

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP
PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe) PADA JENIS TANAH GRANULER**



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

16/07/2021

1 cap
Sub. Alumn

SIP
R/0632/SIP/210
MUN
S

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe) PADA JENIS TANAH GRANULER.**

Nama : HUSNUL MUNAWARAH
ANDI PURNAMASARI

No. Stambuk : 105 81 11041 16
105 81 11064 16

26 Syawal 1442 H
7 Juni 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

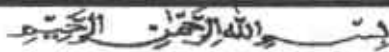
Pembimbing II

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

Lutfi Hair Djunur, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Andi M. Syamsul, ST., MT., IPM
NEM. 1188 084



PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Husnul Munawarah** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11041 16 dan **Andi Nurnamasari** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11064 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 14 Juni 2021.

Makassar,

3 Zulkaidah 1442 H

14 Juni 2021 M

Panitia Ujian:

Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

Penguji:

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

b. Sekretaris : Fausiah Latief, ST, MT

Anggota: 1. Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST, MT, IPM

2. Ir. Hamzah Al Imran, ST, MT, IPM

3. Mahmuddin, ST, MT, IPM

Mengetahui:

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Lutfi Hair Dinyur, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST, MT, IPM

NBM : 795 108

STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe) PADA JENIS TANAH GRANULER

Husnul Munawarah¹, Andi Purnamasari²

1) Universitas Muhammadiyah Makassar, husnulmunawarah159@gmail.com

2) Universitas Muhammadiyah Makassar, andiprnmr@gmail.com

Abstrak

Tingkat intensitas curah hujan sangat berpengaruh terhadap perubahan angka pori, karena semakin besar intensitas curah hujan maka tanah semakin rapat dan pori-pori tanah semakin kecil. Angka pori adalah perbandingan volume rongga dengan volume butiran yang dinyatakan dalam desimal atau persen. Sedangkan porositas tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap air berkaitan dengan tingkat kepadatan tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan angka pori (Δe) dan perubahan porositas (Δn) pada jenis tanah granuler. Dalam penelitian ini digunakan lima jenis variasi intensitas curah hujan masing-masing stasiun Pattallassang, Toata dan Pammukkulu dengan nilai masing-masing $I_2 = 191.988$ mm/jam, $I_5 = 197.586$ mm/jam, $I_{10} = 200.483$ mm/jam, $I_{25} = 203.556$ mm/jam dan $I_{50} = 205.525$ mm/jam dengan satu jenis sampel tanah yaitu tanah granuler *medium sand*. Hasil penelitian menunjukkan perubahan angka pori dan perubahan porositas berbanding lurus dengan semakin meningkatnya intensitas curah hujan. Dimana $\Delta e_{I_2} = 0.53$, $\Delta e_{I_5} = 0.57$, $\Delta e_{I_{10}} = 0.60$, $\Delta e_{I_{25}} = 0.69$ dan $\Delta e_{I_{50}} = 0.72$, sedangkan untuk perubahan porositas yaitu $\Delta n_{I_2} = 0.20$, $\Delta n_{I_5} = 0.22$, $\Delta n_{I_{10}} = 0.26$, $\Delta n_{I_{25}} = 0.32$ dan $\Delta n_{I_{50}} = 0.34$.

Kata Kunci: angka pori, porositas

Abstract

The level of rainfall intensity is very influential on changes in pore numbers, because the greater the intensity of rainfall, the denser the soil and the smaller the soil pores. The void ratio is the ratio of the cavity volume to the grain volume expressed in decimal or percent. While soil porosity is the ability of the soil to absorb water related to the density of the soil. The purpose of this study was to determine the effect of rainfall intensity on changes in void ratio (Δe) and changes in porosity (Δn) in granular soil types. In this study, five types of rainfall intensity variations were used, each at Pattallassang, Toata and Pammukkulu stations with respective values of $I_2 = 191.988$ mm/hour, $I_5 = 197.586$ mm/hour, $I_{10} = 200.483$ mm/hour, $I_{25} = 203.556$ mm/hour and $I_{50} = 205.525$ mm/hour with one type of soil sample, namely medium sand granular soil. The results showed that the change in the void ratio and the change in porosity were directly proportional to the increasing intensity of rainfall. Where $e_{I_2} = 0.53$, $e_{I_5} = 0.57$, $e_{I_{10}} = 0.60$, $e_{I_{25}} = 0.69$ and $e_{I_{50}} = 0.72$, while the changes in porosity are $n_{I_2} = 0.20$, $n_{I_5} = 0.22$, $n_{I_{10}} = 0.26$, $n_{I_{25}} = 0.32$ and $n_{I_{50}} = 0.34$.

Keywords: Pore number, Porosity

KATA PENGANTAR

Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Ujian Hasil ini dengan baik. Salawat serta salam tak henti-hentinya kami haturkan kepada Baginda Rasulullah SAW beserta keluarga dan kerabatnya.

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 “STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe) PADA JENIS TANAH GRANULER”.

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

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa serta pengorbanan kepada penulis.
2. Ibu **Dr. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.,** sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc** selaku pembimbing I dan Bapak **Lutfi Hair Djunur, ST.,MT** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan arahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staff pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara serta rekan rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan **Proyeksi 2016** yang dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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

Wassalamualaikum Wv,Wb

Makassar,

2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Klasifikasi Tanah.....	5
B. Teori Angka Pori.....	17
D. Teori Intensitas Curah Hujan.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	37
A. Jenis Penelitian.....	37
B. Tempat Penelitian.....	37
C. Variabel Penelitian.....	37
E. Rancangan Penelitian.....	39
F. Prosedur Pengujian.....	41
G. Teknik Analisa Data.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
A. Hasil Penelitian.....	47
B. Perubahan Angka pori (Δe) tanah akibat intensitas curah hujan.....	56
C. Perubahan Porositas (Δn) tanah akibat intensitas curah hujan.....	59
D. Pembahasan.....	61

BAB V. PENUTUP.....	63
A. KESIMPULAN.....	63
B. SARAN.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN	
DOKUMENTASI	



DAFTAR TABEL

Nomor Tabel

2.1	Proporsi fraksi menurut kelas tekstur tanah	9
2.2	Pembagian jenis tanah berdasarkan ukuran butir	11
2.3	Klasifikasi tanah granuler dengan system AASHTO	13
2.4	Parameter Statistik untuk menentukan jenis distribusi	30
2.5	Matriks Jurnal	32
4.1	Rekapitulasi hujan maksimum harian rata-rata	47
4.2	Pengukuran Dispersi	48
4.3	Pengukuran dispersi dengan logaritma	50
4.4	Uji parameter statistik	51
4.5	Nilai G	52
4.6	Hasil perhitungan nilai X untuk setiap kala ulang (T) tahun	52
4.7	Rekapitulasi hasil perhitungan intensitas curah hujan dalam waktu 60menit	53
4.8	Hasil pengujian analisa saringan pasir sedang (<i>medium sand</i>)	54
4.9	Hasil pengujian angka pori awal (e_0) dan angka pori akhir (e_1)	56
4.10	Hasil perhitungan perubahan angka pori (Δe) akibat intensitas curah	

Hujan	58
4.11 Hasil perhitungan porositas awal (n_0) dan porositas akhir (n_1)	59
4.12 Hasil perhitungan perubahan porositas (Δn) akibat intensitas curah hujan	60



DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar

2.1	Susunan butir tanah granuler	17
2.2	komposisi tanah setiap kondisi	17
2.3	Diagram fase tanah	18
2.4	Siklus hidrologi (Proses terjadinya hujan).....	26
3.1	Skema hubungan variabel penelitian	38
3.2	Sketsa alat model	39
3.3	Model alat	39
3.4	Bagan alir penelitian	40
4.1	Grafik distribusi butir analisa saringan berdasarkan hasil pengujian analisa saringan	56
4.2	Grafik perhitungan angka pori awal (e_0) dan angka pori akhir (e_1)	57
4.3	Grafik hasil perhitungan perubahan angka pori (Δe) akibat intensitas curah hujan	58
4.4	Grafik hasil perhitungan porositas awal (n_0) dan porositas akhir (n_1)	59
4.5	Grafik hasil perhitungan perubahan porositas (Δn) akibat intensitas curah hujan	60

DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

e	: Angka pori
V_v	: Volume pori / volume rongga
V_s	: Volume tanah kering
Δe	: Perubahan anghka pori
Δe_0	: Perubahan porositas awal
Δe_1	: Perubahan porositas akhir
Δn_0	: Perubahan porositas awal
Δn_1	: Perubahan porositas akhir
e_0	: Angka pori awal
e_1	: Angka pori akhir
n	: Porositas
V	: Volume total tanah
Δn	: Perubahan porositas
n_0	: Porositas awal
n_1	: Porositas akhir
$\bar{R}$	: Curah hujan rata rata (mm)

n : Jumlah titik pos pengamatan curah hujan (mm) / jumlah data

$R_1+R_2+R_n$: Curah hujan disetiap titik pengamatan (mm)

$\bar{X}$: Curah hujan maksimum harian rata rata

S : Standar deviasi

X : Curah hujan rancangan pada periode tertentu

R : Curah hujan rencana

C_v : koefisien variasi

C_k : Koefisien kurtosis

C_s : Koefisien asimetri / skewness

$\text{Log } X$: Logaritma curah hujan rancangan pada periode tertentu

$\text{Log } \bar{X}$: Logaritma curah hujan harian maksimum rata rata

$\text{Log } X_i$: Logaritma curah hujan tahun ke- i

X_r : Nilai rata rata

S_x : Simpangan baku

G : Konstanta log person type III berdasarkan koefisien kemencengan

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

T : Lamanya curah hujan (menit)

R_{24} : Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

I_2 : Intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (mm/jam)

I_5 : Intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (mm/jam)

I_{10} : Intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (mm/jam)

I_{25} : Intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (mm/jam)

I_{50} : Intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (mm/jam)



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah secara umum diartikan sebagai material yang terbentuk dari agregat (butiran) padat yang terikat satu dengan yang lainnya dan berasal dari bahan organik berpartikel padat yang kemudian mengalami pelapukan. Pada partikel padat tersebut juga terdapat ruang kosong yang di isi oleh zat cair dan gas. Seperti yang diketahui umumnya semua jenis tanah terbentuk dari tiga unsur, yaitu butiran tanah itu sendiri, air serta udara yang mengisi ruang kosong antara butir-butir tanah tersebut. Ruang antar butiran ini disebut pori.

Secara umum proses terbentuknya tanah yaitu karena adanya aktivitas memecahnya dekomposisi batuan dan mineral yang disebabkan oleh faktor iklim udara, air hujan, sinar matahari maupun salju. Kemudian terjadi pelapukan fisik yang memecah batuan sehingga menjadi partikel yang lebih kecil serta perubahan komposisi kimia pada mineral batuan yang disebabkan oleh pelapukan kimiawi.

Tingkat intensitas curah hujan sangat berpengaruh terhadap perubahan angka pori, karena semakin besar intensitas curah hujan maka tanah semakin rapat dan pori pori tanah semakin kecil. Jika itu terjadi, disamping tanah akan jenuh, pori tanah juga akan semakin mengecil akibatnya air hujan yang turun kebumi tidak lagi masuk kedalam tanah melainkan hanya menjadi aliran permukaan yang pada akhirnya kembalikelaut. Rendahnya infiltrasi air permukaan kedalam lapisan tanah akan memicu penurunan muka air tanah yang sangat signifikan dan apabila

terjadi terus menerus air tanah akan semakin sulit diperoleh untuk memenuhi kebutuhan sehari hari.

Berdasarkan uraian diatas maka kami akan melakukan suatu penelitian mengenai pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan angka pori pada jenis tanah granuler yang dimodelkan dengan alat simulasi hujan. Selanjutnya kami tuangkan dalam sebuah karya tulis sebagai tugas akhir dengan judul "STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe) PADA JENIS TANAH GRANULER".

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian latar belakang maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan angka pori (Δe) yang terjadi sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol?.
2. Bagaimana pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan porositas (Δn) yang terjadi sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol?.

C. Tujuan Penelitian

Dengan mengacu pada rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan angka pori (Δe) yang terjadi sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol.

2. Untuk mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan porositas yang terjadi sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui secara detail mengenai pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan angka pori (Δe) dan perubahan porositas (Δn) tanah terhadap jenis tanah granuler.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan pengembangan penelitian mengenai pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan angka pori dan perubahan porositas pada jenis tanah granuler.

E. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, mencapai sasaran yang diinginkan dan lebih terarah maka diberikan batasan-batasan masalah diantaranya sebagai berikut.

1. Media tanah yang digunakan adalah jenis tanah granuler.
2. Jenis tanah granuler yang di uji dalam penelitian ini terdiri dari 1 sampel dengan 5 variasi intensitas curah hujan.
3. Intensitas curah hujan yang diamati bersumber dari intensitas curah hujan maksimum harian rata rata masing masing stasiun Patallasang, Toata dan Pammukkulu.

F. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN : Merupakan bagian awal dari pembahasan yang meliputi latar belakang, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA : Dalam BAB ini diuraikan tentang intensitas curah hujan, perubahan angka pori pada jenis tanah granuler.

BAB III METODE PENELITIAN : Dalam bab ini menguraikan tentang lingkup penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, tahapan penelitian, dan bagan alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN : Bab ini berisi hasil penelitian yang menguraikan tentang berapa besar pengaruh intensitas curah hujan terhadap perubahan angka pori pada jenis tanah granuler.

BAB V PENUTUP : Kesimpulan dan saran yang mencakup dari keseluruhan isi penulisan yang di peroleh dan di sertai saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah ilmu yang berhubungan dengan kategorisasi tanah berdasarkan karakteristik yang membedakan masing masing jenis tanah. Deskripsi maupun klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai sifat sifat teknis dari tanah itu sendiri, sehingga untuk tanah tanah tertentu dapat diberikan nama dan istilah istilah yang tepat sesuai dengan sifatnya. Klasifikasi tanah menggambarkan karakteristik mekanis dari tanah, juga menentukan kualitas tanah untuk tujuan perencanaan maupun dalam pelaksanaan suatu konstruksi (Darwis Pangurisenang, 2018).

Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksidasi oksidasi yang mengendap diantara partikel partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya. (Hardiyatmo, 1987).

Secara umum tanah tanah ini dapat digolongkan kedalam kelas atau macam pokok sebagai berikut (Ashadi Atjo, 2007) :

- 1) Kerikil, termasuk kedalam tanah berbutir kasar dan tidak lolos ayakan No.200. Merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan karena mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunannya kecil asalkan tanahnya relatif padat. Namun, karena relative padat maka sedikit sulit dalam pemancangan.

- 2) Pasir, merupakan material tanah yang baik untuk urug pada dinding penahan tanah dan struktur bawah tanah karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Mempunyai kuat geser yang tinggi maka dari itu baik untuk timbunan. Mempunyai nilai kohesi yang kecil pada keadaan lembab diatas muka air.
 - 3) Lempung (*Clay*), termasuk kedalam tanah berbutir halus terdiri dari butiran yang sangat kecil dan menunjukkan sifat sifat plastisitas dan kohesif. Plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retak retak atau pecah pecah, sedangkan kohesi menunjukkan apakah bagian bagian dari bahan itu melekat satu sama lain. Tanah lempung dinyatakan sebagai lunak, sedang atau kaku tergantung dari kadar air dan kandungan mineralnya. Pada waktu kering, tanah ini dapat sangat keras dan menyusut yang disertai retakan. Waktu basah, kuat geser akan turun dan lempung menjadi mengembang.
 - 4) Lanau (*Silt*), merupakan material yang butiran butirannya lolos saringan N0.200 dan merupakan bahan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan lebih mudah ditembus air daripada lempung dan memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak dapat terjadi dilempung. Dilatasi adalah sifat yang menunjukkan gejala perubahan isi apabila lanau itu diubah bentuknya. Lanau mempunyai kuat geser yang rendah, kapilaritas yang tinggi, permeabilitas rendah, kerapatan relative rendah dan sulit dipadatkan.
- Golongan batu kerikil dan pasir seringkali dikenal sebagai kelas bahan bahan yang berbutir kasar atau bahan bahan yang tidak kohesif. Sedangkan golongan

lanau dan lempung dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir halus atau bahan-bahan yang kohesif. Klasifikasi tanah dapat dilakukan secara sistematis yang didasarkan pada hasil percobaan laboratorium atau dilakukan secara visual.

1. Gradasi Tanah

Distribusi ukuran butir tanah dikenal dengan gradasi. Gradasi tanah atau gradasi agregat adalah distribusi ukuran agregat. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawat dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inci persegi dari saringan tersebut (Fakhli, 2014). Distribusi ukuran butir ini dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

- a. Gradasi sela (*gap grade*), adalah gradasi dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.
- b. Gradasi rapat (*continuous grade*), adalah gradasi dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (*well grade*).
- c. Gradasi seragam (*uniform grade*), adalah gradasi dengan ukuran butir yang hampir sama. Gradasi seragam ini disebut juga gradasi terbuka (*open grade*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat.

Penentuan gradasi tanah sangat penting untuk mengetahui distribusi ukuran butiran, apakah bergradasi baik (*well graded*), buruk (*poorly graded*) atau sedang (*gap graded*) (Junaedawally, 2013).

2. Sistem Klasifikasi Tanah

Tanah mempunyai sifat dan perilaku yang beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah kedalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis.

a) Klasifikasi Tanah Berdasarkan Kelas Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung dalam tanah. Dari ketiga fraksi tersebut partikel pasir mempunyai ukuran diameter paling besar yaitu $2 - 0.05$ mm, debu dengan ukuran $0.05 - 0.002$ mm dan liat dengan ukuran < 0.002 mm (Lastri, 2015).

Segitiga tekstur merupakan suatu diagram untuk menentukan kelas kelas tekstur tanah. Tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah. Tekstur tanah dikelompokkan dalam 12 kelas tekstur yang dibedakan berdasarkan presentase kandungan pasir, debu dan liat (Hardjowigeno, 1992).

Tabel 2.1. Proporsi Fraksi Menurut Kelas Tekstur Tanah

No	Kelas Tekstur Tanah	Proporsi (%) Fraksi Tanah		
		Pasir	Debu	Liat
1	Pasir (<i>Sandy</i>)	85	15	10
2	Pasir Berlempung (<i>Loam Sandy</i>)	70 - 90	30	15
3	Lempung Berpasir (<i>Sandy Loam</i>)	40 - 87.5	50	20
4	Lempung	22.5 - 52.5	30 - 50	10 - 30
5	Lempung Liat Berpasir (<i>Sandy-Clay-Loam</i>)	45 - 80	30	20 - 37.5
6	Lempung Liat Berdebu (<i>Sandy-Silt-Loam</i>)	20	40 - 70	27.5 - 40
7	Lempung Berliat (<i>Clay Loam</i>)	20 - 45	15 - 52.5	27.5 - 40
8	Lempung Berdebu (<i>Silty Loam</i>)	47.5	50 - 87.5	27.5
9	Debu (<i>Silt</i>)	20	80	12.5
10	Liat Berpasir (<i>Sandy-Clay</i>)	45 - 62.5	20	37.5 - 57.5
11	Liat Berdebu (<i>Silty-Clay</i>)	20	40 - 60	40 - 60
12	Liat (<i>Clay</i>)	45	40	40

Sumber : Hary Christady Hardiyanto (2012)

Tekstur tanah dilapangan dapat dibedakan dengan cara manual yaitu dengan memijat tanah basah diantara jari jempol dan telunjuk sambil dirasakan halus kasarnya yang meliputi rasa keberadaan butir butir pasir, debu dan liat dengan cara sebagai berikut :

- Apabila rasa kasar sangat jelas, tidak melekat, dan tidak dapat dibentuk bola dan gulungan, maka tanah tersebut tergolong bertekstur pasir (*Sandy*).
- Apabila rasa kasar terasa jelas, sedikit sekali melekat, dan dapat dibentuk bola tetapi mudah sekali hancur, maka tanah tersebut tergolong bertekstur pasir berlempung (*Loam Sandy*).
- Apabila rasa kasar agak jelas, agak melekat, dan dapat dibuat bola tetapi mudah hancur, maka tanah tersebut bertekstur lempung berpasir (*Sandy Loam*).

- Apabila tidak terasa kasar dan tidak licin, agak melekat, dapat dibentuk agak teguh, dan dapat sedikit dibuat gulungan dengan permukaan mengkilat, maka tanah tersebut tergolong bertekstur lempung (*Loam*).
- Apabila terasa licin, agak melekat, dapat dibentuk bola agak teguh, dan gulungan dengan permukaan mengkilat, maka tanah tersebut tergolong bertekstur lempung berdebu (*Silty Loam*).
- Apabila terasa licin sekali, agak melekat, dapat dibentuk bola teguh, dan dapat digulung dengan permukaan mengkilat maka tanah tersebut tergolong bertekstur debu (*Silt*).
- Apabila terasa agak licin, agak melekat, dapat dibentuk bola agak teguh, dan dapat dibentuk gulungan yang agak mudah hancur, maka tanah tersebut tergolong bertekstur lempung berliat (*Clay Loam*).
- Apabila terasa halus dengan sedikit bagian agak kasar, agak melekat, dapat dibentuk bola agak teguh, dan dapat dibentuk gulungan mudah hancur, maka tanah tersebut bertekstur lempung liat berpasir (*Sandy-Clay-Loam*).
- Apabila terasa halus, terasa agak licin, melekat dan dapat dibentuk bola teguh, dan dapat dibentuk gulungan dengan permukaan mengkilat, maka tanah tersebut tergolong bertekstur lempung liat berdebu (*Sandy-Silt-Loam*).

- Apabila terasa halus, berat tetapi sedikit kasar, melekat, dapat dibentuk bola teguh, dan mudah dibuat gulungan, maka tanah tersebut tergolong bertekstur liat berpasir (*Sandy-Clay*).
- Apabila terasa halus, berat, agak licin, sangat lekat, dapat dibentuk bola teguh, dan mudah dibuat gulungan, maka tanah tersebut tergolong bertekstur liat berdebu (*Silty-Clay*).
- Apabila terasa berat dan halus, sangat lekat, dapat dibentuk bola dengan baik dan mudah untuk dibuat gulungan, maka tanah tersebut tergolong bertekstur liat (*Clay*) (Triuchiha, 2015).

b) Klasifikasi Berdasarkan Butir Tanah (Metode Umum)

Sifat sifat tanah sedikit banyaknya selalu tergantung pada ukuran butir butimya dan ini dipakai sebagai titik tolak untuk penentuan klasifikasi teknis dari tanah.

Tabel 2.2. Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

Jenis Tanah	Batasan Ukuran Butir
Berangkal (<i>Boulder</i>)	> 8 inci (20 cm)
Kerakal (<i>Cobblestone</i>)	3 inci – 8 inci (8 – 20 cm)
Batu Kerikil (<i>Gravel</i>)	2 mm – 3 inci (2 mm - 8cm)
Pasir Kasar (<i>Course Sand</i>)	0.6 mm – 2 mm
Pasir Sedang (<i>Medium Sand</i>)	0.2 mm – 0.6 mm
Pasir Sand (<i>Fine Sand</i>)	0.06 mm – 0.2 mm
Lanau (<i>Silt</i>)	0.002 mm – 0.06 mm
Lempung (<i>Clay</i>)	< 0.002 mm

Sumber : Darwis Panguriseng (2018)

Ukuran butir tanah lempung tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti dengan ukuran butiran $< 0.002 \text{ mm}$. sedangkan Lanau adalah suatu tanah yang berbutir halus namun lebih kasar dari butiran lempung, ukuran butirnya antara $0.5 - 0.002 \text{ mm}$.

Cara yang paling baik dipakai untuk membedakan antara lempung dan lanau adalah dengan percobaan dilatansi, yaitu sedikit jumlah tanah lunak (cukup basah sehingga hamper hampir lekat), diletakkan ditangan terbuka dan diguncang guncang secara mendatar. Dengan lanau, air akan muncul pada permukaannya dan akan hilang bila contoh tanah itu kemudian ditekan diantara jari atau dibengkokkan. Dengan lempung, hal ini tidak akan terjadi. Dalam beberapa hal, reaksi terhadap percobaan dilatansi ini tidak begitu tegas, maka tanah itu harus diklasifikasikan sebagai lempung kelanauan atau lanau kelempungan (Darwis Panguriseng, 2018).

c) Sistem Klasifikasi AASHTO

AASHTO (*American Assosiation of State highway and Transportation Officials Classification*), pengujian tanah yang diperlukan dalam klasifikasi ini adalah analisis saringan dan uji batas atterberg. Berikut ini klasifikasi tanah menurut sistem AASHTO :

Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Granuler dengan system AASHTO

klasifikasi umum	Tanah Granuler (<35%lolos saringan No.200)						
klasifikasi kelompok	A1		A3	A2			
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7
Analisis saringan (% lolos)							
No.10 (2,00 mm)	50 maks						
No.40 (0,425 mm)	30 maks	50 maks	51 Min				
No.200 (0,075 mm)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks
sifat fraksi lolos saringan No.200							
Batas cair (LL)				40 maks	41 min	40 maks	41 min
Batas plastis (PI)	6 maks	6 maks	Np	10 maks	10 maks	10 maks	10 maks
Indeks kelompok (G)	0	0	0	0	0	4 maks	4 maks
Tipe marerial yang dominan pada umumnya	Pecahan batu, kerikil & pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir			
Penilaian umum sebagai tanah dasar	"Sangat baik" sampai "baik"						

Sumber :Darwis Panguriseng (2014)

Tanah granuler diklasifikasikan dalam A1-A3. Sedangkan tanah berbutir halus diklasifikasikan dalam A4-A7. Tanah klasifikasi A1 adalah tanah granuler bergradasi baik, klasifikasi A3 merupakan pasir bersih yang bergradasi buruk, sedangkan klasifikasi A2 adalah tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan No.200) tapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dalam A4-A7 yaitu tanah lempung lanau. Perbedaan keduanya yaitu pada batas batas atterberg (Syahrir dan Muh.Nur Jayadi,2018).

3. Tanah Granuler

a) Pengertian Tanah Granuler

Jenis tanah yang termasuk kedalam tanah granular yaitu pasir, kerikil, batuan dan campurannya. Tanah granular merupakan jenis tanah yang berbentuk bulat dan memiliki banyak sisi. Tanah granuler juga merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan karena tanah ini mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kapasitas dukung kecil asalkan tanahnya relatif padat. Penurunan kapasitas dukung terjadi segera karena permukaan tanah diterapakan beban. Penurunan yang besar juga dapat terjadi pada tanah yang tidak padat jika terdapat getaran dengan frekuensi tinggi. Tanah granular merupakan tanah yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Tanah granular ini mudah dipadatkan dan merupakan material untuk drainase yang baik karena lolos air. Tanah yang baik untuk timbunan karena mempunyai kuat geser yang tinggi. Tanah ini jika dicampur dengan tanah kohesif tidak dapat digunakan sebagai bahan tanggul, bendungan, kolam dan lain-lain permeabilitasnya besar.

Sifat sifat tanah berbutir kasar tergantung pada ukuran butirnya, sehingga distribusi ukuran butir adalah satu satunya sifat yang dipakai dalam mengklasifikasikan tanah granuler. Tanah berbutir kasar yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No.200 ($F_{200} < 50$). Dikategorikan sebagai pasir kasar apabila lebih dari 50% ukuran butirnya berkisar antara 0.6 mm – 2 mm, dan dikategorikan sebagai pasir sedang apabila

lebih dari 50% ukuran butirnya berkisar antara 0.2 mm – 0.6 mm. Sedangkan untuk pasir halus apabila ukuran butirnya berkisar antara 0.06 mm – 0.2 mm.

b) Sifat Fisis dan Teknis Tanah Granuler

Tanah granuler seperti pasir, kerikil, batuan dan campurannya mempunyai sifat sifat teknis yang sangat baik dan tidak mempunyai komponen kohesi ($C=0$) sehingga kuat gesernya bergantung pada gesekan antar butiran tanah. Sifat sifat tanah tersebut antara lain :

1. Merupakan material yang baik dalam mendukung bangunan dan badan jalan, karena mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kecil, asalkan tanahnya relatif padat. Penurunan terjadi segera sesudah penerapan beban. Jika dipengaruhi getaran pada frekuensi tinggi, penurunan besar dapat terjadi pada tanah yang tidak padat.
2. Tanah yang baik untuk timbunan, karena mempunyai kuat geser yang tinggi.
3. Merupakan material yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah, struktur bawah tanah, dan lain-lain, karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Mudah dipadatkan dan merupakan material untuk drainasi yang baik, karena lolos air.
4. Tanah granular tergantung pada ukuran dan bentuk butirannya. Semakin besar dan kasar permukaan butiran, semakin besar kuat gesernya. Oleh pengaruh gaya geser, butiran yang kecil mudah sekali menggelinding, sedang pada butiran yang besar, akibat geseran, butiran akan memaksa

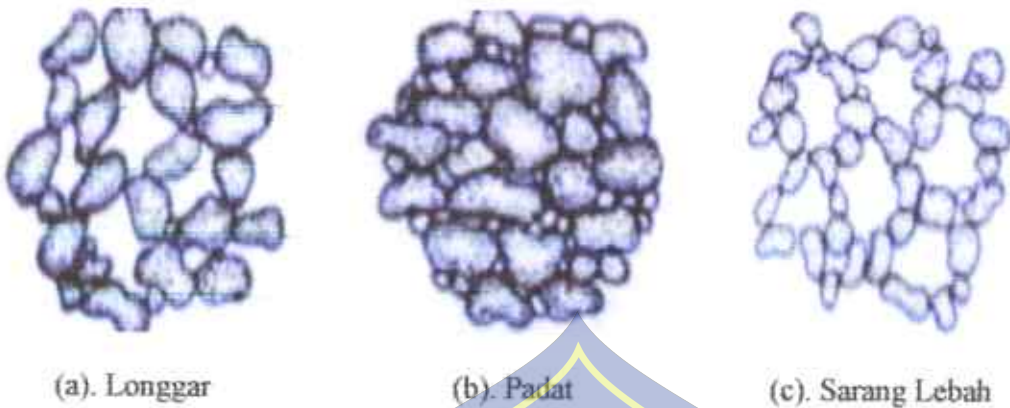
satu sama lain. Demikian pula mengenai gradasi, jika gradasi semakin baik, semakin besar kuat gesernya.

5. Kuat geser dan kompresibilitas tanah granular tergantung dari kepadatan butiran yang biasanya dinyatakan dalam kerapatan relatif (D_r). Kerapatan relatif dapat ditentukan dari uji penetrasi, contohnya alat uji penetrasi standard (SPT).
6. Bila tidak dicampur dengan material kohesif, tidak dapat digunakan sebagai bahan tanggul, bendungan, kolam, dan lain-lain, karena permeabilitasnya besar. Galian pada tanah granular yang terendam air perlu penanganan yang baik.
7. Kapasitas dukung dalam kepadatan sedang atau besar mempunyai kapasitas dukung yang tinggi.

c) Karakteristik Tanah Granuler

Karakteristik tanah granuler yang digambarkan oleh distribusi ukuran butiran, susunan, serta kerapatan butiran, akan sangat mempengaruhi berbagai parameter tanah seperti angka pori, porisitas, berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam tanah. Oleh karena itu di alam, biasa ditemukan tanah granuler dalam konsistensi padat (*dense*), longgar (*loose*), atau bahkan dalam bentuk sarang lebah (*honeycomb*) (Darwis Panguriseng, 2014).

Berikut gambar ilustrasi susunan butiran tanah granuler :



Sumber : Darwis Panguriseng (2014)

Gambar 2.1 : Susunan butiran tanah granuler

B. Teori Angka Pori

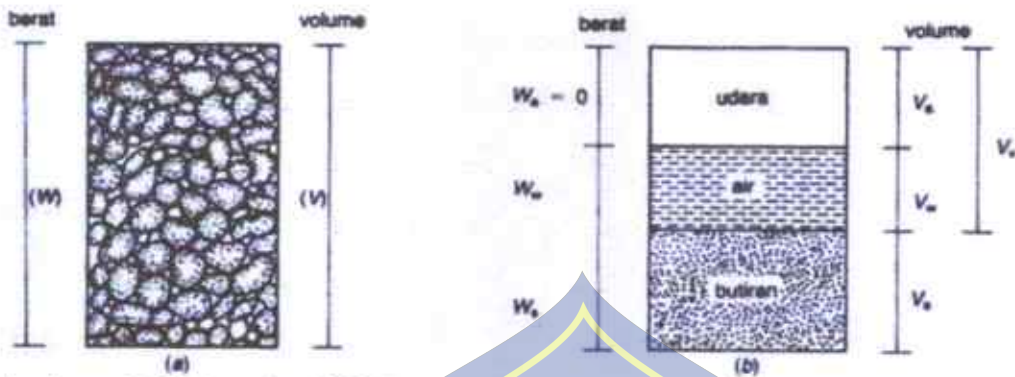
Material tanah dapat terdiri atas dua ataupun tiga unsur, yakni butiran, air dan udara. Pada tanah jenuh terdapat dua unsur yaitu butiran dan air, pada tanah kering juga terdapat dua unsur yaitu butiran dan udara, sedangkan pada tanah tak jenuh terdapat tiga unsur yaitu butiran, air dan udara (Darwis Panguriseng, 2014).



Sumber : A.S. Muntohar (2008)

Gambar 2.2 Komposisi tanah setiap kondisi

Masing masing elemen tanah tersebut memiliki volume (V) dan berat (W). Berikut penjabaran parameter sifat sifat tanah secara fisis dan mekanis:



Sumber : A.S. Muntohar (2008)

Gambar 2.3. Diagram fase Tanah

I. Pengertian Angka Pori dan Porositas

a. Angka Pori

Pori-pori tanah adalah bagian yang tidak terisi bahan padat (terisi oleh udara dan air). Tekanan pori merupakan tekanan yang diakibatkan oleh fluida yang berada di pori-pori tanah. Garis tekanan pori akan mengikuti garis normal hidrostatik apabila mengalami proses kompaksi normal. Apabila nilai tekanan pori melebihi tekanan normal hidrostatik maka hal tersebut bisa didefinisikan sebagai keadaan *overpressure* begitu pun sebaliknya apabila nilai tekanan pori berada dibawah tekanan hidrostatik maka hal tersebut didefinisikan sebagai keadaan *underpressure* (Juriansyah, 2016).

Angka pori sendiri adalah perbandingan antara rongga (volume ruang kosong) dengan volume butiran padat. Semakin besar angka pori maka semakin

kecil daya dukung tanah (James P.Pardede, 2014). Dalam buku Das, B. M. (1995), merumuskan formulasi untuk angka pori (e), sebagai berikut:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

e = Angka pori

V_v = volume pori.

V_s = volume tanah kering.

Dalam buku Darwis Panguriseng (2014), merumuskan formulasi untuk perhitungan perubahan angka pori (Δe), sebagai berikut:

$$\Delta e = e_0 - e_1 \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

Δe = Perubahan angka pori

e_0 = Angka pori awal

e_1 = Angka pori akhir

b. Porositas (n)

Total pori tanah yang ditempati oleh air atau udara serta bagian yang tidak terisi oleh bahan padat tanah disebut Porositas (*Porosity*), atau secara sederhana porositas adalah Persentase volume ruang pori tanah secara total.

Dalam buku Darwis Panguriseng (2014) Formulasi perhitungan Porositas (n) sebagai berikut :

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

n = Porositas

V_v = volume rongga

V = Volume total

Dalam buku Darwis Panguriseng (2014), merumuskan formulasi untuk perhitungan perubahan porositas (Δn), sebagai berikut:

$$\Delta n = n_0 - n_1 \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

Δn = Perubahan Porositas

n_0 = Porositas Awal

n_1 = Porositas Akhir

Porositas tanah adalah kemampuan tanah dalam menyerap air berkaitan dengan tingkat kepadatan tanah. Semakin padat tanah berarti semakin sulit menyerap air, maka porositas tanah semakin kecil. Sebaliknya semakin mudah tanah menyerap air maka tanah tersebut memiliki porositas yang besar. Porositas tanah adalah presentase volume tanah yang ditempati butiran padat (Paiman,dkk. 1985).

C. Pengaruh Angka Poti Terhadap Sifat Hidrolik Tanah

Sifat sifat hidrolik pada tanah meliputi eksistensi air tanah, permeabilitas tanah dan rembesan pada tanah (Gilang Setiawan, 2014).

a) Air tanah

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk didalam retak-retak dari batuan. Yang terdahulu disebut air lapisan dan yang terakhir disebut air celah (*fissure water*) (Mori dkk, 1999). Ada empat macam zona lapisan air

tanah yang dekat ke permukaan bumi, yang terdiri atas tiga zona yang merupakan zona *vedose water* dan zona *freatis*. Keempat zona tersebut tersusun berturut turut dari atas kebawah sebagai berikut (Darwis Panguriseng, 2018):

- Zona air penduler atau air menggantung (tanah tak jenuh)
- Zona air funikuler atau air bergerak (tanah tak jenuh)
- Zona air kapiler
- Zona freatis yaitu zona yang air tanahnya tetap (tanah jenuh)

Pada zona freatis rongga rongga tanah secara keseluruhan terisi oleh air tanah sehingga tanah dianggap dalam keadaan jenuh sempurna. Zona kapiler terletak diatas zona jenuh. Pada zona kapiler terjadi tekanan kapiler yang menyebabkan air didalam tanah akan mengalami tekanan negative (lisapan) kearah permukaan bumi. Sedangkan pada zona tak jenuh terbagi atas dua zona yaitu zona penduler (air menggantung), dan zona funikuler (air bergerak). Air pada zona penduler sangat dipengaruhi oleh penguapan akibat sinar matahari dan akar tumbuhan (*evapotranspirasi*), sedangkan pada zona funikuler air lebih banyak dipengaruhi penguapan melalui akar tumbuh tumbuhan (*transpirasi*).

b) Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan bahan yang berpori untuk melewatkan aliran (rembesan) dari fluida (air/minyak) melalui rongga pori-porinya. Karena semua pori didalam tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya, maka air dapat merembes dari titik berenergi tinggi ke titik yang

berenergi rendah. Bentuk aliran fluida dalam tanah dapat berbentuk aliran laminar atau berupa aliran turbulen tergantung pada tahanan terhadap aliran tersebut didalam massa tanah. Tahanan terhadap aliran/rembesan didalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- Ukuran butir tanah
- Bentuk butiran tanah
- Rapat massa tanah
- Bentuk geometrik rongga pori
- Temperature dalam tanah, akan mempengaruhi kekentalan (*viscosity*) dan juga mempengaruhi tegangan permukaan pada fluida yang mengalir.

Jenis tanah yang mempunyai sifat mampu meloloskan fluida disebut "*Permeable*", sebaliknya jenis tanah yang mempunyai sifat tidak mampu meloloskan air disebut "*Impermeable*" sedangkan jenis tanah yang mempunyai sifat permeabilitas sangat kecil disebut "*Semipermeable*". (Darwis Panguriseng, 2014):

c) Rembesan

Air pada keadaan statis didalam tanah, akan mengakibatkan tekanan hidrostatik yang arahnya keatas (*uplift*). Akan tetapi jika air mengalir lewat lapisan tanah, aliran air akan mendesak partikel tanah sebesar tekanan rembesan hidrodinamis yang bekerja menurut arah alirannya. Besarnya tekanan rembesan merupakan fungsi dari gradient hidrolis (*i*).

Hidrolis tanah diartikan sebagai kecepatan bergerak suatu cairan pada suatu media berpori dalam keadaan jenuh. Dalam hal ini sebagai cairan

adalah air, dan sebagai media berpori adalah tanah. Dalam hukum Darcy hidrolik tanah didefinisikan sebagai pergerakan air didalam tanah (Fahmuddin Agus dan Husein Suganda:2014).

Air dapat mengalir dengan mudah di dalam tanah yang mempunyai pori-pori besar dan mempunyai hubungan antar pori yang baik. Pori-pori yang kecil dengan hubungan antar pori yang seragam akan mempunyai permeabilitas lebih rendah, sebab air akan mengalir melalui tanah lebih lambat. Kemungkinan tanah-tanah yang pori-porinya besar, permeabilitasnya mendekati nol (hampir tidak ada aliran), yaitu jika pori-pori tersebut terisolasi (tidak ada hubungan) sesamanya. Permeabilitas juga mendekati nol apabila pori-pori tanah terlalu kecil seperti pada tanah liat. Dengan kata lain semakin besar pori maka semakin kecil tekanan pori dan semakin kecil pori maka semakin besar tekanan pori.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin besar tekanan pori maka semakin besar (cepat) pula pergerakan air dalam tanah, sebaliknya semakin kecil tekanan pori maka semakin kecil (lambat) pergerakan air dalam tanah.

D. Teori Intensitas Curah Hujan

1. Pengertian Intensitas Curah Hujan

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari alam yang terdapat di atmosfer. Pukulan butir-butir hujan pada permukaan tanah yang terbuka menghancurkan dan mendispersikan agregat tanah yang mengakibatkan penyumbatan pori pada permukaan tanah.

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, *run off* dan infiltrasi. Intensitas curah hujan adalah besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya.

Intensitas curah hujan adalah besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya (Fakhri, 2014).

Intensitas curah hujan yang tinggi umumnya berlangsung dengan durasi yang singkat atau pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup lama. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit (Suroso, 2006).

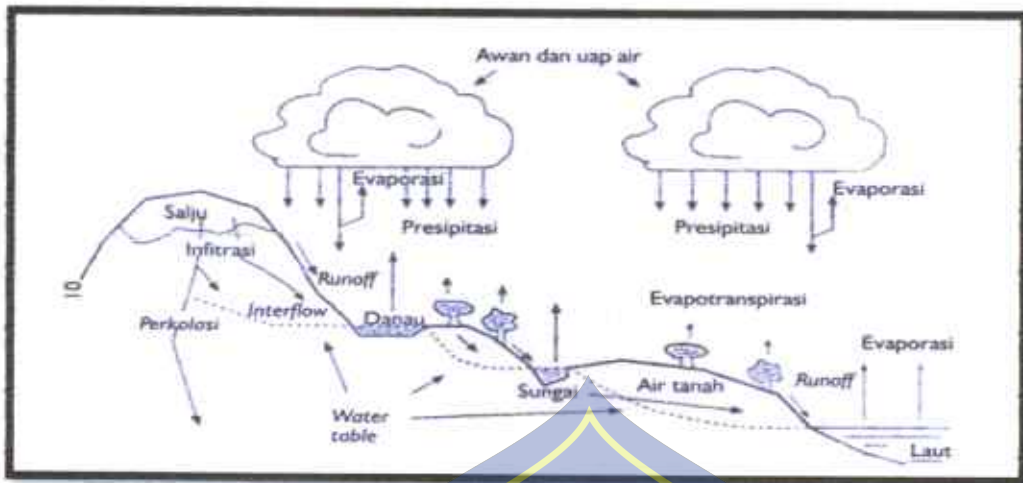
Air hujan turun kebumi sebagian mengalir kelaut dan sebagian terinfiltrasi kedalam lapisan tanah. Bertambahnya kadar air akibat adanya infiltrasi air hujan menunjukkan terjadi perubahan volume dimana tanah akan mengembang dengan bertambahnya kadar air. Dengan adanya air dalam pori tanah akan menyebabkan jarak antar butir tanah dan tanah akan lebih jenuh.

Sumantri Arif (2010) menyatakan bahwa Air di bumi mengalami sirkulasi yang terjadi terus-menerus sepanjang masa. Menguap, mengembun, dan mengalir.

Air menguap ke udara dari permukaan bumi berubah menjadi awan setelah melalui beberapa proses, kemudian jatuh kembali ke permukaan bumi dalam bentuk hujan, baik hujan air maupun hujan es atau salju.

Air hujan yang jatuh di permukaan bumi, sebagian masuk ke dalam tanah, sebagian lainnya masuk mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, mengalir ke daerah-daerah yang rendah dan kemudian masuk ke sungai kemudian bermuara ke laut (Sumantri Arif, 2010). Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar memasuki sungai kemudian mengalir ke laut. Akan tetapi, sebagian besar tersimpan di dalam tanah sebagai air tanah, dan dalam jangka waktu yang lama air yang terimpan dalam tanah keluar sedikit demi sedikit ke daerah yang rendah di permukaan tanah (Sumantri Arif, 2010).

Sementara itu butir-butir air yang mengalir di permukaan tanah, yaitu air yang tidak sampai masuk ke dalam tanah, tidak seluruhnya mengalir sampai ke laut. Dalam perjalanannya menuju laut sebagian menguap kembali ke udara. Uap air yang naik ke atmosfer bumi ini kembali terbentuk menjadi awan dan jatuh kembali ke permukaan bumi berupa hujan. Kegiatan ini berlangsung terus menerus sepanjang masa tanpa pernah berhenti (Sumantri, Arif, 2010). Secara umum dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 2.4. Siklus hidrologi (Proses terjadinya hujan)

Dalam penelitian ini perhitungan curah hujan 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 didalam dan disekitar daerah yang bersangkutan.

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (5)$$

Dengan :

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

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

$R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = curah hujan disetiap titik pengamatan (mm)

2. 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 macam sebaran data. 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 $\bar{X}$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (6)$$

- b. Standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :

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 satu sebaran (Mulyana W.P.Dkk, 2013).

$$Cv = \frac{s}{\bar{X}} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

Cv = koefisien variasi

d. Koefisien asimetri/skewness (Ck)

$$Cs = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)s^3} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \dots\dots\dots (9)$$

Dengan :

Ck = koefisien skewness

e. Koefisien kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)s^4} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots\dots\dots (10)$$

Dengan :

Ck = koefisien kurtosis

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

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

$$\overline{\text{Log X}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log } X_i \dots\dots\dots (11)$$

b. Standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log X}})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (12)$$

Dengan :

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)

$$Cv = \frac{s}{\text{Log } \bar{X}} \dots\dots\dots (13)$$

Dengan :

Cv = koefisien variasi

S = standar deviasi

d. Koefisien asimetri (Cs)

$$Cs = Cs = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)s^3} \cdot \sum_{i=1}^n (Log Xi - Log \bar{X})^3 \dots\dots\dots (14)$$

Dengan :

Cs = koefisien asimetri (*skewness*)

e. Koefisien kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)s^4} \cdot \sum_{i=1}^n (Log Xi - Log \bar{X})^4 \dots\dots\dots (15)$$

Dengan :

Ck = koefisien kurtosis

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

Tabel 2.4 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	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
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 person type III, dengan langkah langkah perhitungan curah hujan sebagai berikut:

a. Nilai rata rata :

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n} \quad (16)$$

b. Standar deviasi :

$$Sx^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1} \quad (17)$$

c. Koefisien kemencengan :

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}^3}{(n-1)(n-2)(Sx)^3} \quad (18)$$

d. Curah hujan rencana :

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } X} + G \cdot Sx \quad (19)$$

Dengan :

Log X = Logaritma curah hujan yang dicari

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

$\text{Log } X_i$ = Logaritma curah hujan tahun ke-i

G = Konstantan log person type III berdasarkan koefisien kemencengan

S_x = Simpangan baku

n = jumlah data

Curah hujan jangka pendek dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut intensitas curah hujan (mm/jam). Dalam penelitian ini digunakan rumus Mononobe untuk menghitung intensitas curah hujan.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (20)$$

Dengan :

- I = intensitas curah hujan (mm/jam)
 T = lamanya curah hujan (menit)
 R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Tabel 2.5 Matriks Jurnal

NO	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil	Parameter Riset
1	Syahrir dan Nurjayadi	Analisis pengaruh frekuensi terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada jenis tanah common soil	Untuk mengetahui pengaruh besar intensitas frekuensi hujan terhadap angka pori dan kerapatan relatif	Berdasarkan hasil penelitian, angka pori (e) dan kerapatan relatif (Dr) pada tanah common soil mengalami perubahan berbanding lurus dengan bertambahnya frekuensi hujan (f) dan intensitas curah hujan (I), semakin banyak frekuensi hujan maka angka pori semakin kecil dan kerapatan relatif semakin besar pada tingkat intensitas curah hujan yang sama.	I = Intensitas curah hujan t = Lamanya curah hujan (menit) R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam e = Angka pori V_v = Volume rongga V_s = Volume butiran D_r = Kerapatan ralaif e_{maks} = Angka pori tanah dalam keadaan lepas e_{min} = angka pori tanah dalam keadaan padat

NO	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil	Parameter Riset
2	Abdul Rakhim Nanda, Eki Sandi dan Sulvahanra	Analysis of the effect of rain frequency on permeability and pondong time on type soil common	Untuk mengetahui pengaruh frekuensi hujan terhadap permeabilitas dan waktu penggenangan dengan frekuensi ulangan hujan yang intensitasnya sama dan intensitas bervariasi pada jenis tanah common soil.	Nilai koefisien permeabilitas tanah common soil berbanding terbalik dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan frekuensi hujan, semakin tinggi variasi intensitas curah hujan dan variasi frekuensi hujan maka semakin kecil permeabilitas tanah. Tinggi genangan dan waktu final genangan pada tanah common soil berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan variasi frekuensi hujan.	I = Intensitas curah hujan t = Lamanya curah hujan (menit) atau untuk 4 dalam (jam) a,b,n,m : tetapan R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam V = kecepatan aliran (m/s atau cm/s) K = koefisien permeabilitas i = gradien hidrolik Q = Debit aliran A = luas penampang melintang tanah t = waktu tempuh fluida sepanjang L (detik) Δh = Ketinggian dari permukaan air hingga dasar tabung (cm) L = Ketinggian tabung dalam tanah (cm)

NO	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil	Parameter Riset
3	Dyah Pratiwi, Irma sepriyanna dan Hastanto	Perubahan angka pori tanah lunak dengan serbuk kaca dan serak karung plastik	Pengaruh tanah rawa yang merupakan lunak (soft soil) dengan penambahan serbuk kaca dan serat karung plastik sebagai tanah timbunan.	Berat jenis tanah mengalami penurunan setelah penambahan serbuk kaca dan serat karung plastik. Penambahan serbuk kaca dan serat karung plastik juga mempengaruhi angka pori, dimana angka pori mengalami penurunan akibat penambahan serbuk kaca dan serat karung plastik.	H_a = Hitung tinggi butiran tanah awal H_v = Hitungan tinggi awal pori e_o = Hitungan angka pori awal Δe = Hitungan perubahan angka pori ΔH = Pemadatan tanah
4	Masria, Christianto Lopulisa, Hazairin zubair dan Burhanuddi n Rasyid	Karakteristik pori dan hubungannya dengan permeabilitas pada tanah vertisol asal Jeneponto Sulawesi Selatan	Untuk mengetahui karakteristik pori tanah pada tanah vertisol dan mengetahui karakteristik pori yang mempengaruhi pergerakan air pada tanah vertisol.	Berdasarkan uji regresi dan korelasi diketahui bahwa karakter porositas dan koefisien porositas dan indeks stabilitas pori mempunyai pengaruh terbesar terhadap permeabilitas tanah.	n = Porositas e = Angka pori V_v = Volume rongga V_s = Volume butiran

NO	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil	Parameter Riset
5	Kasmawati dan Nurbikmah	Analisis pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada frekuensi hujan berulang	Untuk mengetahui pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada frekuensi hujan berulang	Pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori mengalami perubahan menunjukkan penurunan angka pori pada setiap frekuensi hujan dan pengaruh gradasi tanah terhadap kerapatan relatif mengalami perubahan yang menunjukkan peningkatan kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan hak ini diakibatkan oleh perbedaan variasi gradasi tanah dan pukuian air hujan dengan intensitas yang sama.	D_r = Kerapatan ralaif e_{maks} = Angka pori tanah dalam keadaan lepas e_{min} = angka pori tanah dalam keadaan padat n = Porositas e = Angka pori V_v = Volume rongga V_s = Volume butir

NO	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil	Parameter Riset
6	Eki Sandi dan Sulvaheura	Analisis frekuensi terhadap permeabilitas dan waktu penggenangan (ponding time) pada jenis tanah common soil	Mengetahui frekuensi hujan terhadap permeabilitas tanah dan waktu penggenangan dengan frekuensi hujan yang intensitasnya sama, dan intensitas hujan yang bervariasi	Nilai koefisien permeabilitas pada tanah common soil berbanding terbalik dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan frekuensi hujan, semakin tinggi variasi intensitas curah hujan dan variasi frekuensi hujan maka semakin kecil permeabilitas tanah karena semakin padat struktur tanah. Sedangkan tinggi genangan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan variasi frekuensi hujan, semakin tinggi intensitas dan variasi frekuensi curah hujan semakin padat struktur tanah maka semakin tinggi genangan dan semakin lama waktu fisi genangan yang terjadi.	I = Intensitas curah hujan t = Lamanya curah hujan (menit) R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam e = Angka pori v = kecepatan aliran (m/s atau cm/s) k = Koefisien permeabilitas i = gradien hidrolik A = luas penampang melintang tanah t = waktu tempuh fluida sepanjang L (detik) Δh = Ketinggian dari permukaan air hingga dasar tabung (cm) L = Ketinggian tabung dalam tanah (cm)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan model penelitian eksperimental (*model experimental research*). Penelitian eksperimental yaitu suatu penelitian yang didalamnya ditemukan minimal satu variabel yang dimanipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat.

Penelitian ini menggunakan model penelitian eksperimental tentang “**Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Perubahan Angka pori (Δe) pada Jenis Tanah Granuler**” dengan alat model (uji laboratorium) dan menggunakan hujan buatan dari alat simulasi yang didesain dan dibuat khusus (*specific equipment*).

B. Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan dengan dua lokasi yaitu :

- Pengujian karakteristik tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar
- Pengujian model dilakukan di Desa Lonjoboko, Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan segala kondisi yang diobservasi, dikontrol, bahkan dimanipulasi oleh peneliti ketika melakukan penelitian. Pada penelitian ini digunakan 2 (dua) jenis variabel, yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan

variable terikat (*dependent variable*). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variable bebas (*independent variable*) merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini, yaitu Intensitas curah hujan

2. 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 :

- a. Perubahan angka pori (Δe)
- b. Perubahan Porositas (Δn)

Hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dalam penelitian ini dapat digambarkan dengan skema berikut :



Gambar 3.1. Skema Hubungan Variabel Penelitian

D. Rancangan Penelitian

1. Dalam penelitian ini menggunakan alat model yang terdapat di laboratorium Hidrologi Universitas Muhammadiyah Makassar.



Gambar 3.3 Tampak Samping Sketsa Alat Model



Gambar 3.4 Foto Alat Model

Komponen Alat Pengujian :

- a. Bak air kapasitas 600 L
- b. Mesin air
- c. Pipa PVC
- d. Keran air
- e. *Sprayer* (Pipa semprot)
- f. Gorden plastik
- g. Bak kaca transparan
- h. Mistar ukur
- i. Batu pori

Alat bantu yang digunakan dalam penelitian ini

- a. Satu set saringan (ayakan)
 - b. *Stopwatch* untuk mengukur durasi hujan
 - c. Tabel isian data dan alat tulis
 - d. Kamera untuk dokumentasi dalam penelitian
 - e. Berbagai alat pendukung lain yang dibutuhkan dalam penelitian
2. Tanah : jenis tanah yang digunakan adalah tanah *Granuler*
 3. Air : jenis air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang tidak terkontaminasi dengan air limbah, untuk membuat hujan buatan dengan menggunakan model alat simulasi

E. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Tahap Persiapan

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

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

b. Tahap penentuan dan pemeriksaan media tanah

Penentuan jenis tanah dengan melakukan uji karakteristik tanah sesuai dengan tanah yang akan di amati yaitu, tanah Granuler. Setelah pengambilan

sampel tanah, 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 model alat simulasi.

Karakteristik tanah yang diujikan dalam penelitian ini yaitu Pengujian analisa saringan, pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan klasifikasi tanah granuler yang jadi media uji model.

c. Prosedur Perakitan

- 1) Menyediakan beberapa besi siku dan besi hollow yang akan digunakan untuk membuat struktur rangka alat penelitian dengan model persegi panjang yang berukuran panjang 110 cm, lebar 100 cm, dan tinggi 200 cm.
- 2) Memasang bak kaca dengan ketebalan 12 mm disetiap sisi yang telah diukur sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, yang terdiri atas dua bilik yakni bilik pertama untuk bak tanah, dan bilik kedua untuk bak pengamatan genangan air.
- 3) Memasang tiga batu pori antara bak tanah yang dimaksudkan untuk mengalirkan air tanah kedalam bak pengamatan.
- 4) Memasang mistar ukur disisi depan dan sisi belakang alat untuk mengetahui fluktuasi muka air tanah, kedalaman infiltrasi dan ketinggian tekanan kapiler.

- 5) Memasang alat hujan buatan yang terdiri dari pvc, *stop* keran, dan *nozzle* sebanyak 5 unit.
- 6) Memasang mesin air untuk membantu mengalirkan hujan buatan secara konstan.
- 7) Memasang bak air (*tendon*) untuk menampung air untuk mensimulasikan hujan buatan sesuai kebutuhan pengujian

d. Kalibrasi Alat

Sebelum prosedur pengujian model alat simulasi hujan perlu dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu. Model alat simulasi disesuaikan dengan intensitas curah hujan yang ditentukan.

e. Running Test

Sebelum prosedur pengujian model simulasi hujan dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan rekondisi tanah pada bak uji. Adapun ketebalan sampel di dalam bak yang direncanakan sekitar 80 cm. Tanah yang sudah direkondisi di dalam bak uji, kemudian dihujani dengan hujan buatan pada model alat simulasi hujan dengan intensitas curah hujan yang telah ditentukan. Hujan buatan dihentikan apabila pencatatan di drain dan limpasan (*run off*) sudah konstan. Kemudian menunggu air limpasan dan air yang terinfiltrasi sama dengan nol, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan sampel tanah untuk keperluan data angka pori setelah di hujani. Hal ini dilakukan lima kali pada lima intensitas curah hujan dengan jenis tanah yang sama.

f. Prosedur Pengamatan Angka Pori

Adapun pengujian angka pori tanah adalah sebagai berikut:

1. Setelah Tanah direkondisikan dalam bak, kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 50 ml untuk keperluan perhitungan angka pori awal (e_0) yaitu pada saat sebelum tanah diujani.
2. Setelah hujan buatan dihentikan dan air yang terinfiltrasi sama dengan nol kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 50 ml untuk keperluan perhitungan angka pori akhir (e_1).

Prosedur pengamatan angka pori:

1. Tanah yang telah direkondisikan di dalam bak diambil sebanyak 50 ml menggunakan gelas ukur.
2. Tanah yang telah diambil kemudian dicampur dengan air hujan sebanyak 70 ml.
3. Tanah yang telah tercampur dengan air kemudian didiamkan sampai tanah tersebut jenuh.
4. Setelah tanah jenuh selanjutnya dapat dilakukan pengukuran angka pori.

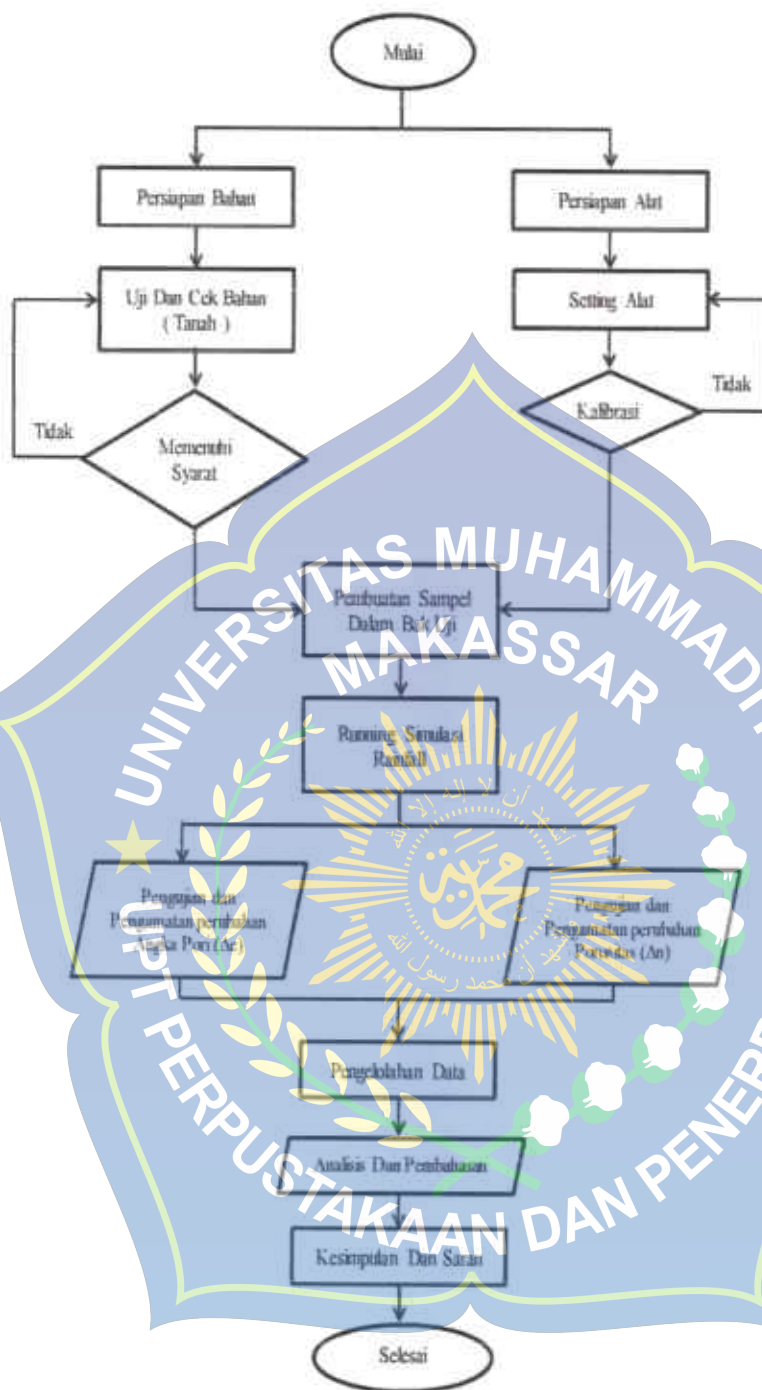
F. Teknik Analisa Data

Data hasil pengamatan akan diolah dengan metode statistik biasa, baik dalam perhitungan numerik maupun dalam penggambaran perubahan angka pori. Dari hasil pengolahan data selanjutnya akan dilakukan analisis empiric sehingga dapat dirumuskan formulasi hubungan antar parameter yang dihasilkan dari pengolahan

data hasil penelitian. Korelasi parameter yang ingin dilihat dalam penelitian ini antara lain :

1. Hubungan antara intensitas curah hujan dengan jenis tanah Granuler yang diamati sebelum dan sesaat setelah hujan sampai mencapai kondisi stabil
2. Hubungan antara intensitas curah hujan dengan perubahan angka pori (Δe) dan perubahan porositas (Δn) yang diamati setelah di hujani sampai mencapai kondisi stabil.





Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian dengan 5 intensitas curah hujan dengan satu jenis tanah (*medium sand*) terhadap perubahan angka pori dan perubahan porositas didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

a. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Table 4.1 Rekapitulasi hujan maksimum harian rata-rata

No.	Tahun	Hujan Maks Harian Rata-rata
1	2000	163.79
2	2001	160.04
3	2002	158.84
4	2003	156.17
5	2004	116.77
6	2005	114.31
7	2006	114.09
8	2007	113.69
9	2008	108.57
10	2009	105.64
11	2010	104.64
12	2011	100.80
13	2012	108.57
14	2013	92.72
15	2014	91.37
16	2015	91.37
17	2016	90.28
18	2017	80.16
19	2018	60.74
20	2019	58.74

Sumber : Hasil Perhitungan

b. Analisa Frekuensi

Analisis frekuensi dilakukan secara bertahap, diawali dengan pengukuran dispersi, baik untuk dispersi normal maupun dispersi logaritma untuk menghitung parameter-parameter statistiknya. Parameter statistik tersebut antara lain koefisien kemencengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variasi (Cv). Hasil perhitungan diuraikan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Pengukuran dispersi

n	Tahun	Xi	Xr	(Xi - Xr)	(Xi - Xr) ²	(Xi - Xr) ³	(Xi - Xr) ⁴
1	2000	163.79	109.56	54.23	2940.60	159461.05	8647146.68
2	2001	160.04	109.56	50.48	2548.04	128620.49	6492523.73
3	2002	158.84	109.56	49.27	2427.63	119611.80	5893392.36
4	2003	156.17	109.56	46.60	2172.01	101226.35	4717639.64
5	2004	116.77	109.56	7.21	51.95	374.26	2697.14
6	2005	114.31	109.56	4.74	22.49	106.67	505.88
7	2006	114.09	109.56	4.53	20.52	92.96	421.11
8	2007	113.69	109.56	4.13	17.02	70.25	289.85
9	2008	108.57	109.56	-1.00	0.99	-0.99	0.99
10	2009	105.64	109.56	-3.92	15.38	-60.30	236.44
11	2010	104.64	109.56	-4.93	24.28	-119.64	589.52
12	2011	100.80	109.56	-8.77	76.89	-674.20	5911.80
13	2012	108.57	109.56	-1.00	0.99	-0.99	0.99
14	2013	92.72	109.56	-16.85	283.81	-4781.20	80546.93
15	2014	91.37	109.56	-18.20	331.09	-6024.38	109618.27
16	2015	91.37	109.56	-18.20	331.09	-6024.38	109618.27
17	2016	90.28	109.56	-19.28	371.86	-7170.88	138281.32
18	2017	80.16	109.56	-29.40	864.43	-25415.33	747241.35
19	2018	60.74	109.56	-48.83	2384.22	-116418.05	5684519.22
20	2019	58.74	109.56	-50.82	2583.07	-131281.86	6672259.71
Σ		2191			17468	211592	39303441

Sumber: Hasil Perhitungan

$$\text{Nilai rata-rata (Xr) : Nilai rata-rata (Xr)} = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$= \frac{2191}{20} = 109,56$$

$$\text{Standar Deviasi (Sd)} : Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{17468,36}{19}}$$

$$= 30,32$$

$$\text{Koefisien Skewness (Cs)} : Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{20 \times 211592}{19 \times 18 \times 30,32^3} \\ &= 0,444 \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien Kurtosis (Ck)} : Ck = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{20^2 \times 39303441}{19 \times 18 \times 17 \times 30,32^4} \\ &= 3,19 \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien Variasi (Cv)} : Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} = \frac{30,32}{109,56} = 0,277$$

Untuk analisa frekuensi dengan logaritma juga dilakukan perhitungan parameter statistik dengan tahap-tahap seperti diatas. Koefisien kemencengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variasi (Cv). Hasil perhitungan diuraikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengukuran Dispersi Dengan Logaritma

n	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xr	(Log Xi - Log Xr)	(Log Xi - Log Xr) ²	(Log Xi - Log Xr) ³	(Log Xi - Log Xr) ⁴
1	2000	163.79	2.21	2.02	0.19	0.036391	0.006942	0.001324
2	2001	160.04	2.20	2.02	0.18	0.032655	0.005901	0.001066
3	2002	158.84	2.20	2.02	0.18	0.031478	0.005585	0.000991
4	2003	156.17	2.19	2.02	0.17	0.028923	0.004919	0.000837
5	2004	116.77	2.07	2.02	0.04	0.001919	0.000084	0.000004
6	2005	114.31	2.06	2.02	0.03	0.001193	0.000041	0.000001
7	2006	114.09	2.06	2.02	0.03	0.001138	0.000038	0.000001
8	2007	113.69	2.06	2.02	0.03	0.001037	0.000033	0.000001
9	2008	108.57	2.04	2.02	0.01	0.000148	0.000002	0.000000
10	2009	105.64	2.02	2.02	0.00	0.000000	0.000000	0.000000
11	2010	104.64	2.02	2.02	0.00	0.000015	0.000000	0.000000
12	2011	100.80	2.00	2.02	-0.02	0.000403	-0.000008	0.000000
13	2012	108.57	2.04	2.02	0.01	0.000148	0.000002	0.000000
14	2013	92.72	1.97	2.02	-0.06	0.005177	-0.000179	0.000010
15	2014	91.37	1.96	2.02	-0.06	0.003935	-0.000247	0.000015
16	2015	91.37	1.96	2.02	-0.06	0.003935	-0.000247	0.000015
17	2016	90.28	1.96	2.02	-0.07	0.004615	-0.000313	0.000021
18	2017	80.16	1.90	2.02	-0.12	0.014293	-0.001709	0.000204
19	2018	60.74	1.78	2.02	-0.24	0.057639	-0.013838	0.003322
20	2019	58.74	1.77	2.02	-0.25	0.064816	-0.016501	0.004201
Σ		2191.29	40.47			0.287859	-0.009495	0.012016

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai rata-rata (Log Xr) :
$$\frac{\sum \text{Log Xi}}{n} = \frac{2191,29}{20} = 1,422$$

Standar Deviasi (S) :
$$S = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xr})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,287859}{19}} = 0,123$$

Koefisien Skewness (Cs) :
$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xr})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$= \frac{20 \times -0,009495}{19 \times 18 \times 0,123^3} = -0,142$$

Koefisien Kurtosis (Ck) : $Ck = \frac{n^2 \sum (\text{Log } Xi - \text{Log } Xr)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$

$$= \frac{20^2 \times 0,012016}{19 \times 18 \times 17 \times 0,123^4}$$
$$= 3,601$$

Koefisien Variasi (Cv) : $Cv = \frac{Sd}{\text{Log } Xr} = \frac{0,123}{1,422} = 0,086$

c. Menentukan Jenis Distribusi / Uji Parameter Statistik

Tabel 4.4 Uji parameter statistik

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3	0,44 3,19	tidak diterima
2	Log Normal	Cs = Cv ² + 3Cv Ck = Cv ⁴ + 6Cv ³ + 15Cv ² + 16Cv + 3	-142 3,60	tidak diterima
3	Gumbel	Cs = 1,14 Ck = 5,4	0,44 3,19	tidak diterima
4	log pearson III	Selain dari nilai diatas/flexibel		Diterima

Perhitungan nilai konstanta G berdasarkan nilai Cs tersebut dilakukan dengan cara interpolasi. Hasil perhitungan nilai konstanta G disajikan dalam tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tabel nilai G untuk Cs = -0,142

Cs	Periode Ulang (Tahun)						
	2	5	10	25	50	100	200
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.52	2.482
-0.142	0.024	0.848	1.265	1.701	1.977	2.221	2.443
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388

Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai X untuk setiap kala ulang (T) tahun

t	G	Xr	Sx	Log Xt	Xt
2	0.024	2.024	0.015	2.024	105.655
5	0.848	2.024	0.015	2.036	108.736
10	1.265	2.024	0.015	2.043	110.330
25	1.701	2.024	0.015	2.049	112.021
50	1.977	2.024	0.015	2.053	113.105
100	2.221	2.024	0.015	2.057	114.071
200	2.443	2.024	0.015	2.061	114.958

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan untuk t = 5 menit dapat dilihat pada uraian berikut:

Diketahui :

$R_2 = 105.655 \text{ mm}$

$R_5 = 108.736 \text{ mm}$

$R_{10} = 110.330 \text{ mm}$

$R_{25} = 112.021 \text{ mm}$

$R_{50} = 113.105 \text{ mm}$

Berikut hasil perhitungan analisa intensitas curah hujan dengan metode Mononobe:

$$I_2 = \frac{105.655}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 191.988 \text{ mm/jam}$$

$$I_5 = \frac{108.736}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 197.586 \text{ mm/jam}$$

$$I_{10} = \frac{110.330}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 200.483 \text{ mm/jam}$$

$$I_{25} = \frac{112.021}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 203.556 \text{ mm/jam}$$

$$I_{50} = \frac{113.105}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 205.525 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan dengan Metode Mononobe

No	Waktu (menit)	I_2 mm/jam	I_5 mm/jam	I_{10} mm/jam	I_{25} mm/jam	I_{50} mm/jam	I_{100} mm/jam	I_{200} mm/jam
1	5	191.988	197.586	200.483	203.556	205.525	207.281	208.893
2	10	114.047	155.500	182.899	217.273	242.797	268.218	293.901
3	15	87.034	118.669	139.578	165.811	185.289	204.688	224.288
4	20	71.845	97.959	115.219	136.874	152.953	168.967	185.146
5	25	61.914	84.418	99.293	117.954	131.811	145.611	159.554
6	30	54.828	74.357	87.929	104.454	116.725	128.946	141.293
7	35	49.473	67.456	79.341	94.253	105.325	116.352	127.494
8	40	45.260	61.710	72.584	86.225	96.354	106.442	116.635
9	45	41.842	57.050	67.102	79.713	89.078	98.404	107.827
10	50	39.004	53.180	62.551	74.306	83.036	91.729	100.513
11	55	36.602	49.906	58.700	69.732	77.924	86.082	94.325
12	60	34.540	47.094	55.392	65.802	73.532	81.231	89.009

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Karakteristik Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan sampel tanah pada Sungai Jenelata yang berlokasi di Bili Bili Kabupaten Gowa, didapatkan hasil klasifikasi tanah Pasir yaitu pasir sedang (*Medium Sand*) dengan data hasil analisa saringan sebagai berikut :

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir Sedang (*Medium Sand*)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000 gr			
		Tertahan		Prosentase Komulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.75	0	0.00	0.00	100.00
8	2.38	0	0.00	0.00	100.00
16	1.19	5	0.50	0.50	99.50
30	0.60	14	1.40	1.90	98.10
40	0.425	297	29.70	31.60	68.40
50	0.297	415	41.50	73.10	26.90
60	0.25	24	2.40	75.50	24.50
100	0.149	205	20.50	96.00	4.00
200	0.074	12	1.20	97.20	2.80
PAN		28	2.80	100.00	0.00
Jumlah		1000			

Sumber : Hasil Perhitungan

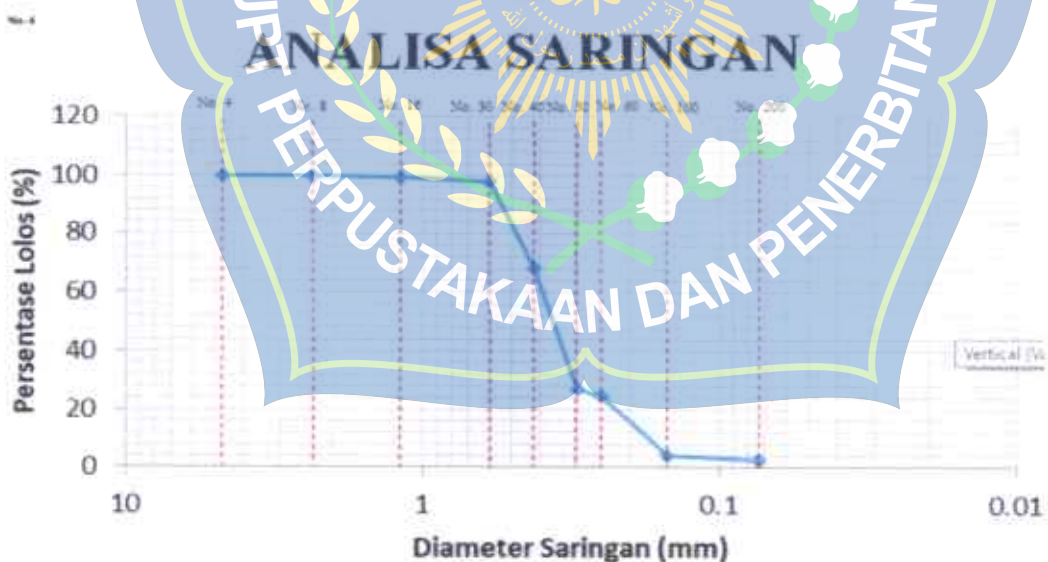
Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa:

1. Pada saringan No.4, dan No.8 berat tertahan sama dengan 0, karena yang tertahan pada saringan No.4 dan No.8 dikategorikan sebagai kerikil.
2. Pada saringan No.16 dan 30 dikategorikan sebagai pasir kasar dengan presentase tertahan sama dengan 1.90% dari total sampel pengamatan.

3. Pada saringan No.30, 40, 50 dan 60 dikategorikan sebagai pasir sedang dengan presentase tertahan sama dengan 75% dari total sampel pengamatan.
4. Pada saringan No.60, 100 dan 200 dikategorikan sebagai pasir halus dengan presentase tertahan sama dengan 24.10% dari total sampel pengamatan.

Klasifikasi diatas didasarkan atas kriteria kriteria sebagai berikut :

1. Dikategorikan sebagai Pasir kasar apabila lebih dari 50% ukuran butirnya berkisar antara 0.6mm - 2 mm.
2. Dikategorikan sebagai Pasir sedang apabila lebih dari 50% ukuran butirnya berkisar antara 0.2mm - 0.6mm.
3. Dikategorikan sebagai pasir halus apabila lebih dari 50% ukuran butirannya berkisar antara 0.06mm - 0.2mm.



Gambar 4.1 Distribusi Butir Analisa Saringan Berdasarkan hasil pengujian Analisa Saringan

Dari hasil pengujian analisa saringan yang terdapat pada grafik menunjukkan bahwa jumlah pasir kasar dengan ukuran butir 0.6 mm – 2 mm yaitu 1.90%, pasir sedang dengan ukuran butir 0.2 mm – 0.6 mm yaitu 75% dan pasir halus dengan ukuran butir 0.06 mm – 0.2 mm yaitu 24.10%.

B. Perubahan Angka pori (Δe) tanah akibat intensitas curah hujan

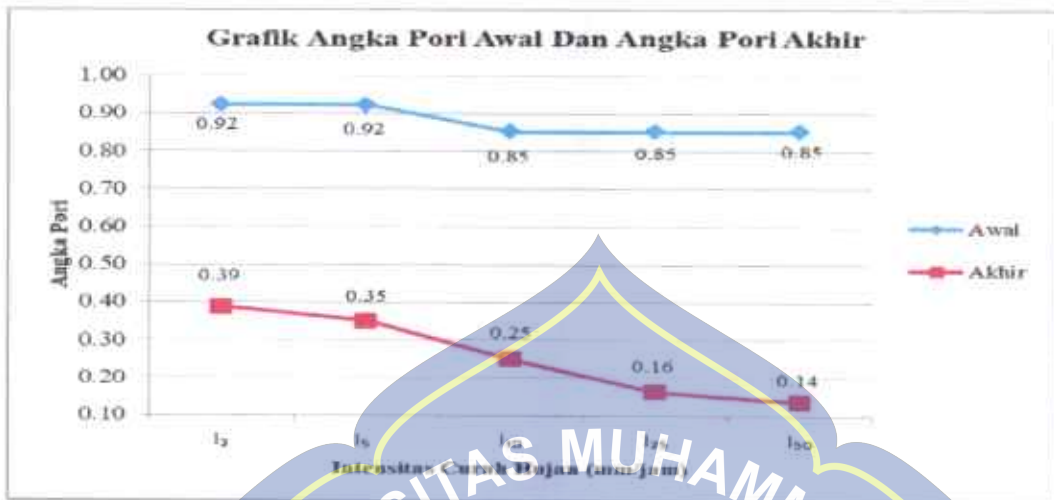
Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat model. Penyajian data dan analisis angka pori pada pasir sedang (*Medium Sand*) dilakukan pada saat kondisi tanah asli atau sebelum di hujani dan dilanjutkan setelah tanah di hujani. Analisis angka pori ini dilakukan secara berturut-turut dengan lima variasi intensitas curah hujan rencana yaitu intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2), intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5), intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}), intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}), dan intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}). Untuk hasil pengamatan dari proses tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.9 Nilai Angka Pori Awal dan Angka Pori Akhir

INTENSITAS CURAH HUJAN (mm/jam)	ANGKA PORI (e)	
	(e_0)	(e_1)
I_2	0.92	0.39
I_5	0.92	0.35
I_{10}	0.85	0.25
I_{25}	0.85	0.16
I_{50}	0.85	0.14

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan nilai angka pori awal dan angka pori akhir yang terdapat pada tabel 4.9 dituangkan dalam grafik berikut :



Gambar 4.2 Nilai Angka Pori Awal dan Angka Pori Akhir

Dari tabel 4.9 dan grafik 4.2 dapat dilihat perbandingan antara angka pori awal dan angka pori akhir. Pada intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2) angka pori awal (e_0) = 0.92 dan angka pori akhir (e_1) = 0.39. Pada intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5) angka pori awal (e_0) = 0.92 dan angka pori akhir (e_1) = 0.35. Pada intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}) angka pori awal (e_0) = 0.85 dan angka pori akhir (e_1) = 0.25. Pada intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}) angka pori awal (e_0) = 0.85 dan angka pori akhir (e_1) = 0.16, dan pada intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) angka pori awal (e_0) = 0.85 dan angka pori akhir (e_1) = 0.14. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka angka pori tanah akan semakin kecil.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Perubahan Angka Pori Akibat Intensitas Curah Hujan

INTENSITAS CURAH HUJAN (mm/jam)	ANGKA PORI (e)		Δe
	(e_0)	(e_1)	
I ₂	0.92	0.39	0.53
I ₅	0.92	0.35	0.57
I ₁₀	0.85	0.25	0.60
I ₂₅	0.85	0.16	0.69
I ₅₀	0.85	0.14	0.72

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.3 Perubahan Angka Pori Akibat Intensitas Curah Hujan

Dari hasil perhitungann perubahan angka pori (Δe) yang terdapat pada tabel 4.10 dan grafik 4.3, maka dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan yang terjadi, semakin besar perubahan angka pori yang dialami pada jenis tanah 'medium sand'. Pengujian angka pori awal yaitu pada saat tanah belum terkena pukulan hujan pada model alat simulasi menunjukkan angka pori paling besar yang mana $e = 0.92$. Intensitas curah hujan yang semakin tinggi mengakibatkan peningkatan perubahan angka pori yang terjadi pada jenis tanah *medium sand* ,

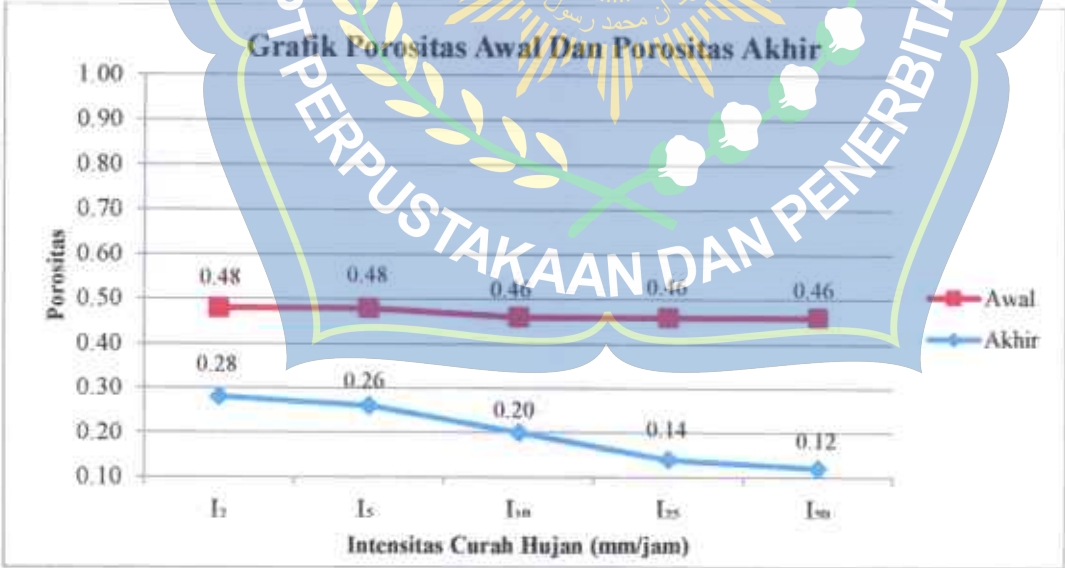
dimana perubahan angka pori pada intensitas curah hujan kala ulang dua tahun Δe (I_2) = 0.53. Pada intensitas curah hujan yang kedua, ketiga, keempat dan kelima juga menunjukkan perubahan angka pori yang semakin besar pada setiap peningkatan intensitas curah hujan, dengan nilai Δe (I_5) = 0.57, Δe (I_{10}) = 0.60, Δe (I_{25}) = 0.69, Δe (I_{50}) = 0.70.

C. Perubahan Porositas (Δn) tanah akibat intensitas curah hujan

Tabel 4.11 Nilai Porositas Awal dan Porositas Akhir

INTENSITAS CURAH HUJAN (mm/jam)	POROSITAS (n)	
	(n _a)	(n _i)
I ₂	0.48	0.28
I ₅	0.48	0.26
I ₁₀	0.46	0.20
I ₂₅	0.46	0.14
I ₅₀	0.46	0.12

Sumber : Hasil Perhitungan



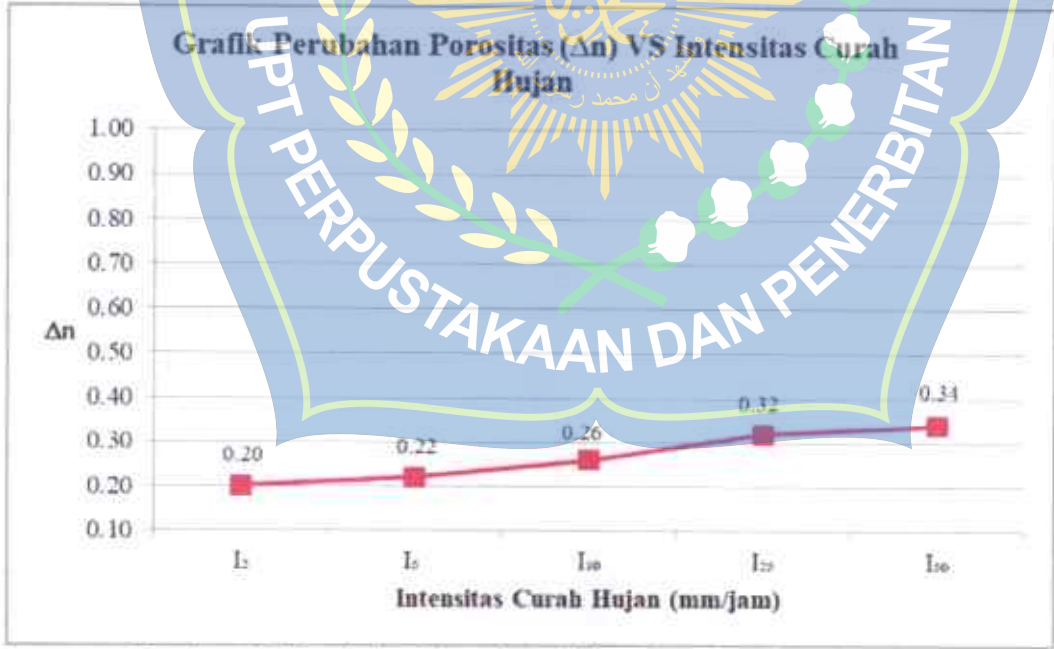
Gambar 4.4 Nilai Porositas Awal Dan Porositas Akhir

Dari tabel 4.11 dan grafik 4.4 dapat dilihat perbandingan antara porositas awal dan porositas akhir, dimana semakin tinggi intensitas curah hujan maka porositas tanah akan semakin kecil atau kemampuan tanah dalam menyerap air akan semakin rendah.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Perubahan Porositas Akibat Intensitas curah Hujan

INTENSITAS CURAH HUJAN (mm/jam)	POROSITAS (n)		Δn
	(n_2)	(n_1)	
I ₂	0.48	0.28	0.20
I ₅	0.48	0.26	0.22
I ₁₀	0.46	0.20	0.26
I ₂₅	0.46	0.14	0.32
I ₅₀	0.46	0.12	0.34

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.5 Perubahan Porositas Akibat Intensitas Curah Hujan

Dari hasil perhitungan perubahan Porositas tanah yang terdapat pada tabel 4.12 dan grafik 4.5 dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan yang terjadi, maka semakin besar pula perubahan porositas pada jenis tanah *medium sand*. Porositas tanah pada intensitas curah hujan pertama yaitu pada kala ulang dua tahun (I_2) menunjukkan porositas tanah paling rendah dimana $n = 0.20$. Pada intensitas curah hujan yang kedua, ketiga, keempat dan kelima menunjukkan perubahan porositas yang semakin besar pada setiap peningkatan intensitas curah hujan, dengan nilai $\Delta n (I_5) = 0.22$, $\Delta n (I_{10}) = 0.26$, $\Delta n (I_{25}) = 0.32$, $\Delta n (I_{50}) = 0.34$.

D. Pembahasan

1. Perubahan Angka Pori (Δe)

Angka pori (e) adalah perbandingan antara volume rongga dengan volume butir. Media tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis tanah granuler pasir sedang (*medium sand*) dan 5 jenis intensitas curah hujan yaitu intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2), intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5), intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}), intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}), dan intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}). Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa perubahan angka pori tanah semakin besar seiring dengan peningkatan intensitas curah hujan.

2. Perubahan Porositas (Δn)

Porositas adalah ukuran dari ruang kosong diantara material. Pada jenis tanah granuler untuk pasir sedang (*medium sand*), perubahan porositas (Δn) terus bertambah seiring dengan meningkatnya intensitas curah hujan. Hal ini dapat dilihat pada intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2) perubahan porositas (Δn) = 0.20.

Pada intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5) perubahan porositas (Δn) = 0.22.

Pada intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}) perubahan porositas (Δn) =

0.26. Pada intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}) perubahan porositas (Δn)

= 0.32, dan pada intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) perubahan porositas

(Δn) = 0.34



BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian model dan sesuai dengan pembahasan pada bagian sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perubahan angka pori (Δe) dan intensitas curah hujan (I) pada jenis tanah granuler (*medium sand*) mengalami perubahan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan (I). Semakin tinggi intensitas curah hujan yang terjadi, semakin besar perubahan angka pori yang dialami pada jenis tanah '*medium sand*'.
2. Perubahan porositas (Δn) pada jenis tanah granuler (*medium sand*) mengalami perubahan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan (I). Semakin tinggi intensitas curah hujan yang terjadi, maka semakin besar pula perubahan porositas pada jenis tanah '*medium sand*'.

B. SARAN

Dalam penelitian ini intensitas curah hujan yang digunakan, yaitu, intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2), intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5), intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}), intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}), dan intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) dengan menggunakan jenis tanah granuler (*medium sand*). Disarankan pada penelitian berikutnya menggunakan intensitas curah hujan dan jenis gradasi tanah yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmaranto Runi, Dkk. (2012). *Penentuan Nilai Konduktivitas Hidrolik Tanah Tidak Jenuh Menggunakan Uji Resistivitas di Laboratorium* (Disertasi). Surabaya : Universitas Brawijaya.
- Darwis Panguriseng (2014) : Buku "*Mekanika Tanah Dasar I*".
- Darwis Panguriseng (2018) : Buku "*Dasar Dasar Mekanika Tanah*".
- Fakhli, 2017 Gradasi Tanah. Available From : <https://www.kumpulengineer.com/2014/05/pengertian-dan-klasifikasi-gradasi.html>
- Jayadi.M.N. & Syahrir. (2018). *Analisa Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif Pada Jenis Tanah Common Soil (Studi Uji Laboratorium Dengan Rainfall Simulator)* (Skripsi). Makassar : Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Kasmawati. & Nurbikma. (2019). *Analisis Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif Pada Frekuensi Hujan Berulang (Studi Laboratorium Dengan Rainfall Simulator)* (Skripsi). Makassar : Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Kusumastuti.D.P. Dkk. (2018). *Perubahan Angka Pori Tanah Lunak Terstabilisasi Dengan Serbuk Kaca dan Serat Karung Plastik* (Disertasi). Jawa Barat : Sekolah Tinggi Teknologi.
- Lopulisa Christianto. Dkk. (2018). *Karakteristik Pori dan Hubungannya Dengan Permeabilitas Pada Tanah Vertisol Asal Jenepono Uluwesi Selatan* (Disertasi). Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Maulida Sri.S. Dkk. (2015). *Analisis Pola dan Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Data Observasi dan Sateli Tropical Rainfall Measuring Missions (TRMM) 3B42 V7 di Makassar* (Disertasi). Makassar : Universitas Negeri Makassar.
- Nanda.A.R. Dkk. (2019). *Analysis of the effect of rain frequency on permeability and pondong time on type soil common (Laboratory Testing Study With Rainfall Simulator)*. Makassar : Jurnal
- Neddyana Bonda, 2013 : *Karakteristik Tanah* <https://radenbondan.wordpress.com/2013/08/28/semester-2-karakteristik-tanah/>

- Pratiwi Dyah. Dkk, (2018). *Perubahan angka pori tanah lunak terstabilisasi dengan serbuk kaca dan serat karung plastik*. Jakarta : Jurnal.
- Prihatin Kukuh, 2013 (*KORELASI ANTARA GRADASI MATERIAL TIMBUNAN REKLAMASI DENGAN KEPADATAN DAN KUAT GESER TANAH*). Semarang : Jurnal
- Ramadhani Rizki, 2012 : Sifat dan Karakteristik Tanah Secara Umum dan Secara Khusus
<https://justkie.wordpress.com/2012/02/26/karakteristik-tanah-sebagai-media-tumbuh-secara-umum-dan-secara-khusus-pada-jenis-tanah-alfisol/>
- Syahrir dan Nurjayadi, (2018) . *ANALISIS PENGARUHN FREKUENSI HUJAN TERHADAP ANGKA PORI DAN KERAPATAN RELATIF PADA JENIS TANAH COMMON SOIL*. Makassar : Skripsi
- Syaputra.M.R. Dkk. (2017). *PEMODELAN PREDIKSI TEKANAN PORI MENGGUNAKAN METODE EATON'S BERDASARKAN DATA INTERVAL VELOCITY PADA LAPANGAN HIDROKARBON "ERTIGA" CEKUNGAN SUMATERA SELATA*. Lampung : Jurnal
- Sandi eki dan Sulvahanra. (2018). *ANALISIS PENGARUH FREKUENSI HUJAN TERHADAP PERMEABILITAS DAN WAKTU PENGENANGAN (PONDING TIME) PADA JENIS TANAH COMMON SOIL*. Makassar : Jurnal.



L

A



A

N

AMPIRAN A

PERHITUNGAN INTENSITAS CURAH HUJAN

. PERHITUNGAN CURAH HUJAN HARIAN RATA RATA

Perhitungan intensitas curah hujan tahun 2000 dengan data curah hujan maksimum harian masing-masing stasiun: Patallassang, Toata dan Pammukkulu.

Tahun	Kondisi / Tanggal		Stasiun			Rata Rata	Curah Hujan Maksimum Harian Rata Rata
			I	II	III	Thiessen	
2000	1	3-Feb	200	9	190	163.79	163.8
	2	4-Feb	16	201	28	51.47	
	3	3-Feb	200	9	190	163.79	
2001	1	2-des	100	53	49	82.67	104.6
	2	10-Jan	93	169	81	104.64	
	3	24-Oct	15	5	310	64.34	
2002	1	1-Jan	129	89	36	98.22	105.6
	2	12-Mar	87	104	22	78.89	
	3	2-Jan	100	89	144	105.64	
2003	1	23-Dec	140	111	22	114.31	114.3
	2	23-Dec	140	111	22	114.31	
	3	6-Feb	5	24	155	34.44	
2004	1	22-Dec	132	26	8	91.37	91.4
	2	9-Mar	93	151	1	87.52	
	3	7-Jan	19	82	103	39.12	
2005	1	28-Mar	218	81	4	156.17	156.2
	2	19-Jan	18	124	23	38.00	
	3	16-Oct	78	21	131	76.90	
2006	1	25-Jan	134	34	0	92.72	92.7
	2	31-Dec	98	125	29	90.91	
	3	9-Nov	0	0	109	18.90	
2007	1	25-Nov	120	0	6	78.58	90.3
	2	1-Jan	98	134	16	90.28	
	3	28-Dec	0	55	81	23.97	
2008	1	21-Feb	210	32	21	145.10	145.1
	2	2-Feb	68	184	0	77.15	
	3	3-Feb	128	93	162	127.58	

2009	1	31-Jan	168	180	6	142.08	158.8
	2	13-Jan	160	240	70	158.84	
	3	1-Feb	60	31	180	75.57	
2010	1	12-Jan	130	112	57	114.09	114.1
	2	14-Jan	50	155	19	63.58	
	3	27-Jul	5	9	117	25.14	
2011	1	12-Feb	98	0	0	63.32	80.2
	2	7-Feb	0	90	55	25.78	
	3	5-Feb	50	25	250	80.16	
2012	1	10-Jan	95	50	100	87.74	113.7
	2	9-Jan	78	245	110	113.69	
	3	3-Feb	0	125	155	49.44	
2013	1	11-Apr	87	2	2	56.92	58.7
	2	5-Jan	40	30	62	42.01	
	3	2-Jan	51	18	130	58.74	
2014	1	24-Jan	121	75	23	95.71	126.4
	2	17-Nov	49	525	0	126.42	
	3	25-Jan	7	4	141	29.69	
2015	1	17 des	197	120	64	160.04	160.0
	2	23-Jan	2	140	69	38.52	
	3	18-Dec	103	120	143	113.00	
2016	1	11-Feb	156	0	0	100.80	100.8
	2	24-Sep	60	75	63	63.23	
	3	27-Feb	61	0	110	58.49	
2017	1	2-Feb	125	65	140	116.77	116.8
	2	22-Dec	16	123	25	36.87	
	3	2-Feb	125	65	140	116.77	
2018	1	13-Apr	163	18	0	108.57	108.6
	2	10-Dec	7	100	0	22.57	
	3	27-Dec	0	0	127	22.02	
2019	1	1-Oct	94	0	0	60.74	60.7
	2	11-Apr	15	120	0	31.35	
	3	8-Feb	9	3	85	21.09	
Jumlah							2262.9
rata-rata							113.1

AMPIRAN B

NALISA PERHITUNGAN

A. PERHITUNGAN PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe)

1. Perhitungan Perubahan Angka Pori (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 2 Tahun

(I_2).

a. Angka Pori Awal (e_0)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$\text{Volume Pori} = 120 - 96$$

$$= 24$$

$$\text{Volume Butir} = \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori}$$

$$= 50 - 24$$

$$= 26$$

$$\text{Angka Pori } (e_0) = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}}$$

$$= \frac{24}{26}$$

$$= 0.92$$

$$= 92 \%$$

b. Angka Pori Akhir (e_1)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$- \text{Volume Pori} = 120 - 106$$

$$= 14$$

$$- \text{Volume Butir} = \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori}$$

$$= 50 - 14$$

$$= 36$$

$$- \text{Angka Pori } (e_1) = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}}$$

$$= \frac{14}{36}$$

$$= 0.39$$

$$= 39\%$$

c. Perubahan Angka Pori (Δe)

$$\Delta e = \text{Angka Pori Awal } (e_0) - \text{Angka Pori Akhir } (e_1)$$

$$= 0.92 - 0.39$$

$$= 0.53$$

$$= 53\%$$

2. Perhitungan Perubahan Angka Pori (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 5 Tahun

(I₅).

a. Angka Pori Awal (e_0)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$- \text{Volume Pori} = 120 - 96$$

$$= 24$$

$$\text{Volume Butir} = \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori}$$

$$= 50 - 24$$

$$= 26$$

$$\text{Angka Pori } (e_0) = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}}$$

$$= \frac{24}{26}$$

$$= 0.92$$

$$= 92 \%$$

b. Angka Pori Akhir (e_1)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$\text{Volume Pori} = 120 - 107$$

$$= 13$$

$$\text{Volume Butir} = \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori}$$

$$= 50 - 13$$

$$= 37$$

$$\text{Angka Pori } (e_1) = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}}$$

$$= \frac{13}{37}$$

$$= 0,35$$

$$= 35 \%$$

c. Perubahan Angka Pori (Δe)

$$\Delta e = \text{Angka Pori Awal } (e_0) - \text{Angka Pori Akhir } (e_1)$$

$$= 0.92 - 0.35$$

$$= 0.57$$

$$= 57 \%$$

3. Perhitungan Perubahan Angka Pori (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 10 Tahun (I_{10}).

a. Angka Pori Awal (e_0)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$\begin{aligned} \text{Volume Pori} &= 120 - 97 \\ &= 23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Butir} &= \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori} \\ &= 50 - 23 \\ &= 27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka Pori } (e_0) &= \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}} \\ &= \frac{23}{27} \end{aligned}$$

$$= 0.85$$

$$= 85 \%$$

b. Angka Pori Akhir (e_1)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$\text{Volume Pori} = 120 - 110$$

$$= 10$$

$$\text{Volume Butir} = \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori}$$

$$= 50 - 10$$

$$= 40$$

$$\text{Angka Pori } (e_1) = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}}$$

$$= \frac{10}{40}$$

$$= 0.25$$

$$= 25 \%$$

c. Perubahan Angka Pori (Δe)

$$\Delta e = \text{Angka Pori Awal } (e_0) - \text{Angka Pori Akhir } (e_1)$$

$$= 0.85 - 0.25$$

$$= 0.60$$

$$= 60 \%$$

Perhitungan Perubahan Angka Pori (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 25 Tahun

(I_{25}).

a. Angka Pori Awal (e_0)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$\begin{aligned} - \text{Volume Pori} &= 120 - 97 \\ &= 23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Volume Butir} &= \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori} \\ &= 50 - 23 \\ &= 27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Angka Pori } (e_0) &= \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}} \\ &= \frac{23}{27} \\ &= 0.85 \\ &= 85\% \end{aligned}$$

b. Angka Pori Akhir (e_1)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$\begin{aligned} - \text{Volume Pori} &= 120 - 113 \\ &= 7 \end{aligned}$$

$$\text{Volume Butir} = \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori}$$

$$= 50 - 7$$

$$= 43$$

$$\text{Angka Pori } (e_1) = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}}$$

$$= \frac{7}{43}$$

$$= 0.16$$

$$= 16 \%$$

c. Perubahan Angka Pori (Δe)

$$\Delta e = \text{Angka Pori Awal } (e_0) - \text{Angka Pori Akhir } (e_1)$$

$$= 0.85 - 0.16$$

$$= 0.69$$

$$= 69 \%$$

Perhitungan Perubahan Angka Pori (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 50 Tahun (I_{50}).

a. Angka Pori Awal (e_0)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$\text{Volume Pori} = 120 - 97$$

$$= 23$$

$$\text{Volume Butir} = \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori}$$

$$= 50 - 23$$

$$= 27$$

$$\text{Angka Pori } (e_0) = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}}$$

$$= \frac{23}{27}$$

$$= 0.85$$

$$= 85 \%$$

b. Angka Pori Akhir (e_1)

Diketahui :

Volume Tanah : 50 ml

Volume Air : 70 ml

$$\text{Volume Pori} = 120 - 114$$

$$= 6$$

$$\text{Volume Butir} = \text{Volume Tanah} - \text{Volume Pori}$$

$$= 50 - 6$$

$$= 44$$

$$\text{Angka Pori } (e_1) = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Butir}}$$

$$= \frac{6}{44}$$

$$= 0.14$$

$$= 14 \%$$

c. Perubahan Angka Pori (Δe)

$$\Delta e = \text{Angka Pori Awal } (e_0) - \text{Angka Pori Akhir } (e_1)$$

$$= 0.85 - 0.14$$

$$= 0.72$$

$$= 72 \%$$

3. PERHITUNGAN PERUBAHAN POROSITAS (Δn)

1. Perhitungan Perubahan Porositas (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 2 Tahun (I_2).

a. Porositas Awal (n_0)

$$n_0 = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}}$$

$$= \frac{24}{50}$$

$$= 0.48$$

$$= 48 \%$$

b. Porositas Akhir (n_1)

$$n_1 = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}}$$

$$= \frac{14}{50}$$

$$= 0.28$$

$$= 28 \%$$

c. Perubahan Porositas (Δn)

$$\Delta n = \text{Porositas Awal } (n_0) - \text{Porositas Akhir } (n_1)$$

$$= 0.48 - 0.28$$

$$= 0.20 \rightarrow 20 \%$$

2. Perhitungan Perubahan Porositas (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 5 Tahun (I_5).

a. Porositas Awal (n_0)

$$n_0 = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}}$$

$$= \frac{24}{50}$$

$$= 0.48$$

$$= 48 \%$$

b. Porositas Akhir (n_1)

$$n_1 = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}}$$

$$= \frac{13}{50}$$

$$= 0.26$$

$$= 26 \%$$

c. Perubahan Porositas (Δn)

$$\Delta n = \text{Porositas Awal } (n_0) - \text{Porositas Akhir } (n_1)$$

$$= 0.48 - 0.26$$

$$= 0.22$$

$$= 22 \%$$

3. Perhitungan Perubahan Porositas (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 10 Tahun (I_{10}).

a. Porositas Awal (n_0)

$$n_0 = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}}$$

$$= \frac{23}{50}$$

$$= 0.46$$

$$= 46 \%$$

b. Porositas Akhir (n_1)

$$n_1 = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}}$$

$$= \frac{10}{50}$$

$$= 0.20$$

$$= 20 \%$$

c. Perubahan Porositas (Δn)

$$\Delta n = \text{Porositas Awal } (n_0) - \text{Porositas Akhir } (n_1)$$

$$= 0.46 - 0.20$$

$$= 0.26$$

$$= 26 \%$$

Perhitungan Perubahan Porositas (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 25 Tahun (I_{25}).

a. Porositas Awal (n_0)

$$n_0 = \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}}$$

$$= \frac{23}{50}$$

$$= 0.46$$

$$= 46 \%$$

b. Porositas Akhir (n_1)

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}} \\ &= \frac{7}{50} \\ &= 0.14 \\ &= 14 \% \end{aligned}$$

c. Perubahan Porositas (Δn)

$$\begin{aligned} \Delta n &= \text{Porositas Awal } (n_0) - \text{Porositas Akhir } (n_1) \\ &= 0.46 - 0.14 \\ &= 0.32 \\ &= 32 \% \end{aligned}$$

Perhitungan Perubahan Porositas (Δe) Pada Intensitas Curah Hujan Kala Ulang 50 Tahun (I_{50}).

d. Porositas Awal (n_0)

$$\begin{aligned} n_0 &= \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}} \\ &= \frac{23}{50} \\ &= 0.46 \\ &= 46 \% \end{aligned}$$

e. Porositas Akhir (n_1)

$$\begin{aligned} n_1 &= \frac{\text{Volume Pori}}{\text{Volume Tanah}} \\ &= \frac{6}{50} \end{aligned}$$



$$= 0.12$$

$$= 12 \%$$

f. Perubahan Porositas (Δn)

$$\Delta n = \text{Porositas Awal } (n_0) - \text{Porositas Akhir } (n_1)$$

$$= 0.46 - 0.12$$

$$= 0.34$$

$$= 34 \%$$



D

O

K

U

M

E

N

T

A

S

I



DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN



PENGUJIAN SAMPEL TANAH



PENGAMBILAN TANAH DALAM SKALA BESAR



PROSES PENGERINGAN TANAH



MEMASUKKAN TANAH KEDALAM ALAT



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR
PROSES VIBRASI TANAH
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

TANAH SETELAH DIVIBRASI



PEMBACAAN ANGKA PORI AWAL



TANAH SETELAH DIHUJANI



PEMBACAAR ANGKA PORI AKHIR

