



STABILISASI TANAH EKSPANSIF DENGAN PENAMBAHAN PASIR
(Studi kasus :dusun Jati Luhur desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo,
kabupaten Banyuwangi)

SKRIPSI

Oleh

Muhammad Ari Ridwansyah

NIM. 141910301042

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



STABILISASI TANAH EKSPANSIF DENGAN PENAMBAHAN PASIR
(Studi kasus :dusun Jati Luhur desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo,
kabupaten Banyuwangi)

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas seminar dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

Muhammad Ari Ridwansyah

NIM. 141910301042

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, dengan rahmat, petunjuk dan karuniaNya saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kepada kedua orang tuaku tercinta, yang dengan sabar selalu memberiku semangat, kasih sayang dan pengorbanan yang tak terhingga.
3. Keluarga besar serta saudara-saudariku tersayang ka Arie Hidayati dan Anita Fitria, yang senantiasa memberiku motivasi untuk tetap semangat menjalani studi di Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
4. Bapak maupun Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Jember beserta jajarannya yang banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Guru-guruku yang telah berjasa membimbing dan memberi banyak ilmu sejak TK sampai dengan SMA.
6. Almamater Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, tempatku menimba ilmu.
7. Kepada teman-teman seperjuanganku, Diah Ayu Paramiswari, Rendra Kurniawan, Celia Nindy Carissa, Ana Crosita Ningsih, Stevianus Vinanta Bagawanta.
8. Sahabat-sahabatku Adelia Nur Isna K, Dewi Aprilia, Raden Achmad Dicky F, Reza Kurniawan, Taqiuddin Haq, Farma Agnes Diantara dan serta seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Sipil 2014 yang selalu mendoakan, memberikan semangat dan kemudahan selama penyusunan penelitian ini.

MOTTO

” The best sword that you have is a limitless patience”

(Peribahasa Inggris)

” Man Jadda Wajada”

(Peribahasa Arab)

“Maka Nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu Dustakan”

(Terjemahan surat *Ar-Rahman* Ayat 13)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ari Ridwansyah

NIM : 141910301042

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Penambahan Pasir" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Januari 2018

Yang menyatakan

Muhammad Ari Ridwansyah

NIM. 141910301042

SKRIPSI

**STABILISASI TANAH EKSPANSIF DENGAN PENAMBAHAN PASIR
(Studi kasus :dusun Jati Luhur desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo,
kabupaten Banyuwangi)**

oleh

Muhammad Ari Ridwansyah

NIM. 141910301042

Pembimbing,

Dosen Pembimbing I : M. Farid Ma'ruf S.T., M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing II : Paksitya Purnama Putra ST.,MT

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Penambahan Pasir (Studi kasus :dusun Jati Luhur desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo, kabupaten Banyuwangi) telah di uji dan di sahkan pada


Hari : Rabu

Tanggal : 18 April 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama



M. Farid Ma'rif ST., MT., Ph.D.
NIP 19721223 199803 3 002


Pembimbing Anggota



Paksiya Parasta Putri ST., MT
NIP 280016798

Tim Penguji:

Penguji 1,



Jansen Fery Irawan S.T., M.Eng
NIP 19760111 200012 1 002

Penguji 2



Luthfi Aini Wicaksono S.T., MT
NIP 760016771

Mengesahkan,

Dekan,



Dr. Ir. Erwin Hidayat, M.U.M
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perbaikan Tanah Ekspansif dengan Penambahan Pasir (Studi Kasus ; Dusun Jatiluhur, Desa Glagah Agung, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi); Muhammad Ari Ridwansyah., 141910301042; 2017: 120 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tanah ekspansif merupakan salah satu masalah global di bidang konstruksi. Di Amerika Serikat estimasi biaya kerusakan bangunan dan infrastruktur akibat tanah ekspansif mencapai \$15 Juta per tahun (Far & Flint, 2016). Tanah jenis ini dapat mengakibatkan kerusakan struktur di atasnya apabila terjadi perubahan kadar air. Karena tanah ini memiliki sifat kembang susut yang tinggi (Coduto:1994). Tanah jenis ini umumnya memiliki *liquid limit* dan *plastis limit* yang cenderung besar dengan *index plastisitas* tinggi sekitar $> 30\%$ (Chen,1975). Dan salah satu cara yang banyak digunakan untuk mengurangi kerugian akibat tanah ekspansif adalah stabilisasi tanah dengan penambahan pasir.

Perbaikan tanah ekspansif atau *Soil Improvement* dengan penambahan pasir sebagai stabilisator bertujuan untuk meredam atau mengurangi komposisi lempung. Penambahan pasir pada tanah ekspansif akan mengurangi rasio sifat kohesi lempung. Penambahan pasir dilakukan sebelum proses pemadatan (*Compacting*). Stabilisasi ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kepadatan (*density*) yang tinggi, meningkatkan kekuatan geser, menurunkan *permeabilitas* dan mempercepat konsolidasi (Das, 1999).

Pada dusun Jati Luhur desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo, kabupaten Banyuwangi terdapat tanah yang diduga tanah ekspansif. Hal pertama yang mengindikasikan bahwa tanah di daerah tersebut adalah tanah ekspansif adalah kerusakan yang banyak terjadi pada dinding, lantai dan jalan. Guna mengurangi dampak pengembangan dari tanah ekspansif perlu dilakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah stabilisasi dengan penambahan pasir. Pasir digunakan karena sifatnya yang non kohesi dan butirannya yang granular. Pasir juga merupakan material yang paling umum dan ekonomis untuk digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif.

Pada penelitian ini variasi pasir yang digunakan sebesar 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%. Proporsi pasir pada penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya.

Pengujian dilakukan di laboratorium fakultas Teknik Universitas Jember. Pengujian awal dilakukan untuk mencari *index properties* tanah asli. Hasil pengujian menunjukkan tanah asli memiliki sifat plastisitas dengan nilai batas cair sebesar 90,86% dan indeks plastisitas sebesar 53,89%. Dari beberapa klasifikasi yang menghubungkan nilai batas cair dan indeks plastisitas, tanah asli termasuk ke dalam ekspansivitas tinggi dengan nilai pengembangan sebesar 1,521%. Maka dari itu perlu adanya upaya stabilisasi tanah untuk dapat mengecilkan tingkat pengembangan tanah. Selanjutnya pengujian dilakukan terhadap tanah asli yang distabilisasi pasir. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil yang cukup konsisten. Data menunjukkan dengan seiring penambahan pasir akan menurunkan nilai plastisitas tanah dan mengurangi sifat pengembangan tanah. Penambahan pasir juga berpengaruh terhadap *index properties* tanah lainnya. Nilai kadar air tanah asli sebesar 37,08% setelah penambahan pasir turun secara konstan. Turunnya nilai kadar air disebabkan tanah telah bercampur dengan pasir dan mengurangi sifat lempung menyerap air. Dengan mengecilnya sifat lempung yang mudah menyerap air berpengaruh terhadap nilai pengembangan tanah. Nilai pengembangan tanah asli yang distabilisasi dengan pasir mengalami penurunan yang cukup signifikan. Pada penambahan pasir 35% nilai pengembangan hanya sebesar 0,2143%.

SUMMARY

Expansive Soils Stabilization With Additional Sand; Muhammad Ari Ridwansyah., 141910301042; 2017: 120 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

The Expansive land is one of the global problems in the field of construction. In the United States estimated a cost of damage to buildings and infrastructure due to expansive land reaches \$ 15 Million per year (Far & Flint, 2016). This type of soil may cause structural damage to it in the event of a change in water content. Because this land has a high shrinkage property (Coduto: 1994). This type of soil generally has a liquid limit and a plastic limit that tends to be large with a high plasticity index of $> 30\%$ (Chen, 1975). And one of the most widely used ways of reducing expansive land losses is the stabilization of soils with the addition of sand.

Soil improvement with the adding of sand as the stabilisator aimed to muffle or decrease clay composition. The adding of sand to expansive soil will reduce clay cohesion ratio. The adding of sand is done before the process of compacting. The stabilization is done to get high value density, increase shear strength, decrease permeability, and accelerate consolidation (Das,1999).

In Jati Luhur sub-village Glagah Agung village, Purwoharjo sub district, Banyuwangi regency, there is a soil that is assumed as expansive soil. The first thing that indicates that soil in that place is expansive soil is numbers of damages that happen on wall, floor and street. In order to reduce the effect of the development of expansive soil, soil stabilization needs to be done. Soil stabilization that was done in this research is stabilization with the adding of sand. Sand is used because of its non-cohesive characteristic and its granular grain. Sand is also the most common and economic material to be used as the stabilizer of clay expansive soil. In this research, sand variation that was used was as much as 15%, 20%, 25%, 30% and 35%. Sand proportion in this research was referring to previous research.

The test was conducted at the Faculty of Engineering laboratory of Jember University. The first test was conducted to look for original soil properties index. The test result showed that the original soil has plasticity properties with liquid limit value of 90.86% and plasticity index of 53.89%. From several classifications that relate liquid limit values and plasticity index, the original soil belongs to a high expansiveness with a development value of 1.150%. Therefore, it is necessary to stabilize the soil to minimize the level of soil development. Then, the test was done on original soil that was stabilized with sand. From the test, it was obtained a pretty consistent result. The data indicates that by adding the amount of sand will reduce the soil plasticity value and reduce the nature of soil development. The addition of sand also affects other soil properties index. The original groundwater content value was 37.08% after sand addition decreased constantly. The decreasing water content value was caused by the soil mixing with the sand and reducing the clay nature to absorb water. With the shrinking nature of clay that easily absorb water affects the value of soil development. The value of the original soil development that was stabilized with sand has decreased significantly. In sand addition of 35%, the development value was only 0.164%.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbaikan Tanah Ekspansif dengan Penambahan Pasir (Studi Kasus ; Dusun Jatiluhur, Desa Glagah Agung, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi)”. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah , M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso , MT selaku Ketua Jurusan dan Dr. Anik Ratnaningsih, ST.MT selaku Ketua Program Studi (S1) Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
3. M. Farid Ma’ruf ST.,MT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Paksitya Purnama Putra ST.,MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang senantiasa meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama masa studi.
5. Seluruh Civitas Akademika Teknik Sipil Universitas Jember yang telah mendukung dan mendoakan kelancaran penelitian ini.
6. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Faklutas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama beberpa tahun tahun ini.
7. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat

diharapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 7 Maret 2018

Penulis

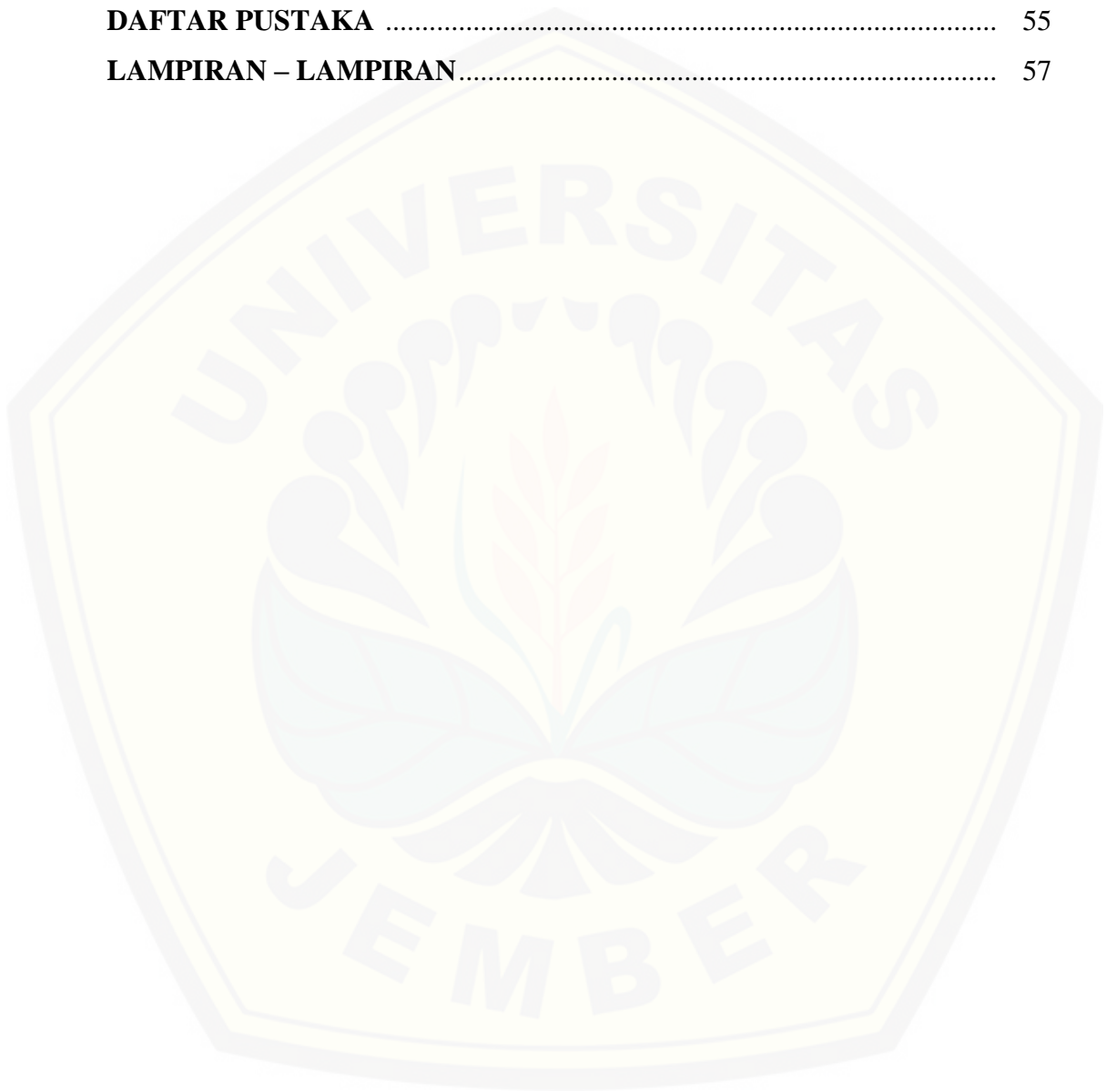


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah Lempung	3
2.2 Mekanisme Kembang Susut Tanah Lempung	4
2.3 Tanah Ekspansif	5
2.3.1 Identifikasi Tanah Ekspansif	5
2.4 Sifat Fisis dan Mekanis Tanah	9
2.4.1 Analisis Fisis Tanah	9
2.4.2 Sistem Klasifikasi Tanah	14
2.4.3 Analisis Mekanis Tanah	18

2.5 Definisi Pasir	19
2.6 Stabilisasi Tanah	19
2.7 Stabilisasi Tanah dengan Pasir	20
2.8 Pemadatan Tanah	21
2.8.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Pemadatan	21
2.9 Uji Pengembangan Tanah	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Konsep Penelitian	23
3.2 Lokasi Penelitian	23
3.3 Rancangan Penelitian	25
3.4 Metode Penelitian	25
3.5 Langkah-Langkah Penelitian	29
3.5.1 Bahan untuk Penelitian	29
3.5.2 Alat-Alat untuk Penelitian	30
3.5.3 Pengujian di Laboratorium	30
3.6 Time Schedule Penelitian	41
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian Tanah Asli	42
4.2 Hasil Pengujian Tanah Lempung Ekspansif yang Distabilisasi dengan Pasir	43
4.2.1 Hasil Pengujian <i>Index Properties</i> Tanah	43
4.2.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah	43
4.2.3 Hasil Pengujian <i>Atteberg Limit</i>	44
4.2.4 Hasil Pengujian Pemadatan	44
4.2.5 Hasil Pengujian Kadar Air	46
4.3 Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Ukuran Butiran Tanah	46
4.3.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Basah	47
4.3.2 Hasil Pengujian Hidrometer	48
4.3.3 Klasifikasi Tanah	49
4.4 Potensi Pengembangan Tanah	50
4.4.1 Identifikasi Tanah Ekspansif	50

4.5 Tingkat Pengembangan Tanah	52
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....	57



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan	8
2.2 Diagram Plastisitas (ASTM, <i>Casagrande</i>)	18
2.3 Grafik Hubungan Kepadatan Kering dengan Kadar Pasir.....	21
3.1 Lokasi Penelitian.....	24
3.2 Diagram Alur Penelitian	26
3.3 Diagram Alur Pengujian Pengembangan.....	28
3.4 Time Schedule Penelitian	28
4.1 Grafik Hubungan Berat Jenis Tanah dengan Penambahan Pasir	43
4.2 Grafik Batas Cair, Batas Plastis dan Indeks Plastisitas	44
4.3 Grafik Pengaruh Pasir terhadap nilai OMC dan berat isi kering	45
4.4 Grafik Pengaruh Pasir terhadap Kadar Air	46
4.5 Grafik Distribusi Ukuran	47
4.6 Grafik Hubungan Hidrometer dan Analisa Saringan	49
4.7 Sistem Klasifikasi USCS	50
4.8 Potensi Pengembangan Tanah Lempung Seed	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Hubungan Mineral Tanah dengan Aktifitas.....	3
2.2 Kriteria Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif USBR	6
2.3 Tabel Indeks Plastisitas.....	6
2.4 Potensi Tanah Ekspansif menurut Chen	7
2.5 Hubungan Tingkat Pengembangan Dengan Batas Cair, Indeks Plastis dan Uji Hisap Pada Tanah Asli.....	7
2.6 Parameter Aktivitas Skempton	8
2.7 Korelasi IP dengan Sifat, Jenis dan Kohesi Tanah.....	12
2.8 Ukuran Standar Ayakan menurut ASTM	14
2.9 Pengelompokan Tanah USCS	15
2.10 Klasifikasi Tanah Sistem USCS	17
3.1 Rencana Campuran Lempung + Pasir.....	38
4.1 Hasil Uji Sifat Fisis Tanah Asli	42
4.2 Hasil Uji Standar Proctor	45
4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Basah.....	48
4.4 Rekapitulasi Persen Lempung < 0,002	48
4.5 Klasifikasi Tanah Sistem USCS	49
4.6 Hasil Identifikasi Aktivitas Tanah Lempung Ekspansif.....	51
4.7 Rekapitulasi Identifikasi Potensi Pengembangan Tanah	52
4.8 Hasil Uji Pengembangan.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Pengujian Berat Jenis Tanah	57
2 Pengujian Kadar Air Tanah	63
3 Pengujian Berat Isi Tanah	67
5 Pengujian Analisa Saringan	74
6 Pengujian Hidrometer	82
7 Pengujian <i>Atteberg Limit</i>	97
8 Pengujian <i>Compaction</i>	112
9 Pengujian Tingkat Pengembangan Tanah.....	120

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah ekspansif merupakan salah satu masalah global di bidang konstruksi. Di Amerika Serikat estimasi biaya kerusakan bangunan dan infrastruktur akibat tanah ekspansif mencapai \$15 Juta per tahun (Far & Flint, 2016). Tanah jenis ini dapat mengakibatkan kerusakan struktur di atasnya apabila terjadi perubahan kadar air. Karena tanah ini memiliki sifat kembang susut yang tinggi (Coduto:1994). Tanah jenis ini umumnya memiliki *liquid limit* dan *plastis limit* yang cenderung besar dengan *index plastisitas* tinggi sekitar $> 30\%$ (Chen,1975). Dan salah satu cara yang banyak digunakan untuk mengurangi kerugian akibat tanah ekspansif adalah stabilisasi tanah dengan penambahan pasir.

Perbaikan tanah ekspansif atau *Soil Improvement* dengan penambahan pasir sebagai stabilisator bertujuan untuk meredam atau mengurangi komposisi lempung. Penambahan pasir pada tanah ekspansif akan mengurangi rasio sifat kohesi lempung. Penambahan pasir dilakukan sebelum proses pemadatan (*Compacting*). Stabilisasi ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kepadatan (*density*) yang tinggi, meningkatkan kekuatan geser, menurunkan permeabilitas dan mempercepat konsolidasi (Das, 1999).

Dalam penelitian Soepandji (1995) bahwa dengan penambahan pasir sebagai stabilisator akan menurunkan batas cair dan batas plastis tanah lempung, meningkatkan sudut geser tanah dan menurunkan nilai kohesi tanah. Pengembangan terjadi akibat kadar air pada tanah lempung bertambah sehingga menyebabkan *differential movement*, hal inilah yang mengakibatkan kerusakan pada bangunan.

Sedangkan untuk mengetahui besarnya pengembangan tanah dapat dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu uji *swelling potential* tanah dan uji *swelling pressure* tanah. Dari uji tersebut nantinya akan diketahui jenis tanah di dusun Jati Luhur desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo, kabupaten Banyuwangi termasuk ke dalam jenis tanah ekspansif atau tidak. Penelitian ini dilakukan

dengan metode pengukuran tidak langsung yang dilakukan di laboratorium fakultas teknik Universitas Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan di analisa dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana sifat - sifat fisis tanah asli ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan material pasir sebagai stabiliator terhadap sifat fisis tanah ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan material pasir sebagai stabiliator terhadap tingkat pengembangan tanah ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui sifat – sifat fisis tanah asli.
2. Mengetahui pengaruh penambahan material pasir sebagai stabiliator terhadap sifat fisis tanah.
3. Mengetahui pengaruh penambahan material pasir sebagai stabiliator terhadap tingkat pengembangan tanah.

1.4 Manfaat Masalah

Memberikan informasi kepada kontraktor, warga dusun Jati Luhur atau pihak yang akan membangun di kawasan tersebut, agar lebih memperhatikan karakteristik tanah ekspansif sebelum melaksanakan pembangunan.

1.5 Batasan Masalah

1. Hanya mengamati perilaku tanah ekspansif setelah diberi stabiliator dengan kadar yang sudah ditentukan.
2. Tidak menghitung biaya perbaikan tanah.
3. Tidak dilakukan uji mineralogi

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung berasal dari pelapukan akibat reaksi kimia yang menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm (Hardiyatmo et al., 1992). Menurut Kerr(1959)(Putranto, Zaika, & Suryo, n.d.) dalam (Hardiyatmo et al., 1992). mengklasifikasikan mineral lempung menjadi 15 macam. Di antaranya terdiri dari kelompok-kelompok : *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. Terdapat pula kelompok yang lain, misalnya ; *chlorite*, *vemiculite*, dan *halloysite*.

Tabel 2.1 Hubungan Mineral Tanah dengan Aktifitas

Mineral	Aktifitas
Kaolinite	0,33 – 0,46
Illite	0,9
Montmorillonite (Ca)	1,5
Montmorillonite (Na)	7,2

Sumber : FH.Chen, tahun

(Hardiyatmo et al., 1992) menyatakan salah satu penyebab terjadinya pengembangan (*swelling*) pada tanah lempung adalah mineral *montmorillonite*. Mineral *montmorillonite* disebut juga *smectie*, adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembar silika dan satu lembar alumunium (*gibbsite*). Lembaran oktahedra terletak di antara dua lembaran silika dengan ujung tertahedra bercampur dengan hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk satu lapisan alumunium oleh magnesium. Karena adanya gaya ikatan Van der Waals yang lemah di antara ujung lembaran silika dan terdapat kekurangan muatan negatif dalam lembaran oktahedra, air dan ion-ion yang berpindah-pindah dapat masuk dan memisahkan lapisannya. Jadi kristal *montmorillonite* sangat kecil, tapi pada waktu tertentu mempunyai gaya tarik yang kuat terhadap air. Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air. Tekanan

pengembangan yang dihasilkan dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya.

2.2 Mekanisme Kembang Susut Tanah Lempung

Penyusutan (*shrinkage*) tanah sebagian besar terjadi karena peristiwa kapiler, dimana pada penurunan kadar air dalam proses mengering tanah akan diikuti segera dengan kenaikan yang tajam dari tegangan efektif antar butiran. Sebagai konsekuensinya volume tanah menyusut. Mekanisme pengembangan dari tanah sedikit lebih kompleks dari pada penyusutan (Moechtar:2013).

Menurut (Hardiyatmo et al., 1992), tanah–tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air menyebabkan lempung menyusut, dan sebaliknya bila kadar air bertambah lempung mengembang. Derajat pengembangan bergantung pada beberapa faktor, seperti : tipe dan jumlah mineral lempung yang ada dalam tanah, luas spesifik lempung, susunan tanah, konsentrasi garam dalam air pori, valensi kation, sementasi, adanya bahan–bahan organik dan sebagainya. Perubahan volume tanah yang besar membahayakan bangunan.

Menurut Komornik dan David (1969) pengembangan dari tanah disebabkan oleh dua hal :

1. Sebab Mekanis

Pengembangan disebabkan karena kebalikan dari peristiwa kapiler. Bila kadar air dalam tanah naik dan tanah menjadi jenuh maka tegangan kapiler mengecil dan tegangan air pori dapat sama dengan tegangan hidrostatik. Dengan sendirinya tegangan efektif tanah menurun dan tanah cenderung untuk “mengembang” kembali pada volume semula.

2. Sebab Fisika – Kimia

Seperti telah disebutkan terdahulu, masuknya air diantara partikel-partikel clay mineral jenis Montmorillonite akan menyebabkan mengembangnya jarak antara unit lapisan struktur dasar. Kondisi ini terjadi pada saat kadar air dalam tanah naik.

Kembang susut dari tanah juga dipengaruhi oleh struktur susunan matriks dari partikel-partikel tanah tersebut. Struktur matriks yang “rapat dan kokoh” (biasanya dapat dilihat dari angka pori yang rendah) menghasilkan ketahanan yang kuat terhadap perubahan volume karena peristiwa kapiler. Jadi kembang susut karena peristiwa kapiler (sebab mekanis) lebih kecil dari pada kembang susut pada tanah yang mempunyai angka pori yang besar.

2.3 Tanah Ekspansif

Menurut Moechtar (2012:2), tanah ekspansif memiliki ciri-ciri : tanah akan mengembang bila tanah menjadi basah (pada musim penghujan) dan menyusut apabila tanah menjadi kering (pada musim kemarau). Besarnya pengembangan dan penyusutan tanah tersebut biasanya tidak merata (tidak sama) dari satu titik ke titik yang lain. Hal ini menyebabkan permukaan tanah yang semula rata menjadi tidak rata atau bergelombang.

Adanya perbedaan pergerakan kembang-susut tanah tersebut menyebabkan terjadinya kerusakan pada bangunan, diantaranya :

- a. Dinding tembok mengalami keretakan.
- b. Lantai rumah bergelombang.
- c. Jalan aspal yang bergelombang.

Peningkatan kadar air menyebabkan tanah menjadi mengembang; kedalaman suatu profil tanah yang kadar airnya berubah-ubah dan menyebabkan kembang tanah dinamakan “zona aktif”.

2.3.1 Identifikasi Tanah Ekspansif

Ada beberapa metode yang dikemukakan beberapa ahli untuk mengetahui tanah ekspansif. Umumnya semua metode identifikasi menggunakan nilai batas cair, batas plastis, indeks plastisitas dan ukuran koloid tanah.

a. Identifikasi Tanah Ekspansif USBR

Salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi tanah ekspansif adalah dengan metode USBR. Metode ini mengkorelasikan nilai kandungan koloid, batas susut dan indeks plastisitas untuk melihat kriteria derajat

ekspansif tanah. Adapun kriteria tanah ekspansif menurut USBR ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif USBR

Kandungan Koloid lebih kecil 0,001 mm (%)	Indeks Plastisitas (%)	Batas Susut (%)	Kemungkinan Ekspansif (%) perubahan Volume	Derajat Ekspansif
>28	>35	<11	>30	Sangat Tinggi
20-23	25-41	7-12	20-30	Tinggi
13-23	15-28	10-16	10-20	Sedang
<15	<18	>15	<10	Rendah

Sumber : (Holtz et al.,1959)

b. Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif Chen

Untuk mengetahui tingkat kembang susut tanah ekspansif ada dua cara yang dikemukakan oleh Chen (1988) dalam melakukan identifikasi tanah ekspansif, yaitu :

- 1) Menggunakan indeks tunggal, pada klasifikasi ini Chen hanya melihat besarnya nilai indeks plastisitas tanah. Adapun klasifikasi yang dikemukakan Chen dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tabel Indeks Plastisitas

Index Plastisitas (PI) (%)	Swelling Potential
0-15	Rendah
10-35	Sedang
20-55	Tinggi
>55	Sangat Tinggi

Sumber : Chen (1965)

- 2) Sedangkan untuk klasifikasi kedua, Chen menggunakan korelasi antara fraksi lempung lolos saringan no.200, batas cair, *standart penetration*, dan perubahan volume. Klasifikasi ini dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Potensi Tanah Ekspansif Chen

Laboratory and Field Data			Volume Change	Degree Of Expansion
Percent Passing No. 200	Liquid Limit (%)	Standart Penetration		
>95	>60	>30	>10	<i>Very High</i>
60-95	40-60	20-30	3-10	<i>High</i>
30-60	30-40	10-20	1-5	<i>Low</i>
<30	<30	<10	<1	<i>Medium</i>

Sumber : Chen (1965)

- c. Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif SNI 03-6795-2002

Pada (Metode pengujian menentukan tanah ekspansif 1, 2002) disebutkan bahwa untuk mengidentifikasi potensi pengembangan tanah ekspansif dapat ditentukan dari batas cair, indeks plastis dan uji hisap tanah. Sedangkan untuk mengukur besarnya pengembangan dapat dilakukan dengan uji konsolidasi. Adapun tabel untuk mengetahui tingkat pengembangan tanah dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Hubungan Tingkat Pengembangan Dengan Batas Cair, Indeks Plastis dan Uji Hisap Pada Tanah Asli

Tingkat Pengembangan	Batas Cair	Indeks Plastis	Uji Hisap Asli (Kn/m ²)
Tinggi	> 60	> 35	> 4
Sedang	50-60	25-35	1,5-4
Rendah	< 50	<25	< 1,5

Sumber : SNI 03-6795-2002

- d. Identifikasi Potensi Pengembangan Tanah Lempung *Skempton*

Skempton menggunakan nilai aktivitas tanah untuk mengukur besarnya derajat ekspansif. nilai aktivitas skempton dihitung berdasarkan nilai indeks

plastisitas tanah. Adapun persamaan untuk mencari nilai *activity* dapat dilihat rumus 2.1. Sedangkan tabel klasifikasi Skempton dapat dilihat pada Tabel 2.2.

$$\text{Aktivitas (AC)} = \frac{PI}{C-10} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana, C = Presentase fraksi lempung >0,002

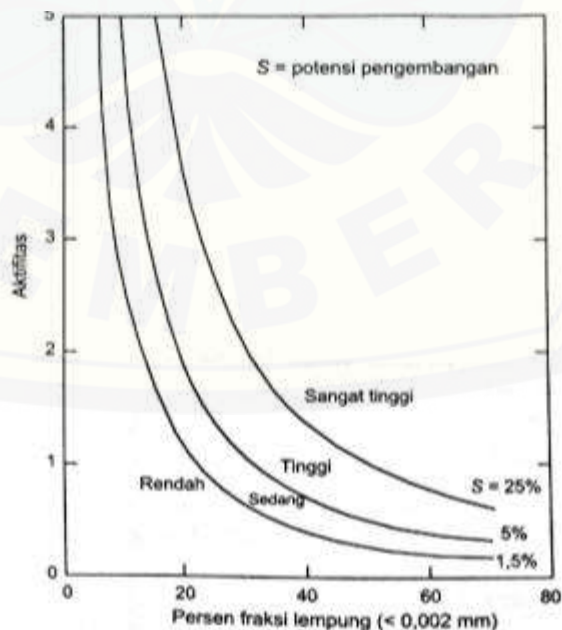
Tabel 2.6 Parameter Aktivitas Skempton

Ac	Degree of Expansion
>1,25	Tanah Aktif dan Ekspansif
0,75-1,25	Tanah Normal
<0,75	Tanah Tidak Aktif

Sumber : Skempton

e. Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif Seed (1962)

Pada klasifikasi ini, Seed memodifikasi rumus *activity* Skempton. Seed mengkorelasikan nilai *activity* dengan besarnya persen fraksi lempung < 0,002 mm. Selanjutnya nilai *activity* dan fraksi lempung di plot ke dalam grafik Seed seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan (Seed et.al. 1962)

2.4 Sifat Fisis dan Mekanis Tanah

2.4.1 Analisis Fisis Tanah

Analisis fisis tanah bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah dan klasifikasi tanah berdasarkan hasil pengujian di laboratorium. Adapun pengujian yang dilakukan antara lain ; pengujian kadar air, berat isi tanah, berat jenis tanah dan distribusi ukuran tanah.

a. Kadar Air Tanah (Water Content)

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut, yang dinyatakan dalam persen. Kadar air dapat mempengaruhi tingkat pengembangan tanah. Semakin banyak kadar air dalam tanah semakin besar pengembangannya. Rumus umum untuk mengukur kadar air adalah sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan :

- W = kadar air (%)
- W_w = berat air (gr)
- W_s = berat tanah kering (gr)

Sedangkan untuk mengukur nilai kadar air melalui pengujian di laboratorium digunakan Rumus 2.2 dengan mengacu pada SNI 1965-2008 :

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

- W = kadar air (%)
- W₁ = adalah berat cawan dan tanah basah (gr)
- W₂ = adalah berat cawan dan tanah kering (gr)
- W₃ = adalah berat cawan

$W1-W2$ = adalah berat air (gr)

$W2-W3$ = adalah berat tanah kering (padat) (gr)

b. Berat Isi Tanah

Berat isi tanah merupakan perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah yang dinyatakan dalam gr/cm^3 . Sedangkan untuk prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-3637-1994. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung berat isi tanah antara lain ;

1) Perhitungan Berat Isi Tanah.

$$\Gamma = \frac{B1-B2}{V} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan :

Γ = berat isi tanah (kN/m^3)

V = volume Tanah (m^3)

$B1$ = berat cetakan (gr)

$B2$ = berat cetakan dan tanah (gr)

2) Perhitungan Berat Isi Kering Tanah.

$$\Gamma_d = \frac{\Gamma \times 100}{100+w} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan :

Γ_d = berat isi kering tanah (kN/m^3)

w = kadar air (%)

c. Berat Jenis Tanah (*Specific of gravity*)

Adalah perbandingan berat isi butir tanah dan berat isi air pada temperatur dan volume yang sama (SNI 1964-2008). Adapun rumus yang digunakan untuk perhitungan berat jenis tanah lihat Rumus 2.6.

$$\gamma = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_w \cdot \gamma_w} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan:

G_s	= berat jenis tanah (<i>specific gravity</i>)
γ_s	= berat volume butiran (gr)
γ_w	= berat volume air (gr)
V_w	= volume air

d. *Atteberg Limit*

Atteberg limit dikembangkan oleh seorang ilmuwan Swedia. Metode *Atteberg Limit* digunakan untuk menjelaskan konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Kadar air yang tinggi akan menyebabkan campuran tanah dan air menjadi sangat lembek seperti cairan. Oleh karena itu, berdasarkan atas kandungan air dalam tanah, tanah dapat dipisahkan ke dalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis, dan cair. Batas keadaan padat ke semi padat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Sedangkan transisi semi padat ke keadaan plastis dinamakan batas plastis (*plastic limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*). Batas-batas ini dikenal juga sebagai batas-batas *Atterberg (Atterberg limits)*(Das, 1999).

1) Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pendekatan yang digunakan untuk menentukan batas cair, dapat digunakan data jumlah pukulan dan kadar air yang dihitung dengan persamaan:

$$LL = W_c \left[\frac{N}{25} \right]^{0,121} \dots \dots \dots (2.7)$$

dengan:

LL	= batas cair
W_c	= kadar air pada saat tanah menutup
N	= jumlah pukulan pada kadar air W_c

2) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Dalam menentukan batas plastis ini dilakukan dengan percobaan menggiling butir tanah menjadi bulat pipih dengan diameter 3 mm sampai menjadi retak-retak dan selanjutnya diselidiki kadar airnya. Adapun persamaan yang dapat dipakai menurut (Das & Puri, 1989) :

$$IP = LL - PL \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan :

IP = indek plastisitas

LL = batas cair

PL = batas plastis

Atteberg mengkorelasikan nilai IP dengan sifat keplastisan, tingkat kohesi tanah dan jenis tanah ke dalam tabel 2.6.

Tabel 2.7 Korelasi IP dengan Sifat, Jenis dan Kohesi Tanah

PI	Sifat	Jenis Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7-17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Christady Hardiyatmo,

3) Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Suatu tanah akan menyusut apabila air yang dikandungnya secara perlahan-lahan hilang dalam tanah. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan di mana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume. Kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana perubahan volume suatu massa tanah berhenti didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung batas susut menurut (Das & Puri, 1989).

$$SL = w - \frac{V_1 - V_2}{W} \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan:

SL	= Batas susut
V1	= volume tanah basah
W	= berat tanah kering
V2	= Volume tanah kering
w	= kadar air tanah basah

e. Analisis Ukuran Butiran Tanah

Ada dua metode yang biasa digunakan untuk mengetahui ukuran partikel pada tanah menurut (Das, 1999). Kedua metode itu adalah analisis saringan dan analisis hidrometer.

1) Analisis Hidrometer

Analisis ini didasarkan pada prinsip pengendapan sedimentasi butir-butir tanah. Apabila tanah dilarutkan dalam air pengendapan akan terjadi dengan kecepatan sedimentasi ditentukan oleh ukuran, bentuk dan beratnya. Pengujian hidrometer dilakukan dengan menggunakan silinder pengendap.

2) Analisis Saringan

Adalah menggetarkan tanah dengan menggunakan satu set ayakan bertumpuk dengan ukuran lubang yang semakin ke bawah semakin kecil. Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui persentase berat agregat yang lolos dari satu set saringan. Kemudian hasil penyaringan nantinya akan diplot ke dalam grafik pembagian butir. Adapun ukuran standar ayakan lihat Tabel 2.6.

Tabel. 2.8 Ukuran Standar Ayakan menurut ASTM

No. Ayakan	Lubang (mm)
4	4,750
6	3,350
8	2,360
10	2,000
16	1,180
20	0,850
30	0,600
40	0,425
50	0,300
60	0,250
80	0,180
100	0,150
140	0,106
170	0,088
200	0,075
270	0,053

Sumber : Hardiyatmo, 2002

2.4.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah mengelompokkan jenis tanah dengan melihat sifat-sifat, perilaku dan kandungan pada tanah yang memiliki kesamaan (Hardiyatmo et al., 1992). Pengklaifikasian tanah akan dapat membantu kita untuk mempermudah mengidentifikasi tanah. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah, yaitu; sistem klasifikasi tanah USCS dan AASTHO.

a. Sistem Klasifikasi Tanah *USCS (Unified Soil Classification System)*

Klasifikasi ini diperkenalkan oleh Cassagrande (1942)(Hardiyatmo et al., 1992). Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus (lempung dan lanau). Adapun prosedur awal untuk menentukan klasifikasi tanah adalah melihat secara visual atau dengan cara menyaringnya terlebih dahulu dengan saringan no. 200. Kemudian tentukan persen butiran lolos saringan no. 4. Apabila butiran lolos saringan kurang dari 50% tanah termasuk ke dalam butiran kasar (kerikil). Bila yang lolos lebih dari 50% klasifikasikan sebagai pasir

Tabel 2.9 Pengelompokan Tanah USCS

Jenis	Syarat	Kode
Tanah berbutir kasar (<i>coarse grained soil</i>)	Tanah berbutir kasar bila 50% atau lebih lolos tertahan pada saringan No.200 (R_{200})	S (Sand), G (Gravel)
Tanah berbutir halus (<i>fine grained soil</i>)	Tanah berbutir halus bila 50% atau lebih lolos saringan No. 200	M (Lanau anorganik), C (<i>Clay</i>) O (Lanau organik dan lempung-organik), PT (<i>peat</i>)

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi *USCS*, adalah :

W = tanah dengan gradasi baik (*well graded*)

P = tanah dengan gradasi buruk (*poorly graded*)

L = tanah dengan plastisitas rendah (*low plasticity*), $LL < 50$

H = tanah dengan plastisitas tinggi (*high plasticity*), $LL > 50$

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : *GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM* dan *SC*. Untuk klasifikasi yang benar, perlu diperhatikan faktor-faktor berikut ini :

- 1) Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200.
- 2) Persentase fraksi kasar lolos saringan No. 40.
- 3) Koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c) untuk tanah dimana 0 – 12 % lolos ayakan No. 200.
- 4) Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (IP) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5 % atau lebih lolos ayakan No. 200).

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 adalah antara 5 sampai 12 %, symbol ganda seperti : *GW-GM*, *GP-GM*, *GW-GC*, *GP-GC*, *SW-SM*, *SW-SC*, *SP-SM* dan *SP-SC* diperlukan, secara rinci dibarikan dalam Tabel 2.8.

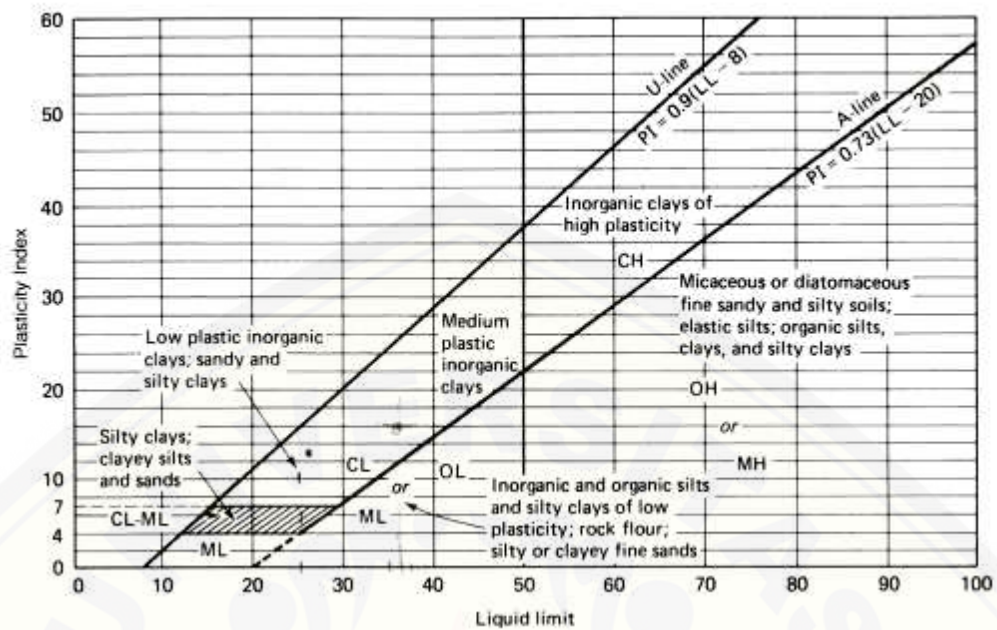
Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol *ML*, *CL*, *OL*, *MH*, *CH* dan *OH* didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (*Cassagrande*, 1948) yang diberikan dalam Tabel 2.8. Garis diagonal pada bagan plastisitas terdapat garis *A* dan *U*, ditunjukkan pada Gambar 2.2 . Garis *A* dan *U* tersebut diberikan dalam persamaan :

$$A \rightarrow PI = 0,73 (LL-PI)$$

$$U \rightarrow PI = 0,9 (LL-8)$$

Tabel 2.10 Klasifikasi Sistem USCS

Divisi		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi	
Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar terhadap saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_i < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_i > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	SW		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 60$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$ atau 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
Pasir bersih kandungan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_i < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_i > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung		
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	ML		<p>Diagram plastisitas Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang berakumulasi dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas atterberg yang termasuk dalam daerah yang arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p>Batas Cair LL (%) Garis A: $P_i = 0,73 (LL - 20)$</p>	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('clean clays')		
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis		
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		
	Tanah dengan organik tinggi		Gambut ('peat'), dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat ASTM Designation D-2488



Gambar 2.2 Diagram Plastisitas (ASTM ,Casagrande)

2.4.3 Analisis Mekanis Tanah

Analisis mekanis tanah adalah cara untuk mengetahui kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan. Tanah akan mengalami penyusutan volume apabila mendapat beban merata di sekelilingnya. Beban tersebut juga akan menyebabkan tanah menerima tegangan geser dan berdampak pada distorsi. Apabila distorsi yang terjadi cukup besar, berakibat pada kegagalan geser tanah.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth preassure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*). Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Agung & Istri, 2014).

Menurut Hardiyatmo (2002), ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah antara lain :

1. Uji Geser Langsung (*direct shear test*)
2. Uji Triaxial (*triaxial test*)
3. Uji Tekan Bebas (*unconfined test*)

2.5 Pasir

Pasir adalah material dengan ukuran terbesar 4,75 mm (Badan Standarisasi Nasional, 2008). Dibandingkan dengan lempung ukuran partikel pasir jauh lebih besar. Oleh karena itu, karakteristik pasir bertolak belakang dengan lempung. Pasir memiliki sifat *non kohesif* yang dapat bereaksi dengan cepat menutup pori-pori. Pada pasir atau tanah *non kohesif* tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tetapi untuk kondisi tertentu, tanah non kohesif dengan kadar air yang cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental (Bowles, 2001).

Adapun ukuran-ukuran pasir menurut ASTM D 2487-06 terbagi menjadi 3 ukuran butiran :

1. Pasir berbutir kasar memiliki ukuran butiran 4,75 mm atau lolos saringan no. 4 sampai dengan ukuran >2 mm atau tertahan saringan no. 10.
2. Pasir berbutir sedang memiliki ukuran butiran 2 mm atau lolos saringan no. 10 sampai dengan ukuran $>0,425$ mm atau tertahan saringan no. 40.
3. Pasir berbutir halus memiliki ukuran butiran 0,425 mm atau lolos saringan no. 40 sampai dengan ukuran $>0,075$ mm atau tertahan saringan no. 200.

2.6 Stabilisasi Tanah

Tujuan stabilisasi tanah adalah untuk menaikkan nilai CBR tanah, kuat geser tanah atau daya dukung tanah dan menurunkan plastisitas tanah sehingga memenuhi persyaratan dalam proses perencanaan konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Stabilisasi tanah dimaksudkan untuk mengurangi dampak akibat perilaku kembang susut tanah dengan cara mengurangi sifat plastisitas tanah. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan metode kimiawi, biologis dan juga fisik (Muntohar,2014).

Metode perbaikan tanah menurut Ingel dan Metclaf,(1972) diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu :

a. Perbaikan secara fisis

Adalah metode yang dilakukan dengan cara mencampur tanah yang berkarakteristik jelek dengan tanah yang mempunyai karakteristik fisis lebih baik (gradasi baik).

b. Perbaikan secara mekanis

Adalah perbaikan yang dilakukan dengan mengusahakan peningkatan kemampuan geser dan kohesi tanah.

c. Perbaikan kimiawi

Adalah metode yang dilakukan dengan mengandalkan bahan stabilisator seperti semen Portland, kapur dan bahan kimia lainnya yang mengubah atau mengurangi sifat-sifat tanah yang kurang menguntungkan dan pada umumnya disertai dengan pengikatan terhadap butiran tanah.

2.7 Stabilisasi Tanah dengan Pasir

Stabilisasi dengan penambahan pasir tergolong dalam metode perbaikan secara mekanis. Perbaikan ini bertujuan mengurangi sifat kohesif pada tanah ekspansif. Tanah ekspansif terjadi karena adanya perubahan kadar air di dalam tanah. Oleh karena itu, salah satu cara mengurangi sifat kohesi tanah ekspansif adalah dengan penambahan tanah non kohesif (granuler), karena air biasanya tidak banyak mempengaruhi kelakuan tanah granuler. Sebagai contoh, kuat geser tanah pasir mendekati sama pada kondisi kering maupun jenuh air (Hardiyatmo:2002).

Penelitian tentang perbaikan tanah dengan penambahan pasir telah banyak dilakukan. Dan hasil dari beberapa pengujian tersebut menunjukkan bahwa terjadi kenaikan daya dukung tanah setelah ditambah pasir. Menurut (Louafi & Bahar, 2012) semakin besar persentase komposisi pasir pada tanah ekspansif semakin besar pula kenaikan daya dukung tanah.

Penelitian yang dilakukan Seta (2006) didapatkan kenaikan daya dukung tanah (CBR) setelah ditambah dengan pasir. Untuk campuran pasir 50% meningkatkan harga CBR *soaked* dari 1,3% menjadi 2,1%. Sedangkan tingkat pengembangan menurun dari 7,9% menjadi 1,1%.

2.8 Pemadatan Tanah

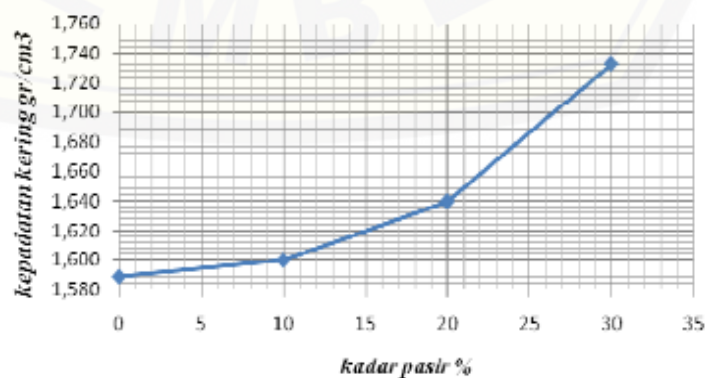
Prinsip pemadatan tanah adalah dengan mengukur berat volume kering tanah. Dalam proses pemadatan diperlukan air sebagai unsur pelumas pada partikel tanah.. Air berfungsi untuk meningkatkan sifat kohesi tanah dan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat. Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat. Harap dicatat bahwa pada saat kadar air $w = 0$, berat volume basah dari tanah (γ) adalah sama dengan berat volume keringnya (γ_d) (Das:) atau

$$\gamma = \gamma_d (w=0) = \gamma_d \dots \dots \dots (2.10)$$

2.8.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Pemadatan

Kadar air merupakan salah satu faktor dalam mempengaruhi hasil pemadatan. Semakin banyak kandungan air dalam tanah maka akan semakin sulit untuk dipadatkan. Menurut (Hardiyatmo et al., 1992) ada dua faktor lagi selain kadar air yang mempengaruhi hasil pemadatan yaitu, berdasarkan jenis tanah dan energi pemadatan. Hasil pemadatan sangat dipengaruhi oleh jenis tanah. Jenis tanah mencakup ukuran butir, bentuk butiran, berat jenis dan mineral lempung yang terdapat dalam tanah. Hal ini sangat berpengaruh terhadap berat volumenya dan kadar air optimum.

Pada penelitian yang dilakukan Jalil (2014) tentang pengaruh penambahan pasir pada tanah lempung didapatkan hasil bahwa semakin besar penambahan pasir akan meningkatkan nilai kepadatan kering.



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Kepadatan Kering dengan Kadar Pasir

2.9 Uji Pengembangan Tanah

Dalam SNI 6424:2008 dijabarkan tiga prosedur pengujian yang bisa dilakukan untuk mengetahui persentase pengembangan tanah. Penelitian ini menggunakan prosedur A untuk mengukur tingkat pengembangan tanah lempung. dalam prosedur ini nantinya akan didapatkan nilai persentase dan tekanan pengembangan. Pengujian ini hanya bertujuan untuk memperkirakan pengangkatan pondasi dari tanah yang dipadatkan. Parameter-parameter dalam uji ini mungkin tidak mewakili kondisi nyata di lapangan, Karena hal-hal berikut :

- Pengembangan dan tekanan lateral tidak dapat disimulasi
- Pengembangan di lapangan biasanya terjadi pada tekanan yang konstan, tergantung kadar air.
- Laju pengembangan pada saat pengujian terkadang tidak bisa disamakan dengan laju pengembangan lapangan.
- Pengaruh kandungan kimia air saat pengujian berbeda dengan kandungan air di lapangan.

Sedangkan untuk kegunaan dan aplikasi dari hasil pengujian ini, diantaranya adalah sebagai berikut :

- Potensi pengembangan atau penurunan relatif dari tanah yang diperoleh dari cara uji ini dapat digunakan untuk memperkirakan pengangkatan atau penurunan pada kondisi dimana kadar air dan pembebanan akhir telah ditentukan terlebih dahulu.
- Tanah dengan kandungan monmorilonite yang banyak cenderung mempunyai potensi mengembang yang signifikan.
- Penyiapan benda uji di laboratorium harus dibuat sedemikian rupa guna mewakili kondisi di lapangan.
- Pada prosedur A perhitungan pengembangan bebas pada tekanan penyeimbang σ_{se} terhadap angka pori awal, e_o dihitung menggunakan rumus 2.19 :

$$\frac{\Delta h}{h_o} \times 100 = \frac{e_{sc} - e_o}{1 + e_o} \times 100 = \left(\frac{Y_{do}}{Y_{dsc}} - 1 \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.19)$$

dengan :

- Δh : perubahan tinggi contoh uji
 h_0 : tinggi awal contoh benda uji
 e_{se} : angka pori setelah terjadi pengembangan pada tekanan penyeimbang σ_{sc}
 Y_{do} : berat isi kering pada e_0
 Y_{dse} : berat isi kering pada e_{se}

Sedangkan untuk menghitung persentase pengangkatan pada tekanan vertikal σ sampai dengan tekanan pengembangan σ_{sp} terhadap e_0 atau tekanan awal σ_{v0} adalah sebagai berikut :

$$\frac{\Delta h}{h_0} \times 100 = \frac{e - e_0}{1 + e_0} \times 100 = \left(\frac{Y_{do}}{Y_d} - 1 \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.20)$$

dengan :

- e : adalah angka pori pada tekanan vertikal
 Y_d : berat isi kering pada pada angka pori

Bila berat spesifik tidak ditentukan, hasil pengujian dapat diplotkan ke dalam hubungan antara berat isi kering Y_d vs log tekanan σ

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Konsep Penelitian

Penelitian ini adalah studi kasus tentang tanah ekspansif di dusun Jati Luhur desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo, kabupaten Banyuwangi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbaikan tanah atau *soil improvement* pada jenis tanah ekspansif. Perbaikan tanah dilakukan dengan menambahkan pasir sebagai stabilisator.

Sifat tanah ekspansif ini memiliki kembang susut yang tinggi dan daya dukung tanah yang rendah sehingga kurang baik untuk menopang bangunan. Kerusakan bangunan akibat tanah ekspansif dapat terlihat pada retakan - retakan dinding dan lantai rumah warga.

3.2 Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sampel tanah ekspansif diambil di dusun Jati Luhur desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo, kabupaten Banyuwangi yang berada tidak jauh dari perkampungan warga. Sampel yang diambil adalah tanah dengan kedalaman sekitar 20-30cm dari permukaan

3.3 Rancangan Penelitian

Tahap awal penelitian adalah mengambil sampel tanah *undisturbed* dan *disturbed* untuk kemudian diuji di laboratorium. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah. Pengujian awal bertujuan untuk mengetahui tingkat pengembangan tanah (ekspansif). Indikasi awal tentang sifat ekspansif tanah dapat dilihat dengan klasifikasi yang dibuat oleh beberapa ahli dalam penelitian sebelumnya.

Selanjutnya dilakukan pengujian pemadatan untuk mengetahui nilai Y_{dry} maks dan W_{opt} . Nilai ini digunakan sebagai acuan untuk tahap pengujian selanjutnya. Adapun variasi campuran pasir dan tanah ekspansif dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

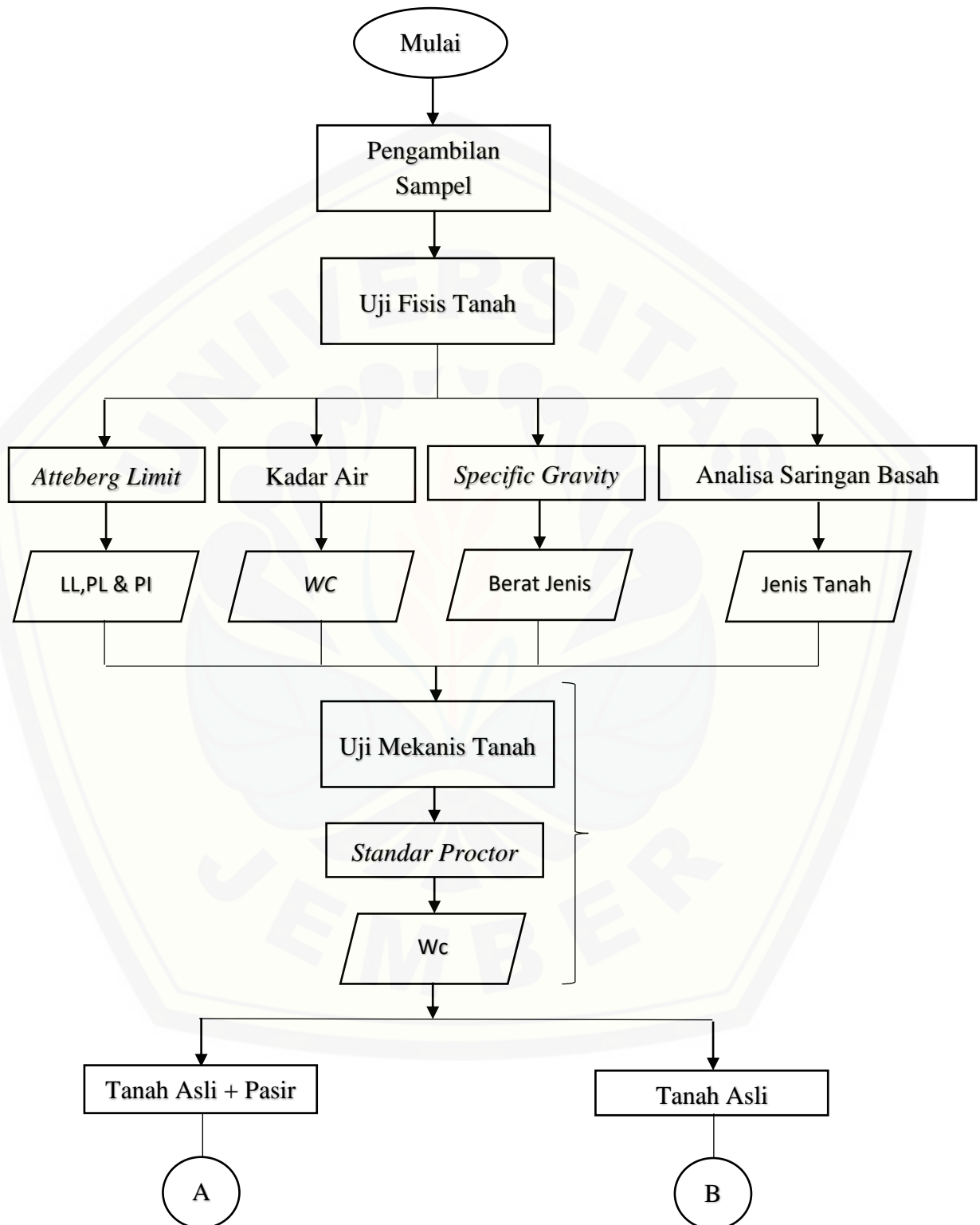
- 1) Tanah Ekspansif + Pasir 0%
- 2) Tanah Ekspansif + Pasir 15%
- 3) Tanah Ekspansif + Pasir 20%
- 4) Tanah Ekspansif + Pasir 25%
- 5) Tanah Ekspansif + Pasir 30%
- 6) Tanah Ekspansif + Pasir 35%

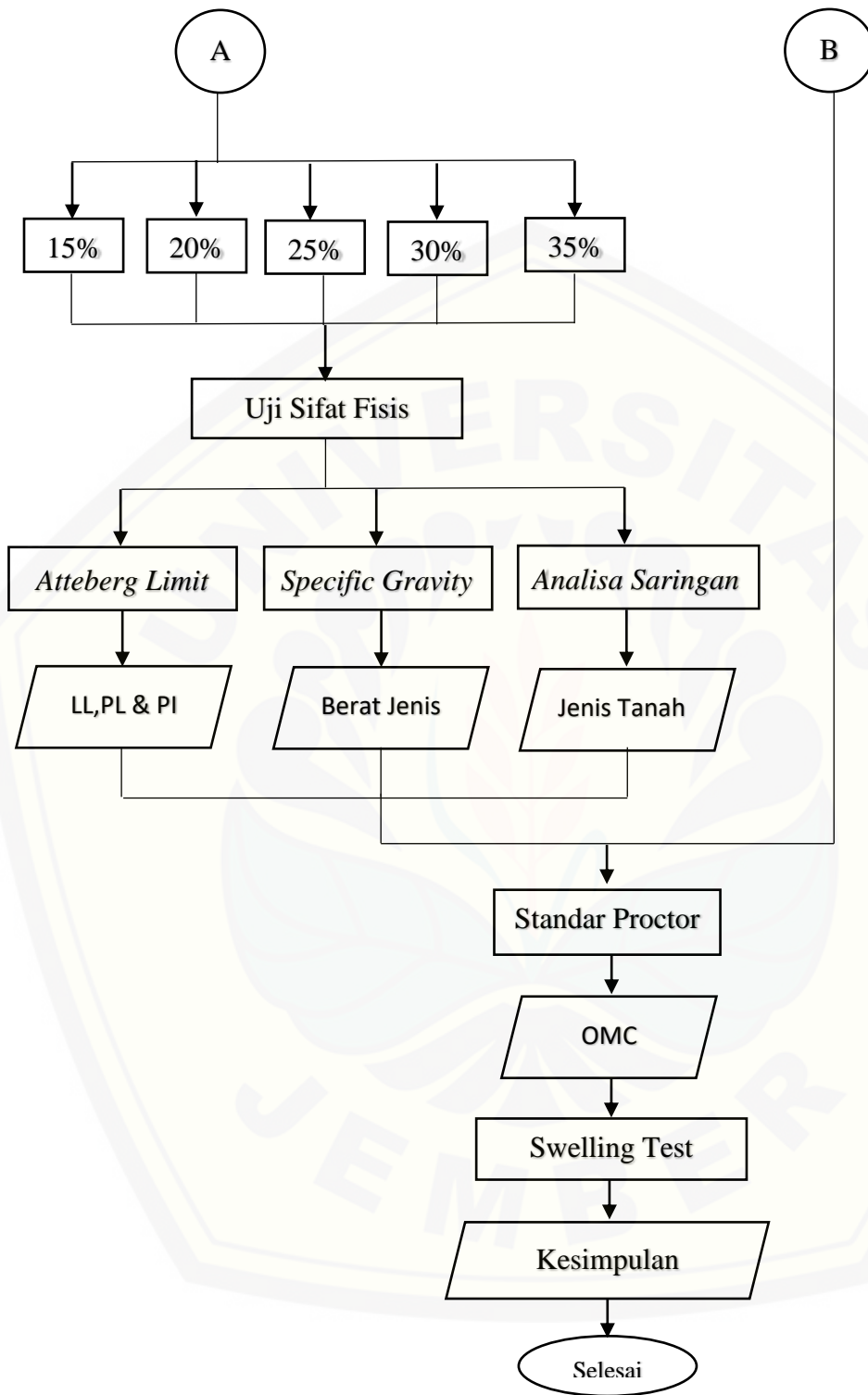
3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui komposisi campuran yang tepat untuk perbaikan tanah ekspansif. Hasil dari analisis tersebut digunakan sebagai pembandingan kuat tekan bebas dan tingkat *swelling* antara tanah ekspansif dengan penambahan pasir dan tanah ekspansif tanpa penambahan pasir.

Kegiatan penelitian dilakukan di lapangan dan di laboratorium. Penelitian di lapangan dilakukan untuk mengambil sampel dan melihat secara langsung akibat yang ditimbulkan tanah ekspansif. Penelitian di laboratorium dilakukan untuk menguji tingkat pengembangan tanah dan mengklasifikasikan jenis tanah melalui pengujian *Atteberg Limit*, analisa saringan, hidrometer dan uji *Spesific Gravity (Gs)*.

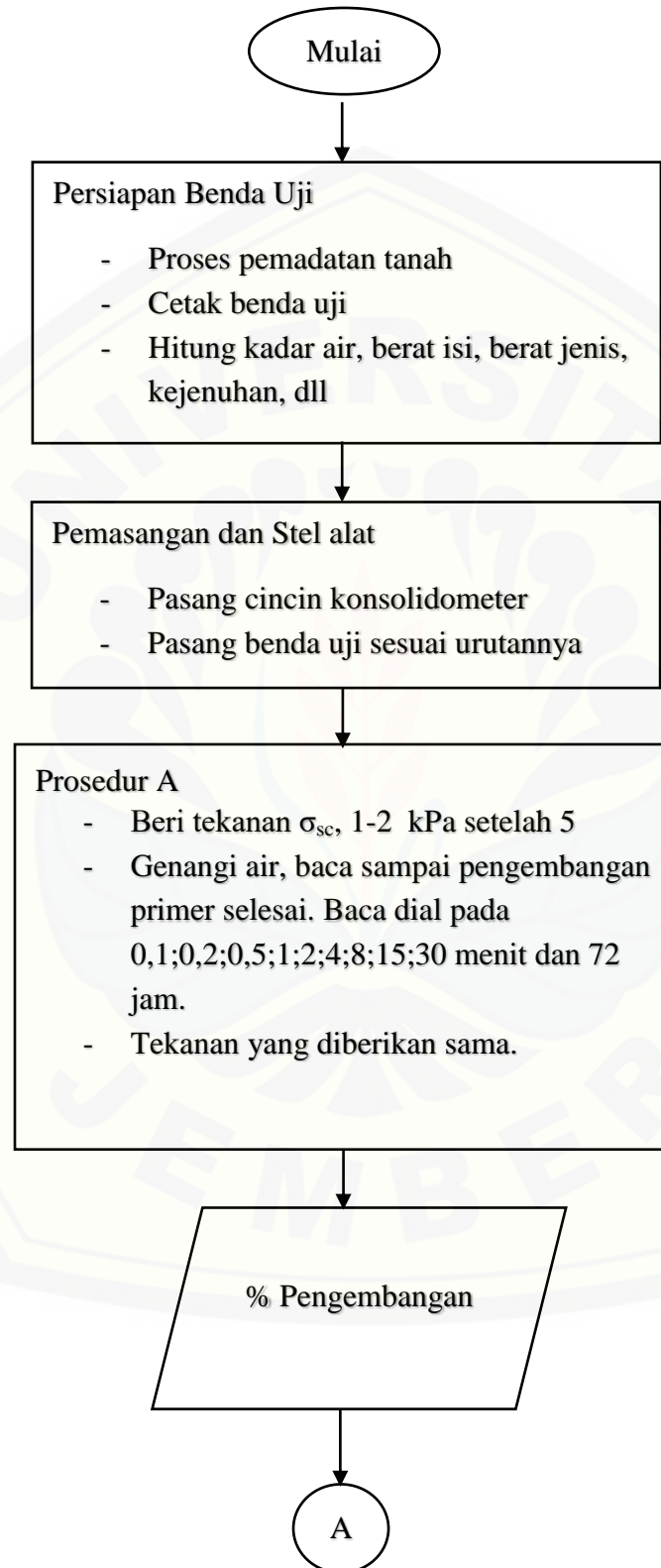
Diagram Alur Penelitian

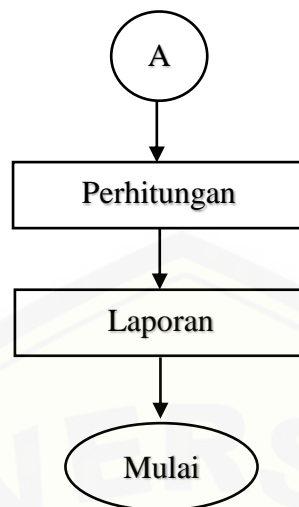




Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian

Diagram Alur Pengujian Pengembangan Tanah





Gambar 3.3 Diagram Alur Pengujian Pengembangan

3.5 Uraian Langkah – Langkah Penelitian

3.5.1 Bahan Untuk Penelitian

a. Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah lempung diambil di desa Glagah Agung, kecamatan Purwoharjo, kabupaten Banyuwangi. Sampel yang diambil yaitu tanah dengan kedalaman 20-30 cm dari permukaan. Perlu dipastikan bahwa sampel yang diambil merupakan tanah tanpa humus. Ada dua jenis sampel tanah yang diambil, yaitu tanah *disturbed* (terusik) dan tanah *undisturbed* (tidak terusik). Untuk pengambilan sampel tanah *disturbed* cukup menggunakan cangkul. Sedangkan untuk pengambilan tanah *undisturbed* (tidak terusik) dilakukan dengan cara boring menggunakan tabung *shelby*. Tabung ini berfungsi untuk menjaga kondisi asli dari tanah contoh. Adapun langkah-langkah pengambilan contoh tanah sampel adalah sebagai berikut.

Alat Penelitian

- 1) Bor manual
- 2) Palu
- 3) Tabung Sondir manual
- 4) Kantong Plastik Sampah
- 5) Karung

Langkah Pengujian :

- 1) Siapkan peralatan yang digunakan untuk mengambil sampel tanah.
- 2) Pilih titik yang cocok untuk pengambilan contoh tanah. Dalam penelitian ini diambil 4 titik pengambilan sampel.
- 3) Setelah itu, putar sondir manual searah jarum jam sampai kedalaman 30 cm atau lebih.
- 4) Masukkan tabung ke dalam lubang dan palu hingga mencapai kedalaman yang dirasa cukup.
- 5) Angkat tabung dan segera ditutup oleh kantong plastik sampah guna menjaga kadar air dalam tanah.

b. Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir lokal banyuwangi. Pasir banyuwangi digunakan karena letak lokasi penelitian yang berada di Banyuwangi.

3.5.2 Alat Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan selama pengujian di laboratorium adalah sebagai berikut :

- a. Satu set alat uji kadar air
- b. Satu set alat uji berat jenis (*Specific Gravity*) (ASTM D 854-92)
- c. Satu set alat uji batas-batas konsistensi (*Atteberg*) (ASTM D4318-95a)
- d. Satu set alat saringan standar untuk uji Gradasi (ASTM D421-85)
- e. Satu set alat uji pemdatan standar (ASTMD 546-88)
- f. Satu set alat Hidrometer (ASTM D 4221-90)

3.5.3 Pengujian di Laboratorium

Pengujian awal di laboratorium adalah untuk mengetahui apakah sampel tanah termasuk ke dalam tanah lempung ekspansif. Adapun pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *index properties* tanah dan sifat fisis-mekanis tanah. Pengujian tersebut dilakukan terhadap tanah asli dan pada tanah dengan penambahan pasir. Variasi komposisi pasir untuk stabilisasi tanah adalah sebesar 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%. Untuk pengujian index properties tanah

dilakukan dengan prosedur yang sama untuk kedua objek penelitian. Prosedur pengujian *index properties* tanah didasarkan berdasarkan SNI. Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Uji Kadar Air (*Moisture Content*)

Uji kadar air mengacu pada peraturan SNI 1965-2008. Kadar air merupakan perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah. Adapun langkah-langkah untuk pengujian kadar air adalah sebagai berikut.

Alat :

- 1) Cawan .
- 2) Timbangan
- 3) Oven

Langkah – langkah Pengujian :

- 1) Tahap awal persiapan cawan, cawan ditandai atau diberi nomor urut
- 2) Kemudian timbang berat masing-masing cawan
- 3) Masukkan benda uji ke dalam cawan kemudian ditimbang
- 4) Setelah benda uji ditimbang, masukkan benda uji ke dalam oven dengan suhu 110°C selama ± 24 jam
- 5) Setelah proses pengeringan selama 24 jam, keluarkan benda uji dari oven dan diamkan untuk proses pendinginan
- 6) Setelah dingin timbang kembali benda uji

Dari percobaan ini kita akan mendapat nilai berat isi tanah. Nilai ini digunakan sebagai acuan untuk menghitung angka pori (e), porositas (n), derajat kejenuhan (Sr).

b. Uji Berat Isi Tanah

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-3637-1994. Adapun langkah-langkah dalam pengujian untuk mengukur berat isi tanah adalah sebagai berikut.

Alat :

- 1) Timbangan
- 2) Cetakan benda uji

Langkah-langkah Pengujian :

- 1) Benda uji yang digunakan terdiri dari tiga, yaitu ; tanah asli (tidak terusik), tanah asli remolded dan tanah campuran.
- 2) Pengujian diawali dengan menimbang berat cetakan, menghitung isi cetakan, menimbang berat cetakan beserta benda ujinya dan menghitung kadar airnya.
- 3) Untuk pembuatan benda uji tanah asli (tidak terusik) diawali dengan mengeluarkan contoh tanah asli dari tabung dan cetak dengan cetakan.
- 4) Ratakan kedua ujung benda uji. Dan kemudian timbang beratnya.
- 5) Untuk pembuatan benda uji tanah asli remolded dan tanah campuran dilakukan pemadatan terlebih dahulu. Kemudian cetak benda uji dengan cetakan kemudian timbang.

c. Uji Berat jenis tanah

Pengujian berat jenis tanah mengacu pada SNI 1964-2008. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat isi tanah dan berat isi air suling pada temperatur dan volume yang sama.

Alat :

- 1) Piknometer
- 2) Timbangan
- 3) Lap

Langkah-langkah Pengujian :

- 1) Langkah awal yaitu, timbang piknometer dalam keadaan kosong (dengan tutup)
- 2) Catat berat piknometer kosong
- 3) Lalu isi tabung piknometer dengan air sampai batas yang telah ditentukan (dengan tutup)

- 4) Kemudian timbang tabung berisi air dan catat berat tabung. Sebelum ditimbang pastikan keadaan luar tabung dalam keadaan kering
- 5) Catat hasil penimbangan. Setelah itu bersihkan tabung untuk pengujian selanjutnya
- 6) Masukkan sekitar 15-25 gram sampel tanah ke dalam piknometer yang sudah dibersihkan
- 7) Kemudian isi tabung dengan air sampai batas yang telah ditentukan
- 8) Tutup tabung piknometer yang berisi air dan tanah
- 9) Pastikan bahwa tabung dalam keadaan kering.,Terakhir timbang tabung dan catat hasil dari timbangan.

Percobaan dengan botol piknometer ini bertujuan untuk mengetahui nilai *specific gravity (GS)*. Pengujian dilakukan pada tanah yang lolos saringan No. 4.

d. Uji *Atteberg*

Percobaan ini dilakukan untuk mencari batas konsistensi tanah berbutir halus. Batas konsistensi dipengaruhi oleh kadar air tanah. Batas-batas *Atteberg* terdiri dari : batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*).Percobaan ini mengacu pada peraturan SNI 03-1967-1990.

1) Uji Batas Cair (*liquid limit*)

Alat :

- a) Mangkok kuningan
- b) Penggores Standar

Langkah-langkah pengujian :

- a) Membuat pasta tanah, merupakan campuran tanah dengan air
- b) Lalu letakkan pasta tanah di atas mangkok kuningan

- c) Buat goresan menggunakan alat penggores tepat dibagian tengah pasta tanah
- d) Mangkok kuningan dapat diangkat dan dijatuhkan dengan sebuah pengungkit eksentris dan dijalankan oleh suatu pemutar.
- e) Dengan menjalankan alat pemutar, kemudian mangkok dinaik-turunkan.
- f) Mangkok dinaik-turunkan sebanyak 25 pukulan yang didefinisikan sebagai batas cair (*liquid limit*).

2) Uji Batas Plastis (*liquid limit*)

Batas terendah kondisi kadar air ketika tanah masih pada kondisi plastis.

Alat :

- a) Cawan
- b) Air suling
- c) Plat kaca

Langkah-langkah pengujian :

- a) Siapkan benda uji sekitar 20 gram dari material yang losos saringan No. 40 (0,425 mm).
- b) Lalu tempatkan benda uji ke dalam cawan, kemudian campur dengan air suling atau air mineral sampai kondisi tanah menjadi plastis.
- c) Ambil 1,5 gram sampai 2,0 gram, lalu dibentuk bulat dengan cara menggelengkan telapak tangan panjang sekitar 3 mm.
- d) Geleng tanah hingga tanah mengalami keretakan di ujung ataupun tengah benda uji. Tanah nantinya akan terpisah-pisah.
- e) Lalu kumpulkan tanah kembali masukkan ke dalam cawan dan ditimbang.

e. Uji Hidrometer

Pengujian Hidrometer mengacu pada SNI 03-3423-199. Pengujian hidrometer ini bertujuan menghitung distribusi ukuran butir berdasarkan jumlah atau rasio sedimentasi. Uji ini juga disebut sebagai uji sedimentasi. Langkah awal pengujian ini adalah dengan mempersiapkan benda uji terlebih dahulu. Benda uji yang digunakan harus lolos saringan no.10 (2,0 mm) sebanyak 60 gram untuk tanah lempung kelanauan. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain ;

Alat :

- 1) Hidrometer
- 2) Tabung gelas ukur
- 3) Termometer
- 4) Pengaduk mekanis
- 5) Saringan no 10
- 6) Timbangan
- 7) Oven
- 8) Cairan dispersi

Langkah-langkah pengujian :

- 1) Timbang contoh tanah kering ± 50 gram.
- 2) Selanjutnya campur tanah dengan air suling dan cairan dispersi hingga merata.
- 3) Pindahkan campuran ke dalam gelas ukur untuk kemudian dikocok berulang-ulang. Setelah itu tambahkan air suling sampai batas 1000 ml pada gelas ukur. Kocok lagi dengan menutup rapat bagian atas gelas ukur dengan tangan.
- 4) Diamkan ± 30 detik untuk selanjutnya dimasukkan ke dalam suspensi.
- 5) Lakukan pembacaan hydrometer pada waktu yang telah ditentukan. (Lampiran).

- 6) Catat bacaan hydrometer hingga pembacaan mendekati 1 atau sampai pembacaan yang diinginkan (± 24 jam).
- 7) Setelah pembacaan akhir, tuangkan suspensi ke dalam cawan. Untuk kemudian dikeringkan menggunakan oven.

f. Uji Analisa Saringan Basah

Analisa saringan basah merupakan prosedur yang digunakan untuk mengetahui persentase butiran pada tanah lempung atau lanau. Pada dasarnya tahapan pengujian analisa saringan basah sama seperti analisa saringan biasa. Yang membedakan adalah pengaliran air saat pengujian anasabah. Adapun langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut.

Alat :

- 1) Satu set ayakan
- 2) Timbangan
- 3) Oven
- 4) Cawan
- 5) Selang air

Langkah-langkah pengujian :

- 1) Timbang benda uji ± 100 gram. Benda uji harus lolos saringan no 4.
- 2) Selanjutnya persiapkan satu set ayakan. (No. 8; no. 16; no. 30; no. 50; no. 100; no. 200)
- 3) Saring contoh tanah dengan mengaliri air dari atas.
- 4) Letakkan tanah tertahan pada masing-masing cetakan ke dalam cawan.
- 5) Masukkan ke dalam oven. Untuk selanjutnya ditimbang.

g. Uji Pemadatan Standar Proctor

Uji pemadatan standar proctor dilakukan terhadap dua jenis tanah dengan perlakuan berbeda. Pemadatan awal dilakukan pada tanah tanpa penambahan pasir (tanah asli), lalu dilanjutkan dengan pemadatan pada

tanah dengan penambahan pasir. Pengujian pemadatan standar proctor pada tanah asli dan tanah dengan penambahan pasir dilakukan dengan prosedur yang sama. Pengujian Proctor merupakan metode pemadatan dengan menggunakan silinder bervolume $1/30 \text{ ft}^3$. Dengan diameter cetakan 4 in (= 101,6 mm). Prosedur pengujian ini mengacu pada SNI 1742-2008. Adapun prosedur pelaksanaan di laboratorium :

Alat :

- 1) Mold (cetakan silinder) dengan ukuran $1/30 \text{ ft}^3$
- 2) Tongkat penumbuk
- 3) Timbangan
- 4) Alat pengeluar benda uji
- 5) Oven Pengering
- 6) Pisau perata
- 7) Saringan 50 mm, saringan 19 mm dan saringan No.4 (4,75 mm)
- 8) Alat Pencampur
- 9) Cawan

Langkah-langkah pengujian :

- 1) Siapkan setidaknya 3 kg untuk benda uji
- 2) Kemudian timbang massa cetakan dan keping alas dengan ketelitian 1 gram serta ukur diameter dalam dan tingginya dengan ketelitian 0,1 mm.
- 3) Dilanjutkan menyambung leher sambungan pada cetakan dan keping alas, kemudian dikunci dan ditempatkan pada landasan dari beton dengan massa tidak kurang dari 100 kg yang diletakkan pada dasar yang stabil.
- 4) Ambil contoh uji yang akan dipadatkan, tuangkan ke dalam baki dan aduk sampai merata.
- 5) Tumbuk benda uji dalam cetakan, penumbukan dilakukan dengan 3 lapis ketebalan yang sama.
- 6) Pemadatan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a) Lapis 1, dengan ketebalan $1/3$ m dari cetakan

- b) Lapis 2, dengan ketebalan 2/3 m dari cetakan
- c) Lapis 3, dengan ketebalan 3/3 m dari cetakan
- 7) Masing-masing lapis dipadatkan dengan menggunakan penumbuk. Penumbukan dilakukan secara merata ke seluruh bagian benda uji.
- 8) Setelah itu, ratakan permukaan benda uji dalam cetakan menggunakan pisau perata.
- 9) Timbang massa cetakan yang berisi benda uji dan keping alasnya dengan ketelitian 1 gram (B2).
- 10) Setelah ditimbang buka alas cetakan dan keluarkan benda uji dalam cetakan menggunakan (*extruder*).
- 11) Benda uji dibelah menjadi 2 bagian yang sama, kemudian ambil sejumlah contoh yang mewakili dari salah satu bagian untuk pengujian kadar air, sesuai SNI 03-1965-1990.

h. Variasi Komposisi Pasir

Dalam penelitian ini digunakan beberapa variasi komposisi penambahan pasir pada tanah ekspansif dengan persentase 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%. Adapun rincian penambahan pasir dapat dilihat dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rencana Campuran Lempung + Pasir

Pasir	Berat (kg)	Lempung	Berat	Berat (kg)
0%	0	100%	5	5
15%	0,75	90%	4,25	5
20%	1	80%	4	5
25%	1,25	70%	3,75	5
30%	1,5	60%	3,5	5
35%	1,75	50%	3,25	5

Pelaksanaan Pengujian :

- 1) Langkah awal tanah lempung dikeringkan kemudian ditumbuk menjadi butiran-butiran yang lebih kecil
- 2) Tanah lempung kemudian di campur dengan pasir sesuai tabel 3.1. Setiap komposisi campuran dibuat 2 benda uji.
- 3) Setelah tanah lempung dan pasir dicampur dengan rata, selanjutnya diberi air dan diratakan. Volume air yang ditambahkan tidak lebih dari OMC pada pengujian sebelumnya.

i. Pengujian Tingkat Pengembangan

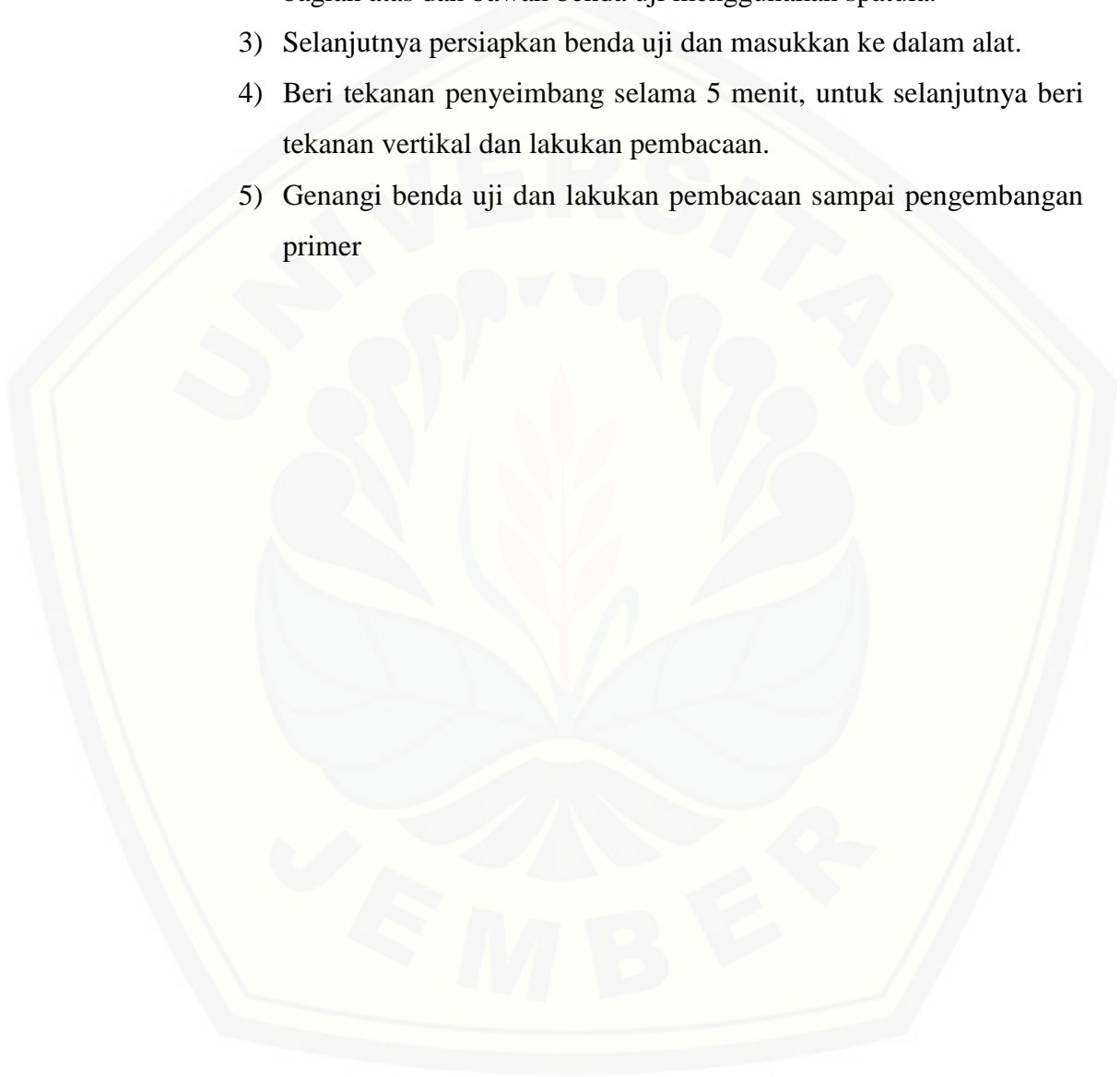
Uji tingkat pengembangan tanah didasarkan pada SNI 6424:2008, Cara Uji Potensi Pengembangan atau Penurunan Satu Dimensi Tanah Kohesif. Dalam SNI 6424:2008 terdapat tiga cara untuk menghitung tingkat pengembangan tanah. Penelitian ini menggunakan prosedur B untuk mengukur : pengembangan bebas, persentase pengangkatan untuk tekanan vertikal dan tekanan pengembangan. Pada prosedur ini badan uji diberi tekanan vertikal, σ_1 , yang lebih besar dari tekanan penyeimbang, σ_{se} sebelum air dimasukkan ke dalam konsolidometer. Besarnya tekanan vertikal biasanya sama dengan besarnya tekanan lapangan (overburden pressure) atau sebesar beban struktural. Selanjutnya benda uji digenangi air yang mengakibatkan benda uji mengembang. Besarnya pengembangan atau penurunan pada tekanan tertentu, harus dibaca setelah arloji pembacaan menunjukkan deformasi yang konstan. Adapun diagram alur pengujian pengembangan dapat dilihat (pada Gambar)

Alat :

- 1) Konsolidometer
- 2) Batu Pori
- 3) Pembungkus benda uji

Langkah Pengujian :

- 1) Menyiapkan benda uji, benda uji dibuat dengan menggunakan pemadatan di laboratorium. Pemadatan dilakukan terhadap tanah asli maupun tanah campuran.
- 2) Cetak benda uji menggunakan cetakan konsolidometer. Ratakan bagian atas dan bawah benda uji menggunakan spatula.
- 3) Selanjutnya persiapkan benda uji dan masukkan ke dalam alat.
- 4) Beri tekanan penyeimbang selama 5 menit, untuk selanjutnya beri tekanan vertikal dan lakukan pembacaan.
- 5) Genangi benda uji dan lakukan pembacaan sampai pengembangan primer



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil akhir dari penelitian ini adalah merupakan jawaban dari permasalahan yang ada pada bab awal tugas akhir ini :

1. Hasil pengujian *index properties* tanah asli. Didapat nilai batas cair tanah asli sebesar 90,86%, batas plastis sebesar 36,97% dengan indeks plastisitas sebesar 53,89%. Dari pengujian pemadatan dihasilkan kadar air optimum tanah asli sebesar 28%. Sedangkan dengan persen lolos saringan no. 200 sebesar 96,5% tanah asli diklasifikasikan ke dalam tanah lempung plastisitas tinggi (CH).
2. Penambahan pasir dapat mengurangi atau menurunkan sifat plastisitas tanah lempung. Penurunan terjadi pada nilai batas-batas konsistensi tanah (LL, PL dan IP), kadar air optimum tanah (OMC) dan persentase lolos saringan no. 200. Sedangkan kenaikan terjadi secara konstan pada berat isi kering tanah dan berat jenis tanah.
3. Dari hasil pengujian *swell potential* didapat persentase pengembangan tanah asli sebesar 1,150%. Penambahan pasir dapat mengurangi persentase pengembangan tanah. Pada kadar 35% pasir persentase pengembangan hanya berkisar 0,2143%.

5.2 Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut tentang jenis pasir yang digunakan untuk bahan stabilisasi tanah agar hasilnya lebih maksimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat mengestimasi biaya yang diperlukan untuk menstabilisasi tanah ekspansif.
3. Untuk pengujian di laboratorium diharapkan untuk selalu membersihkan alat-alat yang digunakan berulang-ulang. Hal ini bertujuan untuk menghindari ketidakkonsistenan data. Karena apabila tersisa sedikit kotoran dalam alat yang digunakan untuk pengujian selanjutnya dapat berakibat pada perubahan nilai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, I. G., & Istri, A. Y. U. (2014). (Studi Kasus di Desa Tanah Awu ,
Lombok Tengah) Fakultas Teknik Universitas Islam Al-Azhar Mataram,
8(2), 15–19.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1967:2008 Cara Uji Penentuan Batas
Cair Tanah, 25.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1742:2008 Cara Uji Kepadatan Ringan
untuk tanah, 20.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1964:2008 Cara uji berat jenis tanah,
14.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1965:2008 Cara uji penentuan kadar air
untuk tanah dan batuan di laboratorium, 16.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1966:2008 Cara uji penentuan batas
plastis dan indeks plastisitas tanah, 15.
- Braja M. Das, 1991., *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*,
Jakarta, Erlangga.
- Bowles, J. E. (2001). FOUNDATION ANALYSIS Third Edition.
- Budhu Muni, 2000., *Soil Mechanics and Foundations*, John Wiley and Sons Inc,
New York.
- Das, B. M. (1999). *Shallow Foundations: Bearing Capacity and Settlement*. New
York, 325.
- Das, B. M., & Puri, V. K. (1989). Holding capacity of inclined square plate
anchors in clay. *Soils and Foundations*, 29(3), 138–144.
- Donald P Coduto, 1994., *Foundation Design Principles and Practice*, Prentice-
Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

- Far, H., & Flint, D. (2016). *Significance of using isolated footing technique for residential construction on expansive soils.*
- Hardiyatmo, H. C., Teknik, J., Universitas, S., Mada, G., Sipil, T., Teknik, F., & Gadjah, U. (1992). *Mekanika Tanah I.* Gadjah Mada University Press.
- Louafi, B., & Bahar, R. (2012). SAND : An Additive for Stabilization of Swelling Clay Soils, *2012*(September), 719–725.
- Metode pengujian menentukan tanah ekspansif 1. (2002), 1–11.
- Moechtar, Ahmad. (2012). *Perbaikan Tanah Ekspansif*. Erlangga:Jakarta
- P, A. W. (2015). Korelasi Kuat Tekan dengan Kuat Geser pada Tanah Lempung yang Didistribusi dengan Variasi Campuran Pasir, *3*(1), 157–170.
- Putranto, A. R., Zaika, Y., & Suryo, E. A. (n.d.). Pengaruh Variasi Jarak dan Panjang Kolom Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansi di Bojonegoro dengan 15 % Fly Ash Menggunakan Metode Deep Soil Mixing Berpola Single Square Terhadap Daya Dukung Tanah, 1–10.
- Terzaghi, K. (1943). *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Edisi kedua.* Jakarta: Erlangga.



**LAMPIRAN A. TABEL PENGUJIAN
BERAT JENIS TANAH EKSPANSIF DAN
TANAH CAMPURAN**



Picnometer Pengujian Berat Jenis



Memasukkan dan menimbang Sample Tanah (Tanah Asli dan Campuran) dalam Picnometer



Sample Tanah diberi 2/3 air dari picnometer lalu dikocok hingga merata



Sample Tanah + Air dipanaskan di hotplate

A.1 PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH ASLI

No Contoh	1	2	3
No picnometer	3	4	10
Berat Picnometer (W1) gr	60,98	65,35	71,02
Berat Picnometer +tanah (W2)	92,79	97,18	103,32
Berat Tanah $W_t = W_2 - W_1$	31,81	31,83	32,3
Berat Picnometer+air+tanah (W3) gr	188,43	184,76	185,88
Berat Picnometer+air (W4)	170,48	166,67	167,58
Berat Picnometer +air (W4') gr	170,04	166,24	167,14
Faktor Koreksi	0,9974	0,9974	0,9974
Suhu (C)	30	30	30
Spesific Grafity (w2-W1)	2,37	2,39	2,38
Rata-rata spesific Grafity	2,38		

A.2 PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH ASLI + PASIR 15%

No Contoh	1	2	3
No picnometer	6	7	31
Berat Picnometer (W1) gr	55,65	50,55	50,76
Berat Picnometer +tanah (W2)	83,24	78,22	77,81
Berat Tanah $W_t = W_2 - W_1$	27,59	27,67	27,05
Berat Picnometer+air+tanah (W3) gr	171,51	165,94	162,79
Berat Picnometer+air (W4)	155,76	150,23	147,29
Berat Picnometer +air (W4') gr	155,36	149,84	146,91
Faktor Koreksi	0,9974	0,9974	0,9974
Suhu (C)	30	30	30
Spesific Grafity (w2-W1)	2,41	2,39	2,42
Rata-rata spesific Grafity	2,41		

A.3 PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH ASLI + PASIR 20%

No Contoh	1	2	3
No picnometer	6	7	31
Berat Picnometer (W1) gr	55,69	51,23	50,32
Berat Picnometer +tanah (W2)	83,29	78,55	77,92
Berat Tanah $W_t = W_2 - W_1$	27,6	27,32	27,6
Berat Picnometer+air+tanah (W3) gr	171,55	166,28	163,03
Berat Picnometer+air (W4)	155,76	150,23	147,29
Berat Picnometer +air (W4') gr	155,36	149,84	146,91
Faktor Koreksi	0,9974	0,9974	0,9974
Suhu (C)	30	30	30
Spesific Grafity ($w_2 - W_1$)	2,42	2,51	2,40
Rata-rata spesific Grafity	2,45		

A.4 PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH ASLI + PASIR 25%

No Contoh	1	2	3
No picnometer	6	7	31
Berat Picnometer (W1) gr	55,69	51,23	50,32
Berat Picnometer +tanah (W2)	82,83	78,22	76,81
Berat Tanah $W_t = W_2 - W_1$	27,14	26,99	26,49
Berat Picnometer+air+tanah (W3) gr	171,51	165,94	162,79
Berat Picnometer+air (W4)	155,76	150,23	147,29
Berat Picnometer +air (W4') gr	155,36	149,84	146,91
Faktor Koreksi	0,9974	0,9974	0,9974
Suhu (C)	30	30	30
Spesific Grafity ($w_2 - W_1$)	2,47	2,48	2,50
Rata-rata spesific Grafity	2,48		

A.5 PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH ASLI + PASIR 30%

No Contoh	1	2	3
No picnometer	6	7	31
Berat Picnometer (W1) gr	55,69	51,23	50,32
Berat Picnometer +tanah (W2)	87,71	96,15	79,48
Berat Tanah $W_t = W_2 - W_1$	32,02	44,92	29,16
Berat Picnometer+air+tanah (W3) gr	174,9	179,18	164,67
Berat Picnometer+air (W4)	155,92	152,32	147,31
Berat Picnometer +air (W4') gr	155,51	151,92	146,93
Faktor Koreksi	0,9974	0,9974	0,9974
Suhu (C)	30	30	30
Spesific Grafity ($w_2 - W_1$)	2,53	2,54	2,55
Rata-rata spesific Grafity	2,54		

A.6 PENGUJIAN BERAT JENIS TANAH ASLI + PASIR 35%

No Contoh	1	2	3
No picnometer	6	7	31
Berat Picnometer (W1) gr	55,69	51,23	50,32
Berat Picnometer +tanah (W2)	83,9	80,01	79,11
Berat Tanah $W_t = W_2 - W_1$	28,21	28,78	28,79
Berat Picnometer+air+tanah (W3) gr	172,7	167,62	164,64
Berat Picnometer+air (W4)	155,76	150,23	147,29
Berat Picnometer +air (W4') gr	155,36	149,84	146,91
Faktor Koreksi	0,9974	0,9974	0,9974
Suhu (C)	30	30	30
Spesific Grafity ($w_2 - W_1$)	2,60	2,62	2,60
Rata-rata spesific Grafity	2,61		

**LAMPIRAN B. TABEL PENGUJIAN
KADAR AIR TANAH EKSPANSIF DAN
TANAH CAMPURAN**





Memasukkan sampel tanah ke dalam cawan



Timbang tanah asli + cawan

B.1 PENGUJIAN KADAR AIR TANAH ASLI

Kedalaman		30	30	30
Nomor Cawan		u	w	iv sc
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	69,94	66,41	61,2
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	53,36	50,66	46,87
Berat Air	gr	16,58	15,75	14,33
Berat Cawan	gr	9,16	8,94	8,21
Berat Kering	gr	44,20	41,72	38,66
Kadar Air	%	37,51	37,75	37,07
Rata-Rata	%	37,44		

B.2 PENGUJIAN KADAR AIR TANAH ASLI + PASIR 15%

Kedalaman		30	30	30
Nomor Cawan		a	b	c
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	62,49	57,29	57,21
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	48,64	44,82	44,80
Berat Air	gr	13,85	12,47	12,41
Berat Cawan	gr	8,83	8,93	8,98
Berat Kering	gr	39,81	35,89	35,82
Kadar Air	%	34,79	34,75	34,65
Rata-Rata	%	34,73		

B.3 PENGUJIAN KADAR AIR TANAH ASLI + PASIR 20%

Kedalaman				
Nomor Cawan		b'	ai	7
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	57,89	64,45	65,07
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	45,28	50,11	50,79
Berat Air	gr	12,61	14,34	14,28
Berat Cawan	gr	9,12	8,79	8,96
Berat Kering	gr	36,16	41,32	41,83
Kadar Air	%	34,87	34,70	34,14
Rata-Rata	%	34,57		

B.4 PENGUJIAN KADAR AIR TANAH ASLI + PASIR 25%

Kedalaman			
Nomor Cawan		ll1	ll3
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	69,59	70,52
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	54,07	54,90
Berat Air	gr	15,52	15,62
Berat Cawan	gr	9,00	8,79
Berat Kering	gr	45,07	46,11
Kadar Air	%	34,44	33,88
Rata-Rata	%	34,32	

B.5 PENGUJIAN KADAR AIR TANAH ASLI + PASIR 30%

Kedalaman			
Nomor Cawan		9	k2
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	71	79,66
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	55,25	61,71
Berat Air	gr	15,75	17,95
Berat Cawan	gr	8,82	9,04
Berat Kering	gr	46,43	52,67
Kadar Air	%	33,92	34,08
Rata-Rata	%	33,77	

B.6 PENGUJIAN KADAR AIR TANAH ASLI + PASIR 35%

Kedalaman			
Nomor Cawan		m	wk
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	50,92	73,43
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	40,41	57,06
Berat Air	gr	10,51	16,37
Berat Cawan	gr	8,90	8,98
Berat Kering	gr	31,51	48,08
Kadar Air	%	33,35	34,05
Rata-Rata	%	33,50	

**LAMPIRAN C. TABEL PENGUJIAN
BERAT ISI TANAH EKSPANSIF DAN
TANAH CAMPURAN**





Mengukur Diameter Cincin



Mengukur Berat Cincin



Mengeluarkan sample tanah dengan extruder

C.1 PENGUJIAN BERAT VOLUME TANAH ASLI

No. Contoh	Kedalaman	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin(gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin	Berat Isi	Rata-rata
1	2,5	63,45	169,89	106,44	63,44	1,68	1,66
2		63,45	169,11	105,66	63,44	1,67	
3		63,45	167,08	103,63	63,44	1,63	

C.2 PENGUJIAN BERAT VOLUME TANAH ASLI + PASIR 15%

No. Contoh	Kedalaman	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin(gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin	Berat Isi	Rata-rata
1	2,5	63,00	171,06	108,06	60,90	1,77	1,77
2		63,00	170,84	107,84	60,90	1,77	
3		63,00	170,21	107,21	60,90	1,76	

C.3 PENGUJIAN BERAT VOLUME TANAH ASLI + PASIR 20%

No. Contoh	Kedalaman	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin(gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin	Berat Isi	Rata-rata
1	2,5	63,00	172,78	109,78	60,90	1,80	1,81
2		63,00	173,05	110,05	60,90	1,81	
3		63,00	173,21	110,21	60,90	1,81	

C.4 PENGUJIAN BERAT VOLUME TANAH ASLI + PASIR 25%

No. Contoh	Kedalaman	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin(gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin	Berat Isi	Rata-rata
1	2,5	63,00	174,05	111,05	60,90	1,82	1,83
2		63,00	174,76	111,76	60,90	1,84	
3		63,00	174,98	111,98	60,90	1,84	

C.5 PENGUJIAN BERAT VOLUME TANAH ASLI + PASIR 30%

No. Contoh	Kedalaman	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin(gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin	Berat Isi	Rata-rata
1	2,5	63,00	176,35	113,35	60,90	1,86	1,87
2		63,00	176,89	113,89	60,90	1,87	
3		63,00	176,63	113,63	60,90	1,87	

C.6 PENGUJIAN BERAT VOLUME TANAH ASLI + PASIR 35%

No. Contoh	Kedalaman	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin(gr)	Berat Tanah (gr)	Isi Cincin	Berat Isi	Rata-rata
1	2,5	63	178,75	115,75	60,90	1,90	1,90
2		63	178,67	115,67	60,90	1,90	
3		63	178,23	115,23	60,90	1,89	

**LAMPIRAN D. TABEL PENGUJIAN
ANALISA SARINGAN TANAH EKSPANSIF
DAN TANAH CAMPURAN**





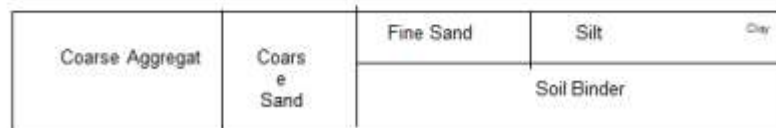
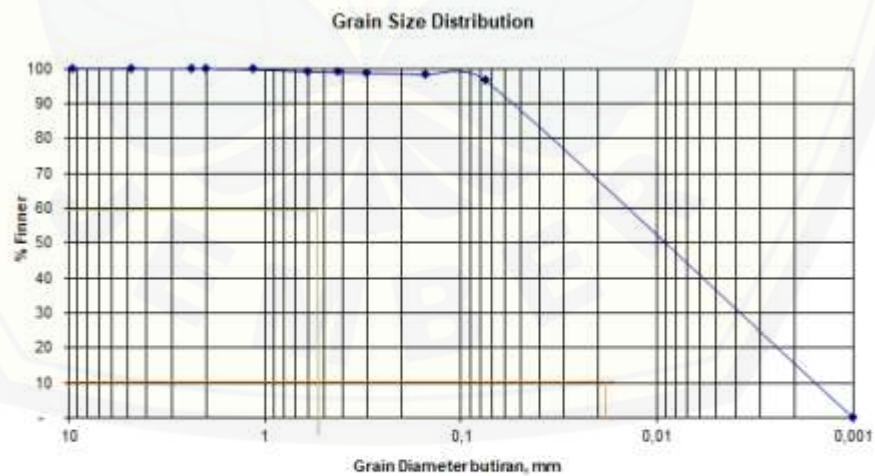
Cawan untuk analisa saringan basah



Sample Tanah dan Saringan

D.1 PENGUJIAN ANALISA SARINGAN TANAH ASLI

Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (gr)	WT. Sieve + Soil (gr)	WT. Soil Retained (gr)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/4.		606	606	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	444	444	0	0,00	0,0	100,0
3/8"	9,525	421	421	0	0,00	0,0	100,0
4	4,750	480	480	0	0,00	0,0	100,0
8	2,360	439	439,34	0,34	0,07	0,1	99,9
10	2,000	437	437,08	0,08	0,02	0,1	99,9
16	1,130	425	426,02	1,02	0,20	0,3	99,7
30	0,600	384	386,76	2,76	0,55	0,8	99,2
40	0,425	286	286,95	0,95	0,19	1,0	99,0
50	0,300	285	285,94	0,94	0,19	1,2	99
100	0,150	398	401,13	3,13	0,63	1,8	98,2
200	0,075	336	344,06	8,06	1,62	3,5	96,5
pan		454	935,72	481,72	96,54	100,0	0
S U M				499	100,00		



—●— Persen Finer

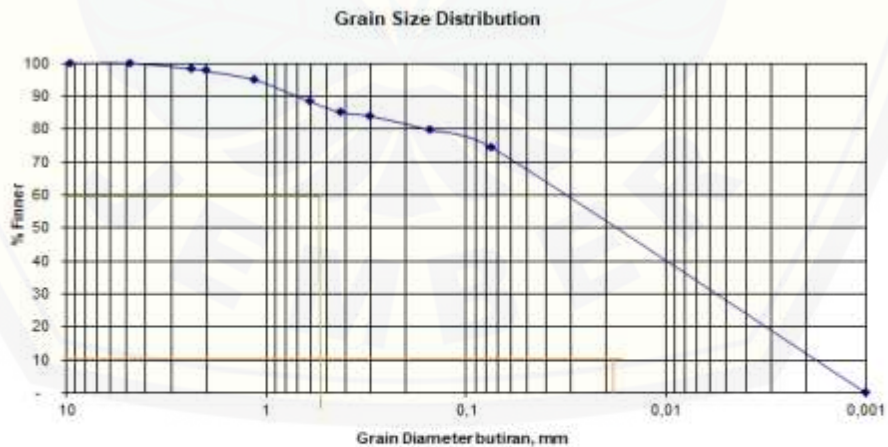
D.2 PENGUJIAN ANALISA SARINGAN TANAH ASLI + PASIR 15%

Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (gr)	WT. Sieve + Soil (gr)	WT. Soil Retained (gr)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/4.		606	606	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	444	444	0	0,00	0,0	100,0
3/8"	9,525	421	421	0	0,00	0,0	100,0
4	4,750	480	480	0	0,00	0,0	100,0
8	2,360	439	439,34	2,53	0,51	0,5	99,5
10	2,000	437	437,08	1,67	0,33	0,8	99,2
16	1,130	425	426,02	24,47	4,89	5,7	94,3
30	0,600	384	386,76	12,36	2,47	8,2	91,8
40	0,425	286	286,95	15,2	3,04	11,2	88,8
50	0,300	285	285,94	4,45	0,89	12,1	88
100	0,150	398	401,13	14,87	2,97	15,1	84,9
200	0,075	336	344,06	20,06	4,01	19,1	80,9
pan		454	935,72	404,39	80,88	100,0	0
S U M				500	100,00		



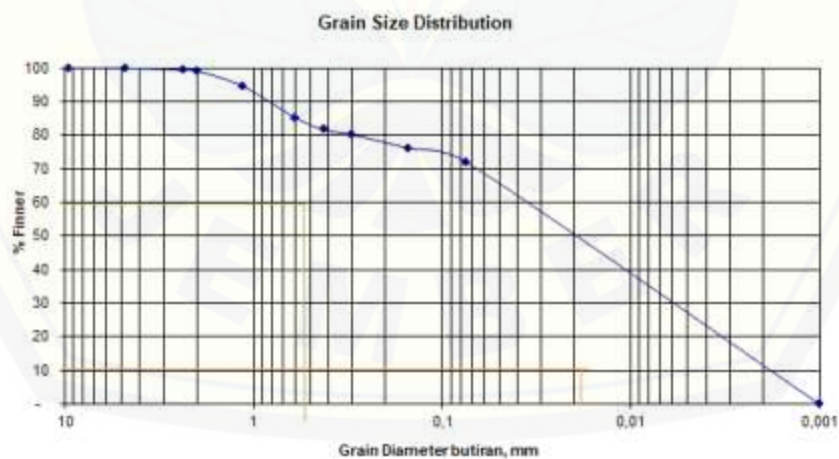
D.3 PENGUJIAN ANALISA SARINGAN TANAH ASLI + PASIR 20%

Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (gr)	WT. Sieve + Soil (gr)	WT. Soil Retained (gr)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/4.		606	606	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	444	444	0	0,00	0,0	100,0
3/8"	9,525	421	421	0	0,00	0,0	100,0
4	4,750	480	480	0	0,00	0,0	100,0
8	2,360	439	439,34	8,35	1,67	1,7	98,3
10	2,000	437	437,08	3,47	0,69	2,4	97,6
16	1,130	425	426,02	13,85	2,77	5,1	94,9
30	0,600	384	386,76	32,92	6,58	11,7	88,3
40	0,425	286	286,95	15,42	3,08	14,8	85,2
50	0,300	285	285,94	6,33	1,27	16,1	84
100	0,150	398	401,13	21,13	4,23	20,3	79,7
200	0,075	336	344,06	25,97	5,19	25,5	74,5
pan		454	935,72	372,56	74,51	100,0	0
SUM				500	100,00		



D.4 PENGUJIAN ANALISA SARINGAN TANAH ASLI + PASIR 25%

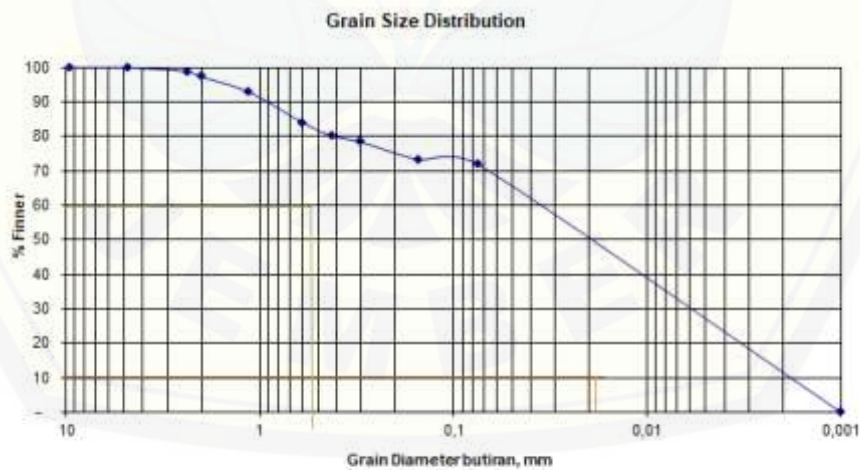
Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (gr)	WT. Sieve + Soil (gr)	WT. Soil Retained (gr)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/4.		606	606	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	444	444	0	0,00	0,0	100,0
3/8"	9,525	421	421	0	0,00	0,0	100,0
4	4,750	480	480	0	0,00	0,0	100,0
8	2,360	439	439,34	2,89	0,58	0,6	99,4
10	2,000	437	437,08	1,12	0,22	0,8	99,2
16	1,130	425	426,02	23,53	4,71	5,5	94,5
30	0,600	384	386,76	46,31	9,26	14,8	85,2
40	0,425	286	286,95	17,73	3,55	18,3	81,7
50	0,300	285	285,94	7,7	1,54	19,9	80
100	0,150	398	401,13	20,05	4,01	23,9	76,1
200	0,075	336	344,06	19,99	4,00	27,9	72,1
pan		454	935,72	360,68	72,14	100,0	0
S U M				500	100,00		



→ Persen Finer

D.5 PENGUJIAN ANALISA SARINGAN TANAH ASLI + PASIR 30%

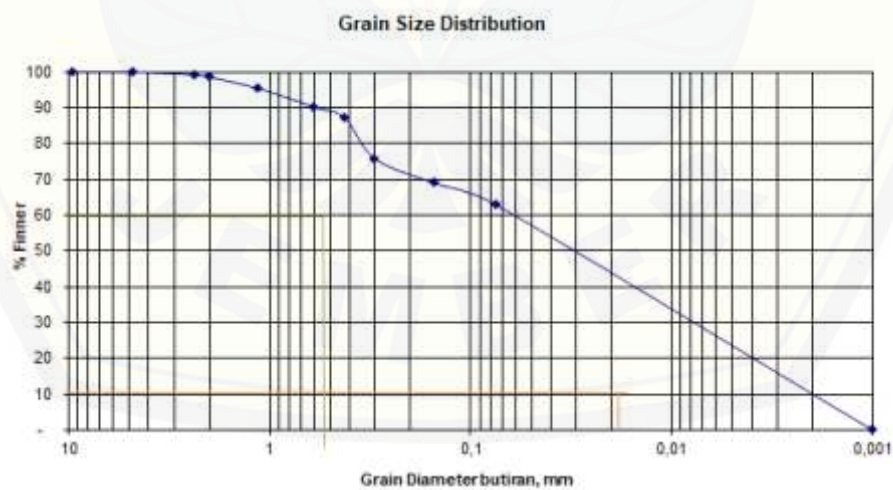
Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (gr)	WT. Sieve + Soil (gr)	WT. Soil Retained (gr)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/4.		606	606	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	444	444	0	0,00	0,0	100,0
3/8"	9,525	421	421	0	0,00	0,0	100,0
4	4,750	480	480	0	0,00	0,0	100,0
8	2,360	439	439,34	6,32	1,26	1,3	98,7
10	2,000	437	437,08	7,27	1,45	2,7	97,3
16	1,130	425	426,02	22,41	4,48	7,2	92,8
30	0,600	384	386,76	43,93	8,79	16,0	84,0
40	0,425	286	286,95	19,18	3,84	19,8	80,2
50	0,300	285	285,94	9,07	1,81	21,6	78
100	0,150	398	401,13	25,69	5,14	26,8	73,2
200	0,075	336	344,06	6,48	1,30	28,1	71,9
pan		454	935,72	359,65	71,93	100,0	0
S U M				500	100,00		



—●— Persen Finer

D.6 PENGUJIAN ANALISA SARINGAN TANAH ASLI + PASIR 35%

Sieve No	Sieve Opening (mm)	WT. Sieve (gr)	WT. Sieve + Soil (gr)	WT. Soil Retained (gr)	Persen Retined (%)	Kumulatif Persen Retained (%)	Persen Finer (%)
3/4.		606	606	0	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,700	444	444	0	0,00	0,0	100,0
3/8"	9,525	421	421	0	0,00	0,0	100,0
4	4,750	480	480	0	0,00	0,0	100,0
8	2,360	439	439,34	3,96	0,79	0,8	99,2
10	2,000	437	437,08	3,2	0,64	1,4	98,6
16	1,130	425	426,02	16,11	3,22	4,7	95,3
30	0,600	384	386,76	25,76	5,15	9,8	90,2
40	0,425	286	286,95	14,75	2,95	12,8	87,2
50	0,300	285	285,94	57,23	11,45	24,2	76
100	0,150	398	401,13	34,6	6,92	31,1	68,9
200	0,075	336	344,06	29,76	5,95	37,1	62,9
pan		454	935,72	314,63	62,93	100,0	0
S U M				500	100,00		



Coarse Aggregat	Coars e Sand	Fine Sand	Silt	Clay
		Soil Binder		

—●— Persen Finer

**LAMPIRAN E. TABEL PENGUJIAN
HIDROMETER TANAH EKSPANSIF DAN
TANAH CAMPURAN**





Sample tanah ditimbang dan diberi cairan dispersi



Tanah + Cairan dispersi

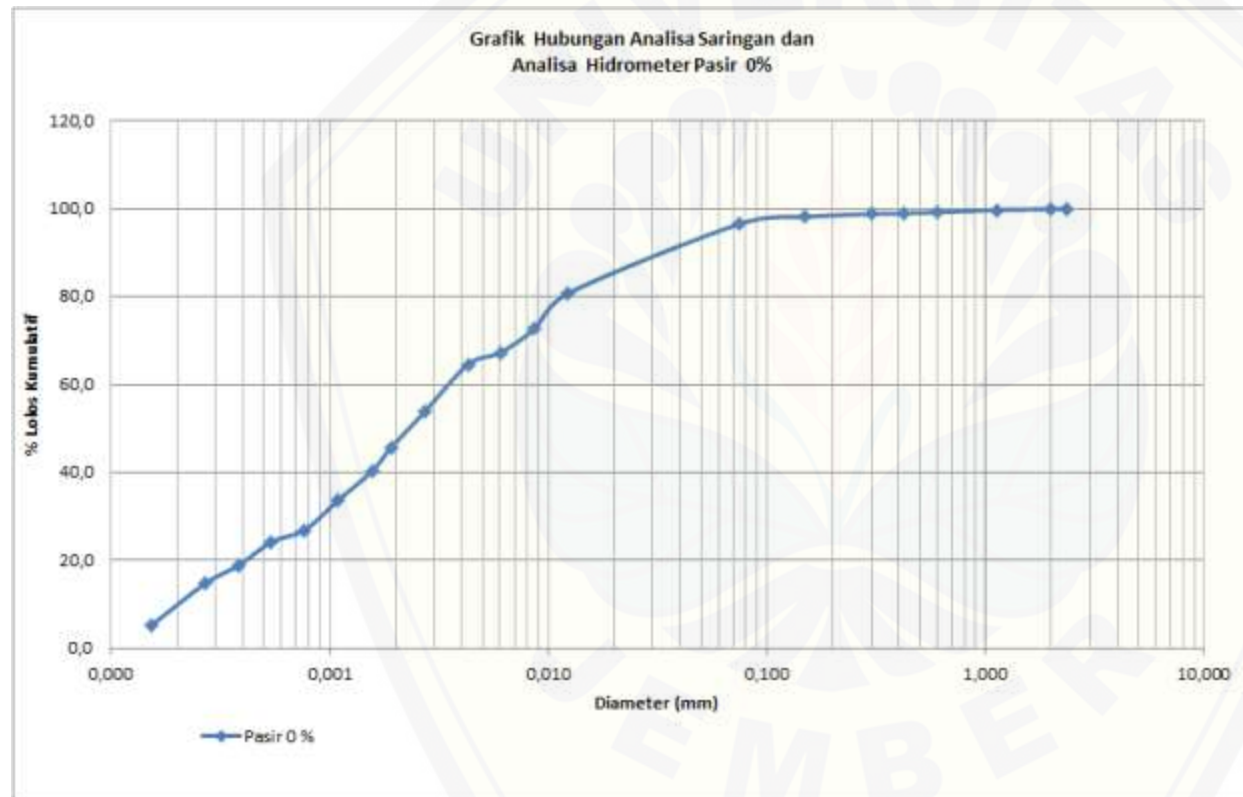


Tanah + Cairan dispersi diaduk merata menggunakan mixer

E.1 PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER TANAH ASLI

DATE	TIME	ELAPSED TIME		TEMP.	HYDROMETER READING	CORRECTED READING	MENISCUS CORRECTION	L. COEFFICIENT	L/t	K COEFFICIENT	DIAMETER	N	N*
		(t)	(t)										
05-Jan-18		0,25	15	30	30	29,9670	1	12,7450	0,8497	0,0133	0,0123	83,624	80,728
05-Jan-18		0,5	30	30	27	26,9703	1	12,5950	0,4198	0,0133	0,0086	75,261	72,655
05-Jan-18		1	60	30	25	24,9725	1	12,2950	0,2049	0,0133	0,0060	69,686	67,273
05-Jan-18		2	120	30	24	23,9736	1	12,4850	0,1040	0,0133	0,0043	66,899	64,582
05-Jan-18		5	300	30	20	19,9780	1	12,4750	0,0416	0,0133	0,0027	55,749	53,819
05-Jan-18		10	600	30	17	16,9813	1	12,3950	0,0207	0,0133	0,0019	47,387	45,746
05-Jan-18		15	900	30	15	14,9835	1	12,3850	0,0138	0,0133	0,0016	41,812	40,364
05-Jan-18		30	1800	30	12,5	12,4863	1	11,9950	0,0067	0,0133	0,0011	34,843	33,637
05-Jan-18		1	60	30	10	9,9890	1	11,8950	0,1982	0,0133	0,0059	27,875	26,909
05-Jan-18		2	120	30	9	8,9901	1	11,8450	0,0987	0,0133	0,0042	25,087	24,218

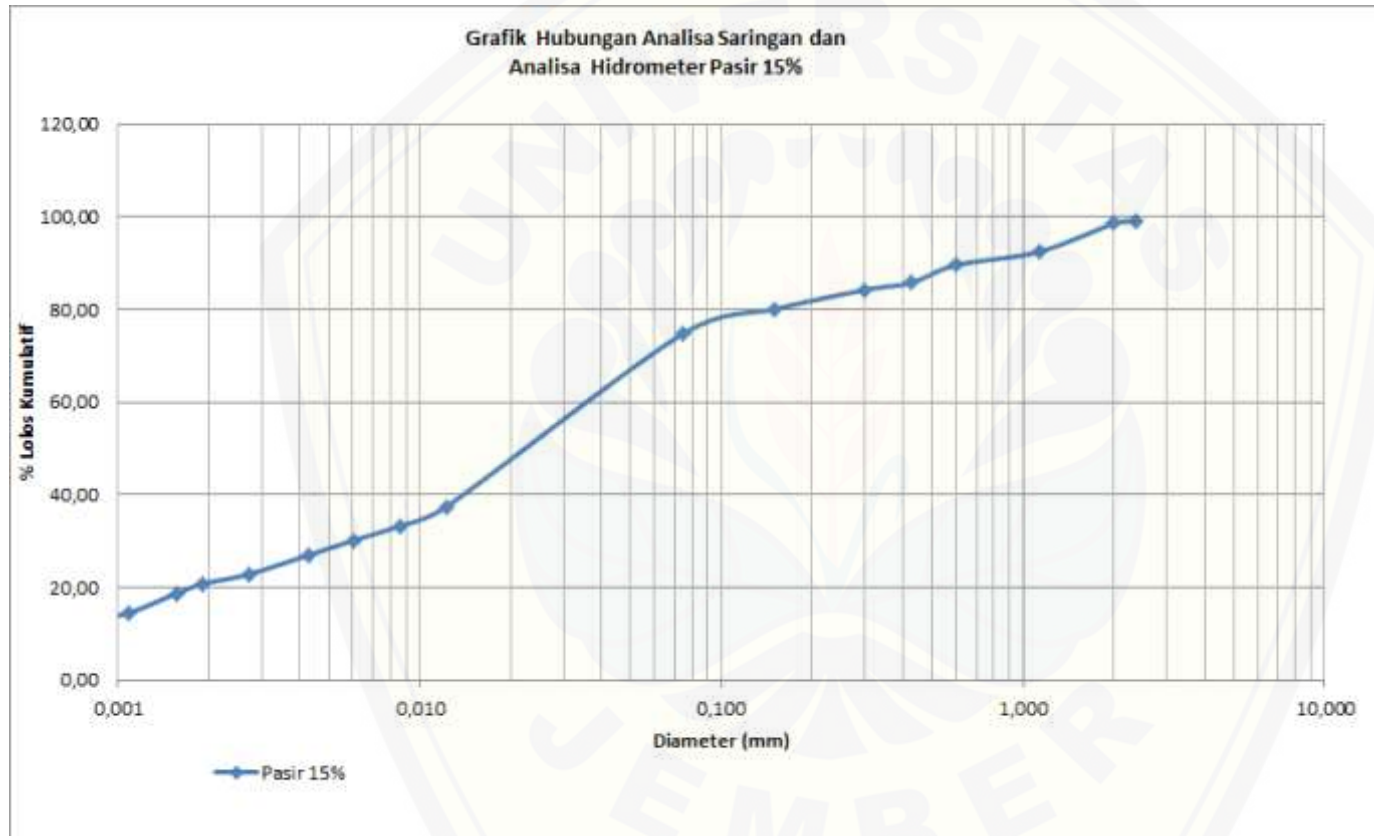
05-Jan-18		4	240	30	7	6,9923	1	11,7950	0,0491	0,0133	0,0029	19,512	18,837
05-Jan-18		8	480	30	5,5	5,4940	1	11,7850	0,0246	0,0133	0,0021	15,331	14,800
05-Jan-18		24	1440	30	2	1,9978	1	11,5250	0,0080	0,0133	0,0012	5,575	5,382



E.2 PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER TANAH ASLI + PASIR 15%

DATE	TIME	ELAPSED TIME		TEMP.	HYDROMETER READING	CORRECTION READING	MENISCUS CORRECTION	L. COEFFICIENT	L/t	K COEFFICIENT	DIAMETER	N	N*
		(t)	(t)										
25-Nov-17		0,25	15	30	18	17,9802	1	12,7450	0,8497	0,0133	0,0123	50,174	37,469
25-Nov-17		0,5	30	30	16	15,9824	1	12,5950	0,4198	0,0133	0,0086	44,599	33,306
25-Nov-17		1	60	30	14,5	14,4841	1	12,2950	0,2049	0,0133	0,0060	40,418	30,183
25-Nov-17		2	120	30	13	12,9857	1	12,4850	0,1040	0,0133	0,0043	36,237	27,061
25-Nov-17		5	300	30	11	10,9879	1	12,4750	0,0416	0,0133	0,0027	30,662	22,898
25-Nov-17		10	600	30	10	9,9890	1	12,3950	0,0207	0,0133	0,0019	27,875	20,816
25-Nov-17		15	900	30	9	8,9901	1	12,3850	0,0138	0,0133	0,0016	25,087	18,735
25-Nov-17		30	1800	30	7	6,9923	1	11,9950	0,0067	0,0133	0,0011	19,512	14,571
25-Nov-17		1	3600	30	6	5,9934	1	11,8950	0,0033	0,0133	0,0008	16,725	12,490
25-Nov-17		2	7200	30	5	4,9945	1	11,8450	0,0016	0,0133	0,0005	13,937	10,408
25-Nov-17		4	14400	30	4,5	4,4951	1	11,7950	0,0008	0,0133	0,0004	12,544	9,367

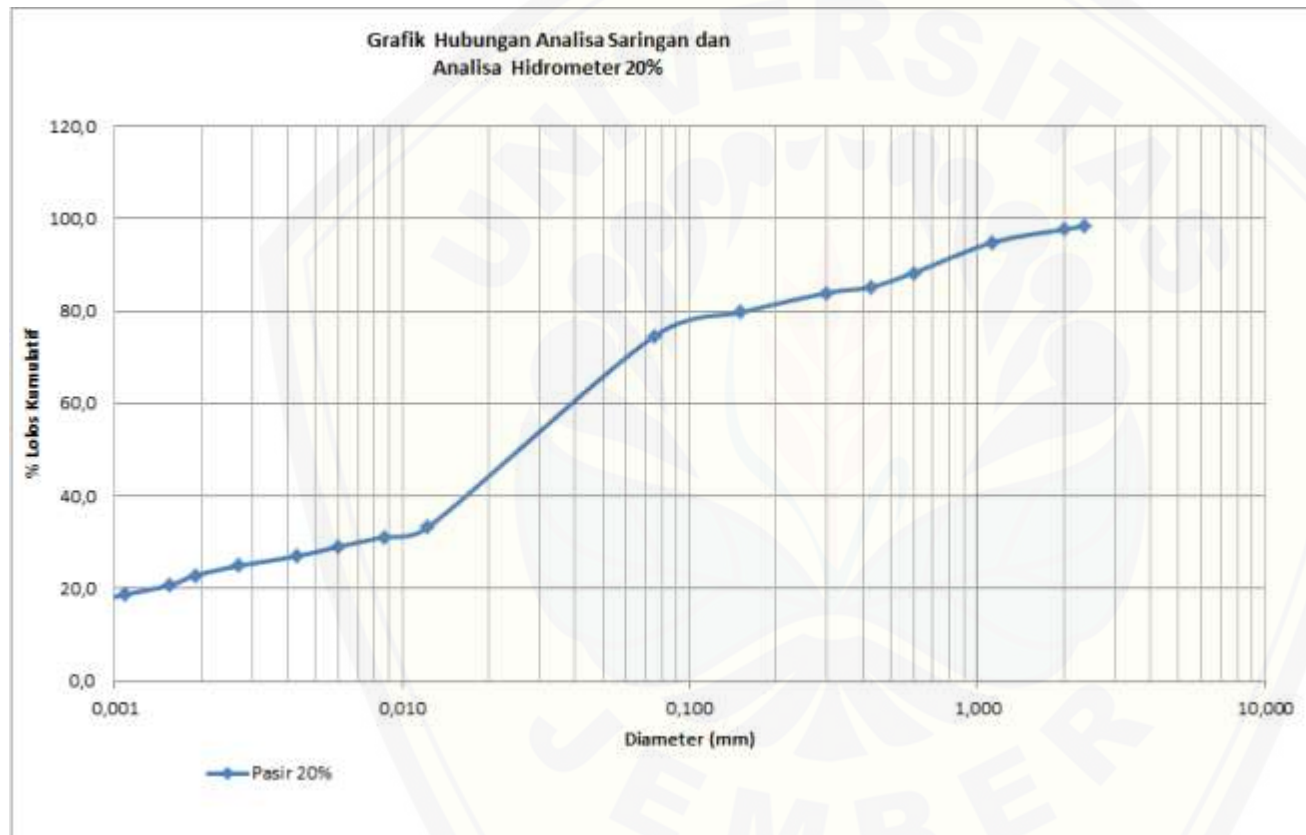
25-Nov-17		8	28800	30	4	3,9956	1	11,7850	0,0004	0,0133	0,0003	11,150	8,326
26-Nov-17		24	86400	30	3,5	3,4962	1	11,5250	0,0001	0,0133	0,0002	9,756	7,286



E.3 PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER TANAH ASLI + PASIR 20%

DATE	TIME	ELAPSED TIME		TEMP.	HYDROMETER READING	CORRECTION READING	MENISCUS CORRECTION	L. COEFFICIENT	L/t	K COEFFICIENT	DIAMETER	N	N*
		(t)	(t)										
21-Nov-17		0,25	15	30	16	15,9824	1	12,7450	0,8497	0,0133	0,0123	44,599	33,232
21-Nov-17		0,5	30	30	15	14,9835	1	12,5950	0,4198	0,0133	0,0086	41,812	31,155
21-Nov-17		1	60	30	14	13,9846	1	12,2950	0,2049	0,0133	0,0060	39,024	29,078
21-Nov-17		2	120	30	13	12,9857	1	12,4850	0,1040	0,0133	0,0043	36,237	27,001
21-Nov-17		5	300	30	12	11,9868	1	12,4750	0,0416	0,0133	0,0027	33,449	24,924
21-Nov-17		10	600	30	11	10,9879	1	12,3950	0,0207	0,0133	0,0019	30,662	22,847
21-Nov-17		15	900	30	10	9,9890	1	12,3850	0,0138	0,0133	0,0016	27,875	20,770
21-Nov-17		30	1800	30	9	8,9901	1	11,9950	0,0067	0,0133	0,0011	25,087	18,693
21-Nov-17		1	3600	30	8	7,9912	1	11,8950	0,0033	0,0133	0,0008	22,300	16,616
21-Nov-17		2	7200	30	7	6,9923	1	11,8450	0,0016	0,0133	0,0005	19,512	14,539
21-Nov-17		4	14400	30	5	4,9945	1	11,7950	0,0008	0,0133	0,0004	13,937	10,385

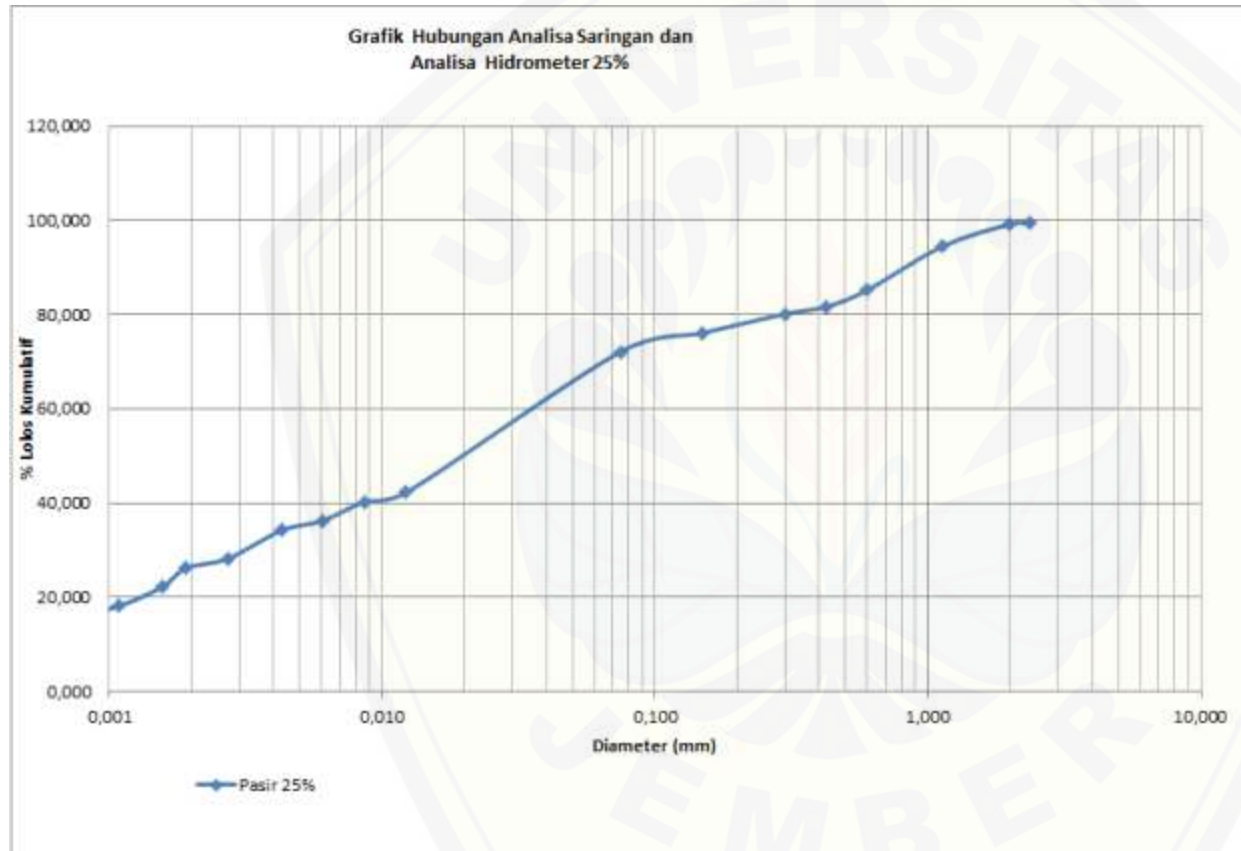
21- Nov-17		8	28800	30	4	3,9956	1	11,7850	0,00 04	0,0133	0,0003	11,1 50	8,30 8
22- Nov-17		24	86400	30	3	2,9967	1	11,5250	0,00 01	0,0133	0,0002	8,36 2	6,23 1



E.4 PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER TANAH ASLI + PASIR 25%

DATE	TIME	ELAPSED TIME		TEMP.	HYDROMETER READING	CORRECTION READING	MENISCUS CORRECTION	L. COEFFICIENT	L/t	K COEFFICIENT	DIAMETER	N	N*
		(t)	(t)										
27-Nov-17		0,25	15	30	14	13,9846	1	12,7450	0,8497	0,0133	0,0123	39,024	28,151
27-Nov-17		0,5	30	30	13	12,9857	1	12,5950	0,4198	0,0133	0,0086	36,237	26,140
27-Nov-17		1	60	30	12,5	12,4863	1	12,2950	0,2049	0,0133	0,0060	34,843	25,134
27-Nov-17		2	120	30	12,2	12,1866	1	12,4850	0,1040	0,0133	0,0043	34,007	24,531
27-Nov-17		5	300	30	12,1	12,0867	1	12,4750	0,0416	0,0133	0,0027	33,728	24,330
27-Nov-17		10	600	30	12	11,9868	1	12,3950	0,0207	0,0133	0,0019	33,449	24,129
27-Nov-17		15	900	30	11,9	11,8869	1	12,3850	0,0138	0,0133	0,0016	33,171	23,928
27-Nov-17		30	1800	30	11,2	11,1877	1	11,9950	0,0067	0,0133	0,0011	31,220	22,521
27-Nov-17		1	3600	30	10,9	10,8880	1	11,8950	0,0033	0,0133	0,0008	30,383	21,917
27-Nov-17		2	7200	30	10,2	10,1888	1	11,8450	0,0016	0,0133	0,0005	28,432	20,510
27-Nov-17		4	14400	30	10,03	10,0190	1	11,7950	0,0008	0,0133	0,0004	27,958	20,168

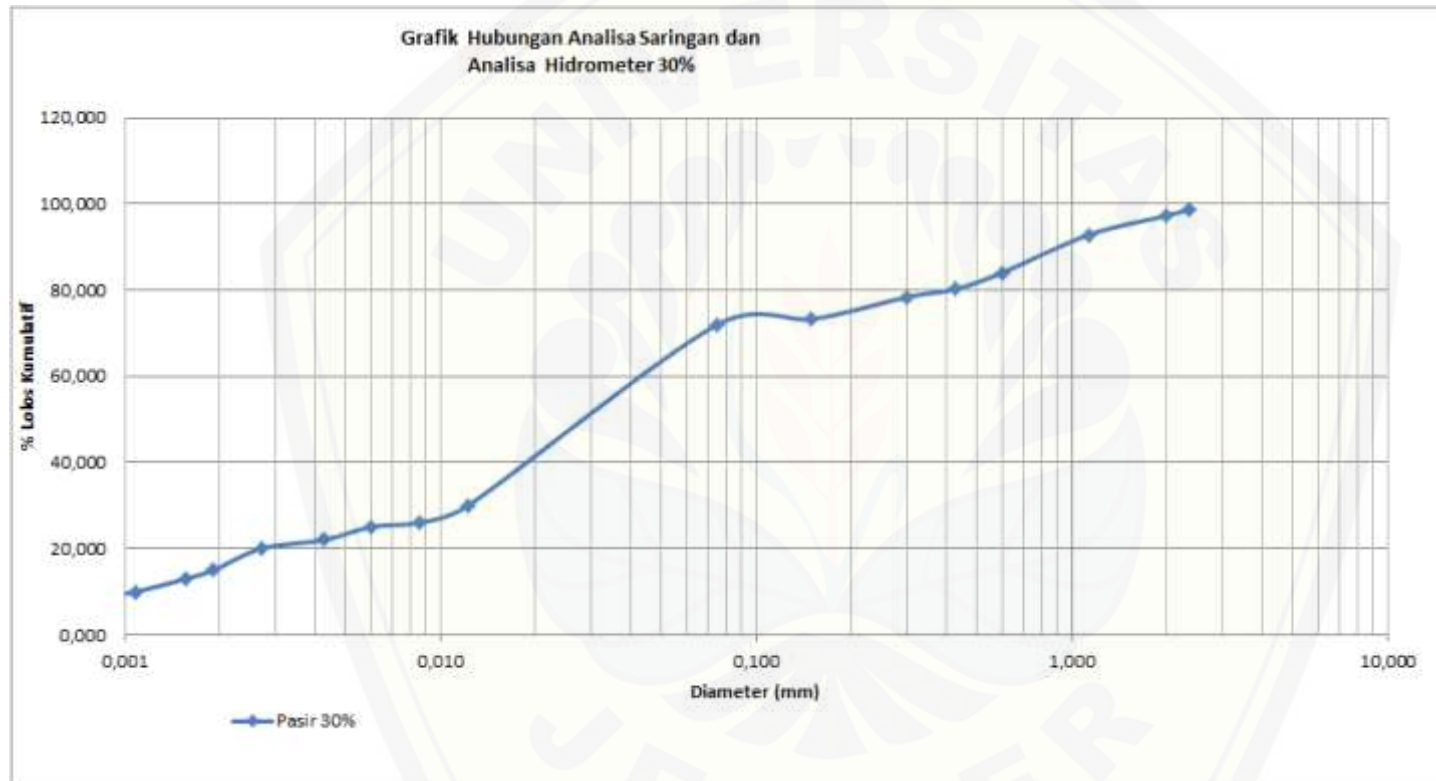
27-Nov-17	8	28800	30	10	9,9890	1	11,7850	0,0004	0,0133	0,0003	27,875	20,108
28-Nov-17	24	86400	30	9	8,9901	1	11,5250	0,0001	0,0133	0,0002	25,087	18,097



E.5 PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER TANAH ASLI + PASIR 30%

DATE	TIME	ELAPSED TIME		TEMP.	HYDROMETER READING	CORRECTION READING	MENISCUS CORRECTION	L. COEFFICIENT	L/t	K COEFFICIENT	DIAMETER	N	N*
		(t)	(t)										
26-Nov-17		0,25	15	30	15	14,9835	1	12,7450	0,8497	0,0133	0,0123	41,812	30,075
26-Nov-17		0,5	30	30	13	12,9857	1	12,5950	0,4198	0,0133	0,0086	36,237	26,065
26-Nov-17		1	60	30	12,5	12,4863	1	12,2950	0,2049	0,0133	0,0060	34,843	25,063
26-Nov-17		2	120	30	11	10,9879	1	12,4850	0,1040	0,0133	0,0043	30,662	22,055
26-Nov-17		5	300	30	10	9,9890	1	12,4750	0,0416	0,0133	0,0027	27,875	20,050
26-Nov-17		10	600	30	7,5	7,4918	1	12,3950	0,0207	0,0133	0,0019	20,906	15,038
26-Nov-17		15	900	30	6,5	6,4929	1	12,3850	0,0138	0,0133	0,0016	18,118	13,033
26-Nov-17		30	1800	30	5	4,9945	1	11,9950	0,0067	0,0133	0,0011	13,937	10,025
26-Nov-17		1	3600	30	4	3,9956	1	11,8950	0,0033	0,0133	0,0008	11,150	8,020
26-Nov-17		2	7200	30	3	2,9967	1	11,8450	0,0016	0,0133	0,0005	8,362	6,015
26-Nov-17		4	14400	30	2	1,9978	1	11,7950	0,0008	0,0133	0,0004	5,575	4,010

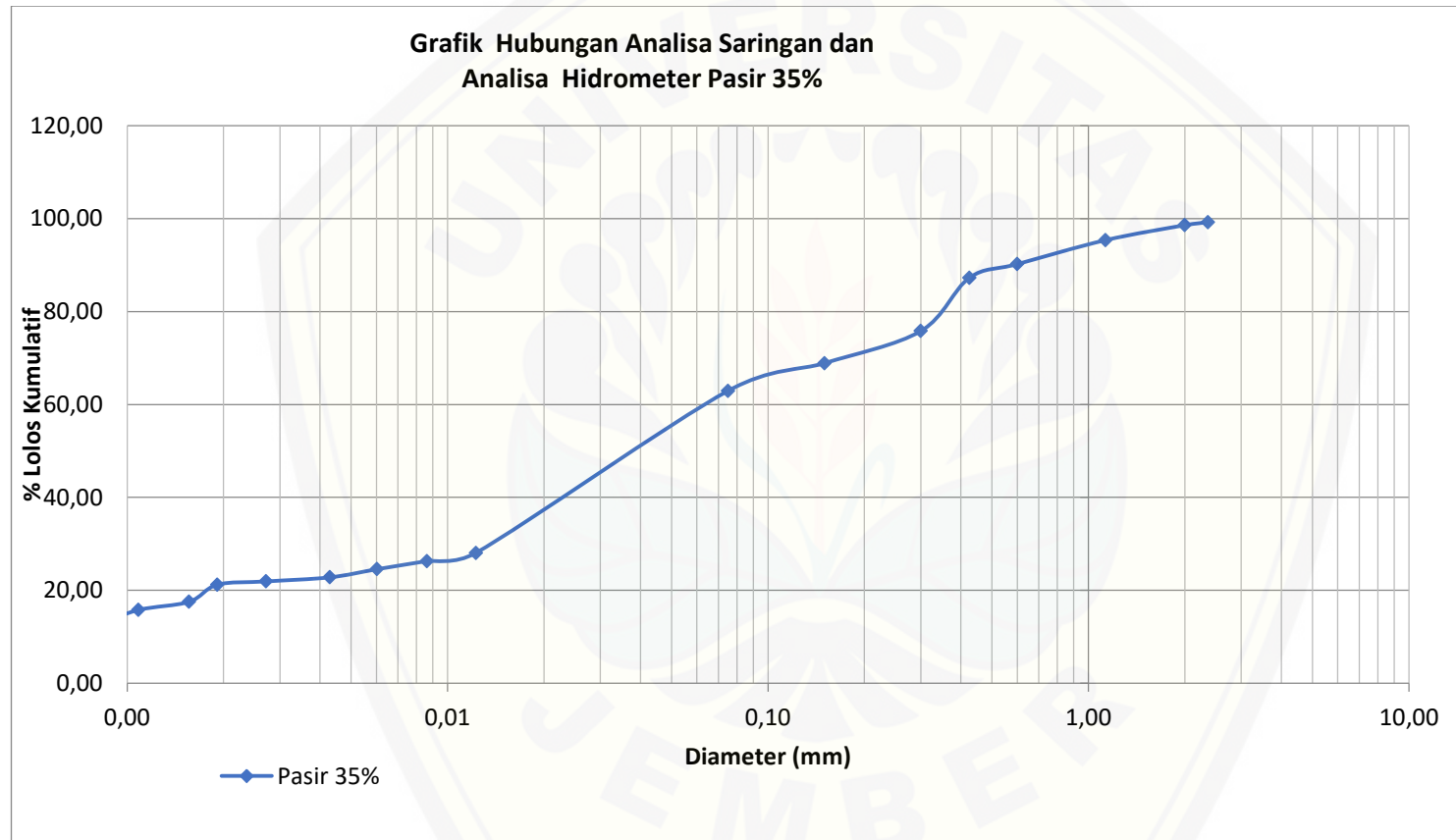
26-Nov-17	8	28800	30	1,2	1,1987	1	11,7850	0,0004	0,0133	0,0003	3,345	2,406
27-Nov-17	24	86400	30	1	0,9989	1	11,5250	0,0001	0,0133	0,0002	2,787	2,005



E.6 PENGUJIAN ANALISA HIDROMETER TANAH ASLI + PASIR 35%

DATE	TIME	ELAPSED TIME		TEMP.	HYDROMETER READING	CORRECTION READING	MENISCUS CORRECTION	L. COEFFICIENT	L/t	K COEFFICIENT	DIAMETER	N	N*
		(t)	(t)										
27-Nov-17		0,25	15	30	16	15,9824	1	12,7450	0,8497	0,0133	0,0123	44,599	28,065
27-Nov-17		0,5	30	30	15	14,9835	1	12,5950	0,4198	0,0133	0,0086	41,812	26,311
27-Nov-17		1	60	30	14	13,9846	1	12,2950	0,2049	0,0133	0,0060	39,024	24,556
27-Nov-17		2	120	30	13	12,9857	1	12,4850	0,1040	0,0133	0,0043	36,237	22,802
27-Nov-17		5	300	30	12,5	12,4863	1	12,4750	0,0416	0,0133	0,0027	34,843	21,925
27-Nov-17		10	600	30	12,1	12,0867	1	12,3950	0,0207	0,0133	0,0019	33,728	21,224
27-Nov-17		15	900	30	10	9,9890	1	12,3850	0,0138	0,0133	0,0016	27,875	17,540
27-Nov-17		30	1800	30	9	8,9901	1	11,9950	0,0067	0,0133	0,0011	25,087	15,786
27-Nov-17		1	3600	30	7	6,9923	1	11,8950	0,0033	0,0133	0,0008	19,512	12,278
27-Nov-17		2	7200	30	6	5,9934	1	11,8450	0,0016	0,0133	0,0005	16,725	10,524
27-Nov-17		4	14400	30	5	4,9945	1	11,7950	0,0008	0,0133	0,0004	13,937	8,770

27-Nov-17		8	28800	30	3	2,9967	1	11,7850	0,0004	0,0133	0,0003	8,362	5,262
27-Nov-17		24	86400	30	1	0,9989	1	11,5250	0,0001	0,0133	0,0002	2,787	1,754



**LAMPIRAN F. TABEL PENGUJIAN
ATTEBERG LIMIT TANAH EKSPANSIF
DAN TANAH CAMPURAN**





Alat cassagrande untuk pengujian *atteberg limit*



Mengetuk bebas jatuh dan mengukur sample tanah dengan



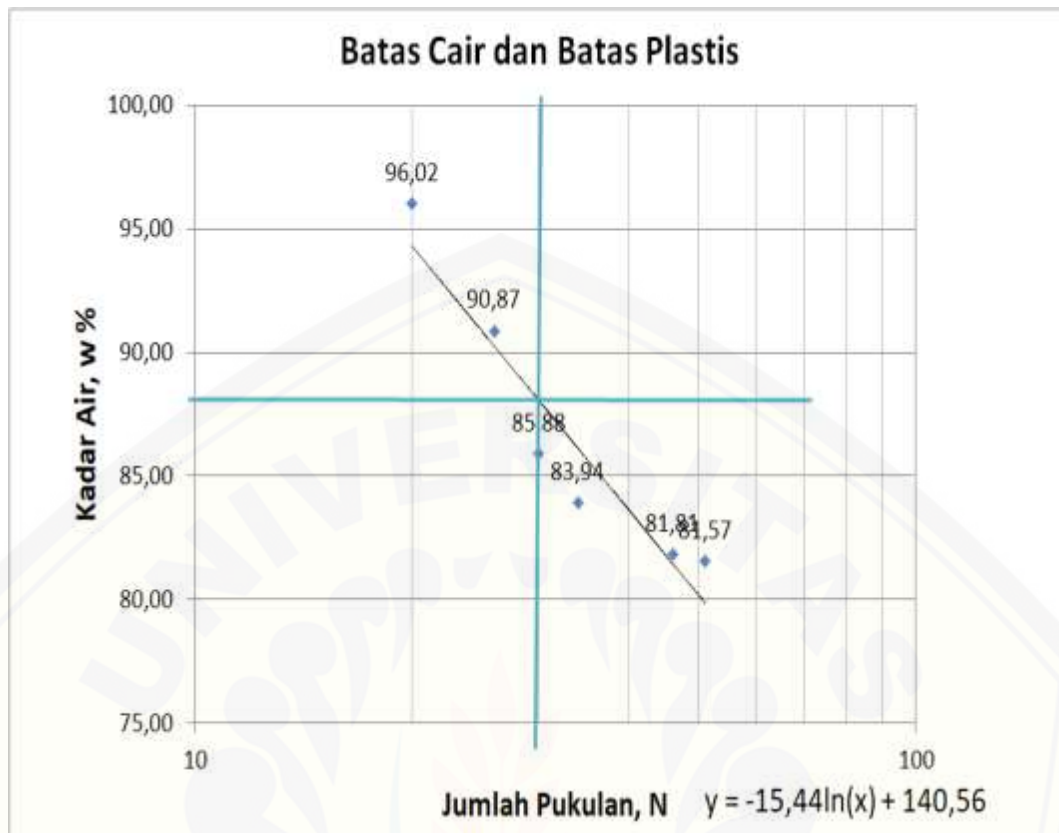
Pengambilan sebagian sample tanah dan diletakkan di cawan

JEMBER

F.1 PENGUJIAN ATTEBERG LIMIT TANAH ASLI

BATAS CAIR							
No. Contoh		1	2	3	4	5	6
Jumlah Pukulan		51	46	34	30	26	20
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	23,16	27,26	25,97	21,85	27,31	28,25
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	16,39	19,03	18,08	15,83	18,55	18,59
Berat Air	gr	6,77	8,23	7,89	6,02	8,76	9,66
Berat Cawan	gr	8,09	8,97	8,68	8,82	8,91	8,53
Berat Kering	gr	8,3	10,06	9,4	7,01	9,64	10,06
Kadar Air	%	81,57	81,81	83,94	85,88	90,87	96,02
BATAS PLASTIS							
No. Contoh		1	2				
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	11,29	11,19				
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	10,62	10,58				
Berat Air	gr	0,67	0,61				
Berat Cawan	gr	8,85	8,89				
Berat Kering	gr	1,77	1,69				
Kadar Air	%	37,85	36,09				
Rata-Rata	%	36,97					

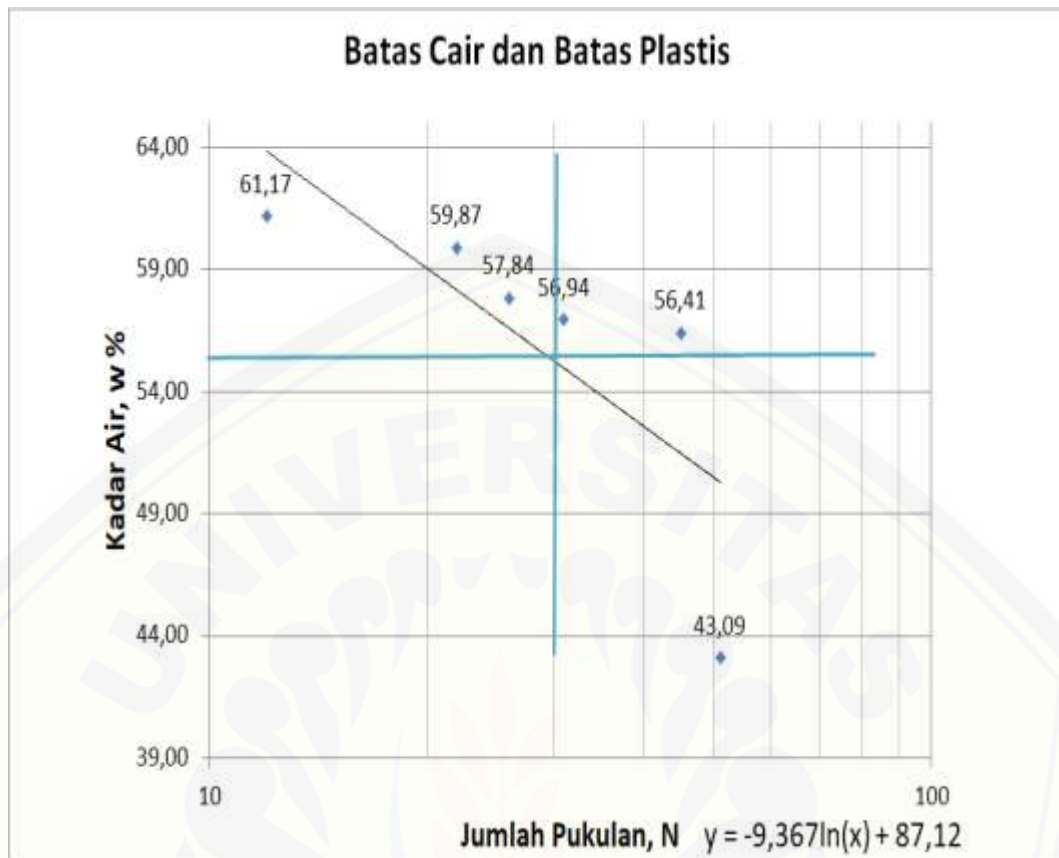
BATAS CAIR (LL)			BATAS PLASTIS (PL)	
No.	JUMLAH PUKULAN	KADAR AIR	No.	KADAR AIR
1	51	81,57	1	37,85
2	46	81,81		
3	34	83,94		
4	30	85,88	2	36,09
5	26	90,87		
6	20	96,02		
		86,68	RATA-RATA	36,97
Batas Cair (LL)		Batas Plastis (PL)		Index Plastis
90,86		36,97		53,89



F.2 PENGUJIAN ATTEBERG LIMIT TANAH ASLI + PASIR 15%

BATAS CAIR							
No. Contoh		1	2	3	4	5	6
Jumlah Pukulan		51	45	31	26	22	12
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	15,08	16,48	14,29	15,45	13,58	15,18
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	13,24	13,62	12,24	13,09	11,76	12,66
Berat Air	gr	1,84	2,86	2,05	2,36	1,82	2,52
Berat Cawan	gr	8,97	8,55	8,64	9,01	8,72	8,54
Berat Kering	gr	4,27	5,07	3,6	4,08	3,04	4,12
Kadar Air	%	43,09	56,41	56,94	57,84	59,87	61,17
BATAS PLASTIS							
No. Contoh		9		PLII			
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	11,91		12,01			
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	11,33		11,18			
Berat Air	gr	0,58		0,83			
Berat Cawan	gr	9,02		8,48			
Berat Kering	gr	2,31		2,7			
Kadar Air	%	25,11		30,74			
Rata-Rata	%	27,92					

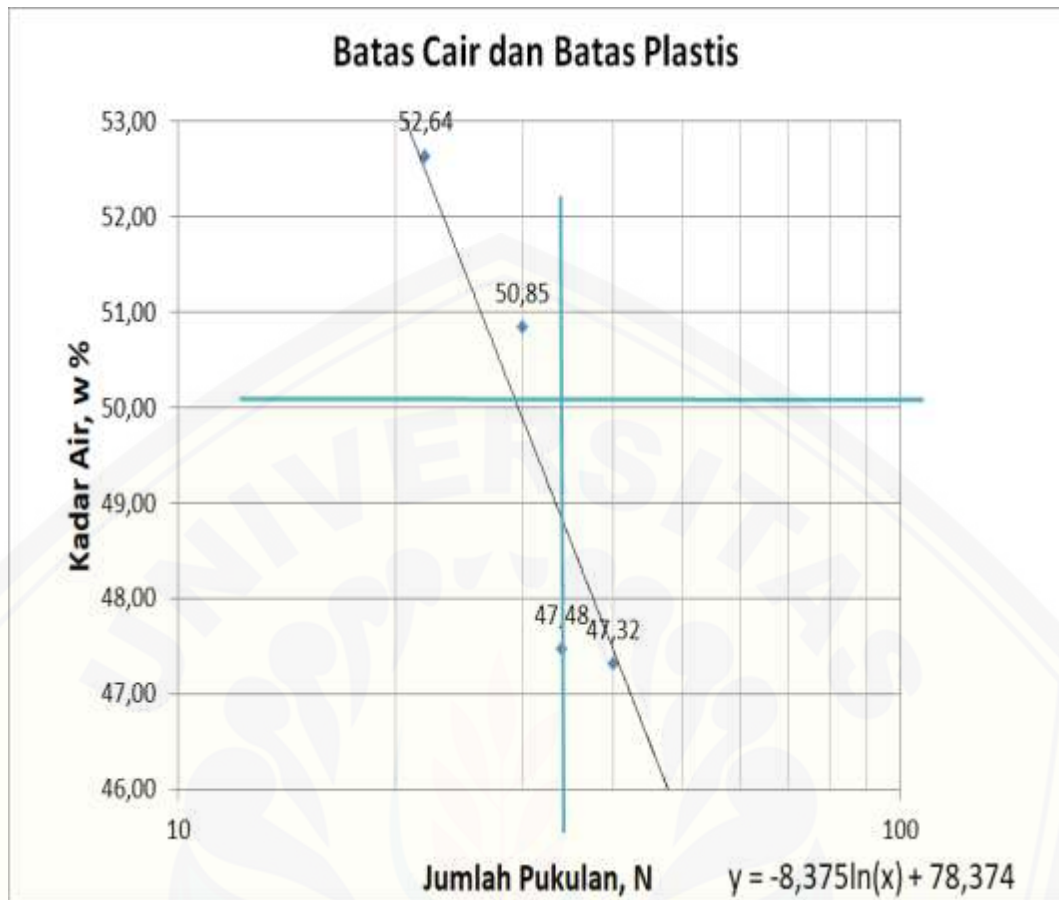
BATAS CAIR (LL)			BATAS PLASTIS (PL)	
No.	JUMLAH PUKULAN	KADAR AIR	No.	KADAR AIR
1	51	43,09	1	25,11
2	45	56,41		
3	31	56,94		
4	26	57,84	2	30,74
5	22	59,87		
6	12	61,17		
		55,89	RATA-RATA	27,92
Batas Cair (LL)		Batas Plastis (PL)		Index Plastis
56,94		27,92		29,02



F.3 PENGUJIAN ATTEBERG LIMIT TANAH ASLI + PASIR 20%

BATAS CAIR							
No. Contoh		1	2	3	4	5	6
Jumlah Pukulan		55	40	34	30	22	19
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	16,95	13,87	13,07	17,39	15,18	15,88
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	14,2	12,19	11,75	14,41	12,89	13,48
Berat Air	gr	2,75	1,68	1,32	2,98	2,29	2,4
Berat Cawan	gr	8,12	8,64	8,97	8,55	8,54	9,01
Berat Kering	gr	6,08	3,55	2,78	5,86	4,35	4,47
Kadar Air	%	45,23	47,32	47,48	50,85	52,64	53,69
BATAS PLASTIS							
No. Contoh		1	2				
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	12,4	11,31				
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	11,73	10,69				
Berat Air	gr	0,67	0,62				
Berat Cawan	gr	9,02	8,48				
Berat Kering	gr	2,71	2,21				
Kadar Air	%	24,72	28,05				
Rata-Rata	%	26,39					

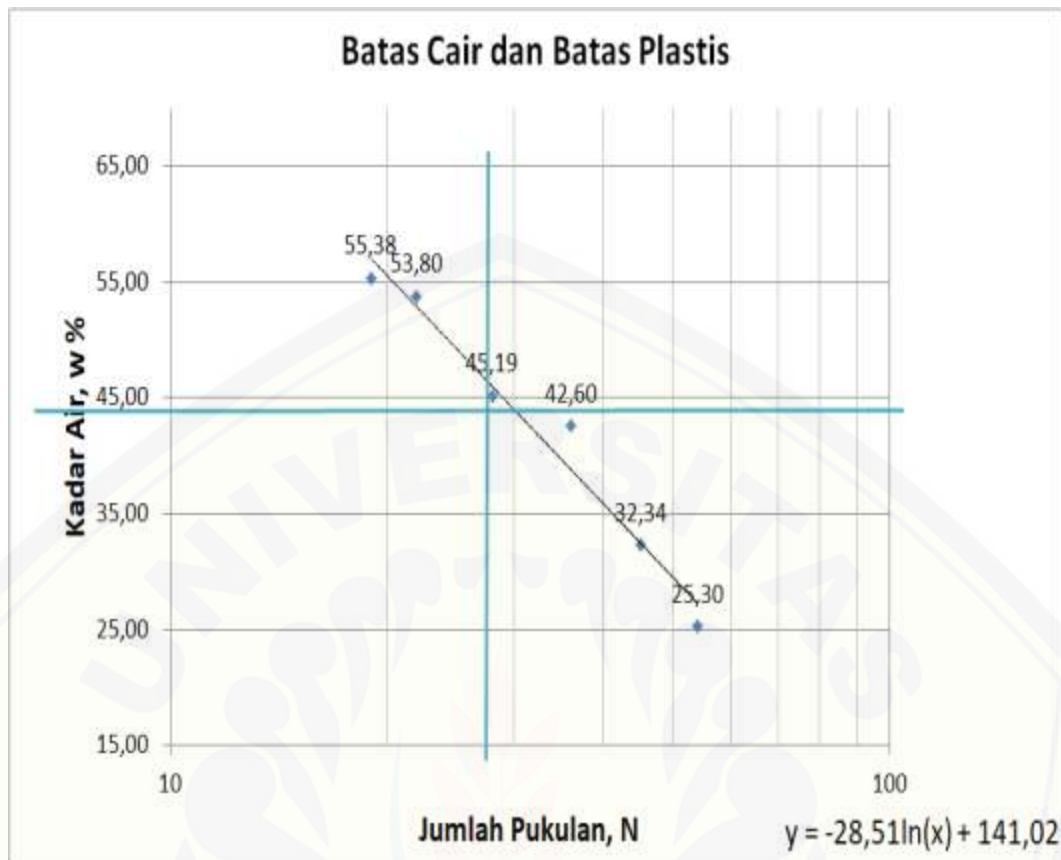
BATAS CAIR (LL)			BATAS PLASTIS (PL)	
No.	JUMLAH PUKULAN	KADAR AIR	No.	KADAR AIR
1	55	45,23	1	24,72
2	40	47,32		
3	34	47,48		
4	30	50,85	2	28,05
5	22	52,64		
6	19	53,69		
		49,54	RATA-RATA	26,39
Batas Cair (LL)		Batas Plastis (PL)		Index Plastis
51,42		26,39		25,03



F.4 PENGUJIAN ATTEBERG LIMIT TANAH ASLI + PASIR 25%

BATAS PLASTIS							
No. Contoh		1	2	3	4	5	6
Jumlah Pukulan		54	45	36	28	22	19
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	17,19	17,07	14,91	12,19	14,07	15,61
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	15,53	15,01	13,01	11,11	12,3	13,09
Berat Air	gr	1,66	2,06	1,9	1,08	1,77	2,52
Berat Cawan	gr	8,97	8,64	8,55	8,72	9,01	8,54
Berat Kering	gr	6,56	6,37	4,46	2,39	3,29	4,55
Kadar Air	%	25,30	32,34	42,60	45,19	53,80	55,38
BATAS CAIR							
No. Contoh		1	2				
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	11,77	11,5				
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	11,24	10,84				
Berat Air	gr	0,53	0,66				
Berat Cawan	gr	8,72	8,48				
Berat Kering	gr	2,52	2,36				
Kadar Air	%	21,03	27,97				
Rata-Rata	%	24,50					

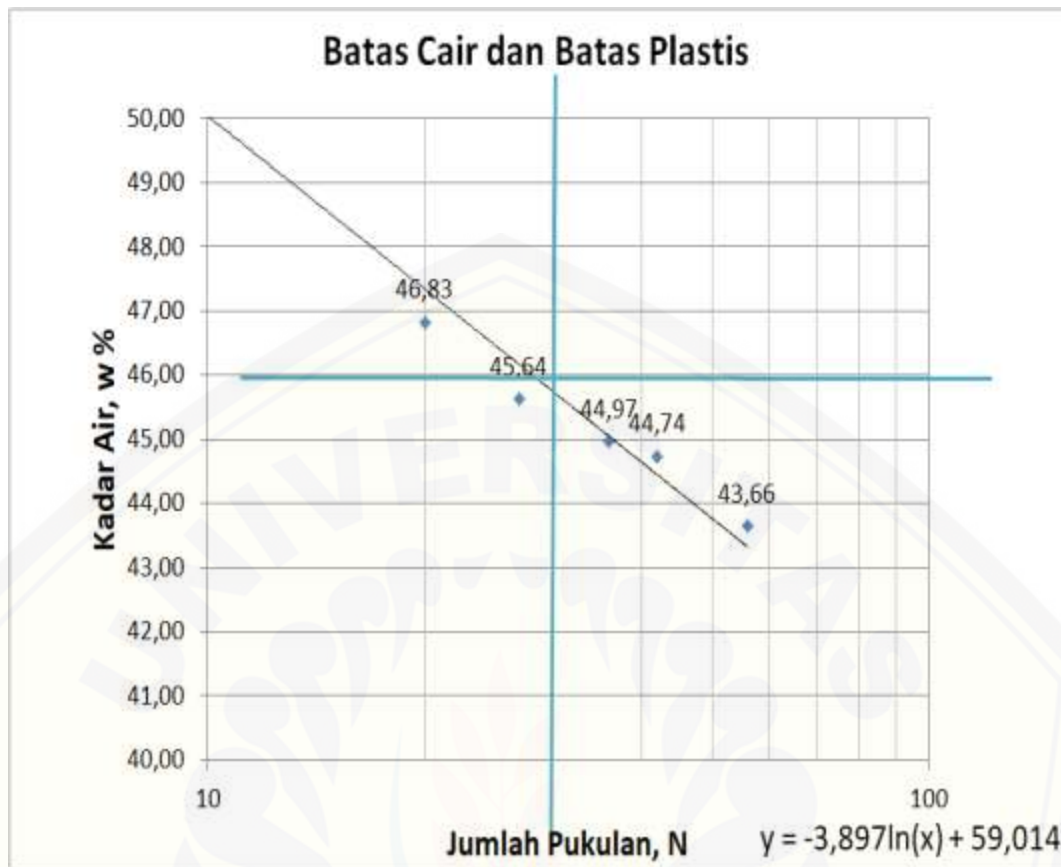
BATAS CAIR (LL)			BATAS PLASTIS (PL)	
No.	JUMLAH PUKULAN	KADAR AIR	No.	KADAR AIR
1	54	25,30	1	21,03
2	45	32,34		
3	36	42,60		
4	28	45,19	2	27,97
5	22	53,80		
6	19	55,38		
		42,44	RATA-RATA	24,50
Batas Cair (LL)		Batas Plastis (PL)		Index Plastis
49,25		24,50		24,75



F.5 PENGUJIAN ATTEBERG LIMIT TANAH ASLI + PASIR 30%

BATAS CAIR							
No. Contoh		1	2	3	4	5	6
Jumlah Pukulan		56	42	36	27	20	10
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	18,15	17,35	16,36	16,55	15,72	14,51
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	15,26	14,63	13,99	14,04	13,58	12,65
Berat Air	gr	2,89	2,72	2,37	2,51	2,14	1,86
Berat Cawan	gr	8,64	8,55	8,72	8,54	9,01	8,97
Berat Kering	gr	6,62	6,08	5,27	5,5	4,57	3,68
Kadar Air	%	43,66	44,74	44,97	45,64	46,83	50,54
BATAS PLASTIS							
No. Contoh		1	2				
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	12,55	12,12				
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	11,83	11,43				
Berat Air	gr	0,72	0,69				
Berat Cawan	gr	8,82	8,48				
Berat Kering	gr	3,01	2,95				
Kadar Air	%	23,92	23,39				
Rata-Rata	%	23,66					

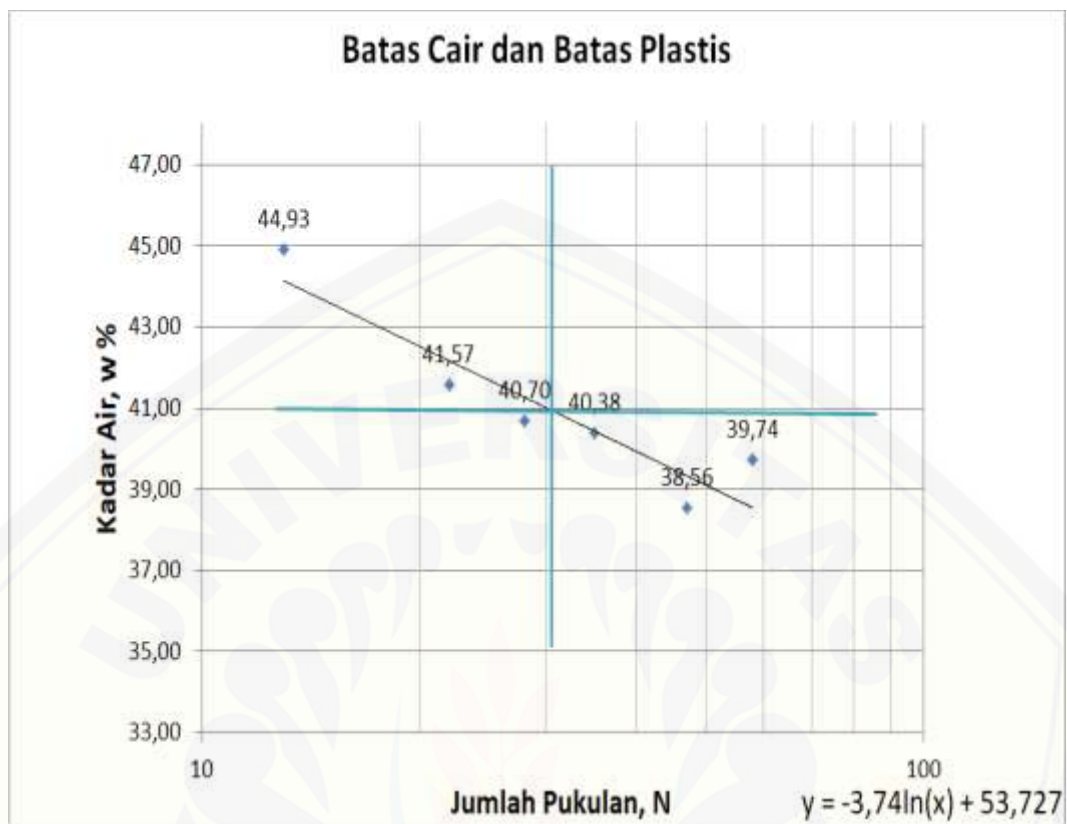
BATAS CAIR (LL)			BATAS PLASTIS (PL)	
No.	JUMLAH PUKULAN	KADAR AIR	No.	KADAR AIR
1	56	43,66	1	23,92
2	42	44,74		
3	36	44,97		
4	27	45,64	2	23,39
5	20	46,83		
6	10	50,54		
		46,47	RATA-RATA	23,66
Batas Cair (LL)		Batas Plastis (PL)		Index Plastis
46,47		23,66		22,81



F.6 PENGUJIAN ATTEBERG LIMIT TANAH ASLI + PASIR 35%

BATAS CAIR							
No. Contoh		1	2	3	4	5	6
Jumlah Pukulan		58	47	35	28	22	13
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	17,55	15,27	16,01	16,81	18,41	20,25
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	15,11	13,4	13,89	14,47	15,65	16,62
Berat Air	gr	2,44	1,87	2,12	2,34	2,76	3,63
Berat Cawan	gr	8,97	8,55	8,64	8,72	9,01	8,54
Berat Kering	gr	6,14	4,85	5,25	5,75	6,64	8,08
Kadar Air	%	39,74	38,56	40,38	40,70	41,57	44,93
BATAS PLASTIS							
No. Contoh		1	2				
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	11,61	11,83				
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	11,24	11,1				
Berat Air	gr	0,37	0,73				
Berat Cawan	gr	9,02	8,48				
Berat Kering	gr	2,22	2,62				
Kadar Air	%	16,67	27,86				
Rata-Rata	%	22,26					

BATAS CAIR (LL)			BATAS PLASTIS (PL)	
No.	JUMLAH PUKULAN	KADAR AIR	No.	KADAR AIR
1	58	39,74	1	16,67
2	47	38,56		
3	35	40,38		
4	28	40,70	2	27,86
5	22	41,57		
6	13	44,93		
		40,98	RATA-RATA	22,26
Batas Cair (LL)		Batas Plastis (PL)		Index Plastis
41,69		22,26		19,42



**LAMPIRAN G. TABEL PENGUJIAN
STANDART PROCTOR DAN TANAH
CAMPURAN**





Persiapan peralatan untuk pengujian pemadatan



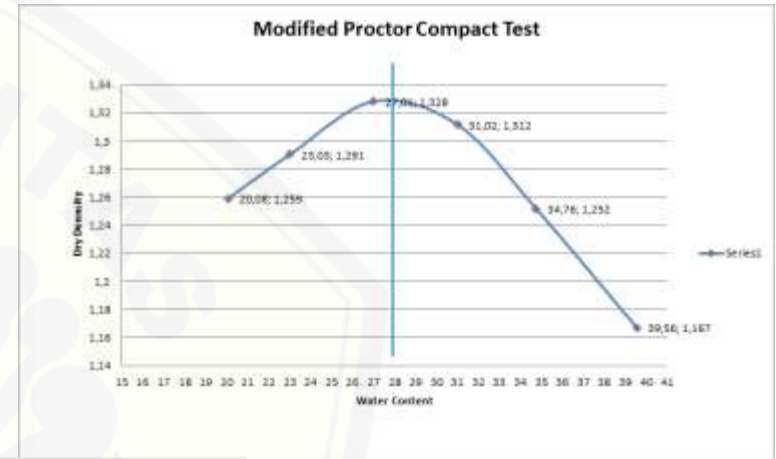
Proses Pemadatan

G.1 PENGUJIAN STANDART PROCTOR TANAH ASLI

- VOLUME = 856,5 d mold 9,87
 - BERAT = 1515 t mold 11,2
 - Gs = 2,38

DENSITY

Penambahan Air		200	300	400	500	600	700
Berat Mold + Tanah Padat	gr	5960	6025	6110	6137	6110	6060
Berat Mold	gr	4665	4665	4665	4665	4665	4665
Berat Tanah Padat	gr	1295	1360	1445	1472	1445	1395
Kadar Air	%	20,08	23,03	27,01	31,02	34,76	39,56
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1,512	1,588	1,687	1,719	1,687	1,629
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1,259	1,291	1,328	1,312	1,252	1,167
e %		0,8679	0,8224	0,7706	0,8786	0,8786	1,0153
n %		0,4646	0,4513	0,4352	0,4677	0,4677	0,5038
zero air Void	gr/cm ⁴	1,6110	1,5378	1,4492	1,3697	1,3029	1,2261



WATER CONTENT

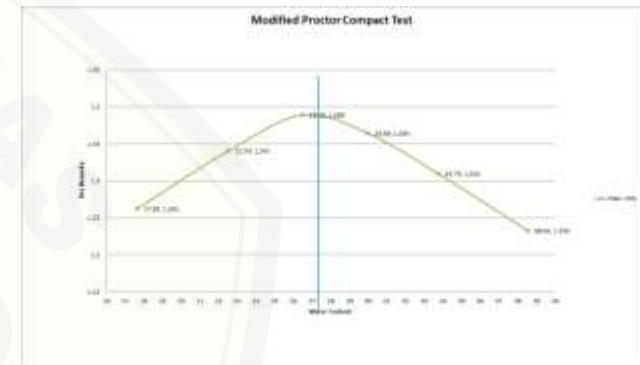
Penambahan Air	cc	200		300		400		500		600		700	
No. Contoh		2	A	D5	1SC2	E	3	W	O	W	O	PL	K3
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	31,66	44,11	45,07	37,14	35,27	31,79	32,42	34,486	36,06	38,66	47,14	47,38
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	27,83	38,22	39,09	31,79	29,73	26,77	25,92	27,88	27,59	29,91	36,32	36,27
Berat Air	gr	3,83	5,89	5,98	5,35	5,54	5,02	6,5	6,606	8,47	8,75	10,82	11,11
Berat Cawan	gr	8,99	8,51	12,73	8,91	8,87	8,49	5,62	5,87	3,97	3,91	8,77	8,39
Berat Kering	gr	18,84	29,71	26,36	22,88	20,86	18,28	20,3	22,01	23,62	26	27,55	27,88
Kadar Air	%	20,33	19,82	22,69	23,38	26,56	27,46	32,02	30,01	35,86	33,65	39,27	39,85
Rata-rata kadar air		20,08		23,03		27,01		31,02		34,76		39,56	

G.2 PENGUJIAN STANDART PROCTOR TANAH ASLI + PASIR 15%

- VOLUME = 919,1 d mold 10,012
 - BERAT = 1515 t mold 11,68
 - Gs = 2,41

DENSITY

Penambahan Air		150	300	450	600	750	900	
Berat Mold + Tanah Padat	gr	6055	6200	6305	6320	6300	6260	
Berat Mold	gr	4690	4690	4690	4690	4690	4690	
Berat Tanah Padat	gr	1365	1510	1615	1630	1610	1570	
Kadar Air	%	17,65	22,54	26,50	29,99	33,76	38,54	
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1,485	1,643	1,757	1,774	1,752	1,708	
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1,262	1,341	1,389	1,364	1,310	1,233	
e %		0,8856	0,7755	0,7136	0,8176	0,8176	0,9305	
n %		0,4697	0,4368	0,4164	0,4498	0,4498	0,4820	
zero air Void	gr/cm ⁴	1,6908	1,5616	1,4708	1,3989	1,3288	1,2495	



WATER CONTENT

Penambahan Air	cc	150		300		450		600		750		900	
No. Contoh		1	LL	4	3SC12	3	7	K3	2	1SC2	11	6	9
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	41,08	52,38	44,05	54,55	54,553	56,3	48,24	39,86	38,03	37,13	38,15	35,1
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	35,97	46,14	38,58	44,95	44,15	47,21	38,88	32,78	30,8	29,893	30,02	27,533
Berat Air	gr	5,11	6,24	5,47	9,6	10,403	9,09	9,36	7,08	7,23	7,237	8,13	7,567
Berat Cawan	gr	8,47	8,82	8,85	8,98	8,51	9,03	8,26	8,71	8,91	8,91	8,69	8,11
Berat Kering	gr	27,5	37,32	29,73	35,97	35,64	38,18	30,62	24,07	21,89	20,983	21,33	19,423
Kadar Air	%	18,58	16,72	18,40	26,69	29,19	23,81	30,57	29,41	33,03	34,49	38,12	38,96
Rata-rata kadar air		17,65		22,54		26,50		29,99		33,76		38,54	

G.3 PENGUJIAN STANDART PROCTOR TANAH ASLI + PASIR 20%

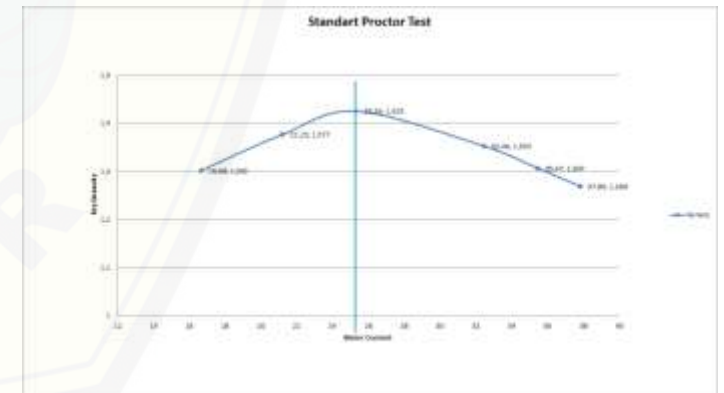
- VOLUME	=	934,8	d mold	10,145
- BERAT	=	4690	t mold	11,57
- Gs	=	2,45		

DENSITY

Penambahan Air		150	300	450	600	750	900
Berat Mold + Tanah Padat	gr	6110	6250	6360	6365	6345	6325
Berat Mold	gr	4690	4690	4690	4690	4690	4690
Berat Tanah Padat	gr	1420	1560	1670	1675	1655	1635
Kadar Air	%	16,68	21,23	25,34	32,46	35,47	37,85
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1,519	1,669	1,787	1,792	1,770	1,749
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1,302	1,377	1,425	1,353	1,307	1,269
e %		0,8587	0,7579	0,6978	0,8516	0,8516	0,9071
n %		0,4620	0,4311	0,4110	0,4599	0,4599	0,4756
zero air Void	gr/cm ⁴	1,7392	1,6117	1,5115	1,3646	1,3109	1,2712

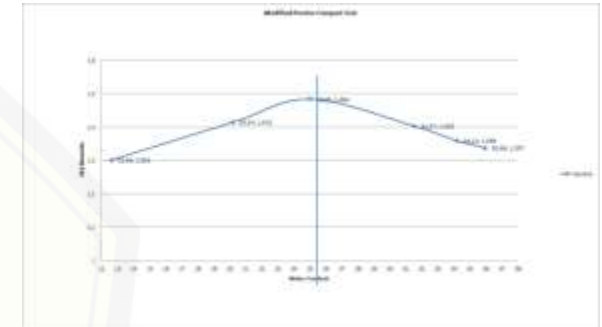
WATER CONTENT

Penambahan Air	cc						
No. Contoh		LL	3SC12	7	2	11	9
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	33,90	37,35	50,757	56	43,82	36,851
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	30,31	32,38	42,32	44,41	34,68	28,96
Berat Air	gr	3,585	4,968	8,437	11,59	9,14	7,891
Berat Cawan	gr	8,82	8,98	9,03	8,71	8,91	8,11
Berat Kering	gr	21,49	23,4	33,29	35,7	25,77	20,85
Kadar Air	%	16,68	21,23	25,34	32,46	35,47	37,85



G.4 PENGUJIAN STANDART PROCTOR TANAH ASLI + PASIR 25%

DENSITY								
Penambahan Air		150	300	450	600	750	900	
Berat Mold + Tanah Padat	gr	6055	6275	6420	6410	6390	6385	
Berat Mold	gr	4685	4685	4685	4685	4685	4685	
Berat Tanah Padat	gr	1370	1590	1735	1725	1705	1700	
Kadar Air	%	12,64	20,24	25,05	31,57	34,22	35,99	
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1,466	1,701	1,856	1,845	1,824	1,819	
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1,301	1,415	1,484	1,403	1,359	1,337	
e %		0,8826	0,7315	0,6503	0,8025	0,8025	0,8316	
n %		0,4688	0,4225	0,3941	0,4452	0,4452	0,4540	
zero air Void	gr/cm ⁴	1,8881	1,6513	1,5297	1,3909	1,3415	1,3105	



WATER CONTENT													
Penambahan Air	cc	150		300		450		600		750		900	
No. Contoh		2	A	D5	1SC2	E	3	W	O	W	O	PL	K3
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	24,57	16,45	43,95	34,62	39,01	32,84	43,53	44,63	48,9	44,32	50,73	53,2
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	22,52	15,02	37,79	29,24	32,415	27,02	33,99	35,34	37,45	34,047	39,63	41,338
Berat Air	gr	2,05	1,43	6,16	5,38	6,595	5,82	9,54	9,29	11,45	10,273	11,1	11,862
Berat Cawan	gr	5,7	4,1	5,73	3,93	5,82	4,02	3,93	5,76	4,01	4,01	8,77	8,39
Berat Kering	gr	16,82	10,92	32,06	25,31	26,595	23	30,06	29,58	33,44	30,037	30,86	32,948
Kadar Air	%	12,19	13,10	19,21	21,26	24,80	25,30	31,74	31,41	34,24	34,20	35,97	36,00
Rata-rata kadar air		12,64		20,24		25,05		31,57		34,22		35,99	

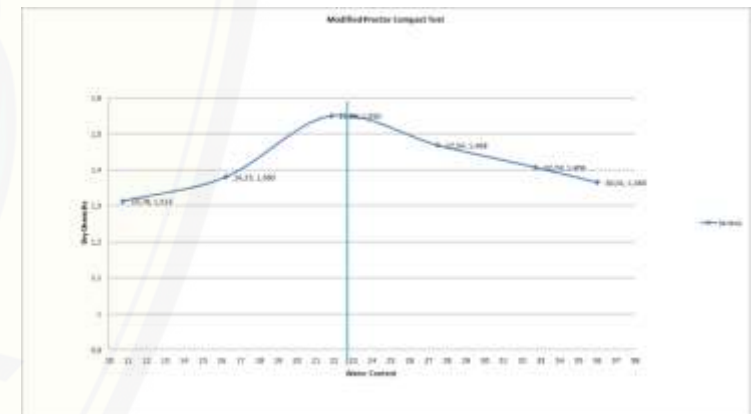
G.5 PENGUJIAN STANDART PROCTOR TANAH ASLI + PASIR 30%

DENSITY

Penambahan Air		150	300	450	600	750	900	
Berat Mold + Tanah Padat	gr	5975	6115	6380	6365	6360	6350	
Berat Mold	gr	4615	4615	4615	4615	4615	4615	
Berat Tanah Padat	gr	1360	1500	1765	1750	1745	1735	
Kadar Air	%	10,78	16,25	21,86	27,54	32,74	36,01	
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1,455	1,605	1,888	1,872	1,867	1,856	
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1,313	1,380	1,550	1,468	1,406	1,365	
e %		0,9131	0,8202	0,6215	0,7866	0,7866	0,8411	
n %		0,4773	0,4506	0,3833	0,4403	0,4403	0,4569	
zero air Void	gr/cm ⁴	1,9964	1,7998	1,6349	1,4959	1,3878	1,3277	

WATER CONTENT

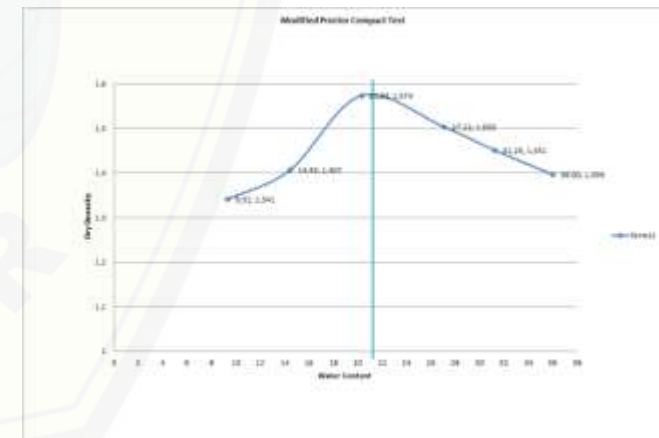
Penambahan Air	cc	150	300	450	600	750	900
No. Contoh							
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	44,88	38,59	47,61	51,83	38,71	32,846
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	41,39	34,41	40,59	42,58	31,31	26,53
Berat Air	gr	3,49	4,18	7,02	9,25	7,4	6,316
Berat Cawan	gr	9,01	8,69	8,47	8,99	8,71	8,99
Berat Kering	gr	32,38	25,72	32,12	33,59	22,6	17,54
Kadar Air	%	10,78	16,25	21,86	27,54	32,74	36,01



G.5 PENGUJIAN STANDART PROCTOR TANAH ASLI + PASIR 35%

DENSITY							
Penambahan Air		200	300	400	500	600	700
Berat Mold + Tanah Padat	gr	5985	6115	6370	6385	6380	6375
Berat Mold	gr	4665	4665	4665	4665	4665	4665
Berat Tanah Padat	gr	1320	1450	1705	1720	1715	1710
Kadar Air	%	9,31	14,45	20,30	27,12	31,25	36,00
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1,466	1,610	1,894	1,910	1,905	1,899
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1,341	1,407	1,574	1,503	1,451	1,396
e %		0,9222	0,8320	0,6377	0,7763	0,7763	0,8461
n %		0,4798	0,4542	0,3894	0,4370	0,4370	0,4583
zero air Void	gr/cm ⁴	2,0997	1,8954	1,7060	1,5283	1,4376	1,3456

WATER CONTENT							
Penambahan Air	cc	200	300	400	500	600	700
No. Contoh		2	D5	E	W	W	PL
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	36,28	32,38	22,85	42,48	28,16	43,18
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	33,91	29,41	20,43	35,18	23,58	34,05
Berat Air	gr	2,369	2,97	2,42	7,3	4,584	9,13
Berat Cawan	gr	8,47	8,85	8,51	8,26	8,91	8,69
Berat Kering	gr	25,44	20,56	11,92	26,92	14,67	25,36
Kadar Air	%	9,31	14,45	20,30	27,12	31,25	36,00
Rata-rata kadar air		9,31	14,45	20,30	27,12	31,25	36,00



**LAMPIRAN H. TABEL PENGUJIAN KUAT
PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF
DAN TANAH CAMPURAN**





Pembacaan dial konsolidasi



Pembacaan tinggi awal dan akhir deformasi benda uji

H.1 PENGUJIA PENGEMBANGAN TANAH ASLI

Beban	Dial	Waktu	Pembacaan Dial	Pembacaan Dial	Keterangan
415 gram	0,01	0	0	0	Swelling 1,150
		6"	5,1	0,051	
		15"	5,2	0,052	
		30"	5,2	0,052	
		1'	5,2	0,052	
		2'	5,2	0,052	
		4'	5,1	0,051	
		8'	4,1	0,041	
		15'	3,1	0,031	
		30'	1,2	0,012	
		1 Jam	-0,9	-0,009	
		2 Jam	-2,8	-0,028	
		4 Jam	-4,8	-0,048	
		8 Jam	-6,4	-0,064	
		24 Jam	-9,5	-0,095	
		48 Jam	-12,5	-0,125	
72 Jam	-16,1	-0,161			

H.2 PENGUJIAN PENGEMBANGAN TANAH ASLI + PASIR 15%

Beban	Dial	Waktu	Pembacaan Dial	Pembacaan Dial	Keterangan
415 gram	0,01	0	0	0	Swelling 0,800
		6"	25	0,25	
		15"	25,9	0,259	
		30"	26,5	0,265	
		1'	27	0,27	
		2'	27,1	0,271	
		4'	27,8	0,278	
		8'	28	0,28	
		15'	28	0,28	
		30'	28,8	0,288	
		1 Jam	28,9	0,289	
		2 Jam	31,5	0,315	
		4 Jam	31,2	0,312	
		8 Jam	23,8	0,238	
		24 Jam	18,3	0,183	
		48 Jam	14,9	0,149	
72 Jam	11,2	0,112			

H.3 PENGUJIAN PENGEMBANGAN TANAH ASLI + PASIR 20%

Beban	Dial	Waktu	Pembacaan Dial	Pembacaan Dial	Keterangan
415 gram	0,01	0	0	0	Swelling 0,714
		6"	25	0,25	
		15"	25,9	0,259	
		30"	26,5	0,265	
		1'	27	0,27	
		2'	26	0,26	
		4'	25,2	0,252	
		8'	23	0,23	
		15'	23	0,23	
		30'	22,2	0,222	
		1 Jam	21,9	0,219	
		2 Jam	20,5	0,205	
		4 Jam	19,4	0,194	
		8 Jam	16,8	0,168	
		24 Jam	15,3	0,153	
48 Jam	12,9	0,129			
72 Jam	10	0,1			

H.4 PENGUJIAN PENGEMBANGAN TANAH ASLI + PASIR 25%

Beban	Dial	Waktu	Pembacaan Dial	Pembacaan Dial	Keterangan
415 gram	0,01	0	0	0	Swelling 0,657
		6"	9	0,09	
		15"	10	0,1	
		30"	10,5	0,105	
		1'	11	0,11	
		2'	11,9	0,119	
		4'	12	0,12	
		8'	12,9	0,129	
		15'	12	0,12	
		30'	11,8	0,118	
		1 Jam	11	0,11	
		2 Jam	10,8	0,108	
		4 Jam	10,7	0,107	
		8 Jam	10,1	0,101	
		24 Jam	10	0,1	
48 Jam	9,8	0,098			
72 Jam	9,2	0,092			

H.5 PENGUJIAN PENGEMBANGAN TANAH ASLI + PASIR 30%

Beban	Dial	Waktu	Pembacaan Dial	Pembacaan Dial	Keterangan
415 gram	0,01	0	0	0	Swelling 0,293
		6"	3	0,03	
		15"	3,2	0,032	
		30"	3,3	0,033	
		1'	3,6	0,036	
		2'	4	0,04	
		4'	4,3	0,043	
		8'	4,2	0,042	
		15'	4,4	0,044	
		30'	5	0,05	
		1 Jam	5,6	0,056	
		2 Jam	6	0,06	
		4 Jam	7	0,07	
		8 Jam	6,8	0,068	
		24 Jam	5,4	0,054	
		48 Jam	4,3	0,043	
72 Jam	4,1	0,041			

H.5 PENGUJIAN PENGEMBANGAN TANAH ASLI + PASIR 35%

Beban	Dial	Waktu	Pembacaan Dial	Pembacaan Dial	Keterangan
415 gram	0,01	0	0	0	Swelling 0,214
		6"	3	0,03	
		15"	4,2	0,042	
		30"	4,3	0,043	
		1'	5,1	0,051	
		2'	6	0,06	
		4'	7	0,07	
		8'	7	0,07	
		15'	7,4	0,074	
		30'	7,2	0,072	
		1 Jam	7	0,07	
		2 Jam	6	0,06	
		4 Jam	5	0,05	
		8 Jam	4,8	0,048	
		24 Jam	4,4	0,044	
		48 Jam	3,3	0,033	
72 Jam	3	0,03			

H.6 PERHITUNGAN PENGEMBANGAN BERDASARKAN ANGKA PORI

Pasir	H_s	H_0	H_f	Angka Pori		Persen
	(cm)			eo	ef	Pengembangan (%)
	(1)			(cm)	(2)	(3)
0%	0,858	14,00	14,16	15,318	15,505	1,150
15%	0,861	14,00	14,11	15,259	15,389	0,800
20%	0,935	14,00	14,10	15,393	15,511	0,714
25%	1,032	14,00	14,09	15,393	15,501	0,657
30%	1,106	14,00	14,04	15,393	15,441	0,293
35%	1,132	14,00	14,03	15,393	15,429	0,214

$$(1) \quad v_s = \frac{M_d}{\gamma_s}$$

$$H_s = \frac{v_s}{A}$$

$$(2) \quad e_o = \frac{H_0 - H_s}{H_s}$$

$$(3) \quad e_f = \frac{H_f - H_s}{H_s}$$

$$(4) \quad \frac{\Delta h}{h_o} \times 100 = \frac{e_{se} - e_o}{1 + e_o} \times 100 = \left(\frac{\gamma_{ds}}{\gamma_{dse}} - 1 \right) 100$$

Lampiran Dokumentasi Lapangan



Pengambilan sampel tanah di dusun Jatiluhur, desa Glagah Agung, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi



