

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH GRADASI TANAH TERHADAP
ANGKA PORI DAN KERAPATAN RELATIF
PADA FREKUENSI HUJAN BERULANG
(STUDI LABORATORIUM DENGAN *RAINFALL SIMULATOR*)**



Oleh :

KASMAWATI
105 81 1673 12

NURHIKMAH
105 81 1678 12

**JURUSAN SIPIL PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019**

**ANALISIS PENGARUH GRADASI TANAH TERHADAP
ANGKA PORI DAN KERAPATAN RELATIF
PADA FREKUENSI HUJAN BERULANG
(STUDI LABORATORIUM DENGAN *RAINFALL SIMULATOR*)**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar*

Disusun Dan Disajikan Oleh :

**KASMAWATI
105 81 1673 12**

**NURHIKMAH
105 81 1678 12**

**JURUSAN SIPIL PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019**



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH GRADASI TANAH TERHADAP ANGKA PORI DAN KERAPATAN RELATIF PADA FREKUENSI HUJAN BERULANG (Studi Laboratorium Dengan *Rainfall Simulator*)**

Nama : KASMAWATI
NURHIKMAH

Stambuk : 105 81 1673 12
105 81 1678 12

Makassar, 12 Februari 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc

Pembimbing II

Mahmuddin, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT
NBM : 1183 084



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Kasmawati dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1673 12 dan Nurhikmah dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1678 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 09 Februari 2019

Makassar, 07 Jumadil Akhir 1440 H
12 Februari 2019 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM. :

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT. :

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Si :

b. Sekretaris : Muh. Syafaat S Kuba, ST., MT :


3. Anggota : 1. Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, MT :

2. Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT :

3. Dr. Ma'rupah, SP., MP :

Mengetahui :


Pembimbing I


Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc.

Pembimbing II


Mahmuddin, ST., MT.

Dekan


Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.
NBM : 855 500

**LAND GROUND GRADATION INFLUENCE ANALYSIS TO PORE
NUMBER AND CLOSENESS RELATIVE AT RECURRING RAIN
(Laboratory Study With Rainfall Simulator)**

Kasmawati¹⁾ dan Nurhikmah²⁾

¹⁾*Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, khasmalibra@gmail.com*

²⁾*Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, hnurrr21@gmail.com*

Abstrak

Analisis Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif pada Frekuensi Hujan Berulang (*Studi Laboratorium dengan Rainfall Simulator*) dibimbing oleh Darwis Panguriseng dan Mahmuddin. Bahwa Angka pori adalah perbandingan antara volume rongga dan volume butir. Kerapatan relatif merupakan kerapatan butiran tanah relatif terhadap kepadatan maksimum dan minimum hasil tes laboratorium. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif, dan untuk mengetahui hubungan curah hujan berulang terhadap angka pori dan kerapatan relatif dengan intensitas yang sama. Metode penelitian ini merupakan metode eksperimental laboratorium dengan menggunakan alat *rainfall simulator*. Tanah yang digunakan dalam jenis penelitian ini adalah tanah pasir, lanau dan lempung yang kemudian divariasikan. Selanjutnya diberikan hujan buatan dengan intensitas I₁₅, setiap intensitas digunakan frekuensi lima kali hujan dan setelah dilakukan penghujanan saat infiltrasi sudah berhenti dilakukan percobaan *sandcone test* untuk mengetahui angka pori tanah dan kerapatan relatif tanah. Hasil penelitian menunjukkan perubahan penurunan angka pori dan peningkatan kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan dikarenakan oleh pukulan air hujan yang semakin dihujani semakin besar pula pukulan air hujan yang terjadi terhadap tanah.

Kata kunci: Angka pori, Kerapatan relatif, curah hujan berulang.

Abstrack

Analysis Influence Gradation Land; Ground To Number Pore and Closeness Relative at Recuring Frequency Rain (Study Laboratory with Rainfall Simulator) guided by Darwis Panguriseng and Mahmuddin. That Number land; ground pore is comparison among/between cavity volume and item volume. Closeness relative land ground represent closeness of land ground item relative to maximum density and minimum result of laboratory tes. Target of research to know land ground gradation influence to pore number and closeness relative, and to know recuring rainfall relation/link to pore number and closeness relative with is same intensity. this Research method represent laboratory eksperimental method by using simulator rainfall appliance. used land ground in this research type is sand, clay and silt which later; then variation of. Is hereinafter given by rain made in with I15 intensity, each; every intensity used by frequency five times rain and after done/conducted by moment rain infiltrate have desisted to be conducted by attempt of sandcone test to know land ground pore number and closeness relative land ground. Result of research show change of degradation of pore number and improvement of closeness relative in each because of rain frequency by rainwater blow which is progressively rained ever greater also rainwater blow that happened to land ground.

Keywords: Number Pore, Closeness relative, recuring rainfall.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Proposal Ujian Komprehensif ini dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah: **“Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif Pada Frekuensi Hujan Berulang (Studi Laboratorium dengan *Rainfall Simulator*)”**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak masukan yang berguna dari berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu dengan segala ketulusan serta keikhlasan hati, kami mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya.

Tugas akhir ini dapat terwujud berkat Ayahanda dan ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa serta pengorbanannya dalam bentuk moril maupun materi dalam menyelesaikan kuliah kami.

Kepada Bapak **Hamzah Al Imran, ST., MT.** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Kepada Bapak **Andi Makbul**

Syamsuri, ST., MT. sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Serta Bapak **Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.sc** selaku pembimbing I dan Bapak **Mahmuddin, ST., MT.** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.

Tak lupa pula kami ucapkan terimakasih kepada rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Angkatan 2012 dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Pada akhir penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis meminta saran dan kritik sehingga laporan tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik dan menambah pengetahuan kami dalam menulis laporan selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan untuk pembaca pada umumnya.

Wassalamu `alaikum, Wr. Wb.

Makassar, Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Klasifikasi Tanah	4
1. Gradasi Tanah.....	6
2. Sistem Klasifikasi unified.....	7
3. Sistem Klasifikasi AASHTO	10
B. Pengertian Angka Pori dan Kerapatan Relatif	14
1. Angka pori	14
2. Kerapatan relatif	15

C. Faktor yang Mempengaruhi Angka Pori dan Kerapatan	
Relatif.....	16
1. Pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif.....	16
2. Formulasi perhitungan terhadap angka pori dan kerapatan relatif.....	17
D. Siklus Hidrologi	22
1. Elemen siklus hidrologi	25
2. Peranan air tanah dalam siklus hidrologi	26
E. Hubungan Curah Hujan dengan Angka Pori dan Kerapatan	
Relatif	27
1. Curah hujan berulang	27
2. Hubungan curah hujan dengan angka pori	27
3. Hubungan curah hujan dengan kerapatan relatif	28
F. Review Penelitian Terkait Sebelumnya	28
G. Kerangka Pikir	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian	31
1. Tempat	31
2. Waktul penelitian	31
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	31
1. Jenis Penelitian	31
2. Sumber Data	31

C. Rancangan Penelitian	32
1. Alat	32
2. Bahan	36
3. Prosedur dan Pelaksanaan Penelitian	37
4. Variabel Penelitian	41
D. Bagan dan Alur Penelitian	46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	47
1. Karakteristik Tanah	47
2. Angka Pori pada beberapa jenis tanah	54
3. Kerapatan Relatif pada beberapa jenis tanah	56
B. Pembahasan	57
1. Pengaruh Gradasi Tanah terhadap Angka Pori tanah	57
2. Pengaruh Gradasi Tanah terhadap Kerapatan Relatif tanah...	59
3. Hubungan curah hujan berulang terhadap Angka Pori tanah dan Kerapatan Relatif tanah.....	62

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	66
B. Saran	67

DAFTAR PUSTAKA	xv
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DOKUMENTASI

DAFTAR TABEL

Nomor	Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Sistem klasifikasi tanah <i>Unified</i>	8
Tabel 2.2	Sistem klasifikasi tanah <i>AASTHO</i>	11
Tabel 2.3	Perbandingan Sistem <i>Unified</i> Dengan Sistem <i>AASTHO</i>	13
Tabel 2.4	Perbandingan Sistem <i>AASTHO</i> Dengan Sistem <i>Unified</i>	14
Tabel 3.1	Gradasi Rencana.....	43
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Analisa Saringan (Pasir).....	47
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Analisa Saringan (Lanau).....	49
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Analisa Saringan (Lempung).....	51
Tabel 4.4	Hasil Klasifikasi AASHTO.....	54
Tabel 4.5	Hasil Angka Pori Pada Beberapa Jenis Tanah	55
Tabel 4.6	Hasil Kerapatan Relatif Pada Beberapa Jenis Tanah.....	56
Tabel 4.7	Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori.....	57
Tabel 4.8	Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Kerapatan Relatif.....	60
Tabel 4.9	Hubungan Curah Hujan Berulang Terhadap Angka Pori.....	62
Tabel 4.10	Hubungan Curah Hujan Berulang Terhadap Kerapatan Relatif	63

DAFTAR GAMBAR

Nomo Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Batas-batas Atterberg Untuk Sub Kelompok A-4, A-5, A-6, A-7	12
Gambar 2.2 Siklus Hidrologi Pendek.....	23
Gambar 2.3 Siklus Hidrologi Sedang.....	24
Gambar 2.4 Siklus Hidrologi Panjang	24
Gambar 2.5 Siklus Hidrologi Panjang	24
Gambar 2.6 Kerangka fikir penelitian.....	29
Gambar 3.1 Tampak Depan Alat Simulasi Hujan (<i>rainfall simulator</i>).....	33
Gambar 3.2 Tampak Samping Kiri Alat Simulasi Hujan (<i>rainfall simulator</i>) ..	34
Gambar 3.3 Media Uji Tangkapan Air Hujan.....	35
Gambar 3.4 Satu Set Alat Uji Angka Pori dan Kerapatan Relatif	35
Gambar 3.5 Skema Hubungan Variabel Penelitian.....	42
Gambar 3.6 Grafik gradasi tanah	44
Gambar 3.7 Bagan Dan Alur Penelitian.....	46
Gambar 4.1 Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan dan Hidrometer (Pasir)	48
Gambar 4.2 Distribusi Butir Analisa Saringan dan Hidrometer (Lanau).....	50
Gambar 4.3 Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan dan Hidrometer (Lempung)	52
Gambar 4.4 Hubungan Antara Angka Pori Pada Beberapa Jenis Tanah	55
Gambar 4.5 Hubungan Antara Kerapatan Relatif Pada Beberapa Jenis Tanah .	56
Gambar 4.6 Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori	58
Gambar 4.7 Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Kerapatan Relatif	60
Gambar 4.8 Pengaruh Frekuensi Curah Hujan Berulang Terhadap Angka Pori	62

Gambar 4.9 Pengaruh Frekuensi Curah Hujan Berulang Terhadap Kerapatan Relatif

..... 64

DAFTAR NOTASI

e	= Angka pori tanah
n	= Frekuensi hujan berulang
D_r	= Kerapatan relatif tanah
t	= Durasi waktu hujan
γ_d Lap	= Berat isi kering lapangan
γ_d Lab	= Berat isi kering laboratorium
Vol padat	= Volume tanah padat
A	= Luas tangki uji pada alat <i>rainfall simulator</i>
t	= Tinggi sampel yang direncanakan
V_v	= Volume rongga
V_s	= Volume butiran
PL	= Batas plastis
LL	= Batas cair
IP	= Indeks plastis
ST.1	= Sampel tanah pertama
ST.2	= Sampel tanah kedua
ST.3	= Sampel tanah ketiga
e_0	= Angka pori tanah lapangan
e_1	= Angka pori tanah pada frekuensi hujan pertama
e_2	= Angka pori tanah pada frekuensi hujan kedua
e_3	= Angka pori tanah pada frekuensi hujan ketiga
e_4	= Angka pori tanah pada frekuensi hujan keempat

e_5	= Angka pori tanah pada frekuensi hujan kelima
Dr_0	= Kerapatan relatif tanah lapangan
Dr_1	= Kerapatan relatif tanah pada frekuensi hujan pertama
Dr_2	= Kerapatan relatif tanah pada frekuensi hujan kedua
Dr_3	= Kerapatan relatif tanah pada frekuensi hujan ketiga
Dr_4	= Kerapatan relatif tanah pada frekuensi hujan keempat
Dr_5	= Kerapatan relatif tanah pada frekuensi hujan kelima
n	= Curah hujan berulang
F_1	= Frekuensi hujan pertama
F_2	= Frekuensi hujan kedua
F_3	= Frekuensi hujan ketiga
F_4	= Frekuensi hujan keempat
F_5	= Frekuensi hujan kelima
G	= Konstanta log person III berdasarkan koefisien kepenenangan, besarnya yang telah disajikan
I_{15}	= Intensitas curah hujan periode 15 tahun
I	= Intensitas curah hujan (mm/jam)
$\text{Log } X_i$	= Logaritma curah hujan tahun ke 1
$\text{Log } X$	= Logaritma curah hujan rancangan pada periode tertentu
$\text{Log } X_r$	= Logaritma curah hujan harian maksimum rata-rata
n	= Jumlah data
L	= Ketinggian tabung dalam tanah (cm)
LL	= Batas cair

PL	= Batas plastis
PI	= Indeks plastisnya
R_{24}	= Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
S	= Standar deviasi
S_x	= Simpangan baku
t	= Waktu tempuh fluida sepanjang L (detik)
t_f	= Waktu final genangan
v	= Kecepatan aliran (m/s atau cm/s)
X	= Curah hujan rancangan pada periode tertentu

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya.

Gradasi agregat akan mempengaruhi luas permukaan agregat yang sekaligus akan mempengaruhi jumlah pasta/air yang lebih sedikit karena luas permukaan kecil. Apabila ditinjau dari volume pori (ruang kosong) antara agregat, maka butir yang bervariasi akan mengakibatkan volume pori lebih kecil dengan kata lain kemampuan menjadi tinggi. Hal ini berbeda dengan ukuran agregat yang seragam yang akan mempunyai volume ruang kosong yang lebih besar.

Tingkat frekuensi hujan sangat berpengaruh terhadap angka pori dan kerapatan relatif, karena semakin besar intensitas curah hujan maka pori-pori tanah semakin kecil dan tanah semakin rapat. Jika hal tersebut terjadi, disamping tanah akan jenuh, pori tanah juga akan mengecil, akibatnya air hujan yang turun ke bumi tidak lagi masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) melainkan hanya menjadi aliran permukaan yang pada akhirnya kembali ke laut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka kami akan melakukan suatu penelitian mengenai pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada frekuensi hujan berulang yang menggunakan alat simulasi hujan (*Rainfall*

Simulator). Dan selanjutnya kami tuangkan dalam sebuah karya tulis sebagai tugas akhir dengan judul “**Analisis Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif Pada Frekuensi Hujan Berulang (Studi Laboratorium dengan *Rainfall Simulator*)**”

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan suatu masalah yaitu :

1. Bagaimana pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif ?
2. Bagaimana hubungan antara curah hujan berulang terhadap angka pori dan kerapatan relatif ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka, tujuan yang ingin di capai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif !
2. Untuk mengetahui hubungan antara curah hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif !

D. Manfaat Penelitian

Sebagaimana hakikat dari suatu penelitian yang senantiasa diharapkan dapat memberikan kegunaan atau manfaat, baik secara langsung maupun tidak langsung, maka penelitian ini juga diharapkan dapat memberi manfaat, sebagai berikut :

1. Dapat memberikan gambaran tentang pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif dengan frekuensi hujan berulang yang menggunakan alat simulasi hujan (*rainfall simulator*)
2. Dapat menjadi acuan pengembangan penelitian mengenai gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada frekuensi hujan berulang yang menggunakan alat simulasi hujan (*rainfall simulator*)

E. Batasan Masalah

Agar tujuan penulisan ini mencapai sasaran yang diinginkan dan lebih terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat model simulasi hujan (*Rainfall simulator*).
3. Jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah pasir, lanau dan lempung.
4. Klasifikasi jenis dan sifat tanah dilakukan dengan uji laboratorium pada laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2012).

Definisi Tanah secara umum yaitu kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya material organik), rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994).

Menurut (Craig, 1991), tanah adalah akumulasi mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

Menurut (Das, 1995), tanah adalah sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain, dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksidasi-oksidasi yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun

kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbon dioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempat, disebut tanah terangkut (*transported soil*) (Hardiyatmo, 2012)

Tanah merupakan benda yang tidak homogen, sangat bervariasi baik secara fisik : warna, tekstur, maupun secara kimia atau kandungan mineralnya. Untuk membedakan tanah berdasarkan sifat-sifatnya disebut mengklasifikasikan tanah. Klasifikasi tanah dapat dibedakan menjadi klasifikasi alami dan klasifikasi teknis (Hardjowigeno, 1987).

Pada klasifikasi tanah sering digunakan jenis pengujian yang sederhana, untuk memperoleh parameter tanah. Parameter tanah digunakan untuk menentukan kelompok/klasifikasi tanah yang diuji/digunakan. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel tanah yang dapat diperoleh dari analisis saringan dan analisis hidrometer (uji gradasi tanah).

Ada beberapa sistem yang dapat digunakan dalam sistem klasifikasi tanah, antara lain : ***Unified Soil Classification System*** dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), batas susut (*shrinkage limit*), indeks

plastisitas (*plasticity index*), dan indeks cair (*liquid index*). Klasifikasi tanah dari Sistem *Unified* yang pertama diusulkan oleh Casagrande (1942).

1. Gradasi Tanah

Gradasi Tanah disebut dengan gradasi agregat di mana gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butiran agregat. Dapat juga disebut pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai presentase dari total agregat, atau presentase kumulatif butiran yang lebih kecil, atau lebih besar dari masing–masing seri bukan saringan (Fakhli, 2014)

Gradasi agregat akan mempengaruhi luas permukaan tanah yang sekaligus akan mempengaruhi jumlah pasta/air yang lebih kecil. Apabila ditinjau dari volume pori (ruang kosong) antara butiran, maka tanah dengan butiran agregat yang bervariasi akan mengakibatkan volume pori lebih kecil dengan kata lain kemampuan menjadi tinggi. Hal ini berbeda dengan ukuran agregat yang seragam yang akan mempunyai volume ruang kosong yang lebih besar (Fakhli, 2014)

Dalam butiran tanah ada beberapa macam gradasi agregat yaitu:

a. Gradasi seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran butir yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga dengan gradasi terbuka (*open graded*), karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat.

b. Gradasi rapat (*Dense Graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering disebut dengan gradasi menerus, atau gradasi baik (*well graded*).

c. Gradasi senjang (*Gap Graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap, atau terdapat fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.

2. Sistem klasifikasi *Unified*

Pada Sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan no.200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan no.200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam jumlah kelompok dan sub kelompok yang dapat dilihat dalam tabel 2.1 sistem klasifikasi tanah *unified* berikut:

Simbol-simbol yang digunakan dalam sistem klasifikasi *Unified*, sebagai berikut:

G = kerikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

C = lempung (*clay*)

M = lanau (*silt*)

O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)

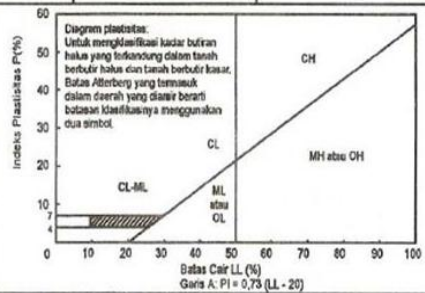
W = gradasi baik (*well-graded*)

P = gradasi buruk (*poorly-graded*)

H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Tabel 2.1 Sistem klasifikasi tanah *Unified*

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis		
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan 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	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus		
	Pasir lebih dari 50% pasir kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung		
		Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.		
Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol			
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung				
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti bobolan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 		
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (lean clays)			
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.			
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	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 kadar organik tinggi	P_t	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi.	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2012

Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah Sistem *Unified* adalah sebagai berikut:

1. Tentukan apakah tanah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan nomer 200.
2. Jika tanah berupa butiran kasar:
 - a. Saring tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.

- b. Tentukan persen butiran lolos saringan no.4. Bila persentase butiran yang lolos kurang dari 50%, klasifikasikan tanah tersebut sebagai kerikil. Bila persen butiran yang lolos lebih dari 50%, klasifikasikan sebagai pasir.
 - c. Tentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200. Jika persentase butiran yang lolos kurang dari 5%, pertimbangkan bentuk grafik distribusi butiran dengan menghitung C_u dan C_c . Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai GW (bila kerikil) atau SW (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila kerikil) atau SP (bila pasir). Jika persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 diantar 5 samapai 12%, tanah akan mempunyai simbol dobel dan mempunyai sifat keplastisan ($GW-GM$, $SW-SM$, dan sebagainya).
 - d. Jika persentase butiran yang lolos saringan no.200 lebih besar 12%, harus dilakukan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no.40. kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas, ditentukan klasifikasinya (GM , GC , SM , SC , $GM-GC$ atau $SM-SC$).
3. Jika tanah berbutir halus:
- a. Kerjakan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no.40. Jika batas cair lebih dari 50, klasifikasikan sebagai H (plastisitas rendah).
 - b. Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas dibawah garis A , tentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH).

- c. Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas dibawah garis A dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau, atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
- d. Jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50, gunakan simbol dobel.

3. Sistem klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*.

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok (tabel 2). Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat dalam tabel 2.2 Sistem klasifikasi AASHTO .

Indeks kelompok (*group index*) (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Dalam buku Mekanika Tanah 1, Edisi-6, Hary Christady Hardiyatmo, indeks kelompok sistem klasifikasi AASHTO dihitung dengan persamaan, sebagai berikut:

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

GI = Indeks kelompok (*group index*)

F = persen (%) butiran lolos saringan no.200 (0,075 mm)

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

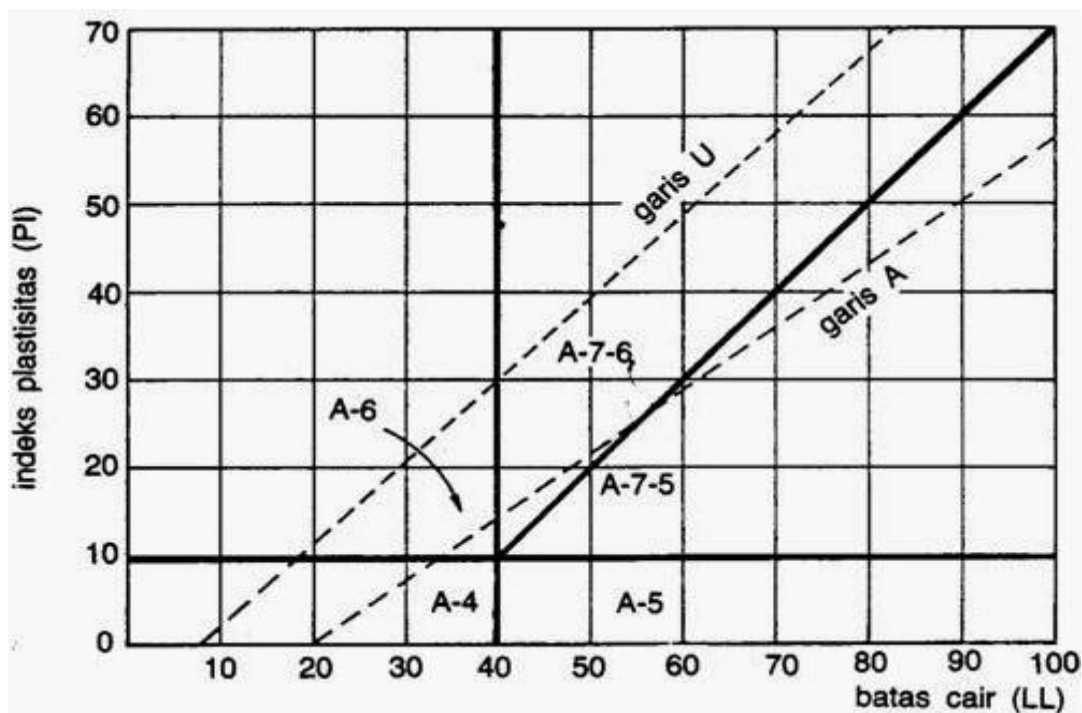
Klasifikasi Umum	Material Berbutir Kasar (35% atau kurang lolos saringan No. 200)							Material Lanau -Lempung (lebih dari 35% lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Klasifikasi Group	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa Tapis; persen lolos:											
No. 10	50 max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 40	30 max	50 max	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Karakteristik fraksi lolos saringan No. 40:											
Batas Cair	-		40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Indeks Plastisitas	6 max		N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min*
Jenis Material Pokok	Fragmen batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan Pasir Kelanauan atau kelempungan				Tanah lanau		Tanah lempung	
Tingkat Kegunaan sebagai Subgrade	Sangat baik hingga baik							Cukup baik hingga buruk			

* Indeks Plastisitas untuk sub group A-7-5 sama dengan atau kurang dari batas cair dikurang 30. Indeks Plastisitas untuk sub group A-7-6 lebih besar dari batas cair dikurang 30.

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2012

Bila nilai indeks kelompok (GI) semakin tinggi, maka ketepatan dalam penggunaan tanahnya semakin berkurang. Tanah granuler diklasifikasikan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan nomor 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai

A-7, yaitu tanah lempung-lanau. Perbedaan keduanya didasarkan pada batas-batas Atterberg. Gambar berikut dapat digunakan untuk memperoleh batas-batas antara batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk kelompok A-4 sampai A-7 dan untuk sub-kelompok dalam A-2.



Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2012

Gambar 2.1 Grafik batas-batas Atterberg untuk sub-kelompok A-4 sampai A-7.

Pada grafik diatas bisa dilihat, garis A dari Casagrande dan garis U digambarkan bersama-sama. Tanah organik tinggi seperti tanah gambut (*peat*) diletakkan dalam kelompok A-8.

Hubungan antara sistem klasifikasi *Unified* dan AASHTO ditinjau dari kemungkinan-kemungkinan kelompoknya dapat dilihat pada tabel 2.3 Perbandingan sistem *Unified* dengan system AASHTO berikut:

Tabel 2.3 Perbandingan sistem *Unified* dengan sistem *AASHTO*

Kelompok tanah Sistem <i>Unified</i>	Kelompok tanah yang sebanding dengan sistem <i>AASHTO</i>		
	Sangat Mungkin	Mungkin	Kemungkinan Kecil
GW	A-1-a	-	A-2-4,A-2-5 A-2-6,A-2-7
GP	A-1-a	A-1-b	A-3,A-2-4, A-2-5,A-2-6 A-2-7
GM	A-1-b,A-2-4 A-2-5, A-2-7	A-2-6	A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
GC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6	A-4,A-7-6 A-7-5
SW	A-1-b	A-1-a	A-3, A-2-4 A-2-5, A-2-6, A-2-7
SP	A-3, A-1-b	A-1-a	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SM	A-1-b, A-2-4 A-2-5, A-2-7	A-2-6,A-4 A-5	A-6,A-7-6 A-7-6, A-1-a
SC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6 A-4, A-7-6	A-7-5
ML	A-4, A-5	A-6, A-7-5	-
CL	A-6, A-7-6	A-4	-
OL	A-4, A-5	A-6, A-7-5 A-7-6	-
MH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
CH	A-7-6	A-7-5	-
OH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
Pt	-	-	-

Sumber : *Hary Christady Hardiyatmo, 2012*

Tabel 2.4. Perbandingan sistem AASHTO dengan sistem Unified

Kelompok tanah <i>AASHTO</i>	Kelompok Tanah Yang Sebanding Dalam Sistem <i>Unified</i>		
	Sangat mungkin	Mungkin	Kemungkinan Kecil
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SW, SP, GM, SM	GP	-
A-3	SP	-	SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	-	GW, GP, SW, SP
A-2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	-	GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OOH, MH, ML, OL	-	SM, GM
A-6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 2012

B. Pengertian Angka Pori dan Kerapatan Relatif

1. Angka pori

Angka pori (e) adalah perbandingan volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), biasanya dinyatakan dalam persen atau desimal (Hary Cristady Hardiyatmo, 2012).

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

keterangan : e = Angka pori

V_V = Volume rongga

V_s = Volume butiran

2. Kerapatan relatif/*Relative Density* (D_r)

Kerapatan relatif adalah kerapatan butiran tanah relatif terhadap kepadatan maksimum dan minimum hasil tes laboratorium (Linderburg, 1999, dalam buku Robert J Kodoatie dan Roestam Sjarief, 2010).

Dalam buku Robert J Kodoatie dan Roestam Sjarief (2010) yang mengutip pendapat Wesley (1973), istilah kerapatan relatif ada tiga, yaitu:

- a. Lepas (*loose*) $D_r = 0 - 0,33$
- b. Sedang (*medium*) $D_r = 0,33 - 0,67$
- c. Padat (*dense*) $D_r = 0,67 - 1$

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Cristady Hardiyatmo, 2012), Kerapatan relatif (D_r) umumnya dipakai untuk menunjukkan tingkat kerapatan tanah granuler (berbutir kasar) di lapangan. Kerapatan relatif dinyatakan dalam persamaan:

$$D_r = \frac{e_{\text{mak}} - e}{e_{\text{mak}} - e_{\text{min}}}$$

dengan,

e_{mak} = kemungkinan angka pori maksimum.

e_{min} = kemungkinan angka pori minimum.

e = angka pori pada kondisi tertentu di lapangan.

C. Faktor yang Mempengaruhi Angka Pori dan Kerapatan Relatif

1. Pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif

a. Angka Pori

Gradasi tanah dapat mempengaruhi secara langsung angka pori tanah, karena apabila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit dengan kata lain kemampatannya tinggi. (Umy, 2015)

b. Kerapatan Relatif

Gradasi tanah dapat mempengaruhi kerapatan relatif, karena pada umumnya kerapatan relatif (D_r) dipakai untuk menunjukkan tingkat kerapatan tanah granuler (berbutir kasar). (Braja M. Das, 1995)

Dalam buku mekanika tanah jilid 1, (Braja M. Das, 1995), merumuskan kerapatan relatif (D_r), sebagai berikut:

$$D_r = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}}$$

Keterangan:

D_r = kerapatan relatif.

e = angka pori tanah alami.

e_{maks} = angka pori tanah dalam keadaan lepas.

e_{min} = angka pori tanah dalam keadaan paling padat.

2. Formulasi perhitungan angka pori dan karapatan relatif

a. Formulasi perhitungan angka pori

Dalam buku mekanika tanah–jilid 1, (Braja M. Das, 1995), merumuskan formulasi untuk angka pori (e), sebagai berikut:

$$e = \frac{V_V}{V_S} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

e = angka pori.

V_V = volume rongga.

V_S = volume butiran.

b. Formulasi perhitungan angka pori dengan porositas

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012), merumuskan formulasi untuk angka pori (e) dengan porositas (n), sebagai berikut:

$$n = \frac{e}{1+e} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

n = porositas

e = angka pori

c. Formulasi perhitungan kerapatan relatif

Istilah kerapatan relatif (*relative density*) umumnya dipakai untuk menunjukkan tingkat kerapatan dari tanah berbutir (*granular soil*) di lapangan.

Dalam buku mekanika tanah-jilid 1, (Braja M. Das, 1995),
merumuskan formulasi untuk kerapatan relatif (D_r), sebagai berikut:

$$D_r = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

D_r = kerapatan relatif.

e = angka pori tanah alami.

e_{maks} = angka pori tanah dalam keadaan lepas.

e_{min} = angka pori tanah dalam keadaan paling padat.

d. Formulasi perhitungan volume rongga (V_v)

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012),
merumuskan formulasi untuk volume pori (V_v), sebagai berikut:

$$V_v = V - V_s \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

V_v = volume rongga.

V = volume total tanah.

V_s = volume butiran.

e. Formulasi perhitungan volume total tanah (V)

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012),
merumuskan formulasi untuk volume total tanah (V), sebagai berikut:

$$V = V_s + V_w + V_a \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

V = volume total tanah.

V_s = volume butiran.

V_w = volume air.

V_a = volume udara.

f. Formulasi perhitungan volume tanah kering (V_s)

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012), merumuskan formulasi untuk volume tanah kering (V_s), sebagai berikut:

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

V_s = volume butiran.

W_s = berat tanah kering.

G_s = berat spesifik atau berat jenis.

γ_w = berat volume air (1 g/cm³).

g. Formulasi perhitungan berat tanah kering (W_s)

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012), merumuskan formulasi untuk berat tanah kering (W_s), sebagai berikut:

$$W_s = V_s \times G_s \times \gamma_w \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

W_s = berat tanah kering.

V_s = volume butiran.

G_s = berat spesifik atau berat jenis tanah.

γ_w = berat volume air (1 g/cm³).

h. Formulasi berat jenis tanah (G_s)

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012), merumuskan formulasi untuk berat jenis tanah (G_s), sebagai berikut:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

G_s = berat spesifik atau berat jenis tanah.

γ_s = berat volume tanah kering.

γ_w = berat volume air (1 g/cm³).

i. Formulasi perhitungan berat volume tanah kering (γ_s)

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2102), merumuskan formulasi untuk berat volume tanah kering (γ_s), sebagai berikut:

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

γ_s = berat volume tanah kering.

W_s = berat tanah kering.

V_s = volume butiran.

j. Formulasi perhitungan angka pori minimum (e_{min})

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012), merumuskan formulasi untuk angka pori minimum (e_{min}), sebagai berikut:

$$e_{min} = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{d maks}} - 1 \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

e_{min} = angka pori tanah dalam keadaan paling padat.

G_s = berat spesifik atau berat jenis tanah.

γ_w = berat volume air (1 g/cm³).

$\gamma_{d maks}$ = berat volume tanah kering dalam keadaan padat.

k. Formulasi perhitungan berat volume tanah kering maksimum ($\gamma_{d maks}$)

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012), merumuskan formulasi untuk berat volume tanah kering maksimum ($\gamma_{d maks}$), sebagai berikut:

$$\gamma_{d maks} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e_{min}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

$\gamma_{d maks}$ = berat volume tanah kering dalam keadaan padat.

G_s = berat spesifik atau berat jenis tanah.

γ_w = berat volume air (1 g/cm³).

e_{min} = angka pori tanah dalam keadaan paling padat.

l. Formulasi perhitungan angka pori maksimum (e_{maks})

Dalam buku mekanika tanah 1, (Hary Christady Hardiyatmo, 2012), merumuskan formulasi untuk angka pori maksimum (e_{maks}), sebagai berikut:

$$e_{maks} = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{d min}} - 1 \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

e_{maks} = angka pori tanah dalam keadaan paling lepas.

G_s = berat spesifik atau berat jenis tanah.

γ_w = berat volume air (1 g/cm³).

$\gamma_{d\ min}$ = berat volume tanah kering dalam keadaan lepas

m. Formulasi perhitungan berat volume tanah kering minimum ($\gamma_{d\ min}$)

Dalam buku mekanika tanah–jilid 1, (Braja M. Das, 1995), merumuskan formulasi untuk berat volume tanah kering minimum ($\gamma_{d\ min}$), sebagai berikut:

$$\gamma_{d\ min} = \frac{W_s}{V_m} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

$\gamma_{d\ min}$ = berat volume tanah kering dalam keadaan lepas.

W_s = berat pasir yang digunakan untuk mengisi cetakan.

V_m = volume cetakan (0,1ft³).

D. Siklus Hidrologi

Siklus Hidrologi adalah sirkulasi air yang secara terus menerus dari bumi ke atmosfer dan kembali ke bumi melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi (Tedy Mulyadi, 2015). Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, hujan batu, hujan es dan salju (*sleet*), hujan gerimis atau kabut. Pada perjalanan menuju bumi butir-butir air dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh, yang kemudian diserap oleh tanaman sebelum mencapai tanah.

Setelah air mencapai tanah (Tedy Mulyadi, 2015), siklus hidrologi bergerak secara terus menerus dalam tiga cara yang berbeda yaitu:

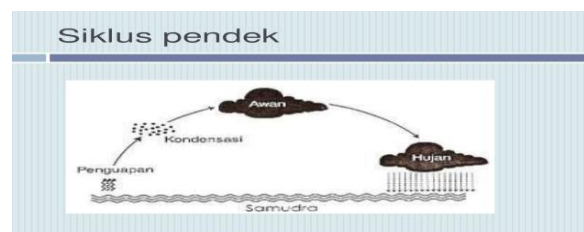
- a. Evaporasi/Transpirasi: Air yang berada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dsb. Kemudian akan menguap ke angkasa (*atmosfer*) dan kemudian akan

menjadi awan. Dalam keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (*pricipitacion*) dalam bentuk hujan, salju dan es.

- b. Infiltrasi/Perkolasi ke dalam tanah: Air yang bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah, pori-pori tanah dan batuan yang menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat dari aksi kapiler, atau air dapat bergerak secara vertikal, atau horizontal dibawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.
- c. Air Permukaan: Air yang mengalir di permukaan tanah seperti (Sungai, banjir dan larian hujan) maupun yang tergenang seperti (danau, dsb). Aliran tersebut akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut. Proses aliran sungai tersebut tercakup dalam satu satuan wilayah yang terbentuk akibat struktur morfologisnya yang disebut dengan DAS (Daerah Aliran Sungai). (Tedy Mulyadi, 2015)

Siklus hidrologi dibedakan ke dalam tiga jenis (Teguh, 2016) yaitu :

1. Siklus Pendek: Air laut menguap kemudian melalui proses kondensasi berubah menjadi butir-butir air yang membentuk awan dan kemudian hujan langsung jatuh ke laut dan akan kembali berulang.



Sumber : <http://www.ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian proses.html>

Gambar 2.2 Siklus Hidrologi Pendek

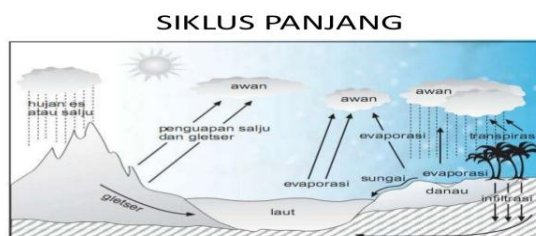
2. Siklus Sedang: Air laut menguap lalu dibawa oleh angin menuju daratan dan melalui proses kondensasi berubah menjadi awan, lalu jatuh sebagai hujan di daratan dan kemudian meresap kedalam tanah, lalu kembali ke laut melalui sungai-sungai atau saluran-saluran air.



Sumber : <http://www.ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian-proses.html>

Gambar 2.3 Siklus Hidrologi Sedang

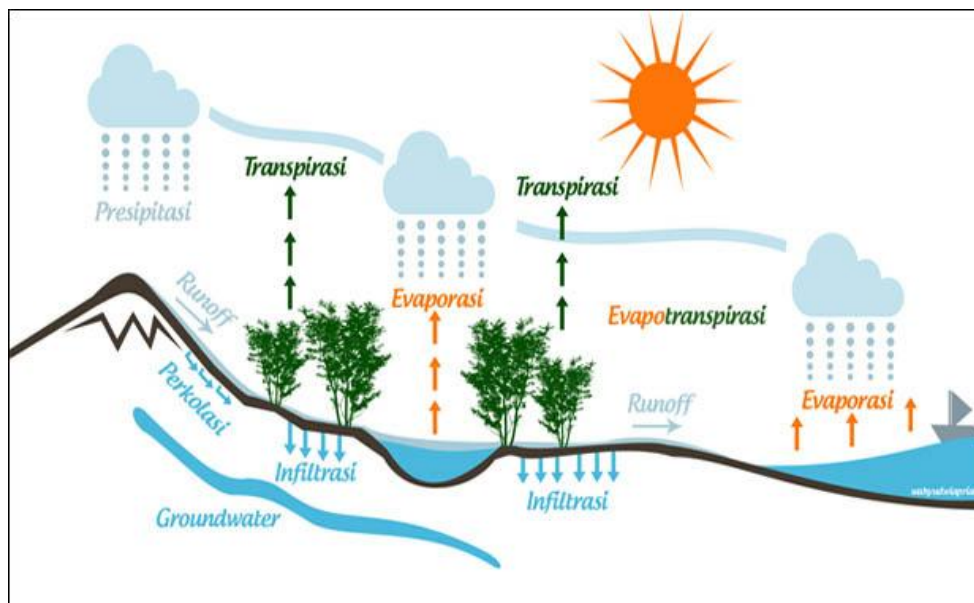
3. Siklus Panjang: Air laut menguap, setelah menjadi awan melalui proses kondensasi, lalu terbawa oleh angin ke tempat yang lebih tinggi di daratan dan terjadilah hujan salju atau es di pegunungan-pegunungan yang tinggi. Bongkahan es yang mengendap di puncak gunung dan gaya beratnya meluncur ke tempat yang lebih rendah, lalu mencair berbentuk gletser, kemudian mengalir melalui sungai-sungai dan kembali ke laut.



Sumber : <http://www.ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian-proses.html>

Gambar 2.4 Siklus Hidrologi Panjang

1. Elemen siklus hidrologi



Sumber: <http://www.ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian-proses.html>

Gambar 2.5 Siklus Hidrologi

Elemen siklus hidrologi dibagi kedalam beberapa kategori (Teguh, 2016)

yaitu:

- a. **Evaporasi** : Penguapan air yang ada di permukaan bumi. Air yang tertampung di badan air seperti danau, sungai, laut, sawah dan bendungan berubah menjadi uap air karena adanya panas matahari.
- b. **Transpirasi** : Penguapan air yang terkandung di dalam tubuh hewan dan tumbuhan.
- c. **Evapotranspirasi**: Penguapan air yang terjadi di seluruh permukaan bumi, baik yang terjadi pada air dan tanah, maupun makhluk hidup.
- d. **Kondensasi** : Penguapan air melalui proses evaporasi, transpirasi, evapotranspirasi, dan sublimasi naik hingga mencapai titik ketinggian

tertentu. Uap air yang keluar akan berubah menjadi partikel-partikel es berukuran kecil melalui proses kondensasi.

- e. Sublimasi : Proses perubahan es di kutub atau di puncak gunung menjadi uap air tanpa melalui fase cair terlebih dahulu.
- f. Adveksi : Proses perpindahan awan dari satu titik ke titik yang lain akibat arus angin atau perbedaan tekanan udara.
- g. Prestisipasi : Proses mencairnya awan akibat pengaruh suhu udara yang tinggi.
- h. Infiltrasi : Proses meresapnya air dari permukaan tanah melalui pori-pori tanah.
- i. *Run off* : Proses pergerakan air melalui saluran-saluran seperti saluran got, sungai, danau, muara dan laut.

2. Peranan air tanah dalam siklus hidrologi

Air Tanah berperan dalam proses infiltrasi, dimana infiltrasi adalah proses meresapnya air dari permukaan tanah melalui pori-pori tanah. Dari siklus hidrologi, jelas bahwa air hujan yang jatuh di permukaan tanah sebagian akan meresap ke dalam tanah, sebagian akan mengisi cekungan permukaan dan sisanya merupakan *overland flow*. Sedangkan yang dimaksud dengan daya infiltrasi (F_p) adalah laju infiltrasi maksimum yang dimungkinkan, ditentukan oleh kondisi permukaan termasuk lapisan atas dari tanah. (Refdanil, 2012).

E. Hubungan Curah Hujan dengan Angka Pori dan Kerapatan Relatif

1. Curah hujan berulang

Hujan adalah sebuah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh permukaan tanah atau laut. Hujan biasanya terjadi karena pendinginan udara atau penambahan uap air ke udara. Turunnya hujan biasanya tidak lepas dari pengaruh kelembaban udara yang memacu jumlah-jumlah titik air yang terdapat pada udara. (Wibowo. H, 2008)

Periode ulang adalah terminologi yang sering digunakan dalam bidang sumber daya air, yang kadang di pahami berbeda oleh segala pihak. Definisi fundamental dari hidrologi statistic mengenai “periode ulang” (Haan, 1977): “periode ulang adalah rerata selang waktu terjadinya suatu kejadian dengan suatu besaran tertentu atau lebih besar”.

Hujan berulang adalah hujan yang terjadi berulang ulang dengan intensitas curah hujan yang sama.

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh ke permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi (evaporasi), mengalir (*runoff*) dan meresap kedalam tanah (infiltrasi). (Circinia Mangostina, 2010)

Curah hujan berulang adalah rerata jumlah air hujan yang memiliki intensitas sama yang jatuh secara berulang.

2. Hubungan curah hujan dengan angka pori

Air hujan turun kebumi sebagian mengalir ke laut dan sebagian berinfiltrasi kedalam lapisan tanah. Bertambahnya kadar air akibat adanya infiltrasi air hujan

menunjukkan bahwa, terjadi perubahan volume dimana tanah akan mengembang dengan bertambahnya kadar air, perubahan angka pori yang terjadi pada tanah lempung, yang banyak terdapat pada tanah kedalaman 15 sampai 30 meter pada suatu lokasi mempunyai angka pori yang besar pada kondisi awalnya. Pada kondisi ini tanah sudah banyak mengandung air dalam pori-pori tanahnya, dimana dengan adanya air dalam pori tanah akan menyebabkan jarak antar butiran tanah akan menjadi lebih jauh, bidang geser antar partikel tanah lebih besar sehingga tanah akan mengembang. Sedangkan pada tanah pasir berlanau yang terdapat dalam tanah di kedalaman 5 meter dan 10 meter, kandungan air dalam tanah lebih kecil karena sifat pasir dan lanau yang kurang menyerap air pada permukaan partikel tanahnya, sehingga angka pori juga kecil dan perubahan volume yang terjadi akibat adanya air tidak menyebabkan tanah mengembang. (Circinia Mangostina, 2010)

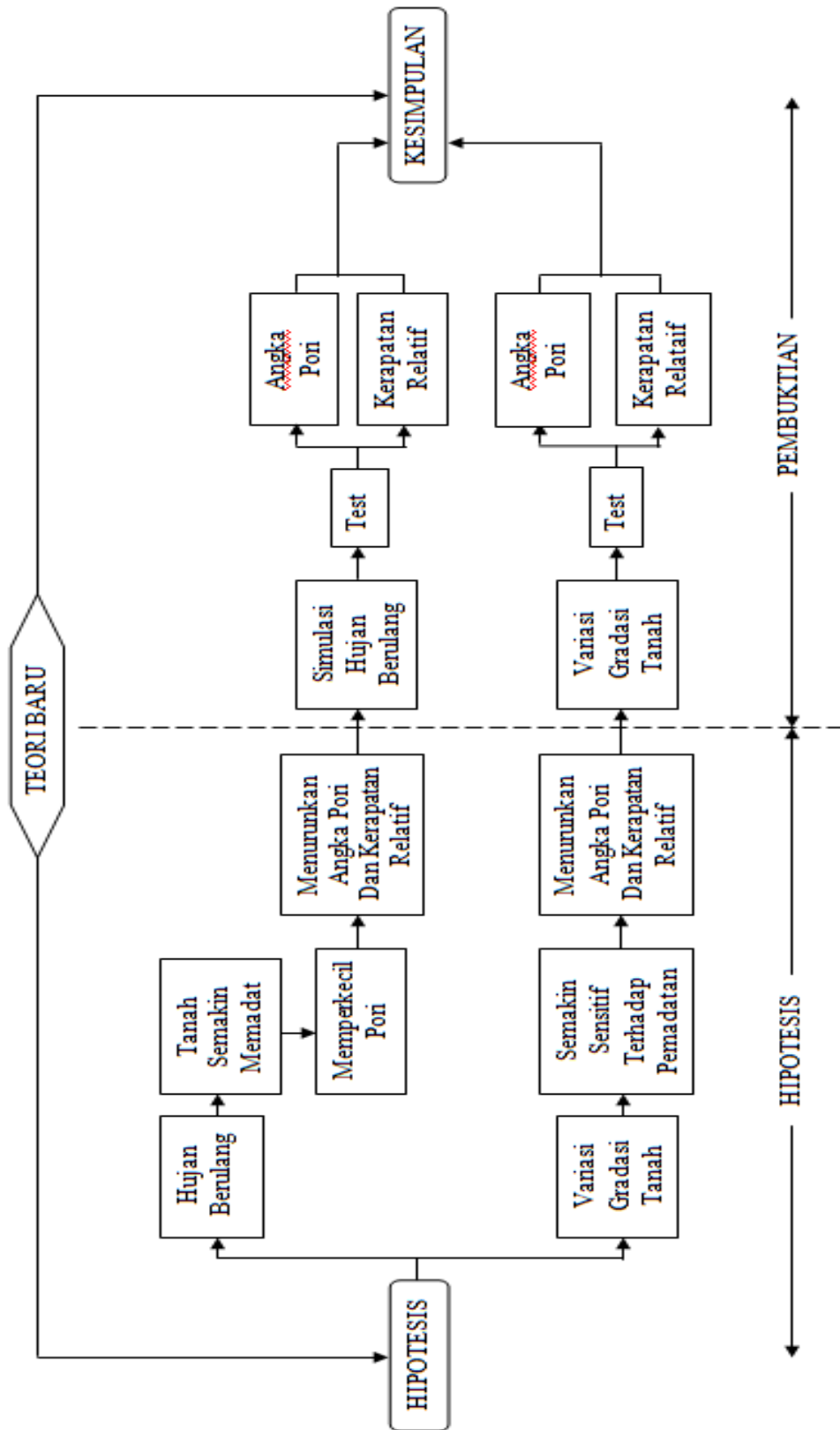
3. Hubungan curah hujan dengan kerapatan relatif

Sebagian air hujan jatuh di laut dan sebagian yang jatuh di darat, air hujan yang jatuh di darat memiliki hubungan dengan kerapatan relatif tanah dimana tanah akan semakin rapat bila air hujan terus menerus memberi tekanan terhadap tanah, akibatnya pori-pori tanah semakin kecil dan akhirnya tanah menjadi jenuh dan terjadi genangan/limpasan air permukaan. (Circinia Mangostina, 2010)

F. Review Penelitian Terkait Sebelumnya

Topik penelitian ini belum menjadi perhatian peneliti selama ini, sehingga penelitian yang terkait dengan judul penelitian ini belum ditemukan.

G. Kerangka Fikir Penelitian



Gambar 2.6 Kerangka fikir penelitian

Hipotesis :

Semakin tinggi frekuensi hujan berulang, semakin padat struktur tanah sehingga angka pori tanah semakin kecil dan Kerapatan relatif tanah semakin tinggi.

Pembuktian :

Pengujian dengan *rainfall simulator*, menggunakan curah hujan berulang untuk mengetahui angka pori tanah dan kerapatan relatif tanah pada setiap tahap hujan yang terjadi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrologi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 23 April sampai dengan 16 Mei 2018.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Jenis Penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorium, yang mana kondisi penelitian ini didesain dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada sumber-sumber rujukan/literatur yang berkaitan dengan penelitian tersebut.

2. Sumber Data

Sumber data penelitian diambil dari :

- a. Data Primer, yaitu data yang diperoleh dari hasil simulasi dan pengamatan langsung dari model fisik dan sampel di Laboratorium Hidrologi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.

- b. Data Sekunder, yaitu data yang diperoleh dari instansi terkait seperti data curah hujan untuk wilayah Kota Makassar dari Dinas PU dan BMKG kota Makassar, serta data yang diperoleh dari Literatur dan hasil penelitian yang sudah ada, baik penelitian laboratorium maupun penelitian langsung di lapangan yang terkait dengan penelitian ini.

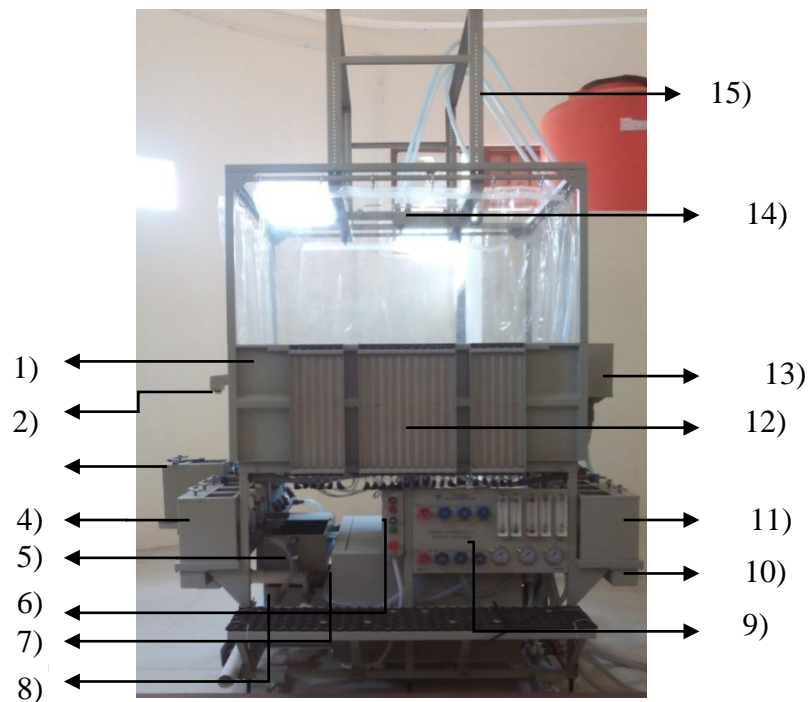
C. Rancangan Penelitian

Untuk memudahkan penelitian ini dilakukan rancangan penelitian yang meliputi: persiapan alat dan bahan, prosedur penelitian serta data dan variabel penelitian. Uraian mengenai rancangan penelitian tersebut disusun sebagai berikut :

1. Alat

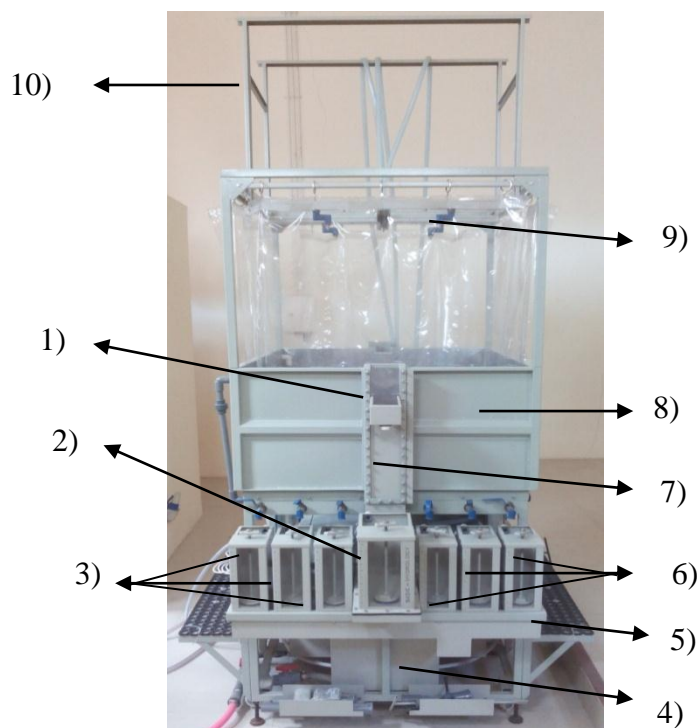
- a. Alat Simulasi Hujan (*Rainfall Simulator*) terdiri dari :
 1. Bak percobaan utama.
 2. Pintu keluaran air dari bak percobaan utama.
 3. Bejana pengukuran keluaran air dari bak percobaan utama.
 4. Bejana pengukuran *drain* sisi kiri (ada 6 buah).
 5. Penampungan air dan penyaring air buangan dari bejana pengukuran keluaran bak percobaan.
 6. Panel kendali
 7. *Reservoir* (penampungan air sumber hujan, sungai dan air tanah).
 8. Penampung air buangan untuk seluruh bejana pengukuran *drain* dari seluruh *drain*.

9. Panel kendali katup untuk operasional sistem *Basic Hydrology Study System*.
10. Saluran pembuangan bejana pengukuran dari *drain*.
11. Bejana pengukuran *drain* sisi kanan (ada 6 buah).
12. *Manometer Bak* (ada 23 titik untuk dua sumbu berbeda).
13. Bejana sebagai masukan sumber air untuk mensimulasikan aliran sungai pada bak percobaan.
14. Posisi penempatan *nozzle* hujan pada *gantry* (dudukan menggantung).
15. *Gantry* (dudukan menggantung).



Sumber : *Laboratorium hidrologi Fakultas Teknik Unismuh Makassar*

Gambar 3.1 Tampak depan alat simulasi hujan (*rainfall simulator*)



Sumber : *Laboratorium hidrologi Fakultas Teknik Unismuh Makassar*
 Gambar 3.2 Tampak samping kiri alat simulasi hujan (*rainfall simulator*).

Keterangan:

- 1) Tempat pemasangan belalai saluran air ke bejana pengukuran keluaran bak percobaan.
- 2) Bejana pengukuran keluaran air dari bak percobaan utama.
- 3) Bejana pengukuran *drain* sisi kiri (ada 6 buah).
- 4) Penampungan air buangan untuk seluruh bejana pengukuran *drain* dari seluruh *drain*.
- 5) Pijakan kaki sebagai alat bantu untuk memudahkan aktifitas di bak percobaan.
- 6) Bejana pengukuran *drain* sisi kanan (ada 6 buah).
- 7) Pintu keluaran air dari bak percobaan utama.
- 8) Bak percobaan utama.

- 9) Posisi penempatan *nozzle* hujan pada *gantry* (dudukan menggantung).
- 10) *Gantry* (dudukan menggantung).



Sumber : *Laboratorium hidrologi Fakultas Teknik Unismuh Makassar*
Gambar 3.3 Media uji tangkapan air hujan

- b. Satu set alat teks angka pori dan kerapatan relatif tanah



Gambar 3.4 Media uji tangkapan air hujan

Keterangan gambar :

- 1) Satu set alat *sand cone test*
- 2) Satu set alat compaksi

3) *Oven*

4) Timbangan

5) *Desicator*

c. Alat bantu yang diperlukan dalam penelitian :

- 1) Satu set saringan (ayakan)
- 2) Satu set alat uji mencari kadar air tanah
- 3) Satu set alat uji mencari berat jenis tanah
- 4) *Stopwatch* untuk mengukur durasi hujan
- 5) Alat tulis dan tabel isian data dari hasil pengamatan.
- 6) Kamera digital untuk dokumentasi dan perekaman proses pengamatan.
- 7) Komputer, printer dan scanner untuk pengolahan data.
- 8) Berbagai alat pendukung lain yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

2. Bahan

- a. Tanah : jenis tanah yang digunakan adalah tanah *common soil*, yang telah diuji dilaboratorium.
- b. Pasir : jenis pasir yang digunakan adalah pasir otawwa/kwarsa, untuk pengujian *sand cone*.
- c. Air : jenis air yang digunakan adalah air yang tidak terkontaminasi dengan air limbah, untuk membuat hujan buatan dengan menggunakan alat simulasi hujan (*rainfall simulator*).

3. Prosedur dan Pelaksanaan Penelitian

1. Penelitian dan Pemeriksaan Media Tanah

Setelah pengambilan sampel tanah pada lokasi yang ditentukan, tanah tersebut terlebih dahulu dijemur dibawah sinar matahari sampai kering, setelah tanah dalam keadaan kering kemudian tanah tersebut disaring dengan nomor ayakan yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan penelitian, agar mendapatkan kondisi tanah yang bagus untuk dilakukan penelitian pada alat simulasi hujan (*rainfall simulator*).

2. Prosedur Setting Media Tanah

Sebelum prosedur pengujian model simulasi hujan (*rainfall simulator*) dilaksanakan, perlu dilakukan pemadatan tanah pada tangki uji secara lapis per lapis dengan ketebalan perlapis sesuai yang direncanakan.

Dengan menggunakan metode : $Dr = \frac{\gamma_d \text{ Lapangan}}{\gamma_d \text{ Laboratorium}} \times 100\%$

Diketahui :

Tinggi sampel direncanakan (t)	= 30 cm
Luas alat <i>rainfall simulator</i> (A)	= 12000 cm ³
γ_d Lap (sumber, <i>sandcone test</i> ST. 1)	= 1,292 gram/cm ³
Dr (sumber, data <i>sandcone test</i> ST.1)	= 61,52 %
γ_d Lap (sumber, <i>sandcone test</i> ST. 2)	= 1,965 gram/cm ³
Dr (sumber, data <i>sandcone test</i> ST.2)	= 93,26 %
γ_d Lap (sumber, <i>sandcone test</i> ST. 3)	= 1,931 gram/cm ³
Dr (sumber, data <i>sandcone test</i> ST.3)	= 95,92 %

$$\text{Volume padat yang direncanakan (A x t)} = 12000 \times 30 = 360000 \text{ cm}^3$$

Dalam penelitian ini ada 3 sampel tanah yang digunakan yaitu (Dr1, Dr2, Dr3).

Setelah nilai γ_d Lap diketahui, selanjutnya di kondisikan berat tanah dan volume tanah setelah dipadatkan (volume yang ditargetkan untuk dicapai dalam pemadatan).

$$\gamma_d \text{ Lap} = \frac{\text{Berat tanah yang akan dipadatkan}}{\text{Volume tanah setelah dipadatkan}}$$

$$\text{Vol. Padat} = \frac{\text{Berat tanah yang akan dipadatkan}}{\gamma_d \text{ Lapangan}}$$

Kemudian untuk mendapatkan ketinggian tanah yang akan di uji maka dihubungkan dengan volume yang di targetkan untuk dicapai dalam pemadatan menggunakan persamaan :

$$\text{Vol. Padat} = A \cdot t$$

$$t = \frac{\text{Vol.Padat}}{A}$$

Dengan :

Dr = kerapatan relatif tanah

A = luas tangki uji pada alat *rainfall simulator*

t = tinggi sampel yang direncanakan (cm)

Dan untuk mendapatkan berat tanah kering dipadatkan pada setiap lapisan digunakan persamaan :

$$\gamma_{\text{dry}} = \frac{\text{Berat tanah kering}}{\text{Volume tanah kering}}$$

Dimana :

$$\text{Berat tanah kering} = \gamma_{\text{dry}} \times \text{volume tanah padat}$$

3. Prosedur *Running Test*

- a. Stel alat *rainfall simulator* sesuai dengan intensitas curah hujan yang akan diaplikasikan (I_{15}).
- b. Lakukan penghujanan sampai pada keadaan konstan.
- c. Pencatatan infiltrasi dilakukan pada menit 1' 2' 3' 5' 7' 10' 15' 20' 25' 30' 35' 40' 45' 50' 55' 60' 70' 80' 90' 100' 110' 120' 130' 140' 150' 160' 170' 180' 200' 220' 240' 260' 280' 300' 330' 360' dst setiap penambahan 30 menit sampai infiltrasi berhenti.
- d. Lakukan pengujian dengan frekuensi hujan bervariasi secara berturut-turut : 1x, 2x, 3x, 4x, 5x.
- e. Penambahan frekuensi dilakukan setelah infiltrasi berhenti.

4. Prosedur Pengamatan Angka Pori

Adapun prosedur pengamatan angka pori tanah adalah sebagai berikut :

- a. Pengujian *sand cone test*.
- b. Timbang tanah dari lubang sand cone
- c. Kemudian masukkan kedalam oven dengan suhu 110 °C selama 24 jam.
- d. Keluarkan tanah dari oven lalu masukkan kedalam desikator untuk didinginkan.
- e. Setelah tanah sudah dingin, timbang tanah tersebut untuk keperluan pemeriksaan kadar air.
- f. Setelah semua data yang dibutuhkan sudah didapatkan, selanjutnya perhitungan angka pori tanah (e) bisa dilakukan.

5. Prosedur Pengamatan Kerapatan Relatif Tanah

Adapun prosedur pengamatan kerapatan relatif tanah adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan alat uji kompaksi
- b. Ukur dan hitung volume mold
- c. Mengambil salah satu sampel tanah yang sudah dioven dari pengamatan uji *sand cone* yang sudah diketahui volumenya
- d. Tuangkan tanah tersebut kedalam mold secara pelan dan hati-hati (tanpa ada tumbukan atau getaran), untuk mengetahui volume tanah dengan volume rongga maksimum,
- e. Kemudian tanah dikeluarkan dari mold dengan hati-hati agar tidak terjadi pengurangan volume sampel
- f. Masukkan kembali tanah tersebut kedalam mold, lalu tumbuk semaksimal mungkin, untuk mengetahui volume tanah dengan volume rongga minimum
- g. Hitung volume tanah dalam tabung pada masing-masing dua pengamatan tersebut dengan mengukur diameter dan tingginya lalu hitung volumenya
- h. Setelah semua data yang dibutuhkan sudah didapatkan, selanjutnya perhitungan kerapatan relatif tanah (D_r) bisa dilakukan.

4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut, sifat atau nilai dari orang, faktor, perlakuan terhadap obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2012)

Pada penelitian ini telah ditentukan 2 (dua) variabel, yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*).

a. Variabel bebas (*independent variable*)

Menurut (Sugiyono, 2012) Variabel bebas (*independent variable*) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (*dependent variable*). Variabel bebas pada penelitian ini yaitu:

- 1). Gradasi tanah
- 2). Frekuensi hujan berulang

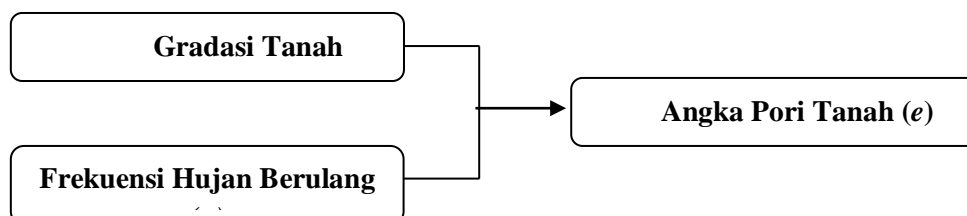
36

b. Variabel terikat

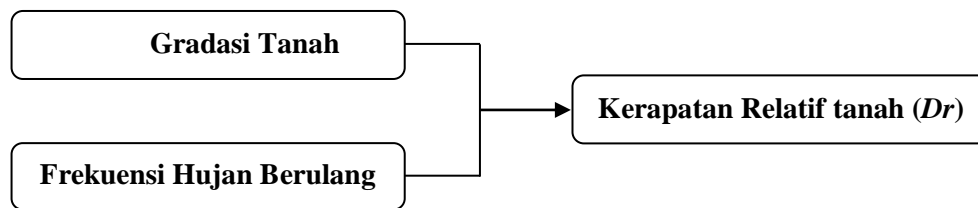
Variabel terikat (*dependent variable*) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2012) Variabel terikat pada penelitian ini yaitu:

- 1). Angka pori tanah
- 2). Kerapatan relatif tanah

Adapun hubungan kedua variabel tersebut maka dibuatkan skema hubungan variabel sebagai berikut :



- 1) Skema hubungan gradasi tanah dan frekuensi hujan berulang (n) dengan angka pori tanah (e).



- 2) Skema hubungan gradasi tanah dan frekuensi hujan berulang (n) dengan kerapatan relatif tanah (D_r)

Gambar 3.5 Skema hubungan variabel penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian ini maka pengujian dilakukan dengan model fisik laboratorium dengan angka pori tanah (e) dan kerapatan relatif tanah (D_r). Model fisik ini dimaksudkan untuk mengamati dan mengetahui pengaruh gradasi tanah dan frekuensi hujan berulang (n) terhadap angka pori tanah (e) dan kerapatan relatif tanah (D_r) akibat variasi frekuensi hujan berulang (n) dan durasi waktu hujan (t).

c. Definisi Operasional

Menurut (Sugiyono, 2012) Definisi operasional adalah konstruk atau sifat yang akan dipelajari sehingga menjadi variabel yang dapat diukur. Definisi operasional menjelaskan cara tertentu yang digunakan untuk meneliti dan mengoperasikan konstruk, sehingga memungkinkan bagi peneliti yang lain untuk melakukan replikasi pengukuran dengan cara yang sama atau mengembangkan cara pengukuran konstruk yang lebih baik. Dalam penelitian ini terdapat empat variabel yang divariasikan dan diamati dengan definisi operasional sebagai berikut :

a). Gradasi Tanah

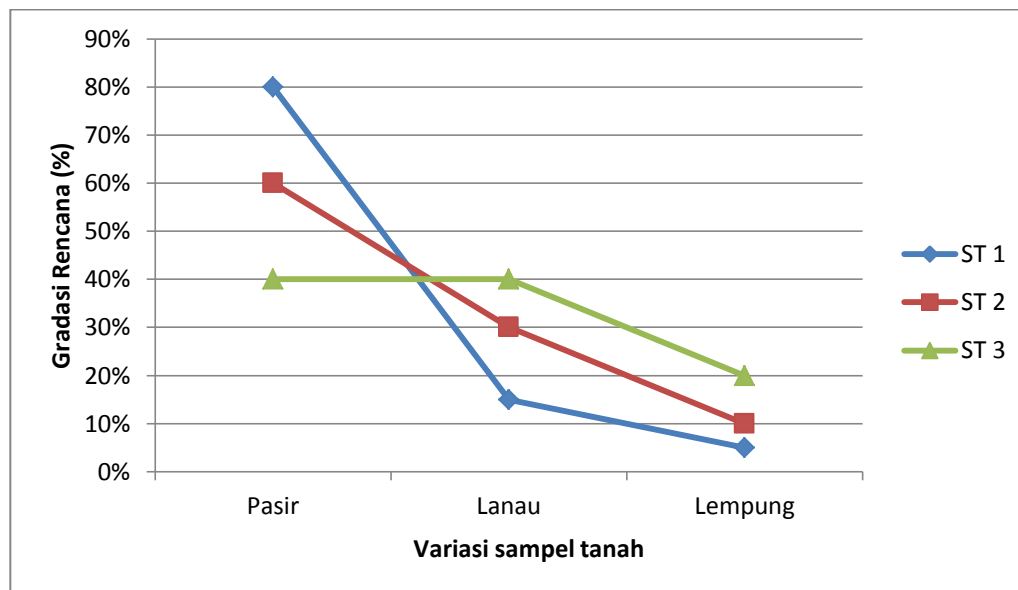
Gradasi Tanah disebut dengan gradasi agregat di mana gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butiran agregat. Dapat juga disebut pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai presentase dari total agregat, atau presentase kumulatif butiran yang lebih kecil, atau lebih besar dari masing-masing seri bukan saringan.

Ada tiga variasi gradasi tanah yang digunakan dalam penelitian ini, dengan menggunakan tiga jenis tanah yaitu : pasir, lempung, lanau. Ketiganya divariasikan dengan komposisi sebagai berikut :

Tabel 3.1. Gradasi Rencana

Sampel Tanah	Pasir	Lanau	Lempung
ST.1	± 80 %	± 15%	± 5 %
ST.2	± 60 %	± 30%	± 10 %
ST.3	± 40 %	± 40%	± 20 %

Untuk mendapatkan gradasi rencana yang terdapat pada tabel 3.1 dituangkan dalam grafik pada gambar 3.6



Gambar 3.6 : Grafik Gradasi Rencana

Berdasarkan tabel 3.1 yang dituangkan dalam gambar 3.6 bahwa gradasi rencana pada sampel tanah pertama (ST.1) untuk pelaksanaan penelitian sebagai berikut : Pasir (80%), Lanau (15%), Lempung (5%). Pada sampel tanah ke dua (ST.2) Pasir (60%), Lanau (30%), Lempung (10%). Sedangkan sampel tanah ke tiga (ST.3) Pasir (40%), Lanau (40%), Lempung (20%).

b). Curah hujan berulang (n)

Curah hujan berulang adalah rerata jumlah air hujan yang memiliki intensitas sama yang jatuh secara berulang.

Curah hujan berulang yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi hujan dengan alat *rainfall simulator* yang menggunakan frekuensi hujan berulang yang sama.

c). Angka pori tanah(e)

Angka pori tanah (e) adalah perbandingan volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), biasanya dinyatakan dalam persen atau desimal.

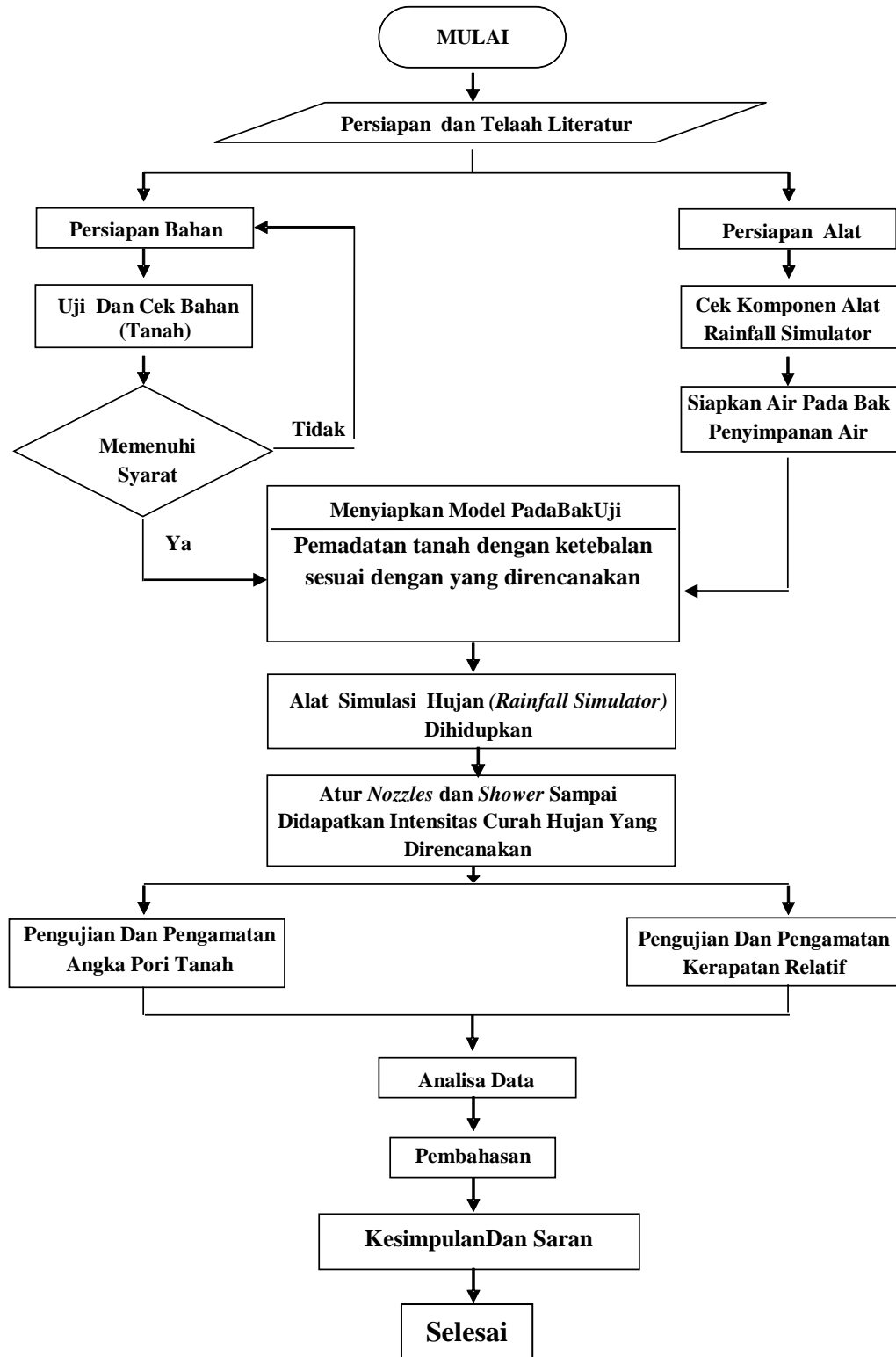
Dalam penelitian ini angka pori tanah diamati saat menghitung volume rongga (V_v) dan volume butiran (V_s).

d). Kerapatan relatif tanah (D_r)

Kerapatan relatif tanah (D_r) adalah kerapatan butiran tanah relatif terhadap kepadatan maksimum dan minimum hasil tes laboratorium.

Kerapatan relatif tanah diamati saat menghitung kerapatan butiran tanah relatif.

D. Bagan dan Alur Penelitian



Gambar 3.6 : Bagan dan Alur Penelita

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian pada 3 jenis gradasi tanah atau jenis tanah pada angka pori tanah dan kerapatan relatif tanah pada frekuensi hujan berulang (studi laboratorium) maka didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Karakteristik Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan sampel tanah pada laboratorium Teknik sipil Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil klasifikasi tanah Pasir, Lanau dan Lempung. Berikut ini diterangkan penentuan klasifikasi AASHTO Untuk tipe A-2-6. Hasil pengujian di laboratorium diperoleh data: batas plastis (PL) = 23,33, batas cair (LL) = 37,39, sedangkan analisis saringan dapat dilihat pada tabel berikut :

a. Tanah pasir

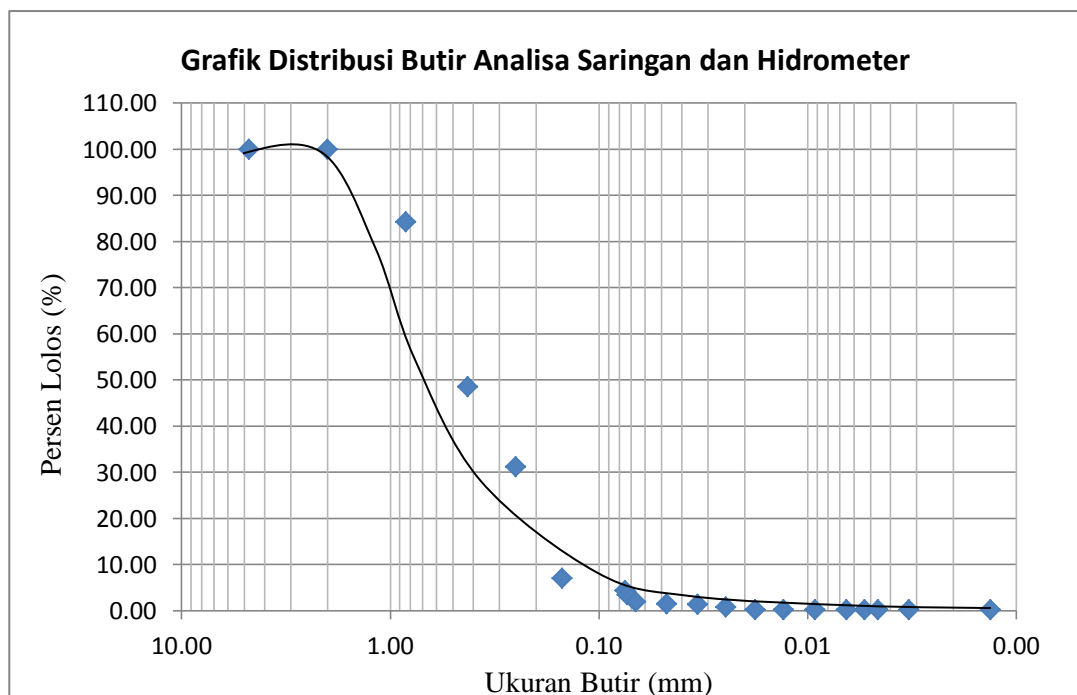
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Analisa Saringan (Pasir)

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.75	0	0	0	100
8	2	0	0	0	100.00
16	0.84	103	103	9.196429	90.80
40	0.425	385	488	43.57143	56.43
50	0.25	272	760	67.85714	32.14
100	0.15	270	1030	91.96429	8.04
200	0.075	34	1064	95	5.00
Pan	-	56	1120	100	0
Total		1120			

sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.1 Menunjukkan bahwa :

1. Pada saringan nomor 4 dan 8 berat tertahan sama dengan 0, karena yang tertahan disaringan , no.4 dan 8 dikategorikan sebagai kerikil.
2. Pada saringan nomor 16, 40, dan 50 dikategorikan sebagai pasir (*sand*) dengan berat 1780 (gram) atau 68,75 % dari total sampel pengamatan
3. Pada saringan nomor 100 dan 200 dikategorikan sebagai debu (*silt*) dengan berat 696 (gram) atau 26,88 % dari total sampel pengamatan.
4. Material pada pan yaitu material yang lolos saringan nomor 200 yang dikategorikan sebagai tanah liat (*clay*) dengan berat 113 gram atau 4,37% dari total sampel pengamatan.



dan halus. Fraksi kasar sebanyak 68,75 %, fraksi sedang sebanyak 26,88 % dan fraksi halus sebanyak 4,37 %. Dengan alat Hidrometer kita dapat mengetahui ukuran butiran tanah yang lebih kecil dari butiran yang lolos ayakan 200.

b. Tanah lanau

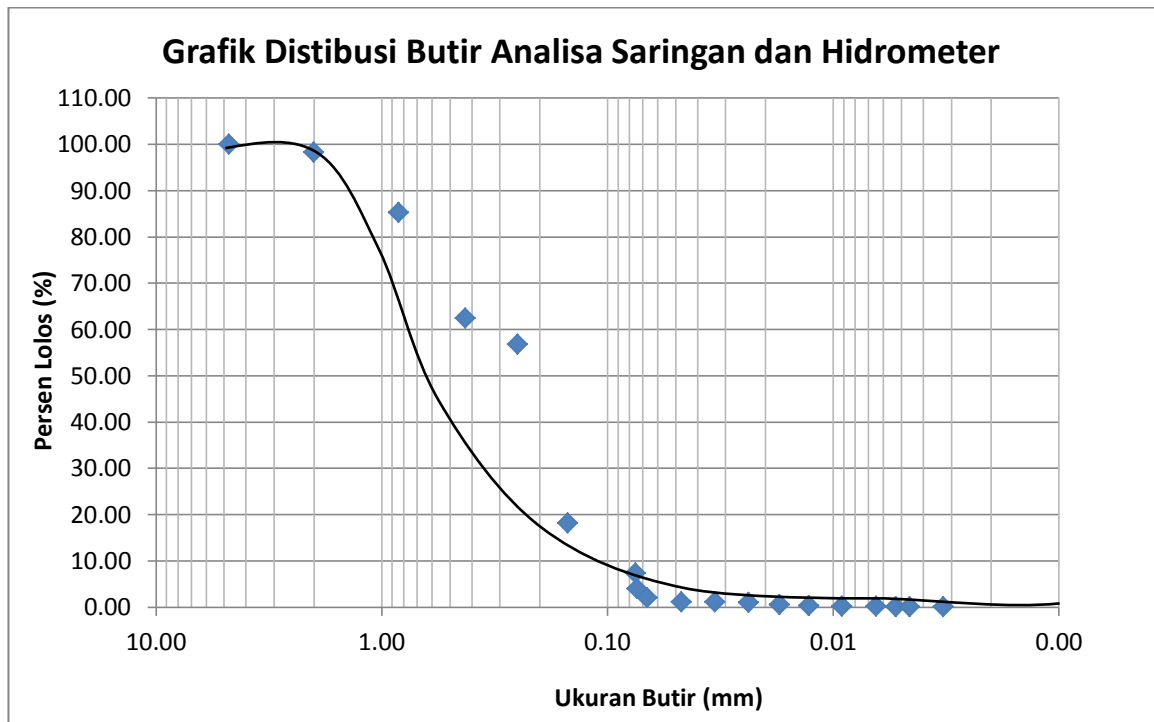
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Analisa Saringan (Lanau)

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.75	0	0	0	100.00
8	2	0	0	0	100.00
16	0.84	406	406	15.68	84.32
40	0.425	925	1331	51.41	48.59
50	0.25	449	1780	68.75	31.25
100	0.15	626	2406	92.93	7.07
200	0.075	70	2476	95.64	4.36
Pan	-	113	2589	100	0
Total		2589			

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.2. Menunjukkan bahwa :

1. Pada saringan nomor 4 berat tertahan sama dengan 0 sedangkan yang tertahan di saringan 8 berat tertahan sama dengan 50 (gram) dan dikategorikan sebagai kerikil.
2. Pada saringan nomor 16, 40, dan 50 dikategorikan sebagai pasir (*sand*) dengan berat 1117 (gram) atau 39,38 % dari total sampel pengamatan
3. Pada saringan nomor 100 dan 200 dikategorikan sebagai debu (*silt*) dengan berat 1402 (gram) atau 49,43 % dari total sampel pengamatan.
4. Material pada pan yaitu material yang lolos saringan nomor 200 yang dikategorikan sebagai tanah liat (*clay*) dengan berat 207 gram atau 7,29 % dari total sampel pengamatan.



Gambar 4.2 : Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan dan Hidrometer (Lanau)

Berdasarkan hasil pengujian Analisa Saringan dengan Hidrometer yang terdapat pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa jumlah persentase dengan menggunakan berbagai ukuran saringan kita dapat membedakan fraksi kasar, sedang dan halus. Fraksi kasar sebanyak 39,38 %, fraksi sedang sebanyak 49,43 % dan fraksi halus sebanyak 7,29 %. Dengan alat Hidrometer kita dapat mengetahui ukuran butiran tanah yang lebih kecil dari butiran yang lolos ayakan 200.

c. Tanah lempung

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Analisa Saringan (Lempung)

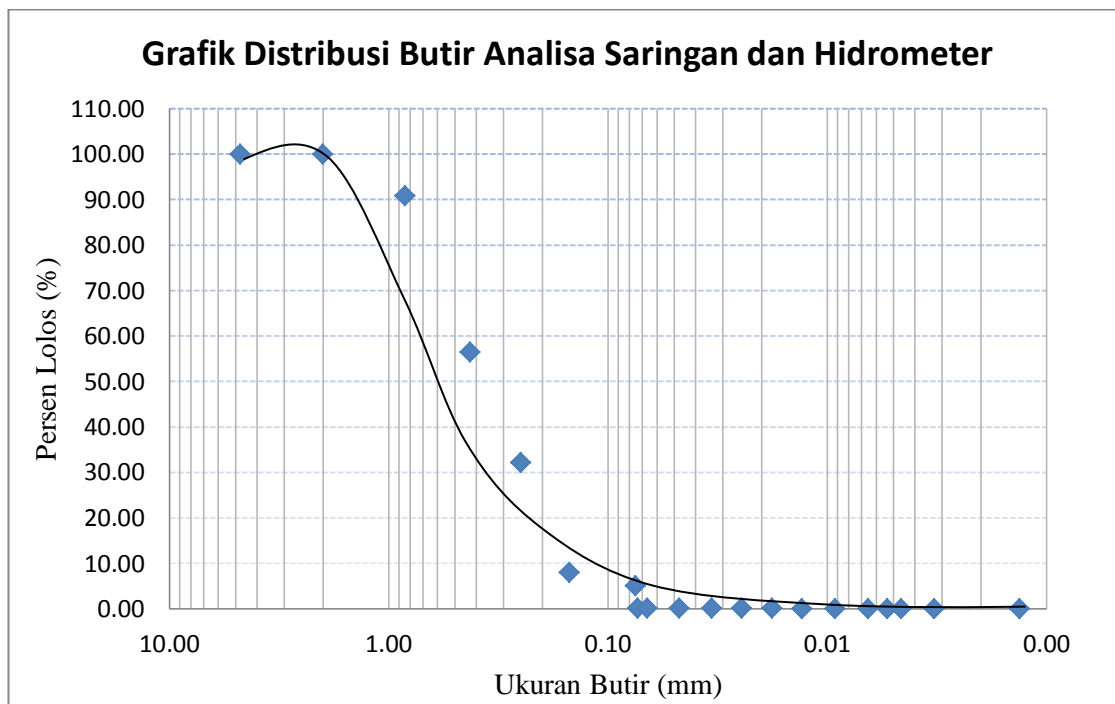
Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.75	0	0	0	100
8	2	50	50	1.763	98.24
16	0.84	367	417	14.70	85.30
40	0.425	648	1065	37.55	62.45
50	0.25	162	1227	43.27	56.73
100	0.15	1093	2320	81.81	18.19
200	0.075	309	2629	92.70	7.30
Pan	-	207	2836	100.00	0
Total		2836			

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.3. Menunjukkan bahwa :

1. Pada saringan nomor 4 dan 8 berat tertahan sama dengan 0, karena yang tertahan disaringan no.4 dan 8 dikategorikan sebagai kerikil.
2. Pada saringan nomor 16, 40, dan 50 dikategorikan sebagai pasir (sand) dengan berat 760 (gram) atau 67,85 % dari total sampel pengamatan
3. Pada saringan nomor 100 dan 200 dikategorikan sebagai debu (*silt*) dengan berat 304 (gram) atau 27,14 % dari total sampel pengamatan.
4. Material pada pan yaitu material yang lolos saringan nomor 200 yang dikategorikan sebagai tanah liat (*clay*) dengan berat 56 (gram) atau 5 % dari total sampel pengamatan.

Berdasarkan hasil pengujian Analisa Saringan dengan Hidrometer yang terdapat pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa jumlah persentase dengan menggunakan berbagai ukuran saringan kita dapat membedakan fraksi kasar, sedang dan halus. Fraksi kasar sebanyak 67,85 %, fraksi sedang sebanyak 27,14 % dan fraksi halus sebanyak 5 %. Dengan alat Hidrometer kita dapat mengetahui ukuran butiran tanah yang lebih kecil dari butiran yang lolos ayakan 200.



Gambar 4.3 : Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan dan Hidrometer (Lempung)

Klasifikasi sistem ini didasarkan atas kriteria-kriteria sebagai berikut:

Tanah pasir :

1. Ukuran Butir

Butiran melalui ayakan No. 200 sebesar 4,37 %, sehingga termasuk dalam material granuler (< 35% lolos saringan no.200)

2. Plastisitas

Berlanau, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisas > 10 . Hasil indeks plastisitas dalam penelitian ini didapat dari nilai batas cair (LL)= 37,39 %, Batas Plastis (PL) = 23,33 %, Sehingga indeks plastisnya, $IP = LL - PL = 37,39 - 23,33 = 14,06 \%$.

Tanah lanau :

1. Ukuran Butir

Butiran melalui ayakan No. 200 sebesar 7,29 %, sehingga termasuk dalam material granuler (<35 % lolos saringan no.200)

2. Plastisitas

Berlanau, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisas > 10 . Hasil indeks plastisitas dalam penelitian ini didapat dari nilai batas cair (LL)= 34,50 %, Batas Plastis (PL) = 26,111 %, Sehingga indeks plastisnya, $IP = LL - PL = 34,50 \% - 26,111 \% = 8,389 \%$.

Tanah lempung :

1. Ukuran Butir

Butiran melalui ayakan No. 200 sebesar 5 %, sehingga termasuk dalam material granuler (<35 % lolos saringan no.200)

2. Plastisitas

Berlanau, jika butiran tanah mempunyai indeks plastisas > 10 . Hasil indeks plastisitas dalam penelitian ini didapat dari nilai batas cair (LL)= 40,00 %, Batas Plastis (PL) = 33,968 %, Sehingga indeks plastisnya, $IP = LL - PL = 40,00 - 33,968 = 6,032 \%$.

Dari hasil pengamatan analisa saringan sampel tanah pada laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar, dirangkum kedalam tabel dengan sistem klasifikasi AASHTO, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.4:

Tabel 4.4. Hasil Klasifikasi AASHTO

No.	Uraian	Satuan	Nilai			Keterangan
			Tanah pasir	Tanah lanau	Tanah lempung	
1	Kadar air	%	31.05	44.51	41.3	1. Tanah pasir (Tipe A-2-6) Tipe material secara umum adalah pasir berlanau mengandung kerikil dengan kondisi tanah dasar baik hingga sangat baik. 2. Tanah lanau (Tipe A-4) Tipe material secara umum adalah pasir berlanau mengandung banyak kerikil dengan kondisi tanah dasar baik hingga sangat baik. 3. Tanah lempung (Tipe A-2-4) Tipe material secara umum adalah pasir berlempung mengandung kerikil dengan kondisi tanah dasar baik hingga sangat baik.
2	Batas-batas Atterberg					
	1. Batas cair (LL)	%	37.39	34.50	40.00	
	2. Batas plastis (PL)	%	23.33	26.11	27,30	
	3. Indeks plastis (PI)	%	14.06	8.389	12,69	
3	4. Batas susut	%	-	8.16	21.28	
	Distribusi Butiran					
4	1. Fraksi kasar	%	56	62	49	
	2. Fraksi halus	%	44	38	51	
4	Kompaksi					
	1. Berat isi optimum	gr/cm ³	2.1	2.1	2	
5	2. Kadar air optimum	%	34	44	41	
	Kepadatan		Nilai			
5			I15			
	Derajat Kepadatan (D)	%	61.52	93.26	95.92	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

2. Angka pori tanah pada beberapa jenis tanah

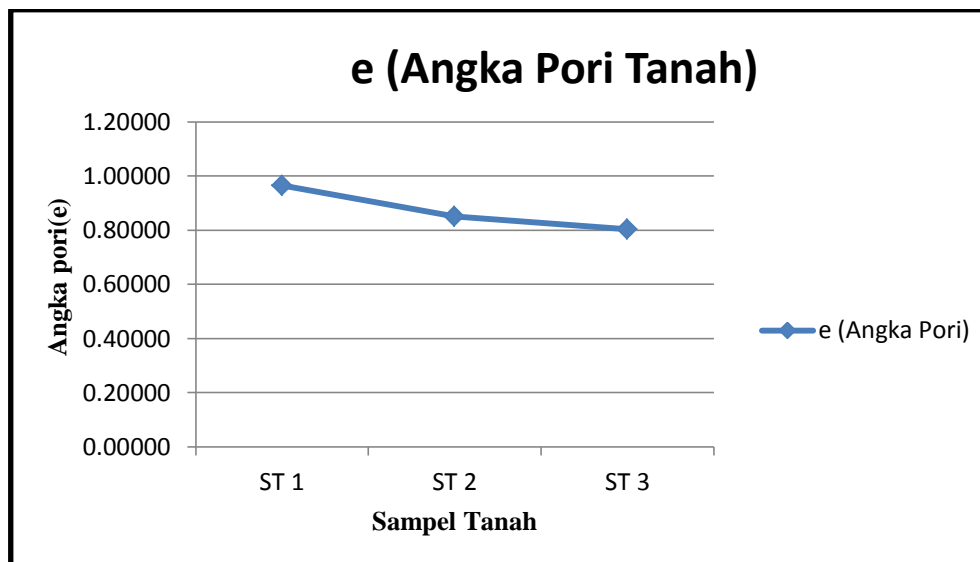
Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat *sand cone*. Pengujian data dan analisis angka pori tanah pada tanah asli, untuk mengenai hasil pengamatan dari proses tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.5 : Hasil angka pori pada beberapa jenis tanah

No	Frekuensi Hujan	Angka pori tanah (e)		
		ST.1	ST.2	ST.3
1	F0	0,96459	0,85028	0,80308

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan e (angka pori tanah) yang terdapat pada tabel 4.5 dituangkan dalam grafik pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 : Hubungan antara Angka pori tanah pada beberapa jenis tanah

Dari hasil perhitungan angka pori tanah (e) yang terdapat pada tabel 4.5 dan gambar 4.4, menjelaskan bahwa untuk pengujian angka pori tanah pada sampel tanah pertama (ST.1) untuk keadaan tidak diberi hujan (F_0) menunjukkan nilai $e_0 = 0,96459$, sedangkan sampel tanah kedua (ST.2) menunjukkan $e_0 = 0,85028$, dan sampel ketiga (ST.3) menunjukkan $e_0 = 0,80308$.

3. Kerapatan relatif tanah pada beberapa jenis tanah

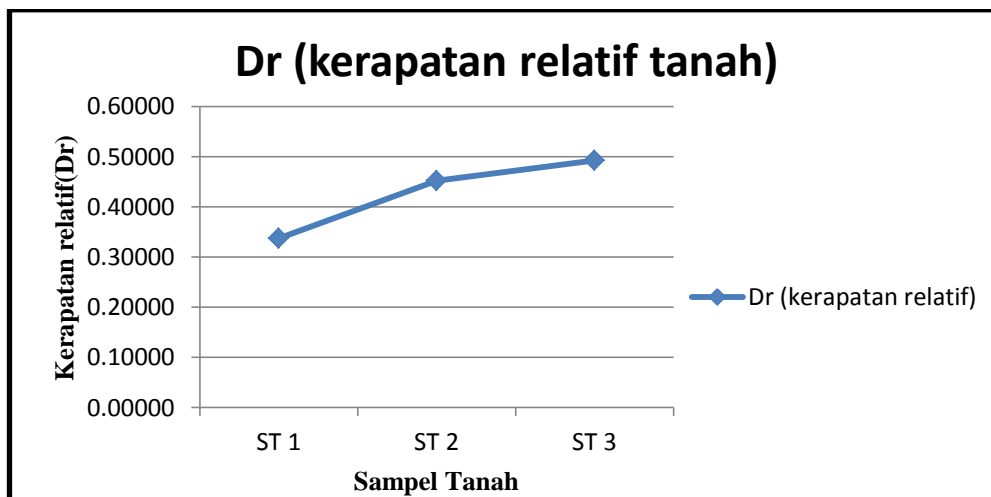
Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat *sand cone*. Pengujian data dan analisis kerapatan relatif tanah pada tanah asli, untuk mengenai hasil pengamatan dari proses tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.6 : Hasil Kerapatan relatif pada beberapa jenis tanah

No	Frekuensi hujan	Kerapatan relatif tanah (D_r)		
		ST.1	ST.2	ST.3
1	F_0	0,33775	0,45173	0,49200

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan D_r (kerapatan relatif tanah) yang terdapat pada tabel 4.6 dituangkan dalam grafik pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 : Hubungan antara kerapatan relatif tanah pada beberapa jenis tanah

Dari hasil perhitungan kerapatan relatif tanah (D_r) yang terdapat pada tabel 4.6 dan gambar 4.5, yang menjelaskan bahwa untuk pengujian kerapatan relatif tanah (D_r) pada sampel tanah pertama (ST.1) untuk keadaan tidak diberi hujan menunjukkan nilai $D_{r0} = 0,33775$, sedangkan sampel tanah kedua (ST.2) menunjukkan $D_{r0} = 0,45173$, dan sampel tanah ketiga (ST.3) menunjukkan $D_{r0} = 0,49200$.

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian tentang 3 jenis tanah yang divariasikan (gradasi tanah) terhadap Angka pori tanah dan Kerapatan relatif tanah pada frekuensi hujan berulang (studi laboratorium) dengan *rainfall simulator* maka dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori Tanah

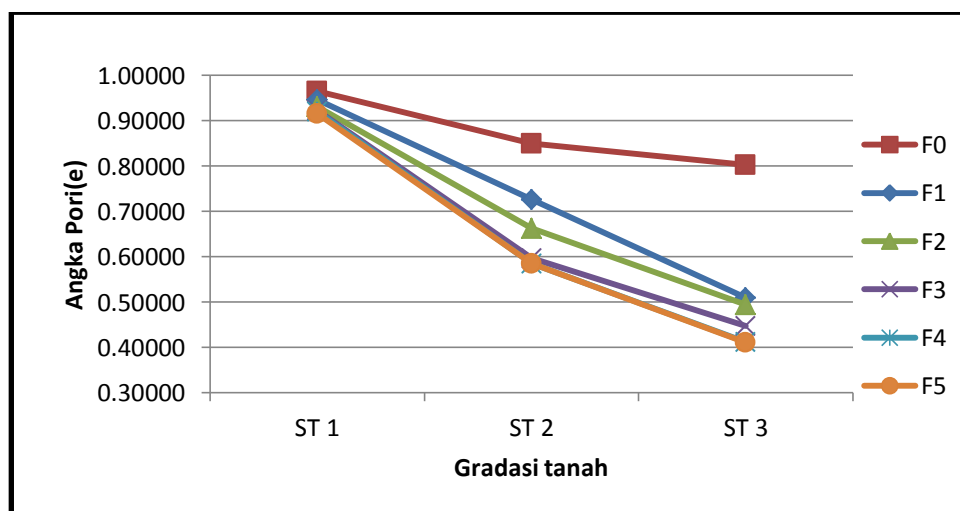
Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat *rainfall simulator*, dan *sand cone*. Penyajian data dan analisis angka pori tanah pada tiga variasi gradasi, dilakukan secara berulang pada lima frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan rencana yaitu I_{15} . Kemudian dilanjutkan uji *sand cone* setiap selesai satu frekuensi hujan. Uraian mengenai hasil pengamatan dari proses tersebut secara berturut-turut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.7. Pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori tanah

No.	Frekuensi Hujan	Angka pori tanah (e) pada setiap sampel tanah			Keterangan
		ST.1	ST.2	ST.3	
0	F0	0.96459	0.85028	0.80308	Gradasi sampel dapat dilihat pada tabel 3.1
1	F1	0.94650	0.72619	0.50968	
2	F2	0.93054	0.66218	0.49492	
3	F3	0.92284	0.59658	0.44734	
4	F4	0.92048	0.58471	0.41216	
5	F5	0.91596	0.58456	0.41067	
Rata-Rata		0.93348	0.66742	0.51298	

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan pengaruh gradasi tanah terhadap Angka pori tanah pada table 4.7 maka dibuatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.6 : Pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori tanah

Dari hasil Gambar 4.6 untuk pengujian angka pori tanah (e) di lapangan dalam keadaan tidak diberi hujan (F_0) Sampel tanah pertama (ST.1) $e_0 = 0,96459$, sampel tanah ke dua (ST.2) $e_0 = 0,85028$, dan sampel tanah ke tiga (ST.3) $e_0 = 0,80308$. Untuk hasil perhitungan angka pori tanah (e) yang terdapat pada gambar 4.6, yang menjelaskan bahwa gradasi sampel tanah pertama (ST.1) frekuensi hujan pertama (F_1), menunjukkan angka pori $e_1 = 0,94650$ hal ini terjadi akibat dari pukulan air hujan buatan pada alat *rainfall simulator* di laboratorium yang mana pada frekuensi hujan kedua, ketiga, keempat, dan kelima, menunjukkan penurunan angka pori tanah pada tiap-tiap frekuensi dengan nilai $e_2 = 0,93054$, $e_3 = 0,92884$, $e_4 = 0,92048$, dan $e_5 = 0,91596$.

Hasil gradasi sampel tanah ke dua (ST.2) curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan penurunan angka pori tanah (e) pada setiap frekuensi hujan pertama (F_1) hal ini diakibatkan oleh perbedaan variasi gradasi tanah dan pukulan air hujan dengan intensitas hujan yang sama. untuk gradasi sampel tanah ke tiga (ST.3) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan penurunan angka pori tanah pada e_1 (I_{15}).

Berdasarkan hasil uji angka pori tanah pada gradasi tanah dapat disimpulkan bahwa semakin dihujani semakin besar pula pukulan air hujan yang terjadi terhadap tanah dan akan menghancurkan butiran-butiran tanah dan pecahan- pecahan dari butiran tanah tersebut mengisi ruang kosong pada pori-pori tanah maka tanah

semakin padat dan angka pori tanah semakin kecil maka struktur tanah semakin padat dan angka pori tanah semakin kecil.

2. Pengaruh gradasi tanah terhadap kerapatan relatif tanah

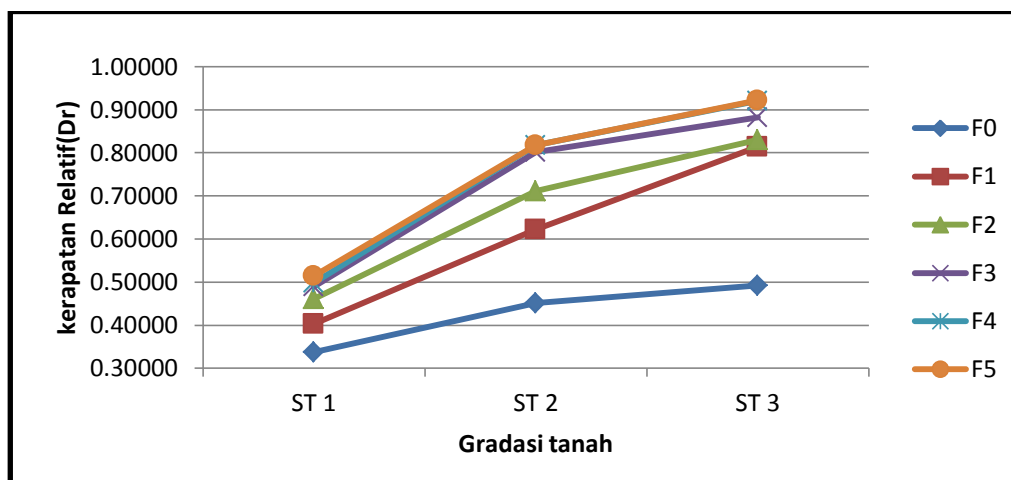
Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat *rainfall simulator*, *sand cone*, dan alat kompaksi. Penyajian data dan analisis kerapatan relatif tanah pada tiga variasi gradasi, dilakukan secara berturut-turut pada lima frekuensi hujan dan intensitas curah hujan rencana yaitu I_{15} . Kemudian dilanjutkan uji *sand cone* dan uji kompaksi setiap selesai satu frekuensi hujan. Uraian mengenai hasil pengamatan dari proses tersebut secara berturut-turut disajikan dalam tabel 4.8 :

Tabel 4.8. Pengaruh gradasi tanah terhadap kerapatan relatif tanah

No.	Frekuensi Hujan	Kerapatan relatif tanah (D_r) pada setiap sampel tanah			Keterangan
		1	2	3	
0	F0	0.33750	0.45173	0.49200	Gradasi sampel dapat dilihat pada tabel 3.1
1	F1	0.40370	0.62263	0.81372	
2	F2	0.46186	0.71079	0.82990	
3	F3	0.48995	0.80113	0.88208	
4	F4	0.49854	0.81749	0.92066	
5	F5	0.51504	0.81769	0.92229	
Rata-rata		0.47382	0.75395	0.81011	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan pengaruh gradasi tanah terhadap kerapatan relatif tanah pada tabel 4.8 maka dibuatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.7 : Pengaruh gradasi tanah terhadap kerapatan relatif tanah pada frekuensi hujan berulang

Dari hasil Gambar 4.7 untuk pengujian kerapatan relatif (Dr) di lapangan dalam keadaan tidak diberi hujan (F_0) Sampel tanah pertama (ST.1) $Dr_0 = 0,33775$, sampel tanah ke dua (ST.2) $Dr_0 = 0,45173$, dan sampel tanah ke tiga (ST.3) $Dr_0 = 0,49200$. Untuk hasil perhitungan kerapatan relatif tanah (Dr) yang terdapat pada gambar 4.7, maka dapat disimpulkan bahwa, untuk gradasi sampel tanah pertama intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) frekuensi hujan pertama (F_1), menunjukkan nilai kerapatan relatif $Dr_1 = 0,40370$, hal ini terjadi akibat dari pukulan air hujan buatan pada alat *rainfall simulator* di laboratorium, yang mana pada frekuensi hujan $Dr_2 = 0,46186$, $Dr_3 = 0,48995$, $Dr_4 = 0,49854$, $Dr_5 = 0,51504$.

Untuk gradasi sampel tanah ke dua (ST.2) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan peningkatan kerapatan relatif tanah pada setiap frekuensi hujan, akan tetapi peningkatan nilai kerapatan relatif tanah yang terjadi pada frekuensi hujan pertama (F_1) sampel tanah ke dua (ST.2) lebih besar jika dibandingkan peningkatan

nilai kerapatan relatif tanah yang terjadi pada frekuensi hujan pertama (F1) sampel tanah pertama (ST.1), hal ini diakibatkan oleh perbedaan gradasi tanah.

Untuk gradasi sampel tanah ke tiga ST.3 intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan peningkatan nilai kerapatan relatif tanah pada setiap frekuensi hujan.

Berdasarkan hasil uji kerapatan relatif tanah pada gradasi tanah dapat disimpulkan bahwa semakin dihujani semakin besar pula pukulan air hujan yang terjadi terhadap tanah dan akan menghancurkan butiran butiran tanah dan pecahan pecahan dari butiran tanah tersebut mengisi ruang kosong pada pori pori tanah maka tanah semakin padat dan angka pori tanah semakin kecil maka struktur tanah semakin padat dan angka pori tanah semakin kecil.

3. Hubungan curah hujan berulang terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif

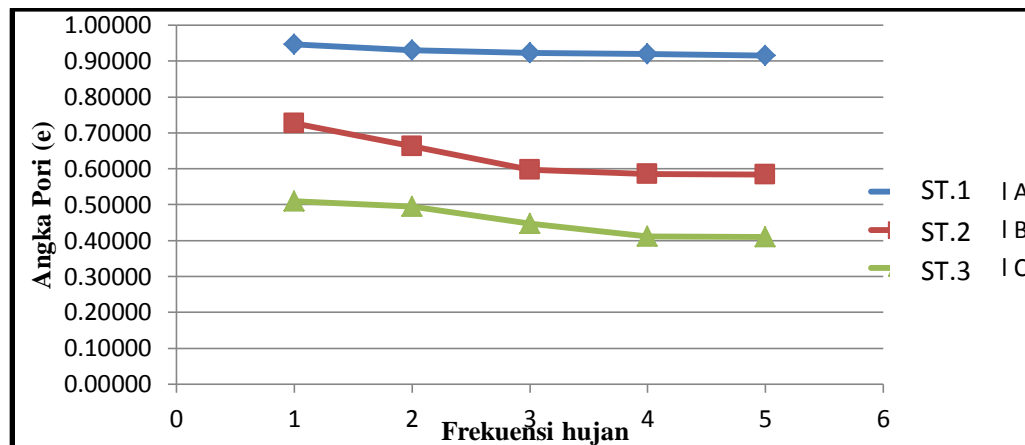
Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat *rainfall simulator*, dan *sand cone*. Penyajian data dan analisis angka pori tanah pada tiga variasi gradasi, dilakukan secara berturut turut pada lima frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan rencana yaitu I_{15} . Kemudian dilanjutkan uji *sand cone* setiap selesai satu frekuensi hujan. Uraian mengenai hasil pengamatan dari proses tersebut secara berturut-turut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.9. Hubungan antara curah hujan berulang terhadap Angka pori

Sampel Tanah	Frekuensi hujan					Keterangan
	F1	F2	F3	F4	F5	
ST.1	0.9465	0.93054	0.92284	0.92048	0.91596	Gradasi sampel dapat dilihat pada tabel 3.1
ST.2	0.72619	0.66218	0.59658	0.58471	0.58456	
ST.3	0.50968	0.49492	0.44734	0.41216	0.41067	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan hubungan curah hujan berulang terhadap Angka Pori pada tabel 4.9 maka dituangkan dalam gambar 4.8



Gambar 4.8 : Hubungan frekuensi curah hujan berulang terhadap Angka pori tanah

Dari hasil pengamatan angka pori tanah (e) yang terdapat pada gambar 4.8, yang menjelaskan bahwa, untuk sampel tanah pertama (ST.1) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) frekuensi hujan pertama (F_1), menunjukkan angka pori tanah $F_1 = 0,94650$ hal ini terjadi akibat dari pukulan air hujan buatan pada alat *rainfall simulator* di laboratorium yang mana pada frekuensi hujan kedua, ketiga, keempat, dan kelima, menunjukkan penurunan angka pori tanah pada tiap-tiap frekuensi dengan nilai $F_2 = 0,93054$, $F_3 = 0,92884$, $F_4 = 0,92048$, dan $F_5 = 0,91596$

Untuk sampel tanah ke dua (ST. 2) curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan penurunan angka pori tanah pada setiap frekuensi hujan pertama (F_1). Untuk sampel tanah ke tiga (ST.3) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan penurunan angka pori tanah pada F_1 (I_{15}).

Dari hasil pengamatan angka pori tanah dapat disimpulkan bahwa hubungan frekuensi curah hujan berulang terhadap angka pori tanah yaitu semakin dihujani

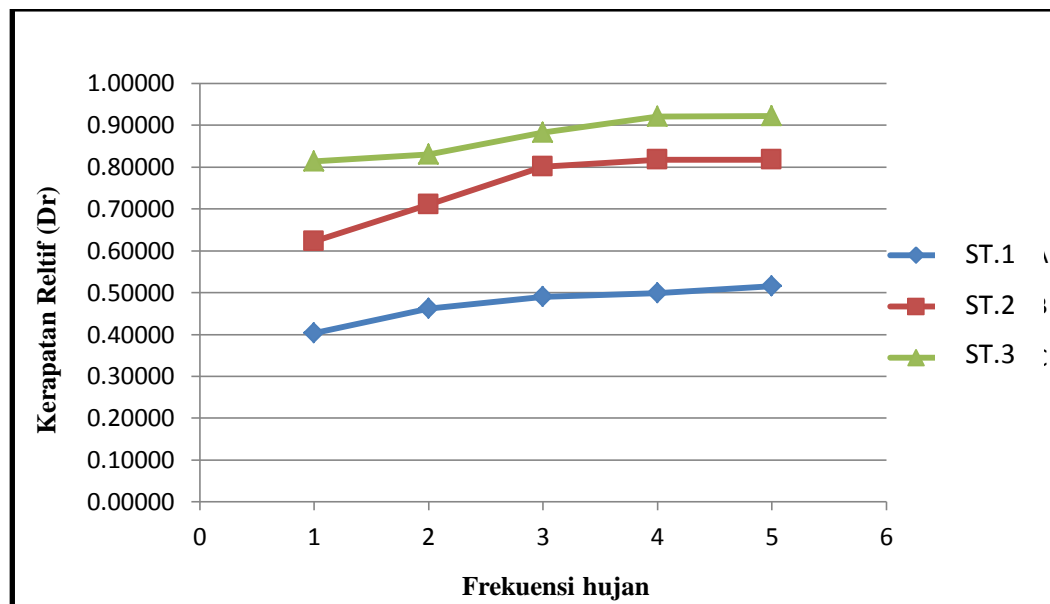
semakin besar pula pukulan air hujan yang terjadi terhadap tanah dan akan menghancurkan butiran butiran tanah dan pecahan pecahan dari butiran tanah tersebut mengisi ruang kosong pada pori pori tanah maka tanah semakin padat dan angka pori tanah semakin kecil maka struktur tanah semakin padat dan angka pori tanah semakin kecil.

Tabel 4.10. Hubungan curah hujan berulang terhadap Kerapatan relatif tanah

Sampel Tanah	Frekuensi hujan					Keterangan
	F1	F2	F3	F4	F5	
ST.1	0.4037	0.46186	0.48995	0.49854	0.51504	Gradasi sampel dapat dilihat pada tabel 3.1
ST.2	0.62263	0.71079	0.80113	0.81749	0.81769	
ST.3	0.81372	0.8299	0.88208	0.92066	0.92229	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan hubungan frekuensi curah hujan berulang terhadap kerapatan relatif tanah pada tabel 4.10 maka dibuatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.9 : Hubungan frekuensi curah hujan berulang terhadap Kerapatan relatif tanah

Dari hasil pengamatan kerapatan relatif tanah (Dr) yang terdapat pada gambar 4.9, maka dapat disimpulkan bahwa, untuk sampel tanah pertama ST.1 intensitas

curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) frekuensi hujan pertama (F1), menunjukkan nilai kerapatan relatif tanah = 0,40370, hal ini terjadi akibat dari pukulan air hujan buatan pada alat *rainfall simulator* di laboratorium, yang mana pada frekuensi hujan F2 = 0,46186, F3 = 0,48995, F4 = 0,49854, F5 = 0,51504, menunjukkan peningkatan nilai kerapatan relatif tanah pada tiap-tiap frekuensi hujan sebelumnya, hal ini diakibatkan oleh variasi gradasi tanah dan pukulan air hujan buatan yang terjadi pada setiap frekuensi.

Untuk sampel tanah ke dua (ST.2) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan peningkatan kerapatan relatif tanah pada setiap frekuensi hujan, akan tetapi peningkatan nilai kerapatan relatif tanah yang terjadi pada frekuensi hujan pertama (F1) sampel tanah ke dua (ST.2) lebih besar jika dibandingkan peningkatan nilai kerapatan relatif tanah yang terjadi pada frekuensi hujan pertama (F1) sampel tanah pertama (ST.1), untuk sampel tanah ke tiga (ST.3) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan peningkatan nilai kerapatan relatif tanah pada setiap frekuensi hujan. Pada frekuensi hujan pertama (F1) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun (I_{15}).

Hal ini diakibatkan oleh perbedaan gradasi tanah sehingga terjadi peningkatan nilai kerapatan relatif tanah yang lebih besar jika dibandingkan dengan peningkatan nilai kerapatan relatif tanah yang terjadi setiap frekuensi.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Dari uraian pada bagian pembahasan hasil penelitian selanjutnya dapat dikemukakan beberapa hal yang menjadi kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori pada sampel tanah pertama (ST.1), sampel tanah kedua (ST.2), dan sampel tanah ketiga (ST.3), mengalami perubahan yang menunjukkan penurunan angka pori pada setiap frekuensi hujan dan pengaruh gradasi tanah terhadap kerapatan relatif pada sampel tanah pertama (ST.1), sampel tanah kedua (ST.2), sampel tanah ketiga (ST.3) mengalami perubahan yang menunjukkan peningkatan kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan hal ini diakibatkan oleh perbedaan variasi gradasi tanah dan pukulan air hujan dengan intensitas hujan yang sama.
2. Hubungan curah hujan berulang terhadap angka pori dan kerapatan relatif mengalami penurunan angka pori dan peningkatan kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan dikarenakan oleh pukulan air hujan yang semakin di hujani semakin besar pula pukulan air hujan yang terjadi terhadap tanah, maka tanah semakin padat sehingga mengalami peningkatan kerapatan relatif dan angka pori pada tanah semakin kecil.

B. SARAN

Dalam penelitian menggunakan jenis gradasi tanah yang berbeda (Pasir, Lanau dan Lempung) dan menggunakan curah hujan wilayah Gowa, yaitu intensitas

curah hujan yang sama I_{15} , dengan frekuensi hujan yang berbeda (F1,F2,F3,F4,F5) ,
disarankan pada penelitian berikutnya menggunakan 3 jenis tanah berbeda dengan
intensitas curah hujan wilayah yang berbeda dan frekuensi hujan yang bervariasi.

L

A

M

P

I

R

A

N



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 22 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

SAND CONE TEST (LANAU)

No. Titik		B
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol + Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4280
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1401
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	3905
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	754
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	3905
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - wf	Gram	2125
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1499,72
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,604
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,965

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 44,51 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,965}{2,1} \times 100 \% = 93,260 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 22 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

SAND CONE TEST (LEMPUNG)

No. Titik		C
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4280
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1194
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4585
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	547
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4585
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2539
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / ρ_{sand}	Cm ³	1791,91
Berat isi tanah basah $\rho_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,559
Berat isi tanah kering $\rho_d = \rho_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,931

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 41,30 %

Berat Isi kering Lab ($\rho_d Lab$) = 2,0 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\rho_d Lab}{\rho_d}$ x 100 % = $\frac{1,931}{2,0}$ x 100 % = 95,926 %



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 24 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

HASIL PERHITUNGAN ANALISA SARINGAN

SAMPEL B (LANAU)

No	Saringan No.	Berat Tertahan		Berat Kumulatif	
		gr	%	Tertahan	Lolos
1	4	0	0	0,00	100,0
2	8	0	0	0,00	100,0
3	16	406	15,68	15,68	84,32
4	40	925	35,73	15,41	48,59
5	50	449	17,34	68,75	31,25
6	100	626	24,18	92,93	7,1
7	200	70	2,70	95,00	4,4
8	Pan	113	4	100,00	0,0
Total		2589	100	388	-



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 24 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

HASIL PERHITUNGAN ANALISA SARINGAN

SAMPEL C (LEMPUNG)

No	Saringan No.	Berat Tertahan		Berat Kumulatif	
		gr	%	Tertahan	Lolos
1	4	0	0	0,00	100,0
2	8	50	1,76	0,00	98,24
3	16	367	12,94	15,68	85,30
4	40	648	22,85	15,41	62,45
5	50	162	5,712	81,81	56,73
6	100	1093	38,54	92,70	18,2
7	200	309	10,90	95,00	7,3
8	Pan	207	7,30	100,00	0,0
Total		2836	100	401	-



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 24 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

HASIL PERHITUNGAN ANALISA SARINGAN

SAMPEL A (PASIR)

No	Saringan No.	Berat Tertahan		Berat Kumulatif	
		gr	%	Tertahan	Lolos
1	4	0	0	0,00	100,0
2	8	0	0	0,00	100,0
3	16	103	9,20	9,20	90,8
4	40	385	34,38	43,57	56,4
5	50	272	24,29	67,86	32,1
6	100	270	24,11	91,96	8,0
7	200	34	3,04	95,64	5,0
8	Pan	56	5	100,00	0,0
Total		1120	100	408	-



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

PEMERIKSAAN KADAR AIR

SAMPEL B (LANAU)

No. Tin Box			I	II	III
A	Berat Tin Box	gram	13	13	13
B	Berat Tin Box + Tanah Basah	gram	103	107	105
C	Berat Tin Box + Tanah Kering	gram	75	78	77
D	Berat Air (B - C)	gram	28	29	28
E	Berat Tanah Kering (C-A)	gram	62	65	64
F	Kadar Air ($W = (D/E*100\%)$)	%	45,2	44,6	43,8
G	Rata Rata	%	44,51		



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

PEMERIKSAAN KADAR AIR

SAMPEL C (LEMPUNG)

No. Tin Box		I	II	III	
A	Berat Tin Box	gram	13	13	13
B	Berat Tin Box + Tanah Basah	gram	143	138	127
C	Berat Tin Box + Tanah Kering	gram	103	99	98
D	Berat Air (B - C)	gram	40	39	29
E	Berat Tanah Kering (C-A)	gram	90	86	85
F	Kadar Air ($W = (D/E*100\%)$)	%	44,4	45,3	34,1
G	Rata Rata	%	41,30		



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

PEMERIKSAAN KADAR AIR

SAMPEL A (PASIR)

No. Tin Box			I	II	III
A	Berat Tin Box	gram	13	13	13
B	Berat Tin Box + Tanah Basah	gram	93	102	117
C	Berat Tin Box + Tanah Kering	gram	79	75	94
D	Berat Air (B - C)	gram	14	27	23
E	Berat Tanah Kering (C-A)	gram	66	62	81
F	Kadar Air ($W = (D/E*100\%)$)	%	21,2	43,5	28,4
G	Rata Rata	%	31,05		



BERAT JENIS TANAH (SPESIFIK GRAFITY), G_s

SAMPEL II (LANAU)

Nomor Percobaan	I	II
Berat Piknometer, W ₁ (gram)	151	151
Berat Piknometer + air, W ₂ (gram)	302	303
Berat Piknometer + air + tanah, W ₃ (gr)	317	318
Berat tanah kering, W _s (gram)	24	24
Temperatur, °C	27	27
Faktor koreksi, a	0,99655	0,99655
Berat Jenis, G _s	2,6575	2,6575
Berat Jenis Rata-rata, G _s	2,6575	



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

BERAT JENIS TANAH (SPESIFIK GRAVITY), G_s

SAMPEL C (LEMPUNG)

Nomor Percobaan	I	II
Berat Piknometer, W ₁ (gram)	151	151
Berat Piknometer + air, W ₂ (gram)	303	304
Berat Piknometer + air + tanah, W ₃ (gr)	319	320
Berat tanah kering, W _s (gram)	26	25
Temperatur, °C	27	27
Faktor koreksi, a	0,99655	0,99655
Berat Jenis, G _s	2,59	2,77
Berat Jenis Rata-rata, G _s	2,68	

]



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

BERAT JENIS TANAH (SPESIFIK GRAVITY), G_s

SAMPEL A (PASIR)

Nomor Percobaan	I	II
Berat Pikhnometer, W ₁ (gram)	155	155
Berat Pikhnometer + air, W ₂ (gram)	290	301
Berat Pikhnometer + air + tanah, W ₃ (gr)	305	318
Berat tanah kering, W _s (gram)	24	27
Temperatur, °C	27	26
Faktor koreksi, a	0,99655	0,99682
Berat Jenis, G _s	2,66	2,69
Berat Jenis Rata-rata, G _s	2,67	

]



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 26 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

HASIL PERHITUNGAN HIDROMETER

SAMPEL B (LANAU)

Berat Jenis (Gs) = 2,66 gram/cm³

Zero Correction = 1

Meniscus Correction = 6,75

Gs Correction

{ $\alpha = Gs / [(Gs - 1) \times Gs]$ } = 0,995

Berat Tanah, Ws = 60 gram

Waktu (Menit)	T (°C)	R	Rcp	%Butiran Halus a.Rcp/Ws x 100	Rcl	L (Cm)	K	D K (L/t) ^{0.5}
0,25	27	15	16,00	26,55	16,00	13,80	0,01254	0,093
0,50	27	14	15,00	24,89	15,00	14,00	0,01254	0,066
1	27	13	14,00	23,23	14,00	14,20	0,01254	0,047
2	27	12	13,00	21,57	13,00	14,30	0,01254	0,034
4	27	6	7,00	11,61	7,00	15,30	0,01254	0,025
8	27	0,9	1,90	3,15	1,90	16,12	0,01254	0,018
15	27	0,8	1,80	2,99	1,80	16,14	0,01254	0,013
30	27	0,8	1,80	2,99	1,80	16,14	0,01254	0,009
60	27	0,7	1,70	2,82	1,70	16,16	0,01254	0,007
90	27	0,7	1,70	2,82	1,70	16,16	0,01254	0,005
120	27	0,6	1,60	2,65	1,60	16,18	0,01254	0,005
240	27	0,6	1,60	2,65	1,60	16,18	0,01254	0,003
1440	27	0,6	1,60	2,65	1,60	16,18	0,01254	0,001



**LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 26 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

HASIL PERHITUNGAN HIDROMETER

SAMPEL C(LEMPUNG)

Berat Jenis (Gs) = 2,68 gram/cm³

Zero Correction = 1

Meniscus Correction = 6,75

Gs Correction

{ $\alpha = G_s / [(G_s - 1) \times G_s]$ } = 0,982

Berat Tanah, Ws = 60 gram

Waktu	T	R	Rcp	%Butiran Halus	Rcl	L	K	D
(Menit)	(°)			a.Rcp/Ws x 100		(Cm)		K (L/t) ^{0.5}
0,25	27	13	14,00	23,23	14	14,2	0,01247	0,094
0,50	27	13	14,00	23,23	14	14,2	0,01247	0,066
1	27	13	14,00	23,23	14	14,2	0,01247	0,047
2	27	12	13,00	21,57	13	14,3	0,01247	0,033
4	27	11	12,00	19,91	12	14,5	0,01247	0,024
8	27	6	7,00	11,61	7	15,3	0,01247	0,017
15	27	3	4,00	6,64	4	15,8	0,01247	0,013
30	27	1,5	2,50	4,15	2,5	16,05	0,01247	0,009
60	27	0,9	1,90	3,15	1,9	16,12	0,01247	0,006
90	27	0,7	1,70	2,82	1,7	16,16	0,01247	0,005
120	27	0,6	1,60	2,65	1,6	16,18	0,01247	0,005
240	27	0,4	1,40	2,32	1,4	16,22	0,01247	0,003
1440	27	0,2	1,20	1,99	1,2	16,26	0,01247	0,001



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 26 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

HASIL PERHITUNGAN HIDROMETER

SAMPEL A (PASIR)

Berat Jenis (Gs) = 2,67 gram/cm³

Zero Correction = 1

Meniscus Correction = 6,75

Gs Correction

{ $\alpha = G_s / [(G_s - 1) \times G_s]$ } = 0,985

Berat Tanah, W_s = 50 gram

Waktu	T	R	R _{cp}	%Butiran Halus	R _{cl}	L	K	D
(Menit)	(°)			a.R _{cp} /W _s x 100		(Cm)		K (L/t) ^{0.5}
0,25	27	21	22,00	36,50	22,00	12,90	0,01250	0,08982
0,50	27	18	19,00	31,52	19,00	13,30	0,01250	0,06449
1	27	17	18,00	29,86	18,00	13,50	0,01250	0,045943
2	27	16	17,00	28,21	17,00	13,70	0,01250	0,032726
4	27	14,5	15,50	25,72	15,50	13,90	0,01250	0,023309
8	27	12	13,00	21,57	13,00	14,30	0,01250	0,016718
15	27	9,5	10,50	17,42	10,50	14,75	0,01250	0,012399
30	27	8	9,00	14,93	9,00	15,00	0,01250	0,008842
60	27	7	8,00	13,27	8,00	15,20	0,01250	0,006294
90	27	6	7,00	11,61	7,00	15,30	0,01250	0,005156
120	27	5,5	6,50	10,78	6,50	15,40	0,01250	0,004479
240	27	4,5	5,50	9,13	5,50	15,55	0,01250	0,003183
1440	27	4	5,00	8,30	5,00	15,60	0,01250	0,001301



**LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 27 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

KOMPAKSI

Sampel B (LANAU)

Berat tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	31,05	31,05	31,05	31,05	31,05
Penambahan air	ml	350	360	370	380	390
Kadar air akhir		50,48	50,98	51,48	51,98	52,1

Berat Isi Basah (Wet Density)

No. Mould		1	2	3	4	5
Berat mould	gram	2142	2142	2142	2142	2142
Berat tanah basah + mould	gram	4175	4275	4193	4201	4256
Berat tanah basah, W _{wet}	gram	2033	2133	2051	2059	2114
Volume mould	cm ³	1177,5	117,5	117,5	117,5	117,5
Berat volume basah $\nu_{wet} = W_{wet}/V_{mould}$	gr/cm ³	1,727	1,811	1,742	1,749	1,795

Kadar Air (Water Content)

No. Container		A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B
Berat Container	gr	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Berat tanah basah + Container	gr	132	128	129	126	131	130	134	130	138	135	134	137	141	142	146
Berat tanah kering + Container	gr	109	103	104	102	105	105	109	106	106	106	107	108	109	112	114
Berat air	gr	23	25	25	24	26	25	25	24	32	29	27	29	32	31	32
Berat tanah kering	gr	96	90	91	89	92	92	96	93	93	93	94	95	96	99	101
Kadar air	%	23,96	27,78	27,47	26,97	28,26	27,17	26,04	25,81	3,41	31,18	28,72	30,53	33,33	31,31	31,68
Kadar air rata-rata	%	26,403			27,467			28,752			30,144			32,11		

Berat isi kering (Dry Density)

Berat tanah basah, W _{wet}	gram	2033	2133	2051	2059	2114
Kadar air rata-rata	%	26,403	27,467	28,752	30,144	32,11
Berat kering, $W_{dry} = W_{wet} / (1+(W/100))$	gram	1608,35	1687,46	1622,59	1628,92	1672,43
Volume mould	cm ³	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5
Berat isi kering, $\nu_{dry} = W_{dry}/V_{mould}$	gr/cm ³	1,366	1,433	1,378	1,383	1,42
$\nu_w = G_s / ((1+W) \times G_s)$	gr/cm ³	1,606	1,579	1,548	1,515	1,471



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 28 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

KOMPAKSI

Sampel C (LEMPUNG)

Berat tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	44,51	44,51	44,51	44,51	44,51
Penambahan air	ml	350	360	370	380	390
Kadar air akhir		64,24	64,74	65,24	65,74	66,24

Berat Isi Basah (Wet Density)

No. mould		1	2	3	4	5
Berat mould	gram	2142	2142	2142	2142	2142
Berat tanah basah + mould	gram	4185	4285	4203	4211	4266
Berat tanah basah, W_{wet}	gram	2043	2143	2061	2069	2124
Volume mould	cm ³	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5
Berat volume basah $\rho_{wet} = W_{wet}/V_{mould}$	gr/cm ³	1,735	1,819	1,75	1,757	1,803

Kadar Air (Water Content)

No. Container		A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B
Berat Container	gr	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Berat tanah basah + Container	gr	96	86	96	102	103	105	105	104	107	109	111	112	114	117	119
Berat tanah kering + Container	gr	82	73	83	89	84	86	87	87	89	88	90	91	93	94	96
Berat air	gr	14	13	13	16	17	19	18	17	18	20	21	21	21	23	23
Berat tanah kering	gr	68	60	70	76	71	73	74	74	76	75	77	78	80	81	83
Kadar air	%	14,68	13,6	13,7	16,76	17,71	19,73	18,74	17,74	18,76	20,75	21,77	21,78	21,8	23,81	23,83
Kadar air rata-rata	%	13,993			18,067			18,413			21,433			23,147		

Berat isi kering (Dry Density)

Berat tanah basah, W_{wet}	gram	2043	2143	2061	2069	2124
Kadar air rata-rata	%	13,993	18,067	18,413	21,433	23,147
Berat kering, $W_{dry} = W_{wet} / (1+(W/100))$	gram	1792,210	1815,076	1740,513	1703,816	1724,773
Volume mould	cm ³	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5
Berat isi kering, $\rho_{dry} = W_{dry}/V_{mould}$	gr/cm ³	1,522	1,541	1,478	1,447	1,465
$\rho_w = G_s / ((1+W) \times G_s)$	gr/cm ³	1,938	1,797	1,785	1,694	1,646



**LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 27 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

KOMPAKSI

Sampel A (PASIR)

Berat tanah	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	41,3	41,3	41,3	41,3	41,3
Penambahan air	ml	350	360	370	380	390
Kadar air akhir		60,87	61,37	61,87	62,37	62,87

Berat Isi Basah (Wet Density)

No. mould		1	2	3	4	5
Berat mould	gram	2142	2142	2142	2142	2142
Berat tanah basah + mould	gram	4195	4295	4213	4221	4276
Berat tanah basah, Wwet	gram	2053	2153	2071	2079	2134
Volume mould	cm ³	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5
Berat volume basah $\gamma_{wet} = \frac{W_{wet}}{V_{mould}}$	gr/cm ³	1,743	1,828	1,758	1,765	1,812

Kadar Air (Water Content)

No. Container		A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B	A	T	B
Berat Container	gr	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Berat tanah basah + Container	gr	126	110	113	128	120	129	126	127	129	128	129	130	129	130	131
Berat tanah kering + Container	gr	104	90	90	106	99	106	103	103	105	104	104	105	102	103	103
Berat air	gr	22	20	23	22	21	23	23	24	24	24	25	25	27	27	28
Berat tanah kering	gr	91	77	77	93	86	93	90	90	92	91	91	92	89	90	90
Kadar air	%	22,91	20,77	23,77	22,93	21,86	23,93	23,9	24,9	24,92	24,91	25,91	25,92	27,89	27,9	28,9
Kadar air rata-rata	%	22,483			22,907			24,573			25,580			28,230		

Berat isi kering (Dry Density)

Berat tanah basah, Wwet	gram	2053	2153	2071	2079	2134
Kadar air rata-rata	%	22,483	22,907	24,573	25,580	28,230
Berat kering, Wdry = $\frac{W_{wet}}{1+(W/100)}$	gram	1676,15	1751,73	1662,47	1655,51	1664,19
Volume mould	cm ³	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5
Berat isi kering, $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm ³	1,423	1,488	1,412	1,406	1,413
$\gamma_w = \frac{G_s}{(1+W) \times G_s}$	gr/cm ³	1,672	1,661	1,616	1,590	1,526



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
 Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

BATAS CAIR SAMPEL C (LEMPUNG)

No Test	1		2		3		4		5	
Jumlah Pukulan	14		16		20		24		32	
No Continer	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Berat Continer (W1)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Berat Continer + Berat Tanah Basah (W2)	18	17	19	18	16	18	18	18	19	22
Berat Continer + Berat Tanah Kering (W3)	17	16	17	17	15	17	16	17	17	19
Berat Air (W _w)= W2 -W3	1	1	2	1	1	1	2	1	2	3
Berat Tanah Kering (W _d) = W3 - W1	4	3	4	4	2	4	3	4	4	6
Kadar Air (W _w /W _d x100)	25,00	33,33	50,00	25,00	50,00	25,00	66,67	25,00	50,00	50,00
Rata-rata	29,17		37,50		37,50		45,83		50,00	
Kadar Air Rata-rata	40,00									

BATAS PLASTIS

No. test		I	II	III
No. Continer				
Berat continer (W1)	Gram	13	13	13
Berat tanah basah + Berat continer (W2)	Gram	22	21	20
Berat tanah kering+ Berat continer (W3)	Gram	20	19	18
Berat tanah basah (W4=W2-W1)	Gram	9	8	7
Berat tanah kering (W5=W3-W1)	Gram	7	6	5
Berat air (W6=W4-W5)	Gram	2	2	2
Batas plastis (W _w /W _d *100%)	%	28,571	33,333	40
Batas plastis rata-rata	%	33,968		

Indeks Plastisitas PI = LL - PL

PI = 40,00 - 33,968 = 6,032 %



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
 Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

BATAS CAIR SAMPEL B (LANAU)

No Test	1		2		3		4		5	
Jumlah Pukulan	17		22		26		28		32	
No Continer	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Berat Continer (W1)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Berat Continer + Berat Tanah Basah (W2)	19	18	17	18	17	17	17	16	18	18
Berat Continer + Berat Tanah Kering (W3)	18	17	16	17	16	16	16	15	16	17
Berat Air (W _w) = W2 - W3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Berat Tanah Kering (W _d) = W3 - W1	5	4	3	4	3	3	3	2	3	4
Kadar Air (W _w /W _d ×100)	20,00	25,00	33,33	25,00	33,33	33,33	33,33	50,00	66,67	25,00
Rata-rata	22,50		29,17		33,33		41,67		45,83	
Kadar Air Rata-rata	34,50									

BATAS PLASTIS

No. test		I	II	III
No. Continer				
Berat continer (W1)	Gram	13	13	13
Berat tanah basah + Berat continer (W2)	Gram	20	19	18
Berat tanah kering+ Berat continer (W3)	Gram	19	18	17
Berat tanah basah (W4=W2-W1)	Gram	7	6	5
Berat tanah kering (W5=W3-W1)	Gram	6	5	4
Berat air (W6=W4-W5)	Gram	2	1	1
Batas plastis (W _w /W _d *100%)	%	33,33	20	25
Batas plastis rata-rata	%	26,111		

Indeks Plastisitas PI = LL - PL

$$PI = 34,50 - 26,111 = 8,389 \%$$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

BATAS CAIR SAMPEL A (PASIR)

No Test	1		2		3	
Jumlah Pukulan	10		15		23	
No Continer	A	B	A	B	A	B
Berat Continer (W1)	13	13	13	13	13	13
Berat Continer + Berat Tanah Basah (W2)	25	25	27	25	23	20
Berat Continer + Berat Tanah Kering (W3)	21	21	20	21	18	15
Berat Air (W _w) = W2 - W3	4	4	7	4	5	5
Berat Tanah Kering (W _d) = W3 - W1	8	8	7	8	5	2
Kadar Air (W _w /W _d x100)	50,00	50,00	100,00	50,00	100,00	250,00
Rata-rata	50,00		75,00		175,00	
Kadar Air Rata-rata	100,00					

BATAS PLASTIS

No. test		I	II	III
No. Continer				
Berat continer (W1)	Gram	13	13	13
Berat tanah basah + Berat continer (W2)	Gram	21	20	19
Berat tanah kering+ Berat continer (W3)	Gram	19	19	18
Berat tanah basah (W4=W2-W1)	Gram	8	7	6
Berat tanah kering (W5=W3-W1)	Gram	6	6	5
Berat air (W6=W4-W5)	Gram	2	1	1
Batas plastis (W _w /W _d *100%)	%	33,333	16,6667	20
Batas plastis rata-rata	%	23,333		

Indeks Plastisitas PI = LL - PL

PI = 100 - 23,333 = 76,667 %



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

BATAS CAIR SAMPEL A (P)

No Test	1		2		3	
Jumlah Pukulan	10		15		23	
No Continer	A	B	A	B	A	B
Berat Continer (W1)	13	13	13	13	13	13
Berat Continer + Berat Tanah Basah (W2)	30	34	27	25	23	19
Berat Continer + Berat Tanah Kering (W3)	22	25	19	18	17	14
Berat Air (W _w) = W2 - W3	8	9	8	7	6	5
Berat Tanah Kering (W _d) = W3 - W1	9	12	6	5	4	1
Kadar Air (W _w /W _d x100)	36,36	36	42,11	38,89	35,29	35,71
Rata-rata	36,18		40,50		35,50	
Kadar Air Rata-rata	37,39					

BATAS PLASTIS

No. test		I	II	III
No. Continer				
Berat continer (W1)	Gram	13	13	13
Berat tanah basah + Berat continer (W2)	Gram	21	20	19
Berat tanah kering+ Berat continer (W3)	Gram	19	19	18
Berat tanah basah (W4=W2-W1)	Gram	8	7	6
Berat tanah kering (W5=W3-W1)	Gram	6	6	5
Berat air (W6=W4-W5)	Gram	2	1	1
Batas plastis (W _w /W _d *100%)	%	33,333	16,6667	20
Batas plastis rata-rata	%	23,333		

Indeks Plastisitas PI = LL - PL

PI = 37,39 - 23,333 = 14,06 %



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 26 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

BATAS SUSUT
SAMPEL II (LANAU)

No. Cawan susut	Gram	
Berat cawan + tanah kering(W1)	Gram	111
Berat cawan susut (W2)	Gram	84
Berat tanah kering($W_o=W1-W2$)	Gram	27
Berat air raksa yang disedot tanah kering + cawan(W3)	Gram	172
Berat cawan(W4)	Gram	5
Berat air raksa($W5=W3-W4$)	Gram	167
Volume tanah kering($V_o=W5/13,6$)	Cm^3	12,27941
Batas susut tanah($SL=(V_o/W_o - 1/G)*100$)	%	8,16047



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 26 Februari 2018

Nama : 1. Kasmawati 3. Hariasa 5. Alamsyah
 2. Nurhikmah 4. Satriana 6. Ilham Sudirman

BATAS SUSUT

SAMPEL C (LEMPUNG)

No. Cawan susut	Gram	
Berat cawan + tanah kering(W1)	Gram	104
Berat cawan susut (W2)	Gram	71
Berat tanah kering($W_o=W1-W2$)	Gram	33
Berat air raksa yang disedot tanah kering + cawan(W3)	Gram	268
Berat cawan(W4)	Gram	5
Berat air raksa($W5=W3-W4$)	Gram	263
Volume tanah kering($V_o=W5/13,6$)	Cm ³	19,33824
Batas susut tanah($SL=(V_o/W_o - 1/G)*100$)	%	21,28188

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN INTENSITAS CURAH HUJAN

A. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata - Rata

Perhitungan curah hujan maksimum harian rata - rata menggunakan metode rata - rata Aljabar mengikuti persamaan (1). Sampel perhitungan tahun 2008 dengan data curah hujan maksimum harian masing – masing stasiun: Cambayya, Paku dan B.Ramba dengan data berturut – turut:

Adapun rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan maksimum harian rata – rata dengan metode Aljabar disajikan dalam table dibawah ini.

Tabel 1. Rekapitulasi hujan maksimum harian rata – rata

No	Tahun	Hujan Maks Harian Rata-rata
1	2008	67
2	2009	51
3	2010	60
4	2011	54
5	2012	52
6	2013	71
7	2014	34
8	2015	92
9	2016	44
10	2017	67

Sumber : Hasil Perhitungan

B. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi dilakukan secara bertahap, diawali dengan pengukuran dispersi, baik untuk dispersi normal maupun dispersi logaritma untuk menghitung parameter – parameter statistiknya. Parameter statistik tersebut antara lain koefisien

kemencengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variasi (Cv), kemudian dapat disimpulkan jenis distribusi apa yang dapat digunakan. Langkah – langkah yang harus dilakukan untuk melakukan analisa frekuensi akan dijabarkan dalam uraian sebagai berikut:

1. Parameter statistik

Untuk menghitung parameter statistik, dibutuhkan data hasil pengukuran dispersi yaitu nilai rata – rata dan standar deviasi yang dihitung dengan menggunakan persamaan (2) dan (3). Koefisien variasi (Cv), koefisien kepengcengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan dihitung dengan menggunakan persamaan (4), (5) dan (6). Hasil perhitungan diuraikan sebagai berikut:

Tabel 2. Pengukuran Dispersi

n	Tahun	Xi	Xr	(Xi-Xr)	(Xi-Xr) ²	(Xi-Xr) ³	(Xi-Xr) ⁴
1	2015	92.000	59.067	32.933	1084.604	35719.640	1176366.801
2	2013	71.000	59.067	11.933	142.404	1699.360	20279.026
3	2008	66.667	59.067	7.600	57.760	438.976	3336.218
4	2017	66.667	59.067	7.600	57.760	438.976	3336.218
5	2010	59.667	59.067	0.600	0.360	0.216	0.130
6	2011	53.667	59.067	-5.400	29.160	-157.464	850.306
7	2012	52.000	59.067	-7.067	49.938	-352.894	2493.782
8	2009	50.667	59.067	-8.400	70.560	-592.704	4978.714
9	2016	44.000	59.067	-15.067	227.004	-3420.200	51531.018
10	2014	34.333	59.067	-24.733	611.738	-15130.314	374223.109
Σ		590.667			2331.289	18643.591	1637395.319

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai rata – rata (Xr) :

$$Xr = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{590,667}{10} = 59.067 \text{ mm} \dots\dots\dots(1)$$

Standar Deviasi (S) :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Xi-Xr)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2)$$

$$= \sqrt{\frac{2331,289}{n-1}}$$

$$= 16,094$$

Koefisien Skewness (Cs) :

$$Cs = \frac{n \sum(Xi-Xr)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(3)$$

$$= \frac{10 \times 18643,591}{9 \times 8 \times 16,094^3}$$

$$= \frac{186435,911}{300166,950}$$

$$= 0,621$$

Koefisien Kurtosis (Ck) :

$$Ck = \frac{n^2 \sum(Xi-Xr)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots(4)$$

$$= \frac{10^2 \times 1637395,319}{9 \times 8 \times 7 \times 16,094^4}$$

$$= \frac{163739531,891}{33817204,608}$$

$$= 4,842$$

Koefisien Variasi (Cv) :

$$Cv = \frac{Sd}{Xr} \dots\dots\dots(5)$$

$$= \frac{16,094}{59,067}$$

$$= 0,272$$

Untuk analisa frekuensi dengan Logaritma juga dilakukan perhitungan parameter statistik dengan tahap seperti diatas. Pengukuran dispersi Logaritma yaitu nilai rata – rata dan standar deviasi dihitung dengan menggunakan persamaan (7) dan (8).

Koefisien kemencengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variasi (Cv) dihitung dengan menggunakan persamaan (9), (10) dan (11). Hasil perhitungan diuraikan pada table 3.

Nilai rata – rata (Log Xr) :

$$\begin{aligned} \text{Log Xr} &= \frac{\sum \text{Log Xi}}{n} \dots\dots\dots(6) \\ &= \frac{17,568}{10} \\ &= 1,757 \end{aligned}$$

Standar deviasi (Sd) :

$$\begin{aligned} \text{Sd} &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xr})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(7) \\ &= \sqrt{\frac{0,12797}{10-1}} \\ &= 0,119 \end{aligned}$$

Koefisien Skewness (Cs) :

$$\begin{aligned} \text{Cs} &= \frac{n \sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xr})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots(8) \\ &= \frac{10 \times 0,00218}{9 \times 8 \times 0,119^3} \\ &= \frac{0,02177}{0,178} \end{aligned}$$

Koefisien kurtosis (Ck) :

$$\begin{aligned} \text{Ck} &= \frac{n^2 \sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xr})^4}{(n-1)(n-2)Sd^4} \dots\dots\dots(9) \\ &= \frac{10^2 \times 0,00452087}{9 \times 8 \times 7 \times 0,119^4} \\ &= \frac{0,45209}{0,10189} \end{aligned}$$

$$= 4,437$$

Koefisien variasi (Cv) :

$$Cv = \frac{Sd}{Log Xr} \dots\dots\dots(10)$$

$$= \frac{0,119}{1,757}$$

$$= 0,068$$

Tabel 3. Pengukuran dispersi dengan Logaritma

n	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xr	(Log Xi - Log Xr)	(Log Xi - Log Xr) ²	(Log Xi - Log Xr) ³	(Log Xi - Log Xr) ⁴
1	2015	92.000	1.964	1.757	0.207	0.04283591	0.00886568	0.00183492
2	2013	71.000	1.851	1.757	0.094	0.00891871	0.00084227	0.00007954
3	2008	66.667	1.824	1.757	0.067	0.00450097	0.00030197	0.00002026
4	2017	66.667	1.824	1.757	0.067	0.00450097	0.00030197	0.00002026
5	2010	59.667	1.776	1.757	0.019	0.00035768	0.00000676	0.00000013
6	2011	53.667	1.730	1.757	-0.027	0.00073521	-0.00001994	0.00000054
7	2012	52.000	1.716	1.757	-0.041	0.00166595	-0.00006800	0.00000278
8	2009	50.667	1.705	1.757	-0.052	0.00271411	-0.00014140	0.00000737
9	2016	44.000	1.643	1.757	-0.113	0.01285202	-0.00145699	0.00016517
10	2014	34.333	1.536	1.757	-0.221	0.04888674	-0.01080903	0.00238991
Σ		590.667	17.568			0.12796829	-0.00217670	0.00452087

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Menentukan jenis distribusi

Untuk menentukan jenis distribusi, acuan yang digunakan adalah standar uji parameter statistik yang dikemukakan di tabel 2. Nilai koefisien kemencengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variasi (Cv) masing – masing jenis distribusi dicocokkan dengan hasil perhitungan sehingga dapat ditarik kesimpulan jenis distribusi mana yang sesuai. Hasil uji parameter statistic diperlihatkan pada tabel 4.

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang dapat digunakan adalah distribusi metode Log Person tipe III.

Tabel 4. Uji parameter statistik

Jenis Distribusi / Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$	0.621 4.842	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs = 1.1396$ $Ck = 5.4002$	0.621 4.842	Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = C v^3 + 3 C v$ $Ck = C v^8 + 6 C v^6 + 15 C v^4 + 16 C v^2 + 3$	0.818 4.273	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Selain dari nilai-nilai diatas	$Cs = -0.178$ $Ck = 4.437$	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan

3. Analisa jenis distribusi

Berdasarkan hasil uji parameter statistik, jenis distribusi yang dapat digunakan yaitu distribusi Log Person III.

Metode perhitungan Log Person III digunakan untuk menganalisa curah hujan rencana. Untuk perhitungan dengan metode Log Person III dijelaskan contoh prosedur perhitungan dengan periode ulang 15 tahun, $n = 30$ tahun dengan menggunakan persamaan (12), (13) dan (14).

Perhitungan curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan persamaan (15), dengan konstanta Log Person tipe III (G) yang ditentukan berdasarkan nilai koefisien kemencengan (Cs) yang disajikan pada tabel 4. Dari perhitungan didapatkan nilai $Cs = -0,178$. Perhitungan nilai konstanta G berdasarkan nilai Cs tersebut dilakukan dengan cara interpolasi. Hasil perhitungan nilai konstanta G disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Tabel nilai G untuk Cs = -0,178

Cs	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	15	25	50	100	200
-0.10	0.017	0.846	1.270	1.419	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.178	0.030	0.849	1.261	1.403	1.688	1.957	2.194	2.408
-0.20	0.033	0.850	1.258	1.399	1.680	1.945	2.178	2.388

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Log Person III untuk periode ulang 15 tahun disajikan pada table 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan nilai X untuk setiap kala ulang (T) tahun

T	Log X _r	G	Sd	Log X _T	X _T
2	1.757	0.030	0.119	1.760	57.6
5	1.757	0.849	0.119	1.858	72.1
10	1.757	1.261	0.119	1.907	80.7
15	1.757	1.403	0.119	1.924	84.0
25	1.757	1.688	0.119	1.958	90.8
50	1.757	1.957	0.119	1.990	97.8
100	1.757	2.194	0.119	2.018	104.3
200	1.757	2.408	0.119	2.044	110.7

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Analisa intensitas curah hujan

Analisa intensitas curah hujan menggunakan rumus Mononobe karena data curah hujan yang didapatkan adalah data curah hujan harian. Rumus Mononobe ditunjukkan pada persamaan (16) dengan data curah hujan rencana periode ulang 15 tahun yang didapatkan dari perhitungan : 152,581 mm.

Contoh perhitungan untuk t = 5 menit dapat dilihat pada uraian berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right) m \dots\dots\dots(11)$$

$$I_{15} = \frac{83,969}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right) 2/3 = 152,581 \text{ mm/jam}$$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 29 April 2018

Nama : 1. Kasmawati

2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		B01
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4279
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1196
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4690
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	549
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4690
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2534
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1788,9
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,622
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,979

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 44,51 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,979}{2,1} \times 100 \% = 93,925 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 30 April 2018

Nama : 1. Kasmawati
2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		B02
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4284
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1199
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4692
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	552
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4692
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2533
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1785,71
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,628
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,983

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 44,51 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,983}{2,1} \times 100 \% = 94,115 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 1 Mei 2018

Nama : 1. Kasmawati

2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		B03
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4286
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1199
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4694
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	552
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4694
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2535
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1786,13
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,628
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,983

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 44,51 %

Berat Isi kering Lab($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,983}{2,1} \times 100 \% = 94,115 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 2 Mei 2018

Nama : 1. Kasmawati
2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		B04
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4288
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1199
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4696
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	552
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4696
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2537
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1786,56
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,629
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,984

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 44,51 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lab}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,984}{2,1} \times 100 \% = 94,162 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 3 Mei 2018

Nama : 1. Kasmawati

2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		B05
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4289
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1198
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4648
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	551
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4648
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2540
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / g_{sand}$	Cm ³	1788,18
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,599
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,962

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 44,51 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,962}{2,1} \times 100 \% = 93,118 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 5 Mei 2018

Nama : 1. Kasmawati
2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		C01
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4280
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1201
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4586
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	554
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4586
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2525
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1782,03
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,573
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,942

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 41,30 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,0 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,942}{2,0} \times 100 \% = 96,473 \%$

\



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 6 Mei 2018

Nama : 1. Kasmawati
2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		C02
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4282
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1201
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4590
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	554
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4590
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2527
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1782,46
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,575
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,943

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 41,30 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,0 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,943}{2,0} \times 100 \% = 96,523 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 7 Mei 2018

Nama : 1. Kasmawati
2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		C03
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4280
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1203
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4586
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	556
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4586
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2521
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / ρ_{sand}	Cm ³	1779,20
Berat isi tanah basah $\rho_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,578
Berat isi tanah kering $\rho_d = \rho_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,945

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 41,30 %

Berat Isi kering Lab ($\rho_d Lab$) = 2,0 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\rho_d Lab}{\rho_d}$ x 100 % = $\frac{1,945}{2,0}$ x 100 % = 96,622 %



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 15 Mei 2018

Nama : 1. Kasmawati
2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		C04
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4288
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1208
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4588
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	561
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4588
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2519
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1773,89
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,586
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,952

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 41,30 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,0 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,952}{2,0} \times 100 \% = 96,97 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 16 Mei 2018

Nama : 1. Kasmawati
2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		C05
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	647
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	3211
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	4290
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1210
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4590
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	563
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4590
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	2517
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	1771,50
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	2,591
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,955

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 41,30 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,0 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,955}{2,0} \times 100 \% = 97,119 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

LAMPIRAN C
DATA LABORATORIUM

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar
Tanggal percobaan : 23 April 2018
Nama : 1. Kasmawati
2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		A01
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4897
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6746
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1976
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4373
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	1247
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4373
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	3523
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	2440,40
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	1,792
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,352

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 31,05 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,352}{2,1} \times 100 \% = 64,381 \%$



**LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 24 April 2018

Nama : 1. Kasmawati

2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		A02
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4897
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6757
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1987
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4373
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	1258
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4373
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	3512
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	2428,34
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	1,801
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,359

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 31,05 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,359}{2,1} \times 100 \% = 64,714 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 25 April 2018

Nama : 1. Kasmawati

2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		A03
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4897
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6756
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1986
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4373
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	1257
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4373
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	3513
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \rho_{sand}$	Cm ³	2429,43
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	1,800
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,358

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 31,05 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,358}{2,1} \times 100 \% = 64,667 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 26 April 2018

Nama : 1. Kasmawati

2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		A04
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4897
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6756
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1984
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4375
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	1255
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4375
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	3517
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	2432,20
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	1,799
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,358

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 31,05 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d Lab$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d Lap}{\gamma_d Lab} \times 100 \% = \frac{1,358}{2,1} \times 100 \% = 64,667 \%$



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
Jl. Sultan Alauddin No. 258 Telp. (0411) 886972. Fax (0411) 8655888 Makassar, 90211

Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar

Tanggal percobaan : 27 April 2018

Nama : 1. Kasmawati

2. Nurhikmah

SAND CONE TEST

No. Titik		A05
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4897
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6758
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1984
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4377
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat pasir di dalam botol (Wf) = W4 - W1	Gram	1255
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	4377
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	3519
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / g_{sand}	Cm ³	2432,77
Berat isi tanah basah $g_w = W / V$	Gram/Cm ³	1,799
Berat isi tanah kering $g_d = g_w / (1 + w)$	Gram/Cm ³	1,358

Data Kompaksi :

Kadar air optimum (w) = 31,05 %

Berat Isi kering Lab ($\gamma_d \text{ Lab}$) = 2,1 gr/cm³

Derajat Kepadatan = $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,358}{2,1} \times 100 \% = 64,667 \%$

LAMPIRAN D

ANALISA PERHITUNGAN

A. Perhitungan Angka pori Terhadap Frekuensi Hujan Pada Intensitas Curah Hujan I15

1. Perhitungan angka pori (sampel A) pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan yang sama (I15)

Diketahui:

$$G_s = 2,6744 \quad (\text{lampiran A, data berat jenis tanah lapangan})$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3 \quad (\text{Hary Christady Hardiyatmo, 2002, Meanika tanah 1})$$

- a. Frekuensi hujan pertama

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 2440,4 \text{ cm}^3 \quad (\text{lampiran C, data sand cone laboratorium})$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3353}{2,6744 \times 1} = 1253,74$$

$$V_v = V - V_s = 2440,4 - 1253,74 = 1186,66$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1186,66}{1253,74} = 0,94650$$

- b. Frekuensi hujan ke-2

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 2428,3 \text{ cm}^3 \quad (\text{lampiran C, data sand cone laboratorium})$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3364}{2,6744 \times 1} = 1257,852$$

$$V_v = V - V_s = 2428,3 - 1257,852 = 1170,488$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1170,488}{1257,852} = 0,93054$$

- c. Frekuensi hujan ke-3

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 2429,4 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3379}{2,6744 \times 1} = 1263,461$$

$$V_v = V - V_s = 2429,4 - 1263,461 = 1165,969$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1165,969}{1263,461} = 0,92284$$

d. Frekuensi hujan ke-4

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 2432,2 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3387}{2,6744 \times 1} = 1266,452$$

$$V_v = V - V_s = 2432,2 - 1266,452 = 1165,748$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1165,748}{1266,452} = 0,92048$$

e. Frekuensi hujan ke-5

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 2432,2 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3395}{2,6744 \times 1} = 1269,444$$

$$V_v = V - V_s = 2432,2 - 1269,444 = 1162,756$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1162,756}{1269,444} = 0,91596$$

2. Perhitungan angka pori (sampel B) pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala ulang lima belas tahun (I15) Diketahui:

$$G_s = 2,6575 \text{ (lampiran A, data berat jenis tanah lapangan)}$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3 \text{ (Hary Christady Hardiyatmo, 2002, Meanika tanah 1)}$$

a. Frekuensi hujan pertama

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1788,9 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{2754}{2,6575 \times 1} = 1036,312$$

$$V_v = V - V_s = 1788,9 - 1036,312 = 752,558$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{752,558}{1036,312} = 0,72619$$

b. Frekuensi hujan ke-2

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1785,7 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{2855}{2,6575 \times 1} = 1074,318$$

$$V_v = V - V_s = 1785,7 - 1074,318 = 711,392$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{711,392}{1074,318} = 0,66218$$

c. Frekuensi hujan ke-3

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1786,1 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{2973}{2,6575 \times 1} = 1118,721$$

$$V_v = V - V_s = 1786,1 - 1118,721 = 667,409$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{667,409}{1118,721} = 0,59658$$

d. Frekuensi hujan ke-4

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1786,6 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{2996}{2,6575 \times 1} = 1127,385$$

$$V_v = V - V_s = 1786,6 - 1127,385 = 659,185$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{659,185}{1127,385} = 0,58471$$

e. Frekuensi hujan ke-5

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1788,2 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{2999}{2,6575 \times 1} = 1128,504$$

$$V_v = V - V_s = 1788,2 - 1128,504 = 659,676$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{659,676}{1128,504} = 0,58456$$

3. Perhitungan angka pori (sampel C) pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala ulang lima belas tahun (I15)

Diketahui:

$$G_s = 2,6796 \text{ (lampiran A, data berat jenis tanah lapangan)}$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3 \text{ (Hary Christady Hardiyatmo, 2002, Meanika tanah 1)}$$

a. Frekuensi hujan pertama

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1782 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3163}{2,6796 \times 1} = 1180,400$$

$$V_v = V - V_s = 1782 - 1180,400 = 601,630$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{601,630}{1180,400} = 0,50968$$

b. Frekuensi hujan ke-2

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1782,5 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3195}{2,6796 \times 1} = 1192,342$$

$$V_v = V - V_s = 1782,5 - 1192,342 = 590,118$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{590,118}{1192,342} = 0,49492$$

c. Frekuensi hujan pertama

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1779,2 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3294}{2,6796 \times 1} = 1229,288$$

$$V_v = V - V_s = 1782 - 1229,288 = 549,912$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{549,912}{1229,288} = 0,44734$$

d. Frekuensi hujan pertama

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1773,9 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3366}{2,6796 \times 1} = 1256,168$$

$$V_v = V - V_s = 1782 - 1256,168 = 517,732$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{517,732}{1256,168} = 0,41216$$

e. Frekuensi hujan pertama

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1771,5 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{3365}{2,6796 \times 1} = 1255,784$$

$$V_v = V - V_s = 1771,5 - 1255,784 = 515,716$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{515,716}{1255,784} = 0,41067$$

B. Perhitungan Kerapatan Relatif Terhadap Frekuensi Hujan Pada Intensitas Curah Hujan I15

1. Perhitungan kerapatan relatif (sampel A) pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala ulang lima belas tahun (I15)

Diketahui :

e = angka pori aktual pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan tertentu

e_{maks} = angka pori pada keadaan tanah paling lepas = 1,05723

e_{min} = angka pori pada keadaan tanah paling padat = 0,78293

- a. Frekuensi hujan pertama

$$Dr = \frac{e_{maks}-e}{e_{maks}-e_{min}} = \frac{1,05723 - 0,94650}{1,05723 - 0,78293} = 0,40370$$

- b. Frekuensi hujan ke-2

$$Dr = \frac{e_{maks}-e}{e_{maks}-e_{min}} = \frac{1,05723 - 0,93054}{1,05723 - 0,78293} = 0,46186$$

- c. Frekuensi hujan ke-3

$$Dr = \frac{e_{maks}-e}{e_{maks}-e_{min}} = \frac{1,05723 - 0,92284}{1,05723 - 0,78293} = 0,48995$$

- d. Frekuensi hujan ke-4

$$Dr = \frac{e_{maks}-e}{e_{maks}-e_{min}} = \frac{1,05723 - 0,92048}{1,05723 - 0,78293} = 0,49854$$

- e. Frekuensi hujan ke-5

$$Dr = \frac{e_{maks}-e}{e_{maks}-e_{min}} = \frac{1,05723 - 0,91596}{1,05723 - 0,78293} = 0,51504$$

2. Perhitungan kerapatan relatif (sampel B) pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala ulang lima belas tahun (I15)

Diketahui :

e = angka pori aktual pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan tertentu

e^{maks} = angka pori pada keadaan tanah paling lepas = 1,25176

e^{min} = angka pori pada keadaan tanah paling padat = 0,33980

a. Frekuensi hujan pertama

$$Dr = \frac{e_{\text{maks}} - e}{e_{\text{maks}} - e_{\text{min}}} = \frac{1,17828 - 0,72619}{1,17828 - 0,45219} = 0,62263$$

b. Frekuensi hujan ke-2

$$Dr = \frac{e_{\text{maks}} - e}{e_{\text{maks}} - e_{\text{min}}} = \frac{1,17828 - 0,66218}{1,17828 - 0,45219} = 0,71079$$

c. Frekuensi hujan ke-3

$$Dr = \frac{e_{\text{maks}} - e}{e_{\text{maks}} - e_{\text{min}}} = \frac{1,17828 - 0,59658}{1,17828 - 0,45219} = 0,80113$$

d. Frekuensi hujan ke-4

$$Dr = \frac{e_{\text{maks}} - e}{e_{\text{maks}} - e_{\text{min}}} = \frac{1,17828 - 0,58471}{1,17828 - 0,45219} = 0,81749$$

e. Frekuensi hujan ke-5

$$Dr = \frac{e_{\text{maks}} - e}{e_{\text{maks}} - e_{\text{min}}} = \frac{1,17828 - 0,58456}{1,17828 - 0,45219} = 0,81769$$

3. Perhitungan Kerapatan Relatif (sampel C) pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala ulang lima belas tahun (I15)

Diketahui :

e = angka pori aktual pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan tertentu

e^{maks} = angka pori pada keadaan tanah paling lepas = 1,25176

e^{min} = angka pori pada keadaan tanah paling padat = 0,33980

a. Frekuensi hujan pertama

$$Dr = \frac{e_{\text{maks}} - e}{e_{\text{maks}} - e_{\text{min}}} = \frac{1,25176 - 0,50968}{1,25176 - 0,33980} = 0,81372$$

b. Frekuensi hujan ke-2

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{1,25176 - 0,49492}{1,25176 - 0,33980} = 0,82990$$

c. Frekuensi hujan ke-3

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{1,25176 - 0,44734}{1,25176 - 0,33980} = 0,88208$$

d. Frekuensi hujan ke-4

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{1,25176 - 0,41216}{1,25176 - 0,33980} = 0,92066$$

e. Frekuensi hujan ke-5

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{1,25176 - 0,41067}{1,25176 - 0,33980} = 0,92229$$

D

O

K

U

M

E

N

T

A

S

I

DOKUMENTASI PENELITIAN



Pengujian Sand Cone Lapangan



Pemeriksaan Kadar Air



Pengujian Analisa Saringan



Pemeriksaan Berat Jenis



Pengujian Permeabilitas



Pengujian Manometer



Pemeriksaan Batas Plastis



Pemeriksaan Batas Cair



Pengujian Kompaksi



Sampel Tanah



Alat *Rainfall Simulator*



Formasi Drain Dalam Bak



Pembersihan Alat Simulasi Hujan



Pengisian Sampel Pada Bak Uji



Proses *Running Test*



Pengamatan Infiltrasi



Pengamatan Data Manometer



Pengamatan Data Limpasan



Pengamatan Tinggi Genangan



Pengimputan Data



Pengambilan sampel Angka pori



Pengujian Sandcone



Pengujian Kerapatan Relatif



Pembongkaran Sampel