIVERSITAS

BOSOWA

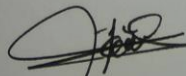


HASIL PENGUJIAN REMBESAN / PERMEABILITAS			
PROYEK	: PENELITIAN TUGAS AKHIR		
LOKASI PENGUJIAN	: LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA		
METODE PENGUJIAN	: ASTM D2434-68		
TANGGAL PENGUJIAN	: 25 FEBRUARI 2017		
NAMA	: ANDI MULYADI		
Constant Head			
Diameter buret	: 1	cm	
Diameter sampel	: 6,48	cm	
4%			
No. Test			
Luas potongan melintang buret ($a=1/4pd^2$)	cm ²	1	2
Luas potongan melintang sampel ($A=1/4pD^2$)	cm ²	0,785	0,785
Tinggi puncak hidrolis (h)	cm	32,979	32,979
Panjang sampel (L)	cm	108,7	108,7
Waktu pengujian (t)	menit	10	12
Temperatur (T)	°C	30	30
Volume air yang terkumpul (Q)	cm ³	28	28
Koefisien Permeabilitas (QL/ hAt)	cm/menit	70	66
Koefisien Permeabilitas Rata-rata	cm/menit	0,0065	0,0074
		0,006937	

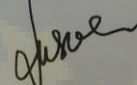


Makassar, 25 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa

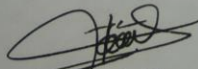

Andi Mulyadi

HASIL PENGUJIAN REMBESAN / PERMEABILITAS			
PROYEK	:	PENELITIAN TUGAS AKHIR	
LOKASI PENGUJIAN	:	LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA	
METODE PENGUJIAN	:	ASTM D2434-68	
TANGGAL PENGUJIAN	:	25 FEBRUARI 2017	
NAMA	:	ANDI MULYADI	
Constant Head			
Diameter buret	:	1	cm
Diameter sampel	:	6,48	cm
6%			
No. Test		1	2
Luas potongan melintang buret ($a=1/4pd^2$)	cm ²	0,785	0,785
Luas potongan melintang sampel ($A=1/4pD^2$)	cm ²	32,979	32,979
Tinggi puncak hidrolis (h)	cm	108,7	108,7
Panjang sampel (L)	cm	10	12
Waktu pengujian (t)	menit	30	30
Temperatur (T)	°C	28	28
Volume air yang terkumpul (Q)	cm ³	60	52
Koefisien Permeabilitas (QL/ hAt)	cm/menit	0,0056	0,0058
Koefisien Permeabilitas Rata-rata	cm/menit	0,005691	

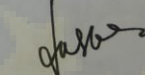
BOSOWA

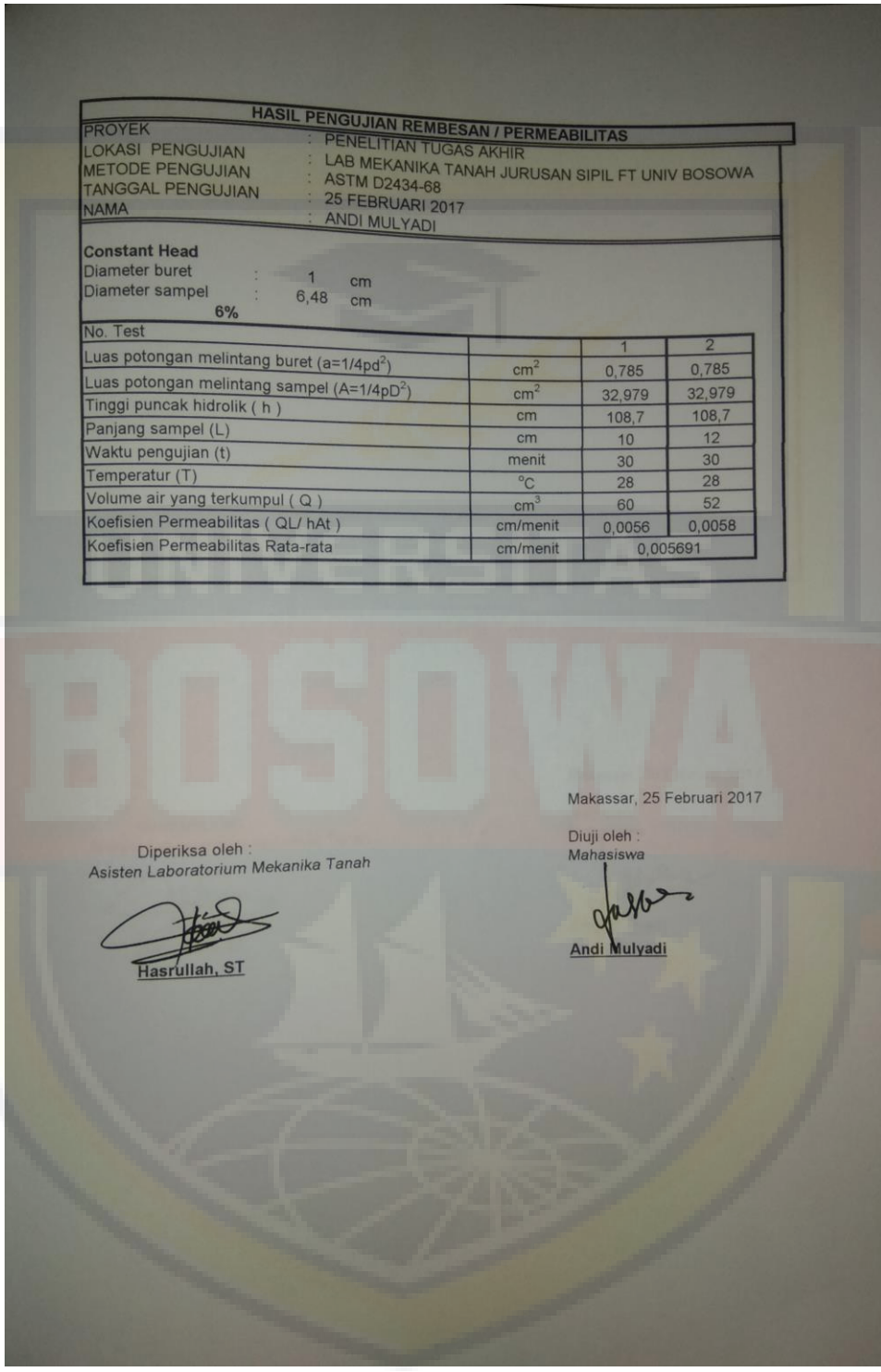
Makassar, 25 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mulyadi



HASIL PENGUJIAN REMBESAN / PERMEABILITAS			
PROYEK	:	PENELITIAN TUGAS AKHIR	
LOKASI PENGUJIAN	:	LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA	
METODE PENGUJIAN	:	ASTM D2434-68	
TANGGAL PENGUJIAN	:	25 FEBRUARI 2017	
NAMA	:	ANDI MULYADI	
Constant Head			
Diameter buret	:	1	cm
Diameter sampel	:	6,48	cm
8%			
No. Test		1	2
Luas potongan melintang buret ($a=1/4pd^2$)	cm ²	0,785	0,785
Luas potongan melintang sampel ($A=1/4pD^2$)	cm ²	32,979	32,979
Tinggi puncak hidrolik (h)	cm	108,7	108,7
Panjang sampel (L)	cm	10	12
Waktu pengujian (t)	menit	30	30
Temperatur (T)	°C	28	28
Volume air yang terkumpul (Q)	cm ³	48	36
Koefisien Permeabilitas (QL/ hAt)	cm/menit	0,0045	0,0040
Koefisien Permeabilitas Rata-rata	cm/menit	0,004240	



Makassar, 25 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

Hasrullah, ST

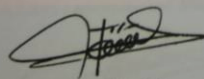
Diuji oleh :
Mahasiswa

Andi Mulyadi

HASIL PENGUJIAN REMBESAN / PERMEABILITAS			
PROYEK	:	PENELITIAN TUGAS AKHIR	
LOKASI PENGUJIAN	:	LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA	
METODE PENGUJIAN	:	ASTM D2434-68	
TANGGAL PENGUJIAN	:	25 FEBRUARI 2017	
NAMA	:	ANDI MULYADI	
Constant Head			
Diameter buret	:	1	cm
Diameter sampel	:	6,48	cm
10%			
No. Test		1	2
Luas potongan melintang buret ($a=1/4pd^2$)	cm ²	0,785	0,785
Luas potongan melintang sampel ($A=1/4pD^2$)	cm ²	32,979	32,979
Tinggi puncak hidrolik (h)	cm	108,7	108,7
Panjang sampel (L)	cm	10	12
Waktu pengujian (t)	menit	30	30
Temperatur (T)	°C	28	28
Volume air yang terkumpul (Q)	cm ³	33	30
Koefisien Permeabilitas (QL/ hAt)	cm/menit	0,0031	0,0033
Koefisien Permeabilitas Rata-rata	cm/menit	0,003208	

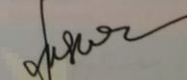
Makassar, 25 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah



Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa

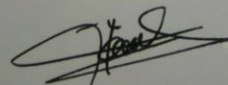


Andi Mulyadi

HASIL PENGUJIAN REMBESAN / PERMEABILITAS			
PROYEK	:	PENELITIAN TUGAS AKHIR	
LOKASI PENGUJIAN	:	LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA	
METODE PENGUJIAN	:	ASTM D2434-68	
TANGGAL PENGUJIAN	:	25 FEBRUARI 2017	
NAMA	:	ANDI MULYADI	
Constant Head			
Diameter buret	:	1	cm
Diameter sampel	:	6,48	cm
12%			
No. Test		1	2
Luas potongan melintang buret ($a=1/4pd^2$)	cm ²	0,785	0,785
Luas potongan melintang sampel ($A=1/4pD^2$)	cm ²	32,979	32,979
Tinggi puncak hidrolik (h)	cm	108,7	108,7
Panjang sampel (L)	cm	10	12
Waktu pengujian (t)	menit	30	30
Temperatur (T)	°C	28	28
Volume air yang terkumpul (Q)	cm ³	27	21
Koefisien Permeabilitas (QL/ hAt)	cm/menit	0,0025	0,0023
Koefisien Permeabilitas Rata-rata	cm/menit	0,002427	

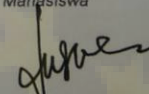
Makassar, 25 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah



Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa

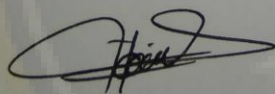


Andi Mulyadi

KUAT GESER LANGSUNG											
PROYEK	: PENELITIAN TUGAS AKHIR										
LOKASI PENGUJIAN	: LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA										
METODE PENGUJIAN	: ASTM D 3080										
TANGGAL PENGUJIAN	: 27 FEBRUARI 2017										
NAMA	: ANDI MULYADI										
Kedalaman Sampel	:	0	m								
Dimensi Sampel	:	6,41	cm								
Kalibrasi Proving Ring	:	0,39	kg/div								
Tinggi Sampel	:	2	cm								
Luas Sampel	:	32,2705	cm ²								
Benda Uji	:	Pasir + Kapur 4%									
Gaya Normal	P ₁ =	10 kg			P ₂ =	20 kg			P ₃ =	30 kg	
Tegangan Normal	σ ₁ =	0,30988 kg/cm ²			σ ₂ =	0,61976 kg/cm ²			σ ₃ =	0,92964 kg/cm ²	
Perpindahan Geser (mm)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)		
0	0	0	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000		
50	6	2,34	0,0725	8	3,12	0,0967	10	3,9	0,1209		
100	9	3,51	0,1088	13	5,07	0,1571	15	5,85	0,1813		
150	12	4,68	0,1450	16	6,24	0,1934	20	7,8	0,2417		
200	14	5,46	0,1692	20	7,8	0,2417	27	10,53	0,3263		
250	16	6,24	0,1934	26	10,14	0,3142	35	13,65	0,4230		
300	15	5,85	0,1813	25	9,75	0,3021	28	10,92	0,3384		
350	13	5,07	0,1571	24	9,36	0,2900	27	10,53	0,3263		
400											

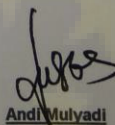
Makassar, 27 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

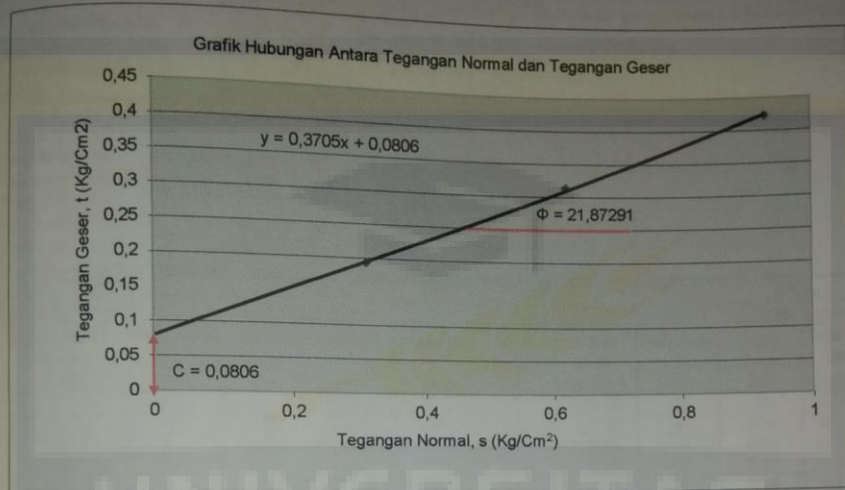


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa



Andi Mulyadi



UNIVERSITAS

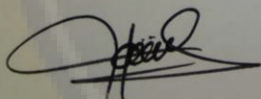
BOSOWA



KUAT GESER LANGSUNG										
PROYEK	: PENELITIAN TUGAS AKHIR									
LOKASI PENGUJIAN	: LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA									
METODE PENGUJIAN	: ASTM D 3080									
TANGGAL PENGUJIAN	: 27 FEBRUARI 2017									
NAMA	: ANDI MULYADI									
Kedalaman Sampel	:	0	m							
Dimensi Sampel	:	6,41	cm							
Kalibrasi Proving Ring	:	0,39	kg/div							
Tinggi Sampel	:	2	cm							
Luas Sampel	:	32,2705	cm ²							
Benda Uji	:	Pasir + Kapur 6%								
Gaya Normal	P ₁ = 10 kg			P ₂ = 20 kg			P ₃ = 30 kg			
Tegangan Normal	σ ₁ = 0,30988 kg/cm ²			σ ₂ = 0,61976 kg/cm ²			σ ₃ = 0,92964 kg/cm ²			
Perpindahan Geser (mm)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	
0	0	0	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000	
50	4	1,56	0,0483	6	2,34	0,0725	9	3,51	0,1088	
100	6	2,34	0,0725	7	2,73	0,0846	16	6,24	0,1934	
150	8	3,12	0,0967	11	4,29	0,1329	19	7,41	0,2296	
200	11	4,29	0,1329	13	5,07	0,1571	21	8,19	0,2538	
250	15	5,85	0,1813	17	6,63	0,2055	27	10,53	0,3263	
300	13	5,07	0,1571	14	5,46	0,1692	23	8,97	0,2780	
350	12	4,68	0,1450	13	5,07	0,1571	22	8,58	0,2659	
400										

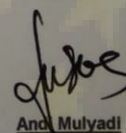
Makassar, 27 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

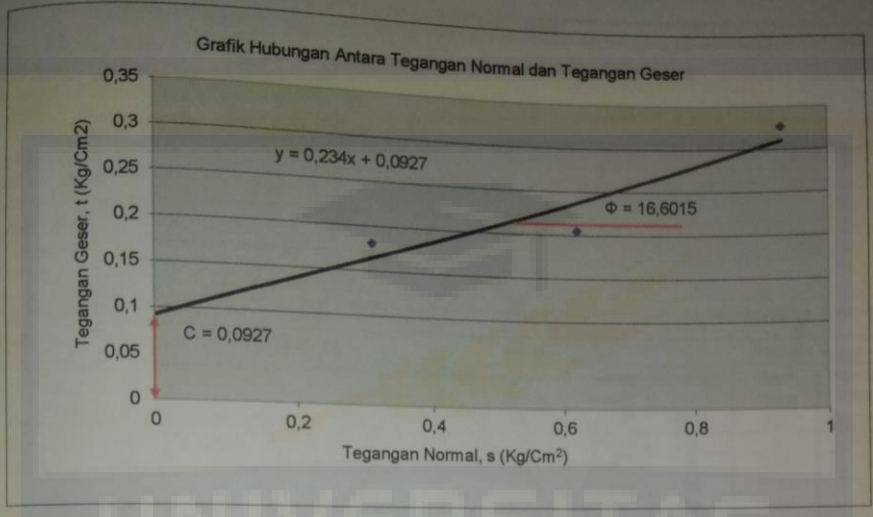


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa

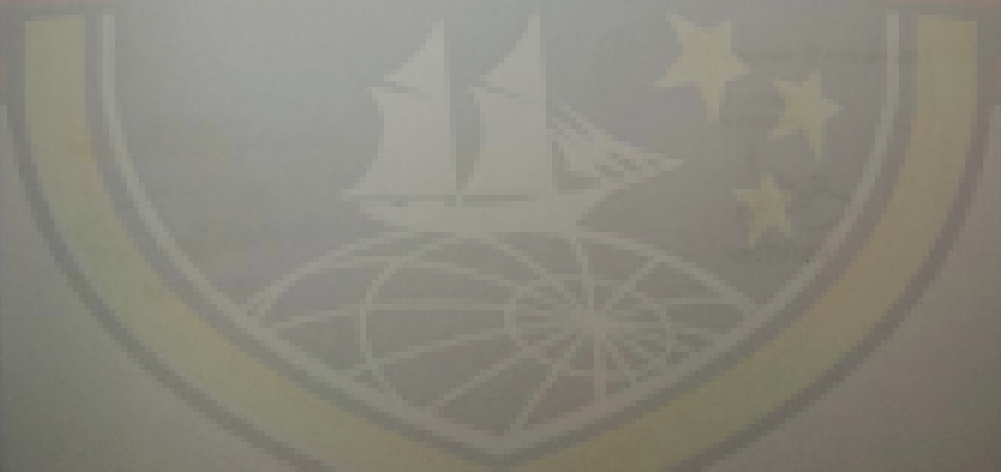


Andi Mulyadi



UNIVERSITAS

BOSOWA



KUAT GESER LANGSUNG

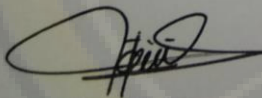
PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR
 LOKASI PENGUJIAN : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 3080
 TANGGAL PENGUJIAN : 27 FEBRUARI 2017
 NAMA : ANDI MULYADI

Kedalaman Sampel : 0 m
 Dimensi Sampel : 6,41 cm
 Kalibrasi Proving Ring : 0,39 kg/div
 Tinggi Sampel : 2 cm
 Luas Sampel : 32,2705 cm²
 Benda Uji : Pasir + Kapur 8%

Gaya Normal	P ₁ = 10 kg			P ₂ = 20 kg			P ₃ = 30 kg		
Tegangan Normal	σ ₁ = 0,30988 kg/cm ²			σ ₂ = 0,61976 kg/cm ²			σ ₃ = 0,92964 kg/cm ²		
Perpindahan Geser (mm)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)
0	0	0	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000
50	5	1,95	0,0604	8	3,12	0,0967	9	3,51	0,1088
100	8	3,12	0,0967	12	4,68	0,1450	14	5,46	0,1692
150	10	3,9	0,1209	14	5,46	0,1692	16	6,24	0,1934
200	13	5,07	0,1571	15	5,85	0,1813	20	7,8	0,2417
250	15	5,85	0,1813	17	6,63	0,2055	26	10,14	0,3142
300	14	5,46	0,1692	16	6,24	0,1934	23	8,97	0,2780
350	12	4,68	0,1450	14	5,46	0,1692	22	8,58	0,2659
400									

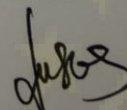
Makassar, 27 Februari 2017

Diperiksa oleh :
 Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

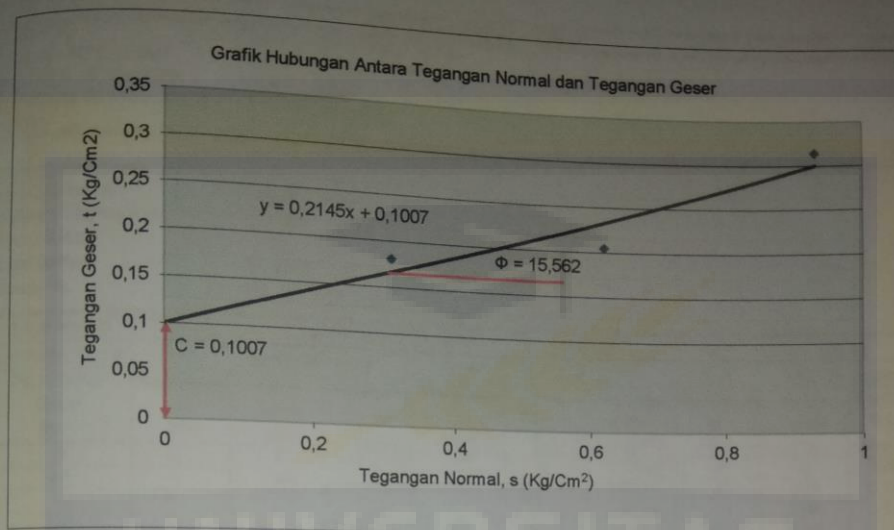


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
 Mahasiswa

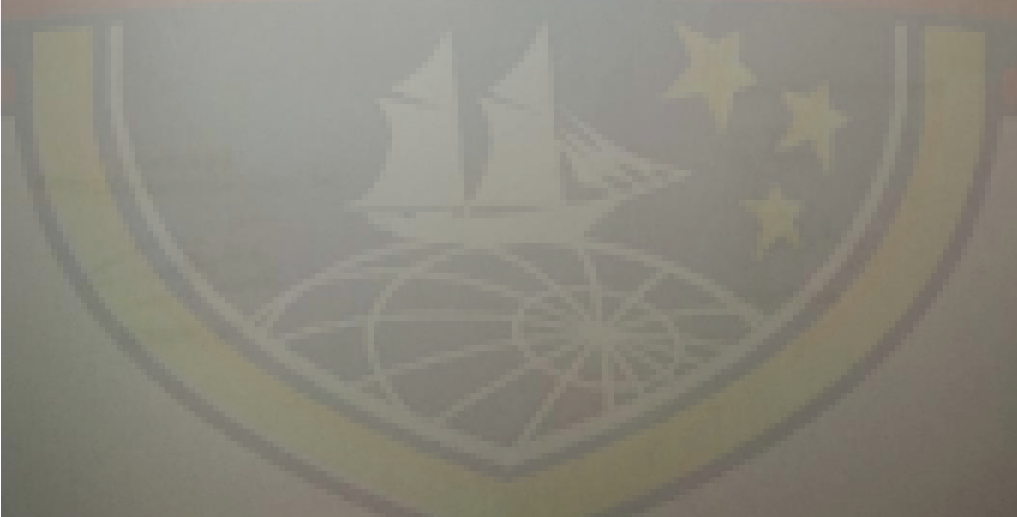


Andi Mulyadi



UNIVERSITAS


BOSOWA



KUAT GESER LANGSUNG										
PROYEK	: PENELITIAN TUGAS AKHIR									
LOKASI PENGUJIAN	: LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA									
METODE PENGUJIAN	: ASTM D 3080									
TANGGAL PENGUJIAN	: 27 FEBRUARI 2017									
NAMA	: ANDI MULYADI									
Kedalaman Sampel	:	0	m							
Dimensi Sampel	:	6,41	cm							
Kalibrasi Proving Ring	:	0,39	kg/div							
Tinggi Sampel	:	2	cm							
Luas Sampel	:	32,2705	cm ²							
Benda Uji	:	Pasir + Kapur 10%								
Gaya Normal	P ₁ = 10 kg			P ₂ = 20 kg			P ₃ = 30 kg			
Tegangan Normal	σ ₁ = 0,30988 kg/cm ²			σ ₂ = 0,61976 kg/cm ²			σ ₃ = 0,92964 kg/cm ²			
Perpindahan Geser (mm)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	
0	0	0	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000	
50	4	1,56	0,0483	8	3,12	0,0967	9	3,51	0,1088	
100	5	1,95	0,0604	11	4,29	0,1329	12	4,68	0,1450	
150	7	2,73	0,0846	12	4,68	0,1450	15	5,85	0,1813	
200	10	3,9	0,1209	14	5,46	0,1692	17	6,63	0,2055	
250	12	4,68	0,1450	16	6,24	0,1934	19	7,41	0,2296	
300	11	4,29	0,1329	15	5,85	0,1813	18	7,02	0,2175	
350	9	3,51	0,1088	13	5,07	0,1571	16	6,24	0,1934	
400										

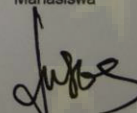
Makassar, 27 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah

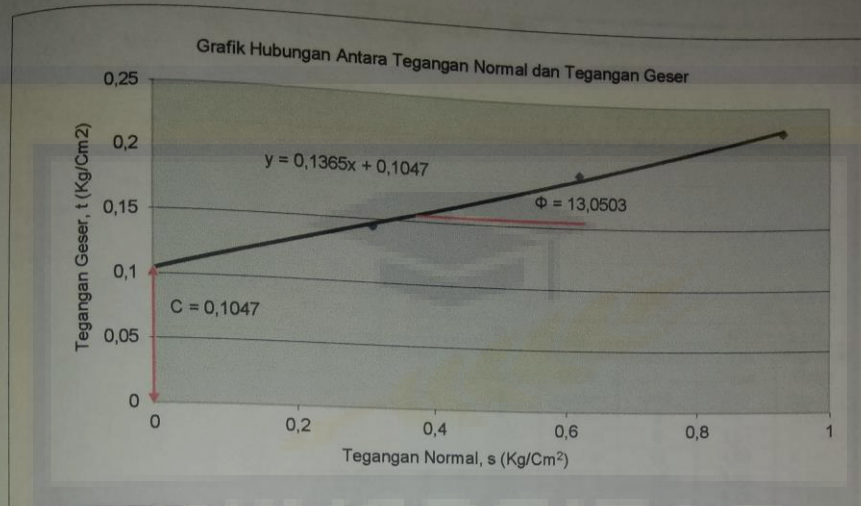


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa



Andi Mulyadi



UNIVERSITAS
BOSOWA



KUAT GESER LANGSUNG


PROYEK : PENELITIAN TUGAS AKHIR
 LOKASI PENGUJIAN : LAB MEKANIKA TANAH JURUSAN SIPIL FT UNIV BOSOWA
 METODE PENGUJIAN : ASTM D 3080
 TANGGAL PENGUJIAN : 27 FEBRUARI 2017
 NAMA : ANDI MULYADI

Kedalaman Sampel : 0 m
 Dimensi Sampel : 6,41 cm
 Kalibrasi Proving Ring : 0,39 kg/div
 Tinggi Sampel : 2 cm
 Luas Sampel : 32,2705 cm²
 Benda Uji : Pasir + Kapur 12%

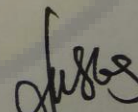
Gaya Normal	P ₁ = 10 kg			P ₂ = 20 kg			P ₃ = 30 kg		
Tegangan Normal	σ ₁ = 0,30988 kg/cm ²			σ ₂ = 0,61976 kg/cm ²			σ ₃ = 0,92964 kg/cm ²		
Perpindahan Geser (mm)	Pembacaan n (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan n (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)	Pembacaan n (div)	Gaya Geser (kg)	Tegangan Geser (kg/cm ²)
0	0	0	0,0000	0	0	0,0000	0	0	0,0000
50	4	1,56	0,0483	7	2,73	0,0846	9	3,51	0,1088
100	6	2,34	0,0725	11	4,29	0,1329	12	4,68	0,1450
150	8	3,12	0,0967	13	5,07	0,1571	14	5,46	0,1692
200	9	3,51	0,1088	15	5,85	0,1813	16	6,24	0,1934
250	12	4,68	0,1450	16	6,24	0,1934	18	7,02	0,2175
300	10	3,9	0,1209	15	5,85	0,1813	15	5,85	0,1813
350	9	3,51	0,1088	14	5,46	0,1692	14	5,46	0,1692
400									

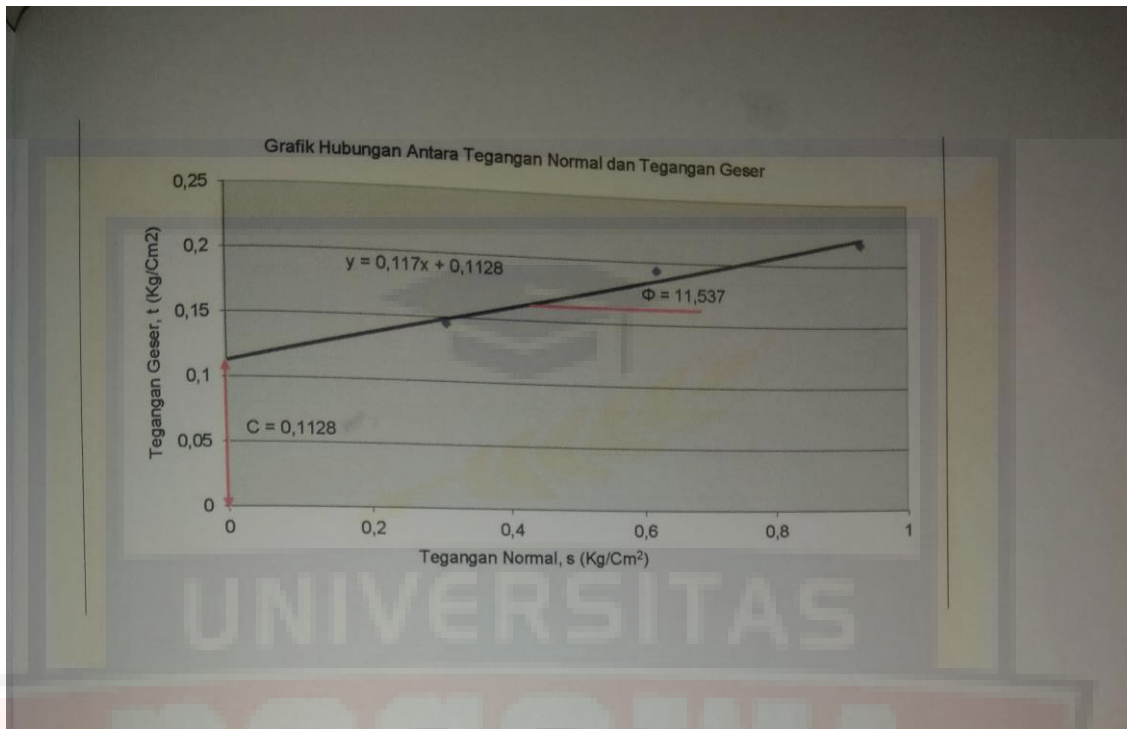
Makassar, 27 Februari 2017

Diperiksa oleh :
Asisten Laboratorium Mekanika Tanah


Hasrullah, ST

Diuji oleh :
Mahasiswa


Andi Mulyadi



BOSOWA

