

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH FREKUENSI HUJAN TERHADAP ANGKA PORI  
DAN KERAPATAN RELATIF PADA JENIS TANAH *COMMON SOIL*  
(Studi Uji Laboratorium Dengan *Rainfall Simulator*)**



**Oleh :**

**SYAHRIR  
105 81 1733 12**

**MUH. NUR JAYADI  
105 81 1743 12**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2018**

**ANALISIS PENGARUH FREKUENSI HUJAN TERHADAP ANGKA PORI  
DAN KERAPATAN RELATIF PADA JENIS TANAH *COMMON SOIL*  
(Studi Uji Laboratorium Dengan *Rainfall Simulator*)**

**SKRIPSI**

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

Disusun dan diajukan Oleh :

**SYAHRIR  
105 81 1733 12**

**MUH. NUR JAYADI  
105 81 1743 12**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2018**



# 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](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto: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 FREKUENSI HUJAN TERHADAP ANGKA PORI DAN KERAPATAN RELATIF PADA JENIS TANAH COMMON SOIL ( Studi Uji Dengan Rainfall Simulator)**


Nama : MUH.NUR JAYADI  
SYAHRIR

Stambuk : 105 81 01743 12  
105 81 01733 12

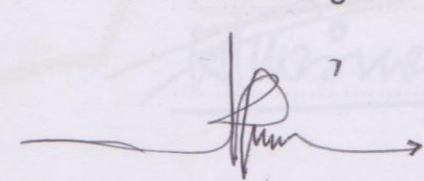
Makassar, 27 Januari 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

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

Pembimbing II

  
Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, MT.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, ST

NBM : 975 288





# 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](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

Skripsi atas nama Syahrir dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1733 12 dan Muh. Nur Jayadi dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1743 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 002/SK-Y/22201/091004/2018, 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 27 Januari 2018.

Makassar, 13 Jumadil Awal 1439 H  
29 Januari 2018 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. Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Sammang, M.Sc., M. Eng.

b. Sekretaris : Lutfi Hair Djunur, S.T., M.T.

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Si.

2. Dr. Muh. Yunus Ali, S.T., M.T.

3. Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

Mengetahui :

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, M.T.

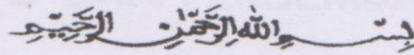
Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500







SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **SYAHRIR  
MUH. NUR JAYADI**  
Stambuk : 105 81 1733 12  
105 81 1743 12  
Program Studi : Strata Satu (S1)  
Fakultas : Teknik  
Jurusan : Teknim Sipil  
Judul Skripsi : **Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Angka Pori dan  
Kerapatan Relatif Pada Jenis Tanah Common Soil (Studi Uji  
Laboratorium Dengan Rainfall Simulator).**

Dengan ini menyatakan perjanjian sebagai berikut:

1. Mulai dari penyusunan proposal sampai selesainya skripsi ini, saya yang menyusunnya sendiri (tidak dibuatkan oleh siapapun).
2. Dalam penyusunan skripsi, saya akan selalu melakukan konsultasi dengan pembimbing yang telah ditetapkan oleh pimpinan fakultas.
3. Saya tidak melakukan penciplakan (*plagiat*) dalam penyusunan skripsi ini.
4. Apabila perjanjian pada butir 1, 2, dan 3 dilanggar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Demikian perjanjian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Makassar, 12 Februari 2018

Yang Membuat Perjanjian

**Syahrir**  
105 81 1733 12

**Muh. Nur Jayadi**  
105 81 1743 12

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil



## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*“Sedikit karya yang dilakukan dengan sempurna  
lebih bermanfaat dari pada banyak pekerjaan yang tidak menentu”  
(Intisari Bahasa Indonesia)*

Terkadang,

kesulitan harus kamu rasakan terlebih dulu sebelum kebahagiaan yang sempurna datang kepadamu . . . .

*“ Sesungguhnya Setelah kesulitan,*

*akan ada kemudahan ”*

*(QS Al-Insyiroh: 6)*

*“Berdoa dan berusaha adalah kunci keberhasilan dan kesuksesan”  
(Cogito Ergo Sum)*

*Karya ini kupersembahkan untuk orang tuaku tercinta yang tak henti-henti memberikan dukungan moril dan materil dan atas segala pengorbanan, jerih payah dan doa restunya demi keberhasilan penulis dalam menuntut ilmu. Untuk saudara-saudaraku tercinta dan sahabat-sahabatku tersayang serta orang-orang yang menyayangiku. Tak ada yang lebih membahagiakan kecuali melihat senyum dan tawa kalian.*



**ANALISIS PENGARUH FREKUENSI HUJAN TERHADAP ANGKA PORI DAN  
KERAPATAN RELATIF PADA JENIS TANAH COMMON SOIL  
(Studi Uji Laboratorium Dengan Rainfall Simulator)**

**Syahrir<sup>1)</sup> dan Muh. Nur Jayadi<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, syahrirce@gmail.com

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Pengairan Unismuh Makassar, nurjayadi1993@gmail.com

**Abstrak**

Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif Pada Jenis Tanah Common soil (Studi Uji Laboratorium Dengan Rainfall Simulator) dibimbing oleh Darwis Panguriseng dan Abd. Rakhim Nanda. Angka pori ( $e$ ) adalah perbandingan volume rongga ( $V_v$ ) dengan volume butiran ( $V_s$ ), biasanya dinyatakan dalam desimal atau persen. Kerapatan relatif ( $Dr$ ) adalah kerapatan butiran tanah relatif terhadap kepadatan maksimum dan minimum hasil tes laboratorium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh frekuensi hujan ( $f$ ) dan intensitas curah hujan ( $I$ ) terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada jenis tanah *common soil*. Penelitian ini menggunakan alat simulasi hujan dengan 1 jenis sampel tanah yaitu common soil, 3 variasi intensitas curah hujan wilayah Makassar yaitu  $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ , dengan nilai masing-masing  $I_5 = 246,84$  mm/jam;  $I_{15} = 307,49$  mm/jam dan  $I_{25} = 344,90$  mm/jam, dan setiap intensitas curah hujan menggunakan 5 frekuensi hujan, sehingga terdapat 15 unit percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka angka pori semakin kecil, dimana  $e_{I_5} = 0,85855$ ;  $e_{I_{15}} = 0,840$  dan  $e_{I_{25}} = 0,829$ ; begitupun dengan frekuensi hujan, semakin banyak frekuensi hujan yang terjadi maka angka pori semakin kecil, dimana  $e_{f_1} = 0,865$ ;  $e_{f_2} = 0,853$ ;  $e_{f_3} = 0,840$ ;  $e_{f_4} = 0,830$  dan  $e_{f_5} = 0,823$ . Sedangkan kerapatan relatif berbanding lurus dengan dengan intensitas curah hujan. Semakin tinggi intensitas curah hujan maka kerapatan relatif semakin besar, dimana  $Dr_{I_5} = 0,39333$ ;  $Dr_{I_{15}} = 0,448$  dan  $Dr_{I_{25}} = 0,482$ ; begitupun dengan frekuensi hujan, semakin banyak frekuensi hujan yang terjadi maka kerapatan relatif semakin besar, dimana  $Dr_{f_1} = 0,373$ ;  $Dr_{f_2} = 0,411$ ;  $Dr_{f_3} = 0,447$ ;  $Dr_{f_4} = 0,477$  dan  $Dr_{f_5} = 0,498$ .

Kata kunci: Frekuensi Hujan, Angka Pori, Kerapatan Rellatif.

**Abstract**

*Analysis of the Effect of Rain Frequency on Pore Ratio and Relative Density on Common Soil (Study of laboratory test With Rainfall Simulator) was provided by Darwis Panguriseng and Abd. Rakhim Nanda. Pore ratio ( $e$ ) is the ratio of the volume of the cavity ( $V_x$ ) with a grain volume ( $V_s$ ), usually expressed in decimal or percent. The relative density ( $Dr$ ) is the density of the granules of soil relative to the maximum and minimum density of laboratory test results. The purpose of this research is to know the influence of rain frequency ( $f$ ) and rainfall intensity ( $I$ ) to the pore number and relative density on common soil soil type. This study used a simulation tool rain in the hydrology laboratory with one type of soil samples is common soil, 3 variations in the intensity of rainfall Makassar is  $I_5$ ,  $I_{15}$  and  $I_{25}$ , the value of each are  $I_5 = 246.84$  mm/hour;  $I_{15} = 307.49$  mm/hour and  $I_{25} = 344.90$  mm/hour, and any precipitation intensity using the 5 the frequency of rain, so there are 15 units percobaan. The results showed that the higher the intensity of rainfall then the pore ratio is smaller, where  $e_{I_5} = 0.859$ ;  $e_{I_{15}} = 0.840$  and  $e_{I_{25}} = 0.829$ ; as well as with the frequency of rain, more rain frequency which is the case then the pore ratio is smaller, where  $e_{f_1} = 0.865$ ;  $e_{f_2} = 0.853$ ;  $e_{f_3} = 0,840$ ;  $e_{f_4} = 0,830$  and  $e_{f_5} = 0,823$ . While the relative density is proportional to the intensity of rainfall. The higher the intensity of rainfall then the relative density is greater, where  $Dr_{I_5} = 0.393$ ;  $Dr_{I_{15}} = 0.448$  and  $Dr_{I_{25}} = 0.482$ ; as well as with the frequency of rain, the greater the frequency of rain that occurs then the relative density is greater, where  $Dr_{f_1} = 0.373$ ;  $Dr_{f_2} = 0.411$ ;  $Dr_{f_3} = 0.447$ ;  $Dr_{f_4} = 0.467$  and  $Dr_{f_5} = 0.498$ .*

*Keywords: Rain Frequency, Pore Ratio, Relative Density.*





## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik.

Salawat serta salam tak henti-hentinya kami haturkan kepada Baginda Rasulullah SAW beserta keluarga dan kerabatnya. Karena atas perjuangan beliau sehingga kita dapat merasakan kedamaian, kepedulian, serta saling membantu dan melengkapi kekurangan dalam penyelesaian tulisan ini.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah “ANALISIS PENGARUH FREKUENSI HUJAN TERHADAP ANGKA PORI DAN KERAPATAN RELATIF PADA JENIS TANAH *COMMON SOIL* (Studi Uji Laboratorium Dengan *Rainfall Simulator*)”.

Pada akhir penulisan, penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, hal ini disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan, wawasan dan pengalaman yang penulis miliki. Oleh karena itu, segala saran dan koreksi serta perbaikan sangat diharapkan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak masukan dari berbagai pihak sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada, Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Bapak Syafaat S. Kuba, S.T.

selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Bapak Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc. selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, M.T. selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujud tugas akhir ini dengan baik.

Kepada Kak Asriany, S.T., Abd. Rahman, S.T., Ummu Aima Ali, ST., selaku asisten Laboratorium Hidrologi Unismuh Makassar, Kak Syamsuddin, S.T., selaku asisten Laboratorium Mekanika Tanah Unismuh Makassar, Muh. Nur Jayadi, Nasruddin, Eki Sandi, Aso dan Sulvahendra yang telah memberikan banyak bantuan dalam proses penelitian.

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

Ayah, Ibu, Keluarga dan Saudara-saudara tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, do'a, dorongan serta pengorbanan moril maupun materil. Rekan- rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Angkatan MISIEL 2012 dengan rasa keakraban dan persaudaran yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT, dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. *Aamiin Yaa Rabbal 'Aalamiin.*

*"Billahi Fii Sabilillahq Faztabiqul Khaerat"*

*Wassalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Makassar, 30 Januari 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH .....	xv
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. Siklus Hidrologi .....	5
1. Elemen siklus hidrologi .....	6
2. Peranan air tanah dalam siklus hidrologi .....	9
3. Karakteristik intensitas curah hujan wilayah .....	11
4. Analisa frekuensi dan curah hujan rencana .....	12
5. Intensitas curah hujan .....	18
B. Pengertian Angka Pori dan Kerapatan Relatif .....	19
1. Pengertian angka pori .....	19
2. Pengertian kerapatan relatif .....	19

C. Faktor yang Mempengaruhi Angka Pori dan Kerapatan relatif .....	20
1. Pengaruh frekuensi hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif .....	20
2. Formulasi perhitungan terhadap angka pori dan kerapatan relatif .....	21
D. Hubungan Curah Hujan dengan Angka Pori dan Kerapatan Relatif .....	25
1. Hubungan curah hujan dengan angka pori .....	25
2. Hubungan curah hujan dengan kerapatan relatif .....	26
E. Jenis-Jenis Tanah .....	26
1. Sistem klasifikasi <i>Unified</i> .....	26
2. Sistem klasifikasi <i>AASHTO</i> .....	28
F. Review Penelitian Terkait Sebelumnya .....	30
G. Kerangka Fikir Penelitian .....	31

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	33
1. Tempat .....	33
2. Waktu penelitian .....	33
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data .....	33
1. Jenis penelitian .....	33
2. Sumber data .....	33
C. Rancangan Penelitian .....	34
1. Persiapan alat dan bahan .....	34
2. Prosedur penelitian .....	39
3. Variabel dan data penelitian .....	44
D. Bagan dan Alur Penelitian .....	46
E. Definisi Operasional Penelitian .....	47

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Tanah .....	48
B. Karakteristik Intensitas Curah Hujan Wilayah .....	50





C. Perubahan Angka Pori Tanah Akibat Frekuensi Hujan dengan Variasi Intensitas Curah hujan .....	51
D. Perubahan Kerapatan Relatif Tanah Akibat Frekuensi Hujan dengan Variasi Intensitas Curah hujan .....	55
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan .....	60
B. Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	xix
LAMPIRAN	
DOKUMENTASI	

## DAFTAR TABEL

Nomor	Tabel	Halaman
Tabel 1.	Derajat curah hujan dan intensitas curah hujan .....	11
Tabel 2.	Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi .....	15
Tabel 3.	<div style="text-align: center;">viii</div> Nilai G distribusi log pearson $\chi^2$ berdasarkan nilai koefisien kemencengan (Cs) .....	17
Tabel 4.	Standar intensitas curah hujan pada <i>rainfall simulator</i> .....	19
Tabel 5.	Sistem klasifikasi tanah <i>Unified</i> .....	27
Tabel 6.	Sistem klasifikasi tanah <i>AASHTO</i> .....	29
Tabel 7.	Hasil pengujian analisa saringan .....	48
Tabel 8.	Hasil klasifikasi tanah <i>AASHTO</i> .....	50
Tabel 9.	Hasil penyesuain intensitas curah hujan dan flowmeter .....	51
Tabel 10.	Perubahan angka pori tanah dengan variasi frekuensi hujan pada intensitas curah hujan I0, I5, I15 dan I25 .....	51
Tabel 11.	Perubahan angka pori tanah dengan variasi intensitas curah hujan pada frekuensi curah F0, F1, F2, F3, F4 dan F5 .....	53
Tabel 12.	Perubahan kerapatan relatif tanah dengan variasi frekuensi hujan pada intensitas curah hujan I0, I5, I15 dan I25 .....	56
Tabel 13.	Perubahan kerapatan relatif tanah dengan variasi intensitas curah hujan pada frekuensi curah F0, F1, F2, F3, F4 dan F5 .....	58

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Gambar	Halaman
Gambar 1.	Siklus hidrologi .....	6
Gambar 2.	Grafik batas-batas Atterberg untuk sub-kelompok A-4 sampai A-7 .....	30
Gambar 3.	Kerangka fikir penelitian .....	32
Gambar 4.	Tampak depan alat simulasi hujan ( <i>rainfall simulator</i> ) .....	35
Gambar 5.	Tampak samping kiri alat simulasi hujan ( <i>rainfall simulator</i> ) ....	36
Gambar 6.	Media uji tangkapan air hujan .....	37
Gambar 7.	Alat uji angka pori dan kerapatan relatif tanah .....	38
Gambar 8.	Skema hubungan variabel bebas dengan variabel terikat .....	45
Gambar 9.	Bagan rencana pelaksanaan penelitian .....	46
Gambar 10.	Hubungan antara angka pori tanah dengan frekuensi hujan .....	52
Gambar 11.	Hubungan antara angka pori tanah dengan intensitas curah hujan	54
Gambar 12.	Hubungan antara kerapatan relatif tanah dengan frekuensi hujan	56
Gambar 13.	Hubungan antara kerapatan relatif tanah dengan intensitas curah hujan .....	58

## DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

- $C_V$  : koefisien variasi.
- $C_S$  : koefisien asimetri/*skewness*.
- $C_k$  : koefisien kurtosis.
- $D$  : derajat kepadatan.
- $D_r$  : kerapatan relatif.
- $Drf_1$  : kerapatan relatif pada frekuensi hujan pertama.
- $Drf_2$  : kerapatan relatif pada frekuensi hujan kedua.
- $Drf_3$  : kerapatan relatif pada frekuensi hujan ketiga.
- $Drf_4$  : kerapatan relatif pada frekuensi hujan keempat.
- $Drf_5$  : kerapatan relatif pada frekuensi hujan kelima.
- $DrI_5$  : kerapatan relatif pada intensitas curah hujan kala ulang 5 tahunan.
- $DrI_{15}$  : kerapatan relatif pada intensitas curah hujan kala ulang 15 tahunan.
- $DrI_{25}$  : kerapatan relatif pada intensitas curah hujan kala ulang 25 tahunan
- $e$  : angka pori.
- $ef_1$  : angka pori pada frekuensi hujan pertama.
- $ef_2$  : angka pori pada frekuensi hujan kedua.
- $ef_3$  : angka pori pada frekuensi hujan ketiga.
- $ef_4$  : angka pori pada frekuensi hujan keempat.
- $ef_5$  : angka pori pada frekuensi hujan kelima.
- $eI_5$  : angka pori pada intensitas curah hujan kala ulang 5 tahunan.
- $eI_{15}$  : angka pori pada intensitas curah hujan kala ulang 15 tahunan.
- $eI_{25}$  : angka pori pada intensitas curah hujan kala ulang 25 tahunan



- $e_{maks}$  : angka pori tanah dalam keadaan lepas.
- $e_{min}$  : angka pori tanah dalam keadaan paling padat.
- $F$  : persen (%) butiran lolos saringan no.200 (0,075 mm).
- $f$  : frekuensi hujan.
- $f_1$  : frekuensi hujan pertama.
- $f_{1I5}$  : frekuensi hujan pertama dengan intensitas curah hujan kala ulang 5 tahunan.
- $f_{1I15}$  : frekuensi hujan pertama dengan intensitas curah hujan kala ulang 15 tahunan.
- $f_{1I25}$  : frekuensi hujan pertama dengan intensitas curah hujan kala ulang 25 tahunan.
- $f_{2I5}$  : frekuensi hujan kedua dengan intensitas curah hujan kala ulang 5 tahunan.
- $f_{2I15}$  : frekuensi hujan kedua dengan intensitas curah hujan kala ulang 15 tahunan.
- $f_{2I25}$  : frekuensi hujan kedua dengan intensitas curah hujan kala ulang 25 tahunan.
- $f_{3I5}$  : frekuensi hujan ketiga dengan intensitas curah hujan kala ulang 5 tahunan.
- $f_{3I15}$  : frekuensi hujan ketiga dengan intensitas curah hujan kala ulang 15 tahunan.
- $f_{3I25}$  : frekuensi hujan ketiga dengan intensitas curah hujan kala ulang 25 tahunan.
- $f_{4I5}$  : frekuensi hujan keempat dengan intensitas curah hujan kala ulang 5 tahunan.
- $f_{4I15}$  : frekuensi hujan keempat dengan intensitas curah hujan kala ulang 15 tahunan.
- $f_{4I25}$  : frekuensi hujan keempat dengan intensitas curah hujan kala ulang 25 tahunan.
- $f_{5I5}$  : frekuensi hujan kelima dengan intensitas curah hujan kala ulang 5 tahunan.
- $f_{5I15}$  : frekuensi hujan kelima dengan intensitas curah hujan kala ulang 15 tahunan.
- $f_{5I25}$  : frekuensi hujan kelima dengan intensitas curah hujan kala ulang 25 tahunan.
- $f_2$  : frekuensi hujan kedua.
- $f_3$  : frekuensi hujan ketiga.

- $f_4$  : frekuensi hujan keempat.  
 $f_5$  : frekuensi hujan kelima.  
 $G$  : konstanta Log Person tipe III berdasarkan koefisien kemencengan besarnya yang telah di sajikan.  
 $GI$  : indeks kelompok (*group index*).  
 $G_s$  : berat spesifik atau berat jenis.  
 $I$  : intensitas curah hujan (mm/jam).  
 $I_5$  : intensitas curah hujan kala ulang 5 tahunan (mm/jam).  
 $I_{15}$  : intensitas curah hujan kala ulang 15 tahunan (mm/jam).  
 $I_{25}$  : intensitas curah hujan kala ulang 25 tahunan (mm/jam).  
 $LL$  : batas cair (%).  
 $\text{Log } X$  : logaritma curah hujan rancangan pada periode tertentu.  
 $\overline{\text{Log } X}$  : logaritma curah hujan harian maksimum rata-rata.  
 $\text{Log } X_i$  : logaritma curah hujan tahun ke-i.  
 $n$  : jumlah data.  
 $PI$  : indeks plastisitas (%).  
 $PL$  : batas plastis (%).  
 $\bar{R}$  : curah hujan rata-rata (mm).  
 $R_t$  : curah hujan rancangan (mm)  
 $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  : curah hujan di setiap titik pengamatan (mm).  
 $R_{24}$  : curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).  
 $S$  : standar deviasi.  
 $S_x$  : simpangan baku.  
 $t$  : lamanya curah hujan (menit)

- $V$  : volume total tanah.
- $V_m$  : volume cetakan ( $0,1 \text{ ft}^3$ ).
- $V_S$  : volume butiran ( $\text{cm}^3$ ).
- $V_V$  : volume rongga (%).
- $W_s$  : berat tanah kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).
- $X$  : curah hujan rancangan pada periode tertentu.
- $\bar{X}$  : curah hujan harian maksimum rata-rata.
- $\gamma_d$  : berat isi tanah kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).
- $\gamma_{d \text{ Lap}}$  : berat isi tanah kering lapangan ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).
- $\gamma_{d \text{ Lab}}$  : berat isi tanah kering laboratorium ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).
- $\gamma_{d \text{ maks}}$  : berat volume tanah kering dalam keadaan padat ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).
- $\gamma_{d \text{ min}}$  : berat volume tanah kering dalam keadaan lepas ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).
- $\gamma_s$  : berat volume tanah kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).
- $\gamma_w$  : berat volume air ( $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ ).

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Analisis frekuensi hujan merupakan salah satu cara untuk memprediksi probabilitas terjadinya suatu peristiwa hidrologi berdasarkan data historis yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi terhadap setiap kemungkinan yang akan terjadi dimasa yang akan datang. Dalam bidang teknik sipil khususnya teknik pengairan, analisis frekuensi digunakan untuk memprediksi kejadian ekstrim seperti hujan atau banjir rancangan maupun kekeringan.

Banyak manfaat yang diperoleh manusia dari air hujan. Selain sebagai penyuplai air tanah (*ground water*), juga dapat dikelola sebagai sumber daya air. Tetapi dari banyaknya manfaat air hujan untuk kehidupan manusia terkadang juga menimbulkan suatu permasalahan.

Tingkat frekuensi hujan sangat berpengaruh terhadap angka pori dan kerapatan relatif, karena semakin besar intensitas curah hujan maka tanah semakin rapat dan pori-pori tanah semakin kecil. 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, melainkan hanya menjadi aliran permukaan yang pada akhirnya kembali ke laut.

Rendahnya infiltrasi air permukaan kedalam lapisan tanah akan memicu penurunan muka air tanah yang sangat signifikan dan apabila terjadi secara terus

menerus air tanah akan semakin sulit didapatkan dan kita akan mengalami kesulitan memperoleh air bersih untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka kami akan melakukan suatu penelitian mengenai pengaruh frekuensi hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada tanah *common soil* yang dimodelkan menggunakan alat simulasi hujan (*Rainfall Simulator*). Dan selanjutnya kami tuangkan dalam sebuah karya tulis sebagai tugas akhir dengan judul “ANALISIS PENGARUH FREKUENSI HUJAN TERHADAP ANGKA PORI DAN KERAPATAN RELATIF PADA JENIS TANAH *COMMON SOIL* (Studi Uji Laboratorium Dengan *Rainfall Simulator*)”.

## **B. Rumusan Masalah**

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

1. Berapa besar pengaruh frekuensi hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif.
2. Berapa besar pengaruh intensitas curah hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif.

## **C. Tujuan Penelitian**

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

1. Untuk mengetahui besar pengaruh frekuensi hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif.



2. Untuk mengetahui besar pengaruh intensitas 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. Untuk mengetahui secara detail mengenai pengaruh frekuensi hujan dan intensitas curah hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada tanah *common soil* yang dimodelkan menggunakan alat simulasi hujan (*Rainfall Simulator*).
2. Dapat dijadikan sebagai rujukan dalam pemberdayaan air tanah (*ground water*) untuk mengatasi kekurangan sumber air bersih.
3. Dapat dijadikan sebagai acuan pengembangan penelitian mengenai angka pori dan kerapatan relatif 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 *common soil*.

4. Klasifikasi jenis dan sifat tanah dilakukan dengan uji laboratorium pada laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Penelitian ini hanya menitikberatkan pada pengaruh frekuensi hujan dan intensitas curah hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada jenis tanah *common soil*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Siklus Hidrologi**

Siklus hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari siklus air pada semua tahapan yang dilaluinya, mulai dari proses evaporasi, kondensasi uap air, presipitasi, penyebaran air di permukaan bumi, penyerapan air ke dalam tanah, sampai berlangsungnya proses daur ulang. (Chandra, Budiman, 2007).

Menurut Chey Asdak (2004) dalam Verrina, G. P., dkk (2013), Siklus hidrologi adalah perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti, air tersebut akan tertahan sementara di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya.

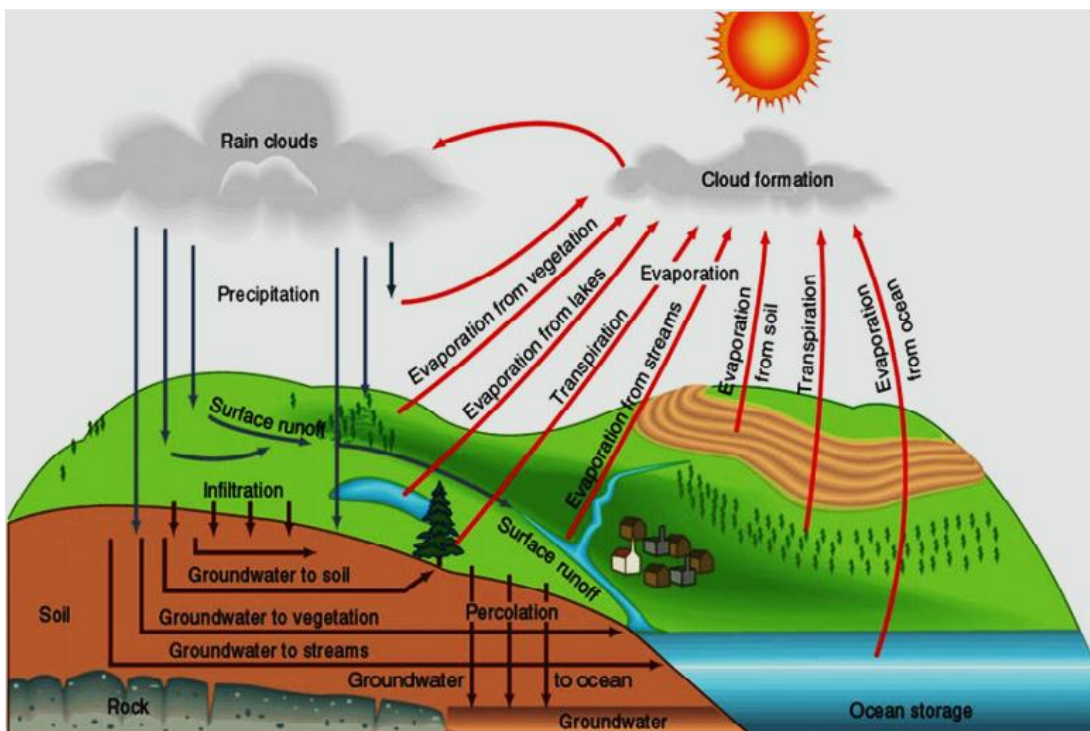
Menurut Effendi, H. (2003), yang mengutip pendapat Miller (1992), air tawar yang tersedia selalu mengalami siklus hidrologi : pergantian total (*replacement*) air sungai berlangsung sekitar 18-20 tahun, sedangkan pergantian uap air yang terdapat di atmosfer berlangsung sekitar 12 hari dan pergantian air tanah dalam (*deep ground water*) berlangsung hingga ratusan tahun.

Menurut Effendi, H. (2003), siklus hidrologi air tergantung pada proses evaporasi dan presipitasi. Air yang terdapat dipermukaan bumi berubah menjadi uap air di lapisan atmosfer melalui proses evaporasi air sungai, danau, dan laut, serta proses evapotranspirasi atau penguapan air melalui tanaman. Proses evaporasi yang

berlangsung di laut lebih banyak dari pada proses evaporasi di perairan daratan. Di daratan proses presipitasi lebih banyak dari pada evaporasi. Di daratan, sekitar 50% air yang diperoleh melalui presipitasi mengalami evaporasi, dan sisanya tersimpan di danau, sungai maupun sebagai air tanah.

### 1. Elemen siklus hidrologi

Keberadaan air di bumi mengalami proses alam yang berlanjut dan berputar sehingga membentuk suatu siklus atau daur ulang. Dengan demikian jumlah air yang ada di bumi merupakan satu kesatuan yang utuh dan bersifat tetap. Proses pengurangan dan pengisian kembali sumber-sumber air di bumi dari satu tempat ke tempat yang lain membutuhkan waktu yang relatif lama dan diatur dalam suatu siklus tertutup yang disebut dengan siklus hidrologi yang melibatkan elemen-elemen:



Gambar 2.1. Siklus hidrologi (Sandro Wellyanto Lubis, 2009, dalam Verrina, G.P., dkk., 2013)

Elemen dalam siklus hidrologi dibagi kedalam beberapa kategori, sebagai berikut:

- a. Evaporasi adalah peristiwa penguapan karena terik panas matahari yang terjadi pada air laut, sungai, danau, rawa, tambak, embung, situ-situ, waduk, dan lain sebagainya.
- b. Transpirasi adalah proses penguapan air melalui bagian dalam tubuh tanaman, yaitu air yang diserap oleh akar-akar tanaman, dipergunakan untuk membentuk jaringan tanaman dan kemudian dilepaskan melalui daun ke atmosfer (Santoso, 1994, dalam Purba J. H., 2011).
- c. Evapotranspirasi adalah proses kembalinya air ke udara yang disebabkan oleh penguapan yang berasal dari permukaan tanah (sungai, danau) dan tumbuh-tumbuhan. (Hidayat, R. S., 2008).
- d. Presipitasi adalah uap yang mengkondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses hidrologi. (Trimajon, 2010).

Presipitasi adalah proses turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es.

- e. Hujan turun merupakan Uap air akibat dari evaporasi dan evapotranspirasi bergerak di atmosfer (udara) kemudian akibat perbedaan temperatur di atmosfer dari panas menjadi dingin maka air akan terbentuk akibat kondensasi dari uap menjadi cairan (*from air to liquid state*). Bila temperatur berada di bawah titik beku (*freezing point*) kristal-kristal es terbentuk. Tetesan air kecil (*tiny droplet*) tumbuh oleh kondensasi dan berbenturan dengan tetesan air lainnya dan terbawa oleh gerakan udara turbulen sampai pada kondisi yang cukup besar menjadi butir-

butir air. Apabila jumlah butir air sudah cukup banyak dan akibat berat sendiri (secara gravitasi) butir-butir air itu akan turun ke bumi dan proses turunnya butiran air ini disebut dengan hujan. Bila temperatur udara turun sampai dibawah  $0^{\circ}\text{C}$ , maka butiran air akan berubah menjadi salju. (Chow, dkk, 1988, dalam Kodoatie, Robert J. dan Sjarief Roestam, 2010)

- f. Air hujan di tanaman adalah air hujan yang jatuh atau mengalir melalui tanaman. Bila tanaman cukup rimbun maka perlu waktu yang relatif lama untuk air mencapai tanah. Waktu air mengalir melalui tanaman berbeda-beda untuk tiap jenis tanaman.
- g. Aliran permukaan (*run off*) merupakan kelebihan air dari kecepatan infiltrasi dan tampungan permukaan. Volume air ini yaitu aliran langsung (*direct run off*). (Agustianto, D. S., 2014).
- h. Banjir dan genangan merupakan suatu kesatuan yang terjadi akibat luapan sungai atau drainase yang tak mampu mengalirkan air. Banjir dan genangan juga terjadi di daerah rendah berupa cekungan atau retensi.
- i. Aliran sungai yaitu aliran permukaan biasanya akan memasuki daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai (DAS) menuju ke sistem jaringan sungai. Dalam sistem sungai aliran mengalir mulai dari sistem sungai yang kecil menuju ke sistem sungai yang besar dan akhirnya akan menuju mulut sungai atau sering disebut estuary yaitu tempat bertemunya sungai dengan laut. Dapat juga berakhir sistem sungai di danau.
- j. Kapiler adalah air dalam tanah (*soil water*) mengalir dari aliran air tanah (*ground water*) karena mempunyai daya kapiler untuk menaikkan air ke *vadose zone*



menjadi butiran air tanah (*soil moisture*), demikian juga butiran air tanah ini naik secara kapiler ke permukaan tanah.

- k. Infiltrasi merupakan proses meresapnya air ke dalam tanah yang memiliki permukaan tidak kedap air melalui pori-pori tanah dengan gaya gerak gravitasi dan kapiler dalam suatu aliran. (Dheni Saputra J. P., dkk, 2016). Sedangkan menurut Triatmojo (2008) dan Hadisusanto (2011) dalam A. Rakhim, dkk (2017), Infiltrasi didefinisikan sebagai aliran vertikal air ke dalam tanah melalui permukaan tanah.
  - l. Aliran antara (*inter flow*) yaitu air di daerah *vadose zone* yang mengalir menuju jaringan sungai, waduk, situ-situ, danau.
  - m. Aliran dasar (*base flow*) yaitu aliran air tanah yang mengisi sistem jaringan sungai, waduk, situ-situ, rawa dan danau.
  - n. Aliran *run out* yaitu aliran air tanah yang langsung menuju ke laut.
  - o. Perkolasi merupakan air dari *soil moisture* di daerah *vadose zone* yang mengisi aliran air tanah.
- 2. Peranan air tanah dalam siklus hidrologi

Terbentuknya air tanah di dalam lapisan tanah, tidak terlepas dari siklus hidrologi yang terjadi secara global. Di bumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3-1,4 milyar km<sup>3</sup> air yang terdiri dari 97,5 % air laut, 1,75% berbentuk es, dan 0,73% berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan sebagainya. Pemanfaatan air untuk berbagai macam keperluan tidak akan mengurangi kuantitas air yang ada di muka bumi ini, tetapi setelah dimanfaatkan maka kualitas air akan menurun. Air di

bumi ini mengulangi suatu sirkulasi yang terus menerus yakni penguapan, persipitasi dan pengaliran keluar (*outflow*). Air yang ada di permukaan tanah, sungai, danau, dan laut selalu mengalir dan dapat berubah wujud menjadi uap air sebagai akibat pemanasan oleh sinar matahari dan tiupan angin yang kemudian menguap dan mengumpul membentuk awan. Pada tahap ini terjadi proses kondensasi yang kemudian turun sebagai titik-titik hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebagian dari air yang jatuh ke bumi akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau melalui dahan-dahan mengalir sebagai air permukaan yang kemudian menguap kembali akibat sinar matahari. Sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi), dimana bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Dalam perjalanan ke laut sebagian akan menguap dan kembali ke udara. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai-sungai (*interflow*). (Mori, dkk, 1999 dalam Darwis, 2012).

Daryanto (2004), menyatakan bahwa air tanah ialah air yang melekat pada butir-butir tanah, air yang terletak diantara butir-butir tanah, dan air yang tergenang di atas lapisan tanah yang terdiri dari batu, tanah lempung yang amat halus atau padat yang sukar ditembus air.

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, sabagian 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. (Gelhar, 1972, dalam Seyhan E., 1990).

### 3. Karakteristik intensitas curah hujan wilayah

Menurut Sosrodarsono S. dan Takeda K. (2006), curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam milimeter (mm).

Secara kualitatif, intensitas curah hujan disebut juga derajat curah hujan, sebagaimana diperlihatkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Derajat curah hujan dan intensitas curah hujan

<b>Derajat curah hujan</b>	<b>Intensitas curah hujan (mm/jam)</b>	<b>Kondisi</b>
Hujan sangat lemah	< 1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit.
Hujan lemah	1,20 – 3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel.
Hujan normal	3,00 – 18,0	Dapat dibuat puddel dan bunyi curah hujan kedengaran.
Hujan deras	18,0 – 60,0yyy	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan kedengaran dari genangan.
Hujan sangat deras	> 60,0	Hujan seperti ditumpahkan, saluran dan drainase meluap.

Sumber : Suripin (2004)

Dalam penelitian ini perhitungan curah wilayah yang digunakan adalah metode rata-rata Aljabar (*Mean Arithmetic Method*). Metode Rata-Rata Aljabar merupakan

metode yang paling praktis digunakan untuk mencari data curah hujan yang hilang. (Fanny Prawaka, dkk, 2016). Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$\bar{R} = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

$\bar{R}$  = curah hujan rata-rata (mm)

n = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan (mm)

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$  = curah hujan di setiap titik pengamatan (mm).

#### 4. Analisa frekuensi dan curah hujan rencana

Dalam penentuan distribusi frekuensi, parameter-parameter yang perlu dipenuhi, yaitu koefisien variasi, koefisien asimetri (*skewness*) dan koefisien kurtosis. Untuk menentukan curah hujan rancangan maksimum dipakai berbagai metode, misalnya Log Normal, Log Pearson Tipe III, Gumbel, dan lain-lain. Dalam studi ini memakai metode Log Pearson Tipe III, karena tipe ini dapat digunakan untuk berbagai macam sebaran data. (Haris Djafar, dkk., 2014),

Analisa frekuensi harus dilakukan secara bertahap dan sesuai dengan urutan kerja yang telah ada karena hasil dari masing-masing perhitungan tergantung dan saling mempengaruhi terhadap hasil perhitungan sebelumnya. Berikut adalah penerapan langkah-langkah analisis frekuensi setelah persiapan data dilakukan (Hadisusanto, 2011).

##### a. Nilai rerata $\bar{x}$ :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (2)$$

## b. Standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right)} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

S = standar deviasi

X = curah hujan rancangan pada periode tertentu

$\bar{X}$  = curah hujan harian maksimum rata-rata

n = jumlah data

## c. Koefisien variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata dari suatu sebaran. (Mulyana W. P., dkk, 2013).

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

$C_v$  = Koefisien variasi

d. Koefisien asimetri/*skewness* (Cs)

Koefisien asimetri/*skewness* adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. (Mulyana W. P., dkk, 2013).

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2).S^3} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

$C_s$  = koefisien asimetri/*skewness* ( $C_s$ )

e. Koefisien kurtosis ( $C_k$ ):

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2).S^4} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots\dots\dots (6)$$



Keterangan:

$C_k$  = koefisien kurtosis

Untuk analisa frekuensi dengan logaritma persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Nilai rerata  $\overline{\text{Log } X}$ :

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log } x_i \quad \dots\dots\dots (7)$$

b. Standar deviasi (Sd):

$$Sd = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1} \right)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

S = Standar deviasi

Log X = logaritma curah hujan rancangan pada periode tertentu

$\overline{\text{Log } X}$  = logaritma curah hujan harian maksimum rata-rata

n = jumlah data

c. Koefisien variasi (Cv):

$$C_v = \frac{S}{\overline{\text{Log } X}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

$C_v$  = Koefisien variasi

S = Standar deviasi

d. Koefisien asimetri (Cs):

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2).S^3} \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3 \quad \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

$C_s$  = koefisien asimetri (*skewness*)

e. Koefisien kurtosis ( $C_k$ ):

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3).S^4} \cdot \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^4 \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

$C_k$  = koefisien kurtosis

Curah hujan rencana adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan. Untuk mendapatkan curah hujan rancangan ( $R_t$ ) dilakukan melalui analisa frekuensi, antara lain metode distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson tipe III.

Tabel 2. Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi

Sebaran	Syarat
Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$ $(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$ $C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$
Gumbel	$C_s = 1,1396$ $C_k = 5,4002$
Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

*Sumber : Bambang Triatmodjo (2008)*

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Log Pearson tipe

III, dengan langkah-langkah perhitungan curah, sebagai berikut:

a. Nilai Rata-rata :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i)}{n} \dots\dots\dots (12)$$

b. Standar Deviasi :

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1} \dots\dots\dots (13)$$

c. Koefisien Kepencengan :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X}^3}{(n-1)(n-2)(S_x)^3} \dots\dots\dots (14)$$

d. Curah Hujan Rencana :

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + G \cdot S_x \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

Log X = Logaritma curah hujan yang di cari

$\overline{\text{Log}X}$  = Logaritma rerata dari curah hujan

Log Xi = Logaritma curah hujan tahun ke i

G = Konstanta Log Person tipe III berdasarkan koefisien kemencengan besarya yang telah di sajikan

Sx = Simpangan Baku

n = Jumlah Data

Tabel 3. Nilai G distribusi log pearson tipe III berdasarkan nilai koefisien kemencengan (Cs)

Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
3,0	- 0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250

2,5	- 0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	- 0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	- 0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	- 0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	- 0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	- 0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	- 0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	- 0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	- 0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	- 0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	- 0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	- 0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	- 0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	- 0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	- 0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	- 0,033	0,830	1,391	1,818	2,159	2,472	2,763	3,330
0,1	- 0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
- 0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
- 0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
- 0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
- 0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
- 0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
- 0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
- 0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
- 0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
- 0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
- 1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
- 1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
- 1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
- 1,6	0,254	0,817	0,995	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
- 1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
- 2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995	1,000
- 2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,9000	0,905	0,907	0,910
- 2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
- 3,0	0,396	0,636	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : Hadisusanto, 2011

## 5. Intensitas curah hujan

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. (Mulyono D., 2014).

Curah hujan jangka pendek dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut intensitas curah hujan (mm/jam). Besarnya intensitas curah hujan itu berbeda-beda yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya. Dalam penelitian ini digunakan rumus Mononobe untuk menghitung intensitas curah hujan (Suripin, 2004).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^m \dots\dots\dots (16)$$

Keterangan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

Berdasarkan Standar untuk intensitas curah hujan pada sebuah alat simulator hujan buatan yang ditentukan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat (*United States Department of Defense (DOD) MIL-STD-810F.Method 506.4 standard*), maka telah ditentukan standar intensitas curah hujan untuk sebuah alat simulator pada beberapa kondisi hujan. Dalam penelitian ini menggunakan standar tersebut, standar intensitas curah hujan pada alat *Rainfall Simulator* yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam tabel berikut.

Tabel 4. Standar intensitas curah hujan pada *rainfall simulator*

<i>Rain Condition</i>	<i>Rain Fall Rate</i>	<i>Flow Rates</i>
-----------------------	-----------------------	-------------------

<i>Extreme</i>	<i>More than : 14 mm/min 840 mm/hour 33,1 inchi/hour</i>	<i>More than : 16,8 L/min</i>
<i>High</i>	<i>8 mm/min-14 mm/min 480 mm/hour-840 mm/hour 18,9 inchi/hour-33,1 inchi/hour</i>	<i>9,6 L/min-16,8 L/min</i>
<i>Medium</i>	<i>1,7 mm/min-8 mm/min 102 mm/hour-480mm/hour 4,0 inchi/hour-18,9 inchi/hour</i>	<i>2,04 L/min-9,6 L/min</i>
<i>Low</i>	<i>1,07 mm/min-1,7 mm/min 64,2 mm/hour-102 mm/hour 2,5 inchi/hour-4,0 inchi/hour</i>	<i>1,28 L/min-2,04 L/min</i>
<i>Very Low</i>	<i>0 mm/min-1,07 mm/min 0 mm/hour-64,2 mm/hour 0 inchi/hour-2,5 inchi/hour</i>	<i>0 L/min-1,28 L/min</i>

Sumber : Obus, 2016

## B. Pengertian Angka Pori dan Kerapatan Relatif

### 1. Pengertian angka pori

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

### 2. Pengertian kerapatan relatif

Kerapatan relatif ( $D_r$ ) adalah kerapatan butiran tanah relatif terhadap kepadatan maksimum dan minimum hasil tes laboratorium (Linderburg, 1999 dalam Kodoatie, Robert J. dan Sjarief Roestam, 2010). Kerapatan relatif menunjukkan derajat kerapatan dari tanah granuler (kerikil dan pasir).

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

- a. Lepas (*loose*)                       $D_r = 0 - 0,33$

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

### C. Faktor yang Mempengaruhi Angka Pori dan Kerapatan Relatif

Ada banyak faktor yang mempengaruhi angka pori dan kerapatan relatif tanah, seperti tekstur tanah, struktur tanah, kandungan bahan organik dan sebagainya. Pada penelitian ini hanya menitikberatkan pada frekuensi hujan dan intensitas curah hujan.

#### 1. Pengaruh frekuensi hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif

##### a. Angka pori

Frekuensi hujan sangat mempengaruhi angka pori tanah karena semakin lama frekuensi hujan yang terjadi maka tekanan akibat pukulan air hujan semakin besar terhadap tanah mengakibatkan volume rongga semakin kecil dan tanah akan jenuh akhirnya penggenangan air permukaan akan terjadi (*run off*).

##### b. Kerapatan relatif

Salah satu yang mempengaruhi kerapatan relatif tanah adalah frekuensi hujan, dimana semakin lama frekuensi hujan yang terjadi maka kerapatan relatif tanah akan semakin besar, dan sebaliknya angka pori semakin kecil.

#### 2. Formulasi perhitungan terhadap angka pori dan kerapatan relatif

##### a. Formulasi perhitungan angka pori ( $e$ )

Dalam buku Das, B. M. (1995), merumuskan formulasi untuk angka pori ( $e$ ), sebagai berikut:

$$e = \frac{V_V}{V_S} \dots\dots\dots (17)$$

Yang mana:

$e$  = angka pori.

$V_V$  = volume rongga.

$V_S$  = volume butiran.

b. Formulasi perhitungan kerapatan relatif ( $D_r$ )

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

Dalam buku Das, B. M. (1995), merumuskan formulasi untuk kerapatan relatif ( $D_r$ ), sebagai berikut:

$$D_r = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} \dots\dots\dots (18)$$

Yang mana:

$D_r$  = kerapatan relatif.

$e$  = angka pori tanah alami.

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

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

c. Formulasi perhitungan volume pori ( $V_v$ )



Dalam buku Hardiyatmo, Hary Christady (2002), merumuskan formulasi untuk volume pori ( $V_v$ ), sebagai berikut:

$$V_v = V - V_s \quad \dots\dots\dots (19)$$

Yang mana:

$V_v$  = volume pori.

$V$  = volume total tanah.

$V_s$  = volume tanah kering.

d. Formulasi perhitungan volume tanah kering ( $V_s$ )

Dalam buku Hardiyatmo, Hary Christady (2002), merumuskan formulasi untuk volume tanah kering ( $V_s$ ), sebagai berikut:

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w} \quad \dots\dots\dots (20)$$

Yang mana:

$V_s$  = volume tanah kering.

$W_s$  = berat tanah kering.

$G_s$  = berat spesifik atau berat jenis.

$\gamma_w$  = berat volume air ( $1 \text{ g/cm}^3$ ).

e. Formulasi perhitungan berat tanah kering ( $W_s$ )

Dalam buku Hardiyatmo, Hary Christady (2002), merumuskan formulasi untuk berat tanah kering ( $W_s$ ), sebagai berikut:

$$W_s = V_s \times G_s \times \gamma_w \quad \dots\dots\dots (21)$$

Yang mana:

$W_s$  = berat tanah kering.

$V_s$  = volume tanah kering.

$G_s$  = berat spesifik atau berat jenis tanah.

$\gamma_w$  = berat volume air (1 g/cm<sup>3</sup>).

f. Formulasi perhitungan berat volume tanah kering ( $\gamma_s$ )

Dalam buku Hardiyatmo, Hary Christady (2002), merumuskan formulasi untuk berat volume tanah kering ( $\gamma_s$ ), sebagai berikut:

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots (22)$$

Yang mana:

$\gamma_s$  = berat volume tanah kering.

$W_s$  = berat tanah kering.

$V_s$  = volume tanah kering.

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

Dalam buku Hardiyatmo, Hary Christady (2002), merumuskan formulasi untuk angka pori minimum ( $e_{min}$ ), sebagai berikut:

$$e_{min} = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{d maks}} - 1 \dots\dots\dots (23)$$

Yang mana:

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

$G_s$  = berat spesifik atau berat jenis tanah.

$\gamma_w$  = berat volume air (1 g/cm<sup>3</sup>).

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

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

Dalam buku Hardiyatmo, Hary Christady (2002), merumuskan formulasi untuk berat volume tanah kering maksimum ( $\gamma_{d maks}$ ), sebagai berikut:

$$\gamma_{d maks} = \frac{G_s \gamma_w}{1+e_{min}} \dots\dots\dots (24)$$

Yang mana:

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

$G_s$  = berat spesifik atau berat jenis tanah.

$\gamma_w$  = berat volume air (1 g/cm<sup>3</sup>).

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

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

Dalam buku Hardiyatmo, Hary Christady (2002), merumuskan formulasi untuk angka pori maksimum ( $e_{maks}$ ), sebagai berikut:

$$e_{maks} = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_{d min}} - 1 \dots\dots\dots (25)$$

Yang mana:

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

$G_s$  = berat spesifik atau berat jenis tanah.

$\gamma_w$  = berat volume air (1 g/cm<sup>3</sup>).

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

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

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

$$\gamma_{d \min} = \frac{W_s}{V_m} \dots\dots\dots (26)$$

Yang mana:

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

$W_s$  = berat pasir yang digunakan untuk mengisi cetakan.

$V_m$  = volume cetakan (0,1 ft<sup>3</sup>).

#### **D. Hubungan Curah Hujan dengan Angka Pori dan Kerapatan Relatif**

##### 1. Hubungan curah hujan dengan angka pori

Air hujan turun kebumi sebagian mengalir ke laut dan sebagian terinfiltrasi kedalaam lapisan tanah. Bertambahnya kadar air akibat adanya infiltrasi air hujan menunjukkan terjadi perubahan volume dimana tanah akan mengembang dengan bertambahnya kadar air. Perubahan angka pori yang terjadi pada tanah lempung yang banyak terdapat pada tanah di kedalaman 15 sampai 30 meter pada suatu lokasi mempunyai angka pori yang besar pada kondisi awalnya. Pada kondisi ini sudah banyak mengandung air dalam pori-pori tanahnya, 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.

## 2. 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.

## **E. Jenis-Jenis Tanah**

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang mempelajari cara-cara membedakan sifat sifat tanah satu sama lain, dan mengelompokkan tanah kedalam kelas-kelas tertentu berdasarkan atas kesamaan sifat yang dimiliki. (Hardjowigeno, 2003, dalam Frisca Panjaitan, Jamilah dan M. Madjid B. Damanik, 2015).

Ada banyak sistem klasifikasi yang berkembang di dunia namun sistem klasifikasi tanah yang digunakan dan dinilai paling efektif dalam penelitian ini yaitu sistem klasifikasi *Unified* dan sistem klasifikasi *AASTHO*.

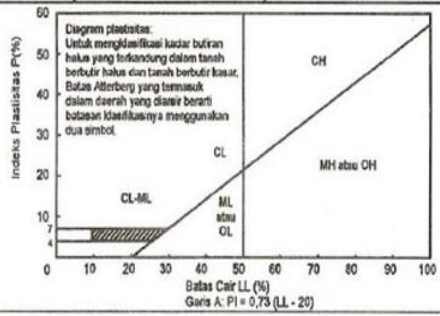
### 1. Sistem klasifikasi *Unified*

Menurut Hardiyatmo, Hary Christady (2002), pada Sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih

dari 50% lolos saringan nomor 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub-kelompok yang dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 5. 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	$C_c = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_u = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}}$ antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW  Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
		Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	GP		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lempung		
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
		Pasir lebih dari 50% dari fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4.75 mm)	SW		Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.
			SP		Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.
Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau			
	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	$C_c = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ , $C_u = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}}$ antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW  Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
		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 <sub>t</sub>	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi.	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		



Sumber : Hardiyatmo, Hary Christady (2002).

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*)

## 2. Sistem klasifikasi AASHTO

Menurut Hardiyatmo, Hary Christady (2002), 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. 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.

Indeks kelompok (*group index*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Dalam buku Mekanika Tanah 1, Edisi-3, Hary Christady Hardiyatmo, sistem klasifikasi AASHTO indeks kelompok dihitung dengan persamaan, sebagai berikut:

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots (27)$$

Yang mana:

$GI$  = Indeks kelompok (*group index*)

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

$LL$  = batas cair

$PI$  = indeks plastisitas

Tabel 6. Sistem klasifikasi tanah *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	
Klasifikasi Group	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5
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	
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				

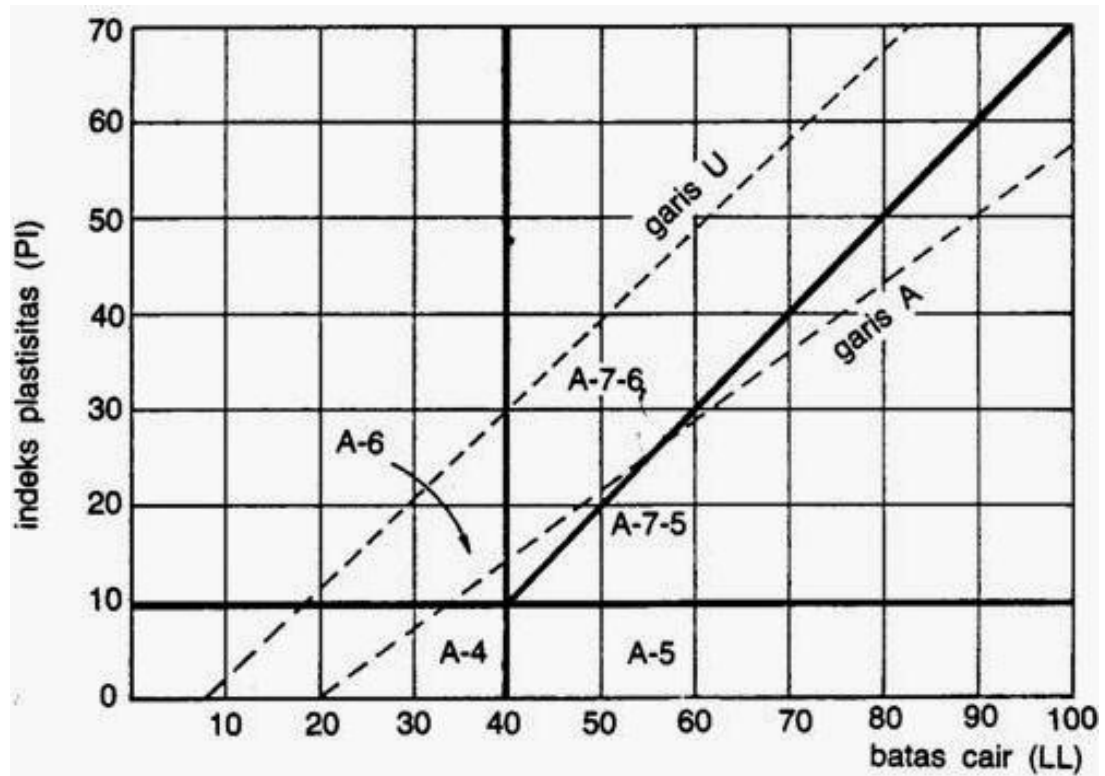
\* Indeks Plastisitas untuk sub group A-7-5 sama dengan atau kurang dari batas cair dikurang 30. Indeks Plastisitas untuk sub group A-7-6 lebih besar dari batas cair dikurang 30.

Sumber : Hardiyatmo, Hary Christady ( 2002).

Bila nilai indeks kelompok (*GI*) semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. 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 berdasarkan pada batas-batas atterberg. Pada Gambar 2 (dua) 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.



Gambar 2. Grafik batas-batas Atterberg (Hardiyatmo, Hary Christady, 2002)

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

#### F. Review Penelitian Terkait Sebelumnya

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

#### G. Kerangka Pikir Penelitian

Dalam suatu penelitian diperlukan suatu kerangka pikir sebagai dasar dalam melakukan penelitian. Adapun kerangka pikir dalam penelitian ini dibagi atas dua bagian:

### 1. Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap masalah penelitian yang kebenarannya harus diuji secara empiris. (Moh. Nazir, 1998).

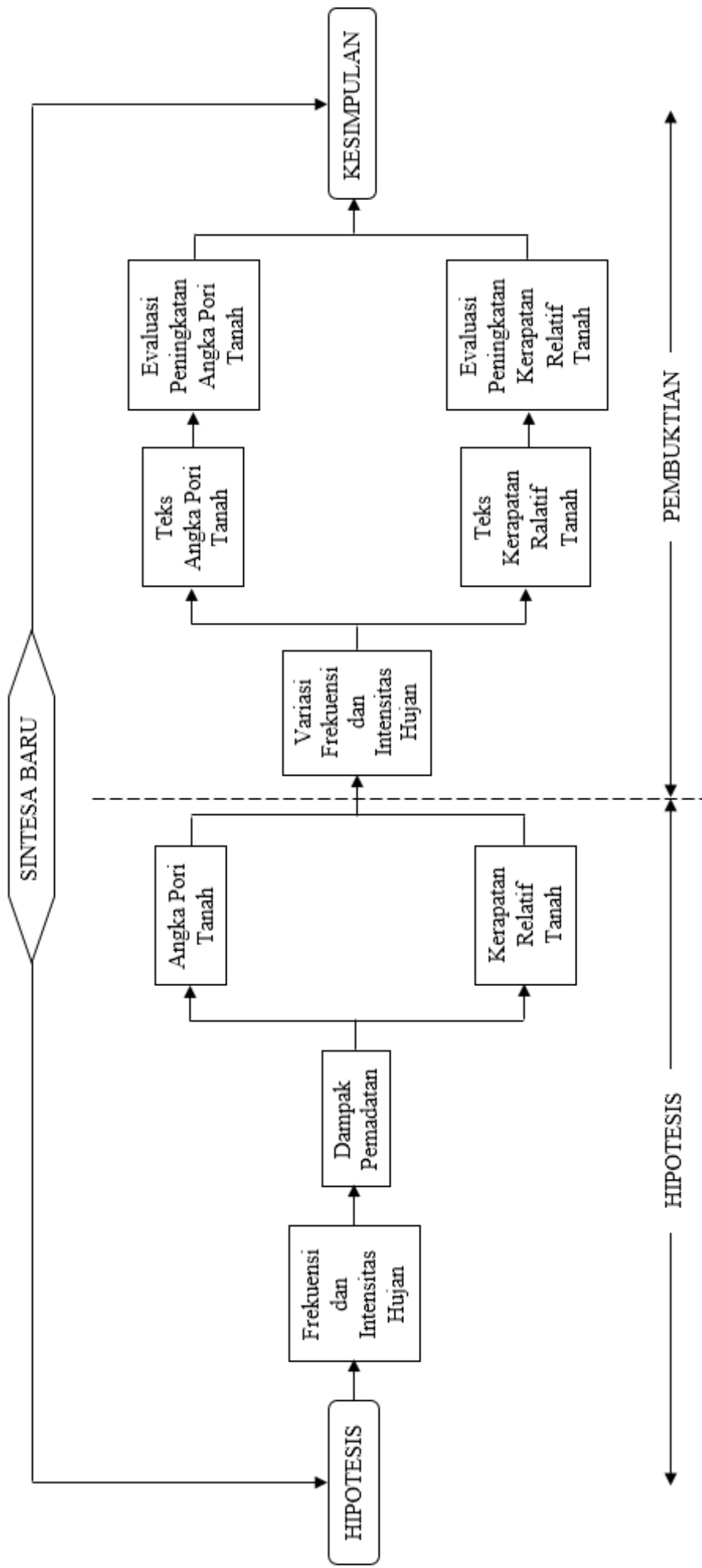
Pada penelitian ini, frekuensi hujan dan intensitas curah hujan sebagai indikator yang mempengaruhi tingkat kepadatan tanah, makin tinggi frekuensi hujan dan intensitas curah hujan maka struktur tanah semakin padat sehingga angka pori tanah semakin kecil dan kerapatan relatif tanah semakin tinggi.

### 2. Pembuktian

Pada tahapan pembuktian, pengujian dilakukan dilaboratorium dengan menggunakan alat *rainfall simulator*, menggunakan lima frekuensi hujan pada setiap intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan yang digunakan yaitu  $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ .

Pada setiap selesai satu frekuensi hujan dilakukan teks angka pori dan kerapatan relatif untuk mengetahui perubahan kepadatan terjadi pada tanah, kemudian dievaluasi untuk keperluan pembuktian hipotesis.

Setelah dievaluasi data-data dari hasil pengamatan, maka dapat ditarik kesimpulan, apabila hasil pembuktian sesuai dengan hipotesis maka dapat memunculkan sintesa baru (temuan baru).



Gambar 3. Skema kerangka pikir penelitian

## **BAB III**

### **METODE 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 10 Maret sampai dengan 13 Oktober 2017.

#### **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

Dalam penelitian ini data-data yang digunakan diperoleh dari:

- a. Data primer, yakni data yang diperoleh dari hasil simulasi dan pengamatan langsung dari model fisik dan sampel di Laboratorium Hidrologi dan

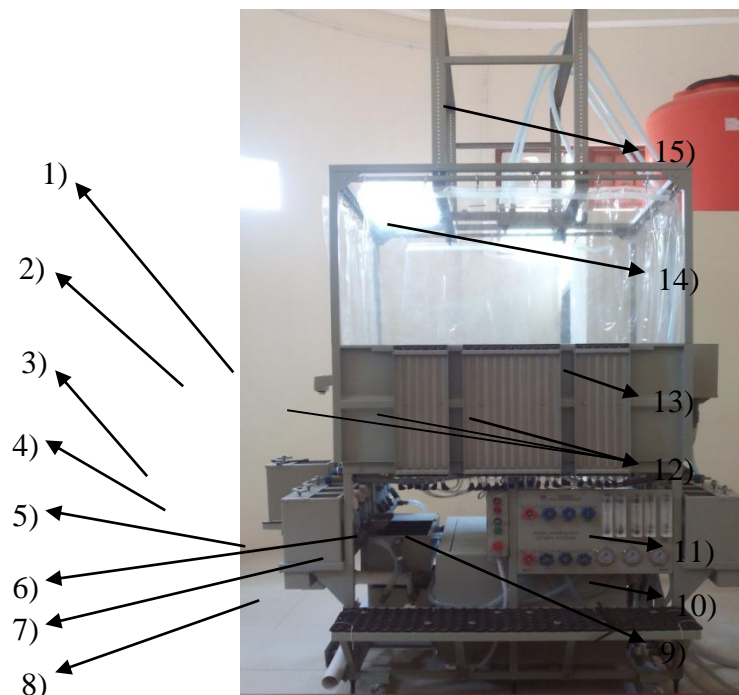
Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.

- b. Data sekunder, yakni 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. Persiapan Alat dan Bahan
  - a. Alat simulasi hujan yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan *rainfall simulator* yang terdapat di Laboratorium Hidrologi Universitas Muhammadiyah Makassar. *Rainfall Simulator* yang digunakan dalam penelitian ini adalah type basic hydrology sistem. Berikut gambar dan bagian-bagian dari alat *rainfall Simulator* yang terdapat pada Laboratorium Hidrologi Universitas Muhammadiyah Makassar.

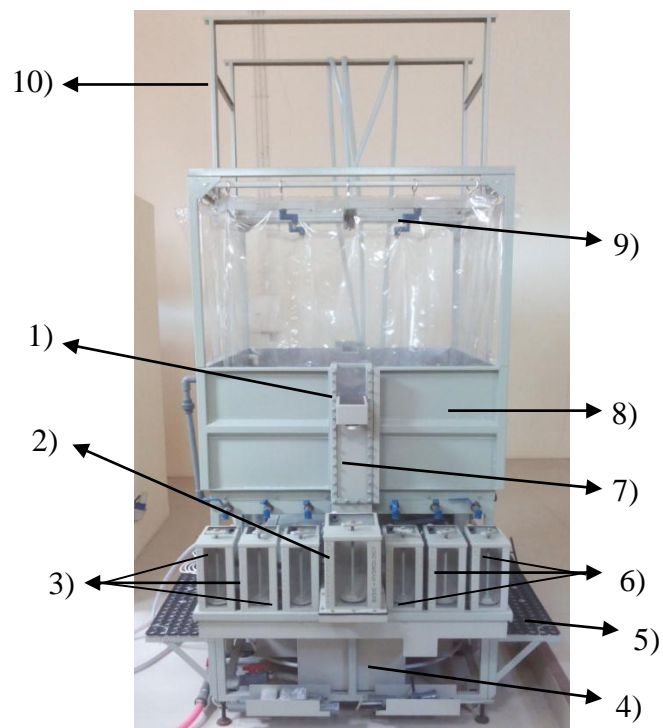


Gambar 4. Tampak depan alat simulasi hujan (*rainfall simulator*)

Keterangan gambar 4:

- 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 1
- 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 Bank* (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)



Gambar 5. Tampak samping kiri alat simulasi hujan (*rainfall simulator*)

Keterangan gambar 5:

- 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).



Gambar 6. Media uji tangkapan air hujan



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



Keter

1

2

3) *Oven*

4) *Desicator*

5) Timbangan digital

c. Alat bantu yang diperlukan dalam proses 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.
- d. Tanah : jenis tanah yang digunakan adalah tanah *common soil*, yang telah diuji dilaboratorium.
  - e. Pasir : jenis pasir yang digunakan adalah pasir ottawa/kwarsa, untuk pengujian *sand cone*.
  - f. Air : jenis air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang tidak terkontaminasi dengan air limbah, untuk membuat hujan buatan dengan menggunakan alat simulasi hujan (*rainfall simulator*).

## 2. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

### a. Tahapan persiapan

Tahapan persiapan dilakukan untuk mengantisipasi segala keadaan yang berkaitan dengan prosedur penelitian, seperti:

- 1) Pembersihan,
- 2) Pengecekan alat dan bahan yang akan diuji,
- 3) Persiapan perangkat dan instrument yang dibutuhkan, dan
- 4) Persiapan personil pengamatan serta persatuan persepsi dalam melakukan tindakan pengujian, pengamatan dan pencatatan data.

### b. Tahapan pemeriksaan media tanah

Setelah pengambilan sampel tanah di daerah Kampili, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan., 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*). sampel

Karakteristik tanah yang diujikan dalam penelitian ini diantaranya, yaitu:

- 1) Pengujian *sand cone test*,
- 2) Pengujian kadar air tanah,
- 3) Pengujian permeabilitas tanah,
- 4) Pengujian analisa saringan,
- 5) Pengujian kompaksi, dan
- 6) Pengujian batas-batas Atterberg ( batas plastis dan batas cair )

c. Tahapan setting media

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

$$Dr = \frac{\gamma_d \text{ Lap.}}{\gamma_d \text{ Lab.}} \times 100\% \dots\dots\dots (28)$$

Karena tingkat kepadatan sampel tanah penelitian disesuaikan dengan kondisi lapangan, maka :

$$\gamma_d \text{ Lap} = \gamma_d \text{ Lab} \times \frac{Dr}{100} \dots\dots\dots (29)$$

setelah nilai  $\gamma_d$  Lap diketahui, selanjutnya dikondisikan berat tanah dan volume tanah setelah dipadatkan (volume yang ditargetkan untuk dicapai dalam pemadatan).

$$Dr = \frac{\text{Berat Tanah yang akan dipadatkan}}{\text{Volume tanah setelah dipadatkan}} \dots\dots\dots (30)$$

Diketahui :

- Tinggi sampel direncanakan (t) = 30 cm
- Luas alat *rainfall simulator* (A) = 12000 cm<sup>2</sup>
- $\gamma_d$  lapangan (sumber, *sandcone test*) = 1,505 gram/cm<sup>3</sup>
- Dr (sumber, data *sandcone test*) = 71, 667 %
- Volume padat yang direncanakan (A x t) = 12000 x 30 = 360000 cm<sup>3</sup>

Untuk mendapatkan berat tanah pada yang akan diuji maka dihubungkan dengan volume yang ditargetkan untuk dicapai dalam pemadatan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat. Padat} = \gamma_d \text{ Lap} \times \text{Volume tanah setelah dipadatkan} \dots\dots\dots (31)$$

$$\begin{aligned} \text{Berat. Padat} &= 1,505 \times 360000 = 541800 \text{ gram} \\ &= 541,8 \text{ kg (untuk tinggi sampel 30 cm)} \end{aligned}$$

$$\text{Untuk tinggi sampel 10 cm} = 541,8 / 3 = 180,6 \text{ kg}$$

Adapun tahapan *setting* media dalam penelitian ini, antara lain :

- 1) Setelah berat padat tanah diketahui selanjutnya tanah untuk lapisan pertama dimasukkan ke dalam tangki uji dan ratakan permukaannya,
- 2) Tumbuk secara merata sampai mencapai kepadatan yang direncanakan atau dengan tinggi 10 cm,
- 3) Setelah lapisan tanah pertama sudah padat, lakukan kembali poin 1 dan 2 untuk lapisan 2 dan 3,

- 4) Jumlah lapisan, ketebalan lapisan, dan kepadatan lapisan tanah harus sesuai dengan yang direncanakan.

d. Tahapan *running test*

Setelah tanah sudah dipadatkan di dalam bak uji, kemudian dihujani dengan hujan buatan pada alat simulasi hujan (*rainfall simulator*) dengan intensitas curah hujan yang telah ditentukan. Intensitas curah hujan diatur pada flow meter, sesuai dengan nilai setiap intensitas yang telah diinterpolasi kedalam satuan liter/menit, Hujan buatan dihentikan apa bila pencatatan di *drain* dan limpasan (*run off*) sudah konstan. Kemudian menunggu air limpasan dan air yang terinfiltrasi sama dengan nol, kemudian dilanjutkan pengujian *sand cone tes* untuk keperluan data angka pori dan kerapatan relatif tanah. Hal ini dilakukan lima kali pada setiap sampel dengan intensitas curah hujan yang sama.

e. Prosedur pengamatan angka pori tanah

Adapun prosedur pengamatan angka pori tanah adalah sebagai berikut:

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

f. Prosedur pengamatan kerapatan relatif tanah

Adapun prosedur pengamatan kerapatan relatif tanah adalah sebagai berikut:

- 1) Pengujian *sand cone test*,
- 2) Siapkan alat uji kompaksi,
- 3) Ukur dan hitung volume mold,
- 4) Mengambil salah satu sampel tanah yang sudah dioven dari pengamatan *uji sand cone* yang sudah diketahui volumenya,
- 5) Tuangkan tanah tersebut kedalam mold secara pelan dan hati-hati (tampa ada tumbukan atau getaran), untuk mengetahui volume tanah dengan volume rongga maksimum,
- 6) Kemudian tanah dikeluarkan dari mold dengan hati-hati agar tidak terjadi pengurangan volume sampel,
- 7) Masukkan kembali tanah tersebut kedalam mold, lalu tumbuk semaksimal mungkin, untuk mengetahui volume tanah dengan volume rongga minimum.
- 8) Hitung volume tanah dalam tabung pada masing-masing dua pengamatan tersebut dengan mengukur diameter dan tingginya lalu hitung volumenya.
- 9) Setelah semua data yang dibutuhkan sudah didapatkan, selanjutnya perhitungan kerapatan relatif tanah ( $D_r$ ) bisa dilakukan.

### 3. Variabel dan Data Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian ini maka pengujian dilakukan dengan model fisik laboratorium dengan kajian literature yang berkaitan dengan angka pori dan kerapatan relatif. Model fisik ini dimaksudkan untuk mengamati dan mengetahui pengaruh frekuensi hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada jenis tanah *common soil*.

Variabel penelitian adalah suatu atribut, sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

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

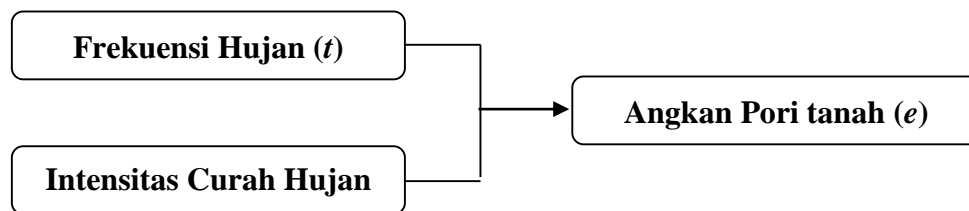
#### a. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas (*independent variable*) merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (*dependent variable*). Variabel bebas pada penelitian ini yaitu “frekuensi hujan dan intensitas curah hujan”.

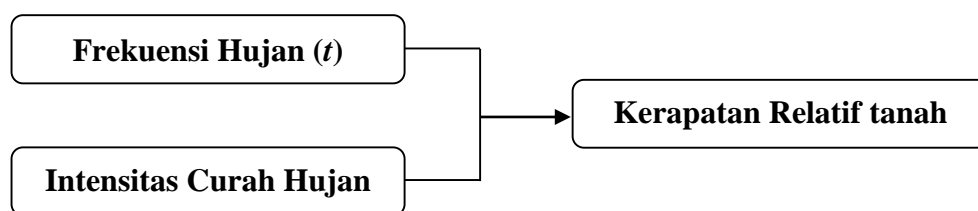
#### b. Variabel terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat (*dependent variable*) merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu “angka pori tanah dan kerapatan relatif tanah”.

c. Skema hubungan variabel penelitian



1) Skema hubungan frekuensi hujan ( $t$ ) dan intensitas curah hujan ( $I$ ) dengan angka pori tanah ( $e$ ).



2) Skema hubungan frekuensi hujan ( $t$ ) dan intensitas curah hujan ( $I$ ) kerapatan relatif tanah ( $Dr$ )

Gambar 8. Skema hubungan variabel bebas dengan variabel terikat

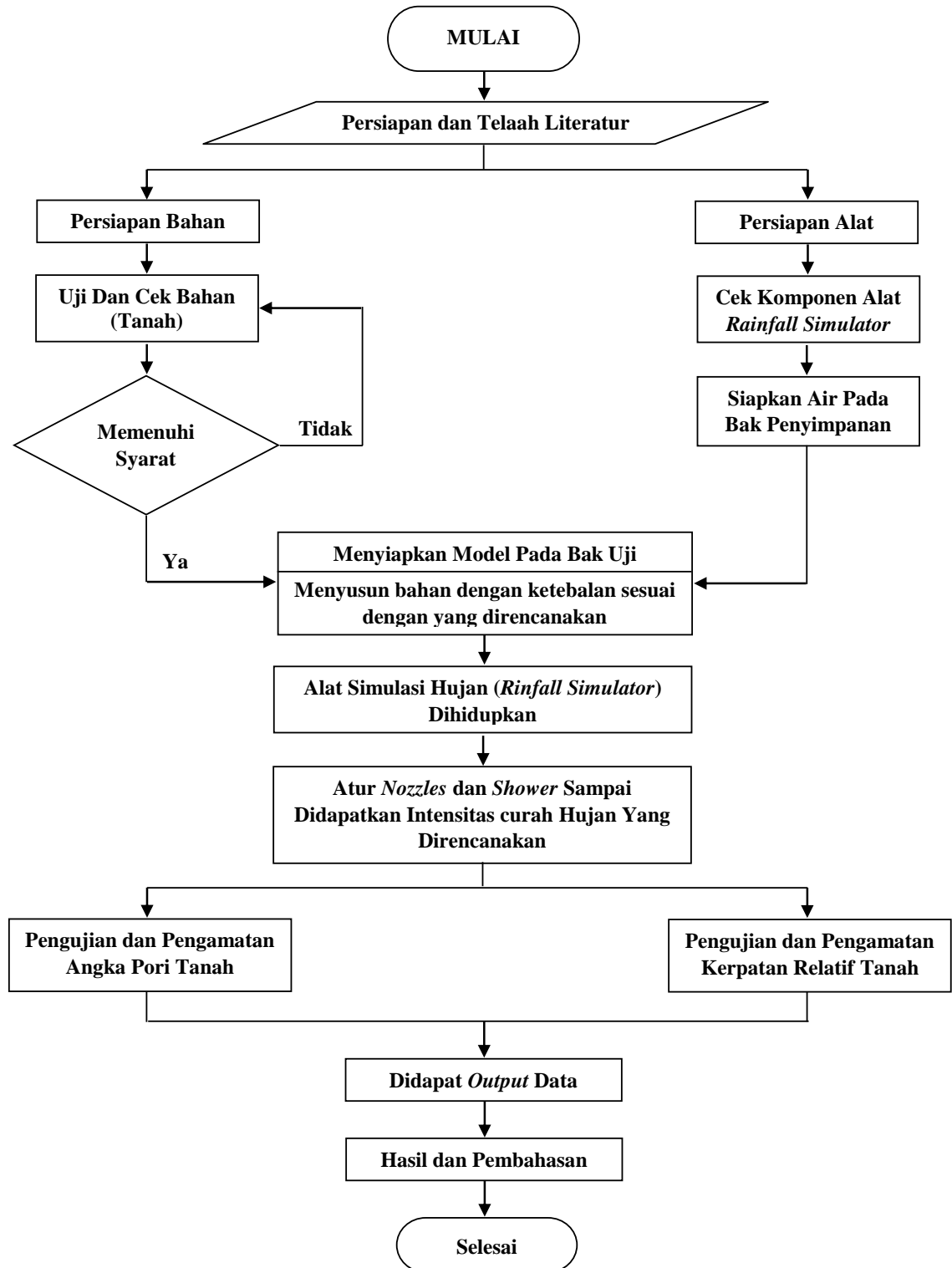
Adapun data pengamatan hasil uji laboratorium diolah menjadi bahan analisa hasil kajian sesuai dengan tujuan penelitian. Data yang diolah menjadi bahan analisa adalah;

- (1) data intensitas curah hujan rencana ( $I$ ),
- (2) data pengujian *sand cone test*,
- (3) data pengujian kompaksi.

Pengambilan data pengamatan sangat diperlukan dimana akan digunakan sebagai parameter analisa, oleh karena itu pencatatan data tersebut dilakukan pada setiap kondisi yang terkait langsung dengan tujuan penelitian. Adapun data yang diambil dalam pengujian ini adalah data hasil analisa pengamatan *sand cone test* dan data analisa kompaksi.



#### D. Bagan dan Alur Penelitian



Gambar 9. Bagan alur rencana pelaksanaan penelitian

## **E. Definisi Operasional Penelitian**

Pada penelitian ini ada beberapa definisi operasional, defini tersebut sebagai berikut:

1. *Common Soil* adalah tanah yang mempunyai nilai kohesif dan sudut geser dalam yang signifikan dan tidak dapat diabaikan. Acuan tanah semacam ini hampir 98% dari tanah yang ada dimuka bumi, maka dinamakan tanah sebagai bentuk pada umumnya, selanjutnya disebut tanah umum.
2. Frekuensi hujan adalah jumlah kejadian hujan yang terjadi dalam pengamatan. Dalam setiap intensitas curah hujan yang direncanakan ada lima frekuensi hujan yang terjadi.
3. Intensitas curah hujan adalah besaran curah hujan yang terjadi dalam kurung waktu tertentu dimana air tersebut terkonsentrasi. Pada penelitian ini digunakan tiga intensitas curah hujan yaitu Intensitas curah hujan 5, 15 dan 25 tahunan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Karakteristik Tanah

Dari hasil pengamatan sampel tanah pada laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil klasifikasi tanah *common soil*. Berikut ini diterangkan penentuan klasifikasi AASHTO untuk tipe A-2-6. Hasil pengujian di laboratorium di peroleh data: batas plastis ( $PL$ ) = 23,33%, batas cair ( $LL$ ) = 37,39%, sedangkan analisis saringan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 7. Hasil pengujian analisa saringan

No	Nomor Saringan		Berat Tertahan (gr)	Berat Tertahan (%)
1	4	4,750 mm	0	0
2	8	2,360 mm	0	0
3	16	1,180 mm	103	9,19
4	40	0,425 mm	385	34,38
5	50	0,150 mm	272	24,29
6	100	0,125 mm	270	24,11
7	200	0,075 mm	34	3,03
8	Pan	-	56	5
Jumlah			1120	100

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 7. Menunjukkan bahwa:

1. Pada saringan nomor 4 dan 8 berat tertahan sama dengan 0, karena yang tertahan pada saringan no.4 dan 8 dikategorikan sebagai kerikil.

2. Pada saringan nomor 16, 40 dan 50 dikategorikan sebagai pasir (*sand*) dengan berat 760 gram atau 67,86% 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.

Klasifikasi sistem ini didasarkan atas kriteria-kriteria sebagai berikut :

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 plastisitas  $> 10$ . Hasil indeks plastisitas dalam penelitian ini didapat dari nilai batas cair ( $LL$ ) = 37,39%, batas plastis ( $PL$ ) = 23,33%, sehingga indeks plastisnya,  $PI = LL - PL = 37,39\% - 23,33\% = 14,06\%$ .

Setelah didapatkan nilai-nilai tersebut diatas, maka data hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam tabel 5 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai.

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 berikut:

Tabael 8. Hasil klasifikasi tanah *AASHTO*

No.	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan	
1	Kadar air	%	31,05	-	
2	Batas-batas Atterberg			-	
	1. Batas cair (LL)	%	37,39		
	2. Batas plastis (PL)	%	23,33		
	3. Indeks plastis (PI)	%	14,06		
3	Distribusi butiran ( <i>AASHTO</i> )			A-2-6 Tipe material secara umum adalah kerikil berlanau atau berlempung dan pasir, dengan kondisi sebagai tanah dasar baik sampai dengan sangat baik.	
	1. Fraksi kasar	%	56		
	2. Fraksi halus	%	44		
4	Kompaksi			-	
	1. Berat isi optimum	gr/cm <sup>3</sup>	2,1		
	2. Kadar air optimum	%	34		
5	Koef. permeabilitas standar	cm/dtk	0,0026844	-	
6	Kepadatan ( <i>sand cone test</i> )		Nilai		
			I5	I15	I25
	Derajat Kejenuhan (D)	%	71,65	71,65	71,65

## B. Karakteristik Intensitas Curah Hujan Wilayah

Intensitas curah hujan yang dipakai adalah intensitas curah hujan wilayah Makassar dengan kala ulang 5, 15 dan 25 tahunan. Dari hasil analisa perhitungan yang terdapat pada lampiran B, diperoleh nilai 246,841 mm/jam untuk intensitas 5 tahun, 307,489 mm/jam untuk 15 tahun dan 344,900 mm/jam untuk 25 tahun.

Untuk menyesuaikan intensitas curah hujan yang ada pada alat *rainfall simulator* maka digunakan tabel penyesuaian intensitas yang terdapat pada tabel 4, kemudian diinterpolasi dengan hasil perhitungan intensitas curah hujan yang terdapat pada lampiran B.

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa intensitas curah hujan yang digunakan termasuk intensitas curah hujan medium, setelah diinterpolasi didapat tinggi flowmeter untuk penyesuaian intensitas curah hujan pada alat *rainfall simulator*, dan hasilnya terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 9. Hasil penyesuaian intensitas curah hujan dan flowmeter

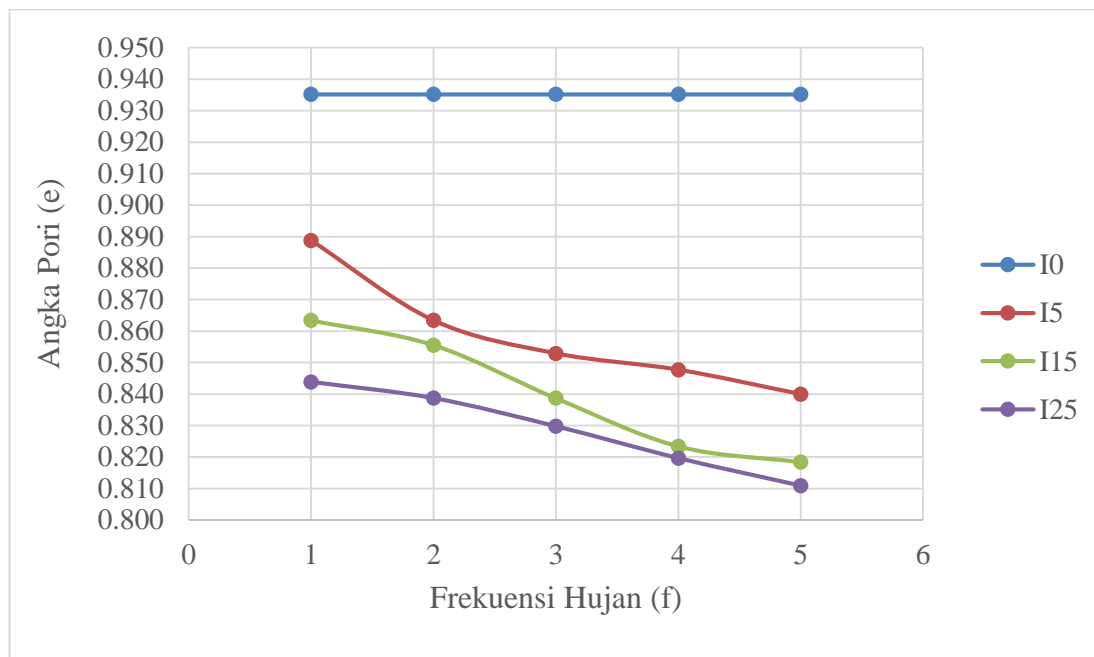
No	Intensitas curah hujan (I)	Tinggi flowmeter
1	I <sub>5</sub>	246,841 mm/jam 4,9 liter/menit
2	I <sub>15</sub>	307,489 mm/ jam 6,1 liter/menit
3	I <sub>25</sub>	344,900 mm/jam 6,9 liter/menit

### C. Perubahan Angka Pori Tanah Akibat Frekuensi Hujan dengan Variasi Intensitas Curah Hujan

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat *rainfall simulator* dan alat *sand cone*. Penyajian data dan analisis angka pori pada kondisi tanah asli, dilakukan secara berturut-turut pada lima frekuensi hujan dan tiga variasi intensitas curah hujan rencana yaitu I<sub>5</sub>, I<sub>15</sub> dan I<sub>25</sub>. Kemudian dilanjutkan uji *sand cone* setiap selesai satu frekuensi hujan. Uraian mengenai hasil perhitungann dapat dilihat pada lampiran D, dan hasilnya disajikan secara berturut-turut pada tabel berikut:

Tabel 10. Hasil Perhitungan angka pori tanah dengan variasi frekuensi hujan pada intensitas curah hujan I<sub>0</sub>, I<sub>5</sub>, I<sub>15</sub> dan I<sub>25</sub>.

No.	Frekuensi Hujan (f)	Angka Pori (e) Untuk Intensitas Curah Hujan (I)			
		I <sub>0</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>15</sub>	I <sub>25</sub>
1	f <sub>1</sub>	0,93519	0,88875	0,86339	0,84384
2	f <sub>2</sub>	0,93519	0,86339	0,85552	0,83870
3	f <sub>3</sub>	0,93519	0,85291	0,83870	0,82977
4	f <sub>4</sub>	0,93519	0,84772	0,82344	0,81967
5	f <sub>5</sub>	0,93519	0,83998	0,81841	0,81092
Rata-Rata		0,93519	0,85855	0,83989	0,82857



Gambar 10. Hubungan antara angka pori tanah dengan frekuensi hujan

Dari hasil perhitungan angka pori tanah (e) yang terdapat pada tabel 10 dan gambar 10, maka dapat disimpulkan bahwa:

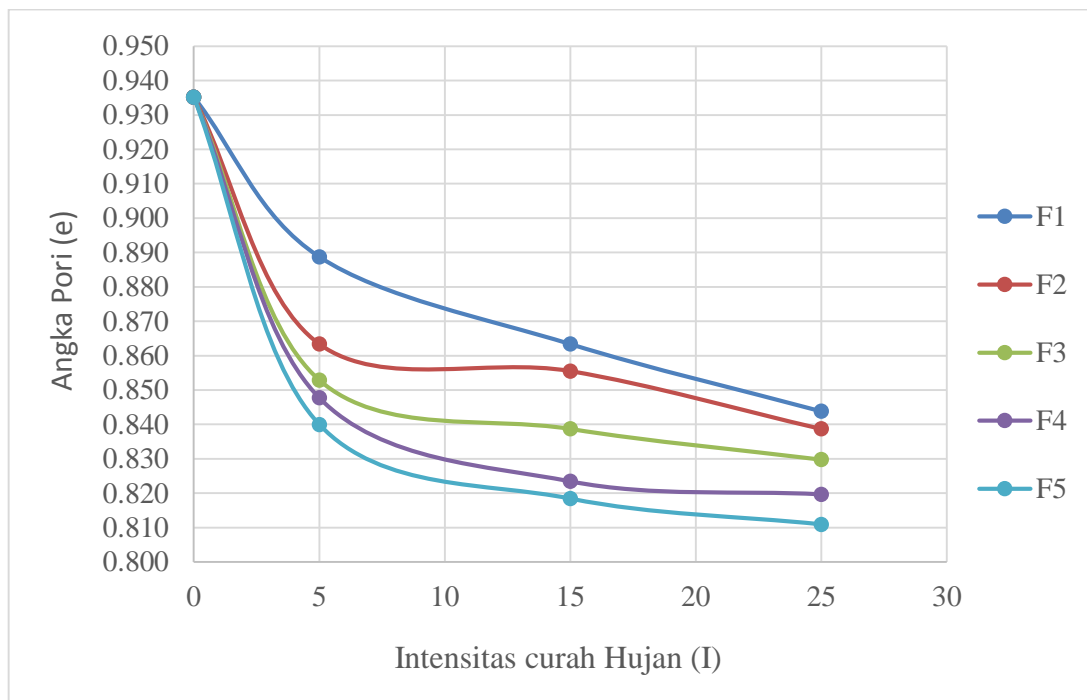
1. Pengujian angka pori di lapangan yang belum terkena pukulan hujan di laboratorium ( $f_0$  dan  $I_0$ ), menunjukkan angka pori paling besar = 0,93519.
2. Untuk intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun ( $I_5$ ) frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ), menunjukkan penurunan angka pori jika dibandingkan dengan pengujian lapangan, hal ini terjadi akibat dari pukulan air hujan buatan pada alat *rainfall simulator* di laboratorium, yang mana  $ef_1 = 0,88875$ , pada frekuensi hujan kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan penurunan angka pori pada tiap-tiap frekuensi hujan jika dibandingkan dengan frekuensi hujan sebelumnya, hal ini diakibatkan oleh pukulan air hujan buatan yang terjadi pada setiap frekuensi, dengan nilai  $ef_2 = 0,86339$ ,  $ef_3 = 0,85291$ ,  $ef_4 = 0,84772$  dan  $ef_5 = 0,83998$ .

3. Untuk intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun ( $I_{15}$ ) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan penurunan angka pori pada setiap frekuensi hujan, akan tetapi penurunan angka pori yang terjadi pada frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun ( $I_{15}$ ) lebih besar jika dibandingkan dengan penurunan angka pori yang terjadi pada frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ) dengan intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun ( $I_5$ ) terhadap angka pori lapangan ( $f_0$   $I_0$ ), hal ini diakibatkan oleh perbedaan intensitas curah hujan. Dengan kata lain, semakin besar intensitas curah hujan, semakin besar pula pukulan air hujan yang terjadi terhadap tanah, maka tanah semakin padat dan angka pori semakin kecil.
4. Untuk intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun ( $I_{25}$ ) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan penurunan angka pori pada setiap frekuensi hujan. Pada frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ) intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun ( $I_{25}$ ), juga terjadi penurunan angka pori yang lebih besar jika dibandingkan dengan penurunan angka pori yang terjadi pada  $f_1 I_{15}$  terhadap angka pori lapangan, sebagaimana yang terjadi antara  $f_1 I_5$  dan  $f_1 I_{15}$ .

Tabel 11. Hasil perhitungan angka pori tanah dengan variasi intensitas curah hujan pada frekuensi curah hujan  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$ , dan  $f_5$ .

No	Intensitas Curah Hujan (I)	Angka Pori (e) Untuk Frekuensi Hujan (f)					
		$f_0$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$
1	$I_5$	0,93519	0,88875	0,86339	0,85291	0,84772	0,83998
2	$I_{15}$	0,93519	0,86339	0,85552	0,83870	0,82344	0,81841
3	$I_{25}$	0,93519	0,84384	0,83870	0,82977	0,81967	0,81092
Rata-Rata		0,93519	0,86533	0,85254	0,84046	0,83028	0,82310





Gambar 11. Hubungan antara angka pori tanah dengan intensitas curah hujan

Dari hasil perhitungan angka pori tanah ( $e$ ) yang terdapat pada tabel 11 dan gambar 11, yang menjelaskan bahwa:

1. Pengujian angka pori di lapangan yang belum terkena pukulan hujan di laboratorium ( $I_0$  dan  $f_0$ ), menunjukkan angka pori paling besar = 0,93519.
2. Untuk frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ) intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun ( $I_5$ ), menunjukkan penurunan angka pori jika dibandingkan dengan pengujian lapangan, hal ini terjadi akibat dari pukulan air hujan buatan pada alat *rainfall simulator* di laboratorium, pada intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun ( $I_{15}$ ) dan intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun ( $I_{25}$ ) juga menunjukkan penurunan angka pori pada setiap intensitas curah hujan jika dibandingkan dengan intensitas curah hujan sebelumnya, hal ini diakibatkan oleh pukulan air hujan buatan yang

berbeda terhadap tanah yang terjadi pada setiap intensitas curah hujan, baik  $I_5$ ,  $I_{15}$  maupun  $I_{25}$ , yang mana  $e_{I_5} = 0,88875$ ,  $e_{I_{15}} = 0,86339$  dan  $e_{I_{25}} = 0,84384$ .

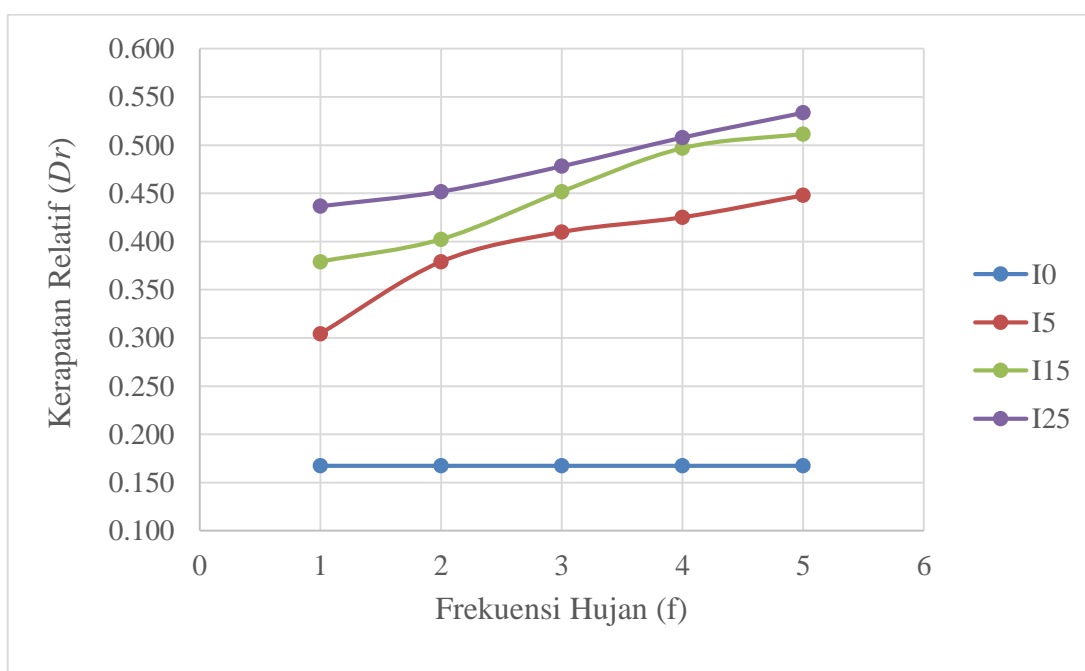
3. Untuk frekuensi hujan kedua ( $f_2$ ) pada intensitas curah hujan kala ulang 5, 15 dan 25 tahun ( $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ ), juga menunjukkan penurunan angka pori pada setiap intensitas curah hujan, baik  $I_5$ ,  $I_{15}$  maupun  $I_{25}$ , yaitu  $e_{I_5} = 0,86339$ ,  $e_{I_{15}} = 0,85552$  dan  $e_{I_{25}} = 0,83870$ .
4. Untuk frekuensi hujan ketiga, keempat dan kelima ( $f_3$ ,  $f_4$  dan  $f_5$ ) pada intensitas curah hujan kala ulang 5, dan 25 tahun ( $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ ), juga mengalami penurunan angka pori pada setiap intensitas curah hujan yang berbeda, sebagaimana yang terjadi pada frekuensi hujan kedua ( $f_2$ ) terhadap angka pori pada intensitas curah hujan  $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ .

#### **D. Perubahan Kerapatan Relatif Tanah Akibat Frekuensi Hujan dengan Variasi Intensitas Curah Hujan**

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat *rainfall simulator*, alat *sand cone*, dan alat kompaksi. Penyajian data dan analisis kerapatan relatif pada kondisi tanah asli, dilakukan secara berturut-turut pada lima frekuensi hujan dan tiga variasi intensitas curah hujan rencana yaitu intensitas curah hujan 5 tahun, 15 tahun dan 25 tahun ( $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ ). Kemudian dilanjutkan uji *sand cone* setiap selesai satu frekuensi hujan, kemudian dilanjutkan dengan uji kompaksi untuk mengetahui angka pori minimum dan angka pori maksimum. Uraian mengenai perhitungan dari proses tersebut dapat dilihat pada lampiran D, dan secara berturut-turut hasilnya disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 12. Hasil perhitungan kerapatan relatif tanah dengan variasi frekuensi hujan pada intensitas curah hujan  $I_0$ ,  $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ .

No.	Frekuensi Hujan (f)	Kerapatan Relatif ( $Dr$ ) Untuk Intensitas Curah Hujan (I)			
		$I_0$	$I_5$	$I_{15}$	$I_{25}$
1	$f_1$	0,16751	0,30435	0,37908	0,43667
2	$f_2$	0,16751	0,37908	0,40226	0,45182
3	$f_3$	0,16751	0,40994	0,45182	0,47814
4	$f_4$	0,16751	0,42525	0,49678	0,50791
5	$f_5$	0,16751	0,44804	0,51160	0,53368
Rata-Rata		0,16751	0,39333	0,44831	0,48164



Gambar 12. Hubungan antara kerapatan relatif tanah dengan frekuensi hujan

Dari hasil perhitungan kerapatan relatif tanah ( $Dr$ ) yang terdapat pada tabel 12 dan gambar 12, maka dapat disimpulkan bahwa:

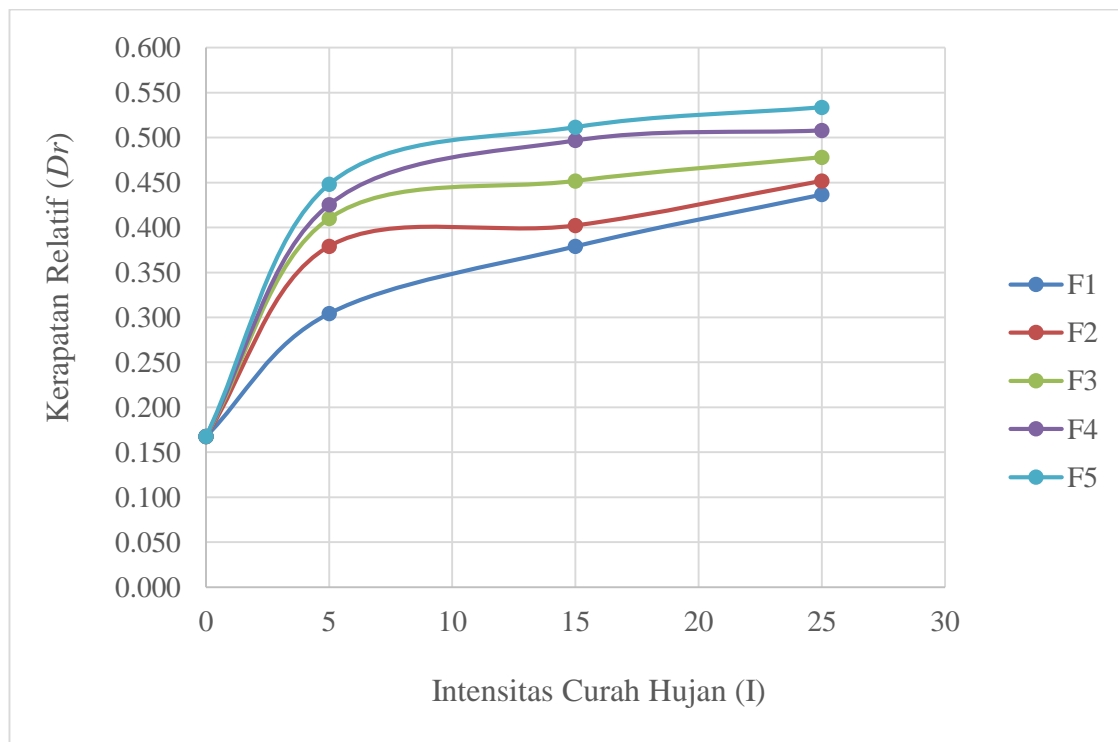
1. Pengujian kerapatan relatif di lapangan yang belum terkena pukulan hujan di laboratorium ( $f_0$  dan  $I_0$ ), menunjukkan kerapatan relatif paling kecil = 0,16751.

2. Untuk intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun ( $I_5$ ) frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ), menunjukkan nilai kerapatan relatif meningkat jika dibandingkan dengan pengujian lapangan, hal ini terjadi akibat dari pukulan air hujan buatan pada alat *rainfall simulator* di laboratorium, yang mana  $Drf_1 = 0,30435$ , pada frekuensi hujan kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan peningkatan nilai kerapatan relatif pada tiap-tiap frekuensi hujan jika dibandingkan dengan frekuensi hujan sebelumnya, hal ini diakibatkan oleh pukulan air hujan buatan yang terjadi pada setiap frekuensi, dengan nilai  $Drf_2 = 0,37908$ ,  $Drf_3 = 0,40994$ ,  $Drf_4 = 0,42525$  dan  $Drf_5 = 0,44804$ .
3. Untuk intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun ( $I_{15}$ ) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan penurunan angka pori pada setiap frekuensi hujan, akan tetapi peningkatan nilai kerapatan relatif yang terjadi pada frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun ( $I_{15}$ ) lebih besar jika dibandingkan peningkatan nilai kerapatan relatif yang terjadi pada frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ) intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun ( $I_5$ ) terhadap kerapatan relatif lapangan ( $f_0$   $I_0$ ), hal ini diakibatkan oleh perbedaan intensitas curah hujan .yaitu  $Drf_1 = 0,37908$ ,  $Drf_2 = 0,40226$ ,  $Drf_3 = 0,45182$ ,  $Drf_4 = 0,49678$  dan  $Drf_5 = 0,51160$ .
4. Untuk intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun ( $I_{25}$ ) pada frekuensi hujan pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima, juga menunjukkan peningkatan nilai kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan. Pada frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ) dengan intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun ( $I_{25}$ ), juga terjadi peningkatan nilai kerapatan relatif yang lebih besar jika dibandingkan dengan peningkatan nilai

kerapatan relatif yang terjadi pada frekuensi pertama ( $f_1$ ) intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun ( $I_{15}$ ) terhadap kerapatan relatif lapangan, sebagaimana yang terjadi antara  $f_1 I_5$  dan  $f_1 I_{15}$ .

Tabel 13. Hasil perhitungan kerapatan relatif tanah dengan variasi intensitas curah hujan pada frekuensi curah hujan  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$ , dan  $f_5$ .

No	Intensitas Curah Hujan (I)	Kerapatan Relatif ( $Dr$ ) Untuk Frekuensi Hujan (f)					
		$f_0$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$
1	$I_5$	0,16751	0,30435	0,37908	0,40994	0,42525	0,44804
2	$I_{15}$	0,16751	0,37908	0,40226	0,45182	0,49678	0,51160
3	$I_{25}$	0,16751	0,43667	0,45182	0,47814	0,50791	0,53368
Rata-Rata		0,16751	0,37336	0,41105	0,44663	0,47665	0,49778



Gambar 13. Hubungan antara kerapatan relatif tanah dengan intensitas curah hujan

Dari hasil perhitungan kerapatan relatif tanah ( $Dr$ ) yang terdapat pada tabel 13 dan gambar 13, yang menjelaskan bahwa :

1. Pengujian kerapatan relatif di lapangan yang belum terkena pukulan hujan di laboratorium ( $f_0$  dan  $I_0$ ), menunjukkan kerapatan relatif paling kecil = 0,16751.
2. Untuk frekuensi hujan pertama ( $f_1$ ) intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun ( $I_5$ ), menunjukkan peningkatan nilai kerapatan relatif jika dibandingkan dengan pengujian lapangan, hal ini terjadi akibat dari pukulan air hujan buatan pada alat *rainfall simulator* di laboratorium, pada intensitas curah hujan kala ulang 15 tahun ( $I_{15}$ ) dan intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun ( $I_{25}$ ) juga menunjukkan peningkatan nilai kerapatan relatif pada setiap intensitas curah hujan jika dibandingkan dengan intensitas curah hujan sebelumnya, hal ini diakibatkan oleh pukulan air hujan buatan yang berbeda terhadap tanah yang terjadi pada setiap intensitas curah hujan, baik  $DrI_5$ ,  $DrI_{15}$  maupun  $DrI_{25}$ , yang mana  $DrI_5 = 0,30435$ ,  $DrI_{15} = 0,37908$  dan  $DrI_{25} = 0,43667$
3. Untuk frekuensi hujan kedua ( $f_2$ ) pada intensitas curah hujan kala ulang 5, 15 dan 25 tahun ( $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ ), juga menunjukkan peningkatan nilai kerapatan relatif pada setiap intensitas curah hujan, baik  $I_5$ ,  $I_{15}$  maupun  $I_{25}$ , yaitu  $DrI_5 = 0,37908$ ,  $DrI_{15} = 0,40226$  dan  $DrI_{25} = 0,45182$ .

Untuk  $f_3$ ,  $f_4$  dan  $f_5$  pada intensitas curah hujan kala ulang 5, 15 dan 25 tahun ( $I_5, I_{15}$  dan  $I_{25}$ ), juga mengalami peningkatan nilai kerapatan relatif ( $Dr$ ) pada setiap intensitas curah hujan yang berbeda, sebagaimana yang terjadi pada  $f_2$  terhadap  $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ .

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. KESIMPULAN**

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

1. Angka pori ( $e$ ) dan kerapatan relatif ( $D_r$ ) pada tanah *common soil* mengalami perubahan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan ( $I$ ), semakin tinggi intensitas curah hujan maka angka pori semakin kecil dan kerapatan relatif semakin besar pada tingkat frekuensi hujan ( $f$ ) yang sama.
2. Angka pori ( $e$ ) dan kerapatan relatif ( $D_r$ ) pada tanah *common soil* mengalami perubahan berbanding lurus dengan bertambahnya frekuensi hujan ( $f$ ), semakin banyak frekuensi hujan maka angka pori semakin kecil dan kerapatan relatif semakin besar pada tingkat intensitas curah hujan ( $I$ ) yang sama.

#### **B. SARAN**

Dalam penelitian ini digunakan intensitas curah hujan wilayah Makassar, yaitu intensitas curah hujan berulang  $I_5$ ,  $I_{15}$  dan  $I_{25}$ , menggunakan lima kali frekuensi hujan, dan menggunakan jenis tanah *common soil*, disarankan pada penelitian berikutnya menggunakan intensitas curah hujan wilayah dan jenis gradasi tanah yang berbeda. Dalam proses pengeringan sampel tanah disarankan menggunakan acuan standar kadar air atau menggunakan oven, agar berat sampel relatif sama dalam ukuran volume yang sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustianto, D. S. (2014), *Model Hubungan Hujan dan Run Off (Studi Lapangan)*. Universitas Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Vol. 2, No. 2, ISSN: 2355-374X.
- A. Rakhim, dkk (2017), *Peran Akar Pohon Untuk Meningkatkan Kapasitas Infiltrasi*. Universitas Hasanuddin, Makassar: Jurnal Internasional Teknik Sipil dan Teknologi (IJCIET), Volume 8, Edisi 8, ISSN: 0976-6308.
- Bambang Triatmodjo (2008), *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Chandra, Budiman (2007), *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Perpustakaan Nasional, Jakarta: EGC.
- Darwis (2012), *Analisis Dan Pemodelan Formasi Pipa Resapan Untuk Konservasi Airtanah Pada Lahan Pertanian Irigasi Air Tanah Di Kabupaten Takalar*. Universitas 45, Jl. Urip Sumoharjo KM. 4, Makassar: Jurnal Teknik Sipil KOKOH, Vol. 13, No. 3, ISSN: 1411-3864.
- Daryanto (2004), *Masalah Pencemaran*. Bandung : PT. Tarsito
- Das, B. M. (1995), *Mekanika Tanah jilid 1* (perinsip-perinsip rekayasa geoteknis), diterjemahkan oleh Noor Endah, Indrasurya B. Muchtar. Institut Teknologi 10 November, Surabaya.
- Dheni Saputra J. P., dkk (2016), *Studi Air Tanah Berbasis Geographics Information System (GIS) di Kota Bandar Lampung*. JRSDD, Vol. 4, No. 3, hal. 469-480, ISSN: 2303-0011.
- Effendi H. (2003), *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta: Kanisius.
- Fanny Prawaka, dkk. (2016), *Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, dan Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus Curah Hujan Beberapa Stasiun Hujan Daerah Bandar Lampung)*. JRSDD, Vol. 4, No. 3, Hal. 397-406, ISSN:2303-0011.
- Frisca Panjaitan, Jamilah dan M. Madjid B. Damanik (2015), *Klasifikasi Tanah Berdasarkan Taksonomi Tanah Di Desa Sembahe Kecamatan Sibolangit*. USU Medan: Jurnal Online Agroekoteknologi, Vol. 3. No. 4, Hal. 1447-1458, ISSN: 2337-6597



- Hadisusanto N. (2011), *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Mediautama.
- Hardiyatmo, Hary Christady (2002), *Mekanika Tanah 1, Edisi-3*, Gajah Mada University Press, Bulaksumur, Yogyakarta.
- Haris Djafar, dkk. (2014), *Studi Analisa Kebutuhan Jumlah Stasiun Hujan Berdasarkan Evaluasi Perbandingan antara Analisa Hidrograf Banjir dan Banjir Historis Pada DAS Limboto Provinsi Gorontalo*. Universitas Brawijaya, Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan: Jurnal Teknik Pengairan Vol. 5, No. 2, Hal. 172–181.
- Hidayat, R. S. (2008), *Potensi Air Tanah Di Cekungan Air Tanah Sambas, Provinsi Kalimantan Barat*. Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro No. 57, Bandung: Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3 No. 4, Hal. 205-216.
- Ivandri P, Septian (2014), *Analisa Kajian Banjir dengan Sumur Resapan dan Lubang Biopori Pada Kawasan Perumahan Griya Insan Mulia, Kecamatan Medan Sunggal*. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik USU
- Kodoatie, Robert J. dan Sjarief Roestam (2010), *Tata Ruang Air*. ANDI Offset, Yogyakarta.
- Moh. Nazir (1998), *Metode Penelitian*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Mulyana W. P., dkk. (2013), *Pengaruh Curah Hujan Harian terhadap Ketersediaan Air Pada Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Sungai Cisanggiri Kecamatan Cihurip Kabupaten Garut*. Sekolah Tinggi Teknologi Garut Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia: Jurnal Hidrologi, Vol. 11 No. 1, ISSN: 2302-7312.
- Mulyono D. (2014), *Analisis Karakteristik Curah Hujan Di Wilayah Kabupaten Garut Selatan*. Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia: Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut, Vol. 13, No. 1, ISSN: 2302-7312.
- Obus (2016), *Basic Hidrology Study System*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Purba, J. H. (2011), *Kebutuhan dan Cara Pemberian Air Irigasi Untuk Tanaman Padi Sawah (Oryza Satival L)*. Widyatech Jurnal Sains dan Teknologi, Vol. 10, No. 3, Hal. 146-155.
- Seyhan E. (1990), *Dasar-dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Soedarmo G.D. dan Edy Purnomo S. J. (1993), *Mekanika Tanah 1*, Kanisius: Malang.
- Sosrodarsono S. & Takeda K. (2006), *Hidrologi untuk pengairan*, jakarta, Pradnya Paramita
- Suripin (2004), *Pengembangan Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta
- Trimaijon (2010), *Keandalan Analisa Metode Mock (Studi Kasus: Waduk PLTA Koto Panjang)*. Universitas Riau, Pekanbaru: Jurnal Teknobiologi, Vol. 1, No. 2, Hal. 70-83, ISSN: 208-5428
- Verrina, G. P., dkk. (2013), *Analisa Run Off Pada Sub DAS Lematang Hulu*. Universitas Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Vol. 1, No. 1, ISSN: 2355-374X.



LAMPIRAN  
PENELITIAN



LAMPIRAN A  
DATA PENGAMATAN LAPANGAN

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 17 Maret 2017  
Nama : 1. Syahrir 3. Nasruddin 5. Sulvahanra  
2. Muh. Nur Jayadi 4. Aso 6. Eki Sandi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik		
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4897
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6643
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	1875
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	4371
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	4371
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	3493
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,418906
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	2461,756
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,77
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,505

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,505}{2,1} \times 100 \% = 71,67 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 10 Maret 2017  
Nama : 1. Syahrir 3. Nasruddin 5. Sulvahenra  
2. Muh. Nur Jayadi 4. Aso 6. Eki Sandi

**HASIL PERHITUNGAN ANALISA SARINGAN**

No.	Nomor Saringan	Berat tertahan		Berat Kumulatif	
		gr	%	Tertahan (gr)	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	95,00	5,0
8	Pan	56	5	100,00	0,0
Total		1120	100	408	-

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T..M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 17 Maret 2017  
Nama : 1. Syahrir 3. Nasruddin 5. Sulvahanra  
2. Muh. Nur Jayadi 4. Aso 6. Eki Sandi

**PEMERIKSAAN KADAR AIR**

Nomot Tin Box			Atas	Tengah	Bawah
A	Berat Tun Box	gram	13	13	13
B	Berat Tun Box + Tanah Basah	gram	93	92	93
C	Berat Tun Box + Tanah Kering	gram	79	78	78
D	Berat Air ( B-C)	gram	14	14	15
E	Berat Tanah Kering ( C-A)	gram	66	65	65
F	Kadar Air ( $w = (D/E * 100\%)$ )	%	21,212	21,538	22,727
G	Rata Rata	%	21,826		

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 20 Maret 2017  
Nama : 1. Syahrir 3. Nasruddin 5. Sulvahenra  
2. Muh. Nur Jayadi 4. Aso 6. Eki Sandi

**BERAT JENIS TANAH (SPESIFIK GRAVITI), Gs**

Nomor Percobaan	I	II
Berat Piknometer, $W_1$ (gram)	155	155
Berat Piknometer + air, $W_2$ (gram)	306	306
Berat Piknometer + air + tanah, $W_3$ (gram)	322	321
Berat tanah kering, $W_s$ (gram)	25	25
Temperatur, $^{\circ}\text{C}$	29	28
Faktor koreksi, $\alpha = \gamma_T/\gamma_{20}$	0,99598	0,99267
Berat Jenis, Gs	2,7666	2,4817
Berat Jenis Rata-rata, Gs	2,6241	

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T.M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 21 Maret 2017  
Nama : 1. Syahrir 3. Nasruddin 5. Sulvahenra  
2. Muh. Nur Jayadi 4. Aso 6. Eki Sandi

**PEMERIKSAAN BATAS-BATAS ATTERBERG**

**BATAS CAIR**

No test		1		2		3	
Jumlah Pukulan		10		15		23	
No. Continer		A	B	A	B	A	B
Berat continer	Gram	13		13		13	
Berat tanah basah, W1	Gram	30	34	27	25	23	19
Berat tanah kering, W2	Gram	22	25	19	18	17	14
Berat Air (Ww= W1-W2)	Gram	8	9	8	7	6	5
Kadar Air (Ww/Wd*100%)	%	36,36	36	42,11	38,89	35,29	35,71
kadar Air	%	36,18		40,50		35,50	
Kadar air rata-rata	%			37,39			

**BATAS PLASTIS**

No test		-	1	2	3
No. continer		-	A	B	C
Berat continer, W1	Gram	13	13	13	13
Berat tanah basah + brt continer, W2	Gram	21	20	19	19
Berat tanah kering + brt continer, W3	Gram	19	19	18	18
Berat tanah basah, (W4=W2-W1)	Gram	8	7	6	6
Berat tanah kering, (W5=W3-W1)	Gram	6	6	5	5
Berat Air, (W6=W4-W5)	Gram	2	1	1	1
Batas Plastis (Ww/Wd*100%)	%	33,33	16,67	20	20
Batas Plastis rata-rata	%		23,33		

Indeks Plastisitas  $PI = LL - F$

$$PI = 37,39 - 23,33 = 14,06 \%$$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 21 Maret 2017  
Nama : 1. Syahrir 3. Nasruddin 5. Sulvahanra  
2. Muh. Nur Jayadi 4. Aso 6. Eki Sandi

**PERMEABILITAS**

**Constan head**

Diameter buret (d) = 4 cm

Diameter sampel (D) = 3 cm

Tinggi sampel (H) = 28 cm

No. Test	Satuan	1	2
Luas potongan melintang buret ( $a = 1/4 \times d^2$ )	cm <sup>2</sup>	12,566	12,566
Luas potongan melintang sampel ( $A = 1/4 \times D^2$ )	cm <sup>2</sup>	7,069	7,069
Ketinggian hidrolis (h)	cm <sup>2</sup>	43	43
Panjang sampel (L)	cm <sup>2</sup>	41	35,5
Waktu pengujian (t)	menit	4,02	5,1
Temperatur (T)	°C	30	29
Volume air yang terkumpul (Q)	cm <sup>3</sup>	4,8	5
Koefisien permeabilitas (QL / h.A.t)	(cm/det)	0,0026844	0,0019084
Rata-rata	(cm/det)	0,0022964	

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T.M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 24 Maret 2017  
Nama : 1. Syahrir 3. Nasruddin 5. Sulvahanra  
2. Muh. Nur Jayadi 4. Aso 6. Eki Sandi

**HASIL PERHITUNGAN HIDROMETER**

Berat Jenis (Gs) = 2,6241 gram/cm<sup>3</sup>

Zero Correction = 1

Meniscus Correction = 1

Gs Correction

{ $\alpha = 1,65 G_s / [(G_s - 1) \times G_s]$ } = 1,534

Berat tanah, W<sub>s</sub> = 56 gram

Waktu (menit)	T (°C)	R	R <sub>cp</sub>	% butiran halus $\alpha = R_{pc}/W_s \times 100\%$	Kumulatif (%)	R <sub>cl</sub>	L (cm)	K	D = K.(L/t) <sup>0,5</sup>
0.25	27	21,00	24,00	65,75	3,29	22,00	14,20	0,01225	0,092
0.5	27	18,00	21,00	57,53	2,88	19,00	14,20	0,01225	0,065
1	27	17,00	20,00	54,79	2,74	18,00	14,30	0,01225	0,046
2	27	16,00	19,00	52,05	2,60	17,00	14,30	0,01225	0,033
4	27	14,50	17,50	47,94	2,40	1,50	14,40	0,01225	0,023
8	27	12,00	15,00	41,09	2,05	13,00	14,50	0,01225	0,016
15	27	9,50	12,50	34,25	1,71	10,50	14,50	0,01225	0,012
30	27	8,00	11,00	30,14	1,51	9,00	14,80	0,01225	0,009
60	27	7,00	10,00	27,40	1,37	8,00	15,00	0,01225	0,006
90	27	6,00	9,00	24,66	1,23	7,00	15,00	0,01225	0,005
120	27	5,50	8,50	23,29	1,16	6,50	15,00	0,01225	0,004
240	27	4,50	7,50	20,55	1,03	5,50	15,20	0,01225	0,003
1440	27	4,00	7,00	19,18	0,96	5,00	15,30	0,01225	0,001

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 25 Maret 2017  
Nama : 1. Syahrir 3. Nasruddin 5. Sulvahanra  
2. Muh. Nur Jayadi 4. Aso 6. Eki Sandi

**KOMPAKSI**

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	52,10

**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 <sup>3</sup>	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5
Berat volume basah $\gamma_{wet} = W_{wet}/V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	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 tanah basah + Container	gr	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Berat tanah kering + Container	gr	132	128	129	126	131	130	134	130	138	135	134	137	141	142	146
Berat air	gr	109	103	104	102	105	105	109	106	106	106	107	108	109	112	114
Berat Container	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	34,41	31,18	28,72	30,53	33,33	31,31	31,68
Kadar air rata-rata	%	26,403			27,467			28,752			30,144			32,110		

**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	32,110
Berat kering, $W_{dry} = W_{wet} / (1+(W/100))$	gram	1608,349	1687,460	1622,590	1628,920	1672,430
Volume mould	cm <sup>3</sup>	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5	1177,5
Berat isi kering, $\gamma_{dry} = W_{dry}/V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1,366	1,433	1,378	1,383	1,420
$\gamma_w = G_s / ((1 + W) \times G_s)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,606	1,579	1,548	1,515	1,471

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

**Syamsuddin, S.T.**  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

**Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.**  
NBM. 795 108





## 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 1982 dengan data curah hujan maksimum harian masing-masing stasiun: Tamangapa, Panakukang, Mandai dan Somba Opu dengan data berturut-turut: 140 mm, 81 mm, 188 mm dan 130 mm.

$$R = \frac{1}{4}(140 + 81 + 188 + 130) \dots\dots\dots (1)$$

$$R = 135 \text{ mm}$$

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

Tabel 1. Rekapitulasi hujan maksimum harian rata-rata

No.	Tahun	Hujan Maks. Harian Rata-rata
1	2	3
1	1982	135
2	1983	122
3	1984	135
4	1987	193
5	1988	55
6	1989	112
7	1990	106
8	1991	51
9	1992	64
10	1993	134
11	1994	61
12	1995	205
13	1996	136

1	2	3
14	1997	76
15	1998	65
16	1999	121
17	2000	154
18	2001	110
19	2002	153
20	2003	80
21	2004	117
22	2005	75
23	2006	129
24	2007	89
25	2008	88
26	2009	84
27	2010	64
28	2011	91
29	2012	67
30	2013	118

*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 ( $C_s$ ), koefisien kurtosis ( $C_k$ ) dan koefisien variasi ( $C_v$ ), kemudian dapat disimpulkan jenis distribusi apa yang dapat digunakan. Langkah-langkah yang 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

No	Tahun	Xi	Xr	(Xi - Xr)	(Xi - Xr) <sup>2</sup>	(Xi - Xr) <sup>3</sup>	(Xi - Xr) <sup>4</sup>
1	1995	205	106	99	9748	962479	95028790
2	1987	193	106	86	7479	646841	55940930
3	2000	154	106	47	2255	107059	5083523
4	2002	153	106	46	2161	100437	4668626
5	1996	136	106	30	899	26955	808201
6	1982	135	106	28	811	23109	658208
7	1984	135	106	28	797	22505	634402
8	1993	134	106	27	755	20759	570529
9	2006	129	106	22	506	11365	255531
10	1983	122	106	16	255	4083	65263
11	1999	121	106	14	203	2883	41042
12	2013	118	106	12	138	1615	18953
13	2004	117	106	11	121	1325	14552
14	1989	112	106	5	30	165	904
15	2001	110	106	4	14	52	194
16	1990	106	106	-1	1	0	0
17	2011	91	106	-15	226	-3386	50850
18	2007	89	106	-17	290	-4927	83849
19	2008	88	106	-18	325	-5848	105365
20	2009	84	106	-23	507	-11416	257049
21	2003	80	106	-26	677	-17610	458149
22	1997	76	106	-31	931	-28419	867258
23	2005	75	106	-31	978	-30566	955710
24	2012	67	106	-39	1522	-59395	2317398
25	1998	65	106	-42	1724	-75508	2970913
26	1992	64	106	-42	1786	-76856	3191479
27	2010	64	106	-43	1808	-76856	3267660
28	1994	61	106	-45	2027	-91226	4106703
29	1998	55	106	-51	2628	-134743	6907809
30	1991	51	106	-55	3054	-168807	9329387
Σ		3188			44654	1151364,557	198660229

Sumber: Hasil Perhitungan



Nilai rata-rata ( $X_r$ ) :

$$X_r = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{3188}{30} = 106 \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

Standar Deviasi (S) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_r)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3)$$

$$= \sqrt{\frac{44654}{30-1}}$$

$$= 39$$

Koefisien Skewness ( $C_s$ ) :

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - X_r)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (4)$$

$$= \frac{30 \times 1151364,557}{29 \times 28 \times 39^3}$$

$$= \frac{34540937}{49062270}$$

$$= 0,704$$

Koefisien Kurtosis ( $C_k$ ) :

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - X_r)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots\dots\dots (5)$$

$$= \frac{30^2 \times 198660229}{29 \times 28 \times 27 \times 39^4}$$

$$= \frac{178794206193}{51980678037}$$

$$= 3,440$$

Koefisien Variasi (Cv) :

$$\begin{aligned}Cv &= \frac{Sd}{\bar{X}_r} \dots\dots\dots (6) \\&= \frac{39}{106} \\&= 0,369\end{aligned}$$

Untuk analisa frekuensi dengan Logaritma juga dilakukan perhitungan parameter statistik dengan tahap-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 tabel 3.

Nilai rata-rata (Log  $\bar{X}_r$ ) :

$$\begin{aligned}\overline{\text{Log } X_r} &= \frac{\sum \text{Log } X_i}{n} \dots\dots\dots (7) \\&= \frac{59,941}{30} \\&= 1,998\end{aligned}$$

Standar Deviasi (Sd) :

$$\begin{aligned}Sd &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}_r)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (8) \\&= \sqrt{\frac{0,74668}{30-1}} \\&= 0,160\end{aligned}$$

Koefisien Skewness (Cs) :

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{n \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}_r)^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \dots\dots\dots (9) \\
 &= \frac{30 \times -0,00140}{29 \times 28 \times 0,160^3} \\
 &= \frac{-0,04202}{3,355} \\
 &= -0,013
 \end{aligned}$$

Koefisien Kurtosis (Ck) :

$$\begin{aligned}
 C_k &= \frac{n^2 \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}_r)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4} \dots\dots\dots (10) \\
 &= \frac{30^2 \times 0,039345}{29 \times 28 \times 27 \times 0,160^4} \\
 &= \frac{35,41051}{14,534} \\
 &= 2,436
 \end{aligned}$$

Koefisien Variasi (Cv) :

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{S_d}{\text{Log } \bar{X}_r} \dots\dots\dots (11) \\
 &= \frac{0,160}{1,998} \\
 &= 0,080
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Pengukuran dispersi dengan Logaritma

No	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xr	Log Xi – Log Xr	(Log Xi – Log Xr) <sup>2</sup>	(Log Xi – Log Xr) <sup>3</sup>	(Log Xi – Log Xr) <sup>4</sup>
1	1995	205	2,312	1,998	0,31371	0,09841	0,03087	0,00968514
2	1987	193	2,285	1,998	0,28695	0,08234	0,02363	0,00677984
3	2000	154	2,187	1,998	0,18877	0,03563	0,00673	0,00126979
4	2002	153	2,184	1,998	0,18594	0,03457	0,00643	0,00119524
5	1996	136	2,134	1,998	0,13629	0,01858	0,00253	0,00034504
6	1982	135	2,130	1,998	0,13148	0,01729	0,00227	0,00029887
7	1984	135	2,129	1,998	0,13068	0,01708	0,00223	0,00029161
8	1993	134	2,126	1,998	0,12825	0,01645	0,00211	0,00027053
9	2006	129	2,110	1,998	0,11170	0,01248	0,00139	0,00015568
10	1983	122	2,087	1,998	0,08920	0,00796	0,00071	0,00006332
11	1999	121	2,081	1,998	0,08294	0,00688	0,00057	0,00004733
12	2013	118	2,072	1,998	0,07384	0,00545	0,00040	0,00002972
13	2004	117	2,069	1,998	0,07107	0,00505	0,00036	0,00002551
14	1989	112	2,048	1,998	0,05020	0,00252	0,00013	0,00000635
15	2001	110	2,041	1,998	0,04335	0,00188	0,00008	0,00000353
16	1990	106	2,023	1,998	0,02521	0,00064	0,00002	0,00000040
17	2011	91	1,960	1,998	-0,03781	0,00143	-0,00005	0,00000204
18	2007	89	1,951	1,998	-0,04744	0,00225	-0,00011	0,00000506
19	2008	88	1,946	1,998	-0,05233	0,00274	-0,00014	0,00000750
20	2009	84	1,923	1,998	-0,07506	0,00563	-0,00042	0,00003174
21	2003	80	1,904	1,998	-0,09360	0,00876	-0,00082	0,00007676
22	1997	76	1,879	1,998	-0,11866	0,01408	-0,00167	0,00019827
23	2005	75	1,875	1,998	-0,12298	0,01513	-0,00186	0,00022877
24	2012	67	1,828	1,998	-0,17035	0,02902	-0,00494	0,00084217
25	1998	65	1,811	1,998	-0,18681	0,03490	-0,00652	0,00121775
26	1992	64	1,806	1,998	-0,19187	0,03681	-0,00706	0,00135514
27	2010	64	1,804	1,998	-0,19357	0,03747	-0,00725	0,00140381
28	1994	61	1,787	1,998	-0,21094	0,04450	-0,00939	0,00197983
29	1988	55	1,740	1,998	-0,25768	0,06640	-0,01711	0,00440900
30	1991	51	1,708	1,998	-0,29048	0,08438	-0,02451	0,00711927
Σ		3188	59,941	1,998		0,74668	-0,00140	0,03934501

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 ( $C_s$ ), koefisien kurtosis ( $C_k$ ) dan koefisien variasi ( $C_v$ ) masing-masing jenis distribusi dicocokkan dengan hasil perhitungan sehingga dapat ditarik kesimpulan jenis distribusi mana yang sesuai. Hasil uji parameter statistik diperlihatkan pada tabel 4.

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

Tabel 4. Uji parameter statistik

Jenis Distribusi / Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	0,704 3,440	Tidak memenuhi
Gumbel	$C_s = 1,1396$ $C_k = 5,4002$	0,704 3,440	Tidak memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$ $C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$	0,241 3,104	Tidak memenuhi
Log Person Tipe III	Selain dari nilai-nilai diatas	$C_s = -0,013$ $C_k = 2,436$	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

## 3. Analisa jenis distribusi

Berdasarkan hasil uji parameter statististik, jenis distribusi yang dapat digunakan yaitu distribusi Log Pearson III.

Metode perhitungan Log Pearson III digunakan untuk menganalisa curah hujan rencana. Untuk perhitungan dengan metode Log Pearson III dijelaskan contoh prosedur perhitungan dengan periode ulang 5 tahun,  $n = 30$  tahun dengan menggunakan persamaan (12), (13) dan (14).

Nilai rata-rata (Log  $X_r$ ) :

$$\begin{aligned} \overline{\text{Log } X_r} &= \frac{\sum \text{Log } X_i}{n} \dots\dots\dots (12) \\ &= \frac{59,941}{30} \\ &= 1,998 \end{aligned}$$

Standar Deviasi (Sd) :

$$\begin{aligned} Sd &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (13) \\ &= \sqrt{\frac{0,74668}{30-1}} \\ &= 0,160 \end{aligned}$$

Koefisien Skewness (Cs) :

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{n \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots (14) \\ &= \frac{30 \times -0,00140}{29 \times 28 \times 0,160^3} \\ &= \frac{-0,04202}{3,355} \\ &= -0,013 \end{aligned}$$

Perhitungan curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan persamaan (15), dengan konstanta Log Pearson tipe III (G) yang ditentukan berdasarkan nilai koefisien kemencengan (Cs) yang disajikan pada tabel 4. Dari perhitungan didapatkan nilai  $C_s = -0,013$ . 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  $C_s = -0,013$

Cs	Periode Ulang (Tahun)						
	2	5	10	25	50	100	200
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,013	0,002	0,841	1,280	1,747	2,047	2,317	2,564
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482

Sumber : Hasil Perhitungan

Berikut ini contoh prosedur perhitungan curah hujan rencana dengan periode ulang lima tahun dengan menggunakan persamaan (15).

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } \bar{X}} + G \times S \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$= 1,998 + 0,841 \times 0,160$$

$$= 2,133$$

$$X = 135,842$$

Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Log Pearson III untuk periode ulang 5, 15 dan 25 tahun disajikan pada tabel 6.

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

T	Log Xr	G	Sd	Log X T	X T
5	1,998	0,841	0,160	2,133	135,842
15	1,998	1,294	0,160	2,205	160,339
25	1,998	1,747	0,160	2,278	189,806

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 5, 15 dan 25 tahun yang didapatkan dari perhitungan berturut-turut: 246,841 mm, 307,489 mm dan 344,900 mm.

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

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^m \dots\dots\dots (16)$$

$$I_5 = \frac{135,842}{24} \left( \frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 246,841 \text{ mm/jam}$$

$$I_{15} = \frac{160,339}{24} \left( \frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 307,489 \text{ mm/jam}$$

$$I_{25} = \frac{189,906}{24} \left( \frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 344,900 \text{ mm/jam}$$

#### **C. Interpolasi Penyesuaian Intesitas Curah Hujan Dengan *Flowmeter* Alat *Rainfall Simulator***

Diketahui:

Intensitas curah hujan rencana:

$$I_5 = 246,841 \text{ mm/jam}$$

$$I_{15} = 307,489 \text{ mm/jam}$$

$$I_{25} = 344,900 \text{ mm/jam}$$



Intensitas curah hujan standar alat *rainfall simulator*:

$$I_1 = 102 \text{ mm/jam}$$

$$I_2 = 480 \text{ mm/jam}$$

Nilai standar *flowmeter* alat *rainfall simulator*:

$$q_1 = 2,04 \text{ liter/menit}$$

$$q_2 = 9,60 \text{ liter/menit}$$

Interpolasi nilai *flowmeter* rencana:

$$q = q_1 + \left( \frac{I - I_1}{I_2 - I_1} \right) \times (q_2 - q_1)$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} q_{I5} &= 2,04 + \left( \frac{246,841 - 102}{480 - 102} \right) \times (9,6 - 2,04) \\ &= 4,9 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{I15} &= 2,04 + \left( \frac{307,489 - 102}{480 - 102} \right) \times (9,6 - 2,04) \\ &= 6,1 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{I25} &= 2,04 + \left( \frac{344,900 - 102}{480 - 102} \right) \times (9,6 - 2,04) \\ &= 6,9 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

Keterangan:

$q_{I5}$  : Nilai flowmeter pada intensitas curah hujan 5 tahunan.

$q_{I15}$  : Nilai flowmeter pada intensitas curah hujan 15 tahunan.

$q_{I25}$  : Nilai flowmeter pada intensitas curah hujan 25 tahunan.



LAMPIRAN C  
DATA LABORATORIUM

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 24 September 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

*SAND CONE TEST*

Nomor Titik	01 I5	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6558
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4092
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1659
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	1659
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	1191
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / $\gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,774
Berat isi tanah kerinng $\gamma_d = \gamma_w/(1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,508

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,508}{2,1} \times 100 \% = 71,809 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 26 September 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	02 I5	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6550
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4081
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1648
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1648
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1194
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,781
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w/(1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,514

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,514}{2,1} \times 100 \% = 72,095 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Labolatorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T.,M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 28 September 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	03 I5	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6549
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4050
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1683
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1683
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1224
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,788
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,516

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab (  $\gamma_{lab}$  ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,516}{2,1} \times 100 \% = 72,190 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 29 September 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	04 I5	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6549
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4055
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1682
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1682
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1219
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,795
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,519

Data Kompaksi:

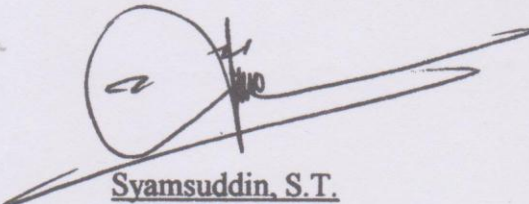
Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

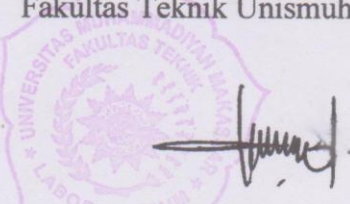
Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,519}{2,1} \times 100 \% = 72,333 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

  
Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Labolatorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

  
Hj. Nurnawaty, S.T.,M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 01 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	05 I5	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6548
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4196
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1678
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1678
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1077
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,801
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,522

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab (  $\gamma_{lab}$  ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,522}{2,1} \times 100 \% = 72,476 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Labolatorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 03 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	01 I15	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6545
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4116
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1683
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1683
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1154
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,780
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,513

Data Kompaksi:

Kadar air optimum ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,519}{2,1} \times 100 \% = 72,048 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 04 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	02 I15	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6540
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4098
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1681
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1681
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1167
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,788
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,521

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,521}{2,1} \times 100 \% = 72,429 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T.M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 05 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	03 I15	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6537
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4123
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1672
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1672
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1139
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,793
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w/(1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,529

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,529}{2,1} \times 100 \% = 72,810 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Labolatorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 06 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	04 I15	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6532
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4087
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1687
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang W = W5 - W6	Gram	1687
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang W7 = (W3 - W4) - Wf	Gram	1170
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, V = W7 / $\gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,797
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w/(1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,533

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,533}{2,1} \times 100 \% = 73,000 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

**Syamsuddin, S.T.**  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

**Hj. Nurnawaty, S.T.,M.T.**  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 07 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	05 I15	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6529
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4116
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1688
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1688
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1138
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,801
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,540

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab (  $\gamma_{lab}$  ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,540}{2,1} \times 100 \% = 72,333 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 09 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	01 I25	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6515
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4032
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1675
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1675
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1208
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,786
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,520

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,520}{2,1} \times 100 \% = 72,381 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T.,M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 10 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	02 I25	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6514
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4027
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1696
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1696
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - wf$	Gram	1212
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,791
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,527

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab (  $\gamma_{lab}$  ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,527}{2,1} \times 100 \% = 72,714 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 11 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	03 I25	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6510
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4043
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1688
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1688
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1192
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,800
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,533

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,533}{2,1} \times 100 \% = 73,000 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.  
NBM. 795 108





Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 12 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	04 I25	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6507
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4014
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1694
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1694
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - Wf$	Gram	1218
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	1004,8
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,811
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w / (1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,541

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,541}{2,1} \times 100 \% = 72,381 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.  
NBM. 1235 747

Kepala Laboratorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T..M.T.  
NBM. 795 108





**LABOLATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp. (0411) 866972. Fax (0411) 8655888 Makassar. 90211**

Proyek : Penelitian Mahasiswa S1  
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unismuh Makassar  
Tanggal percobaan : 13 Oktober 2017  
Nama : 1. Syahrir  
2. Muh. Nur Jayadi

**SAND CONE TEST**

Nomor Titik	05 I25	
Berat botol + corong kosong (W1)	Gram	729
Berat Botol+Corong air (W2)	Gram	4883
Berat botol +pasir + corong (W3)	Gram	6505
Berat sisa pasir+ botol + corong (W4)	Gram	4020
Berat tanah basah + kaleng lapangan (W5)	Gram	1681
Berat kosong kaleng lapangan (W6)	Gram	0
Berat tanah basah dalam lubang $W = W5 - W6$	Gram	1681
Berat Pasir di corong ( wf)	Gram	1275
Berat sisa pasir dilubang $W7 = (W3 - W4) - wf$	Gram	1210
Berat Isi pasir ( $\gamma_{sand} = w3-w1/w2-w1$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,419
Volume sisa pasir dilubang, $V = W7 / \gamma_{sand}$	cm <sup>3</sup>	852,7
Berat isi tanah basah $\gamma_w = W / V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,816
Berat isi tanah kering $\gamma_d = \gamma_w/(1 + w)$	gr/cm <sup>3</sup>	1,544

Data Kompaksi:

Kadar air optimun ( w ) = 34 %

Berat Isi kering Lab ( $\gamma_{lab}$ ) = 2,1 gr/cm<sup>3</sup>

Derajat Kepadatan =  $\frac{\gamma_d \text{ Lap}}{\gamma_d \text{ Lab}} \times 100 \% = \frac{1,544}{2,1} \times 100 \% = 72,524 \%$

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium  
Teknik sipil Unismuh Makassar

Syamsuddin, S.T.

NBM. 1235 747

Kepala Labolatorium  
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Hj. Nurnawaty, S.T.,M.T.

NBM. 795 108



**LAMPIRAN D****ANALISA PERHITUNGAN****A. Perhitungan Angka Pori Terhadap Frekuensi Hujan Pada Intensitas Curah Hujan I5, I15 dan I25**

Diketahui:

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3 \text{ (lampiran C, data sand cone laboratorium)}$$

$$G_s = 2,6241 \text{ (lampiran A, data berat jenis tanah lapangan)}$$

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

1. Perhitungan angka pori pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala ulang lima tahun (I5)
  - a. Frekuensi hujan pertama

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1396}{2,6241 \times 1} = 531,992$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 531,992 = 472,808$$

$$e = \frac{472,808}{531,992} = 0,88875$$

- b. Frekuensi hujan ke-2

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1415}{2,6241 \times 1} = 539,232$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 539,232 = 465,568$$

$$e = \frac{465,568}{539,232} = 0,86339$$

c. Frekuensi hujan ke-3

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1423}{2,6241 \times 1} = 542,281$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 542,281 = 462,519$$

$$e = \frac{462,519}{542,281} = 0,85291$$

d. Frekuensi hujan ke-4

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1427}{2,6241 \times 1} = 543,805$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 543,805 = 460,995$$

$$e = \frac{460,995}{543,805} = 0,84772$$

e. Frekuensi hujan ke-5

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1433}{2,6241 \times 1} = 546,092$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 546,092 = 458,708$$

$$e = \frac{458,708}{546,092} = 0,83998$$

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

a. Frekuensi hujan pertama

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1415}{2,6241 \times 1} = 539,232$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 539,232 = 465,568$$

$$e = \frac{465,568}{539,232} = 0,86339$$

b. Frekuensi hujan ke-2

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1421}{2,6241 \times 1} = 541,519$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 541,519 = 463,281$$

$$e = \frac{463,281}{541,519} = 0,85552$$

c. Frekuensi hujan ke-3

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1434}{2,6241 \times 1} = 546,473$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 546,473 = 458,327$$

$$e = \frac{458,327}{546,473} = 0,83870$$

d. Frekuensi hujan ke-4

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1446}{2,6241 \times 1} = 551,046$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 551,046 = 453,754$$

$$e = \frac{453,754}{551,046} = 0,82344$$

e. Frekuensi hujan ke-5

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1450}{2,6241 \times 1} = 552,570$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 552,570 = 452,230$$

$$e = \frac{452,230}{552,570} = 0,81841$$

3. Perhitungan angka pori pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala ulang dua puluh lima tahun (I25)

a. Frekuensi hujan pertama

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1430}{2,6241 \times 1} = 544,949$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 544,949 = 459,851$$



$$e = \frac{459,851}{544,949} = 0,84384$$

b. Frekuensi hujan ke-2

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1434}{2,6241 \times 1} = 546,473$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 546,473 = 458,327$$

$$e = \frac{458,327}{546,473} = 0,83870$$

c. frekuensi hujan ke-3

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1441}{2,6241 \times 1} = 549,141$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 549,141 = 455,659$$

$$e = \frac{455,659}{549,141} = 0,82977$$

d. Frekuensi hujan ke-4

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1449}{2,6241 \times 1} = 552,189$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 552,189 = 452,611$$

$$e = \frac{452,611}{552,189} = 0,81967$$

e. Frekuensi hujan ke-5

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

$$V_v = V - V_s$$

$$V = 1004,8 \text{ cm}^3$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \times \gamma_w} = \frac{1456}{2,6241 \times 1} = 554,857$$

$$V_v = V - V_s = 1004,8 - 554,857 = 449,943$$

$$e = \frac{449,943}{554,857} = 0,81092$$

## **B. Perhitungan Kerapatan Relatif Terhadap Frekuensi Hujan Pada Intensitas Curah Hujan I5, I15 dan I25**

Diketahui:

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

$e_{\text{maks}}$  = angka pori pada keadaan tanah paling lepas = 0,99204

$e_{\text{min}}$  = angka pori pada keadaan tanah paling padat = 0,65266

1. Perhitungan kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala ulang lima tahun (I5)

- a. Frekuensi hujan pertama

$$Dr = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} = \frac{0,99204 - 0,88875}{0,99204 - 0,65266} = 0,30435$$

- b. Frekuensi hujan ke-2

$$Dr = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} = \frac{0,99204 - 0,86339}{0,99204 - 0,65266} = 0,37908$$

- c. Frekuensi hujan ke-3

$$Dr = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} = \frac{0,99204 - 0,85291}{0,99204 - 0,65266} = 0,40994$$

- d. Frekuensi hujan ke-4

$$Dr = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} = \frac{0,99204 - 0,84772}{0,99204 - 0,65266} = 0,42525$$

- e. Frekuensi hujan ke-5

$$Dr = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} = \frac{0,99204 - 0,83998}{0,99204 - 0,65266} = 0,44804$$

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

- a. Frekuensi hujan pertama

$$Dr = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} = \frac{0,99204 - 0,86339}{0,99204 - 0,65266} = 0,37908$$

- b. Frekuensi hujan ke-2

$$Dr = \frac{e_{maks} - e}{e_{maks} - e_{min}} = \frac{0,99204 - 0,85552}{0,99204 - 0,65266} = 0,40226$$

c. Frekuensi hujan ke-3

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{0,99204-0,83870}{0,99204-0,65266} = 0,45182$$

d. Frekuensi hujan ke-4

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{0,99204-0,82344}{0,99204-0,65266} = 0,49678$$

e. Frekuensi hujan ke-5

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{0,99204-0,81841}{0,99204-0,65266} = 0,51160$$

3. Perhitungan kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan dengan intensitas curah hujan kala dua puluh lima tahun (I25)

a. Frekuensi hujan pertama

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{0,99204-0,84384}{0,99204-0,65266} = 0,43667$$

b. Frekuensi hujan ke-2

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{0,99204-0,83870}{0,99204-0,65266} = 0,45182$$

c. Frekuensi hujan ke-3

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{0,99204-0,82977}{0,99204-0,65266} = 0,47814$$

d. Frekuensi hujan ke-4

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{0,99204-0,81967}{0,99204-0,65266} = 0,50791$$

e. Frekuensi hujan ke-5

$$Dr = \frac{emaks-e}{emaks-emin} = \frac{0,99204-0,81092}{0,99204-0,65266} = 0,53368$$

# DOKUMENTASI PENELITIAN

## DOKUMENTASI PENELITIAN



Pengujian Sand Cone Lapangan



Pemeriksaan Kadar Air



Pengujian Analisa Saringan



Pemeriksaan Berat Jenis



Pengujian Permeabilitas



Pengujian Hidrometer





Pemeriksaan Batas Plastis



Pemeriksaan batas cair



Pengujian Kompaksi



Sampel Tanah



Proses Penyaringan Sampel Tanah



Penimbangan sampel tanah



*Alat Rainfall Simulator*



*Formasi Drain Dalam Bak*



*Pembersihan Alat Simulasi Hujan*



*Pengisian Sampel Pada Bak Uji*



*Pemadatan sampel*



*Proses Running Test*





Pengamatan Data Infiltrasi



Pengamatan Data Manometer



Pengamatan Data Limpasan



Pengujian Sand Cone Laboratoium



Pengimputan Data



Pembongkaran Sampel

## RIWAYAT HIDUP



**Syahrir**, lahir di Tontonunu, 25 Januari 1994 dari pasangan Ayahanda **Alimuddin** dan Ibunda **Nur Hayati**, merupakan anak kelima dari enam bersaudara. Pada tahun 2000 penulis pertama kali mengawali pendidikan di SD Negeri Paria Kecamatan Tontonunu Kabupaten Bombana dan tamat pada tahun 2006. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan studi di MTS Swasta Tontonunu Kecamatan Tontonunu Kabupaten Bombana dan tamat pada tahun 2009.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan lagi studinya di SMA Swasta Tontonunu Kecamatan Tontonunu Kabupaten Bombana dan tamat pada tahun 2012. Penulis kemudian melanjutkan studinya ke perguruan tinggi di Makassar, Universitas Muhammadiyah Makassar (UNISMUH) dan mengambil Program Studi Teknik Pengairan pada program Strata Satu (S1). Diakhir pendidikan pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar penulis menyusun skripsi dengan judul: *“Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif Pada Jenis Tanah Common Soil”*.



**Muh. Nur Jayadi**, lahir di Ujung Pandang, 28 Desember 1993 dari pasangan Ayahanda **DJaenuddin** dan Ibunda **Sitti Khatijah**, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Pada tahun 2000 penulis pertama kali mengawali pendidikan di SD Negeri Tanggul Patompo 1 Kecamatan Tamalate Kota Makassar dan tamat pada tahun 2006. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan studi di SMP Negeri 1 Makassar Kecamatan Tamalate Kota Makassar dan tamat pada tahun 2009.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan lagi studinya di SMA Negeri 14 Makassar Kecamatan Tamalate Kota Makassar dan tamat pada tahun 2012. Penulis kemudian melanjutkan studinya ke perguruan tinggi di Makassar, Universitas Muhammadiyah Makassar (UNISMUH) dan mengambil Program Studi Teknik Pengairan PADA program Strata Satu (S1). Diakhir pendidikan pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar penulis menyusun skripsi dengan judul: *“Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif Pada Jenis Tanah Common Soil”*.