

SKRIPSI

**ANALISIS HUBUNGAN ANTARA ANGKA PORI (e) DENGAN
WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH GRANULER
(SIMULASI LABORATORIUM)**



MIFTA HELPIANI

MUTVAINNA OCTAVIANI

NIM : 105 81 11081 16

NIM : 105 81 11103 16

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

SKRIPSI

**ANALISIS HUBUNGAN ANTARA ANGKA PORI (e)
DENGAN WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH
GRANULER (SIMULASI LABORATORIUM)**

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

OLEH :

MIFTA HELPIANI
NIM : 105 81 11081 16

MUTVAINNA OCTAVIANI
NIM : 105 81 11103 16

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2021

31/08/2021

1 exp
Smb Alumni

R/0038/SIP/2100
HEL
a'



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 : **ANALISA HUBUNGAN ANTARA ANGKA PORI (e) DENGAN WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH GRANULER**

Nama : MIFTA HELPIANI
MUTVAINNA OCTAVIANI

No. Stambuk : 105 81 11081 16
105 81 11103 16

Makassar, 26 Syawal 1442 H
7 Juni 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

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

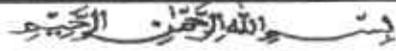
Pembimbing II

Lutfi Hair Djunur, ST., MT.



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

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



PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Mifta Helpiani** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11081 16 dan **utvainna Octaviani** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11103 16, dinyatakan diterima dan sahkan 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 dan Irigasi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 14 Juni 2021.

Makassar, 13 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. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T

b. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST.,MT.,IPM

Anggota: 1. Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, M.T

2. Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, Sp.,PSDA

3. Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S, M.T

Mengetahui:

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Lutfi Hair Djuhur, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST.,MT.,IPM
NBM : 795 108

ANALISIS HUBUNGAN ANTARA ANGKA PORI (e) DENGAN WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH GRANULER (SIMULASI LABORATORIUM)

¹Mifta Helpiani, ²Mutvaenna Octaviani

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : helpianmifta@gmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : mutvaenna@gmail.com

Abstrak

Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan secara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Tanah granuler merupakan tanah berbutir kasar, tidak memiliki komponen kohesi. Angka pori sebagai perbandingan antara besarnya volume ruang kosong dan volume butir padat. Semakin besar nilai angka pori maka, daya dukung tanah semakin kecil. Besar kecilnya angka pori sangat mempengaruhi tekanan kapiler pada tanah sehingga menyebabkan penurunan muka air tanah yang dinamakan kejut kapiler. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara angka pori dengan waktu kejut kapiler dan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler. Metode yang digunakan adalah metode simulasi (uji laboratorium) dalam bentuk eksperimental model (*Model Experimental Research*) mengenai analisis hubungan antara angka pori (e) dengan waktu kejut kapiler pada tanah granuler (*Silty Clayey Sand*) melalui metode Simulasi (Uji Laboratorium) yang menggunakan hujan buatan dari alat simulasi yang telah didesain khusus (*Specific Equipment*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada model alat simulasi diperoleh nilai angka pori paling kecil pada pasir halus yang mana $e = 0,79$ dan nilai waktu kejut kapiler paling besar pada pasir halus yaitu 49, begitu pula dengan jenis tanah sedang halus, sedang, sedang kasar, dan kasar menunjukkan semakin besar nilai angka pori maka waktu kejut kapilernya semakin kecil. Untuk tinggi kejut kapiler nilai angka pori paling kecil pada pasir halus nilainya adalah $e = 0,79$ dan nilai tinggi kejut kapiler paling besar pada pasir halus yaitu 7, begitu pula dengan jenis tanah sedang halus, sedang, sedang kasar, dan kasar menunjukkan semakin besar nilai angka pori maka tinggi kejut kapilernya semakin rendah. Dari hasil analisis penelitian dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya nilai angka pori sangat mempengaruhi waktu kejut kapiler dan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler.

Kata kunci: tanah granuler, angka pori, waktu kejut kapiler, tinggi kejut kapiler

Abstract

Soil is a collection of natural mineral grains (aggregates) that can be separated mechanically when the aggregate is stirred in water. Granular soil is a coarse grained soil, has no cohesion component. The void ratio is the ratio between the volume of empty space and the volume of solid grains. The larger the void value, the smaller the soil bearing capacity. The size of the pore number greatly affects the capillary pressure in the soil, causing a decrease in the groundwater level which is called capillary shock. The purpose of this study was to analyze the relationship between void ratio and capillary shock time and capillary shock height in granular soils. The method used is a simulation method (laboratory test) in the form of an experimental model (experimental research model) regarding the analysis of the relationship between void ratio (e) and capillary shock time in granular soil (Silty Clayey Sand) through the Simulation method (Laboratory Test) using rain, made from simulation tools that have been specifically designed (specific equipment). The results showed that the simulation tool model obtained the smallest void ratio in fine sand, where $e = 0.79$ and the largest capillary shock time value in fine sand, which was 49, as well as medium fine, medium, medium coarse, and coarse indicates the greater the value of the pore number, the smaller the capillary shock time. For high capillary shock, the smallest pore number value in fine sand is $e = 0.79$ and the highest capillary shock height value in fine sand is 7, as well as medium fine, medium, medium coarse, and coarse soil types show the greater the value of the pore number, the lower the capillary shock height. From the results of the research analysis, it can be concluded that the size of the void ratio greatly affects the capillary shock time and the capillary shock height in granular soils.

Keywords: granular soil, void ratio, capillary shock time, capillary shock height

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb.

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

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan program studi pada jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah: **“ANALISIS HUBUNGAN ANTARA ANGKA PORI (e) DENGAN WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH GRANULER (SIMULASI LABORATORIUM)”**.

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 terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya.

Kepada **Ayahanda** dan **Ibunda** tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa serta pengorbanan kepada penulis.

Kepada Ibu **Dr. Ir. Hj. Nurnawati, ST.,MT.,IPM** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Kepada Bapak **Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.** sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Serta Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.sc** selaku pembimbing I dan Bapak **Lutfi Hair Djunur, S.T.,M.T.** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

Tekhusus kepada 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.

Tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus saudaraku angkatan 2016 dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Wassalamu alaikum Wr. Wb

Makassar, Juni 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR TABEL..... vi

DAFTAR GAMBAR..... vii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1

B. Rumusan Masalah..... 3

C. Tujuan Penelitian 3

D. Manfaat penelitian 4

E. Batasan Masalah 4

F. Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah 6

1. Gradasi Tanah 7

2. Sistem Klasifikasi AASHTO 10

3. Sistem Klasifikasi USCS 14

4. karakteristik dan sifat-sifat tanah granuler..... 17

B. Teori Angka Pori..... 20

1. Pengertian Angka Pori 20

C. Teori Kejut Kapiler 21

1. Pengertian Kejut Kapiler..... 21

2	Mekanisme Dan Proses Terjadinya Kejut Kapiler.....	22
D.	Intensitas Curah Hujan Dan Parameter Infiltrasi	24
1.	Pengertian Curah Hujan.....	24
2.	Mekanisme Intensitas Curah Hujan.....	25
E.	Analisa Hidrologi.....	26
1.	Curah hujan rencana	26
2.	Intensitas Curah Hujan.....	27
F.	Parameter Infiltrasi.....	27
1.	Pengertian Infiltrasi.....	27
2.	Frekuensi Hujan.....	27
3.	Laju Infiltrasi.....	28
4.	Kapasitas Infiltrasi.....	29
5.	Permeabilitas.....	31
6.	Variable Penelitian.....	33
G.	Matriks Penelitian Terdahulu.....	34
BAB III METODE PENELITIAN		
A.	Jenis Penelitian.....	42
B.	Tempat Penelitian	42
C.	Variabel Penelitian.....	42
D.	Definisi Operasional Variabel.....	43
E.	Rancangan Penelitian.....	44
F.	Prosedur Pengujian	46
G.	Teknik Pengumpulan Data.....	49
H.	Data Hasil Pengamatan.....	50
I.	Bagan alur penelitian	51

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Tanah 52

B. Hasil Pengamatan Uji Laboratorium 60

 a. Angka Pori Tanah 60

 b. Kejut Kapiler 62

C. Pembahasan 70

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan 73

B. Saran 73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DOKUMENTASI



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
Tabel 2.1	pembagian jenis tanah berdasarkan ukuran butir.....	9
Tabel 2.2	klasifikasi tanah system AASHTO (tanah granuler)	11
Tabel 2.3	klasifikasi tanah system AASHTO (tanah finer)	12
Tabel 2.4	grafik plastisitas cassagrande.....	17
Tabel 2.5	matriks penelitian terdahulu	34
Tabel 4.1	pengujian analisa saringan (pasir halus)	53
Tabel 4.2	pengujian analisa saringan (pasir halus sedang)	55
Tabel 4.3	pengujian analisa saringan (pasir sedang)	56
Tabel 4.4	pengujian analisa saringan (kasar sedang).....	57
Table 4.5	pengujian analisa saringan (pasir kasar)	59
Table 4.6	hasil pengamatan angka pori pada 5 jenis tanah.....	61
Table 4.7	hasil pengamatan kejut kapiler pada 5 jenis tanah.....	62
Table 4.8	hubungan angka pori dengan waktu kejut kapiler	69
Tabel 4.9	hubungan angka pori dengan tinggi kejut kapiler	69

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
Gambar 2.1	Tiga fase penyusun tanah	6
Gambar 2.2	Susunan butiran tanah granuler	17
Gambar 2.3	Zona Air Lapisan Tanah	23
Gambar 2.4	Siklus Hidrologi	25
Gambar 3.1	Skema Hubungan Variabel Penelitian	43
Gambar 3.2	Sketsa alat model simulasi	44
Gambar 3.3	Alat Model Simulasi	45
Gambar 3.4	Bagan Alur Penelitian	51
Gambar 4.1	Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Pasir Halus).....	54
Gambar 4.2	Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (pasir sedang halus).....	55
Gambar 4.3	Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (pasir sedang).....	57
Gambar 4.4	Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (pasir sedang kasar).....	58
Gambar 4.5	Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (pasir kasar).....	60
Gambar 4.6	Hasil Pengamatan Angka Pori	61
Gambar 4.7	Grafik Waktu Kejut Kapiler Dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir halus	65
Gambar 4.8	Grafik Waktu Kejut Kapiler Dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir halus sedang	66
Gambar 4.9	Grafik Waktu Kejut Kapiler Dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir sedang.....	66
Gambar 4.10	Grafik Waktu Kejut Kapiler Dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir kasar sedang	67
Gambar 4.11	Grafik Waktu Kejut Kapiler Dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir kasar	68
Gambar 4.12	Grafik Lima Jenis Pasir.....	68

Gambar 4.13 Grafik Hubungan Angka Pori dengan Waktu Kejut Kapiler69

Gambar 4.14 Grafik Hubungan Angka Pori dengan Tinggi Kejut Kapiler70



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Hujan adalah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di permukaan. Hujan terjadi karena pendinginan suhu udara atau penambahan uap air ke udara. Hal tersebut tidak lepas dari kemungkinan akan terjadi bersamaan. Turunnya hujan akibat pengaruh kelembaban udara yang memacu jumlah titik-titik air yang terdapat pada udara. Indonesia memiliki daerah yang dilalui garis khatulistiwa dan sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah tropis, walaupun demikian beberapa daerah di Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup besar.

Tanah terbentuk berlapis-lapis karena proses fisik, kimia dan biologi yang meliputi transformasi bahan tanah. Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Dan yang dimaksudkan oleh para ahli geologi sebagai tanah hanyalah bagian kerak bumi yang menopang tumbuhan. Sedangkan menurut ahli pertanian bahwa yang dimaksud dengan tanah adalah medium alam tempat tumbuhnya tumbuhan dan tanaman yang tersusun dari bahan-bahan padat, gas dan cair. Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu : butiran padat, air, dan udara. Hubungan yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah salah satunya adalah angka pori (e).

Angka pori sebagai perbandingan antara besarnya volume ruang kosong dan volume butir padat. Semakin besar nilai angka pori maka daya dukung tanah

semakin kecil. Besar kecilnya angka pori sangat mempengaruhi tekanan kapiler pada tanah sehingga menyebabkan penurunan muka air tanah yang dinamakan kejut kapiler

Tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan lapisan tipis permukaan bagian atas. Kejadian ini disebabkan oleh adanya pertemuan antara dua jenis material yang berbeda sifatnya. Pada prinsipnya, tarikan permukaan adalah hasil perbedaan gaya tarik antara molekul - molekul pada bidang singgung pertemuan dua material yang berbeda sifatnya.

Tekanan kapiler (P_c) didefinisikan sebagai perbedaan tekanan yang ada antara permukaan dua fluida yang tidak tercampur (cairan-cairan atau cairan-gas) sebagai akibat dari terjadinya pertemuan permukaan yang memisahkan mereka. Tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan lapisan tipis permukaan air sebelah atas. Kejadian ini disebabkan oleh adanya pertemuan antara dua jenis material yang berbeda sifatnya. Pada prinsipnya, tarikan permukaan adalah hasil perbedaan gaya tarik antara molekul - molekul pada bidang singgung pertemuan dua material yang berbeda sifatnya.

Jenis tanah granuler dalam konsistensinya bisa dalam bentuk kerikil, pasir atau lanau. 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. Parameter yang sangat penting diketahui dari lapisan tanah granuler adalah kerapatan relative (D_r), Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara angka pori dan waktu kejut kapiler pada tanah granuler. yang

mana kejadiannya memberikan kejutan karena bertolak belakang dengan adanya hujan, justru air tanah jenuh permukaannya mengalami penurunan (degradasi). Hal ini sangat urgen untuk menjadi perhatian, dalam pengembangan konsep ilmiah tentang pergerakan air kapiler pada saat-saat tertentu.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka kami akan melakukan suatu penelitian mengenai hubungan antara angka pori (e) dengan waktu kejut kapiler pada tanah granuler yang menggunakan 5 jenis tanah dengan simulasi laboratorium. Dan selanjutnya kami tuangkan dalam sebuah karya tulis sebagai tugas akhir dengan judul **Analisis Hubungan Antara Angka Pori Dengan Waktu Kejut Kapiler Pada Tanah Granuler (Simulasi Laboratorium)**.

B. Rumusan Masalah

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

1. Analisis hubungan antara angka pori dengan waktu kejut kapiler pada tanah granuler
2. Analisis hubungan antara angka pori dengan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler

C. Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui hubungan antara angka pori dengan waktu kejut kapiler pada tanah granuler
2. Mengetahui hubungan antara angka pori dengan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler

D. Manfaat Penelitian

Kontribusi penelitian ini terhadap pengembangan IPTEK adalah dapat memberikan gambaran tentang perilaku air kapiler yang terkait dengan perubahan musim, maka hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi dalam pengembangan bidang ilmu Mekanika Tanah dan hidrologi khususnya dalam mengungkap sifat- sifat hidrolis tanah dan intensitas curah hujan.

E. Batasan Masalah

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

1. Jenis tanah granuler yang diuji dalam penelitian hanya diambil 5 jenis tanah dari lokasi yang berbeda
2. Penelitian ini dilakukan dengan model fisik atau eksperimental

F. Sistematika Penulisan

Sistematika laporan ini terdiri dari lima bab, dimana masing-masing bab membahas masalah tersendiri diantaranya sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN yang menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA yang memuat secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian ini. Bagian ini akan memberikan kerangka dasar yang komprehensif mengenai konsep, prinsip atau teori yang akan digunakan untuk memecahkan masalah yang meliputi tentang, klasifikasi tanah, tekanan kapiler, intensitas curah

hujan, kapasitas infiltrasi, dan parameter infiltrasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN yang menjelaskan jenis penelitian, tempat penelitian, variabel penelitian, definisi operasi variabel, desain alat penelitian, teknik pengambilan data, dan teknik analisa data.

BAB IV PEMBAHASAN yang menguraikan tentang hasil-hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan hasil pembahasannya. Penyajian hasil penelitian memuat karakteristik tanah dan fluktuasi muka air tanah. Sedangkan pada bagian pembahasan adalah mengolah data hasil penelitian dengan tujuan untuk mencapai tujuan penelitian.

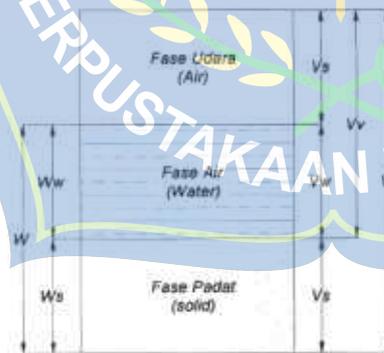
BAB V PENUTUP yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang dialami selama penelitian berlangsung, yang tentunya diharapkan agar penelitian ini terangkum dengan baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah

Tanah adalah kumpulan (agregat) butiran mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air (Terzaghi dan peck, 1987). Dan yang dimaksudkan oleh para ahli geologi sebagai tanah hanyalah bagian kerak bumi yang menopang tumbuhan (Darwis 2018). Sedangkan menurut ahli pertanian bahwa yang dimaksud dengan tanah adalah medium alam tempat tumbuhnya tumbuhan dan tanaman yang tersusun dari bahan-bahan padat, gas dan cair. Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu : butiran padat, air, dan udara. Hubungan yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah salah satunya adalah angka pori (*void ratio*). (As Muntohar)



Gambar 2.1 Tiga fase penyusun tanah(Hary Christady Hardiyatmo,2002)

Klasifikasi tanah merupakan pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan

kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. Seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dalam Adha 2014).

Banyak sistem klasifikasi tanah yang telah disusun antara lain sistem klasifikasi *Dudal-Soepraptohardjo*, *System Soil Taxonomy (USDA)*, *System World Reference Base for Soil Resources*, *Sistem Unified Soil Clasification System (USCS)* dan *system American Association Of State Highway and Transporting Official (AASHTO)*. Namun yang paling umum digunakan adalah sistem *USCS* dan *AASHTO*.

1. Gradasi tanah

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

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

Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, di mana sampel

agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawat dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat perinci persegi dari saringan tersebut.

Sifat-sifat tanah sedikit banyaknya selalu tergantung pada ukuran butir-butirnya dan ini di pakai sebagai titik tolak untuk penentuan klasifikasi teknis dari tanah. Berdasarkan hal ini tanah dibagi sebagai berikut :

- Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran butir yang hampir sama. Gradasi seragam ini disebut gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini mempunyai stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan mempunyai berat isi yang besar.

- Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat merupakan gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga biasanya juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (*well graded*). Campuran beraspal dengan gradasi ini mempunyai stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan mempunyai berat isi yang besar.

- Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang merupakan gradasi agregat dimana ukuran agregatnya yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Campuran beraspal dengan gradasi ini mempunyai kualitas

peralihan dari keadaan campuran dengan gradasi yang disebutkan di atas.

Tabel 2.1 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 – 8 cm)
Pasir kasar (<i>course sand</i>)	0,6 mm – 2 mm
Pasir sedang (<i>medium sand</i>)	0,2 mm – 0,6 mm
Pasir halus (<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 2018)

Untuk tanah-tanah yang berbutir kasar , maka sifat-sifatnya sangat tergantung pada ukuran butirnya, sehingga distribusi ukuran butir-butir adalah satu-satunya sifat yang dipakai untuk mengklasifikasikan tanah-tanah granuler. Akan tetapi lain halnya dengan tanah berbutir halus. Pada tanah-tanah yang berbutir halus diketahui bahwa tidak ada hubungan langsung antara sifat-sifatnya dengan ukuran butir-butirnya.

Karena itu, untuk menyatakan sifat-sifat dan mengklasifikasikannya dipakai metode-metode lain, yaitu terutama dengan percobaan batas Atterberg dan atau percobaan Dilatasi. Dengan kata lain, apabila sudah jelas diketahui bahwa butir-butir tanah tertentu selebihnya lebih halus dari 0,08 mm, maka tidak perlu lagi mengukur lebih lanjut ukuran butirnya, untuk menentukan apakah tanah itu lanau

atau lempung. Penentuannya dilakukan atas dasar dari hasil-hasil percobaan-percobaan batas Atterberg atau Dilatasi. Adalah penting untuk diketahui perbedaan antara istilah lempung dan fraksi lempung atau lanau dengan fraksi lanau.

2. Sistem klasifikasi *American Association Of State Highway and Transporting Official (AASHTO)*

Klasifikasi tanah dengan cara *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*, mempunyai tujuan agar kita dapat dengan mudah memilih material tanah untuk konstruksi subgrade. Pemilihan tanah tersebut, tentunya didasarkan atas hasil uji tanah dan apabila kita telah mempunyai pengalaman lapangan dalam pembuatan konstruksi subgrade maka pemilihan tanah sangat mudah dilakukan.

Sistem klasifikasi tanah sistem *AASHTO* pada mulanya dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam delapan kelompok, A-1 sampai A-7. Setelah diadakan beberapa kali perbaikan, sistem ini dipakai oleh *The American Association of State Highway Officials (AASHTO)* dalam tahun 1945.

Pengklasifikasian tanah dilakukan dengan cara memproses dari kiri ke kanan pada bagan *AASHTO*, sampai menemukan kelompok pertama yang data pengujian bagi tanah tersebut yang terpenuhi. Khusus untuk tanah-tanah yang mengandung bahan butir halus diidentifikasi lebih lanjut dengan indeks kelompoknya. Indeks kelompok didefinisikan, sesuai dengan kelompok tanah, yang dapat diklasifikasikan berdasarkan partikel butiran tanah, seperti pada tabel-tabel

berikut.

Untuk jenis tanah yang berbutir kasar (*granuler soils*), dibagi atas tujuh golongan/klasifikasi, seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 klasifikasi Tanah Sistem *AASHTO* (Tanah Granuler)

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (<i>granuler soil</i>) (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no. 200)						
Klasifikasi Ayakan	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan (% lolos)							
no. 10	Maks 50						
no. 40	Maks 30	Maks 50	Maks 51				
no. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40							
Batas Cair (LL) Indeks	—	—	Non Plastisitas	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Maks 41
Plastisitas (PI)	Maks 6	Maks 6		Maks 10	Maks 10	Maks 11	Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah kerikil pasir	Pasir halus		Kerikil dan pasir yang berlanau			
Penilaian sbg bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

(Sumber : Braja M. Das (1998))

Menurut sistem di atas tanah dibagi menjadi 7 kelompok, dan diberi nama dari A-1 sampai A-7. Semakin kecil angkanya, semakin baik untuk bahan subgrade jalan, dan sebaliknya semakin besar angkanya semakin jelek untuk subgrade. Kecuali pada tanah dalam group A-3, lebih baik dari pada semua jenis tanah dalam group A-2 sebagai bahan untuk subgrade jalan.

Untuk jenis tanah yang berbutir halus (*finer soils*), terbagi atas empat kelompok/ klasifikasi, seperti yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Sistem *AASHTO* (Tanah Finer)

Klasifikasi Umum	Tanah Lempung-Lanau (lebih dari 35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no. 200)			
Klasifikasi Ayakan	A4	A5	A6	A7 A7-5 A7-6
Analisis Ayakan (% lolos) no. 10 no. 40 no. 200	— — Min 36	— — Min 36	— — Min 36	— — Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Maks 11	Maks 41 Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah Berlanau		Tanah Berkempung	
Penilaian sbg bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

(Sumber : Braja M. Das (1998))

Catatan :

Kelompok A7 dibagi atas A7-5 dan A7-6, bergantung pada batas plastisitasnya

(PL) :

- Untuk $PL > 30$; klasifikasinya A7-5

- Untuk $PL < 30$; klasifikasinya A7-6

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials Classification), sebagai badan transportasi dan jalan raya di Amerika Serikat menyusun sistem klasifikasi tanah untuk keperluan perencanaan lapisan pondasi jalan (*subbase*) dan lapisan tanah dasar jalan (*subgrade*).

Pengujian tanah yang diperlukan dalam klasifikasi ini adalah analisis saringan dan uji batas-batas Atterberg. Selanjutnya dihitung indeks kelompok (*group index - GI*), yang digunakan untuk mengevaluasi pengelompokan tanah-tanah. Indeks kelompok dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (*Darwis 2018*):

$$GI = (F-35)[0,2+0,005(LL-40)] + (F-15)(P1-10) \dots \dots \dots (2.1)$$

Di mana :

F = persen lolos saringan no.200

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Apabila nilai indeks kelompok semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam pemilihan penggunaan tanah tersebut (gradasi jelek). Tanah granuler diklasifikasikan dalam A1 sampai A3. Sedangkan tanah berbutir halus diklasifikasikan dalam A4 sampai A7.

Tanah klasifikasi A1, adalah tanah granuler bergradasi baik, dan tanah 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

3. *System klasifikasi Unified Soil Classification System (USCS)*

Klasifikasi tanah sistem *USCS (Unified Soil Classification System)*, diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian *American Standard Testing of Materials (ASTM)*, telah memakai *USCS* sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam *USCS*, Sistem klasifikasi tanah *USCS*, membagi tanah menjadi dua kelompok tanah, yaitu:

- 1) Tanah berbutir kasar, yaitu presentase tanah yang tertahan pada ayakan no. 200 lebih dari 50 %. Simbol yang digunakan adalah G (*gravel* atau tanah berkerikil) dan S (*sand* atau tanah berpasir).
- 2) Tanah berbutir halus, yaitu presentase tanah yang lolos pada ayakan no. 200 50% atau lebih. Simbol yang digunakan adalah M (*silt* atau lanau), C (*clay* atau lempung), O (organik bisa berupa lempung organik atau lanau organik), dan PT digunakan untuk tanah gambut atau tanah yang memiliki nilai kadar organik tinggi.

Dalam klasifikasi USCS dikenal simbol-simbol berikut :

G = *gravel* (kerikil)

S = *sand* (pasir)

C = *anorganic clay* (lempung)

M = *anorganic silt* (lanau)

O = lanau atau lempung organik

Pt = *peat* (tanah gambut atau tanah organic tinggi)

W = *well-graded* (gradasi baik)

P = *poorly-graded* (gradasi buruk)

H = *high-plasticity* (plastisitas tinggi)

La = *low-plasticity* (plastisitas rendah).

Prosedur penentuan dalam klasifikasi tanah dengan menggunakan Sistem Unified ialah sebagai berikut :

1. Tentukan tanah apakah berbutir halus atau kasar (secara visual atau saringan No. 200).
2. Untuk tanah berbutir kasar, maka lakukan ;
 - a. Saringan tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.
 - b. Hitung persen lolos saringan No.4 ; bila persentase lolos < 50% klasifikasikan tanah sebagai kerikil ; bila persentase lolos > 50% klasifikasikan tanah sebagai pasir.
 - c. Hitung persen lolos saringan No.200 ; bila persentase lolos < 5% maka hitung C_u dan C_c ; bila termasuk bergradasi baik, klasifikasikan sebagai GW (bila kerikil) dan klasifikasikan sebagai SW (bila pasir) ; bila termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila kerikil) dan klasifikasikan sebagai SP (bila pasir).
 - d. Apabila persentase butiran yang lolos saringan No.200 diantara 5% sampai 12%, maka tanah akan memiliki symbol ganda dan mempunyai sifat plastisitas (GW-GM atau SW-SM, dan lain-lain).
 - e. Apabila persentase butiran yang lolos saringan No.200 > 12%, maka harus dilakukan uji batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah

yang tinggal pada saringan No.40. Kemudian dengan menggunakan diagram plastisitas, tentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM-GC atau SM-SC).

3. Untuk tanah berbutir halus, maka :

- a. Lakukan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran yang tinggal di atas saringan No.40. Bila batas cair (LL) > 50 , klasifikasikan tanah tersebut sebagai H (plastisitas tinggi) ; bila LL < 50 klasifikasikan tanah sebagai L (plastisitas rendah)
- b. Untuk tanah H, bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis A, tentukanlah apakah masuk kategori OH (*organic*) atau MH (*anorganic*). Dan bila plotingnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai tanah CH (organic plastisitas tinggi).
- c. Untuk tanah L, bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukanlah apakah masuk kategori OL (*organic*) atau ML (*anorganic*) berdasarkan warna, bau atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
- d. bila batas-batas Atterberg diplot pada grafik plastisitas dan berada pada area yang diarsir, dekat dengan garis A, atau nilai LL sekitar 50, maka gunakan simbol ganda.

Tabel 2.4. Grafik plastisitas cassagrande

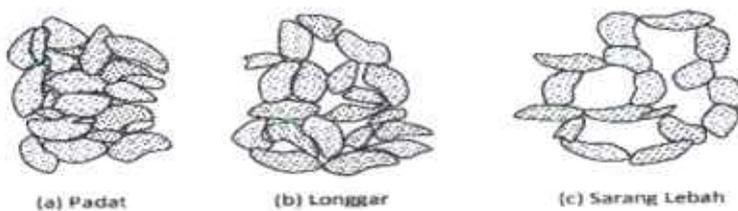
Divisi Utama	Simbol kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir halus (lebih dari 75% lolos saringan no. 200) (mm)	Kerikil beres (sekitar atau tak ada buiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil beres kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
		GC	Kerikil lempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir beres (sekitar atau tak ada buiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir beres-halus, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir beres, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
	Pasir beres kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
		SC	Pasir berlanau, campuran pasir-lempung	
	Tanah berbutir kasar (50% atau lebih lolos saringan no. 200) (0,75 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, sedikit butiran atau pasir halus berlanau atau berlempung
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung berbatu (satu days)
OL			Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
Lanau dan lempung batas cair > 50%		MH	Lanau tak organik atau pasir halus dengan lanau organik	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung berbatu (14 days)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gembur (pasir), dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi		

Kriteria Klasifikasi	
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{30}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} D_{10}} \text{ antara } 1 \text{ dan } 3$	Tidak termasuk dalam kedua kriteria untuk GW
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4 Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	Bisa kelas Atterberg berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dapat dikelompokkan
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{30}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} D_{10}} \text{ antara } 1 \text{ dan } 3$	Tidak termasuk kedua kriteria untuk SW
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4 Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	Bisa kelas Atterberg berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dapat dikelompokkan

(sumber: darwis 2018)

4. Karakteristik dan sifat sifat tanah granuler

Jenis tanah granuler dalam konsistensinya bisa dalam bentuk kerikil, pasir atau lanau. 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*), yang dapat di ilustrasikan seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Susunan butiran tanah granuler (Darwis 2017)

Pada tanah yang berbutir kasar (*granuler soil*), karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh ukuran butir, komposisi dan struktur partikelnya. Sehingga parameter tanah granuler sangat tergantung pada faktor-faktor tersebut. Demikian pula di dalam memilih jenis dan metode perbaikan pada tanah granuler, juga sangat tergantung pada karakteristik tersebut.

Parameter yang sangat penting diketahui dari lapisan tanah granuler adalah *kerapatan relative* (D_r), akan tetapi karena kesulitan pengambilan sampel tanah granuler tak terganggu (*undisturbed sample*), sehingga sering dilakukan korelasi nilai pengujian lapangan dengan nilai D_r . Percobaan lapangan yang sering dilakukan untuk menghubungkan dengan nilai D_r , adalah nilai NSPT dari percobaan *standard penetration test* (SPT).

Pengaruh air terhadap lapisan tanah granuler cukup berarti bila konsistensi tanah granuler tersebut tidak padat, karena komposisi butiran akan mengalami distorsi ada air. Demikian pula bila terjadi beban getaran seperti gempa atau beban dinamis lain, maka maksimum, dan nilainya mendekati nilai tegangan efektif dalam tanah mendekati nol. Kejadian semacam ini ditandai dengan mencairnya tanah yang dikenal istilah *liquifaksi* (*liquefaction*). Lapisan tanah yang mengalami *liquefaction* akan berperilaku seperti massa cair (*liquid*), sehingga kekuatan tanah menjadi hilang. Mekanisme likuifaksi dapat dirumuskan sebagai berikut (Darwis,2017):

$$\tau = c + \sigma_{eff} \tan \phi \dots\dots\dots (2.2)$$

Yang mana pada tanah granule kohesi = 0

$$\sigma_{eff} = \sigma_b - u \dots\dots\dots (2.3)$$

Pada saat gempa tekanan pori tanah maksimum hingga menjadi sama dengan tegangan total tanah (σ_b), sehingga (Darwis,2017):

$$\sigma_{eff} = \sigma_b - \sigma_b = 0 \dots\dots\dots (2.4)$$

Jika :

$\sigma_{eff} = 0$ (saat gempa), dan

Kohesi (c) = 0 (tanah granuler),

Maka : $\tau = 0$ terjadi kasus likuifaksi.

Tanah granuler merupakan tanah berbutir kasar tidak memiliki komponen kohesi ($c=0$), maka kuat gesernya hanya bergantung pada gesekan antara butiran tanah. Tanah granular, seperti pasir, kerikil, batuan, dan campurannya, mempunyai sifat-sifat tanah tersebut antara lain (Hardyatmo, 2002) :

1. Yaitu material yang baik untuk 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. Yaitu material yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah, struktur bawah tanah, dan lain-lain, karena menghasilkan tekanan 21 lateral yang kecil. Mudah dipadatkan dan merupakan material untuk drainase yang baik, karena lolos air.
3. Tanah yang baik untuk timbunan, karena mempunyai kuat geser yang tinggi.
4. 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.

5. Kuat geser dan kom presibilitas 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. Tanah granuler tergantung pada ukuran dan bentuk butirannya. Semakin besar dan kasar permukaan butiran, semakin besar kuat gesernya. Oleh pengaruh gaya besar, butiran yang kecil mudah sekali menggelinding, sedangkan butiran yang besar, akibat geseran, butiran akan memaksa satu sama lain. Begitu pula mengenai gradasi, jika gradasi semakin besar kuat gesernya.
7. Kepastian dukung dalam kepadatan sedang atau memiliki kapasitas dukung yang tinggi. Tanah pasir adalah material granuler mempunyai kapasitas dukung dan kom presibilitas yang sama seperti kerikil. Namun, jika tidak padat nilai kapasitas dukung izinnnya menjadi rendah oleh persyaratan besarnya penurunan.

B. Angka Pori

1. Pengertian Angka Pori

Pori tanah adalah bagian yang tidak terisi bahan padat tanah (terisi oleh tanah dan air). Angka pori adalah perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat, yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Darwis, 2018):

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : e adalah angka pori

V_v adalah volume pori

V_s adalah volume butiran padat

Angka pori juga dapat diartikan sebagai salah satu factor yang berpengaruh terhadap kuat geser tanah pasir, jika nilai angka pori rendah maka nilai kuat geser x akan tinggi. Semakin kecil nilai angka pori maka semakin padat tanahnya.

Volume pori adalah selisih antara volume total tanah dan air dengan volume hasil yang didapatkan setelah pencampuran tanah dan air. Volume butiran padat adalah selisih antara volume tanah dengan volume pori

Sifat-sifat mekanis penting tanah, seperti kekuatan (*strength*) dan pemampatan (*compressibility*), secara langsung berhubungan dengan atau paling tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor dasar seperti rapat masa (*density*), berat volume (*unit weight*), angka pori (*void ratio*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*) (A.S. Muntohar).

Angka pori pada akhir setiap periode penambahan tekanan (beban) dapat dihitung dari pembacaan ariaji pengukur dan begitu pula halnya dengan kadar air (*water content*) atau berat kering (*dry weight*) dan contoh tanah pada akhir pengujian (Hardiyatmo, 1996). Teori ini berhubungan dengan besaran-besaran di bawah ini:

- a. Tekanan air pori berlebihan (u).
- b. Kedalaman (z) di bawah lapisan lempung teratas).

Waktu (t) dari penggunaan kenaikan tegangan total seketika

C. Kejut Kapiler

1. Pengertian Kejut Kapiler

Istilah kejut kapiler (*capillary shock*) adalah turunnya muka air tanah yang

terjadi pada awal musim penghujan (*beginning of rainy season*) (Darwis et al., 2014). Menurut Darwis (2017), bahwa gejala kejut kapiler disebabkan meningkatnya tekanan kapiler akibat mengecilnya pori tanah pada vedose zone. Vedose zone berfungsi terutama sebagai wilayah yang menghubungkan zona di dekat permukaan tanah sehingga air tanah yang berada pada saturated zone akan terhisap (tertarik) ke lapisan tanah unsaturated, oleh karena mengecilnya pori yang kosong di dalam tanah sebagai dengan yang di dekat permukaan air, disini tempat air mengalir secara vertical ke bawah, akibat dari terisnya air hidroskopik dari infiltrasi air hujan, maka tekanan kapiler dari lapisan tanah pada zona kapiler akan meningkat, sehingga akan menghisap air dari zona freatis. Dengan demikian permukaan air freatis akan terdegradasi, karena air yang berinfiltrasi di awal musim hujan belum sampai ke zona freatis, tetapi justru air freatis terisap ke lapisan kapiler karena tingginya tekanan kapiler yang timbul akibat mengecilnya pori tanah pada lapisan tanah di zona funikuler dan penduler, sehingga menurunkan muka air tanah yang signifikan.

2. Mekanisme Dan Proses Terjadi Kejut Kapiler

Menurut Darwis dkk. (2012; 2013), menemukan suatu fenomena cukup ganjil yang terjadi terhadap eksistensi air tanah freatis pada saat awal musim hujan. Fenomena ganjil yang terjadi adalah, turunnya permukaan air tanah (*freatis*) pada saat hujan pertama sampai hujan yang keempat atau kelima. Yang mana kejadiannya memberikan kejutan karena bertolak belakang dengan adanya hujan, justru air tanah jenuh permukaannya mengalami penurunan (*degradasi*).



Gambar 2.3 Zona Air Lapisan Tanah (Darwis,2018)

Degradasi permukaan air tanah freatis ini cukup signifikan karena dapat mencapai antara 30 s/d 50 cm, sebelum kembali meningkat setelah intensitas curah hujan semakin meningkat. Periode ini cukup panjang untuk eksistensi kehidupan tanaman, karena dapat berlangsung antara 2 s/d 3 minggu. Hal ini sangat urgen untuk menjadi perhatian, baik dalam rangka menunjang sustainabilitas usaha pertanian, maupun dalam pengembangan konsep ilmiah tentang pergerakan air kapiler pada saat-saat tertentu. Fenomena ini yang disebut kejutan kapiler (*capillary shock*), belum pernah terungkap selama ini, dan merupakan temuan baru yang masih membutuhkan kajian dan eksperimen mendalam. Namun sebagai langkah awal dalam mendiskripsikan fenomena ini, Darwis (2016) mengemukakan beberapa sintesa yang dapat menjadi dasar ilmiah sebagai berikut :

1. Volume air yang berinfiltrasi belum melebihi kapasitas daya ikat tanah terhadap air di zona aerasi, sehingga aliran air dalam tanah belum ada yang

memasuki proses perkolasi

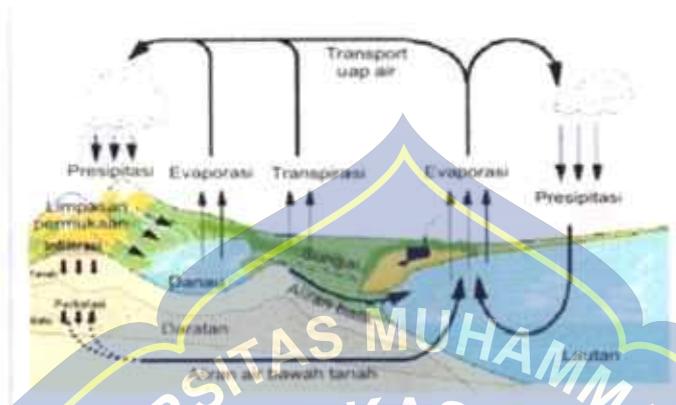
2. Bahwa akibat adanya infiltrasi air permukaan ke dalam lapisan tanah yang belum mencukupi daya ikat tanah terhadap air akan memicu peningkatan nilai pF pada lapisan tanah di zona aerasi, sehingga memungkinkan air bergerak dari zona saturasi ke zona aerasi.
3. Peningkatan kadar air tanah di lapisan permukaan memperkecil pori udara, yang dapat mengakibatkan peningkatan daya ikat partikel tanah terhadap air pada lapisan tanah di bawahnya, sehingga tekanan kapiler dalam lapisan tanah pada zona aerasi meningkat, dan mengakibatkan sumber daya air tanah jenuh akan terisap ke lapisan air.
4. Kondisi tekstur tanah yang berbutir halus (*clay*), sehingga pori tanah yang kecil, memungkinkan tekanan air kapiler dalam lapisan tanah cukup tinggi, sehingga mampu menggerakkan air tanah dari zona saturasi ke zona aerasi.

D. Intensitas Curah Hujan

1. Pengertian Curah Hujan

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi millimeter (mm) diatas permukaan horizontal. Hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Suroso 2006)

2. Mekanisme Intensitas Curah Hujan



Gambar 2.4 Siklus Hidrologi (Eko Hartini)

Hujan yang jatuh ke bumi baik langsung menjadi aliran maupun tidak langsung yaitu melalui vegetasi atau media lainnya akan membentuk siklus aliran air mulai dari tempat yang tinggi (gunung, pegunungan) menuju ke tempat yang rendah baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah yang berakhir di laut.

Dengan adanya penyinaran matahari, maka semua air yang ada dipermukaan bumi akan berubah wujud berupa gas/uap akibat panas matahari dan disebut dengan penguapan atau evaporasi dan transpirasi. Uap ini bergerak di atmosfer (udara) kemudian akibat perbedaan temperatur di atmosfer dari panas menjadi dingin maka air akan terbentuk akibat kondensasi dari uap menjadi cairan (from air to liquid state). Bila temperatur berada di bawah titik beku (freezing point) kristal-kristal es terbentuk. Tetesan air kecil (*tiny droplet*) terbentuk oleh kondensasi dan berbenturan dengan tetesan air lainnya dan terbawa oleh gerakan udara turbulen sampai pada kondisi yang cukup besar menjadi butir-butir air.

Apabila jumlah butir air sudah cukup banyak dan akibat berat sendiri

(pengaruh gravitasi) butir-butir air akan berubah menjadi salju dan turun ke bumi (Eko Hartini 2017).

E. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang berhubungan dengan air di Bumi, ketepatannya, persifatan kimia dan fisika dan persitindakan dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk hidup (E.M Wilson, 1993). Faktor hidrologi yang sangat berpengaruh adalah curah hujan (presipitasi). Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya (Sosrodarsono, 1993).

Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana yang mana debit banjir rencana akan berpengaruh besar terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Pada perencanaan konstruksi, data curah hujan harian selama periode 10 tahun yang akan dijadikan dasar perhitungan dalam menentukan debit banjir rencana. Data hujan harian selanjutnya akan diolah menjadi data curah hujan rencana, yang kemudian akan diolah menjadi debit banjir rencana. Data hujan harian didapatkan dari beberapa stasiun di sekitar lokasi rencana bendung, di mana stasiun tersebut masuk dalam catchment area atau daerah pengaliran sungai (Soemarto, 1999).

1. Curah Hujan Rencana

Curah hujan yang diperlukan untuk suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993).

2. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan banjir, longsor dan efek negatif terhadap tanaman.

F. Parameter Infiltrasi

Terdapat dua parameter penting berkaitan dengan infiltrasi yaitu laju infiltrasi dan kapasitas infiltrasi. Laju infiltrasi berkaitan dengan banyaknya air per satuan waktu yang masuk melalui permukaan tanah. Sedangkan kapasitas infiltrasi adalah laju maksimum air dapat masuk ke dalam tanah pada suatu saat (Arsyad 1989).

1. Pengertian Infiltrasi

Istilah infiltrasi secara spesifik merujuk pada peristiwa masuknya air ke dalam permukaan tanah. Infiltrasi merupakan satu-satunya sumber kelembaban tanah untuk keperluan pertumbuhan tanaman dan untuk memasok air tanah. Melalui infiltrasi, permukaan tanah membagi air hujan menjadi aliran permukaan, kelembaban tanah dan air tanah (Schwab et al. 1996).

Infiltrasi berkaitan erat dengan perkolasi yaitu peristiwa Bergeraknya air ke bawah dalam profil tanah. Infiltrasi menyediakan air untuk perkolasi. Laju infiltrasi tanah yang basah tidak dapat melebihi laju perkolasi (Arsyad 1989)

2. Frekuensi Hujan

Menurut (BR. Sri Harto(1993)), analisis data hujan merupakan tahapan awal dari setiap perencanaan dalam bidang sumber daya air, seperti irigasi, pengendalian

banjir, dan perencanaan bangunan air sehingga ketelitian analisis data mutlak dibutuhkan. Mengingat kejadian hujan memiliki sifat ketidakpastian baik secara ruang dan waktu, maka analisis-analisis data hujan menggunakan metode stokastik. Salah satu metode stokastik dalam analisis data hujan adalah analisis frekuensi. Pada analisis frekuensi terdapat berbagai uji kesesuaian distribusi hujan yang akan digunakan. Penggunaan distribusi yang dipilih akan sangat berpengaruh terhadap estimasi hujan rencana untuk kala ulang tertentu. Pemilihan distribusi dilakukan dengan berbagai metode pendekatan berupa uji kesesuaian atau kecocokan (*the goodness of fit*). Antara uji yang satu dengan uji yang lain belum tentu menghasilkan jenis distribusi yang sama.

Analisis frekuensi adalah prosedur memperkirakan frekuensi suatu kejadian pada masa lalu atau masa yang akan datang. Prosedur tersebut dapat digunakan untuk menentukan hujan rancangan dalam berbagai kala ulang berdasarkan distribusi yang paling sesuai. Menurut (BR. Sri Harto (2000)), analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan maupun data debit. Analisis ini sering dianggap cara analisis yang paling baik, karena dilakukan terhadap data yang terukur langsung yang tidak melewati pengalihragaman terlebih dahulu.

3. Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi menurut *Green-Ampt* (1911), merupakan fungsi dari parameter hidraulik tanah, yaitu; permeabilitas, suction head; dan kelembaban tanah. Parameter-parameter tersebut mempunyai hubungan erat dengan karakteristik fisik tanah. Hubungan antara dua karakteristik tanah tersebut, dapat

diformulasikan melalui penelitian empirik.

Terdapat dua parameter penting berkaitan dengan infiltrasi yaitu laju infiltrasi dan kapasitas infiltrasi. Laju infiltrasi berkaitan dengan banyaknya air per satuan waktu yang masuk melalui permukaan tanah. Sedangkan kapasitas infiltrasi adalah laju maksimum air dapat masuk ke dalam tanah pada suatu saat (Arsyad 1989). Kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi dinyatakan dalam (mm/jam) atau (cm/jam).

Tanah yang berbeda-beda menyebabkan air meresap dengan laju yang berbeda-beda. Setiap tanah memiliki daya resap yang berbeda, yang diukur dalam millimeter per-jam (mm/jam). Jenis tanah berpasir umumnya cenderung mempunyai laju infiltrasi tinggi, akan tetapi tanah liat sebaliknya, cenderung mempunyai laju infiltrasi rendah. Untuk satu jenis tanah yang sama dengan kepadatan yang berbeda mempunyai laju infiltrasi yang berbeda pula. Makin padat makin kecil laju infiltrasinya (Wilson, 1983).

(Sri Harto (1993)) mengatakan kelembaban tanah yang selalu berubah setiap saat juga berpengaruh terhadap laju infiltrasi. Makin tinggi kadar air dalam tanah laju infiltrasi dalam tanah tersebut semakin kecil. Dengan demikian, dapat dimengerti bahwa jika dalam satu jenis tanah terjadi infiltrasi, infiltrasinya semakin lama semakin kecil.

4. Kapasitas Infiltrasi

(Lee (1990)), mengatakan bahwa kapasitas infiltrasi merupakan suatu sifat dinamis, kapasitas tersebut paling besar bila curah hujan mulai, dan menurun secara progresif bila koloid-koloid tanah mengembang dan mengurangi ukuran pori-pori.

Pada tingkat-tingkat kandungan air tanah yang sangat tinggi, infiltrasi dapat dihambat dengan adanya udara di dalam tanah karena udara tersebut akan sulit keluar untuk menciptakan ruang bagi air tambahan.

Pengukuran kapasitas infiltrasi pada setiap pemanfaatan lahan dilakukan dengan pengulangan sebanyak 2 kali. Pengukuran infiltrasi menggunakan rumus Horton. Model Horton adalah salah satu model infiltrasi yang terkenal dalam hidrologi. Kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai yang konstan.

Infiltrasi membagi curah hujan menjadi dua yaitu menyerap kedalam tanah dan sisanya menjadi limpasan atau terjadi penguapan. Perubahan di permukaan tanah dapat mempengaruhi infiltrasi. Ketika intensitas curah hujan kurang dari kapasitas infiltrasi, semua air mencapai tanah dapat menyerap. Tetapi jika intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi, infiltrasi akan terjadi hanya pada tingkat kapasitas infiltrasi, dan air yang melebihi kapasitas infiltrasi akan menjadi limpasan permukaan, atau menguap. Secara umum, kapasitas infiltrasi awal pada tanah yang kering tinggi (Horton, 1940).

Model Horton dapat dinyatakan secara matematis mengikuti persamaan berikut :

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \dots\dots\dots (2.13)$$

Di mana: f = tingkat infiltrasi (cm/hari),

f_c = tingkat infiltrasi setelah konstan

f_0 = kapasitas infiltrasi aktual awal

$k = -1/(m \log 2,718)$

$e = 2,718$

5. Permeabilitas

Permeabilitas tanah menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air ke lapisan bawah profil. Struktur dan tekstur serta umur organik lainnya berperan dalam menaikkan laju permeabilitas tanah (Anonim, 2010).

Permeabilitas tanah menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Struktur dan tekstur serta unsur organik lainnya ikut ambil bagian dalam menaikkan laju permeabilitas tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi menaikkan laju infiltrasi dan dengan demikian, menurunkan laju air larian. Air larian inilah yang akan merusak permukaan tanah.

Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, maka makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya. Berarti suatu lapisan tanah berbutir kasar yang mengandung butiran-butiran halus memiliki harga koefisien permeabilitas yang lebih rendah dan pada tanah ini koefisien permeabilitas merupakan fungsi angka pori. Tinggi rendahnya permeabilitas ditentukan oleh ukuran pori. Koefisien permeabilitas (k) untuk macam-macam tanah adalah sebagai berikut :

- Pasir : 10 – 102 cm/det
- Debu : 102 – 105 cm/det
- Lempung : <150 cm/det

Permeabilitas tanah adalah suatu kesatuan yang meliputi infiltrasi tanah dan bermanfaat sebagai permudahan dalam pengolahan tanah. (Dede rohmat, 2009)

permeabilitas tanah memiliki lapisan atas dan bawah. Lapisan atas berkisar antara lambat sampai agak cepat ($0,20 - 9,46 \text{ cm jam}^{-1}$), sedangkan di lapisan bawah tergolong agak lambat sampai sedang ($1,10 - 3,62 \text{ cm jam}^{-1}$). (N. Suharta dan B. H Prasetyo, 2008). Permeabilitas tanah dilapisan bawah lebih lambat dari pada di lapisan atas, keadaan seperti ini dapat disebabkan oleh pengaruh pengolahan tanah, perakaran tanaman, atau pemadatan pedogenesis karena ada penimbunan liat seperti terjadi pada tanah yang mempunyai horizon argilik. Hasil penetapan menunjukkan permeabilitas lapisan tanah berkisar antara lambat sampai agak cepat, sedangkan lapisan bawah tergolong agak lambat sampai sedang.

Aliran dalam tanah umumnya aliran leminer berlaku hukum darcy yaitu $V=Ki$, di mana V adalah kecepatan (cm/det), k adalah koefisien permeabilitas, dan I adalah gradient hidrolik. Sedangkan $I=h/l$ yaitu selisih tinggi tekanan dibagi panjang lintasan. Dari rumus dapat didefinisikan k adalah kecepatan aliran bila gradient hidrolik sama dengan satu. Hukum Darcy menunjukkan bahwa permeabilitas tanah ditentukan oleh koefisien permeabilitasnya. Koefisien permeabilitas tanah bergantung pada berbagai faktor yaitu :

1. Viskositas cairan, semakin tinggi viskositasnya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin kecil.
2. Distribusi ukuran pori, semakin merata distribusi ukuran porinya, koefisien permeabilitasnya cenderung semakin kecil.
3. Distribusi ukuran butiran, semakin merata distribusi ukuran butirannya, koefisien permeabilitasnya cenderung semakin kecil
4. Rasio kekosongan (void), semakin besar rasio kekosongannya, koefisien

permeabilitasnya tanah akan semakin besar.

5. Kekasaran partikel mineral, semakin kasar partikel mineralnya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin tinggi.
6. Derajat kejenuhan tanah, semakin jenuh tanahnya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin tinggi.

6. Variable penelitian

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

a. Variable Bebas (*Independent Variable*)

Menurut *Thought.Co* variabel bebas sebagai variabel yang diubah atau dikendalikan dalam suatu percobaan ilmiah. Variabel bebas mewakili penyebab atau alasan untuk suatu hasil. Variable independen adalah variable yang diubah dalam eksperimen untuk menguji variable dependennya. Perubahan dalam variable bebas akan menyebabkan perubahan dalam variable terikat secara langsung. Efek pada variable terikat diukur dan dicatat.

b. Variable Terikat (*Dependent Variable*)

Menurut *Thought.Co* pengertian variabel terikat adalah variabel yang diuji dan diukur dalam percobaan ilmiah. Variabel terikat adalah bergantung pada variabel independen. Ketika eksperimen mengubah variabel independen, efek pada variabel terikat atau dependen diamati dan dicatat.

G. Matriks Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5. Matriks Penelitian Terdahulu

NO	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Nawawi; Lusmeilia Afriani; Iswan. 2017	Studi Analisis Penurunan Tanah Lempung Lunak Dan Tanah Lempung Organic Menggunakan Pemodelan Matras Beton Bambu	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah uji konsolidasi laboratorium	Hasil pengujian penurunan tanah lempung yang menggunakan pemodelan kotak uji dan matras beton bambu, tanah lempung lunak mengalami kecepatan proses penurunan (Cv) lebih cepat dibandingkan tanah lempung organik. Tanah lempung lunak juga mengalami perubahan volume (Mv) yang lebih cepat dibandingkan tanah lempung organik. Kemampumampatan (av) tanah lempung lunak juga lebih cepat dibandingkan tanah lempung organik. Besar penurunan total tanah pada kurun waktu 20 tahun pada tanah lempung lunak lebih kecil dibandingkan tanah lempung organik

NO	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Lola Cassiophea. 2014	Hubungan Variasi Angka Pori Dengan Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah uji kadar air, uji atterberg, uji berat jenis, uji distribusi butiran dan uji konsolidasi	Sebelum beban awal diberikan terlihat bahwa pemampatan awal relative besar, akan tetapi setelah diberikan beban awal sebesar 5 kPa, 10 kPa, 20 kPa, 40 kPa, 80 kPa menghasilkan variasi angka pori yang berbeda dengan waktu pembebanan masing-masing 1 hari, menunjukkan bahwa penurunan konsolidasi tanah lempung semakin kecil, berarti dengan adanya beban yang menghasilkan variasi angka pori dapat mengurangi pemampatan tanah lempung. Rasio penambahan beban 40 kPa, 80 kPa pada grafik angka pori dan tekanan terlihat beraturan dari 5 kPa, 10 kPa, 20 kPa. Hal ini dikarenakan pada 10 kPa dan 20 kPa telah mencapai penurunan maksimal sehingga penambahan beban yang menghasilkan variasi angka pori tidak akan mempengaruhi penurunan, dengan demikian rasio

NO	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				penambahan beban yang menghasilkan variasi angka pori yang baik adalah pada 10 kPa dan 20 kPa.
3.	Darwis Panguriseng. 2017	Pengaruh Jumlah Bambu-Rongga Sebagai Alat Pengimbuh Terhadap Durasi Kejut Kapiler Dan Waktu Pemulihan Muka Air Tanah Pada Periode Awal Musim Penghujan	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen lapangan (field experimental research)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Semakin banyak bambu-rongga yang diterapkan sebagai titik imbuhan, semakin besar penyusutan muka air tanah yang terjadi 2. Semakin banyak bambu-rongga yang di aplikasikan di sekitar sumur uji, semakin cepat pula periode berakhirnya kejut kapiler 3. Semakin banyak bambu-rongga yang di aplikasikan di sekitar sumur uji, semakin cepat pula waktu pemulihan muka air tanah 4. Semakin banyak bambu-rongga yang diaplikasikan di sekitar sumur uji, semakin besar mengalami kenaikan level muka air tanah

NO	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4.	Darwis, 2015	Fenomena Kejut Kapiler Air Tanah Pada Lahan Pengguna Irigasi Air Tanah Di Takalar	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah field experiment	pada awal musim hujan, terjadi penurunan muka air tanah (jenuh) yang besarnya berkisar antara 30 sampai 50 cm. fenomena ini dapat berlangsung antara 7 sampai 10 hari, tergantung pada intensitas curah hujan pada awal musim penghujan. Fenomena ini yang disebut kejut kapiler (capillary shock)
5.	Wilson; Alfred Jonathan Susilo. 2018	Perbandingan Penurunan Konsolidasi Pada Tanah Yang Belum Diperbaiki Serta Yang Diperbaiki Dengan Preloading Dan Pemancangan Keliling	Penelitian ini menggunakan metode pemancangan keliling	Penggunaan metode perbaikan pemancangan keliling pada tanah akan memberikan hasil yang lebih efektif dalam mengurangi besar penurunan konsolidasi yang dialami oleh tanah akibat beban parkiran. Dengan itu, dapat disimpulkan bahwa jenis tanah yang menggunakan perbaikan tanah metode pemancangan keliling akan efektivitas yang paling tinggi jika digunakan pada jenis tanah yang dipakai oleh peneliti. Tanah hasil

NO	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				perbaikan menggunakan metode pemancangan keliling memberikan perencanaan penurunan konsolidasi yang paling kecil dengan adanya korelasi dengan nilai angka pori (<i>void ratio</i>)
6.	Noegroho Djarwanti; R. Harya Dananjaya H.I.; Githa Maharani. 2015	Komparasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Bor Menggunakan Data SPT, Dan Hasil Loading Test Pada Tanah Granuler	Penelitian ini menggunakan metode integrasi antara studi pustaka dan studi data sekunder	persamaan Poulos & Davis (1980) merupakan persamaan yang tepat digunakan dalam menghitung nilai Q_u , dikarenakan hasil nilai Q_u dari persamaan ini mendekati dan lebih kecil dari interpretasi data hasil loading test sehingga tepat untuk digunakan dalam merancang suatu pondasi yang lebih aman dan ekonomis. Sedangkan hasil dari persamaan Briaud et al. (1985) walaupun memiliki nilai BCR lebih mendekati dengan hasil pengujian beban tetapi persamaan ini memiliki nilai BCR lebih besar dari satu sehingga untuk alasan keamanan

NO	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				tidak disarankan untuk digunakan dalam perancangan
7.	Mohammad Syaiful Pradana; Awawin Mustana Rohmah. 2018	Pemodelan Angka Pori Pada Stabilisasi Tanah Gambut	Penelitian ini menggunakan metode penelitian di bidang matematika model stabilisasi tanah gambut	Untuk mendapatkan model angka pori pada stabilisasi tanah gambut. Model diturunkan dari persamaan fluida melalui media berpori berdasarkan prinsip kontinum dan volume kendali. Selanjutnya, model diselesaikan menggunakan metode beda hingga skema MacCormack yang terdiri atas dua langkah yaitu predictor dan korektor. Dalam langkah predictor menggunakan beda maju dan langkah korektor menggunakan beda mundur.
8.	Dyah Pratiwi Kusumastuti; Irma Sepriyanna; Hastanto Sm. 2018	Perubahan Angka Pori Tanah Lunak Terstabilisasi Dengan Serbuk Kaca Dan Serat Karung Plastik	Metode yang digunakan dalam penelitian adalah melihat perubahan angka pori dengan melakukan pengujian konsolidasi	Berat jenis tanah lunak minimum sebesar 1,863 yang merupakan tanah asli +10% serbuk kaca +0,5% serat karung plastic atau mengalami penurunan sebesar 9,387% dibandingkan berat jenis tanah asli.

NO	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			pada tanah asli maupun tanah terstabilisasi	Penambahan serbuk kaca dan serat karung plastic optimum pada kombinasi tanah asli +10% serbuk kaca +0,25% serat karung plastic dengan angka pori sebesar 0,76 atau mengalami penurunan sebesar 2,56% dibandingkan angka pori tanah asli pada pembebanan 16 kg.
9.	Dyah Pratiwi Kusumastuti. 2016	Perbaikan Tanah Pada Tanah Granular Dengan Vibrocompaction	Penelitian ini dilakukan dengan metode pemadatan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode perbaikan yang cocok untuk tanah berbutir atau tanah tak berkohesi adalah metode pemadatan. 2. Manfaat metode pemadatan dengan teknik vibrocompaction, yaitu: <ul style="list-style-type: none"> - Menambah berat volume tanah dalam kondisi lembab maupun jenuh dan meningkatkan sudut geser dalam, sehingga daya dukungnya bertambah. - Penurunan pondasi berkurang karena meningkatnya modulus

NO	Nama Penulis & Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>kompresibilitas, yang dihasilkan dari pra-tegangang sebelum pembebanan.</p> <p>- Daya tahan terhadap liquifaksi bertambah ketika angka pori berkurang dan confining pressure bertambah.</p> <p>3. Metode pemadatan ini umumnya dilaksanakan pada tanah untuk mengurug dasar laut (reklamasi).</p>
10.	Putri Radhiana Eko Yusuf; Zafiera Praswaty Djalle. 2019	Analisis Tingkat Kejut Kapiler Muka Air Tanah Pada Tanah Lempung Berpasir Berlanau (Silty Sandy Clay) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)	Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental model fisik laboratorium	Air tanah turun ketika tekanan kapiler masih berlangsung namun saat tanah jenuh maka air tanah mulai meningkat hingga sejajar dengan permukaan tanah.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penggolongan jenis penelitian menurut proses berlangsungnya prosedur penelitian, dibagi menjadi 3 (tiga) macam penelitian yaitu: penelitian historis, penelitian eksperimen, penelitian survei. Penelitian eksperimen (*experimental research*) penelitian yang berusaha mencari pengaruh merupakan variabel tertentu terhadap variabel lain dengan kontrol yang ketat.

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam bentuk penelitian eksperimental model (model *experimental research*) tentang analisis hubungan antara angka pori (e) dengan waktu kejut kapiler pada tanah granuler (*Silty Clayey Sand*)

Dengan metode Simulasi (*Uji Laboratorium*) menggunakan hujan buatan dari alat simulasi yang telah didesain dan dibuat khusus (*specific equipment*).

B. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sebagai berikut:

1. Untuk pengujian karakteristik tanah dilakukan di laboratorium mekanika tanah Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Untuk pengujian model dilaksanakan di Malino Desa Lonjoboko Dusun Bikokoro Kecamatan Parangloe Kab. Gowa

C. Variabel Penelitian

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

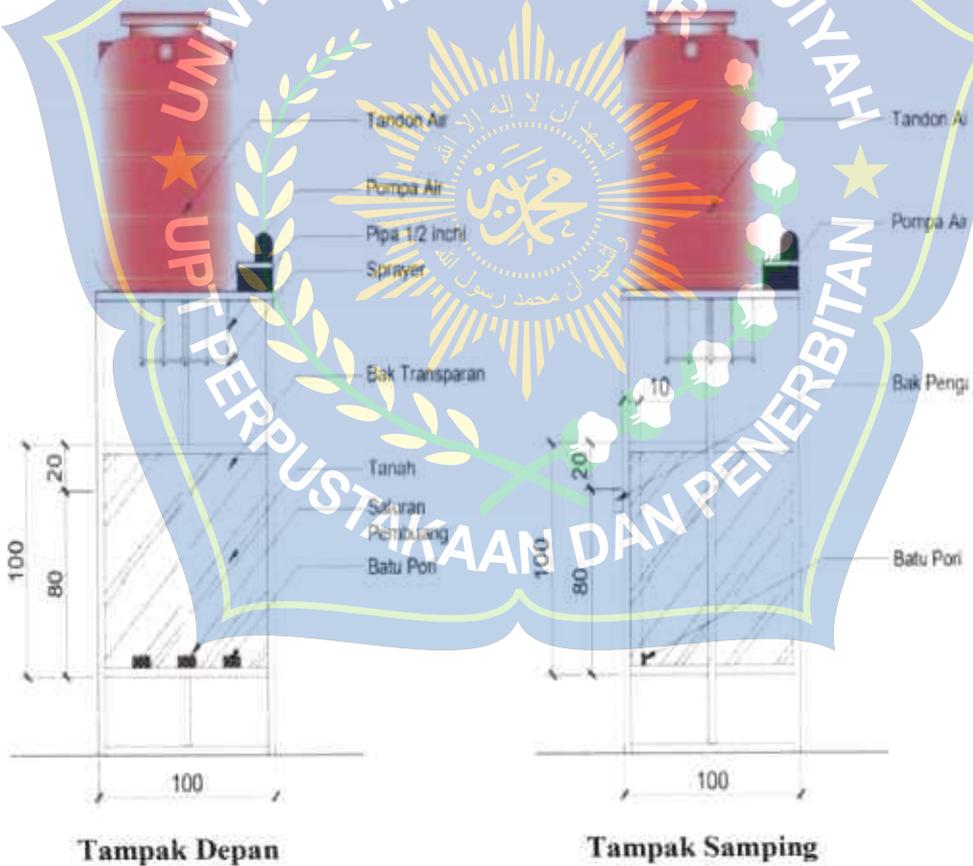
kembali naik sampai pada level semula.

3. Tinggi Kejut Kapiler

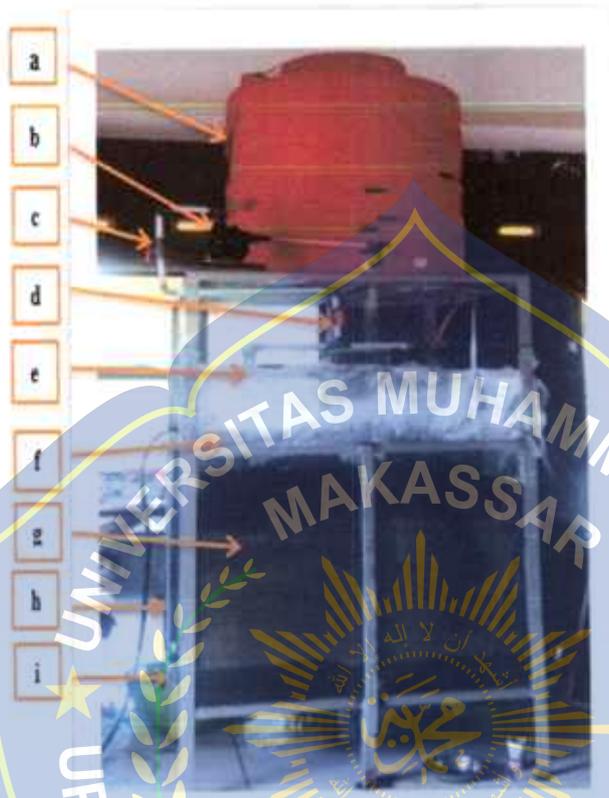
Tinggi kejut kapiler adalah deviasi level muka air tanah yang terhitung dari level awal sebelum menerima curah hujan sampai pada level terendah sebelum muka air tanah kembali naik.

E. Rancangan Penelitian

1. Instrumen Penelitian



Gambar 3.2 Sketsa alat model simulasi



Gambar 3.3 Foto Alat Model Simulasi

Komponen Alat Penguji :

- 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 alat simulasi hujan (*model simulasi*).

F. Prosedur Pengujian

- a. Prosedur dan Pemeriksaan Karakteristik Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi yang berbeda kemudian sampel dikumpulkan di laboratorium untuk menguji karakteristik tanah yang ditentukan. Sampel tanah yang sesuai kemudian dikeringkan dan dijemur di bawah sinar matahari.

- b. 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.

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 simulasi hujan, perlu dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu. Alat model simulasi disesuaikan dengan intensitas curah hujan yang digunakan

e. Running Test

- Angka pori awal

Adapun prosedur pengamatan angka pori awal tanah adalah sebagai berikut

- 1) Tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam bak tanah dengan ketebalan lapisan tanah sekitar 80 cm
- 2) Tanah dikondisikan di dalam bak dengan maksud untuk mendekati kondisi alami di lapangan (*vibrasi*)
- 3) Kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 50 ml untuk keperluan perhitungan angka pori awal (e_0) yaitu pada saat sebelum tanah di hujani.

- Kejut kapiler

Adapun prosedur pengamatan kejut kapiler tanah adalah sebagai berikut:

- 1) Tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam bak tanah dengan ketebalan lapisan tanah sekitar 80 cm
- 2) Tanah dikondisikan di dalam bak dengan maksud untuk mendekati kondisi alami di lapangan (*vibrasi*)

- 3) Air dimasukkan ke dalam bak pengamatan, lalu dibiarkan sampai muka air tanah (dalam bak tanah), sama dengan muka air dalam bak pengamatan.
- 4) Pengambilan data kejut kapiler dilakukan saat tanah diujani, dengan durasi waktu 1 jam, pengambilan data dalam bak pengamat dilakukan setiap menit selama proses penghujan berlangsung.

G. Teknik Pengumpulan Data

Data-data yang perlu dikumpulkan dalam penelitian ini, terdiri atas beberapa macam, antara lain:

1. Data pra kondisi (*pre test*), yaitu parameter media (tanah) yaitu angka pori awal pengambilan data tersebut dilakukan setelah pemadatan lapisan tanah (media), dan sebelum pemberian air genangan di dasar lapisan
2. Data *preliminary test*, antara lain: level zona jenuh dan level zona kapiler.

Pengambilan data tersebut dilakukan setelah pemberian air genangan di dasar lapisan, dan dibiarkan paling kurang 24 jam atau setelah zona jenuh dan zona kapiler tidak berubah lagi.

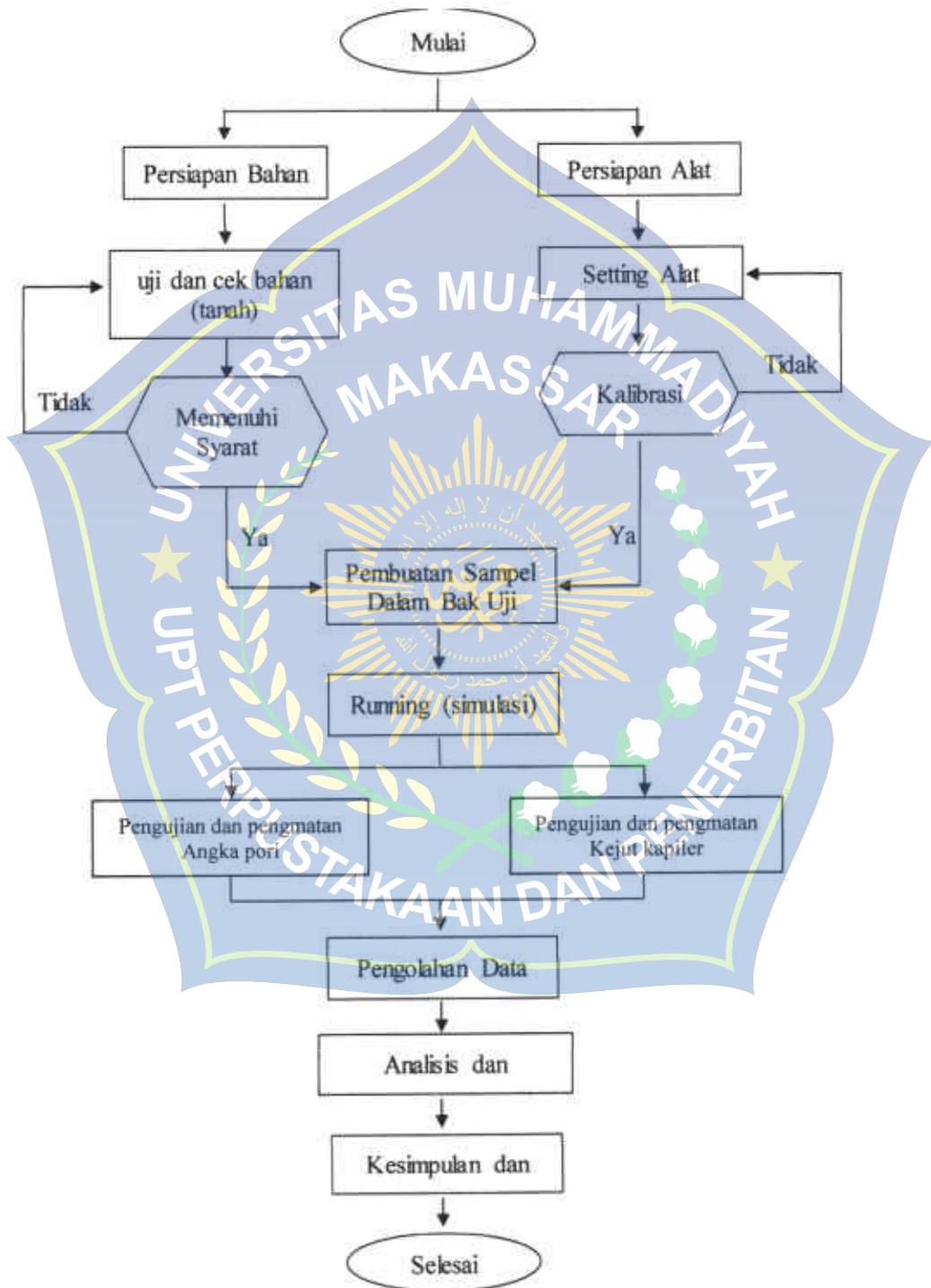
3. Data pengamatan hasil pengujian (*main test*), antara lain: volume air semprotan, kedalaman infiltrasi, level zona jenuh, dan level zona kapiler. Pengambilan data tersebut dilakukan pada setiap tahap penyemprotan air (simulasi hujan), dan dihentikan setelah sepanjang lapisan tanah sudah jenuh keseluruhannya.

H. Data Hasil Pengamatan

Data hasil pengamatan akan diolah dengan metode statistic biasa, baik dalam perhitungan numerik maupun dalam penggambaran fluktuasi level zona air tanah. Dari hasil pengolahan data selanjutnya akan dilakukan analisis empirik 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. Pengaruh hubungan antara angka pori dengan waktu kejut kapiler pada tanah granuler
2. Pengaruh hubungan antara angka pori dengan tinggi kejut kapiler pada tanah granuler.

I. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3.4 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengamatan yang telah dilakukan dengan menggunakan alat simulasi hujan buatan di Malino Desa Lonjoboko Dusun Bikokoro Kecamatan Parangloe Kab. Gowa dengan menggunakan 5 jenis tanah granuler yaitu pasir halus, pasir halus sedang, pasir sedang, pasir kasar sedang, dan pasir kasar dengan 1 jenis intensitas curah hujan diperoleh hasil penurunan muka air tanah pada awal musim penghujan (*beginning of rainy season*) atau yang disebut kejut kapiler yang disebabkan meningkatnya tekanan kapiler akibat mengecilnya pori tanah.

A. Karakteristik Tanah

Dari hasil pengujian sampel tanah di laboratorium Teknik Sipil Unismuh Makassar didapatkan klasifikasi tanah granuler yaitu pasir halus, pasir halus sedang, pasir sedang, pasir kasar sedang, dan pasir kasar. Dalam penelitian ini digunakan system klasifikasi *AASHTO*, hasil analisa saringan dirangkum pada table sebagai berikut:

a. Pasir Halus

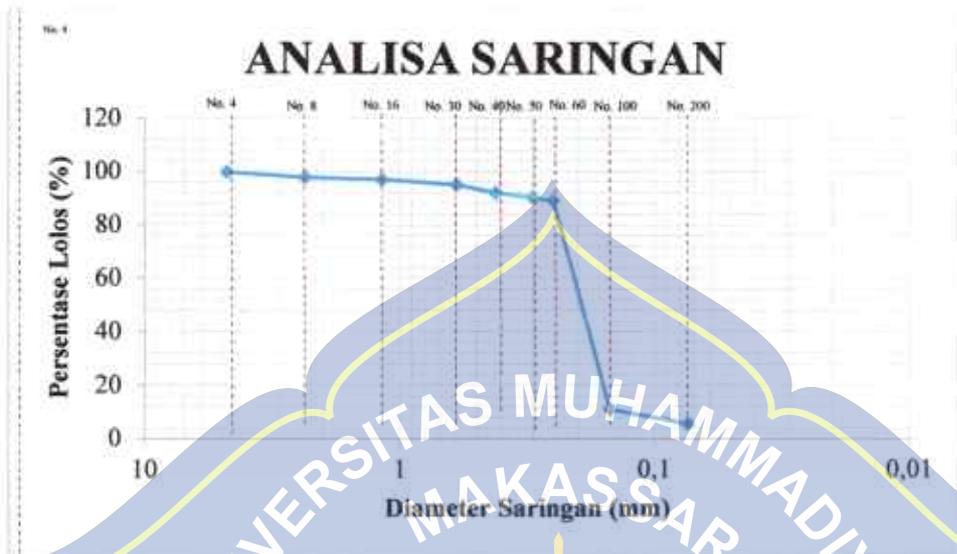
Tabel 4.1 Pengujian Analisa Saringan (Pasir Halus) Hasil

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000 gram			
		Tertahan		Persentase Kumulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4,75	2	0,20	0,20	99,80
8	2,38	19	1,90	2,10	97,90
16	1,19	8	0,80	2,90	97,10
30	0,59	20	2,00	4,90	95,10
40	0,425	30	3,00	7,90	92,10
50	0,297	18	1,80	9,70	90,30
60	0,25	11	1,10	10,80	89,20
100	0,149	781	78,10	88,90	11,10
200	0,074	55	5,50	94,40	5,60
	PAN	56	5,60	100,00	0,00
	Jumlah	1000			

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.1 Menunjukkan bahwa :

1. Pada saringan nomor 4, 8, dan 16 dikategorikan sebagai pasir kasar dengan berat 29 (gram) atau 2,9 % dari total sampel pengamatan.
2. Pada saringan nomor 30, 40, 50, dan 60 dikategorikan sebagai pasir sedang dengan berat 79 (gram) atau 7,9 % dari total sampel pengamatan.
3. Pada saringan nomor 100 dan 200 dikategorikan sebagai halus dengan berat 836 (gram) atau 83,6 % dari total sampel pengamatan.
4. Material pada pan yaitu material yang lolos saringan nomor 200 yang dikategorikan pasir halus dengan berat 56 (gram) atau 5,6 % dari total sampel pengamatan.



Gambar 4.1: Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Pasir Halus).

Dari gambar 4.1 dapat dinyatakan bahwa jumlah persentase dengan menggunakan berbagai ukuran saringan kita dapat membedakan fraksi pasir kasar, sedang dan halus. Fraksi pasir kasar sebanyak 2,9 %, fraksi pasir sedang sebanyak 7,9 % dan fraksi pasir halus sebanyak 89,2 %.

b. Pasir Sedang Halus

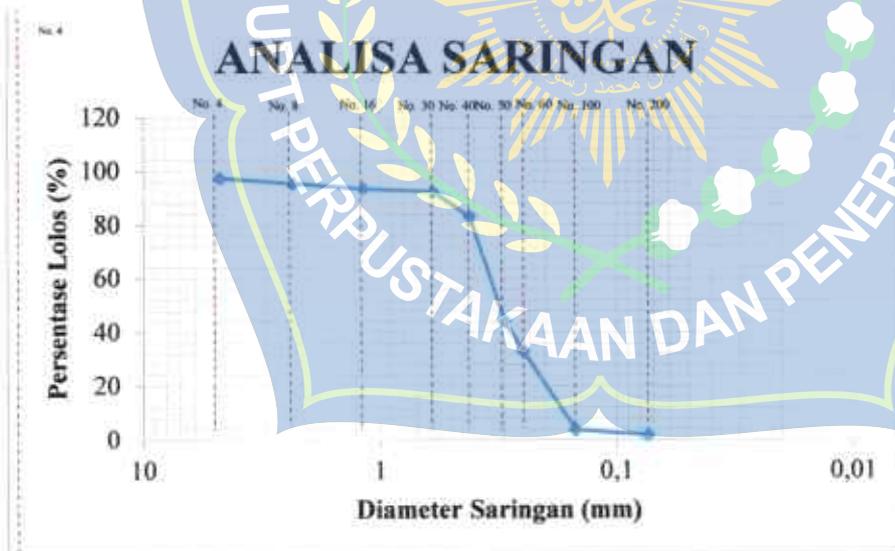
Table 4.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan (Pasir Sedang Halus)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000 gram			
		Tertahan		Presentase Komulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4,75	26	2,60	2,60	97,40
8	2,38	20	2,00	4,60	95,40
16	1,19	19	1,90	6,50	93,50
30	0,59	11	1,10	7,60	92,40
40	0,425	91	9,10	16,70	83,30
50	0,297	388	38,80	55,50	44,50
60	0,25	112	11,20	66,70	33,30
100	0,149	295	29,50	96,20	3,80
200	0,074	20	2,00	98,20	1,80
PAN		18	1,80	100,00	0,00
Jumlah		1000			

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.2 Menunjukkan bahwa :

1. Pada saringan nomor 4, 8, dan 16 dikategorikan sebagai pasir kasar dengan berat 65 (gram) atau 6,5 % dari total sampel pengamatan.
2. Pada saringan nomor 30, 40, 50, dan 60 dikategorikan sebagai pasir sedang dengan berat 602 (gram) atau 60,2 % dari total sampel pengamatan.
3. Pada saringan nomor 100 dan 200 dikategorikan sebagai halus dengan berat 315 (gram) atau 31,5% dari total sampel pengamatan.
4. Material pada pan yaitu material yang lolos saringan nomor 200 yang dikategorikan pasir halus dengan berat 18 (gram) atau 1,8 % dari total sampel pengamatan.



Gambar 4.2: Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Pasir Sedang Halus)

Dari gambar 4.2 dapat dinyatakan bahwa jumlah persentase dengan menggunakan berbagai ukuran saringan kita dapat membedakan fraksi kasar, sedang dan halus. Fraksi pasir kasar sebanyak 6,5 %, fraksi pasir sedang sebanyak 60,2 % dan fraksi pasir halus sebanyak 33,3%.

c. Pasir Sedang

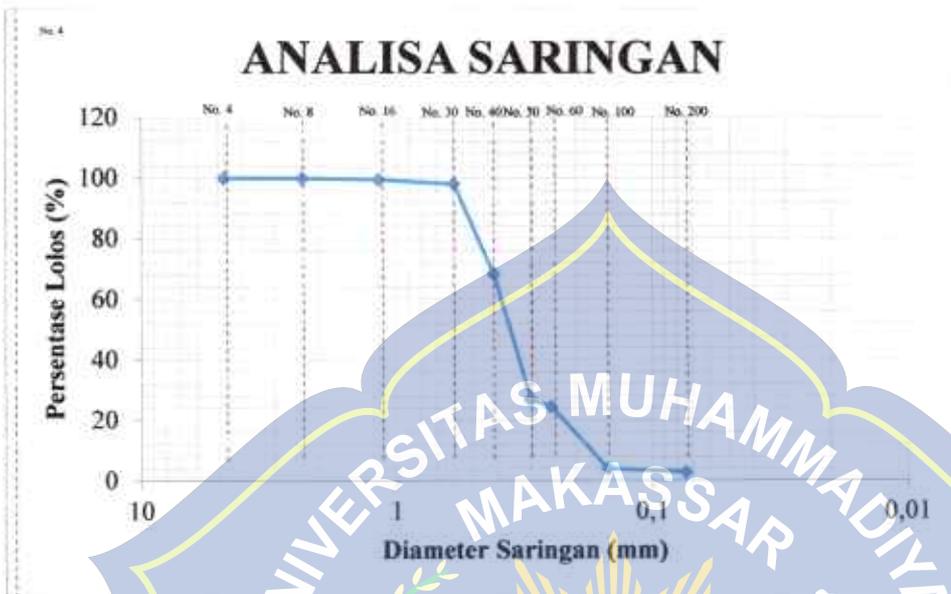
Table 4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan (Pasir Sedang)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000 gram			
		Tertahan		Persentase Kumulatif	
		(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	0,59	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 pengujian laboratorium

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

1. Pada saringan nomor 4, 8, 16, dan 30 dikategorikan sebagai pasir kasar dengan berat 5 (gram) atau 0,5 % dari total sampel pengamatan.
2. Pada saringan nomor 30, 40, 50 dan 60 dikategorikan sebagai pasir sedang dengan berat 750 (gram) atau 75 % dari total sampel pengamatan
3. Pada saringan nomor 100 dan 200 dikategorikan sebagai pasir halus dengan berat 217 (gram) atau 21,7% dari total sampel pengamatan.
4. Material pada pan yaitu material yang lolos saringan nomor 200 yang dikategorikan sebagai pasir halus dengan berat 28 (gram) atau 2,8 % dari total sampel pengamatan.



Gambar 4.3: Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Pasir Sedang)

Dari gambar 4.3 dapat dinyatakan bahwa jumlah persentase dengan menggunakan berbagai ukuran saringan kita dapat membedakan fraksi pasir kasar, sedang dan halus. Fraksi pasir kasar sebanyak 0,5 %, fraksi pasir sedang sedang sebanyak 75 % dan fraksi pasir halus sebanyak 24,5%.

d. Pasir Sedang Kasar

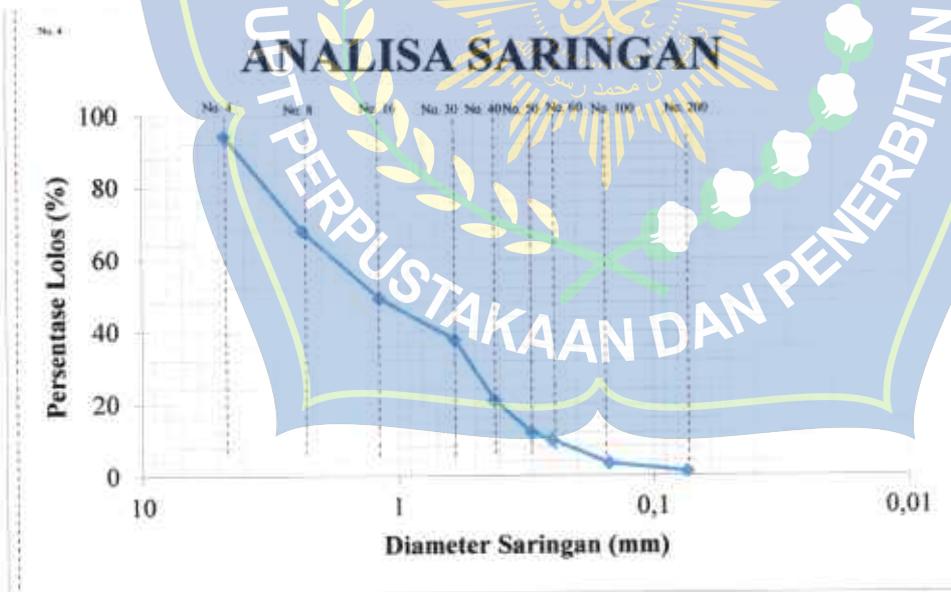
Table 4.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan (Pasir Sedang Kasar)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000 gram			
		Tertahan		Persentase Komulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4,75	57	5,70	5,70	94,30
8	2,35	264	26,40	32,10	67,90
16	1,18	186	18,60	50,70	49,30
30	0,6	115	11,50	62,20	37,80
40	0,42	168	16,80	79,00	21,00
50	0,3	91	9,10	88,10	11,90
60	0,25	20	2,00	90,10	9,90
100	0,15	64	6,40	96,50	3,50
200	0,074	23	2,30	98,80	1,20
PAN		12	1,20	100,00	0,00
Jumlah		1000			

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.4. Menunjukkan bahwa :

1. Pada saringan nomor 4, 8, dan 16 dikategorikan sebagai pasir kasar dengan berat 507 (gram) atau 50,7 % dari total sampel pengamatan.
2. Pada saringan nomor 30, 40, 50 dan 60 dikategorikan sebagai pasir sedang dengan berat 394 (gram) atau 39,4 % dari total sampel pengamatan
3. Pada saringan nomor 100 dan 200 dikategorikan sebagai pasir halus dengan berat 87 (gram) atau 8,7% dari total sampel pengamatan.
4. Material pada pan yaitu material yang lolos saringan nomor 200 yang dikategorikan sebagai pasir halus dengan berat 12 (gram) atau 1,2 % dari total sampel pengamatan.



gambar 4.4: Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Pasir Sedang Kasar)

Dari gambar 4.4 dapat dinyatakan bahwa jumlah persentase dengan menggunakan berbagai ukuran saringan kita dapat membedakan fraksi pasir kasar, sedang dan halus. Fraksi pasir kasar sebanyak 50,7 %, fraksi pasir sedang sedang sebanyak 39,4 % dan fraksi pasir halus sebanyak 9,9%.

e. Pasir Kasar

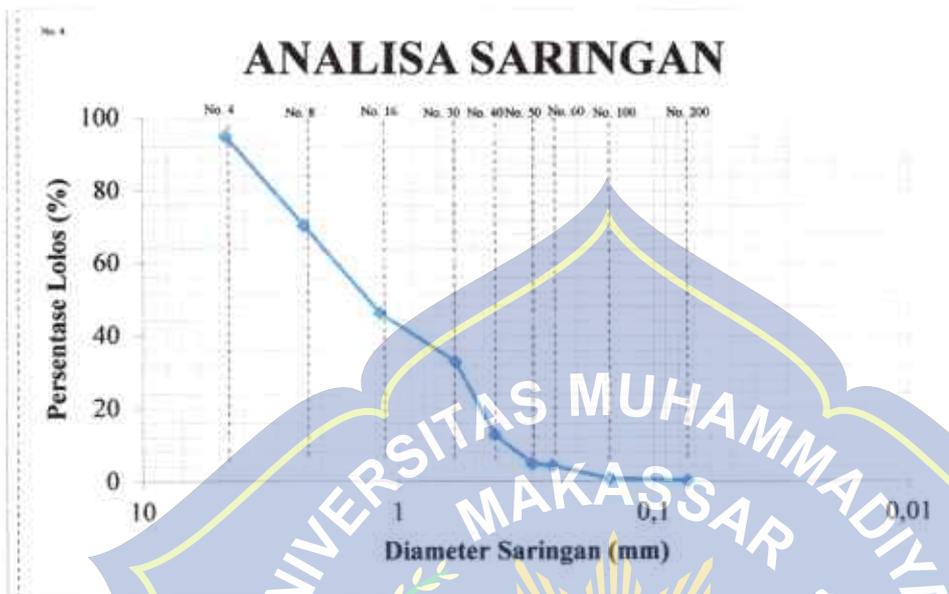
Table 4.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan (Pasir Kasar)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000 gram			
		Tertahan		Persentase Kumulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4,75	50	5,00	5,00	95,00
8	2,38	245	24,50	29,50	70,50
16	1,19	242	24,20	53,70	46,30
30	0,59	133	13,30	67,00	33,00
40	0,425	202	20,20	87,20	12,80
50	0,297	78	7,80	95,00	5,00
60	0,25	6	0,60	95,60	4,40
100	0,149	35	3,50	99,10	0,90
200	0,074	7	0,70	99,80	0,20
PAN		2	0,20	100,00	0,00
Jumlah		1000			

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.5. Menunjukkan bahwa :

1. Pada saringan nomor 4, 8, dan 16 dikategorikan sebagai pasir kasar dengan berat 537 (gram) atau 53,7% dari total sampel pengamatan.
2. Pada saringan nomor 30, 40, 50 dan 60 dikategorikan sebagai pasir sedang dengan berat 415 (gram) atau 41,5 % dari total sampel pengamatan
3. Pada saringan nomor 100 dan 200 dikategorikan sebagai pasir halus dengan berat 42 (gram) atau 4,2% dari total sampel pengamatan.
4. Material pada pan yaitu material yang lolos saringan nomor 200 yang dikategorikan sebagai pasir halus dengan berat 2 (gram) atau 0,2 % dari total sampel pengamatan.



Gambar 4.5: Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan (Pasir Kasar)

Dari gambar 4.5 dapat dinyatakan bahwa jumlah persentase dengan menggunakan berbagai ukuran saringan kita dapat membedakan fraksi pasir kasar, sedang dan halus. Fraksi pasir kasar sebanyak 53,7 %, fraksi pasir sedang dan g sebanyak 41,5 % dan fraksi pasir halus sebanyak 4,4%.

B. Hasil Pengamatan Uji Laboratorium

Hasil pengamatan dengan menggunakan desain alat simulasi kejut kapiler, intensitas curah hujan yang digunakan yaitu $(15) = 246,841$ mm/jam dengan 5 jenis tanah granuler yaitu halus, sedang halus, sedang, kasar sedang, dan kasar

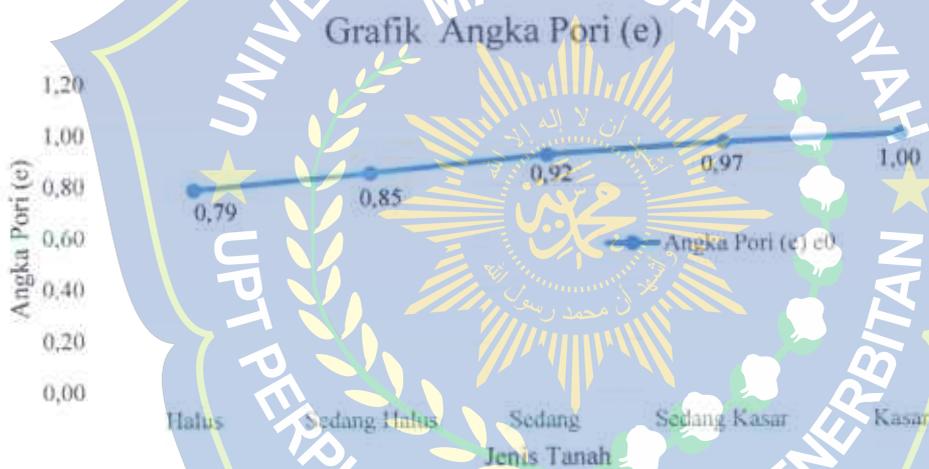
a. Angka pori tanah

Analisis angka pori tanah dan pengujian data dilakukan pada tanah asli, untuk hasil pengamatan dari proses tersebut dapat dilihat pada table berikut:

Table 4.6 hasil pengamatan angka pori pada 5 jenis tanah

Jenis tanah	Angka pori
Halus	0,79
Halus sedang	0,85
Sedang	0,92
Kasar sedang	0,97
kasar	1,00

Dari hasil pengamatan e (angka pori tanah) yang terdapat pada table 4.6 dituangkan ke dalam grafik sebagai berikut:

**Gambar 4.6.** Grafik hasil pengamatan angka pori

Dari gambar 4.6 dapat dinyatakan bahwa nilai angka pori yang diperoleh dari hasil pengujian yaitu pasir halus = 0,79 ; halus sedang = 0,85 ; sedang = 0,92 ; kasar sedang = 0,97 ; kasar = 1,00. Sehingga dapat dinyatakan bahwa semakin halus jenis pasir yang diuji, maka semakin rapat pori suatu tanah. Sebaliknya semakin kasar jenis pasir yang di uji, maka semakin renggang pori suatu tanah.

b. Kejut kapiler

Table 4.7 hasil pengamatan kejut kapiler pada 5 jenis tanah

Menit	Waktu Kejut Kapiler									
	Halus	Tinggi	Sedang Halus	Tinggi	sedang	Tinggi	Sedang kasar	Tinggi	kasar	Tinggi
1	9,8	0,2	9,7	0,3	9,6	0,4	9,3	0,7	9,2	0,8
2	9,5	0,5	9,4	0,6	9,2	0,8	9	1	8,8	1,2
3	9,1	0,9	9,2	0,8	8,8	1,2	8,7	1,3	8,5	1,5
4	8,9	1,1	9	1	8,5	1,5	8,4	1,6	8,2	1,8
5	8,7	1,3	8,7	1,3	8,2	1,8	8	2	7,8	2,2
6	8,4	1,6	8,4	1,6	8	2	7,7	2,3	7,5	2,5
7	8,2	1,8	8,2	1,8	7,8	2,2	7,2	2,8	7	3,0
8	8	2	8	2	7,7	2,3	6,8	3,2	6,6	3,4
9	7,9	2,1	7,8	2,2	7,5	2,5	6,6	3,4	6,4	3,6
10	7,7	2,3	7,7	2,3	7,4	2,6	6,3	3,7	6,1	3,9
11	7,5	2,5	7,5	2,5	7,3	2,7	5,9	4,1	5,7	4,3
12	7,4	2,6	7,4	2,6	7,1	2,9	5,8	4,2	5,6	4,4
13	7,2	2,8	7,3	2,7	7	3	5,6	4,4	5,4	4,6
14	7	3	7,2	2,8	6,9	3,1	5,4	4,6	5,2	4,8
15	6,9	3,1	7	3	6,7	3,3	5,2	4,8	4,7	5,3
16	6,7	3,3	6,9	3,1	6,5	3,5	5	5	4,5	5,5
17	6,5	3,5	6,7	3,3	6,3	3,7	4,8	5,2	4,3	5,7
18	6,3	3,7	6,5	3,5	6,1	3,9	4,7	5,3	4,1	5,9
19	6,2	3,8	6,4	3,6	6	4	4,9	5,1	4,5	5,5
20	6,1	3,9	6,3	3,7	5,9	4,1	4,7	5,3	5,1	4,9

21	6	4	6,2	3,8	5,8	4,2	4,5	5,5	6	4,0
22	5,8	4,2	6	4	5,5	4,5	4,3	5,7	6,7	3,3
23	5,6	4,4	5,9	4,1	5,4	4,6	4,1	5,9	7,5	2,5
24	5,5	4,5	5,8	4,2	5,3	4,7	4	6	8,6	1,4
25	5,4	4,6	5,7	4,3	5	5	3,9	6,1	9,3	0,7
26	5,3	4,7	5,6	4,4	4,8	5,2	3,9	6,1	9,9	0,1
27	5,2	4,8	5,4	4,6	4,6	5,4	3,9	6,1	10,2	-0,2
28	5,1	4,9	5,2	4,8	4,5	5,5	3,8	6,2	10,8	-0,8
29	5	5	5,1	4,9	4,3	5,7	3,7	6,3	11,2	-1,2
30	4,9	5,1	5	5	4,2	5,8	3,6	6,4	11,7	-1,7
31	4,8	5,2	4,9	5,1	4	6	3,6	6,4	12,1	-2,1
32	4,7	5,3	4,8	5,2	3,9	6,1	3,8	6,2	12,5	-2,5
33	4,6	5,4	4,6	5,4	3,8	6,2	3,9	6,1	13	-3,0
34	4,5	5,5	4,4	5,6	3,7	6,3	4,3	5,7	13,7	-3,7
35	4,4	5,6	4,3	5,7	3,6	6,4	4,8	5,2	14,5	-4,5
36	4,3	5,7	4,2	5,8	3,5	6,5	5,1	4,9	15,1	-5,1
37	4,2	5,8	4,1	5,9	4,2	5,8	5,9	4,1	16,3	-6,3
38	4,1	5,9	4	6	4,7	5,3	6,2	3,8	17,5	-7,5
39	4	6	3,9	6,1	4,8	5,2	7	3	18	-8,0
40	3,9	6,1	3,7	6,3	5	5	7,5	2,5	19,4	-9,4
41	3,8	6,2	3,6	6,4	5,4	4,6	8,5	1,5	20,4	-10,4
42	3,7	6,3	3,5	6,5	6,2	3,8	9,3	0,7	21,5	-11,5
43	3,6	6,4	3,4	6,6	7	3	9,8	0,2	22	-12,0
44	3,6	6,4	3,3	6,7	7,7	2,3	10,6	-0,6	23	-13,0
45	3,5	6,5	3,7	6,3	8,4	1,6	11,6	-1,6	24	-14,0
46	3,4	6,6	4,1	5,9	9,4	0,6	12,6	-2,6	25	-15,0
47	3,2	6,8	4,8	5,2	10,5	-0,5	13,7	-3,7	26	-16,0
48	3,1	6,9	5,4	4,6	11	-1	14,2	-4,2	27	-17,0
49	3	7	5,9	4,1	12	-2	15,2	-5,2	28	-18,0
50	3,5	6,5	6,2	3,8	13	-3	16,2	-6,2	29,2	-19,2
51	4	6	6,9	3,1	14	-4	17,2	-7,2	30,5	-20,5
52	4,6	5,4	7,3	2,7	15	-5	18,2	-8,2	31,8	-21,8
53	5	5	8	2	16	-6	19,2	-9,2	33,2	-23,2
54	5,1	4,9	8,6	1,4	17	-7	20,2	-10,2	34,8	-24,8
55	5,4	4,6	9,3	0,7	18,2	-8,2	21,4	-11,4	35,8	-25,8
56	5,7	4,3	9,7	0,3	19,5	-9,5	22,7	-12,7	36,7	-26,7
57	6	4	10,1	-0,1	20,8	-10,8	24	-14	37,9	-27,9
58	6,3	3,7	10,7	-0,7	22,2	-12,2	25,4	-15,4	38,5	-28,5
59	6,7	3,3	11,5	-1,5	23,8	-13,8	27	-17	39,2	-29,2
60	6,9	3,1	11,9	-1,9	24	-14	28,5	-18,5	39,6	-29,6

61	7,6	2,4	12,3	-2,3	25,7	-15,7	30,3	-20,3	40,7	-30,7
62	8,3	1,7	12,8	-2,8	26,9	-16,9	31	-21	41,4	-31,4
63	8,8	1,2	13,2	-3,2	27,5	-17,5	32,3	-22,3	42,6	-32,6
64	9,3	0,7	14	-4	28,2	-18,2	33,2	-23,2	43,5	-33,5
65	9,8	0,2	14,7	-4,7	28,6	-18,6	34,4	-24,4	44,6	-34,6
66	10,2	-0,2	15,5	-5,5	29,7	-19,7	35,3	-25,3	45,9	-35,9
67	11,2	-1,2	16,2	-6,2	30,4	-20,4	36,5	-26,5	47,0	-37,0
68	11,9	-1,9	17,1	-7,1	31,7	-21,7	37,5	-27,5	48,5	-38,5
69	12,4	-2,4	18,2	-8,2	32,8	-22,8	38,7	-28,7	50,1	-40,1
70	13,4	-3,4	19,3	-9,3	33,9	-23,9	39,8	-29,8	52,1	-42,1
71	14,2	-4,2	20,3	-10,3	34,8	-24,8	40,9	-30,9	53,4	-43,4
72	15,5	-5,5	22	-12	35,8	-25,8	41,8	-31,8	54,7	-44,7
73	16,5	-6,5	24	-14	36,6	-26,6	42,8	-32,8	55,6	-45,6
74	17	-7	26	-16	37,6	-27,6	43,6	-33,6	56,6	-46,6
75	18,4	-8,4	27,5	-17,5	38,5	-28,5	44,6	-34,6	57,8	-47,8
76	19,2	-9,2	29	-19	39,2	-29,2	45,5	-35,5	58,8	-48,8
77	20,2	-10,2	30,5	-20,5	40,5	-30,5	46,2	-36,2	59,6	-49,6
78	21,3	-11,3	32,3	-22,3	40,9	-30,9	47,5	-37,5	60,5	-50,5
79	21,8	-11,8	33,7	-23,7	41,6	-31,6	47,9	-37,9	62,0	-52,0
80	22,1	-12,1	35	-25	42,3	-32,3	48,6	-38,6	62,5	-52,5
81	22,9	-12,9	36,6	-26,6	42,9	-32,9	49,3	-39,3	63,8	-53,8
82	23,6	-13,6	37,5	-27,5	43,6	-33,6	49,9	-39,9	64,1	-54,1
83	24	-14	38	-28	44,2	-34,2	50,6	-40,6	65,2	-55,2
84	24,5	-14,5	38,8	-28,8	45,3	-35,3	51,2	-41,2	66,3	-56,3
85	25,4	-15,4	39,3	-29,3	46,8	-36,8	51,8	-41,8	67,4	-57,4
86	25,6	-15,6	39,4	-29,4	47,3	-37,3	52,4	-42,4	68,5	-58,5
87	26	-16	39,6	-29,6	48,6	-38,6	52,4	-42,4	69,6	-59,6
88	26,4	-16,4	39,9	-29,9	49	-39	52,8	-42,8	69,6	-59,6
89	26,8	-16,8	39,9	-29,9	50,6	-40,6	53,1	-43,1	69,6	-59,6
90	27,1	-17,1	40	-30	50,6	-40,6	53,3	-43,3	69,6	-59,6

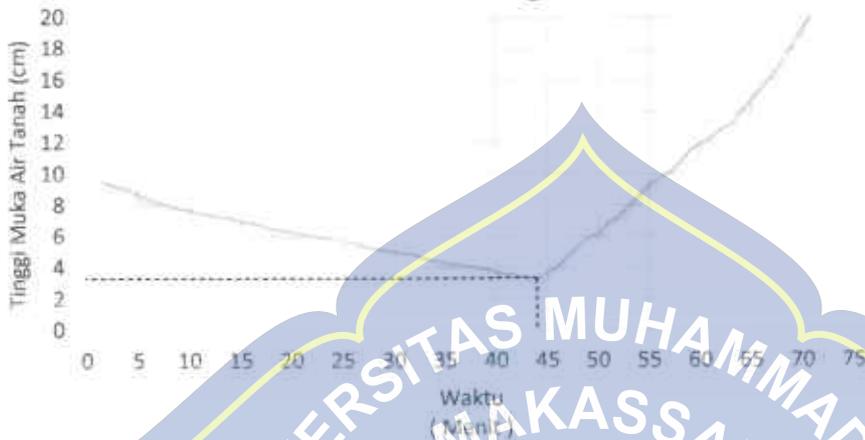
Dari Tabel 4.7 diatas dapat dinyatakan bahwa muka air tanah atau yang di sebut kejut kapiler akan mengalami penurunan pada awal musim penghujan dan saat air hujan yang terinfiltrasi masuk kedalam tanah sampai mencapai batas tekanan kapiler maka muka air tanah akan mengalami kenaikan sampai mencapai titik maksimum



Grafik 4.7 Waktu Kejut Kapiler dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir halus

Dari grafik 4.7 di atas dapat dinyatakan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mencapai 9,8 cm kemudian terus mengalami penurunan sampai menit ke 49 dengan tinggi muka air tanah mencapai 3 cm kemudian mengalami kenaikan yang mencapai 5 cm pada menit ke 50, selanjutnya mengalami kenaikan hingga menit ke 90 dengan tinggi muka air mencapai 27,1 cm. dari grafik di atas menunjukkan bahwa menit pertama sampai menit ke 49 tinggi muka air tanah mengalami penurunan, dan pada menit ke 50 sampai menit ke 90 tinggi muka air tanah mengalami kenaikan sampai mencapai titik maksimum

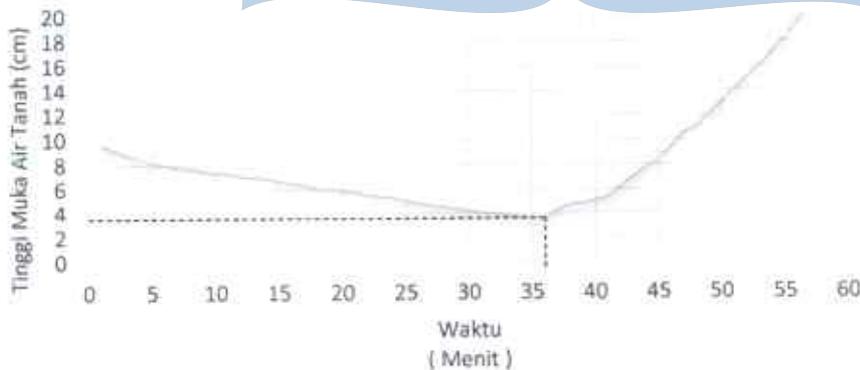
Jenis Pasir Sedang Halus



Gambar 4.8. Grafik Waktu kejut kapiler dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir halus sedang

Dari grafik 4.8 di atas dapat dinyatakan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mencapai 9,7 cm kemudian terus mengalami penurunan sampai menit ke 45 dengan tinggi muka air tanah mencapai 3,7 cm kemudian mengalami kenaikan yang mencapai 4,1 cm pada menit ke 46, selanjutnya mengalami kenaikan hingga menit ke 90 dengan tinggi muka air mencapai 40 cm.

Jenis Pasir sedang



Gambar 4.9 Grafik Waktu kejut kapiler dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir sedang

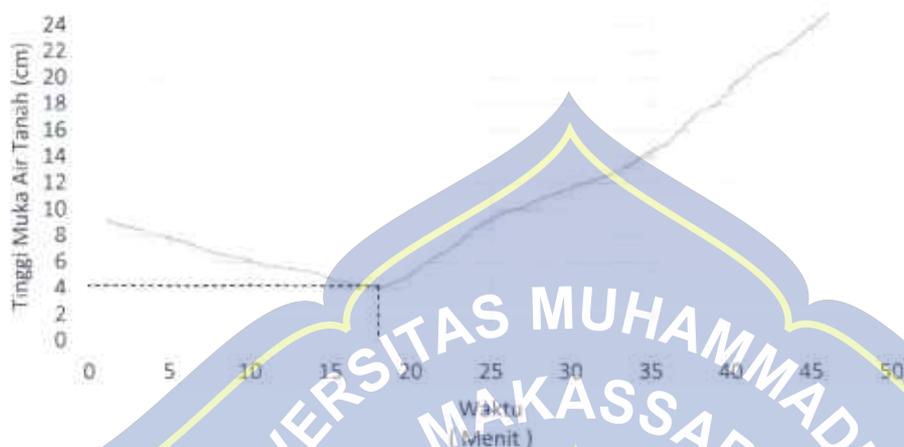
Dari grafik 4.9 di atas dapat dinyatakan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mencapai 9,6 cm kemudian terus mengalami penurunan sampai menit ke 36 dengan tinggi muka air tanah mencapai 3,5 cm kemudian mengalami kenaikan yang mencapai 4,2 cm pada menit ke 37, selanjutnya mengalami kenaikan hingga menit ke 90 dengan tinggi muka air mencapai 50,6 cm.



Gambar 4.10. Grafik Waktu kejut kapiler dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir kasar sedang

Dari grafik 4.10 di atas dapat dinyatakan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mencapai 9,3 cm kemudian terus mengalami penurunan sampai menit ke 31 dengan tinggi muka air tanah mencapai 3,6 cm kemudian mengalami kenaikan yang mencapai 3,8 cm pada menit ke 32, selanjutnya mengalami kenaikan hingga menit ke 90 dengan tinggi muka air mencapai 53,3cm.

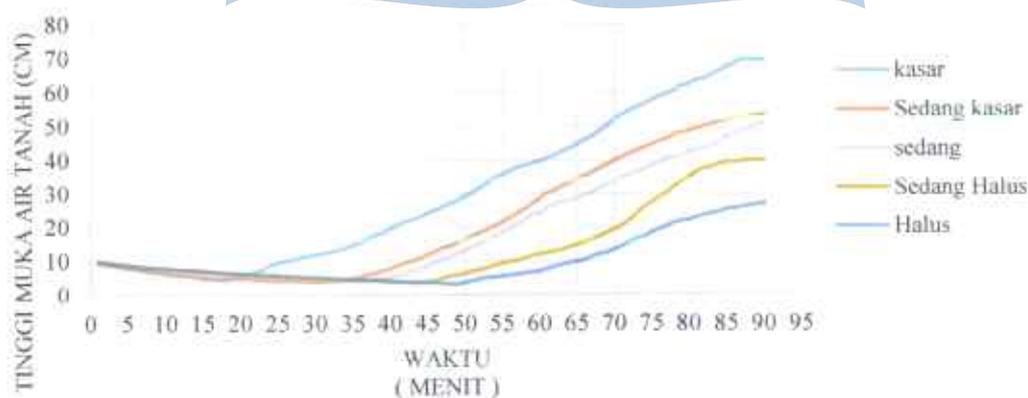
Grafik Pasir Kasar



Gambar 4.11 Grafik Waktu kejut kapiler dan Tinggi kejut kapiler pada jenis pasir kasar

Dari grafik 4.11 di atas dapat dinyatakan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mencapai 9,3 cm kemudian terus mengalami penurunan sampai menit ke 18 dengan tinggi muka air tanah mencapai 4,1 cm kemudian mengalami kenaikan yang mencapai 4,5 cm pada menit ke 19, selanjutnya mengalami kenaikan hingga menit ke 90 dengan tinggi muka air mencapai 69,6 cm.

Lima Jenis Pasir



Gambar 4.12 Grafik Lima Jenis Pasir

Tabel 4.8 Hubungan Angka Pori dengan waktu kejut kapiler

Jenis Tanah	Angka Pori	Waktu Kejut Kapiler (cm)
Halus	0,79	49
Sedang Halus	0,85	45
Sedang	0,92	39
Sedang Kasar	0,97	33
Kasar	1,00	21

Sumber: Hasil perhitungan

**Gambar 4.13** Grafik Hubungan Angka Pori dengan Waktu Kejut Kapiler

Dari table 4.8 dan grafik 4.13 dapat dinyatakan bahwa semakin kecil angka pori tanah maka semakin lama pula terjadinya waktu kejut kapiler, semakin besar angka pori tanah maka semakin cepat terjadinya waktu kejut kapiler.

Tabel 4.9 Hubungan Angka Pori dengan tinggi kejut kapiler

Jenis Tanah	Angka Pori	Tinggi Kejut Kapiler (cm)
Halus	0,79	7
sedang halus	0,85	6,3
sedang	0,92	5,2
kasar sedang	0,97	5,1
kasar	1,00	4,0

Sumber: hasil perhitungan



Gambar 4.14 Grafik Hubungan Angka Pori dengan Tinggi Kejut Kapiler

Dari table 4.9 dan grafik 4.14 dapat dinyatakan bahwa semakin kecil angka pori tanah maka kejut kapilernya akan semakin tinggi, semakin besar angka pori tanah maka kejut kapilernya akan semakin rendah.

Berdasarkan hasil pengamatan peningkatan tekanan kapiler mengalami kenaikan karena air tanah tertarik ke atas ke zona tidak jenuh sehingga air tanah mengalami penurunan atau yang di sebut kejut kapiler. Tekanan kapiler meningkat dan air tanah semakin menurun. Air tanah menurun ketika tekanan kapiler masih berlangsung namun saat air infiltrasi dan tekanan kapiler bertemu air tanah mengalami peningkatan.

C. Pembahasan

1. Waktu kejut kapiler

Dari penelitian sebelumnya didapatkan gejala kejut kapiler disebabkan meningkatnya tekanan kapiler akibat mengecilnya pori tanah pada vedose zone sebagai akibat dari terisnya air hidroskopik dari infiltrasi air hujan sehingga muka air tanah mengalami degradasi secara signifikan.

Dalam penelitian ini hubungan antara angka pori dengan waktu kejut kapiler adalah semakin kecil angka pori tanah maka semakin lama terjadinya waktu kejut kapiler, semakin besar angka pori tanah maka semakin cepat terjadinya waktu kejut kapiler. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh A.S. Muntohar yang menyebutkan bahwa angka pori sebagai salah satu faktor dasar yang mempengaruhi sifat mekanis tanah yaitu pemampatan (compressibility), Semakin kecil nilai angka pori maka semakin padat tanahnya. Maka lamanya waktu kejut kapiler dipengaruhi oleh tingkat kepadatan suatu tanah.

2. Tinggi kejut kapiler

Besar kecilnya angka pori mempengaruhi tinggi kejut kapiler yang terjadi dalam tanah. Semakin kecil nilai angka pori maka semakin padat tanahnya. Hal ini karena angka pori merupakan factor yang mempengaruhi salah satu sifat mekanis tanah yaitu pemampatan.(A.S. Muntohar). Semakin banyak air yang berinfiltrasi masuk ke dalam tanah, semakin banyak bukaan tanah yang tertutup pada *vedose zone*, sehingga pori tanah akan semakin kecil dan diameter kapiler tanah akan semakin kecil pula. Dengan demikian tekanan kapiler akan semakin membesar dan ketebalan lapisan tanah kapiler akan semakin tinggi, sehingga air tanah di dalam *saturated zone* akan semakin banyak yang tertarik ke atas, mengisi lapisan kapiler yang lebih tebal. Proses peningkatan tekanan kapiler inilah yang mengakibatkan penurunan muka air tanah pada periode kejut kapiler akan semakin besar. (Darwis, 2017).

Dari kedua teori diatas dapat dibuktikan hubungan dari keduanya bahwa semakin kecil angka pori tanah maka kejut kapilernya akan semakin tinggi, semakin besar angka pori tanah maka kejut kapilernya akan semakin rendah.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Cepat lambatnya waktu kejut kapiler yang terjadi pada tanah sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya angka pori. Semakin kecil nilai angka pori suatu tanah maka waktu kejut kapiler yang terjadi akan semakin lama, sebaliknya semakin besar nilai angka pori suatu tanah maka semakin cepat pula waktu kejut kapiler yang terjadi.
2. Tinggi kejut kapiler yang terjadi pada tanah granuler dipengaruhi oleh besar kecilnya angka pori, semakin halus jenis pasir yang diujani maka semakin tinggi kejut kapilernya, dan sebaliknya semakin kasar jenis pasir yang diujani maka semakin rendah kejut kapilernya.

B. Saran

1. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi *rainfall* yang dimana alat yang digunakan terbuat dari kaca bening setebal 12 mm, disarankan untuk tidak memakai dinding alat yang terbuat dari kaca karena rentan pecah, sebaiknya memakai alas dan dinding yang terbuat dari fiber dan berukuran lebih tebal.
2. Dalam penelitian ini digunakan intensitas curah hujan I_5 dengan menggunakan jenis tanah yang berbeda, untuk mengetahui terjadi atau tidaknya fenomena kejut kapiler, disarankan pada penelitian selanjutnya menghasilkan solusi tentang fenomena kejut kapiler yang lebih intensif.

3. Pengukuran angka pori untuk pengujian kejut kapiler yang dilakukan di lapangan sampel yang digunakan diambil di lapangan juga



DAFTAR PUSTAKA

- Andi alfian nur dan nita anugrah jupriadi. 2019. Analisis Tingkat 'Kejut Kapiler' Muka Air Tanah Pada Tanah Lanau Berlempung Berpasir (Sandy Clayey Silt) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium).
- Arsyad, Sitanala. 1989. Konservasi Tanah dan Air. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Bitar. 2020. Pengertian hujan-proses, siklus, manfaat, alat, jenis, ombrometer, radar cuaca, makhluk hidup.
- Bowles, JE., 1989, Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah, Erlangga, Jakarta.
- Br. Sri Harto., 1993, Analisis Hidrologi, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- C. D. Soemarto, 1999, Hidrologi Teknik, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Darwis et al, 2014 Pengaruh Jumlah Bambu-Rongga Sebagai Alat Pengimbuh Terhadap Durasi Kejut Kapiler Dan Waktu Pemulihan Muka Air Tanah Pada Periode Awal Musim Penghujan
- Darwis. 2018. Dasar-Dasar Mekanika Tanah. Yogyakarta. Pena Indis
- Darwis, 2018. Kejut Kapiler Prngaruh Jumlah Bambu-Rongga Sebagai Alat Pengimbuh Terhadap Durasi Kejut Kapiler Dan Waktu Pemulihan Muka Air Tanah Pada Periode Awal Musim Penghujan
- Darwis, H. Dasar-dasar Teknik Perbaikan Tanah. *Yogyakarta: Pustaka AQ* (2017). Karakteristik tanah granuler
- Das, Braja M. 1995. Mekanika Tanah 1. Erlangga. Jakarta
- Dunia perminyakan. 2016. tegangan permukaan dan tekanan kapiler.

Fakhli. 2014. Pengertian dan Klasifikasi Tanah. [http://www.kumpulEngineer.com/2014/05/Pengertian dan Klasifikasi Gradasi.html](http://www.kumpulEngineer.com/2014/05/Pengertian-dan-Klasifikasi-Gradasi.html) (diakses Pada Tanggal 13 April 2017).

Green WH., dan Ampt GA. 1911. Studies on soil physics. The Flow of Air and Water through Soils. Journal of Agricultural Sciences 4:11-24

Hadiyatmo. 2006. BAB II Landasan Teori.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2003. Mekanika Tanah 1. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press

Hartini Eko, 2017. Hidrologi & Hidrololika Terapan : Universitas Dian Nuswantoro Semarang.

Hayati, Rina. 2019. Pengertian Variabel Terikat, Ciri, Cara Membuat, dan Contohnya.

Indri Puspika, Warsa Sugandi Karman, Dan Fevi Wira Citra. 2016. Analisis Perubahan Struktur Tanah Dari Lahan Kopi Menjadi Lahan Sawit di Desa Sukarami Kecamatan Lintang Kanan Jurnal Georafflesia. Bengkulu. Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH.

Juleha, Rismalinda dan Alfi Rahmi, M.Eng. 2016. Analisa Metode Intensitas Hujan Pada Stasiun Hujan Rokan Iv Koto, Ujung Batu, Dan Tandun Mewakili Ketersediaan Air Di Sungai Rokan. Riau. Universitas Pasir Pengaraian.

Kasmawati dan nurhikmah. 2019. analisis pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori dan kerapatan relatif pada frekuensi hujan berulang (studi laboratorium dengan rainfall simulator).

Kawasan Kecamatan Denpasar Timur Kota Denpasar. Jurnal Agroekoteknologi Tropika.

Korry, Debby Ivana. 2012. BAB III Metode Penelitian. Unika.ac.id.

Muhshi, fauzan alwan. 2019. Curah Hujan: Pengertian, Klasifikasi, Pengukuran, Dan Alat Ukur.

Muntohar, A.S. (2009). Mekanika Tanah. Yogyakarta: LP3M UMY.

Nawawi, Iusmelia Afriani dan Iswan. 2017. Studi Analisis Penurunan Tanah Lempung Lunak Dan Tanah Lempung Organic Menggunakan Pemodelan Matras Beton Bamboo. Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain. Lampung. Universitas Lampung.

Panguriseng, Darwis dan Abd. Rakhim Nanda. (2018). Capillary Shock Phenomenon of Groundwater at the Beginning of Rainy Season. International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology. Vol.8 (2018) No. 3

Putu Sintayani Buana dan Wiyanti dan R. Suyarto. 2019. Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Karakteristik Akuifer di Wordpress.com. 2008. Bebasbanjir2025.

Sosrodarsono Suyono & Kensaku Takeda, 1993, Hidrologi Untuk Pengairan, PT. Pratnya Paramitha, Jakarta.

Suroso. 2006. Analisis Curah Hujan untuk Membuat Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas. Jurnal Teknik Sipil Vol. 3.

Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa. Penerbit Erlangga, Jakarta.

Wilson, E.M., 1993. Hidrologi Teknik. Penerbit ITB, Bandung.







LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

Jl. Sultan Alauddin No.258 Telp.(0411)886972.Fax(0411)8655888 Makassar,90211

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani

Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16

Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) Dengan Waktu Kejut Kapiler
Pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(PASIR HALUS)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000.00 gr		Presentase Kumulatif	
		Tertahan (Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.75	2	0.20	0.20	99.80
8	2.36	19	1.90	2.10	97.90
16	1.18	8	0.80	2.90	97.10
30	0.60	20	2.00	4.90	95.10
40	0.42	30	3.00	7.90	92.10
50	0.30	18	1.80	9.70	90.30
60	0.25	11	1.10	10.80	89.20
100	0.15	781	78.10	88.90	11.10
200	0.075	55	5.50	94.40	5.60
PAN		56	5.60	100.00	0.00
Jumlah		1000			

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Svarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

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

NBM: 975 108



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

Jl. Sultan Aluaddin No.258 Telp.(0411)886972.Fax(0411)8655888 Makassar,90211

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani
 Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
 Judul : *Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler Pada Tanah Granuler*

GRAFIK ANALISA SARINGAN
 (PASIR HALUS)





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

Jl. Sultan Alauddin No.258 Telp.(0411)886972.Fax(0411)8655888 Makassar,90211

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler
Pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(SEDANG HALUS)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000.00 gr		Prosentase Kumulatif	
		Tertahan (Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.75	26	2.60	2.60	97.40
8	2.36	20	2.00	4.60	95.40
16	1.18	19	1.90	6.50	93.50
30	0.60	11	1.10	7.60	92.40
40	0.42	91	9.10	16.70	83.30
50	0.30	388	38.80	55.50	44.50
60	0.25	112	11.20	66.70	33.30
100	0.15	295	29.50	96.20	3.80
200	0.075	20	2.00	98.20	1.80
PAN		18	1.80	100.00	0.00
Jumlah		1000			

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Syarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

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

NBM: 975 108



Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : *Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler
Pada Tanah Granuler*

GRAFIK ANALISA SARINGAN
(SEDANG HALUS)

ANALISA SARINGAN





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

Jl. Sultan Alauddin No.258 Telp.(0411)886972.Fax(0411)8655888 Makassar,90211

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani

Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16

Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) Dengan Waktu Kejut Kapiler
Pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(PASIR SEDANG)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000.00 gr		Prosentase Kumulatif	
		Tertahan (Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.75	0	0.00	0.00	100.00
8	2.36	0	0.00	0.00	100.00
16	1.18	5	0.50	0.50	99.50
30	0.60	14	1.40	1.90	98.10
40	0.42	297	29.70	31.60	68.40
50	0.30	415	41.50	73.10	26.90
60	0.25	24	2.40	75.50	24.50
100	0.15	205	20.50	96.00	4.00
200	0.075	12	1.20	97.20	2.80
PAN		28	2.80	100.00	0.00
Jumlah		1000			

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Syarif.ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Dr. Ir. Hj. Nurnawati.ST..MT..IPM
NBM: 975-108



Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : *Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Perubahan Angka Pori*
(Δe) Pada Jenis Tanah Granuler.

GRAFIK ANALISA SARINGAN
(PASIR SEDANG)





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

Jl. Sultan Alauddin No.258 Telp.(0411)886972.Fax(0411)8655888 Makassar,90211

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : *Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler
Pada Tanah Granuler*

ANALISA SARINGAN
(KASAR SEDANG)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000.00 gr		Prosentase Kumulatif	
		Tertahan (Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.75	57	5.70	5.70	94.30
8	2.36	264	26.40	32.10	67.90
16	1.18	186	18.60	50.70	49.30
30	0.60	115	11.50	62.20	37.80
40	0.42	168	16.80	79.00	21.00
50	0.30	91	9.10	88.10	11.90
60	0.25	20	2.00	90.10	9.90
100	0.15	64	6.40	96.50	3.50
200	0.075	23	2.30	98.80	1.20
PAN		12	1.20	100.00	0.00
Jumlah		1000			

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Svarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Dr. Ir. Hj. Nurnawati, ST, MT, IPM
NBM: 975-108



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

Jl. Sultan Aluaddin No.258 Telp.(0411)886972.Fax(0411)8655888 Makassar,90211

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler
Pada Tanah Granuler

GRAFIK ANALISA SARINGAN

(KASAR SEDANG)

ANALISA SARINGAN





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

Jl. Sultan Aluaddin No.258 Telp.(0411)886972.Fax(0411)8655888 Makassar,90211

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani

Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16

Judul : Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler
Pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(KASAR)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus = 1000.00 gr		Prosentase Kumulatif	
		Tertahan (Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.75	50	5.00	5.00	95.00
8	2.36	245	24.50	29.50	70.50
16	1.18	242	24.20	53.70	46.30
30	0.60	133	13.30	67.00	33.00
40	0.42	202	20.20	87.20	12.80
50	0.30	78	7.80	95.00	5.00
60	0.25	6	0.60	95.60	4.40
100	0.15	35	3.50	99.10	0.90
200	0.075	7	0.70	99.80	0.20
PAN		2	0.20	100.00	0.00
Jumlah		1000			

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Syarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar



Dr. Ir. Hj. Nurawati, ST., MT., IPM
NBM: 975 108



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

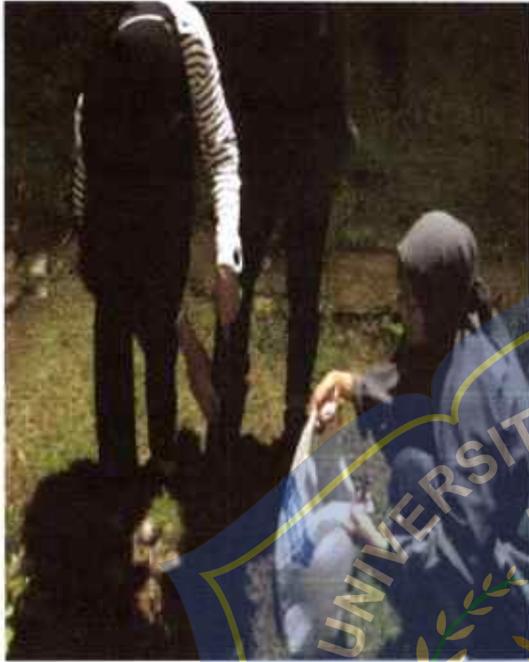
Jl. Sultan Aluaddin No.258 Telp.(0411)886972.Fax(0411)8655888 Makassar,90211

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : *Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler
Pada Tanah Granuler*



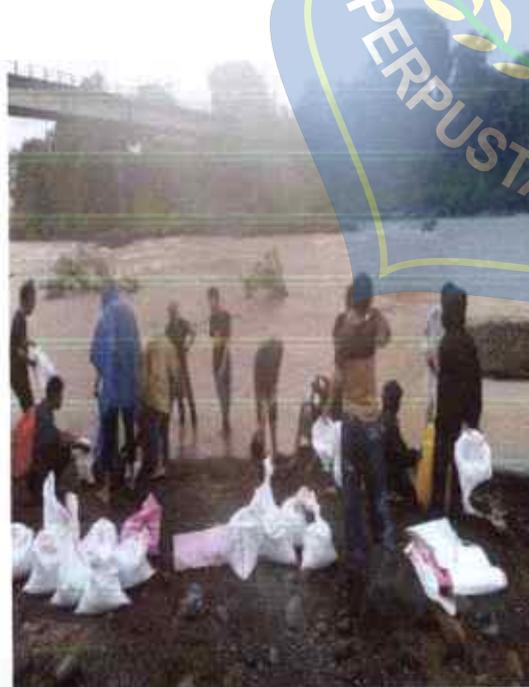
DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN



PENGAMBILAN SAMPEL TANAH



PENGUJIAN SAMPEL TANAH



**PENGAMBILAN TANAH DALAM
SKALA BESAR**



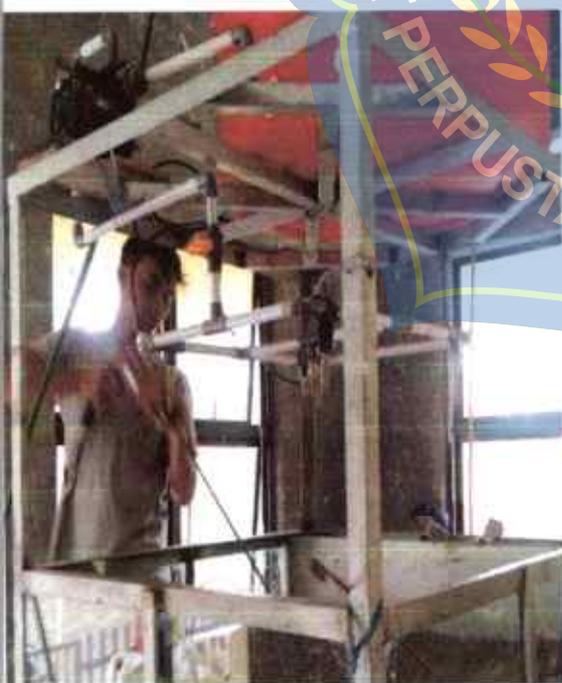
PROSES PENGERINGAN TANAH



KALIBRASI ALAT



MEMASUKKAN TANAH DALAM ALAT



PROSES VIBRASI TANAH



TANAH SETELAH DIVIBRASI





PENGUJIAN ANGKA PORI AWAL

TANAH DIHUKANI

PEMBACAAN KEJUT KAPILER

