

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH INTENSITAS HUJAN TERHADAP
KERAPATAN RELATIF PADA TANAH GRANULER**



31/08/2021
—
1 exp.
Smb. Alumni
—
R/0090/SIP/21 CD
ASM
S'

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2021

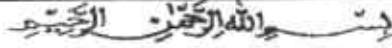
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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



HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP KERAPATAN RELATIF (Dr) PADA JENIS TANAH GRANULER.**

Nama : **ASMANIAR.M**

KASNI

No. Stambuk : **105 81 11065 16**

105 81 11123 16



26 Syawal 1442 H

Makassar,

7 Juni 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

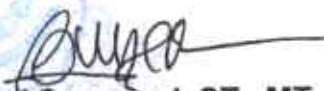
Pembimbing I

Pembimbing II

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

Lutfi Hair Djunur, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan


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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Asmaniar M** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11065 16 dan **Kasni** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11123 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat utama memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 14 Juni 2021.

Panitia Ujian:

Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

Penguji:

a. Ketua : Dr. IR. H. Abd. Rakhim Nanda, ST.,MT.,IPM

b. Sekretaris : Muh. Amir Zainuddin, ST.,MT.,IPM

Anggota: 1. Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, MT

2. Dr. Ir. Nenny T Karim, ST.,MT.,IPM

3. Ir. Andi Rahmat, MT

Mengetahui:

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Lutfi Hair Djunur, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik

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

Makassar, 3 Zulkaidah 1442 H

14 Juni 2021 M



STUDI PENGARUH “INTENSITAS HUJAN” TERHADAP KERAPATAN RELATIF PADA TANAH GRANULER (GRANULER SOIL) DENGAN MODEL SIMULASI (UJI LABORATORIUM)

Kasni, Asmaniar M

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar Email :

kasni037@gmail.com

Abstrak

kerapatan butiran tanah relatif terhadap kepadatan maksimum dan minimum hasil tes laboratorium disebut dengan kerapatan relatif. Kerapatan butiran tanah sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya intensitas curah hujan dalam satuan waktu (dalam hal ini 60 menit), Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam ml/jam, ml/hari, ml/perbulan dan sebagainya, yang kemudian disebut hujan jam-jaman, hujan harian, hujan mingguan, hujan bulanan dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap kerapatan relatif. Metode penelitian yang digunakan adalah model penelitian eksperimental yaitu model *rainfall simulator* dengan menggunakan 5 (lima) jenis intensitas curah hujan, dan 1 (satu) jenis tanah granuler. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa Kerapatan relatif awal pada jenis tanah granuler (*granuler soil*) dengan kondisi tanah asli (belum terkena pukulan hujan) tidak mengalami perubahan yang signifikan. Sedangkan kerapatan relatif akhir (setelah terkena pukulan hujan) mengalami perubahan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan. Semakin tinggi intensitas curah hujan, maka kerapatan relatif yang terjadi pada jenis tanah granuler (*granuler soil*) akan semakin besar.

Kata Kunci : Intensitas curah hujan, Tanah granuler, kerapatan relative

Abstrack

The density of soil grains relative to the maximum and minimum density of laboratory test results is called the relative density. Soil grain density is strongly influenced by the size of the intensity of rainfall in units of time (in this case 60 minutes), Rainfall intensity is the amount of rainfall in units of time, which is usually expressed in ml/hour, ml/day, ml/month and so on, which is then called hourly rain, daily rain, weekly rain, monthly rain and so on. This study aims to determine the effect of rainfall intensity on relative density. The research method used is an experimental research model, namely a rainfall simulator model using 5 (five) types of rainfall intensity, and 1 (one) granular soil type. The results showed that the initial relative density of granular soil with the original soil condition (not yet exposed to rain) did not change significantly. While the final relative density (after being hit by rain) changes directly proportional to the increase in rainfall intensity. The higher the intensity of rainfall, the greater the relative density that occurs in granular soil.

Keywords : Intensity of rainfall, granular soil, relative density

KATA PENGANTAR

Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

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

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan pada Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah "STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP KERAPATAN RELATIF (D_r) PADA TANAH GRANULER".

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

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa serta pengorbanan kepada penulis.
2. Ibu **Dr. Ir. H. Nurnawaty, ST., MT., IPM** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.**, sebagai Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc** selaku pembimbing I dan Bapak **Lutfi Hair Djunur, ST., MT** selaku pembimbing II, yang telah

meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan arahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

5. Bapak dan Ibu dosen serta staff pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan **Proyeksi 2016** yang dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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

Wassalamualaikum Wr.Wb

Makassar, 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSTUJUAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	5
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Klasifikasi Tanah	7
1. Gradasi Tanah	9
2. Sistem Klasifikasi Tanah	10
3. Sifat dan Karakteristik Tanah Granuler	17

B. Intensitas Curah Hujan.....	20
1. Pengertian Intensitas Curah Hujan.....	20
2. Mekanisme dan Proses Terjadinya Intensitas Curah Hujan	21
C. Analisa Hidrologi.....	24
1. Frekuensi dan Curah Hujan Rencana.....	24
2. Intensitas Curah Hujan.....	29
D. Kerapatan Relatif (Dr)	32
E. Parameter Infiltrasi.....	34
1. Pengertian Infiltrasi.....	34
2. Pengertian Laju Infiltrasi.....	35
3. Pengertian Kapasitas Infiltrasi.....	36
F. Rembesan Aliran Air Tanah.....	37
1. Pengertian Rembesan Aliran Air.....	37
2. Aliran Air Pada Tanah.....	38
G. Tinggi Tekanan Kapiler.....	40
1. Pengertian Tekanan Kapiler.....	40
2. Pengaruh Tekanan Kapiler Terhadap Sifat Hidrolik Tanah.....	41
H. Pengertian Penelitian, Variabel Penelitian, dan Definisi Operasional.....	43
1. Pengertian Penelitian.....	43
2. Variabel Penelitian.....	43
3. Definisi Operasional.....	44
I. Matriks Penelitian.....	44

BAB III METODE PENELITIAN	50
A. Jenis Penelitian.....	50
B. Tempat Penelitian.....	50
C. Variabel Penelitian.....	50
1. Variabel Bebas.....	50
2. Variabel Terikat.....	51
D. Definisi Operasional Variabel.....	51
1. Intensitas Curah Hujan.....	51
2. Kerapatan Relatif (Dr).....	52
3. Kedalaman Infiltrasi.....	52
4. Kecepatan Rembesan.....	52
5. Tinggi Tekanan Kapiler.....	52
E. Rancangan Penelitian.....	53
1. Alat.....	53
2. Prosedur Pengujian.....	55
3. Teknik Pengumpulan Data.....	57
4. Teknik Analisa Data.....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	63
A. Hasil Pengamatan.....	63
1. Karakteristik Tanah.....	63
2. Kerapatan Relatif (Dr).....	66
3. Kedalaman Infiltrasi.....	78
4. Kecepatan Rembesan.....	80

5. Tinggi Tekanan Kapiler.....	87
B. Pembahasan.....	88
1. Kerapatan Relatif (Dr)	88
2. Kedalaman Infiltrasi.....	89
3. Kecepatan Rembesan.....	90
4. Tinggi Tekanan Kapiler.....	91
BAB V PENUTUP	92
A. Kesimpulan.....	92
B. Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN	
DOKUMENTASI	



DAFTAR TABEL

Nomor	Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Proporsi Fraksi Menurut Kelas Tekstur Tanah.....	11
Tabel 2.2	Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir.....	13
Tabel 2.3	Klasifikasi Tana Granuler dengan Sistem AASHTO.....	15
Tabel 2.4	Klasifikasi Tana Berbutir Halus dengan Sistem AASHTO.....	16
Tabel 2.5	Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	28
Tabel 2.6	Klasifikasi Infiltrasi.....	36
Tabel 2.7	Ketinggian Air Kapiler.....	42
Tabel 2.8	Kenaikan Kapiler Untuk Beberapa Jenis Tanah.....	42
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir Sedang.....	66
Tabel 4.2	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I_2	68
Tabel 4.3	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I_2	69
Tabel 4.4	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I_5	71
Tabel 4.5	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I_5	72
Tabel 4.6	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I_{10}	74
Tabel 4.7	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I_{10}	75
Tabel 4.8	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I_{25}	77

Tabel 4.9	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I_{25}	78
Tabel 4.10	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I_{50}	80
Tabel 4.11	Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I_{50}	81
Tabel 4.12	Hasil Pengamatan Kedalaman Infiltrasi	84
Tabel 4.13	Hasil Pengamatan Kecepatan Rembesan	86
Tabel 4.14	Analisis Hubungan Kecepatan Rembesan Vertical Dengan Intensitas Curah Hujan	89
Tabel 4.15	Analisis Hubungan Kecepatan Rembesan Horizontal Dengan Intensitas Curah Hujan	91
Tabel 4.16	Hasil Pengamatan Tinggi Tekanan Kapiler	93



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Susunan Butiran Tanah Granuler.....	19
Gambar 2.2	Proses Terjadinya Hujan.....	23
Gambar 2.3	Diagram Kapasitas Air Tanah.....	41
Gambar 3.1	Skema Hubungan Variabel Penelitian.....	54
Gambar 3.2	Sketsa Alat Model.....	56
Gambar 3.3	Foto Alat Model Simulasi.....	57
Gambar 4.1	Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan Berdasarkan Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	67
Gambar 4.2	Grafik Analisis Kerapatan Relatif (Dr) Awal Dan Kerapatan Relatif (Dr) Akhir.....	83
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Kedalaman Infiltrasi Dengan Intensitas Curah Hujan.....	84
Gambar 4.4	Grafik Kecepatan Rembesan Pada Bidang Vertikal.....	88
Gambar 4.5	Grafik Kecepatan Rembesan Pada Bidang Horizontal.....	88
Gambar 4.6	Grafik Analisis Hubungan Kecepatan Rembesan Vertical Dengan Intensitas Curah Hujan.....	90

Gambar 4.7	Grafik Analisis Hubungan Kecepatan Rembesan Horizontal Dengan Intensitas Curah Hujan	91
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Tinggi Tekanan Kapiler Dengan Intensitas Curah Hujan	94
Gambar 16	Aliran Penelitian.....	100



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air hujan yang jatuh di permukaan tanah akan mengalir sebagai aliran limpasan dan sebagian akan masuk ke dalam tanah atau terinfiltrasi. Kondisi ini sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, di antaranya intensitas curah hujan, porositas tanah, kerapatan massa tanah, kadar air tanah, tekstur tanah, kepadatan tanah, kandungan organik tanah dan keadaan vegetasi permukaan tanah.

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi. Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit.

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

Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. 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 pemakaiannya.

Secara umum tanah dapat di klasifikasikan menjadi beberapa jenis, salah satunya adalah jenis tanah granuler. Jenis tanah granuler dalam konsistensinya bisa dalam bentuk kerikil, pasir atau lanau. Pada umumnya kerapatan relatif (D_r) dipakai untuk menunjukkan tingkat kerapatan tanah granuler (berbutir kasar), dan diketahui bahwa tingkat frekuensi hujan sangat berpengaruh terhadap angka pori dan kerapatan relatif, karena semakin besar intensitas curah hujan maka pori-pori tanah semakin kecil dan tanah semakin rapat. Jika hal tersebut terjadi, disamping tanah akan jenuh, pori tanah juga akan mengecil, akibatnya air hujan yang turun ke bumi tidak lagi masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) melainkan hanya menjadi aliran permukaan yang pada akhirnya kembali ke laut. Sehingga pengaruh intensitas hujan terhadap kerapatan relatif pada tanah granuler penting untuk diamati.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka kami akan melakukan suatu penelitian mengenai pengaruh intensitas hujan terhadap kerapatan relatif (D_r) pada jenis tanah granuler yang menggunakan 1 jenis tanah dan 5 variasi intensitas dengan simulasi laboratorium. Dan selanjutnya kami tuangkan dalam sebuah karya tulis sebagai tugas akhir dengan judul **"Studi Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Kerapatan Relatif (D_r) Pada Jenis Tanah Granuler (Simulasi Laboratorium)"**

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, dapat dipertegas permasalahan ilmiah yang mendasari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh intensitas curah hujan terhadap kerapatan relatif pada jenis tanah granuler yang terjadi sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol ?
2. Bagaimana hubungan intensitas curah hujan terhadap kedalaman infiltrasi pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol ?
3. Bagaimana pengaruh intensitas curah hujan terhadap kecepatan rembesan pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol ?
4. Bagaimana pengaruh intensitas curah hujan terhadap tinggi tekanan kapiler pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan pelaksanaan penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap kerapatan relatif pada jenis tanah granuler yang terjadi sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol.

2. Mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap kedalaman infiltrasi pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol.
3. Mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap kecepatan rembesan pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol.
4. Mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap tinggi tekanan kapiler pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol.

D. Manfaat Penelitian

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

1. Memberikan gambaran pengaruh intensitas curah hujan terhadap kerapatan relatif pada jenis tanah granuler yang terjadi sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol yang menggunakan 1 jenis tanah dan 5 variasi intensitas (simulasi laboratorium).
2. Memberikan gambaran pengaruh intensitas curah hujan terhadap kedalaman infiltrasi pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol yang menggunakan 1 jenis tanah dan 5 variasi intensitas (simulasi laboratorium).
3. Memberikan gambaran pengaruh intensitas curah hujan terhadap kecepatan rembesan pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung

dengan intensitas terkontrol yang menggunakan 1 jenis tanah dan 5 variasi intensitas (simulasi laboratorium).

4. Memberikan gambaran pengaruh intensitas curah hujan terhadap tinggi tekanan kapiler pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol yang menggunakan 1 jenis tanah dan 5 variasi intensitas (simulasi laboratorium).

E. Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini dilakukan di Jl. Poros Malleo, Kecamatan Parigi, Desa Bikkoro
2. Intensitas curah hujan yang diamati bersumber dari hujan buatan dari alat simulasi yang didesain dan dibuat khusus (*specific equipment*)
3. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jenis tanah yang berbutir kasar (*granuler soil*) dan 5 variasi intensitas, dengan gradasi pasir sedang (*medium sand*)

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

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

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

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

Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. 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 pemakaiannya (Das, 1995).

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

- 1) Kerikil, termasuk kedalam tanah berbutir kasar dan tidak lolos ayakan No.200. Merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan karena mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunannya kecil asalkan tanahnya relative padat. Namun, karena relative padat maka sedikit sulit dalam pemancangan.
- 2) Pasir, merupakan material tanah yang baik untuk urug pada dinding penahan tanah dan struktur bawah tanah karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Mempunyai kuat geser yang tinggi maka dari itu baik untuk timbunan. Mempunyai nilai kohesi yang kecil pada keadaan lembab diatas muka air.
- 3) Lempung (*Clay*), termasuk kedalam tanah berbutir halus terdiri dari butiran yang sangat kecil dan menunjukkan sifat sifat plastisitas dan kohesif. Plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali kebentuk aslinya, dan tanpa terjadi retak retak atau pecah pecah, sedangkan kohesif menunjukkan apakah bagian bagian dari bahan itu melekat satu sama lain. Tanah lempung dinyatakan sebagai lunak, sedang atau kaku tergantung dari kadar air dan kandungan mineralnya. Pada waktu kering, tanah ini dapat sangat keras dan menyusut yang disertai retakan. Waktu basah, kuat geser akan turun dan lempung menjadi mengembang.
- 4) Lanau (*Silt*), merupakan material yang butiran butirannya lolos saringan NO.200 dan merupakan bahan peralihan antara lempung dan pasir halus.

Kurang plastis dan lebih mudah ditembus air daripada lempung dan memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak dapat terjadi dilempung. Dilatasi adalah sifat yang menunjukkan gejala perubahan isi apabila lanau itu diubah bentuknya. Lanau mempunyai kuat geser yang rendah, kapilaritas yang tinggi, permeabilitas rendah, kerapatan relative rendah dan sulit dipadatkan.

1. Gradasi Tanah

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

Berdasarkan butiran tanah yang dianalisa saringan maka gradasi agregat dapat dibedakan atas (Fakhli, 2014) :

a. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

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

b. Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

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

stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

c. Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

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

2. Sistem Klasifikasi Tanah

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

a. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Kelas Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung dalam tanah. Dari ketiga fraksi tersebut partikel pasir mempunyai ukuran diameter paling besar yaitu $2 - 0,05$ mm, debu dengan ukuran $0,05 - 0,002$ mm dan liat dengan ukuran $<0,002$ mm (Lastri, 2015).

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

Tabel 2.1. Proporsi Fraksi Menurut Kelas Tekstur Tanah

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

Sumber : Hanafiah (2005). Buku Dasar Dasar Ilmu Tanah

Tekstur tanah di lapangan dapat dibedakan dengan cara manual yaitu dengan memijat tanah basah diantara jari jempol dan telunjuk sambil dirasakan halus kasarnya yang meliputi rasa keberadaan butir-butir pasir, debu dan liat dengan cara sebagai berikut (Triuchih, 2015):

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

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

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

b. Klasifikasi Berdasarkan Butir Tanah (Metode Umum)

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

Tabel 2.2. Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

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

Sumber : Darwis 2018 (Buku Dasar-Dasar Mekanika Tanah)

Sifat sifat tanah berbutir kasar tergantung pada ukuran butirnya, sehingga distribusi ukuran butir adalah satu satunya sifat yang dipakai dalam mengklasifikasikan tanah granuler. Tanah berbutir kasar yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No.200 ($F_{200} < 50$). Lain halnya dengan tanah yang berbutir halus diketahui bahwa tidak ada hubungan langsung antara sifat sifatnya dengan ukuran butirnya. Sehingga dalam mengklasifikasikannya digunakan metode lain yaitu terutama dengan percobaan Batas Atterberg dan atau percobaan Dilatasi untuk mengetahui apakah tanah tersebut termasuk lanau atau lempung. Tanah jenis ini yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No.200 ($F_{200} \geq 50$).

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

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

c. Sistem Klasifikasi AASHTO

AASHTO (*American Assosiation of State highway and Transportation Officials Classification*) sebagai badan transportasi dan jalan raya Amerika Serikat menyusun system klasifikasi tanah untuk keperluan perencanaan jalan (*subbase dan subgrade*).

Pengujian tanah yang diperlukan dalam klasifikasi ini adalah analisis saringan dan uji batas atterberg. Berikut ini klasifikasi tanah menurut sistem AASHTO :

Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Granuler dengan system AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler (<35% Lolos Saringan No. 200)						
Klasifikasi Kelompok	A1		A3	A2			
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7
Analisis Saringan (% Lolos)							
No.10 (2,00 mm)	50 maks						
No.40 (0,425 mm)	30 maks	50 maks	51 min				
No.200 (0,075 mm)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks
Sifat fraksi lolos saringan No.200							
Batas Cair (LL)				40 maks	41 min	40 maks	41 min
Batas Plastis (PI)	6 maks	6 maks	Np	10 maks	10 maks	10 maks	10 maks
Indeks Kelompok (G)	0	0	0	0	0	4 maks	4 maks

Tipe material yang dominan pada umumnya	Pecahan batu, kerikil & pasir	Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir
Penilaian umum sebagai tanah dasar	"Sangat Baik" sampai "Baik"		

Sumber : Darwis 2014 (Buku Mekanika Tanah Dasar 1)

Tabel 2.4. Klasifikasi Tanah Berbutir Halus dengan System AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau - Lempung (<35% Lolos Saringan No. 200)			
	A4	A5	A6	A7 A7-5/A7-6
Klasifikasi Kelompok				
Analisis Saringan (% Lolos)				
No. 10 (2,00 mm)				
No. 40 (0,425 mm)				
No. 200 (0,075 mm)	36 maks	36 maks	36 maks	36 maks
Sifat fraksi lolos saringan No. 200				
Batas cair (LI)	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Batas plastis (PI)	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang dominan pada umumnya	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	"Sedang" sampai "Buruk"			

Sumber : Darwis 2014 (Buku Mekanika Tanah Dasar 1)

Catatan :

Kelompok A7 dibagi atas A7-5 dan A7-6 bergantung pada batas plastisnya(PL)

Untuk $PL > 30$ diklasifikasikan A7-5

Untuk $PL < 30$ diklasifikasikan A7-6

N_p = Non Plastis



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

3. Sifat dan Karakteristik Tanah Granuler

Jenis tanah yang berbutir kasar (granuler soil) jenis tanah granuler dalam konsistensinya biasa dalam bentuk kerikil pasir atau lanau (Darwis, 2018).

a. Sifat Fisis dan Teknis Tanah Granular

Tanah granular adalah tanah berbutir kasar tidak mempunyai komponen kohesi ($c=0$), maka kuat gesernya hanya bergantung pada gesekan antar butiran tanah. Tanah granular, seperti pasir, kerikil, batuan, dan campurannya, mempunyai sifat-sifat teknis yang sangat baik. Sifat-sifat tanah tersebut antara lain (Hardiyatmo, 2002) :

- 1) Merupakan 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) Merupakan 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 drainasi 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 kompresibilitas tanah granular tergantung dari kepadatan butiran yang biasanya dinyatakan dalam kerapatan relatif (D_r). Kerapatan relatif dapat ditentukan dari uji penetrasi, contohnya alat uji penetrasi standar (SPT).
- 6) Tanah granular tergantung pada ukuran dan bentuk butirannya. Semakin besar dan kasar permukaan butiran, semakin besar kuat gesernya. Oleh pengaruh gaya geser, butiran yang kecil mudah sekali menggelinding, sedang pada butiran yang besar, akibat geseran, butiran akan memaksa satu sama lain. Demikian pula mengenai gradasi, jika gradasi semakin baik, semakin besar kuat gesernya.
- 7) Kapasitas dukung dalam kepadatan sedang atau besar mempunyai kapasitas dukung yang tinggi. Tanah pasir merupakan material granular yang mempunyai kapasitas dukung dan kompresibilitas yang sama

seperti kerikil. Namun, jika tidak padat nilai kapasitas dukung izinnya menjadi rendah oleh persyaratan besarnya penurunan.

b. Karakteristik Tanah Granuler

Susunan Partikel Pada Tanah Granuler 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. 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, porositas, berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam tanah. Oleh karena itu di alam, biasa ditemukan tanah granuler dalam konsistensi padat (*dens*), longgar (*loose*), atau bahkan dalam bentuk sarang lebah (*honeycomb*) yang dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut :



a) Padat

b) Longgar

c) Sarang lebah

Gambar 2.1. Susunan Butiran Tanah Granuler (*Dasar - Dasar Perbaikan*

Tanah, Darwis 2017)

B. Intensitas Curah Hujan

1. Pengertian Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam ml/jam, ml/hari, ml/perbulan dan sebagainya, yang kemudian disebut hujan jam-jaman, hujan harian, hujan mingguan, hujan bulanan dan sebagainya. (Bambang Triatmodjo, 2008)

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi (Wesli, 2008)

Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak luas. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dengan durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkkan dari langit. (Suroso, 2006).

Besarnya "intensitas hujan dapat diketahui dari hasil pencatatan penakaran hujan otomatis (*fluviograf*) berupa sebuah lengkung penjumlahan hujan (akumulasi hujan). Data intensitas hujan tersebut umumnya dalam bentuk tabular atau grafik. Cara lain untuk menentukan besarnya intensitas curah hujan adalah dengan menggunakan teknik interval

waktu yang berbeda. Data intensitas hujan dapat dimanfaatkan untuk prakiraan besarnya erosi, debit puncak (banjir), perencanaan drainase, dan bangunan air lainnya, serta prakiraan dampak perubahan karakteristik hidrologi (Asdak,1995).

Intensitas curah hujan umumnya dihubungkan dengan kejadian dan lamanya (duration) hujan turun, yang disebut *Intensity Duration Frequency* (IDF). Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung *Intensitas Durasi Frekuensi* (IDF Curve).

2. Mekanisme dan Proses Terjadinya Intensitas Curah Hujan

Singh (1992), menyatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik menurut waktu dan ruang tentang kuantitas dan kualitas air bumi, termasuk di dalamnya kejadian, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan dan manajemen.

Secara umum, pergerakan air di alam terdiri dari beberapa peristiwa, yaitu :

- a. penguapan air (evaporasi),
- b. pembentukan awan (kondensasi),
- c. jatuhnya air ke bumi (presipitasi) dan
- d. aliran air pada permukaan bumi dan di dalam tanah.

Salah satu bentuk presipitasi yang terpenting di Indonesia adalah hujan (*rainfall*). Air laut yang menguap karena adanya radiasi matahari dan awan yang terjadi oleh uap air, bergerak di atas daratan akibat adanya gerakan angin. Presipitasi yang terjadi karena adanya tabrakan antara butir-butir uap

air akibat desakan angin, dapat berbentuk hujan atau salju yang jatuh ke tanah yang berbentuk limpasan (*runoff*) yang mengalir kembali ke laut. Curah hujan yang jatuh di atas permukaan daerah aliran sungai, selalu mengikuti proses yang disebut dengan Siklus Hidrologi (Soemarto, 1987).

Air hujan yang tiba di permukaan bumi, sebagian masuk menyusup kedalam tanah, bagian lainnya masuk mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, mengalir ke daerah-daerah yang rendah dan kemudian masuk ke sungai untuk akhirnya bermuara ke laut. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah segera kembali keluar memasuki sungai dan akhirnya pun ke laut. Akan tetapi, sebagian besar tertampung di dalam tanah sebagai air tanah, kemudian dalam jangka waktu yang lama keluar sedikit demi sedikit ke daerah yang rendah di permukaan tanah.

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



Gambar 2.2. Proses Terjadinya Hujan (hendratulzair.blogspot.com)

Proses mengembunnya uap air menjadi hujan dan jatuh menuju bumi dinamakan presipitasi (*precipitation*). Proses menguapnya air dari daratan dan lautan menuju atmosfer bumi dinamakan evaporasi (*evaporation*), sedangkan proses menguapnya air dari tanaman disebut transpirasi (*transpiration*), keduanya secara bersama-sama disebut evapotranspirasi.

Adapun proses masuknya air ke dalam tanah yang menyusup melalui pori-pori tanah dinamakan infiltrasi (*infiltration*) atau perkolasi (*percolation*). Aliran air di permukaan bumi dari daratan ke sungai kemudian akhirnya ke laut dinamakan aliran permukaan (*surface stream flow*).

Aliran air yang masuk ke dalam tanah tapi kemudian segera kembali keluar dan menuju sungai disebut aliran intra (*inter flow*). Air yang tersimpan di dalam tanah atau di antara lapisan-lapisan tanah dinamakan air

tanah (*ground water*). Secara keseluruhan, sirkulasi air yang berlangsung di bumi ini mencakup semua proses tadi dan disebut daur hidrologi (*hydrological cycle*).

C. Analisa Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*), seperti besarnya curah hujan, temperatur, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah terhadap waktu (Soewarno, 1995).

1. Frekuensi dan Curah Hujan Rencana

Analisa frekuensi hujan merupakan analisa statistik penafsiran (*statistical inference*) hujan, biasanya dalam perhitungan hidrologi dipakai untuk menentukan terjadinya periode ulang hujan pada periode tahun tertentu. (Hadisisanto, N. 2011).

Curah Hujan Rencana adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Curah Hujan Rencana dihitung berdasarkan distribusi atau sebaran curah hujan harian maksimum selama (minimal) 10 tahun berturut-turut.

Selanjutnya dalam kaitannya dengan analisis hujan, maka ada 5 besaran pokok yang perlu dikaji dan dipelajari (Soemarto, C. D, 1987), yaitu :

- a. Intensitas (*i*), adalah laju curah hujan yaitu tinggi air per satuan waktu, misalnya mm/menit, mm/jam, mm/hari.

- b. Lama waktu atau durasi (t), adalah lamanya curah hujan terjadi dalam menit atau jam.
- c. Tinggi hujan (d), adalah banyaknya atau jumlah hujan yang dinyatakan dalam ketebalan air diatas permukaan datar, dalam mm.
- d. Frekuensi, adalah frekuensi kejadian terjadinya hujan, biasanya dinyatakan dengan waktu ulang (*return period*) (T), misalnya sekali dalam T tahun.
- e. Luas (A), adalah daerah tangkapan curah hujan, dalam km².

Dalam penentuan distribusi frekuensi ada persyaratan yang perlu dipenuhi, yaitu mengenai nilai parameter-parameter statistiknya. Parameter tersebut antara lain: koefisien variasi, koefisien asimetri (*skewness*) dan koefisien kurtosis. Analisa frekuensi harus dilakukan secara bertahap dan sesuai dengan urutan kerja yang telah ada karena hasil dari masing-masing perhitungan tergantung dan saling mempengaruhi terhadap hasil perhitungan sebelumnya. Berikut adalah penerapan langkah-langkah analisis frekuensi setelah persiapan data dilakukan (Soewarno, 1995):

- 1) Nilai rerata \bar{x} :

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

- 2) Standar deviasi (S):

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

Dimana :

S = Standar deviasi

X_i = curah hujan rancangan pada periode tertentu

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

n = jumlah data

3) Koefisien variasi (C_v):

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad \text{..... (3)}$$

Dimana :

C_v = Koefisien variasi

4) Koefisien asimetri/skewness (C_s):

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad \text{..... (4)}$$

Dimana :

C_s = koefisien asimetri/skewness (C_s)

5) Koefisien kurtosis (C_k):

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2) \cdot S^4} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad \text{..... (5)}$$

Dimana :

C_k = koefisien kurtosis

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

1) Nilai rerata $\log \bar{x}$:

$$\log \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \quad \text{..... (6)}$$

2) Standar deviasi (S_d):

$$S_d = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{(\log X_i - \bar{x})^2}{n-1} \right)} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

S_d = Standar deviasi

$\log X_i$ = logaritma curah hujan rancangan pada periode tertentu

$\log \bar{x}$ = logaritma curah hujan harian maksimum rata-rata

n = jumlah data

3) Koefisien variasi (C_v):

$$C_v = \frac{S}{\log X} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

C_v = Koefisien variasi

4) Koefisien asimetri/skewness (C_s):

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot S^3} \cdot \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^3 \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

C_s = koefisien asimetri/skewness (C_s)

5) Koefisien kurtosis (C_k):

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \cdot \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^4 \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

C_k = koefisien kurtosis

Curah hujan ialah jumlah air yang jatuh pada permukaan tanah selama periode tertentu bila tidak terjadi penghilangan oleh proses evaporasi, pengaliran dan peresapan, yang diukur dalam satuan tinggi. Tinggi air hujan 1 mm berarti air hujan pada bidang seluas 1 m² berisi 1 liter. Unsur-unsur hujan yang harus diperhatikan dalam mempelajari curah hujan ialah jumlah curah hujan, dan intensitas atau kekuatan tetesan hujan (Arifin, 2010).

Untuk mendapatkan curah hujan rancangan (R_t) dilakukan melalui analisa frekuensi, antara lain metode distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson tipe III.

Tabel 2.5. Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi

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

Sumber : Triatmodjo B. (2010)

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Log Pearson tipe III, berikut langkah-langkah perhitungan curah hujan dengan metode Log Pearson tipe III. (Soemarto C.D, 1995) :

1) Nilai Rata-rata :

$$\log \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\log X_i)}{n} \quad (11)$$

2) Standar Deviasi :

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\log X_i \log X_i)^2}{n-1} \quad (12)$$

3) Koefisien Kepencengan :

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\log X_i \log X_i)^3}{(n-1)(n-2)(S_x)^3} \quad (13)$$

4) Curah Hujan Rencana

$$\log X = \log \bar{x} + G \cdot S_x \quad (14)$$

Dimana:

$\log X$ = Logaritma curah hujan yang di cari

$\log \bar{x}$ = Logaritma rerata dari curah hujan

$\log X_i$ = Logaritma curah hujan tahun ke i

G = Konstanta Log Person III berdasarkan koefisien kepencengan besarnya yang telah disajikan

S_x = Simpangan Baku

n = Jumlah Data

2. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan umumnya dihubungkan dengan kejadian dan lamanya (*duration*) hujan turun, yang disebut *Intensity Duration*

Frequency (IDF). Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensita Durasi Frekuensi (IDF Curve).

Penyesuaian intensitas curah hujan dengan volume air, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Volume Hujan} = I \times t \times A \quad (15)$$

Dimana :

I : Intensitas Curah Hujan

t : Waktu

A : Luas Permukaan Tanah

Volume hujan tiap jam

$$V = \frac{1}{t} \times I \times A \quad (16)$$

sehingga dapat dihitung volume hujan untuk tiap menit

$$Vn = \frac{n}{t} \times V \quad (17)$$

Untuk perhitungan intensitas curah hujan ada beberapa metode yang digunakan, yaitu:

a. Metode Monobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^m \quad (18)$$

Dimana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit), atau untuk 4 dalam (jam) a,b,n,m :
tetapan

R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

b. Metode van breen

$$I_T = \frac{54R_T + 0,07R_T}{t_c + 0,3R_T} \quad (19)$$

Dimana :

I_T = Intensitas curah hujan pada suatu periode ulang

R_T = Tinggi curah hujan pada periode ulang T tahun

c. Metode Haspers dan Der Weduwen

$$R_t = \frac{12772t + 54}{X_t(1-t) + 12772} \quad (20)$$

Dimana :

t = Durasi curah hujan dalam satuan jam

X_t = Curah hujan maksimum yang terpilih

$$I = \frac{R}{T} \quad (21)$$

untuk $1 \leq t < 24$ jam:

$$R = \sqrt{\frac{11300t [X_t]}{t + 3,12 [100]}} \quad (22)$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan

R, R_t = Curah hujan menurut Haspers dan Der Weduwen

t = Durasi curah hujan

Xt = Curah hujan harian maksimum yang terpilih

D. Kerapatan Relatif (Dr)

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

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

- Lepas (loose) $Dr = 0 - 0,33$
- Sedang (medium) $Dr = 0,33 - 0,67$
- Padat (dense) $Dr = 0,67 - 1$

Dituliskan dalam Situs Teknik Sipil (Akil Ade Iskandar, 2013), Kerapatan relatif (Dr) umumnya dipakai untuk menunjukkan tingkat kerapatan tanah granuler (berbutir kasar) di lapangan.

Untuk mendapatkan nilai kerapatan relatif, maka akan dilakukan pengujian sand cone yang bertujuan untuk menentukan kepadatan lapisan tanah dilapangan yang akan diuji dilaboratorium, adapun langkah-langkah dalam pengujian, yaitu :

1. Menentukan Volume Botol

$$\text{Volume Botol} = \frac{W2 - W1}{\text{yair}} \dots\dots\dots (23)$$

Dimana :

$W1$ = Berat botol dalam keadaan kosong

W_2 = Berat botol berisi air

2. Menentukan Berat Isi Pasir (γ_{pasir})

$$\gamma_{pasir} = \frac{W_3 - W_1}{Volume\ Botol} \quad (24)$$

Dimana :

W_1 = Berat botol dalam keadaan kosong

W_3 = Berat botol berisi pasir

3. Menentukan Berat Pasir Dalam Corong (W_6)

$$W_6 = W_4 - W_5 \quad (25)$$

Dimana :

W_4 = Berat botol, pasir dan corong

W_5 = Berat botol, sisa pasir dan corong

4. Menentukan Berat Isi Tanah Di Lapangan

- Hitung berat pasir dalam lubang dan corong (W_9)

$$W_9 = W_7 - W_8 \quad (26)$$

Dimana :

W_7 = Berat botol, pasir dan corong

W_8 = Berat botol, sisa pasir dan corong

- Hitung berat pasir dalam lubang (W_{10})

$$W_{10} = W_9 - W_6 \quad (27)$$

Dimana :

W_9 = Berat pasi dalam lubang dan corong

W_6 = Berat pasir dalam corong

airSeepage → proses dimana air dapat mengalir melalui ruang pori. Yang perlu diperhatikan :

- Banyaknya air yang akan merembes
- Tegangan air di dalam tanah akibat rembesan

2) Aliran Air Pada Tanah

Air tanah adalah air yang tersimpan dalam tanah. Air mengisi ruang antara butir tanah dan meresap ke dalam tanah (Dinamika Hidrosfer, 2018).

Air tanah dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal adalah air tanah yang terdapat pada lapisan akuifer bebas yang bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air tetapi bagian atasnya tidak dibatasi lapisan kedap air, melainkan oleh muka preatik bertekanan satu atmosfer. Air tanah dalam merupakan air tanah yang terdapat pada akuifer tertekan yang bagian bawah dan atasnya dibatasi oleh lapisan kedap air (Arismunandar, 2000).

Meskipun air tanah tidak dapat secara langsung diamati melalui permukaan bumi, penyelidikan permukaan tanah merupakan awal penyelidikan yang cukup penting, paling tidak dapat memberikan suatu gambaran mengenai lokasi keberadaan air tanah tersebut. Beberapa metode penyelidikan permukaan tanah yang dapat dilakukan, diantaranya : metode geologi, metode gravitasi, metode magnet, metode seismik, dan metode geolistrik. Dari metode-metode tersebut, metode geolistrik merupakan metode yang banyak sekali digunakan dan hasilnya cukup baik (Bisri, 1991).

Akuifer adalah suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang dapat meluluskan air baik yang terkonsolidasi maupun yang tidak terkonsolidasi dengan kondisi jenuh air dan mempunyai suatu besaran konduktivitas hidrolis sehingga dapat membawa air dalam jumlah yang ekonomis (Kodeatie, 1996). Yang merupakan tempat penyimpanan air tanah (Danaryanto et al., 2010). Peranan penting dari air tanah dalam sektor pertanian adalah untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada suatu daerah dimana air permukaan tidak dapat dimanfaatkan akibat kendala faktor lokasi maupun faktor musim.

Aliran tanah dalam keadaan sebenarnya tidak berubah, aliran tersebut dipengaruhi oleh prinsip-prinsip hidrolis yang telah tersusun baik terhadap aliran air tanah lewat akuifer yang pada umumnya merupakan sebagai media aliran dapat diberlakukan hukum Darcy (Henry Darcy, 1999). Pergerakan air tanah dapat diketahui dengan hukum Darcy sebagai berikut:

$$V = Ki = K\Delta h/L \quad (34)$$

Sehingga debit air tanah :

$$Q = V.A = K.L.A \quad (35)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran air dalam ekifer (m/s)

K = Hydraulic conductivity (cm/s)

I = Gradiwn hidraulik searah aliran

Δh = Tinggi tekan piezometrik (potential head) = $h_1 - h_2$

L = Jarak titik tinjauan

Q = Debit aliran melalui akifer (m^3/det)

A = Luas Penampang (m^2)

Aliran air tanah adalah aliran yang terjadi di bawah permukaan air tanah ke elevasi yang lebih rendah yang akhirnya menuju sungai atau langsung ke laut (Asdak, 2010).

Air tanah mengalir dari titik berenergi potensial tinggi ke arah titik berenergi potensial lebih rendah, antara titik-titik yang berenergi potensial sama tidak terdapat pengaliran air tanah (Usmar dkk, 2006).

G. Tinggi Tekanan Kapiler

1) Pengertian Tekanan Kapiler

Menurut Hardiyatmo (2012), tekanan kapiler (P_c) di definisikan sebagai perbedaan tekanan yang ada antara permukaan dua fluida yang tidak tercampur sebagai akibat dari terjadinya pertemuan permukaan yang memisahkan mereka.

Kohesi pada konsistensi tanah merupakan gaya tarik menarik antara zarah tanah akibat adanya selaput lengas pada permukaan zarah tersebut, besar kecilnya zarah dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk zarah serta tebal tipisnya selaput lengas di antara zarah tersebut. Sedangkan adhesi dalam konsistensi tanah adalah gaya tarik menarik antara zarah tanah (fase padat) dengan molekul air (fase cair) (Hardiyatmo, 2012).

Menurut Hardiyatmo (2012), tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan tipis permukaan air sebelah atas. Pasa prinsipnya tarikan permukaan adalah hasil perbedaan gaya Tarik antara molekul-molekul pada

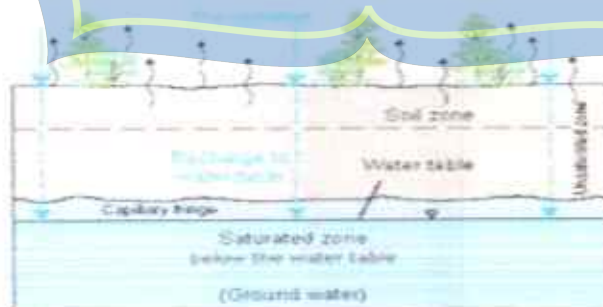
bidang singgung pertemuan dua material yang berbeda sifat. Peningkatan tekanan kapiler di dalam lapisan tanah yang mendapatkan infiltrasi awal terjadinya akibat tertutupnya sebagian pori-pori tanah di lapisan permukaan, sehingga meningkatnya daya ikat tanah terhadap air dan mengakibatkan terjadinya pergerakan air kapiler dari lapisan tanah jenuh ke lapisan tanah tak jenuh.

Tekanan kapiler mempunyai pengaruh yang penting dalam reservoir air tanah, minyak, maupun gas (Darwis 2017), yaitu:

- a. Mengontrol distribusi saturasi di dalam reservoir.
- b. Merupakan mekanisme pendukung minyak dan gas untuk bergerak atau mengalir melalui pori-pori reservoir dalam arah vertical.

2) Pengaruh Tekanan Kapiler Terhadap Sifat Hidrolik Tanah

Akibat tekanan kapiler, air tanah tertarik ke atas melebihi permukaannya dan mengisi ruang (pori) diantara butiran tanah. Pori-pori tanah sebenarnya bukan sistem pipa kapiler, tapi teori kapiler dapat diterapkan guna mempelajari kelakuan air pada zona kapiler. Air dalam zona kapiler ini dapat dianggap bertekanan negatif, yaitu mempunyai tekanan di bawah tekanan atmosfer, (Christady, 2002).



Gambar 2.3. Diagram Kapasitas Air Tanah (Davie, T. 2008)

Tinggi air kapiler pada berbagai macam tanah diberikan oleh Hansbo (1975) dalam Darwis (2012), dapat dilihat dalam penyajian pada berikut:

Tabel 2.7. Ketinggian Air Kapiler

Macam Tanah	Kondisi Longsor	Kondisi Padat
Pasir Kasar	0.03 - 0,12 m	0.04 - 0.15 m
Pasir sedang	0,12 - 0,50 m	0.35 - 1.10 m
Pasir Halus	0.30 - 2.00 m	0.40 - 3.50 m
Lanau	1.50 - 10.0 m	2.50 - 12.0 m
Lempung		> 10 m

Sumber : (Hansbo, 1975)

Pengaruh tekanan kapiler pada tanah adalah menambah tegangan efektif. Jika tekanan kapiler membesar, maka tegangan kontak diantara partikel membesar pula. Akibatnya, ketahanan tanah terhadap geser atau kuat geser tanah bertambah.

Jangkauan kenaikan kapiler dan kenaikan kapiler nyata untuk berbagai jenis tanah (soil) ditunjukkan dalam tabel :

Tabel 2.8. Kenaikan Kapiler Untuk Beberapa Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Deskripsi	Jangkauan Diameter (mm)		Jangkauan Kenaikan Kapiler (cm)		Kenaikan Kapiler Nyata (cm)
1	Kerikil/Gravel	Sangat Kasar	4	2	3.75	1.5	2.5
2	Pasir/Sand	Sangat Kasar	2	1	7.5	3.75	6.5
3	Pasir/Sand	Kasar	1	0.5	15	7.5	13.5
4	Pasir/Sand	Medium	0.5	0.25	37.5	15	24.5
5	Pasir/Sand	Halus	0.25	0.125	75	37.5	42.8
6	Pasir/Sand	Sangat Halus	0.125	0.062	150	75	105.5
7	Lanau/Silt	Sangat halus	0,062	0,031	375	150	200

Sumber : (Tookl & Mays, 2005)

H. Pengertian Penelitian, Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

1. Pengertian Penelitian

Penelitian adalah suatu cara sistematis untuk meningkatkan, memodifikasi, dan mengembangkan pengetahuan yang dapat disampaikan (dikomunikasikan) dan diuji (diverifikasi) oleh peneliti lain (Fellin dkk, 1996). Pada proses penelitian terdapat model penelitian eksperimental, menurut Sedarmayanti dan Syarifudin (2002), penelitian eksperimen atau eksperimental adalah penelitian yang berusaha mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lain dengan kontrol yang ketat.

2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2009).

Pada proses penelitian terdapat dua jenis variabel, yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*).

a. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas (*independent variable*) merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat (*dependent variable*) (Sugiyono, 2011).

b. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat (*dependent variable*) merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2011).

3. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah sebagai suatu unsur penelitian yang merupakan petunjuk tentang bagaimana suatu variabel penelitian yang diukur dalam rangka memudahkan pelaksanaan dilapangan, sehingga memerlukan operasionalisasi dari masing-masing konsep yang digunakan dalam menggambarkan perilaku atau gejala yang dapat diamati dengan kata-kata yang dapat diuji dan diuji diketahui kebenarannya (Singarimbun, 1997).

I. Matriks Penelitian

No	Nama Penulis	Judul/Topik	Metode Penelitian	Hasil
1.	Heni Pujiastuti	Efek Kerapatan Relatif (Dr) Terhadap Daya Dukung Fondasi dangkal Pada Tanah Pasiran Dengan Beban Sentris	Model Fondasi Dan Kerapatan Relatif (Dr)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Semakin bertambah kerapatan relatif (Dr) tanah pasir, semakin besar berat volume tanah kering dan berat volume tanah basah 2. Kerapatan relatif (Dr) pada tanah pasir berpengaruh terhadap perilaku keruntuhan pondasi yaitu perilaku keruntuhan geser pada pasir yang mempunyai kerapatan relatif (Dr) 10% sampai 30% adalah type punching shear failure, pasir dengan Dr 40% sampai 70% adalah type local shear faulure, sedangkan pasir

				<p>dengan D_r 80% sampai 100% adalah type general shear failure.</p> <p>3. Semakin besar nilai kerapatan relatif (D_r) nilai daya dukung fondasi ultimit ($q_{ultimit}$) juga semakin besar, hasil regresi diperoleh persamaan empiris, sebagai berikut :</p> <p>$q_{ultimit} = 0,0588 D_r^{0,9964}$ untuk fondasi berbentuk bujur sangkar</p> <p>$q_{ultimit} = 0,0587 D_r^{0,9709}$ untuk fondasi berbentuk persegi panjang</p> <p>4. Semakin besar kerapatan relatif (D_r) nilai koefisien N_y juga semakin besar.</p>
2.	Eki Sandi Dan Sulvahanra	Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Permeabilitas Dan Waktu Penggenangan (<i>Ponding Time</i>) Pada Jenis Tanah <i>Common Soil</i>	Uji Laboratorium Dengan <i>Rainfall Simulator</i>	<p>1. Nilai koefisien permeabilitas pada tanah <i>Common soil</i> berbanding terbalik dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan frekuensi hujan, semakin tinggi variasi intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5), 15 tahun (I_{15}), dan kala ulang 25 tahun (I_{25}), dan variasi frekuensi hujan pertama (F1), frekuensi hujan kedua (F2),</p>

				<p>frekuensi hujan ketiga (F3), frekuensi hujan keempat (F4), maka semakin kecil permeabilitas tanah karena semakin padat struktur tanah.</p> <p>2. Tinggi genangan dan waktu final genangan pada tanah <i>common soil</i> berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan variasi frekuensi hujan, semakin tinggi variasi intensitas curah hujan, kala ulang 5 tahun (I_5), 15 tahun (I_{15}), dan kala ulang 25 tahun (I_{25}), dan variasi frekuensi hujan pertama (F1), frekuensi hujan kedua (F2), frekuensi hujan ketiga (F3), frekuensi hujan keempat (F4), frekuensi hujan kelima (F5), semakin padat struktur tanah maka semakin tinggi genangan dan semakin lama waktu final genangan yang terjadi.</p>
3.	Kasmawati dan Nurhikma	Analisa Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka	Laboratorium Dengan <i>Rainfall Simulator</i>	1. Pengaruh gradasi tanah terhadap angka pori pada sampel tanah

		Pori Dan Kerapatan Relative Pada Frekuensi Hujan Berulang		<p>pertama (ST.1), sampel tanah kedua (ST.2), dan sampel tanah ketiga (ST.3), mengalami perubahan yang menunjukkan peningkatan kerapatan relative (Dr) pada setiap frekuensi hujan hal ini diakibatkan oleh perbedaan variasi gradasi tanah dan pukulan air hujan dengan intensitas hujan yang sama.</p> <p>2. Hubungan curah hujan berulang terhadap angka pori dan kerapatan relatif (Dr) mengalami penurunan angka pori dan peningkatan kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan dikarenakan oleh pukulan hujan yang semakin besar pula pukulan air hujan yang terjadi terhadap tanah, maka tanah semakin padat sehingga mengalami peningkatan kerapatan relatif dan angka pori pada tanah semakin kecil.</p>
4.	Syifa Fauziyah, Sabriyah, Susilowati	Analisis Karakteristik Dan Intensitas	Deskriptif Kuantitatif	Analisis hujan wilayah dari data hujan harian dan tahunan maksimum cenderung

		Hujan Kota Surakarta		<p>naik dengan persentasi masing-masing 0,137 mm pertahun dan 3,28 mm pertahun.</p> <p>Distribusi yang terpilih adalah log pearson III dan memenuhi uji smirnov-kolmogorov. Kurva IDF dibuat menggunakan metode Sherman. Penerapan kurva IDF Kota Surakata pada DAS Kali Boro dan Kali Anyar menunjukkan bahwa intensitas hujan hanya dapat digunakan untuk menghitung debit rencana pada kala ulang lima dan sepuluh tahun.</p>
5.	Ai Dariah, Yusrial, Dan Mazwar	Penetapan Konduktifitas Hidrolik Tanah Dalam Keadaan Jenuh : <i>Metode Laboratorium</i>	Uji Laboratorium Dan Konduktifitas Hidrolik	<p>Proses perendaman dilakukan untuk mengkondisikan tanah dalam keadaan jenuh, namun penjenuhan tidak atau kurang sempurna bias terjadi misalnya karena adanya udara yang terperangkap dalam pori-pori tanah. Adanya udara yang masih terperangkap dalam pori tanah dapat menyebabkan hasil pengukuran permeabilitas tanah menjadi relative lebih kecil. Tingkat penjenuhan yang diperoleh pada masing-masing contoh tanah bias diperkirakan dengan membandingkan kadar</p>

air berdasarkan volume dengan porositas total yang diperhitungkan dari berat dan jenis volume. Apabila tingkat kejenuhan kurang dari 85%, sebagian besar udara akan masuk kedalam pori-pori tanah yang kosong, dalam hal ini hukum Darcy tidak berlaku lagi. Ketika tingkat kejenuhan lebih besar dari 85%, kebanyakan udara yang ada ditanah adalah dalam bentuk gelembung-gelembung kecil, maka pada kondisi ini, hukum Darcy diperkirakan akan valid. Untuk kepentingan pengecekan ini, setelah proses penetapan permeabilitas, lakukan penetapan kadar air contoh tanah berdasarkan volume dan berat jenis tanah.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang menggunakan model penelitian eksperimental (*Experimental Research Model*) tentang “Studi Pengaruh Intensitas Hujan Terhadap Kerapatan Relatif (Dr) Pada Tanah Granular” dengan alat model (uji laboratorium) dan menggunakan hujan buatan dari alat simulasi yang disesuaikan dan dibuat khusus (*specific equipment*).

B. Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada dua lokasi yaitu :

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

C. Variabel Penelitian

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

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas pada penelitian ini, yaitu :

- a. Intensitas Curah Hujan

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat pada penelitian ini, yaitu :

- a. Kerapatan Relatif (Dr)
- b. Kedalaman Infiltrasi
- c. Kecepatan Rembesan
- d. Tinggi Tekanan Kapiler

Hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dalam penelitian ini dapat di gambar dengan skema sebagai berikut :



Gambar 3.1. Skema Hubungan Variabel Penelitian

D. Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional dalam penelitian ini terdapat beberapa variabel yang divariasikan dan diamati, antara lain :

1. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam ml/jam, ml/hari, ml/perbulan dan sebagainya, dalam penelitian ini digunakan 5 besaran intensitas curah

hujan masing-masing 100 liter/jam, 150 liter/jam, 200 liter/jam, 250 liter/jam, dan 300 liter/jam.

2. Kerapatan Relatif (D_r)

Kerapatan relatif merupakan kerapatan butiran tanah relatif terhadap kepadatan maksimum dan minimum hasil tes laboratorium. Kerapatan relatif dalam penelitian ini, diukur pada setiap akhir pemberian curah hujan yaitu setelah rembesan air tanah stabil.

3. Kedalaman Infiltrasi

Infiltrasi merupakan peristiwa atau proses masuknya air ke dalam tanah, umumnya (tidak mesti) melalui permukaan tanah dan secara vertikal. Pada beberapa kasus air dapat masuk melalui jalur atau rekahan tanah atau gerakan horizontal dari samping.

4. Kecepatan Rembesan

Rembesan air dimaksudkan untuk mengukur kemampuan tanah dilewati oleh air melalui pori-porinya. Dalam perhitungan kecepatan rembesan digunakan rumus pada persamaan (32).

5. Tinggi Tekanan Kapiler

Tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan tipis permukaan air sebelah atas. Peningkatan tekanan kapiler di dalam lapisan tanah yang mendapatkan infiltrasi awal terjadi akibat tertutupnya sebagian pori-pori tanah di lapisan permukaan, sehingga meningkatnya daya ikat tanah terhadap air dan mengakibatkan terjadinya pergerakan air kapiler dari lapisan tanah jenuh ke lapisan tanah tak jenuh.

E. Rancangan Penelitian

1. Alat

Dalam penelitian ini menggunakan alat simulasi hujan, berikut adalah sketsa alat model yang digunakan :



Gambar 3.3. Foto Alat Model Simulasi

Komponen Alat Pengujian :

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

Alat bantu yang digunakan dalam penelitian ini :

- a. Satu set saringan (ayakan)
 - b. *Stopwatch* untuk mengukur durasi hujan
 - c. Tabel isian data dan alat tulis
 - d. Kamera untuk dokumentasi dalam penelitian
 - e. Berbagai alat pendukung lain yang dibutuhkan dalam penelitian
1. Tanah : jenis tanah yang digunakan adalah tanah Granuler
 2. 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.

2. 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 dengan pengujian analisa saringan. Kemudian sampel tanah yang sesuai dikeringkan dan dijemur di bawah sinar matahari.

b. 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 di setiap sisi yang telah diukur sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, yang terdiri atas dua bilik yakni bilik pertama bak untuk bak tanah dan bilik kedua untuk bak pengatur genangan air,
- 3) Memasang tiga batu pori di antara bak tanah dengan bak pengamatan, yang dimaksudkan untuk mengalirkan air tanah ke dalam bak pengamatan,
- 4) Memasang mistar ukur di sisi kiri dan sisi kanan untuk mengetahui kecepatan rembesan, kedalaman infiltrasi dan tinggi tekanan kapiler,

- 5) Memasang alat hujan buatan yang terdiri atas pipa pvc, stop keran, dan nozzle sebanyak 5 unit,
- 6) Memasang mesin air untuk membantu mengalirkan hujan buatan secara konstan,
- 7) Memasang bak air (tandon) untuk menstabilkan hujan buatan sesuai kebutuhan pengujian.

c. Kalibrasi Alat

Sebelum prosedur pengujian model simulasi hujan, perlu dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu. Alat simulasi hujan disesuaikan dengan intensitas curah hujan.

Penyesuaian intensitas curah hujan dengan volume air, menggunakan rumus pada persamaan (15, 16, dan 17).

d. Running Test

- 1) Tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam bak tanah dengan ketebalan lapisan tanah sebesar 80 cm,
- 2) Melakukan vibrasi,
- 3) Mengisi air tanah kedalam bak pengamat hingga mencapai tinggi air 20 cm,
- 4) Menyalakan stopwatch kemudian mengukur kecepatan rembesan dalam setiap menit hingga selesai,
- 5) Kemudian menyalakan mesin air untuk mengalirkan hujan buatan,

- 6) Menyalakan kembali stopwatch untuk mengukur kedalaman infiltrasi dan tinggi tekanan kapiler pada saat hujan berlangsung dengan durasi waktu 60 menit disetiap intensitas secara berulang,
- 7) Setelah simulasi hujan selama 60 menit, akan dilakukan pengujian sand cone untuk mengetahui kerapatan relatif (D_r) pada tanah granuler disetiap intensitas secara berulang.

3. Teknik Pengumpulan Data

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

a. Kerapatan Relatif (D_r)

Untuk mendapatkan nilai kerapatan relatif, maka akan dilakukan pengujian sand cone yang bertujuan untuk menentukan kepadatan lapisan tanah dilapangan yang akan diuji dilaboratorium, adapun langkah-langkah dalam pengujian, yaitu :

- 1) Menentukan Volume (isi botol)
 - Persiapkan semua peralatan serta bahan – bahan yang diperlukan dalam pengujian
 - Timbangan berat botol + corong dalam keadaan kosong (W_1)
 - Buka kran pada corong kemudian isi air kedalam corong sampai penuh
 - Tutup kembali kran tersebut lalu balikkan botol agar air yang tersisa pada corong keluar
 - Timbang berat botol beserta corong yang berisi air (W_2)

- Tentukan volume botol tersebut dengan menggunakan rumus pada persamaan (23)
- 2) Menentukan Berat Isi Pasir
- Keluarkan air dari dalam botol, lalu keringkan botol tersebut
 - Masukkan pasir ke dalam botol sampai penuh kemudian timbang (W3)
 - Berat isi pasir diperoleh dengan menggunakan rumus pada persamaan (24)
- 3) Menentukan Berat Pasir Dalam Corong
- Masukkan pasir secukupnya, minimal $\frac{1}{2}$ botol kemudian timbang (W4)
 - Balikkan botol pada tempat yang rata, buka kran pada corong sehingga pasir mengalir melalui corong
 - Corong atau kerucut yang telah berisi penuh dengan pasir, bila pasir dalam corong tidak bergerak lagi kunci kembali kran pada corong / kerucut lalu botol ditegakkan kembali
 - Tentukan berat botol beserta kerucut yang berisi sisa pasir (W5)
 - Tentukan berat pasir dalam corong dengan menggunakan rumus pada persamaan (25)
- 4) Menentukan berat isi tanah di lapangan
- 5) Tentukan lokasi tempat pengujian tanah, bersihkan permukaan dari material – material lain yang dapat menghambat selama pengujian

- 6) Ratakan permukaan tanah tersebut, kemudian letakkan plat dasar di atasnya
- 7) Buat lubang sesuai dengan diameter pada pelat dasar dengan kedalaman yang hampir sama dengan diameter lubang
- 8) Tanah hasil galian dimasukkan kedalam plastik lalu timbang dan tentukan kadar airnya.
- 9) Siapkan botol yang telah berisi pasir $\pm 2/3$ dari tinggi botol lalu timbang (W6).
- 10) Letakkan botol diatas lubang dengan posisi kerucut menghadap ke dalam lubang, lalu buka kran kerucut sehingga pasir mengalir mengisi lubang hingga penuh
- 11) Timbang sisa pasir dalam lubang dan kerucut (W7)
- 12) Hitung berat pasir dalam lubang dan kerucut (W9) dengan menggunakan rumus pada persamaan (26)
- 13) Hitung berat pasir dalam lubang (W10) dengan menggunakan rumus pada persamaan (27)
- 14) Hitung volume lubang dengan menggunakan rumus pada persamaan (28)
- 15) Hitung kepadatan basah dengan menggunakan rumus pada persamaan (29)
- 16) Hitung kepadatan kering lapangan dengan menggunakan rumus pada persamaan (30)

17) Hitung kerapatan Relatif (D_r) dengan menggunakan rumus pada persamaan (31)

b. Kedalaman Infiltrasi

Pengukuran kedalaman infiltrasi dilakukan pada saat hujan berlangsung dalam setiap menit, sampai rembesan air infiltrasi dengan air tekanan kapiler bertemu pada lapisan tanah.

c. Kecepatan Rembesan

Setelah mengisi air tanah pada bak pengamat setinggi 20cm, kemudian akan diukur kecepatan rembesan vertical dan horizontal, dalam perhitungan kecepatan rembesan digunakan rumus pada persamaan (32).

d. Tinggi Tekanan Kapiler

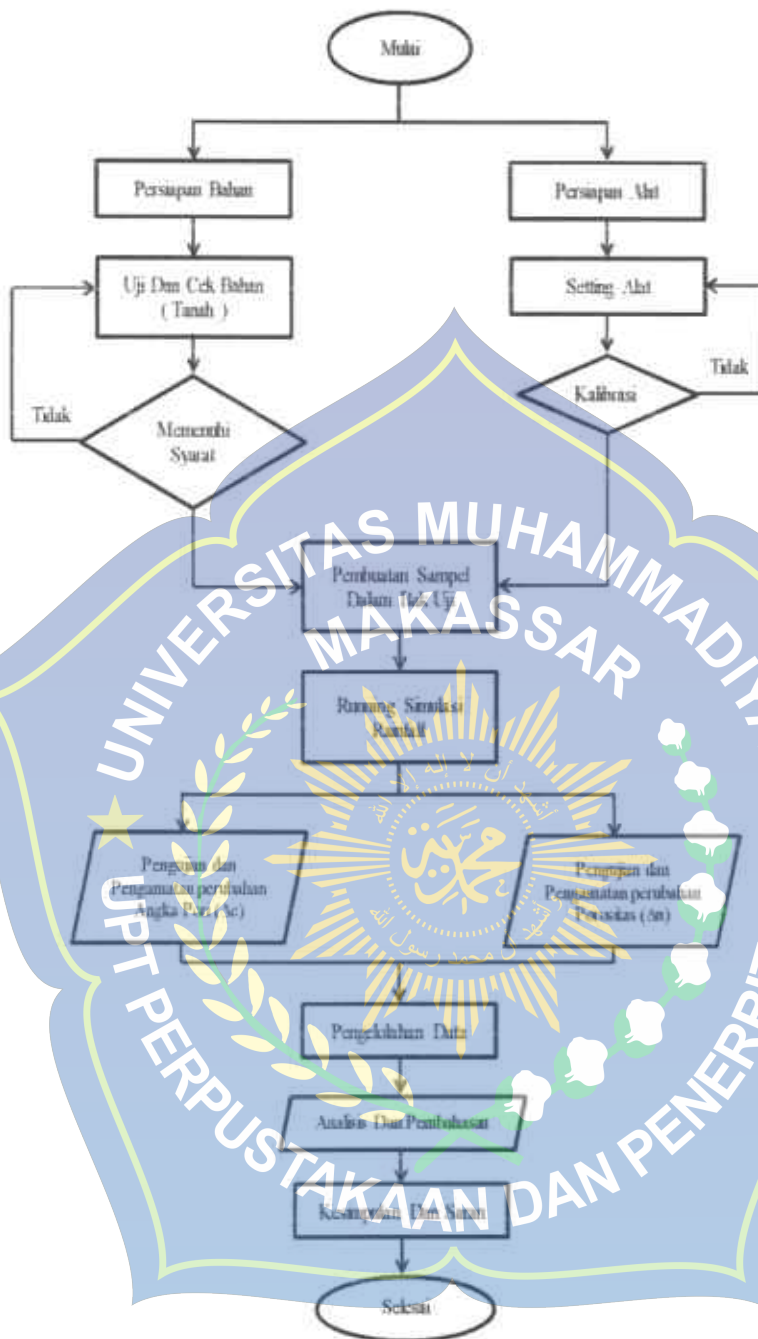
Pengukuran tinggi tekanan kapiler dilakukan pada saat hujan berlangsung dalam setiap menit dan pengamatan dihentikan setelah rembesan air infiltrasi bertemu dengan air tekanan kapiler.

4. Teknik Analisa Data

Data hasil pengamatan akan diolah dengan metode statistik 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. Hubungan intensitas curah hujan terhadap kerapatan relatif pada jenis tanah granuler yang terjadi sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol.
2. Hubungan intensitas curah hujan terhadap kedalaman infiltrasi pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol.
3. Hubungan intensitas curah hujan terhadap kecepatan rembesan pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol.
4. Hubungan intensitas curah hujan terhadap tekanan kapiler pada jenis tanah granuler yang terjadi pada saat hujan berlangsung dengan intensitas terkontrol.





Gambar 16 : Aliran Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan dengan menggunakan alat model simulasi hujan. Media jenis tanah yang digunakan adalah jenis tanah granuler pasir sedang (*medium sand*) dan 5 variasi intensitas curah hujan yaitu intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2), intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5), intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}), intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}), dan intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}), berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Karakteristik Tanah

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

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir Sedang (*Medium Sand*)

No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Agregat Halus = 1000.00 Gr			
		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			

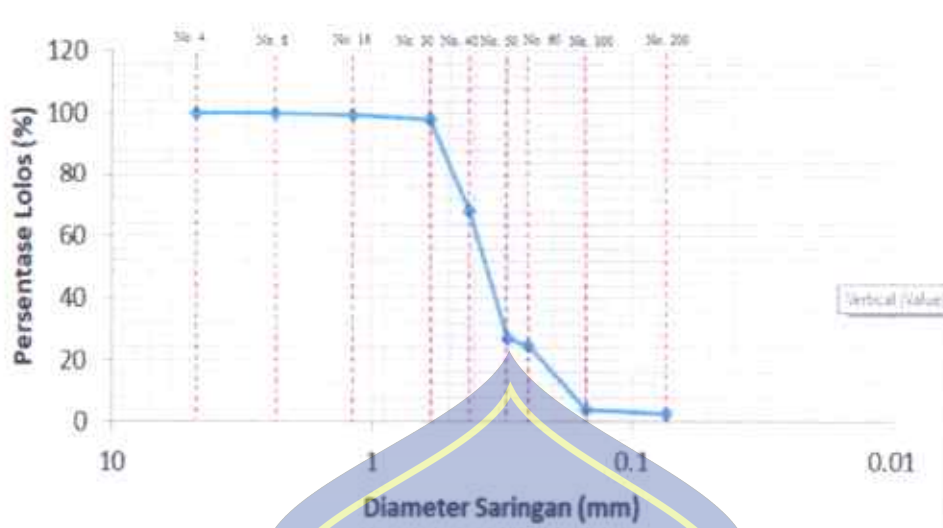
Sumber : Hasil Pengamatan

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa :

1. Pada saringan No. 4, dan No. 8 berat tertahan sama dengan 0, karena yang tertahan pada saringan No. 4 dan No. 8 dikategorikan sebagai kerikil.
2. Pada saringan No. 16 dan 30 dikategorikan sebagai pasir kasar dengan presentase tertahan sama dengan 1.90% dari total sampel pengamatan.
3. Pada saringan No. 30, 50 dan 60 dikategorikan sebagai pasir sedang dengan presentase tertahan sama dengan 40.75% dari total sampel pengamatan.
4. Pada saringan No. 60, 100 dan 200 dikategorikan sebagai pasir halus dengan presentase tertahan sama dengan 24.10% dari total sampel pengamatan.

Klasifikasi diatas didasarkan atas kriteria-kriteria sebagai berikut

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



Gambar 4.1. Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan Berdasarkan Hasil Pengujian Analisis Saringan

Dari gambar 4.1 dapat dinyatakan bahwa jumlah pasir kasar dengan ukuran butir 0,6 mm – 2 mm yaitu 1,90%, pasir sedang dengan ukuran butir 0,2 mm – 0,6 mm yaitu 75%, dan pasir halus dengan ukuran butir 0,06 mm – 0,2 mm yaitu 24,10%.

2. Kerapatan Relatif (Dr)

Tabel 4.2. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I₂

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan
Berat Botol Kering	W1	gr	380	
Berat Botol + Air	W2	gr	1030	$\frac{W2}{W1} = \frac{1030}{380} = 2,71$
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	$\frac{W3}{W1} = \frac{1300}{380} = 3,42$
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6580	$\frac{W4}{W1} = \frac{6580}{380} = 17,32$
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W5	gr	5240	$\frac{W5}{W1} = \frac{5240}{380} = 13,80$
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	6580	$\frac{W7}{W1} = \frac{6580}{380} = 17,32$
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	4220	$\frac{W8}{W1} = \frac{4220}{380} = 11,11$
Berat Pasir Dalam Lubang + Corong	W9	gr	2360	$\frac{W9}{W1} = \frac{2360}{380} = 6,21$
Berat Timbuh Galian	W10	gr	730	$\frac{W10}{W1} = \frac{730}{380} = 1,92$
Y _{Batuah}		gram		$\frac{W10}{W9} = \frac{730}{2360} = 0,31$
Y _{Kering}		gram		$\frac{W10}{W8} = \frac{730}{4220} = 0,17$
Kerapatan Relatif	Dr	%		$\frac{Y_{Batuah}}{Y_{Kering}} = \frac{0,31}{0,17} = 1,82$
Kadar air awal I ₂	W11	gr	50	$\frac{W11}{W10} = \frac{50}{730} = 6,86\%$
	W12	gr	330	$\frac{W12}{W10} = \frac{330}{730} = 45,21\%$
	W13	gr	300	$\frac{W13}{W10} = \frac{300}{730} = 41,10\%$

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 4.3. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I₂

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan
Berat Botol Kering	W1	gr	380	
Berat Botol + Air	W2	gr	1030	
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	
				$\text{Volume Botol} = \frac{W2 - W1}{\gamma_{\text{Air}}} = \frac{1030 - 380}{1} = 650$ $\gamma_{\text{Pasir}} = \frac{W3 - W1}{\text{Vol. botol}} = \frac{1300 - 380}{650} = 1,42$
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6580	
Berat Botol + Corong + Sisa-Pasir	W5	gr	5240	
				$\text{Berat Pasir Dalam Corong} = W4 - W5 = 6580 - 5240 = 1340$
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	6580	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	3160	
Berat Pasir Dalam Lubang + Corong	W9	gr	3420	
				$\text{Volume Lubang} = \frac{W9 - W8}{\gamma_{\text{Pasir}}} = \frac{3420 - 3160}{1,42} = 2080$
Berat Tanah Galan			1860	
γ_{Basuh}		gr/cm ³		$\text{Berat Tanah Galan} = 1860$ $\text{Vol. Lubang} = \frac{1860}{1,42} = 1309,86$
γ_{Kering}		gr/cm ³		$\gamma_{\text{Basuh}} = \frac{1860}{1309,86} = 1,42$
Kerapatan Relatif	Dr	%		$\text{Kerapatan Relatif} = \frac{\gamma_{\text{Kering}}}{\gamma_{\text{Basuh}}} = \frac{1,42}{1,42} = 1,02$
Kadar air akhir I ₂	W11	gr	50	
	W12	gr	300	
	W13	gr	250	
				$\text{Kadar air akhir I}_2 = \frac{W11}{W12} \times 100 = \frac{50}{300} \times 100 = 16,67\%$ $\text{Kadar air akhir I}_2 = \frac{W11}{W13} \times 100 = \frac{50}{250} \times 100 = 20\%$

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 4.4. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I₅

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan
Berat Botol Kering	W1	gr	380	
Berat Botol + Air	W2	gr	1030	
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	
				$\frac{W2 - W1}{V_{Air}} = \frac{1030 - 380}{1} = 650$
				$\frac{W3 - W1}{V_{Botol}} = \frac{1300 - 380}{650} = 1,42$
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6580	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W5	gr	5240	
				$W5 - W4 = 6580 - 5240 = 1340$
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	6580	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	3960	
Berat Pasir Dalam Lubang + Corong	W9	gr	2620	
				$W10 - W9 = 6580 - 3960 = 2620$
				$\frac{W10 - W9}{V_{Pasir}} = \frac{2620}{1,42} = 1845,07$
Berat Taruh Galton		gr	920	
Y _{Basah}		gr/cm ³		$\frac{920}{1,02} = 901,41$
				$\frac{920}{901,41} = 1,02$
Y _{Kering}		gr/cm ³		$\frac{920}{1,14} = 807,02$
Kerapatan Relatif	Dr	%		$\frac{807,02}{920} \times 100 = 87,72\%$
Kadar air awal I ₅	W11	gr	50	
	W12	gr	300	
	W13	gr	270	
				$\frac{W11 - W13}{W12 - W13} \times 100 = \frac{50 - 270}{300 - 270} \times 100 = 13,64\%$

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 4.6. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I₁₀

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan
Berat Botol Kering	W1	gr	380	
Berat Botol + Air	W2	gr	1030	
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	
				$\frac{W2 - W1}{Y_{Air}} = \frac{1030 - 380}{1} = 650$
				$\frac{W3 - W1}{Vol. \text{botol}} = \frac{1300 - 380}{650} = 1,42$
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6560	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W5	gr	5070	
				$\frac{W6 - W4}{W5} = \frac{6560 - 1490}{5070} = 1,05$
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	6560	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	3320	
Berat Pasir Dalam Labung + Corong	W9	gr	3240	
				$\frac{W10 - W9}{Y_{Pasir}} = \frac{1750 - 1,42}{1232,39} = 1,05$
Berat Tanah Galian		gr	1290	
Y _{Basah}		gr/cm ³	1232,39	
Y _{Kering}		gr/cm ³	1,05	
Kerapatan Relatif	Dr	%	1,15	
				$\frac{Y_{Basah}}{Y_{Kering}} = \frac{1,05}{0,91} = 1,15$
				$\frac{Y_{Kering}}{Y_{Pasir}} = \frac{0,91}{1,6} = 0,57$
Kadar air awal I ₁₀	W11	gr	50	
	W12	gr	280	
	W13	gr	250	
				$\frac{W11 - W12}{W13} = \frac{50 - 280}{250} = -15\%$

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 4.7. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I₁₀

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan	
Berat Botol Kering	W1	gr	380		
Berat Botol + Air	W2	gr	1030		
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	$\frac{W2 - W1}{Y\text{ Air}} = \frac{1030 - 380}{1}$	= 650
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6560		
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W5	gr	5070		
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	6560		
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	2090		
Berat Pasir Dalam Lubang + Corong	W9	gr	4470		
Berat Tanah Galian		gr	3100		
Y _{Basah}		gr/cm ³		$\frac{W10 - W3}{Y\text{ Pasir}} = \frac{2980}{1,42}$	= 2098,59
Y _{Kering}		gr/cm ³		$\frac{Berat\ Tanah\ Galian}{Vol\ Lubang} = \frac{3100}{2098,59}$	= 1,48
Kerapatan Relatif	Dr	%		$\frac{Y_{Basah}}{Y_{Kering}} = \frac{1,48}{1,29}$	= 1,15
Kadar air akhir I ₁₀	W11	gr	50		
	W12	gr	320		
	W13	gr	260		
				$\frac{W11 - W13}{W11} \times 100 = \frac{320 - 260}{320} \times 100$	= 18,75%
				$\frac{W11 - W13}{W11} \times 100 = \frac{320 - 260}{320} \times 100$	= 18,75%

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 4.8. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I₂₅

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan
Berat Botol Kering	W1	gr	380	
Berat Botol + Air	W2	gr	1030	
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	
				$\frac{W2 - W1}{Y_{Air}} = \frac{1030 - 380}{1} = 650$
				$\frac{W3 - W1}{Y_{Pasir}} = \frac{1300 - 380}{1} = 920$
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6560	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W5	gr	5120	
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	8550	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	4180	
Berat Pasir Dalam Lubang + Corong	W9	gr	2470	
				$\frac{W10 - W9}{Y_{Pasir}} = \frac{1030 - 2470}{1,42} = 725,35$
Berat Tanah Galian		gr	760	
Y _{Basah}		gr/cm ³		$\frac{760}{725,35} = 1,05$
Y _{Kering}		gr/cm ³		$\frac{760}{725,35} = 1,05$
Kerapatan Relatif	Dr	%		$\frac{1,05}{1,15} = 0,91$
				$\frac{1,05}{1,6} = 0,656$
Kadar air awal I ₂₅	W12	gr	50	
	W11	gr	550	
	W13	gr	310	
				$\frac{50}{550} = 0,091$
				$\frac{310}{50} = 6,2$
				$15,38\%$

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 4.9. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I₂₅

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan
Berat Botol Kering	W1	gr	380	
Berat Botol + Air	W2	gr	1030	
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	
				$Y_{Pasir} = \frac{W3 - W1}{W2 - W1} = \frac{1300 - 380}{1030 - 380} = 1,42$
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6560	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W5	gr	5120	
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	6550	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	2010	
Berat Pasir Dalam Lubang + Corong	W9	gr	4540	
				$Y_{Pasir} = \frac{W9 - W5}{W7 - W5} = \frac{4540 - 5120}{6550 - 5120} = 1,42$
Berat Tanah Galian		gr	3700	
Y _{Busah}		gr/cm ³		$\frac{3700}{2183,10} = 1,69$
Y _{Kering}		gr/cm ³		$\frac{1,69}{1,33} = 1,27$
Kerapatan Relatif	Dr	%		$\frac{1,27}{1,6} \times 100 = 79,38$
Kadar air akhir I ₂₅	W11	gr	50	
	W12	gr	410	
	W13	gr	320	
				$\frac{50}{320} \times 100 = 15,625$

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 4.10. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Awal Untuk I₅₀

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan
Berat Botol Kering	W1	gr	380	
Berat Botol + Air	W2	gr	1030	$= W2 - W1 = 1030 - 380 = 650$
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	$= W3 - W1 = 1300 - 380 = 920$
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6560	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W5	gr	5110	
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	6560	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	3890	
Berat Pasir Dalam Lubang + Corong	W9	gr	2670	
Berat Tanah Galian		gr	880	
y _{Busuh}		gr/cm ³		$= \frac{880}{859,15} = 1,02$
y _{Kering}		gr/cm ³		$= \frac{1,02}{1,14} = 0,90$
Kerapatan Relatif	Dr	%		$= \frac{0,90}{1,6} \times 100 = 56,25$
Kadar air awal I ₅₀	W11	gr	50	
	W12	gr	290	
	W13	gr	260	
				$= \frac{290 - 260}{50} \times 100 = 60\%$

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 4.11. Hasil Analisa Kerapatan Relatif (Dr) Akhir Untuk I_{50}

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Perhitungan
Berat Botol Kering	W1	gr	380	
Berat Botol + Air	W2	gr	1030	
Berat Botol + Pasir	W3	gr	1300	
				$V_{\text{Botol}} = \frac{W2 - W1}{\gamma_{\text{Air}}} = \frac{1030 - 380}{1} = 650$
				$V_{\text{Pasir}} = \frac{W3 - W1}{\gamma_{\text{Botol}}} = \frac{1300 - 380}{650} = 1,42$
Berat Botol + Corong + Pasir	W4	gr	6560	
Berat Botol + Corong + Pasir Sisa	W5	gr	5110	
				$W6 = W4 - W5 = 6560 - 5110 = 1450$
Berat Botol + Corong + Pasir	W7	gr	8560	
Berat Botol + Corong + Sisa Pasir	W8	gr	1970	
Berat Pasir Dalam Lubang + Corong	W9	gr	4590	
				$W10 = W7 - W8 = 8560 - 1970 = 6590$
				$W11 = W9 - W10 = 4590 - 6590 = -2000$ (Note: likely typo in original, should be $W9 - W8 = 4590 - 1970 = 2620$)
				$V_{\text{Lubang}} = \frac{W11}{\gamma_{\text{Pasir}}} = \frac{2620}{1,42} = 1845,07$
Berat Tanah Galian		gr	4300	
γ_{Basah}		gr/cm ³		$\gamma_{\text{Basah}} = \frac{\text{Berat Tanah Galian}}{V_{\text{Lubang}}} = \frac{4300}{1845,07} = 2,33$
γ_{Kering}		gr/cm ³		$\gamma_{\text{Kering}} = \frac{1,94}{1,41} = 1,38$
Kerapatan Relatif	Dr	%		$Dr = \frac{\gamma_{\text{Kering}}}{\gamma_{\text{Basah}}} \times 100 = \frac{1,38}{2,33} \times 100 = 59,23$
Kadar air akhir I_{50}	W12	gr	360	
	W13	gr	270	
				$w = \frac{W12 - W13}{W13} \times 100 = \frac{360 - 270}{270} \times 100 = 33,33$

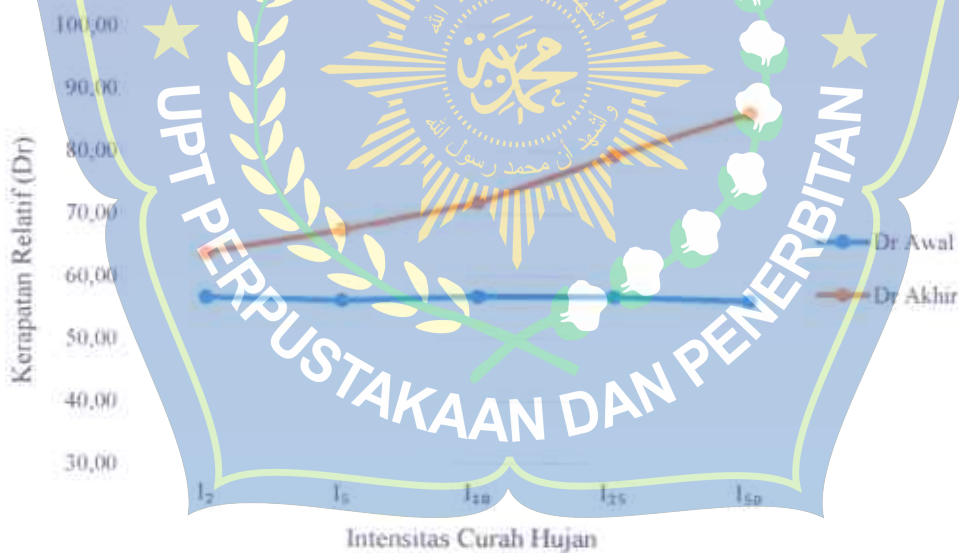
Sumber : Hasil Pengamatan

1. Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan relatif awal yang terdapat pada tabel 4.2 dan kerapatan relatif akhir pada tabel 4.3 untuk intensitas curah hujan kala 2 tahun (I_2), diperoleh nilai kerapatan relatif awal (Dr_0) = 57% dan untuk pengujian kerapatan relatif akhir (Dr_1) = 63,75%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang belum terkena pukulan hujan menunjukkan nilai lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang telah terkena pukulan hujan.
2. Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan relatif awal yang terdapat pada tabel 4.4 dan kerapatan relatif akhir pada tabel 4.5 untuk intensitas curah hujan kala 5 tahun (I_5), diperoleh nilai kerapatan relatif awal (Dr_0) = 56% dan untuk pengujian kerapatan relatif akhir (Dr_1) = 67,5%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang belum terkena pukulan hujan menunjukkan nilai lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang telah terkena pukulan hujan.
3. Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan relatif awal yang terdapat pada tabel 4.6 dan kerapatan relatif akhir pada tabel 4.7 untuk intensitas curah hujan kala 10 tahun (I_{10}), diperoleh nilai kerapatan relatif awal (Dr_0) = 57% dan untuk pengujian kerapatan relatif akhir (Dr_1) = 71,88%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang belum terkena pukulan hujan menunjukkan nilai lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang telah terkena pukulan hujan.
4. Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan relatif awal yang terdapat pada tabel 4.8 dan kerapatan relatif akhir pada tabel 4.9 untuk intensitas curah hujan kala 25 tahun (I_{25}), diperoleh nilai kerapatan relatif awal (Dr_0) = 57% dan untuk pengujian kerapatan relatif akhir (Dr_1) = 79,38%. Hal ini menunjukkan bahwa

tanah yang belum terkena pukulan hujan menunjukkan nilai lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang telah terkena pukulan hujan.

5. Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan relatif awal yang terdapat pada tabel 4.10 dan kerapatan relatif akhir pada tabel 4.11 untuk intensitas curah hujan kala 50 tahun (I_{50}), diperoleh nilai kerapatan relatif awal (Dr_0) = 56,25% dan untuk pengujian kerapatan relatif akhir (Dr_1) = 86,25%. Hal ini menunjukan bahwa tanah yang belum terkena pukulan hujan menunjukkan nilai lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang telah terkena pukulan hujan.

Berdasarkan hasil analisa nilai kerapatan relatif awal dan kerapatan relatif akhir yang terdapat pada tabel 4.2 hingga pada tabel 4.11 digambarkan dalam bentuk grafik berikut:



Gambar 4.2. Grafik Analisis Kerapatan Relatif (Dr) Awal Dan Kerapatan Relatif (Dr) Akhir

Dari gambar 4.2, dapat dilihat perbandingan antara kerapatan relatif awal dan kerapatan relatif akhir yang terjadi pada jenis tanah granuler (*medium sand*). Untuk intensitas curah hujan kala 2 tahun (I_2) hingga pada intensitas curah hujan kala 50 tahun (I_{50}), dapat dinyatakan bahwa nilai kerapatan relatif awal dengan kondisi tanah asli (belum terkena pukulan hujan) tidak mengalami perubahan nilai yang signifikan. Sedangkan nilai kerapatan relatif akhir menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka nilai kerapatan relatif akan semakin besar.

3. Kedalaman Infiltrasi

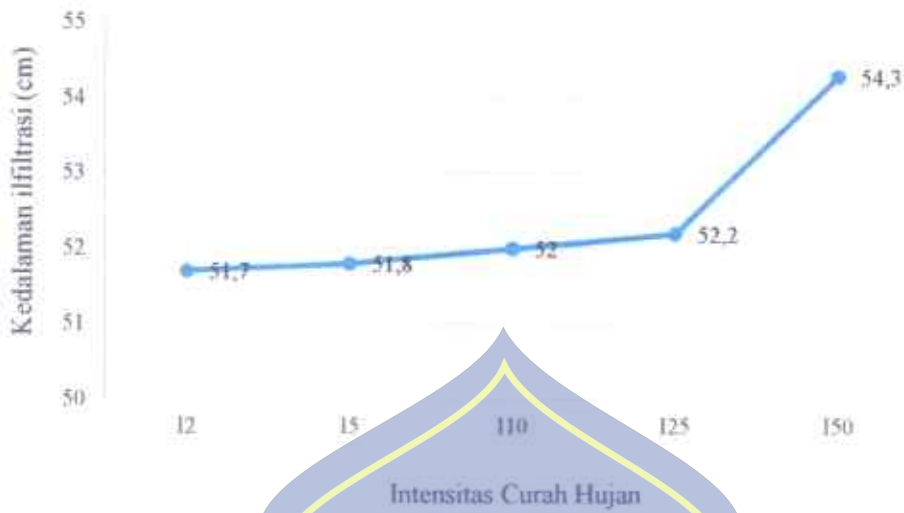
Pada saat simulasi hujan dengan intensitas kala ulang 2 tahun (I_2) hingga pada intensitas kala ulang 50 tahun (I_{50}), air yang jatuh ke atas permukaan tanah akan terinfiltrasi kedalam lapisan tanah sehingga didapatkan nilai kedalaman infiltrasi sebagai berikut:

Tabel 4.12. Hasil Pengamatan Kedalaman Infiltrasi

Intensitas	Kedalaman infiltrasi
	Jarak (cm)
I_2	51.7
I_5	51.8
I_{10}	52
I_{25}	52.2
I_{50}	54.3

Sumber : Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan kedalaman infiltrasi yang terdapat pada tabel 4.12 digambarkan dalam bentuk grafik berikut:



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Kedalaman Infiltrasi Dengan Intensitas Curah Hujan

Dari tabel 4.12 dan gambar 4.4, dapat dinyatakan bahwa nilai kedalaman infiltrasi mengalami peningkatan, di mana semakin tinggi intensitas curah hujan maka nilai kedalaman infiltrasi akan semakin tinggi.

4. Kecepatan Rembesan

Tabel 4.13. Hasil Pengamatan Kecepatan Rembesan

Mencit	Intermedias Cuanh Hujan I ₁			Intermedias Cuanh Hujan I ₂			Intermedias Cuanh Hujan I ₃			Intermedias Cuanh Hujan I ₄		
	Vertikal Atas	Horisontal	Tinggi	Vertikal Atas	Horisontal	Tinggi	Vertikal Atas	Horisontal	Tinggi	Vertikal Atas	Horisontal	Tinggi
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	76,7	3,3	76	75,4	13,2	4,6	73,8	15,5	4,2	72	17	8
2	76	4	75,3	74,1	14,7	5,9	74	18,2	6	69,6	20,3	10,4
3	75,2	4,8	73	72,1	17,5	7,3	71,5	21,7	8,5	68,4	21,8	11,6
4	72,9	7,1	71,8	70,3	19,3	8,4	69,2	23,6	10,8	64	23,5	16
5	70,3	9,7	70,3	70,8	22	9,2	67,8	25	12,2	61,7	25,1	18,3
6	68,1	11,9	69,4	69,2	25,9	10,6	65,1	26,5	14,9	59,5	26,7	20,5
7	65,7	14,3	67,1	66,8	29,6	11,7	63,3	27,8	16,7	56	28,2	24
8	64	16	63,2	63,5	33,4	12,3	60,8	29,6	19,2	53,4	33,5	26,6
9	63	17	62,4	62,5	37,5	13,5	59,4	30,4	20,6	52	34,7	28
10	62	18	61,3	61,3	41,6	14,6	58,1	31,8	21,9	49,5	35,5	30,5
11	61	19	60,3	60,3	45,7	15,7	57	33	23	47,5	37	32,5
12	60	20	59,2	59,2	49,8	16,8	56,1	34,5	23,9	46,3	38,2	33,7
13	58,8	23,3	60,2	60,2	53,9	17,9	54,8	35,6	25,2	44	40,4	36
14	58,3	23,7	59	59	58,1	19,1	54,2	36,2	25,8	43	42	37
15	58	24	58	58	62,2	20,2	53,5	37,4	26,5	40,6	42,8	39,4
16	56,7	25,3	57,1	57,1	66,3	21,3	52,7	38,5	27,3	39,2	43,2	40,8
17	56,2	25,8	56,1	56,1	70,4	22,4	51,1	39,9	28,9	38,1	46	41,9
18	55	26	55	55	74,5	23,5	50,1	41,6	29,9	36,8	46,5	43,2
19	54,3	25,7	54,1	54,1	78,6	24,6	49,3	42,8	30,7	33,6	47,9	46,4
20	53,7	26,3	53	53	82,7	25,7	48,9	44	31,1	33	48	47
21	52,5	27,1	52,1	52,1	86,8	26,8	47,4	45,8	32,6	31,5	49	48,5
22	52,3	27,2	51,4	51,4	90,9	27,9	47	47,1	33	30,2	50,2	49,8
23	51,6	28,4	50,8	50,8	95,0	29,0	45,5	48,5	34,2	29	51,8	51
24	50,8	29,2	50	50	99,1	30,1	44,8	50,4	35,5	28,7	53	51,3
25	50,1	29,9	49,2	49,2	103,2	31,2	43	52	36,2	27,4	53,7	52,6
26	49,4	30,6	48,1	48,1	107,3	32,3	42,8	53,8	37	26,5	54,3	53,5
27	49,3	30,7	47,3	47,3	111,4	33,4	42,8	54,3	37,2	25,7	55,1	54,3
28	48,2	31,8	46,4	46,4	115,5	34,5	41,8	55,7	38,2	25,7	56,8	56,8
29	47,4	32,6	46,4	46,4	119,6	35,6	40,7	56,9	39,3	25,7	57,6	57,6
30	46,7	33,3	46	46	123,7	36,7	40,7	58,2	40,7	25,7	58,9	58,9
31	45,9	34,1	45,5	45,5	127,8	37,8	38,3	59,5	41,7	25,7	60	60
32	45,6	34,4	45,2	45,2	131,9	38,9	36,8	61,3	43,2	25,7	61,8	61,8
33	44,1	35,9	44,9	44,9	136,0	40,0	35,1	62,6	44,9	25,7	63,5	63,5

Berdasarkan hasil pengamatan kecepatan rembesan vertikal dan horizontal yang terdapat pada tabel 4.13 digambarkan dalam bentuk grafik berikut:



Gambar 4.5. Grafik Kecepatan Rembesan Pada Bidang Vertikal

Dari tabel 4.13 dan gambar 4.5, pengamatan kecepatan rembesan vertikal pada jenis tanah granuler (*medium sand*) yang diukur berdasarkan jarak dan waktu dengan menggunakan intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2) hingga pada intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka rembesan yang terjadi akan semakin cepat.



Gambar 4.6. Grafik Kecepatan Rembesan Pada Bidang Horizontal

Dari tabel 4.13 dan gambar 4.6, pengamatan kecepatan rembesan horizontal pada jenis tanah granuler (*medium sand*) yang diukur berdasarkan jarak dan waktu dengan menggunakan intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2) hingga pada intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka rembesan yang terjadi akan semakin cepat.

Berikut adalah analisis hubungan antara kecepatan rembesan vertical dengan intensitas curah hujan I_2 , I_5 , I_{10} , I_{25} , dan I_{50} .

Tabel 4.14. Analisis Hubungan Kecepatan Rembesan Vertical Dengan Intensitas Curah Hujan

Intensitas	Jarak	Waktu	Perhitungan	
I_2	51,7	58	Kec. Vertikal jarak waktu = $\frac{51,7}{58}$	0,89
I_5	51,8	50	Kec. Vertikal jarak waktu = $\frac{51,8}{50}$	1,04
I_{10}	52	45	Kec. Vertikal jarak waktu = $\frac{52}{45}$	1,16
I_{25}	52,2	36	Kec. Vertikal jarak waktu = $\frac{52,2}{36}$	1,45
I_{50}	54,3	27	Kec. Vertikal jarak waktu = $\frac{54,3}{27}$	2,01

Sumber : Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil analisa kecepatan rembesan vertikal yang terdapat pada tabel 4.14 digambarkan dalam bentuk grafik berikut:



Gambar 4.7. Grafik Analisis Hubungan Kecepatan Rembesan Vertikal Dengan Intensitas Curah Hujan

Dari tabel 4.14 dan gambar 4.7 dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan yang terjadi, maka rembesan yang terjadi pada bidang vertikal akan semakin cepat. Kecepatan rembesan pada intensitas curah hujan pertama yaitu pada kala ulang 2 tahun (I_2) menunjukkan kecepatan rembesan paling lambat dimana $v = 0,89$ cm/menit. Pada intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5) dengan nilai $v = 1,04$ cm/menit, intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}) dengan nilai $v = 1,16$ cm/menit, intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}) dengan nilai $v = 1,45$ cm/menit, dan intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) dengan nilai $v = 1,51$ cm/menit, menunjukkan bahwa rembesan yang terjadi semakin cepat pada setiap peningkatan intensitas curah hujan.

Berikut adalah analisis hubungan antara kecepatan rembesan horizontal dengan intensitas curah hujan I_2 , I_5 , I_{10} , I_{25} , dan I_{50} .

Tabel 4.15. Analisis Hubungan Kecepatan Rembesan Horizontal Dengan Intensitas Curah Hujan

Intensitas	Jarak	Waktu	Perhitungan
I_5	100	77	$\text{Kec. Horizontal} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$ $= \frac{100}{77} = 1,30$
I_{10}	100	74	$\text{Kec. Horizontal} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$ $= \frac{100}{74} = 1,35$
I_{25}	100	72	$\text{Kec. Horizontal} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$ $= \frac{100}{72} = 1,39$
I_{50}	100	69	$\text{Kec. Horizontal} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$ $= \frac{100}{69} = 1,45$

Sumber : Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil analisa kecepatan rembesan horizontal yang terdapat pada tabel 4.15 digambarkan dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 4.8. Grafik Analisis Hubungan Kecepatan Rembesan Horizontal Dengan Intensitas Curah Hujan

Dari tabel 4.15 dan gambar 4.8 dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan yang terjadi, maka rembesan yang terjadi pada bidang horizontal akan semakin cepat. Kecepatan rembesan pada intensitas curah hujan pertama yaitu pada kala ulang 5 tahun (I_5) menunjukkan kecepatan rembesan paling lambat dimana $v = 1,30$ cm/menit. Pada intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}) dengan nilai $v = 1,35$ cm/menit, intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}) dengan nilai $v = 1,39$ cm/menit, dan intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) dengan nilai $v = 1,45$ cm/menit, menunjukkan bahwa rembesan yang terjadi semakin cepat pada setiap peningkatan intensitas curah hujan.



5. Tinggi Tekanan Kapiler

Tabel 4.16. Hasil Pengamatan Tinggi Tekanan Kapiler

Waktu	Tekanan Kapiler I ₁	Tekanan Kapiler I ₁₀	Tekanan Kapiler I ₂₁	Tekanan Kapiler I ₃₀
0	0	0	0	0
1	27,5	27,3	26	23,3
2	27,5	27,3	26,2	23,3
3	27,5	27,3	26,2	23,3
4	27,5	27,4	26,2	23,4
5	27,5	27,4	26,2	23,5
6	27,5	27,4	26,2	23,6
7	27,6	27,4	26,3	23,6
8	27,6	27,4	26,3	23,6
9	27,6	27,5	26,3	23,7
10	27,6	27,5	26,3	23,8
11	27,6	27,5	26,4	23,9
12	27,6	27,5	26,4	24
13	27,6	27,6	26,4	24,1
14	27,6	27,6	26,4	24,2
15	27,6	27,6	26,5	24,3
16	27,6	27,6	26,5	24,5
17	27,6	27,6	26,5	24,6
18	27,6	27,6	26,5	24,7
19	27,6	27,6	26,5	24,8
20	27,6	27,7	26,6	24,9
21	27,7	27,7	26,6	24,9
22	27,7	27,7	26,6	24,9
23	27,7	27,7	26,6	24,9
24	27,7	27,7	26,7	24,9
25	27,7	27,7	26,7	24,9
26	27,7	27,8	26,7	24,9
27	27,7	27,8	26,8	24,9
28	27,7	27,8	26,8	24,9
29	27,7	27,8	26,8	24,9
30	27,8	27,8	26,9	24,9
31	27,8	27,9	26,9	24,9
32	27,8	27,9	26,9	24,9
33	27,8	27,9	27	24,9
34	27,8	27,9	27	24,9
35	27,8	27,9	27	24,9
36	27,8	27,9	27	24,9
37	27,8	27,9	27	24,9
38	27,9	27,9	27	24,9
39	27,9	27,9	27	24,9
40	27,9	27,9	27	24,9
41	27,9			
42	27,9			
43	27,9			
44	27,9			
45	28			
46	28			
47	28			
48	28			
49	28			
50	28			

Sumber : Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan tinggi tekanan kapiler yang terdapat pada tabel 4.16 digambarkan dalam bentuk grafik berikut:



Gambar 4.9. Grafik Hubungan Tinggi Tekanan Kapiler Dengan Intensitas Curah Hujan

Berdasarkan tabel 4.16 dan gambar 4.9 dapat dinyatakan bahwa nilai tinggi tekanan kapiler mengalami penurunan, di mana semakin tinggi intensitas curah hujan maka nilai tinggi tekanan kapiler akan semakin kecil.

B. Pembahasan

1. Kerapatan Relatif (D_r)

Pengambilan data kerapatan relatif awal dilakukan pada saat kondisi tanah asli atau sebelum terkena pukulan hujan dan kerapatan relatif akhir setelah tanah terkena pukulan hujan. Berdasarkan hasil analisa kerapatan relatif awal dan kerapatan relatif akhir diperoleh nilai untuk intensitas curah hujan kala 2 tahun (I_2) nilai kerapatan relatif awal (D_{r0}) = 57% dan kerapatan relatif akhir (D_{r1}) = 63,75%, untuk intensitas curah hujan kala 5 tahun (I_5) nilai kerapatan relatif awal (D_{r0}) = 56% dan kerapatan relatif akhir (D_{r1}) = 67.5%, untuk intensitas curah hujan kala 10

tahun (I_{10}) nilai kerapatan relatif awal (Dr_0) = 57% dan kerapatan relatif akhir (Dr_1) = 71,88%, untuk intensitas curah hujan kala 25 tahun (I_{25}) nilai kerapatan relatif awal (Dr_0) = 57% dan kerapatan relatif akhir (Dr_1) = 79,38%, dan untuk intensitas curah hujan kala 50 tahun (I_{50}) nilai kerapatan relatif awal (Dr_0) = 56,25% dan kerapatan relatif akhir (Dr_1) = 86,25%, sehingga dapat dinyatakan bahwa nilai kerapatan relatif awal dengan kondisi tanah asli (belum terkena pukulan hujan) tidak mengalami perubahan nilai yang signifikan. Sedangkan nilai kerapatan relatif akhir menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka nilai kerapatan relatif akan semakin besar. Hal tersebut terjadi karna jumlah debit air berbeda-beda pada setiap intensitas, semakin tinggi intensitas curah hujan maka jumlah debit air juga akan semakin besar, sehingga pada setiap peningkatan intensitas curah hujan rongga pori tanah granuler yang dihujani selama 60 akan semakin rapat.

2. Kedalaman Infiltrasi

Pada saat simulasi hujan air yang jatuh ke atas permukaan tanah akan terinfiltrasi kedalam lapisan tanah sehingga didapatkan nilai kedalaman infiltrasi untuk intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2) = 51,7 cm, untuk intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5) = 51,8 cm, untuk intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}) = 52 cm, untuk intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}) = 52,2 cm, dan untuk intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) = 54,3 cm. Berdasarkan hasil pengamatan dapat dinyatakan bahwa nilai kedalaman infiltrasi mengalami peningkatan, di mana semakin tinggi intensitas curah hujan maka nilai kedalaman infiltrasi akan semakin cepat. Hal tersebut terjadi karna jumlah debit air

berbeda-beda pada setiap intensitas, semakin tinggi intensitas curah hujan maka jumlah debit air juga akan semakin besar, sehingga pada setiap peningkatan intensitas curah hujan jarak yang ditempuh air terinfiltrasi ke dalam lapisan tanah akan semakin banyak. Hal ini yang menyebabkan semakin tinggi intensitas curah hujan, maka kedalaman infiltrasi yang terjadi akan semakin cepat.

3. Kecepatan Rembesan

Berdasarkan hasil analisa kecepatan rembesan diperoleh nilai kecepatan rembesan vertikal dan nilai kecepatan rembesan horizontal, untuk intensitas curah hujan kala ulang 2 tahun (I_2) nilai kecepatan rembesan vertikal = 0,89 cm/menit, untuk intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5) nilai kecepatan rembesan vertikal = 1,04 cm/menit dan kecepatan rembesan horizontal = 1,30 cm/menit, untuk intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}) nilai kecepatan rembesan vertikal = 1,16 cm/menit dan kecepatan rembesan horizontal = 1,35 cm/menit, untuk intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}) nilai kecepatan rembesan vertikal = 1,45 cm/menit dan kecepatan rembesan horizontal = 1,39 cm/menit, dan untuk intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) nilai kecepatan rembesan vertikal = 1,51 cm/menit dan kecepatan rembesan horizontal = 1,45 cm/menit, sehingga dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan yang terjadi, maka rembesan yang terjadi pada bidang vertikal dan bidang horizontal akan semakin cepat. Hal tersebut terjadi karna jumlah debit air berbeda-beda pada setiap intensitas, semakin tinggi intensitas curah hujan maka jumlah debit air juga akan semakin besar, untuk menentukan nilai kecepatan rembesan kami melakukan pengamatan jarak dan waktu yang kemudian dianalisis berdasarkan rumus dasar

jarak/waktu, sehingga durasi waktu akan semakin sedikit dan jumlah jarak yang ditempuh akan semakin banyak pada setiap peningkatan intensitas curah hujan. Hal ini yang menyebabkan semakin tinggi intensitas curah hujan, maka kecepatan rembesan yang terjadi akan semakin cepat.

4. Tinggi Tekanan Kapiler

Berdasarkan hasil pengamatan tinggi tekanan kapiler diperoleh nilai untuk intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5) = 28 cm, untuk intensitas curah hujan kala ulang 10 tahun (I_{10}) = 27,9 cm, untuk intensitas curah hujan kala ulang 25 tahun (I_{25}) = 27 cm, dan untuk intensitas curah hujan kala ulang 50 tahun (I_{50}) = 24,9 cm, sehingga dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka nilai tinggi tekanan kapiler akan semakin kecil. Hal tersebut terjadi karena jumlah debit air berbeda-beda pada setiap intensitas, semakin tinggi intensitas curah hujan maka jumlah debit air juga akan semakin besar, sehingga pada setiap peningkatan intensitas curah hujan air akan semakin cepat terinfiltrasi kedalam lapisan tanah dan air tanah yang tertarik ke atas ke zona tidak jenuh juga akan semakin sedikit. Nilai tinggi tekanan kapiler diamatati pada saat air infiltrasi dan air tekanan kapiler bertemu. Hal ini yang menyebabkan semakin tinggi intensitas curah hujan, maka nilai tinggi tekanan kapiler akan semakin kecil.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari uraian pembahasan hasil penelitian, akan dikemukakan beberapa hal yang menjadi kesimpulan, sebagai berikut:

1. Kerapatan relatif awal pada jenis tanah granuler (*medium sand*) dengan kondisi tanah asli (belum terkena pukulan hujan) tidak mengalami perubahan yang signifikan. Sedangkan kerapatan relatif akhir (setelah terkena pukulan hujan) mengalami perubahan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan. Semakin tinggi intensitas curah hujan, maka kerapatan relatif yang terjadi pada jenis tanah granuler (*medium sand*) akan semakin besar.
2. Kedalaman infiltrasi pada jenis tanah granuler (*medium sand*) mengalami perubahan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan. Semakin tinggi intensitas curah hujan, maka kedalaman infiltrasi yang terjadi akan semakin cepat.
3. Kecepatan rembesan pada jenis tanah granuler (*medium sand*) mengalami perubahan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan. Semakin tinggi intensitas curah hujan, maka kecepatan rembesan yang terjadi akan semakin cepat.
4. Tinggi tekanan kapiler pada jenis tanah granuler (*medium sand*) mengalami perubahan berbanding terbalik dengan meningkatnya intensitas curah hujan.

Semakin tinggi intensitas curah hujan yang terjadi, maka nilai tinggi tekanan kapiler akan semakin kecil.

B. Saran

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



DAFTAR PUSTAKA

- Akil Ade Iskandar, (2013). *Kerapatan relatif (Dr)*. Situs Teknik Sipil.
- Arifin, Zaenal, (2010). *Evaluasi Pembelajaran*. PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Asdak, Chay, 1995. *Hidrologi Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Barenblatt G.I., I.P. Zheltov and I.N. Kochina. 1960. *Basic Seepage Concept in The Theory of homogeneous liquids in fissured rocks*. PMM Vol.24, No.5, 1960, pp. 852-864 Moscow.
- Christady, Hary Hardiyatmo, 2012. *Tanah Longsor dan Erosi*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Craig, R.F. 1991. *Mekanika Tanah*. PT. Erlangga, Jakarta.
- Darwis Panguriseng, 2017. *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Pustaka AQ, Nyutran MG II 14020 Yogyakarta, FB- Pustaka AQ, Imprint Penerbit, YLJK2 Indonesia.
- Darwis Panguriseng, 2018. *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*. Pena Indis, Nyutran MG II 14020 Yogyakarta.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah I*. Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja, M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid-1, Erlangga, Jakarta.
- Dhalhar, M, A. 1972. *Process and Field Evaluation of Infiltration Rate*. A "Plan B" Paper for The MSc Degree, The University of Minnesota.
- Eki Sandi, Sulvahendra, 2018. *Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Permeabilitas Dan Waktu Penggenangan (Ponding Time) Pada Jenis Tanah Common Soil (Studi Uji Laboratorium dengan Rainfall Simulator)*. Jurnal Ilmiah Teknik Pengairan Unismuh Makassar.
- Hadisusanto, N. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Jogja Mediautama, Malang.
- Hanafiah, 2005. *Dasar Dasar Ilmu Tanah*, PT Raja Grafindo Persanda, Jakarta.

- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardjowigeno, S. 1987. *Ilmu Tanah*. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Horton. R. E. 1939. *Drainage Basins Characteristics*. Trans. Am. Geophics.
- Kartasapoetra, A G. 1989. *Kerusakan Tanah Pertanian dan usaha untuk merehabilitasinya*. Bina Aksara. Jakarta.
- Kasmawati, Nurhikmah, 2019. *Analisis Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori Dan Kerapatan Relatif Pada Frekuensi Hujan Berulang (Studi Laboratorium dengan Rainfall Simulator)*. Jurnal Ilmiah Teknik Pengairan Unismuh Makassar.
- Kodoatie, Robert J. dkk, 2010. *Tata Ruang Air*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Robert L. Solso, Maclin M. Kimberly, 2005. *Cognitive Psychology*. Pearson Education. New York.
- Schwab, et al. 1996. *Soil Water and Management System*. John wiley & sons, Inc New York.
- Singh, P. V. 1992. *Elementary Hydrology*. Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Soemarto, C.D. 1995. *Hidrologi Teknik*. Erlangga, Jakarta.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Penerbit Nova, Bandung.
- Sri Harto Br. 2000. *Hidrologi - Teori, Masalah, Penyelesaian*. Nafiri Offset. Yogyakarta.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- 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. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley & Sons Inc, 2nd Edition, 1967.

Triatmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset.

Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Penerbit Beta Offset, Edisi Pertama, Yogyakarta.

Wesley, L. D. 1973. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pustaka Umum, Jakarta.

Wesli, 2008. *Drainase Perkotaan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

