

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN
TERHADAP WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH
GRANULER.**



Oleh:

HUSNUL FATIMAH
10581 11093 16

SALMAN
10581 11095 16

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2021**

**STUDI PENGARUH “INTENSITAS CURAH HUJAN” TERHADAP WAKTU
KEJUT KAPILER PADA TANAH GRANULER (*GRANULER SOIL*)
DENGAN METODE SIMULASI (UJI LABORATORIUM)**

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



17/07/2021

1 dep
Smb. Alumnus

Pf 0034/SIP/2149
FAT
S²



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221
Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com
Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN 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 WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH GRANULER.**

Nama : **HUSNUL FATIMAH**
SALMAN

No. Stambuk : **105 81 11093 16**
105 81 11095 16

Makassar, 26 Syawal 1442 H
7 Juni 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

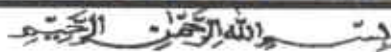
Pembimbing II

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

Lutfi Hair Djunur, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

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



PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Husnul Fatimah** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11093 16 dan **Salman** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11095 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 14 Juni 2021.

Panitia Ujian:

Makassar,

3 Zulkaidah 1442 H

14 Juni 2021 M

1. 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

2. Penguji:

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

b. Sekretaris : Farida Gaffar, ST.,MM.,IPM

3. Anggota: 1. Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, Sp.,PSDA

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

3. Mahmuddin, ST.,MT.,IPM

Mengetahui

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Lutfi Hair Djunur, ST., MT



Dekan Fakultas Teknik

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

NBM : 795 108

Abstrak

Penurunan muka air tanah yang terjadi pada awal musim hujan, merupakan fenomena yang disebut dengan kejut kapiler. Waktu dan ketinggian kejut kapiler sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap waktu kejut kapiler dan ketinggian kejut kapiler. 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 waktu kejut kapiler yang dibutuhkan intensitas curah hujan I_2 adalah 45 menit dengan tinggi kejut kapilernya = 5 cm, untuk I_5 memerlukan waktu selama 37 menit dengan tinggi penurunannya = 5.8 cm, I_{10} selama 32 menit dan tinggi penurunannya = 5.6 cm, I_{25} selama 30 menit dan tinggi penurunannya = 4.8 cm dan I_{50} selama 37 menit dengan tinggi penurunannya = 4.6 cm. Dari hasil pengamatan, dapat disimpulkan bahwa, Intensitas curah hujan sangat berpengaruh terhadap waktu kejut kapiler dan ketinggian kejut kapiler dimana semakin besar intensitas curah hujan maka waktu kejut kapiler akan semakinin cepat dan ketinggian kejut kapilernya semakinin rendah sebaliknya semakinin kecil intensitas curah hujan, waktu kejut kapiler akan semakin lambat dan ketinggian kejut kapilernya akan semakin tinggi.

Kata Kunci : Intensitas curah hujan, Tanah granuler, Waktu kejut kapiler, Tinggi kejut kapiler.

Abstract

The decrease in ground water level that occurs at the beginning of the rainy season is a phenomenon called capillary shock. The time and height of the capillary shock are strongly influenced by the size of the intensity of rainfall. Rainfall intensity is the amount of rainfall expressed in height of rain or volume of rain per unit time. This study aims to determine the effect of rainfall intensity on capillary shock time and capillary shock height. 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 capillary shock time required for I_2 rainfall intensity was 45 minutes with a capillary shock height = 5 cm, for I_5 it took 37 minutes with a decrease in height = 5.8 cm, I_{10} for 32 minutes and a drop height = 5.6 cm, I_{25} for 30 minutes and the height of the drop = 4.8 cm and I_{50} for 37 minutes with the height of the drop = 4.6 cm. From the observations, it can be concluded that, the intensity of rainfall greatly affects the capillary shock time and the height of the capillary shock where the greater the rainfall intensity, the faster the capillary shock time and the lower the capillary shock height. will be slower and the capillary shock level will be higher.

Keywords: Rainfall intensity, Granular soil, Capillary shock time, Capillary shock height.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

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

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah **"STUDI PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP WAKTU KEJUT KAPILER 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 terimakasih dan penghargaan setinggi tingginya kepada:

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

4. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.Sc.** selaku pembimbing I dan Bapak **Lutfi Hair Djunur, ST.,MT** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan arahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.
 5. Bapak dan Ibu dosen serta staff pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
 6. Saudara serta rekan rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan **Proyeksi 2016** yang dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
- Pada akhir penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis meminta saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga laporan tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik dan menambah pengetahuan kami dalam menulis laporan selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Makassar,

2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PERBAIKAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika penulis.....	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah.....	6
1. Klasifikasi Berdasarkan Butiran Tanah (<i>Gradasi Agregat</i>).....	6
2. Klasifikasi tanah menurut AASHTO (<i>American Association Of State Highway and Transporting Official</i>).....	8
3. Sifat dan karakteristik tanah granuler.....	10
B. Tekanan Kapiler.....	13
1. Pengertian Tekanan Kapiler.....	13

2. Pengaruh tekanan kapiler terhadap sifat hidrolis tanah	15
C. Teori Kejut Kapiler.....	17
1. Pengertian Kejut Kapiler.....	17
2. Proses Terjadinya Kejut Kapiler	17
D. Intensitas Curah Hujan.....	19
1. Pengertian Intensitas Curah Hujan.....	19
2. Mekanisme Proses Terjadinya Intensitas Curah Hujan	21
E. Analisa Hidrologi.....	23
1. Curah Hujan Rencana	24
2. Analisa frekuensi curah hujan.....	27
F. Variabel Penelitian.....	29
1. Variabel Bebas (<i>Independent Variable</i>).....	29
2. Variabel Terikat (<i>Dependent Variable</i>).....	29
G. Matriks Penelitian Terdahulu.....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	54
B. Tempat Penelitian.....	54
C. Variabel Penelitian.....	54
1. Variabel Bebas (<i>Independent Variable</i>).....	55
2. Variabel Terikat (<i>Dependent Variable</i>)	55
D. Definisi Operasional Variabel.....	55

1. Intensitas curah hujan.....	56
2. Waktu kejut kapiler.....	56
3. Tinggi kejut kapiler.....	56
E. Rancangan Penelitian.....	56
1. Instrumen Penelitian.....	56
2. Prosedur Pengujian.....	57
F. Teknik Pengumpulan Data.....	59
G. Teknik Analisa Data.....	59
H. Bagan Alur Penelitian.....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Karakteristik Tanah.....	61
B. Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan.....	63
C. Hasil Pengamatan Waktu Kejut Kapiler.....	64
D. Pembahasan.....	75
1. Waktu kejut kapiler.....	75
2. Tinggi kejut kapiler.....	75
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	76
B. Saran.....	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor	Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Pembagian jenis tanah berdasarkan ukuran butir.....	7
Tabel 2.2	Klasifikasi tanah sistem AASHTO.....	9
Tabel 2.3	Ketinggian air kapiler.....	16
Tabel 2.4	Kenaikan kapiler beberapa jenis tanah.....	16
Tabel 2.5	Matriks penelitian terdahulu.....	30
Tabel 4.6	Hasil pengujian analisa saringan pasir sedang (<i>medium sand</i>).....	61
Tabel 4.7	Hasil pengamatan waktu kejut kapiler dan ketinggian kejut Kapiler.....	64
Tabel 4.8	Hubungan intensitas curah hujan dengan waktu kejut kapiler.....	73
Tabel 4.9	Hubungan hasil pengamatan intensitas curah hujan dengan Ketinggian tinggi penurunan muka air tanah.....	74



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Gambar	Halaman
Gambar 2.1	Susunan butiran tanah granuler (Darwis, 2017).....	12
Gambar 2.2	Diagram kapasitas air tanah (Davie T.2008).....	15
Gambar 2.3	Zona air lapisan tanah (Darwis,2018).....	18
Gambar 2.4	Siklus hidrologi (Triatmodjo,2008).....	22
Gambar 3.5	Skema hubungan variabel penelitian.....	55
Gambar 3.6	Sketsa alat model.....	56
Gambar 3.7	Foto alat model.....	57
Gambar 3.8	Bagan alur penelitian.....	60
Gambar 4.9	Grafik distribusi butir analisa saringan berdasarkan hasil pengujian analisa saringan.....	63
Gambar 4.10	Grafik tinggi kejut kapiler dan waktu kejut kapiler pada intensitas curah hujan I_2	67
Gambar 4.11	Grafik tinggi kejut kapiler dan waktu kejut kapiler pada intensitas curah hujan I_5	68
Gambar 4.12	Grafik tinggi kejut kapiler dan waktu kejut kapiler pada intensitas curah hujan I_{10}	69
Gambar 4.13	Grafik Tinggi kejut kapiler dan waktu kejut kapiler pada intensitas curah hujan I_{25}	70
Gambar 4.14	Grafik tinggi kejut kapiler dan waktu kejut kapiler pada intensitas curah hujan I_{50}	71
Gambar 4.15	Grafik Gabungan intensitas curah hujan.....	72

Gambar 4.16 Grafik Hubungan antara intensitas curah hujan dengan waktu kejut kapiler.....	73
Gambar 4.17 Grafik Hubungan antara intensitas curah hujan dengan tinggi kejut kapiler.....	74



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Pc	Tekanan Kapiler
IPTEK	Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
AASHTO	American Association Of State Highway and Transportation Official
GI	Group Index
mm	Milimeter
LL	Batas Cair
PI	Plasticity Index
Dr	kerapatan Relative
SPT	Standar Penetration Test
r	Jari-jari
g	Percepatan Gravitasi
h	Tinggi Kolom
Δ	Delta
cm	Centimeter
I	Intensitas Curah Hujan
t	Lamanya Curah Hujan
H	Tinggi Penurunan Muka Air tanah
h1	Selisih Muka Air Tanah Sebelum Dan Saat Dihujani
PL	Plastic Limit
GW	Groundwater Level
IDR	Intensity Duration Frequency
F	Persentase butir yang lolos saringan no.200

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Hujan adalah bentuk presipitasi uap air yang terdapat di atmosfer yang berasal dari alam. Es dan salju juga merupakan bentuk presipitasi lain dari hujan. Hujan berasal dari uap air atmosfer, sehingga jumlah dan bentuknya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti tanah atmosfer dan angin temperature. Uap air akan naik ke atmosfer sehingga uap air akan mendingin dan akan terjadi kondensasi menjadi butiran-butiran air dan kristal es yang akhirnya jatuh menjadi hujan. Butiran hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan mengalir dipermukaan tanah dan sebagian akan menginfiltrasi atau menyerap ke dalam tanah.

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral padat yang tidak terikat secara kimia antara satu sama lain dan terbuat dari diantaranya bahan organik yang telah melapuk berpartikel padat dan disertai dengan gas dan zat cair yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel padat tersebut. Pada proses infiltrasi yang terjadi pada tanah sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya infiltrasi curah hujan, porositas tanah, kerapatan massa tanah, kadar air tanah, tekstur tanah. Intensitas curah hujan merupakan jumlah curah hujan dalam satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam (mm/jam), mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun. Yang berturut-turut,

Proses masuknya air dari permukaan tanah kedalam tanah disebut infiltrasi. Sedangkan gerakan air di dalam tanah karena ada gaya gravitasi disebut perkolasi. Melalui profil, kedalaman air tanah yang diduga berdasarkan tinggi muka air tanah yang selalu mengalami periode naik turun sesuai dengan keadaan musim atau faktor lingkungan luar lainnya.

Penurunan muka air tanah yang terjadi pada awal musim hujan, merupakan fenomena peningkatan tekanan kapiler di dalam lapisan tanah, yang disebut dengan kejut kapiler. Tekanan Kapiler (P_c) merupakan perbedaan tekanan diantara dua fluida yang tidak tercampur seperti zat cair dan gas yang merupakan akibat terjadinya pertemuan permukaan yang dapat memisahkan mereka.

Tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan lapisan tipis permukaan air sebelah atas. Pada 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 terjadi akibat tertutupnya sebagian pori tanah di lapisan permukaan, sehingga meningkatkan daya ikat tanah terhadap air dan mengakibatkan terjadinya pergerakan air kapiler dari lapisan tanah jenuh ke lapisan tanah tak jenuh kejadian ini memberikan kejutan karena bertolak belakang dengan adanya hujan justru air tanah jenuh permukaannya mengalami penurunan (*degradasi*).

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.

Hal ini sangat urgen untuk menjadi perhatian baik dalam rangka menunjang sustanabitas usaha pertanian maupun dalam pengembangan konsep ilmiah tentang pergerakan air kapiler pada saat-saat tertentu.

Eksistensi pada jenis tanah yang berbutir kasar (*granuler soil*), jenis tanah granuler dalam konsistensinya biasa dalam bentuk krikil pasir atau lanau. Oleh karena itu, pengaruh intensitas curah hujan terhadap waktu kejut kapiler pada tanah granuler penting untuk diamati.

Mengingat begitu besarnya pengaruh intensitas curah hujan terhadap tekanan kapiler pada tanah granuler, maka dipengaruhi analisa yang lebih spesifik terhadap pengaruh intensitas curah hujan terhadap waktu kejut kapiler pada tanah granuler, maka perlu melakukan pengujian eksperimental. Salah satu faktor yang penting untuk diteliti adalah **"Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler Pada Tanah Granuler Dengan Simulasi (Uji 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 waktu kejut kapiler pada tanah granuler sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol?
2. Bagaimana pengaruh intensitas curah hujan terhadap tinggi kejut kapiler pada tanah granuler sesaat setelah hujan 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 waktu kejut kapiler pada tanah granuler sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol.
2. Mengetahui pengaruh intensitas curah hujan terhadap tinggi kejut kapiler pada tanah granuler sesaat setelah hujan dengan intensitas terkontrol.

D. Manfaat Penelitian

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

E. Batasan Masalah

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

1. Jenis tanah granuler yang di uji dalam penelitian hanya diambil lima jenis tanah dari lokasi yang berbeda.
2. Media kejut kapiler menggunakan jenis tanah yang berbutir kasar (*granuler soil*) dengan gradasi pasir sedang (*medium sand*).

F. Sistematika penulis

Sistematika penulisan laporan ini terdiri dari V (Lima) Bab, di mana setiap bab membahas permasalahan tersendiri diantaranya sebagai berikut ini:

BAB I PENDAHULUAN di mana bab ini membahas tentang gambaran umum atau latar belakang permasalahan, rumusan 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 memecakan masalah yang meliputi tentang klasifikasi tanah, intensitas curah hujan, tekanan kapiler dan teori kejut kapiler.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN yang menjelaskan jenis penelitian, tempat penelitian, variable penelitian, definisi operasi variable, kalibrasi alat, 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 bagian ini terdapat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta terdapat saran-saran dari penulis tentang faktor pendukung dan faktor penghambat yang penulis alami selama melakukan penelitian, yang tentunya diharapkan agar terangkum dengan baik dan benar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah

Menurut Das (1995), dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) 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).

Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen tanah yang di kandunginya. Misalnya lempung berlanau (*silty clay*), lempung berpasir (*sandy clay*) dan sebagainya. Sistem ini di dasarkan pada ukuran batas butiran tanah, yaitu (Darwis, 2018):

- a. Pasir : Ukuran butir antara 2,0 - 0,05 mm,
- b. Lanau : Ukuran butir antara 0,05 - 0,002 mm,
- c. Lempung: Ukuran butir < 0,002 mm.

1. Klasifikasi Berdasarkan Butiran Tanah (*Gradasi Agregat*)

Sifat tanah selalu tergantung pada ukuran butiran-butirannya dan ini dipakai sebagai penentuan klasifikasi teknis dari tanah. Berdasarkan hal ini, pembagian jenis tanah berdasarkan ukuran butiran dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2.1 Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

Jenis Tanah	Batasan Ukuran Butir
Berangkal (<i>Boulder</i>)	>8 inci (20 cm)
Kerakal (<i>Cobblestone</i>)	3 inci-8inci (8-20 cm)
Batu Kerikil (<i>Gravel</i>)	2 mm-3 inci (2mm-8 cm)
Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	0,6 mm – 2 mm
Pasir Sedang (<i>Medium Sand</i>)	0,2 mm-0,6 mm
Pasir Halus (<i>Silt</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, L. D. Wesley, 1977).

Untuk tanah yang berukuran kasar, sifat-sifatnya sangat bergantung pada ukuran butirannya, sehingga distribusi ukuran butir-butir itu adalah satu satunya sifat yang dipakai untuk mengklasifikasikan tanah granular. Lain halnya dengan tanah berbutir halus, pada tanah yang berbutir halus diketahui tidak ada hubungan langsung antara sifat-sifat dan untuk mengklasifikasikannya dipakai metode-metode lain yaitu, dengan percobaan batas atterbeng dan atau percobaan dilantasi. Apabila sudah jelas diketahui bahwa butir-butir tanah tertentu seluruhnya lebih halus dari 0.08 mm, maka tidak perlu lagi mengukur lebih lanjut ukuran butir-butirnya untuk menentukan jenis tanahnya. (Darwis, 2018).

Penentuan jenis tanah dilakukan atas dasar hasil-hasil percobaan-percobaan batas atterbeng atau dilantasi. Hal ini penting untuk diketahui perbedaan antara istilah lempung dan fraksi lempung atau lanau dengan fraksi lanau.

(Darwis, 2018).

2. Klasifikasi tanah menurut AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*).

Klasifikasi sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*) Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Hoentogler dan Terzaghi, yang akhirnya diambil oleh Bureau Of Public Roads. Pengklasifikasian sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butir dan plastisitas. Maka dalam mengklasifikasikan tanah membutuhkan pengujian analisis ukuran butiran, pengujian batas cair dan batas plastis. Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*) berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perancangan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut. Sistem ini membedakan tanah dalam 8 (delapan) kelompok yang diberi nama dari A-1 sampai A-8. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka pada revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan (Sukirman, 1992).

- a. Analisis ukuran butiran
- b. Batas cair, batas plastis, batas susut dan IP yang dihitung
- c. Ekuivalen kelembapan lapangan, kadar lembab maksimum di mana satu tetes air yang dijatuhkan pada suatu permukaan yang kecil tidak segera diserap oleh

permukaan tanah itu.

- d. Ekuivalen kelembapan sentrifugal, sebuah percobaan untuk mengukur kapasitas tanah dalam menahan air.

Tabel 2.2. Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Klasifikasi umum	Material granular ($<35\%$ lolos saringan no. 200)						Tanah-tanah lanau-lempung ($>35\%$ lolos saringan no. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7
Analisa saringan (% lolos)										
2,00 mm (no.10)	50 maks									
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 maks	36 maks	36 maks
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks							
Sifat fraksi lolos saringan no.40			np	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	41 min
Bats cair (LL)	6 maks			10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	11 min	
Indeks plastis (PI)										
Indeks kelompok (GI)	0	0	0	4 maks			8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang Pokok pada umumnya	Pecahan batu kerikil dan pasir	Pasir halus		Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir			Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Sedang sampai buruk			

(Sumber: Hardiyatmo (1996))

Untuk mengevaluasi mutu dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar

(*sub grade*) suatu jalan raya, maka diperlukan angka indeks grup (*group index, GI*).

Nilai GI dituliskan di dalam kurung setelah nama kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan (Hary Christady Hardiyatmo, 2012). Rumusnya:

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10).....(1)$$

Di mana :

F = persentase butir yang lolos saringan no.200

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

3. Sifat dan karakteristik tanah granuler

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

a. Sifat Fisik dan Teknis Tanah Granular

Tanah granular dalam 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):

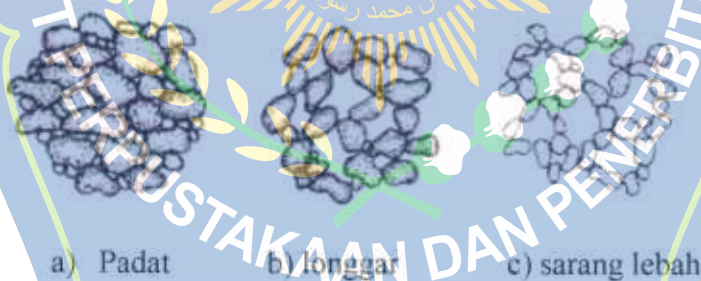
- 1) Merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan, karena mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kecil, asalkan tanahnya relatif padat. Penurunan terjadi segera sesudah penerapan beban. Jika dipengaruhi getaran pada frekuensi tinggi, penurunan besar dapat terjadi 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 drainase yang baik, karena lolos air.

- 3) Tanah yang baik untuk timbunan, karena mempunyai kuat geser yang tinggi.
- 4) Bila tidak dicampur dengan material kohesif, tidak dapat digunakan sebagai bahan tanggul, bendungan, kolam dan lain-lain, karena permeabilitasnya besar. Galian pada tanah granular yang terendam air perlu penanganan yang baik.
- 5) Kuat geser dan kompresibilitas tanah granular tergantung dari kepadatan butiran yang biasanya dinyatakan dalam kerapatan relatif (D_r). Kerapatan relatif dapat ditentukan dari uji penetrasi, contohnya alat uji penetrasi standard (SPT).
- 6) 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 izinnnya 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 (*dense*), longgar (*loose*), atau bahkan dalam bentuk sarang lebah (*honeycomb*), yang dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut (Darwis, 2017):



Gambar 2.1. Susunan butiran tanah granuler (Darwis 2017).

Parameter yang sangat penting diketahui dari lapisan tanah granuler adalah kerapatan relative (D_r), akan tetapi karena kesulitan pengambilan sampel tanah granuler tak terganggu (*undisturbed sample*), maka sering dilakukan korelasi nilai pengujian lapangan dengan nilai D_r . Percobaan lapangan yang sering

dilakukan untuk menghubungkan dengan nilai D_r , adalah nilai NSPT dari percobaan *standar penetration test* (SPT). Akan tetapi dalam kondisi tertentu parameter D_r tidak cukup memberikan informasi tentang sifat tanah granuler. Sejarah tegangan lapisan tanah granuler juga sangat perlu untuk diketahui, karena lapisan tanah granuler yang pernah mengalami tegangan yang lebih besar dari tegangan yang dialami sekarang (*over consolidated*), akan mempunyai perilaku tegangan regangan dan sifat penurunan yang sangat berbeda dibandingkan dengan lapisan tanah granuler yang belum pernah mengalami tegangan lebih besar dari pada tegangan dialami sekarang (*normally consolidated*). Pengaruh air terhadap lapisan tanah granuler cukup berarti bila konsistensi tanah granuler tersebut tidak padat, karena komposisi butiran akan mengalami distorsi bila ada air (Darwis, 2017).

B. Tekanan Kapiler

1. Pengertian Tekanan Kapiler

Menurut Hardyatmo (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. Perbedaan tekanan antara dua fluida ini adalah perbedaan tekanan fluida “non wetting fasa” (P_{nw}) dengan fluida “wetting fasa” (P_w), atau:

$$P_c = P_{nw} - P_w \dots \dots \dots (2)$$

Kohesi pada konsistensi tanah merupakan gaya tarik menarik antara zarah tanah akibat adanya selaput legas pada permukaan zarah tersebut, besar kecilnya dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk zarah serta tebal tipisnya selaput

legas diantara 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. Pada 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 pendorong minyak dan gas untuk bergerak atau mengalir melalui pori-pori reservoir dalam arah vertical.

Untuk tekanan kapiler pada batuan berpori tergantung pada ukuran ukuran pori-pori dan macam fluidanya. Secara kuantitatif dapat dinyatakan dalam hubungan yaitu (Hardiyatmo, 2012):

$$P_c = \frac{2\sigma \cos\theta}{r} = \Delta\rho \cdot g \cdot h \dots\dots\dots(3)$$

Di mana: P_c = Tekanan kapiler

σ = Tegangan permukaan antara dua fluida

$\cos\theta$ = Sudut kontak permukaan antara dua fluida

r = Jari jari lengkung pori -pori

$\Delta\rho$ = Perbedaan densitas dua fluida

g = Percepatan gravitasi

h = Tinggi kolom

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 2.2. Diagram Kapasitas air tanah (Davie T.2008)

Tinggi minimum dari $h_c(\min)$ dipengaruhi oleh ukuran maksimum pori-pori tanah. Di dalam batas antara $h_c(\min)$ dan $h_c(\max)$, tanah dapat bersifat jenuh sebagian (*partially saturated*).

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

Tabel 2. 3. 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: (Hasbo 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 2.4 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	Kasar	1	0.5	15	7.5	13.5
4	Pasir	Medium	0.5	0.25	37.5	15	24.5
5	Pasir	Halus	0.25	0.125	75	37.5	42.8
6	Pasir	Sangat halus	0.125	0.062	150	75	105.5
7	Lanau/Silt	Sangat halus	0,062	0.031	375	150	200

Sumber: (Todd & Mays, 2005)

C. Teori Kejut Kapiler

1. Pengertian Kejut Kapiler

Menurut Darwis dkk(2012;2013) Penurunan muka air tanah yang terjadi pada awal musim hujan, merupakan fenomena peningkatan tekanan kapiler di dalam lapisan tanah, yang di sebut dengan Kejut kapiler. Peningkatan tekanan kapiler di dalam lapisan tanah yang mendapatkan infiltrasi awal terjadinya akibat tertutupnya sebagian pori-pori tanah di lapisan permukaan, sehingga meningkatkan daya ikat tanah terhadap air dan meningkatkan terjadinya gerakan air kapiler dari lapisan tanah jenuh ke lapisan tanah tak jenuh. Kejadian ini memberikan kejutan karena bertolak belakang dengan adanya hujan justru air tanah jenuh permukaan dan mengalami penurunan atau dehidrasi. Penurunan permukaan air tanah freatis ini cukup signifikan karena dapat mencapai antara 30 s/d 50 cm, sebelum kembali meningkat setelah intensitas curah hujan semakin meningkat. Periode ini cukup panjang untuk eksistensi kehidupan tanaman, karena dapat berlangsung antara 2 s/d 3 minggu.

2. Proses Terjadinya Kejut Kapiler

Pada musim kemarau, lapisan tanah pada zona penduler dan funikuler mengalami pengeringan, sehingga pori tanah akan membesar. Pada awal turun hujan, pori pada kedua zona tersebut akan kembali mengecil karena sebagian pori akan kembali terisi air hidroskopik, yang melekat kuat pada setiap butiran tanah yang mengisapnya. Oleh karena itu mengecilnya pori yang kosong dalam tanah sebagai akibat tersisihnya air hidroskopik pada infiltrasi air hujan maka tekanan kapiler akan meningkat pada zona kapiler sehingga menghisap air dari zona freatis.

Dengan demikian permukaan air freatis akan terdegradasi karena air yang terinfiltrasi diawal musim hujan belum sampai ke zona freatis tapi justru air freatis terhisap ke lapisan kapiler karena tingginya tekana kapiler yang timbul akibat pori tanah yang mengecil pada lapisan tanah pada zona punikuler dan funikuler (Darwis dkk 2012;2013).



Gambar 2.3. Zona Air Lapisan Tanah (Darwis, 2018)

Beberapa sentesa yang menjadi dasar ilmiah Fenomena Kejut Kapiler sebagai berikut (Darwis, 2015):

- Volume air yang terinfiltrasi belum melebihi kapasitas daya ikat tanah terhadap air di zona aerasi, sehingga aliran air dalam tanah belum ada yang memasuki proses perkolasi.
- Bahwa akibat adanya infiltrasi air permukaan ke dalam lapisan tanah belum mencukupi daya ikat tanah terhadap air akan memicu peningkatan nilai pF pada lapisan tanah di zona aerasi, sehingga memungkinkan air bergerak dari zona saturasi ke zona aerasi.

- c. Peningkatan kadar air tanah di lapisan permukaan memperkecil pori udara, yang dapat mengakibatkan peningkatan daya ikat partikel tanah terhadap air pada lapisan tanah di bawahnya, sehingga tekanan kapiler dalam lapisan tanah pada zona aerasi meningkat, dan mengakibatkan *resources* air tanah jenuh akan terisap ke lapisan air.

D. Intensitas Curah Hujan

1. Pengertian Intensitas Curah Hujan

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 curah hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit, (Suroso, 2006).

Besarnya intensitas curah 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 perkiraan besarnya erosi, debit puncak (banjir),

perencanaan drainase, dan bangunan air lainnya, serta perkiraan 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* (IDFCurve).

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

a. Metode Monobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} + \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (21)$$

(CD. Soemarto, 1995)

Di mana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (jam)

b. Metode van Breen

$$I_T = \frac{54R_T + 0.07 R_T}{t_c + 0.3R_T} \quad (22)$$

Di mana:

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

$$R_i = \frac{1272t + 54}{x_t(1-t) + 1272t} \quad (23)$$

Di mana:

t = Durasi curah hujan dalam satuan jam

X_t = Curah hujan maksimum yang terpilih

$$I = \frac{R}{t} \quad (24)$$

untuk $1 \leq t < 24$ jam :

$$R = \sqrt{\frac{11300 t}{t + 3.12} \left[\frac{X_t}{100} \right]} \quad (25)$$

Di mana:

I = Intensitas curah hujan

R, R_t = Curah hujan menurut Haspers dan Der Weduwen

t = Durasi curah hujan

X_t = Curah hujan harian maksimum yang terpilih

2. Mekanisme Proses Terjadinya Intensitas Curah Hujan

Menurut Triatmodjo (2008) Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Objek hidrologi meliputi aspek presipitasi, evaporasi dan transpirasi aliran permukaan dan air tanah.

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.

Siklus hidrologi adalah proses di mana bergeraknya air dari bumi menuju atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi, yang berlangsung secara terus menerus. (Triatmodjo, 2008). Sumber terjadinya siklus hidrologi adalah sinar matahari. Akibat adanya sinar matahari, air yang berada dipermukaan tanah seperti sungai, danau, dan laut mengalami penguapan ke udara, uap air tersebut kemudian bergerak dan naik menuju atmosfer yang kemudian terjadi proses kondensasi yang pada akhirnya merubah uap air tersebut menjadi partikel-partikel air yang berbentuk es, partikel-partikel air tersebut akan menyatu satu sama lain hingga membentuk awan. Kemudian partikel-partikel air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Air hujan yang jatuh sebagian ada yang tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan sebagian yang lain sampai ke permukaan tanah dan mengalir dipermukaan tanah (*surface runoff*) mengisi cekungan-cekungan tanah, danau, dan masuk ke aliran sungai dan pada akhirnya akan mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (*perkolasi*) mengisi air tanah dan kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai, dan pada akhirnya aliran air sungai akan sampai ke laut. Secara umum dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2.4 Siklus Hidrologi (Triatmodjo, 2008)

Siklus hidrologi memiliki peranan yang teramat penting bagi kelangsungan hidup organisme di bumi. Melalui siklus inilah, kesediaan air di daratan bumi dapat tetap terjaga, mengingat teraturnya suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem bumi dapat tercipta karena proses siklus hidrologi ini. Siklus hidrologi dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut:

- 1) Siklus hidrologi pendek atau kecil, yaitu proses di mana air laut yang menguap terkondensasi dan menjadi awan kemudian terjadi hujan dan jatuh ke laut
- 2) Siklus hidrologi sedang, yaitu proses di mana air laut yang menguap terkondensasi dan dibawa oleh angin membentuk awan diatas daratan, kemudian jatuh sebagai hujan lalu sebagian meresap kedalam tanah dan sebagian yang lain mengalir dipermukaan tanah menuju sungai, dan sungai mengalir ke laut
- 3) Siklus hidrologi panjang atau besar, yaitu proses di mana air laut menguap menjadi gas kemudian terjadi proses sublimasi membentuk kristal-kristal es yang terbawa angin kedaratan atau pegunungan yang tinggi dan jatuh menjadi hujan es atau salju, lalu terbentuk glasier masuk kesungai dan menuju ke laut.

E. 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). Data hidrologi dianalisis untuk membuat

keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan sebagian data hidrologi yang dikumpulkan (Soewarno, 1995).

1. Curah Hujan Rencana

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. Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana adalah *Metode Gumbel*, *Metode log Normal* dan *Metode distribusi Log Person III*.

a) Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (*Coefisien of skewness*) atau $CS = 1,139$ dan koefisien kurtosis (*Coeficient Curtosis*) atau $Ck < 4,002$. Pada metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi dobel eksponensial. (Soewarno, 1995)

Langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Gumbel adalah sebagai berikut:

1) Hitung standar deviasi

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - Xr)^2}{n-1}} \quad (5)$$

(Loebis, 1984)

Di mana: Sx = Standar Deviasi

Xi = Curah hujan rata-rata

Xr = Harga rata-rata

n = Jumlah data

2) Hitung nilai faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (6)$$

(Loebis,1984)

Di mana: K = Faktor Frekuensi

Y_n = Harga rata – rata reduce variate

S_n = Reduced standard deviation

Y_t = Reduced variated

3) Hitung hujan dalam periode ulang T tahun

$$X_t = X_r + (K.S_x) \dots\dots\dots (7)$$

(Loebis,1984)

Di mana: X_t = Hujan dalam periode ulang tahun

X_r = Harga rata – rata

K = Faktor Frekuensi

S_x = Standar deviasi

b) Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Normal

Distribusi log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X. Distribusi log-Pearson Type III akan menjadi distribusi log Normal apabila nilai koefisien kemencengan $CS = 0,00$.

Adapun rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Log Normal adalah sebagai berikut:

$$R_t = X_r + K_t.S_x \dots\dots\dots (8)$$

(Loebis,1984)

Di mana:

R_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun

X_r = Curah hujan rata – rata

K_t = Standar variabel untuk periode ulang tahun

S_x = Standar deviasi

c) Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III

Distribusi Log Pearson Tipe III atau Distribusi Extrim Tipe III digunakan untuk analisis variabel hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (*low flows*). Distribusi Log Pearson Tipe III mempunyai koefisien kemencengan (*Coefisien of skewness*) atau $CS \neq 0$.

Langkah-langkah perhitungan kurva distribusi Log Pearson III adalah:

- 1) Hitung nilai rata-ratanya:

$$\overline{\log X} = \frac{\sum(\log X)}{n} \quad (9)$$

(CD.Soemarto,1999)

- 2) Hitung nilai deviasi standarnya dari $\log X$:

$$S \log X = \frac{\sum(\log X - \overline{\log X})^2}{n-1} \quad (10)$$

(CD.Soemarto,1999)

- 3) Hitung nilai koefisien kemencengan

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3} \quad (11)$$

(CD.Soemarto,1999)

2. Analisa frekuensi curah hujan

Analisis frekuensi dengan meratakan pola distribusi hujan selanjutnya didapatkan pola distribusi rerata yang dianggap mewakili kondisi hujan dan digunakan sebagai pola untuk mendistribusikan hujan rancangan menjadi hujan jam-jaman (Triatmodjo, 2008).

Menurut Triatmodjo (2008), dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata ($\bar{X}$), simpangan baku (s), koefisien skewness (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variasi (Cv).

a. Rata-Rata

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i \quad (12)$$

b. Simpangan Baku

$$s = \sqrt{\left[\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2 \right]} \quad (13)$$

c. koefisien skewness

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (14)$$

d. koefisien kurtosis

$$Ck = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \quad (15)$$

e. koefisien variasi

$$Cv = \frac{s}{\bar{X}} \quad (16)$$

Analisis frekuensi hujan dihitung dengan beberapa metode untuk menghitung besarnya hujan rancangan antara lain, Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson Tipe III.

a) Distribusi Normal

Distribusi normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang disebut juga distribusi gauss. Sri Harto (1993), memberikan sifat-sifat distribusi normal, yaitu nilai koefisien kemencengan (*skewness*) $C_s \approx 0$ dan nilai koefisien kurtosis $C_k \approx 3$.

$$X_T = K_T \cdot s \dots \dots \dots (17)$$

Di mana: X_T = perkiraan nilai pada T-tahun,

$\bar{X}$ = nilai rata-rata sampel,

K_T = faktor frekuensi s adalah standar deviasi,

b) Distribusi Log Normal

Menurut Singh (1992), jika variabel acak $y = \log x$ terdistribusi secara normal, maka x dikatakan mengikuti distribusi Log Normal, dalam model matematik dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Y_T = K_T \cdot s \dots \dots \dots (18)$$

Di mana: Y_T = perkiraan nilai pada T-tahun,

$\bar{Y}$ = nilai rata-rata sampel,

K_T = faktor frekuensi

S = standar devias

Ciri khas statistik distribusi Log Normal adalah nilai koefisien skewness sama dengan tiga kali nilai koefisien variasi (C_v) atau bertanda positif.

c) Distribusi Gumbel

Rumus umum yang digunakan dalam metode Gumbel adalah sebagai

berikut:

$$X = K \cdot s \dots \dots \dots (19)$$

Di mana: X = nilai rata-rata

K = faktor frekuensi

S = standar devias

d) Distribusi Log Pearson

Apabila tidak memenuhi ketiga distribusi di atas maka data tersebut dapat dihitung menggunakan distribusi Log Pearson III.

$$\log X_r = \log \bar{X} + K \cdot s \dots \dots \dots (20)$$

F. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala kondisi yang diobservasi, dikontrol, bahkan dimanipulasi oleh peneliti ketika melakukan penelitian (Best, 1982). Pada penelitian ini terdapat 2 (dua) jenis variabel, yaitu variabel bebas (*Independent Variabel*) dan variabel terikat (*Dependent Variabel*).

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 2011).

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

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

G. Matriks Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5. Matriks Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Putri Radhiana Eko; Yusuf Zafiera Paraswaty Djalle . 2019	Analisis tingkat kejut kapiler* muka air tanah pada Tanah lempung berpasir berlanau (silty sandy clay)	Metode Simulasi (Uji Laboratoriu m)	1. Hubungan antara frekuensi hujan dengan fluktuasi muka air tanah, memperlihatkan degradasi muka air tanah (fenomena kejut kapiler) yang terjadi pada hujan pertama dan kedua. Selanjutnya muka air tanah meningkat dan terus berlangsung sampai pada hujan kelima.

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				2. Hubungan frekuensi hujan dengan kedalaman infiltrasi, mulai pada hujan pertama sampai hujan kedua terus bertambah. Namun pada awal hujan ketiga kedalaman infiltrasi sudah tidak dapat diamati. Hal ini disebabkan karena rembesan air dari infiltrasi telah bertemu dengan air kapiler yang bergerak dari bawah ke atas. 3. Hubungan frekuensi hujan pada peningkatan

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				tekanan kapiler, saat hujan pertama mengalami kenaikan. Kemudian pada hujan kedua mengalami stagnan, dan pada hujan ketiga sudah tidak terbaca karena bertemunya air kapiler dengan air yang terinfiltrasi dari atas ke bawah.
2.	Nita Anugrah Jupriadi, Andi Alfian Nur, 2019	Analisis Tingkat 'Kejut Kapiler' Muka Air Tanah Pada Tanah Liat Berlempung Berpasir (<i>Sandy Clayey Silt</i>)	Metode Simulasi (Uji Laboratorium)	1. Hubungan frekuensi hujan dengan fluktuasi muka air tanah saat frekuensi hujan pertama sampai frekuensi hujan kelima terjadi

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				penurunan kemudian mengalami kenaikan saat frekuensi hujan kelima pada menit ke 15 dan terus meningkat sampai menit ke 120. 2. Hubungan frekuensi hujan dengan kedalaman infiltrasi mulai pada frekuensi hujan pertama sampai frekuensi hujan keempat terus bertambah, namun pada awal frekuensi hujan kelima kedalaman infiltrasi sudah tidak dapat

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				diamati. Hal ini disebabkan karena rembesan air dari infiltrasi telah bertemu dengan air kapiler yang bergerak dari bawah ke atas. 3. Hubungan frekuensi hujan dengan peningkatan tekanan kapiler, pada frekuensi hujan pertama mengalami kenaikan sampai frekuensi hujan ketiga, kemudian frekuensi hujan keempat mengalami stagnan pada

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				menit pertama sampai menit ke 20 dan pada frekuensi hujan kelima 64 sudah tidak terbaca karena bertemunya air kapiler dengan air yang terinfiltrasi dari atas ke bawah. 4. Air tanah mengalami penurunan karena adanya tekanan kapiler namun ketika tanah jenuh maka air tanah mulai meningkat.
3.	Henggar Risa Destania	Pengaruh Intensitas Hujan terhadap (Soil)	Metode penelitian eksperimen	Kesimpulan dalam penelitian adalah Radar X-

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	2019	Water Index (SWI) dengan Menggunakan Data Radar.	lapangan	band MP (Multi Parameter) memiliki manfaat untuk memperkirakan jumlah curah hujan dan distribusi ukuran partikel presipitasi. Hal ini efektif untuk menetapkan metodologi estimasi presipitasi dan menghasilkan informasi curah hujan secara real-time untuk prediksi awal bencana sedimen. Dengan menggunakan ALOS3WD yang memiliki cakupan temporal dari tahun 2006-2011 dapat

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				menghasilkan pembacaan data topografi yang lebih mencerminkan kondisi saat ini daerah tangkapan air Boyong (BO-D5) di Gunung Merapi. Kondisi kandungan air tanah di daerah tangkapan Boyong seperti yang ditunjukkan dalam SWI digunakan untuk mengidentifikasi perubahan kandungan air dalam tanah sebagai respon dari kondisi curah hujan dan topografi di Boyong (BO-D5). Perubahan SWI meningkat pesat

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				dari bulan Oktober 2016 sampai Maret 2017. Hal ini sesuai dengan kondisi curah hujan yang cenderung lebih tinggi dan terus menerus, karena musim penghujan, dibanding bulan lainnya namun masih belum melebihi nilai referensi standar SWI (120 - 160 mm) yang ditetapkan oleh JMA. Kejadian dengan long duration-high intensity (LH) berlangsung lama pada bulan September 2016

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				sampai April 2017. Ini menunjukkan bahwa jenis long duration-high intensity (LH) berkaitan dengan kenaikan bertahap SWI berikutnya dan perlu diperhatikan untuk prediksi bencana sedimen karena intensitas curah hujan mencapai nilai tertinggi, indeks air tanah juga akan meningkat. Nilai SWI yang lebih tinggi menunjukkan risiko inisiasi bencana sedimen yang lebih tinggi.

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4.	Jeanely Rangkang, Lawalenna Samang, Sakti Adji Adisasmita, Muralia Hustim) 2019	Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Tingkat Infiltrasi Pada <i>Eco-Concrete Paving Block</i>	Metode simulasi uji laboratorium	1. Kapasitas infiltrasi dari perkerasan sangat dipengaruhi oleh intensitas curah hujan 2. Bentuk paving dalam hal ini luas keliling permukaan (S) sangat mempengaruhi kapasitas infiltrasi pada intensitas curah hujan tinggi 3. Pada intensitas curah hujan rendah tidak terjadi runoff pada semua bentuk paving yang diuji, sehingga pola pengaliran air terinfiltrasi pada

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				semua bentuk paving adalah hampir sama.
5.	Abd. Rakhim Nanda; Nurnawaty 2015	Kapasitas Infiltrasi Tanah Timbunan Dengan Tutupan <i>Paving Blok</i>	Metode Penelitian (Uji Model Laboratorium)	Penggunaan paving blok dapat memperbesar infiltrasi dan mengurangi run off. paving juga dapat digunakan sebagai pengisian air ke dalam tanah dan efektif untuk mengurangi limpasan permukaan dalam kondisi puncak. Pada penelitian ini dapat disimpulkan kapasitas infiltrasi dengan kepadatan tanah 90% tanpa tutupan terjadi pada menit ke 20 sebesar 3,36 cm/jam, dengan

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				tutupan 50% paving blok pada menit ke 15 sebesar 0,24 cm/jam danutupan 100% paving blok pada menit ke 10 sebesar 0,75, sehingga dapat disimpulkan Hubungan antara resapan dengan variasi intensitas adalah berbanding lurus, di mana resapan akan meningkat jika intensitas yang diberikan juga meningkat.
6.	Burhan Barid, Wahyunika Sari 2013	Pengaruh Hujan terhadap Perubahan Elevasi Muka Air Tanah pada Model Unit	Metode Desain Model infiltrasi mengacu pada skema	1. Perubahan muka air tanah terjadi pada menit ke-120, pada pengujian I hanya mencapai -81,2

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
		Resapan dengan Media Tanah Pasir	aliran pada unit resapan	, pengujian II mencapai 76 cm, dan pada pengujian III kenaikan muka air tanah mencapai -77,6 cm. cm2. Pada pengujian I Kelembaban tanah mengalami kejenuhan pada menit ke-110, pengujian II kelembaban tanah mengalami kenaikan pada menit ke-70 dan kejenuhan yang lebih cepat yaitu pada menit ke-90, sedangkan pada pengujian III kelembaban tanah mengalami kenaikan pada menit ke70 hingga

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				mengalami kejenuhan di menit ke-100. 3. Dalam ketiga pengujian ini masing-masing menggunakan intensitas hujan (I) sebesar 0,14 m/jam, luas area (A) 2,25 m², dan durasi hujan (t) selama 2 jam yang sama. Dari data tersebut diperoleh Volume hujan sebesar 630 liter. Efisiensi Model Unit Resapan diperoleh dari tiap persentase kenaikan muka air tanah, pada pengujian I diperoleh nilai air tanah sebesar

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				18,8%, pengujian II diperoleh nilai persentase sebesar 22,4%, dan pada pengujian III diperoleh nilai persentase kenaikan muka air tanah sebesar 24%. Dari ketiga persentase pengujian dapat disimpulkan nilai efisiensi Model Unit Resapan sebesar 3,6%.
7.	Hari Wibowo 2010	Laju Infiltrasi pada Lahan Gambut yang Dipengaruhi Air Tanah (Study Kasus Sei Raya Raya Kabupaten Kubu Raya)	Metode penelitian eksperimen lapangan dan (Uji Laboratorium)	1) Berdasarkan hasil uji di laboratorium dan klasifikasi kandungan seratnya maka tanah gambut yang terdapat di daerah Sungai Raya Dalam

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				2) Hasil percobaan mendekati dengan metode Green And Ampt. Hal ini disebabkan Green And Ampt (1911) menggunakan tanah berbutir halus, Horton (1939) memakai percobaan tanah berbutir kasar dengan genangan air yang tinggi; 3) Besarnya kapasitas infiltrasi pada penelitian tanah dalam keadaan normal dan tanah dalam keadaan bebas menunjukkan hasil yang berbeda karena dipengaruhi oleh waktu infiltrasi;

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				4) Pengaruh kadar air tanah terhadap laju infiltrasi dari percobaan di laboratorium menunjukkan perbedaan nilai kapasitas infiltrasi dan kumulatif infiltrasi karena dengan kadar air tanah yang tinggi maka laju infiltrasi kecil; dan 5) Dari percobaan diperoleh bahwa Kumulatif Infiltrasi (W) yang terjadi mengikuti persamaan $y = -0,7112x^2 + 42,931x + 14,411$. Sedangkan besarnya infiltrasi (Ic) dari hasil

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				kapasitas percobaan diperoleh persamaan $y = 56,906x - 0,4069$.
8.	Muhammad, Moh. Sholichin, Runi Asmaranto 2016	Studi Tekanan Aliran Air tanah Untuk Konservasi Di Kecamatan Ranomeeto Dan Ranomeeto Barat Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara	Metode survei dengan pendekatan analisa pemodelan yang menggunakan alat bantu model <i>Groundwater Modeling Sistem (GMS) Modflow Extensi 4.0</i>	1. Nilai tekanan air tanah yang terjadi pada sumur bor yang digunakan untuk irigasi di Kecamatan Ranomeeto dan Ranomeeto Barat, yang terkecil terjadi pada sumur dengan nomor kode P.40 KDI, debit tersedia 13,20 liter/detik untuk mengairi areal persawahan seluas 10,00 ha, yang berada pada elevasi 37,50 mdpl, memiliki

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				tekanan airtanah senilai 8,863 m dan ketinggian total 48,592 m, sumur ini berada di Desa Ranomeeto Kecamatan Ranomeeto. Sedangkan sumur yang memiliki tekanan terbesar terjadi pada sumur dengan nomor kode P.11 KDI, debit tersedia 13,10 liter/detik untuk mengairi sawah seluas 13,00 ha, sumur berada pada elevasi 65,01 mdpl, memiliki tekanan airtanah senilai 45,992 m dan ketinggian total 110,372 m, sumur

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				ini berada di Desa Jati Bali Kecamatan Ranomeeto Barat. 2. Pengaruh yang ditimbulkan akibat adanya penambahan sumur mengakibatkan tekanan berkurang secara keseluruhan, proyeksi penambahan 1 unit sumur dengan pengambilan 5,98 liter/detik untuk mengairi areal sawah seluas 4,55 ha, memberikan dampak terbesar pada penurunan tekanan airtanah pada sumur P.42 KDI sebesar

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				0.053 m, selanjutnya penambahan 2 unit sumur dengan pengambilan 8,40 liter/detik untuk mengairi sawah seluas 7 Ha, terjadi penurunan juga terbesar pada sumur P42 KDI sebesar 0.057 m. Sampai dengan penambahan sumur ke 4 sumur P.42 Kdi mengalami penurunan sampai dengan 0,06 m. Hal ini dikarenakan sumur P42 adalah sumur terjauh dari arah hulu sehingga pada sumur ini sudah

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				mengalami pengurangan debit akibat pengambilan Sumur lainnya. Namun berbeda dengan pengambilan di wilayah Ranomeeto Barat untuk mengairi 68,3 Ha sawah yaitu sebesar 24,09 liter/detik, berdampak besar terhadap sumur sumur terdekat yaitu P15 KDI dan P 11 KDI, yaitu secara berurutan sebesar 0,336 m, dan 0,198 m. 3. Untuk mempertahankan keberlanjutan dan fungsi sumur bor yang ada, debit

No	Nama Penulis Dan Tahun	Judul / Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				optimum untuk pemompaan direkomendasikan sebesar 5,7 lt/det hingga 14,05 lt/det, hal ini dikarenakan apabila pemompaan lebih besar dari debit tersebut mengakibatkan penurunan muka air hingga 0,027 m sampai 0,3 m.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah suatu pengembangan dari penelitian lapangan yang mana, pada penelitian tersebut terjadi fenomena air tanah yang jarang ditemui. Berdasarkan fenomena tersebut maka peneliti menggunakan model penelitian eksperimental (*experimental Research Model*) untuk mencari tahu tentang fenomena air tanah yang terjadi. Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang di dalamnya ditemukan minimal satu variabel yang dimanipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat.

Penelitian ini akan menggunakan model penelitian eksperimental tentang ‘Studi Pengaruh Intensitas Curah Hujan Terhadap Waktu Kejut Kapiler Pada Tanah Granuler’ (*Silty Clayey sand*) dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)’ menggunakan hujan buatan dari alat simulasi yang telah didesain dan dibuat khusus (*Specific Equipment*).

B. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sebagai berikut:

1. Untuk penelitian karakteristik tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Untuk pengujian model dilakukan di Desa Lonjoboko Kabupaten Gowa.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala kondisi yang diobservasi, dikontrol, bahkan dimanipulasi oleh peneliti ketika melakukan penelitian. Pada penelitian ini terdapat

2 (dua) jenis variabel, yaitu variabel bebas (*Independent Variabel*) dan variabel terikat (*Dependent Variabel*).

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas pada penelitian ini, yaitu: (Intensitas curah hujan)

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat pada penelitian ini, yaitu:

- a. Waktu kejut kapiler
- b. Tinggi kejut kapiler

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



Gambar 3.5 Skema Hubungan Variabel Penelitian.

D. Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional adalah mendefinisikan variabel secara operasional berdasarkan karakteristik yang diamati yang memungkinkan peneliti untuk melakukan observasi atau pengukuran secara cermat terhadap suatu objek atau fenomena. Dalam penelitian ini terdapat tiga variabel yang divariasikan dan diamati, antara lain:

1. Intensitas curah hujan

Dalam penelitian ini digunakan 5 (lima) jenis intensitas curah hujan yaitu

I_2 , I_5 , I_{10} , I_{25} , I_{50} .

2. Waktu kejut kapiler

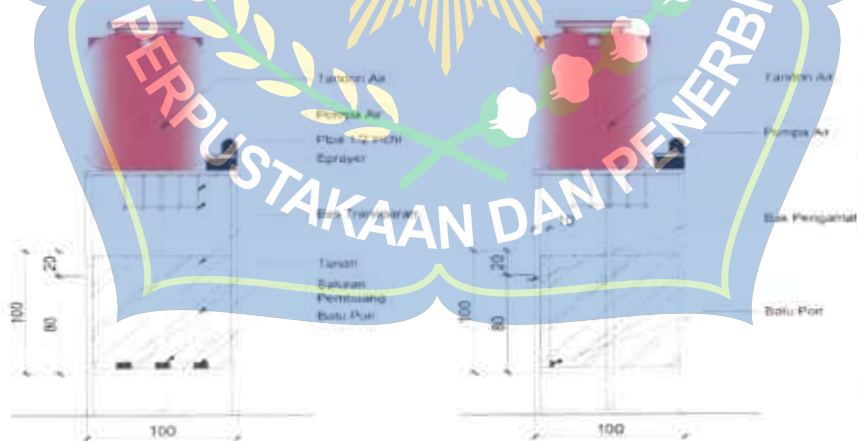
Waktu kejut kapiler adalah durasi waktu saat level muka air tanah mulai turun, sejak menerima curah hujan yang berlangsung hingga level muka air tanah kembali naik, sampai kembali pada level semula.

3. Tinggi kejut kapiler

Tinggi kejut kapiler adalah degradasi level muka air tanah yang turun dari level awal sebelum menerima curah hujan, sampai dengan level terendah sebelum muka air tanah kembali naik.

E. Rancangan Penelitian

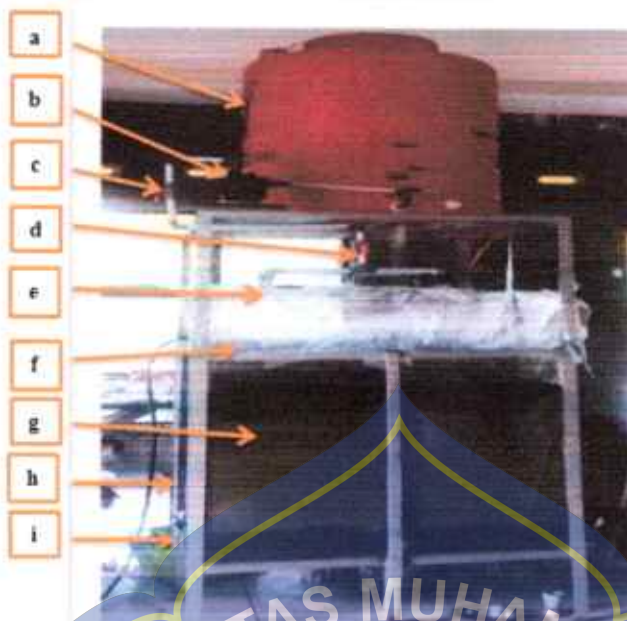
1. Instrumen Penelitian



Tampak Depan

Tampak Samping

Gambar 3.6. Sketsa Alat Model



Gambar 3.7. Foto Alat Model

Komponen Alat Pengujian:

- a. Bak Air Kapasitas 600 L
- b. Mesin Air
- c. Keran Air
- d. Pipa PVC
- e. Sprayer yang dilengkapi dengan Motor Penggerak,
- f. Gorden Plastik
- g. Bak Transparan (Kaca),
- h. Mistar Pengukur
- i. Batu Pori

2. Prosedur Pengujian

1. Prosedur dan Pemeriksaan Karakteristik Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi yang sama di sungai jenelata, kemudian sampel dikumpulkan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Makassar untuk menguji karakteristik tanah yang ditentukan dengan pengujian diantaranya: analisa saringan, kemudian sampel tanah yang sesuai dikeringkan dan dijemur dibawah sinar matahari.

2. Kalibrasi Alat

Sebelum prosedur pengujian model simulasi hujan (*rainfall simulator*), perlu dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu. Alat (*rainfall*) simulasi disesuaikan dengan intensitas curah hujan.

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

$$\text{Volume Hujan} = I \times t \times A \quad (27)$$

Keterangan:

I : intensitas hujan

t : waktu

A : luas permukaan tanah

3. Running Test

- Tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam bak tanah dengan ketebalan lapisan tanah setinggi 80 cm
- Tanah dikondisikan di alam maksud untuk mendekati kondisi alami di lapangan.
- Air dimasukkan ke dalam bak pengamatan, lalu didiamkan sampai muka air tanah (dalam bak tanah), sama dengan muka air dalam bak pengamatan.

- d) Pengambilan data kejut kapiler dilakukan setiap menit saat tanah diujani, dengan durasi waktu 1 jam.

F. Teknik Pengumpulan Data

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

1. Data (*preliminary test*), antara lain: level zona jenuh dan level zona kapiler. Pengambilan data tersebut dilakukan setelah pemberian air genangan di dasar lapisan, dan didiamkan pada saat zona jenuh dan zona kapiler tidak berubah lagi.
2. Data (*main test*), antara lain: volume air semprotan, waktu kejut kapiler, dan tinggi kejut kapiler. Pengambilan data tersebut dilakukan pada saat proses penghujanan (simulasi hujan) selama satu jam.

G. Teknik Analisa Data

Data hasil pengamatan akan diolah dengan metode *statistik deskriptif*, 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 waktu kejut kapiler yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil.
2. Hubungan intensitas curah hujan terhadap ketinggian kejut kapiler yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil.

H. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3.8. Bagan Alur Penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengamatan di atas, dengan menggunakan alat simulasi hujan yang dilakukan di Jalan Poros Malino Desa Bikokoro, dengan menggunakan media jenis tanah granuler yang berbutir sedang (*medium sand*) diperoleh hasil seperti tinggi penurunan muka air tanah di awal musim hujan (*Beginning of rainy season*) atau yang di sebut kejut kapiler dengan perbandingan 5 (lima) jenis intensitas curah hujan, hal ini disebabkan karena meningkatnya tekanan kapiler akibat mengecilnya pori pada tanah.

Hasil pengamatan, sebagai berikut:

A. Karakteristik Tanah

Dari hasil pengamatan sampel tanah pada Laboratorium Teknik Sipil Unismuh makassar di dapatkan hasil pengujian dengan jenis tanah pasir sedang (*medium sand*). Dalam penelitian ini digunakan sistem AASHTO, hasil analisa saringan dirangkum pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir Sedang (*medium sand*).

Nomor saringan	Diameter saringan	Berat agregat halus = 1000.00 gr			
		Tertahan		Persentase komulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4,75	0	0,00	0,00	100,00
8	2,38	0	0,00	0,00	100,00
16	1.19	5	0,50	0,50	99,50
30	0.59	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

Nomor saringan	Diameter saringan	Berat agregat halus = 1000.00 gr			
		Tertahan		Persentase kumulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
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		100			

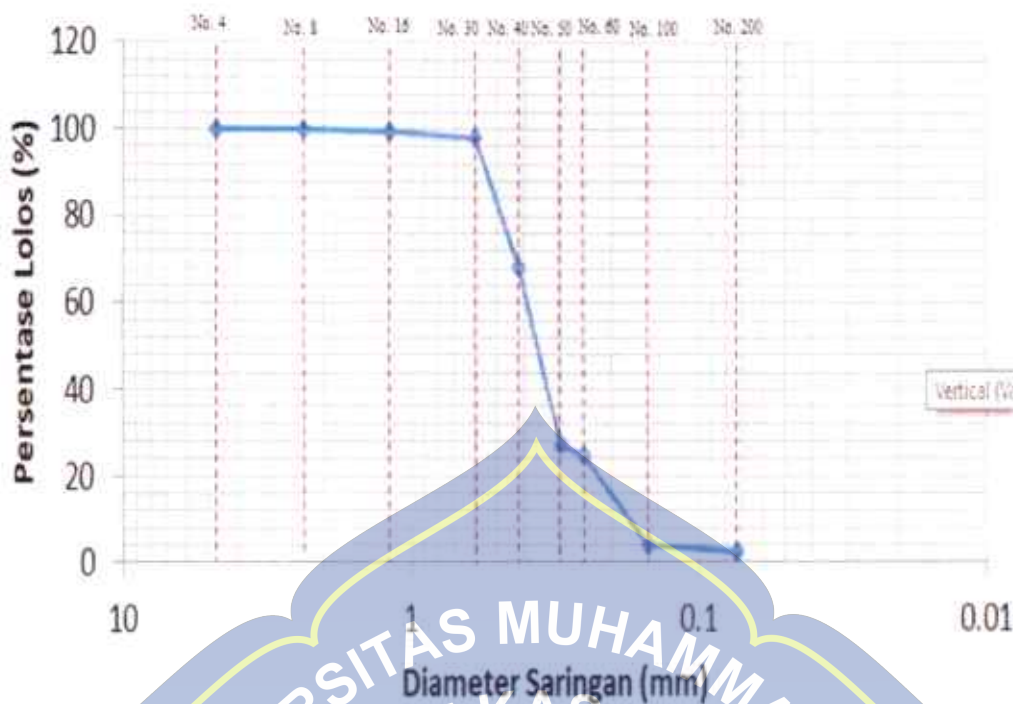
Sumber: Hasil Perhitungan.

Dari hasil pengujian analisa saringan pada tabel diatas 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 persentase tertahan sama dengan 1.90% dari total sampel pengamatan.
3. Pada saringan No.30, 40, 50 dan 60 dikategorikan sebagai pasir sedang dengan persentase tertahan sama dengan 75% dari total sampel pengamatan.
4. Pada saringan No.60, 100 dan 200 dikategorikan sebagai pasir halus dengan persentase tertahan sama dengan 24.10% dari total sampel pengamatan.

Dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa:

- a. Ukuran butirnya berkisar antara 0.6 mm - 2 mm. Dikategorikan Pasir kasar apabila lebih dari 50%.
- b. Ukuran butirnya berkisar antara 0.2 mm - 0.6 mm. Dikategorikan sebagai Pasir sedang apabila lebih dari 50%.
- c. Ukuran butirannya berkisar antara 0.06 mm - 0.2 mm. Dikategorikan sebagai pasir halus apabila lebih dari 50%.



Gambar 4.9. Grafik Distribusi Butir Analisa Saringan Berdasarkan hasil pengujian Analisa Saringan.

Dari gambar 4.9 di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian analisa saringan, jumlah pasir kasar dengan ukuran butir 0.6 mm – 2 mm yaitu 1.90%, pasir sedang dengan ukuran butir 0.2 mm – 0.6 mm yaitu 75% dan pasir halus dengan ukuran butir 0.06 mm – 0.2 mm yaitu 24.10%.

B. Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Hasil perhitungan intensitas curah hujan adalah sebagai berikut:

$$I_2 = 191.98 \text{ mm/jam}$$

$$I_5 = 197.58 \text{ mm/jam}$$

$$I_{10} = 200.48 \text{ mm/jam}$$

$$I_{25} = 203.55 \text{ mm/jam}$$

$$I_{50} = 205.52 \text{ mm/jam}$$

C. Hasil Pengamatan Waktu Kejut Kapiler dan Ketinggian Kejut Kapiler

Analisa waktu dan ketinggian kejut kapiler dilakukan dengan simulasi Intensitas curah hujan yaitu I_2 , I_5 , I_{10} , I_{25} , I_{50} dengan tinggi muka air tanah sebelum diujani adalah 10 (sepuluh) cm, pengambilan data dilakukan setiap menit selama 1 jam, dari penelitian ini didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.7. Hasil Pengamatan Waktu Kejut Kapiler dan Ketinggian Kejut Kapiler

Menit	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)									
	I_2 H cm	h1 cm	I_2 H cm	h1 cm	I_2 H cm	h1 cm	I_2 H cm	h1 cm	I_2 H cm	h1 cm
1	9.70	0.30	9.60	0.40	9.40	0.60	9.30	0.70	9.10	0.90
2	9.50	0.50	9.20	0.80	9.10	0.90	9.00	1.00	8.80	1.20
3	9.20	0.80	8.90	1.10	8.70	1.30	8.60	1.40	8.50	1.50
4	9.00	1.00	8.70	1.30	8.40	1.60	8.50	1.50	8.40	1.60
5	8.80	1.20	8.50	1.50	8.00	2.00	8.10	1.90	8.20	1.80
6	8.70	1.30	8.20	1.80	7.70	2.30	8.00	2.00	8.00	2.00
7	8.50	1.50	8.00	2.00	7.50	2.50	7.70	2.30	7.70	2.30
8	8.40	1.60	7.80	2.20	7.30	2.70	7.50	2.50	7.50	2.50
9	8.20	1.80	7.70	2.30	7.20	2.80	7.40	2.60	7.40	2.60
10	8.00	2.00	7.50	2.50	7.00	3.00	7.10	2.90	7.20	2.80
11	7.90	2.10	7.40	2.60	6.70	3.30	7.00	3.00	7.10	2.90
12	7.70	2.30	7.30	2.70	6.50	3.50	6.90	3.10	6.90	3.10
13	7.60	2.40	7.20	2.80	6.40	3.60	6.70	3.30	6.80	3.20
14	7.40	2.60	7.10	2.90	6.30	3.70	6.60	3.40	6.80	3.20
15	7.30	2.70	7.00	3.00	6.20	3.80	6.40	3.60	6.70	3.30
16	7.20	2.80	6.90	3.10	6.10	3.90	6.40	3.60	6.60	3.40
17	7.00	3.00	6.80	3.20	6.00	4.00	6.30	3.70	6.50	3.50
18	6.80	3.20	6.70	3.30	5.90	4.10	6.20	3.80	6.40	3.60
19	6.70	3.30	6.50	3.50	5.80	4.20	6.10	3.90	6.40	3.60
20	6.60	3.40	6.40	3.60	5.70	4.30	6.00	4.00	6.30	3.70
21	6.30	3.70	6.30	3.70	5.60	4.40	5.80	4.20	6.20	3.80
22	6.10	3.90	6.20	3.80	5.50	4.50	5.70	4.30	6.10	3.90
23	6.00	4.00	6.10	3.90	5.40	4.60	5.60	4.40	5.90	4.10
24	5.90	4.10	6.00	4.00	5.20	4.80	5.50	4.50	5.70	4.30

Menit	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)									
	I ₂ H cm	h1 cm	I ₅ H cm	h1 cm	I ₁₀ H cm	h1 cm	I ₂₅ H cm	h1 cm	I ₅₀ H cm	h1 cm
25	5.80	4.20	5.90	4.10	5.10	4.90	5.40	4.60	5.60	4.40
26	5.60	4.40	5.80	4.20	5.00	5.00	5.50	4.50	5.50	4.50
27	5.50	4.50	5.70	4.30	4.90	5.10	5.30	4.70	5.40	4.60
28	5.30	4.70	5.50	4.50	4.80	5.20	5.20	4.80	6.00	4.00
29	5.30	4.70	5.40	4.60	4.70	5.30	5.20	4.80	6.60	3.40
30	5.20	4.80	5.30	4.70	4.60	5.40	5.20	4.80	7.40	2.60
31	5.20	4.80	5.10	4.90	4.50	5.50	6.70	3.30	7.90	2.10
32	5.10	4.90	5.00	5.00	4.40	5.60	7.00	3.00	8.50	1.50
33	5.00	5.00	4.80	5.20	4.70	5.30	7.50	2.50	9.40	0.60
34	4.90	5.10	4.60	5.40	5.00	5.00	7.90	2.10	10.30	0.30
35	4.80	5.20	4.50	5.50	5.50	4.50	8.70	1.30	11.30	1.30
36	4.60	5.40	4.30	5.70	6.00	4.00	9.60	0.40	12.50	2.50
37	4.50	5.50	4.20	5.80	6.50	3.50	10.40	0.40	13.80	3.80
38	4.40	5.60	4.40	5.60	7.40	2.60	11.40	1.40	16.10	6.10
39	4.40	5.60	4.70	5.30	8.00	2.00	12.80	2.80	17.80	7.80
40	4.30	5.70	5.00	5.00	8.90	1.10	14.10	4.10	18.70	8.70
41	4.20	5.80	5.40	4.60	9.50	0.50	15.80	5.80	22.10	12.10
42	4.10	5.90	6.20	3.80	10.40	0.40	18.00	8.00	25.00	15.00
43	4.10	5.90	7.00	3.00	11.40	1.40	20.90	10.90	27.20	17.20
44	4.00	6.00	7.70	2.30	12.00	2.00	23.20	13.20	29.50	19.50
45	4.00	6.00	8.40	1.60	12.60	2.60	25.70	15.70	31.50	21.50
46	4.20	5.80	9.40	0.60	14.50	4.50	27.90	17.90	33.50	23.50
47	4.30	5.70	10.50	0.50	17.20	7.20	30.00	20.00	35.60	25.60
48	4.50	5.50	11.00	1.00	18.20	8.20	32.20	22.20	37.40	27.40
49	4.60	5.40	12.00	2.00	19.80	9.80	34.30	24.30	39.00	29.00
50	4.80	5.20	13.00	3.00	22.00	12.00	36.20	26.20	40.60	30.60
51	5.10	4.90	14.00	4.00	24.30	14.30	37.70	27.70	42.70	32.70
52	5.20	4.80	15.00	5.00	27.80	17.80	39.90	29.90	44.00	34.00
53	5.50	4.50	16.00	6.00	29.20	19.20	41.50	31.50	45.20	35.20
54	5.70	4.30	17.00	7.00	32.80	22.80	43.00	33.00	47.00	37.00
55	5.90	4.10	18.20	8.20	35.00	25.00	44.70	34.70	48.20	38.20
56	6.10	3.90	19.50	9.50	36.60	26.60	46.40	36.40	49.50	39.50
57	6.40	3.60	20.80	10.80	38.50	28.50	47.90	37.90	51.00	41.00

Menit	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)									
	I ₂ H cm	h1 cm	I ₂ H cm	h1 cm	I ₂ H cm	h1 cm	I ₂ H cm	h1 cm	I ₂ H cm	h1 cm
58	6.60	3.40	22.50	12.50	40.10	30.10	49.20	39.20	52.40	42.40
59	6.80	3.20	24.80	14.80	43.00	33.00	50.40	40.40	53.50	43.50
60	7.00	3.00	26.50	16.50	45.10	35.10	51.50	41.50	54.50	44.50
61	7.20	2.80	29.00	19.00	46.80	36.80	52.60	42.60	55.90	45.90
62	7.80	2.20	31.10	21.10	48.40	38.40	53.70	43.70	56.80	46.80
63	7.90	2.10	34.00	24.00	49.50	39.50	55.30	45.30	57.80	47.80
64	8.00	2.00	34.60	24.60	51.20	41.20	55.90	45.90	58.80	48.80
65	8.30	1.70	35.30	25.30	52.40	42.40	56.60	46.60	59.70	49.70
66	8.50	1.50	36.50	26.50	53.40	43.40	57.80	47.80	60.40	50.40
67	8.80	1.20	37.00	27.00	54.50	44.50	58.50	48.50	61.50	51.50
68	9.00	1.00	37.20	27.20	55.40	45.40	59.00	49.00	62.10	52.10
69	9.10	0.90	37.20	27.20	56.40	46.40	59.00	49.00	62.90	52.90
70	9.20	0.80	37.20	27.20	57.20	47.20	60.60	50.60	63.80	53.80
71	9.60	0.40	37.20	27.20	58.00	48.00	61.40	51.40	64.30	54.30
72	9.80	0.20	37.20	27.20	58.60	48.60	61.90	51.90	64.70	54.70
73	9.80	0.20	37.20	27.20	59.10	49.10	62.50	52.50	65.30	55.30
74	9.90	0.10	37.20	27.20	59.70	49.70	63.00	53.00	65.90	55.90
75	10.00	0.00	37.20	27.20	60.20	50.20	63.60	53.60	66.40	56.40
76	10.10	0.10	37.20	27.20	60.30	50.30	64.20	54.20	67.00	57.00
77	10.20	0.20	37.20	27.20	60.40	50.40	65.10	55.10	67.60	57.60
78	10.30	0.30	37.20	27.20	60.40	50.40	65.40	55.40	68.20	58.20
79	10.40	0.40	37.20	27.20	60.40	50.40	65.60	55.60	68.50	58.50
80	10.60	0.60	37.20	27.20	60.40	50.40	66.00	56.00	68.80	58.80
81	10.70	0.70	37.20	27.20	60.40	50.40	66.50	56.50	69.20	59.20
82	10.80	0.80	37.20	27.20	60.40	50.40	66.90	56.90	69.30	59.30
83	10.90	0.90	37.20	27.20	60.40	50.40	67.10	57.10	70.00	60.00
84	11.00	1.00	37.20	27.20	60.40	50.40	67.50	57.50	70.40	60.40
85	11.10	1.10	37.20	27.20	60.40	50.40	67.30	57.30	70.60	60.60
86	11.20	1.20	37.20	27.20	60.40	50.40	67.10	57.10	71.00	61.00
87	11.30	1.30	37.20	27.20	60.40	50.40	67.00	57.00	71.30	61.30
88	11.30	1.30	37.20	27.20	60.40	50.40	67.00	57.00	71.40	61.40
89	11.30	1.30	37.20	27.20	60.40	50.40	67.00	57.00	71.40	61.40
90	11.30	1.30	37.20	27.20	60.40	50.40	68.00	58.00	71.40	61.40

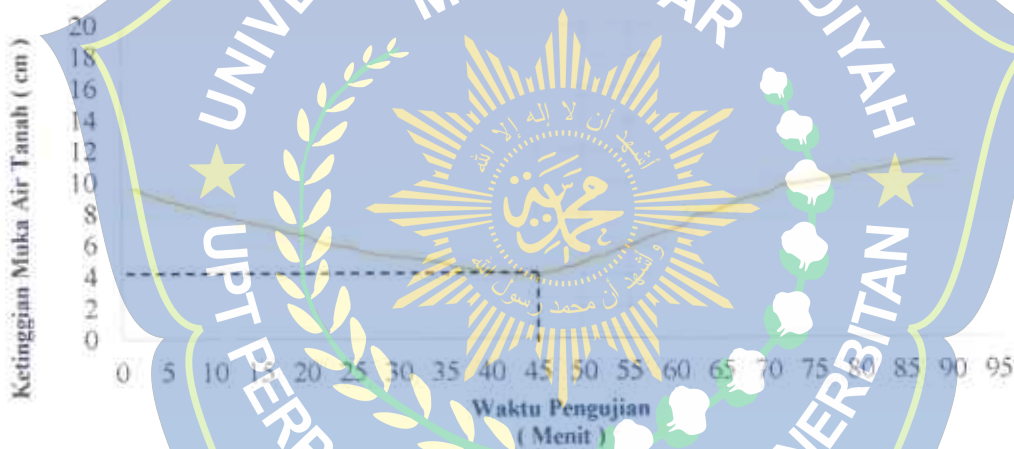
Keterangan :

H = Tinggi Penurunan Muka Air tanah

h_1 = Selisih muka air tanah sebelum dan saat diujani

 = Menunjukkan bahwa ketinggian muka air tanah setelah mengalami penurunan, kembali mengalami kenaikan pada saat diujani samai mencapai titik maksimum

Dari Tabel 4.7 di atas menunjukkan bahwa muka air tanah atau yang di sebut kejut kapiler akan mengalami penurunan di awal penghujanan dan saat air hujan yang terinfiltrasi masuk kedalam tanah sampai mencapai betas tekanan kapiler maka muka air tanah akan mengalami kenaikan sampai mencapai titik maksimum. Selanjutnya akan disajikan grafik grafik ketinggian penurunan muka air tanah dan waktu kejut kapiler dengan perbandingan beberapa intensitas curah hujan yang telah di gunakan menggunakan media jenis tanah granuler



Gambar 4.10. Grafik Ketinggian Kejut Kapiler Dan Waktu Kejut Kapiler Pada Intensitas Curah Hujan 12.

Dari gambar 4.10 di atas menunjukkan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mengalami penurunan yang dari awalnya 10 cm menjadi 9.7 cm, pada menit ke 10 muka air tanah semakin menurun yaitu 8.0 cm kemudian pada menit ke 20 mencapai 6.6 cm untuk menit ke 30 mencapai 5.2 cm, menit ke 40

mencapai 4.3 cm saat menit ke 50 muka air tanah mengalami kenaikan yaitu 5.1 cm sampai menit ke 90, dari grafik di atas menunjukkan bahwa menit pertama sampai menit ke 45 muka air tanah mengalami penurunan berbeda dengan menit ke 46 sampai menit ke 90 permukaan air tanah naik sangat pesat sampai mencapai titik maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa pada intensitas curah hujan yang digunakan yaitu intensitas curah hujan I_2 tinggi penurunan muka air tanah yang didapat adalah setinggi 6 cm dikarenakan mula mula air tanah sebelum di hujani adalah 10 cm, saat di hujani dan sebelum muka air tanah kembali mengalami kenaikan pada menit ke 45 ketinggian muka air tanah turun menjadi 4 cm jadi selisih antara ketinggian muka air tanah sebelum dan saat di hujani mencapai 6 cm



Gambar 4.11. Grafik Ketinggian Kejut Kapiler Dan Waktu Kejut Kapiler Pada Intensitas Curah Hujan I_5 .

Dari gambar 4.11 di atas menunjukkan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mengalami penurunan yang dari awalnya 10 cm menjadi 9.6 cm, pada menit ke 10 muka air tanah semakin menurun yaitu 7.5 cm kemudian pada menit ke 20 mencapai 6.4 cm untuk menit ke 37 mencapai 4.2 cm, saat menit ke 38 muka

air tanah mengalami kenaikan yaitu 4.4 cm sampai menit ke 90, dari grafik di atas menunjukkan bahwa menit pertama sampai menit ke 37 muka air tanah mengalami penurunan berbeda dengan menit ke 38 sampai menit ke 90 permukaan air tanah terus naik. Hal ini menunjukkan bahwa pada intensitas curah hujan yang di gunakan yaitu intensitas curah hujan I₅ tinggi penurunaan muka air tanah yang didapat adalah setinggi 5.8 cm dikarenakan mula mula air tanah sebelum di hujani adalah 10 cm, saat di hujani dan sebelum muka air tanah kembali mengalami kenaikan pada menit ke 37, ketinggian muka air tanah turun menjadi 4.2 cm jadi selisih antara ketinggian muka air tanah sebelum dan saat di hujani mencapai 5.8 cm.



Gambar 4.12. Grafik Ketinggian Kejut Kapiler Dan Waktu Kejut Kapiler Pada Intensitas Curah Hujan I₁₀.

Dari gambar 4.12 di atas menunjukkan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mengalami penurunan yang dari awalnya 10 cm menjadi 9.4 cm, pada menit ke 10 muka air tanah semakin menurun yaitu 7.0 kemudian pada menit ke 20 mencapai 5.7 cm untuk menit ke 32 mencapai 4.4 cm, saat menit ke 40 muka

air tanah mengalami kenaikan yaitu 8.9 cm sampai menit ke 90, dari grafik di atas menunjukkan bahwa menit pertama sampai menit ke 32 muka air tanah mengalami penurunan berbeda dengan menit ke 33 sampai menit ke 90 permukaan air tanah naik sangat pesat. Hal ini menunjukkan bahwa pada intensitas curah hujan yang di gunakan yaitu intensitas curah hujan I_{10} tinggi penurunaan muka air tanah yang didapat adalah setinggi 5.6 cm dikarenakan mula mula air tanah sebelum di hujani adalah 10 cm, saat di hujani dan sebelum muka air tanah kembali mengalami kenaikan pada menit ke 32, ketinggian muka air tanah turun menjadi 4.4 cm jadi selisih antara ketinggian muka air tanah sebelum dan saat di hujani mencapai 5.6 cm.



Gambar 4.13. Grafik Ketinggian Kejut Kapiler Dan Waktu Kejut Kapiler Pada Intensitas Curah Hujan I_{25} .

Dari gambar 4.13 di atas menunjukkan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mengalami penurunan yang dari awalnya 10 cm menjadi 9.3 cm, pada menit ke 10 muka air tanah semakin menurun yaitu 7.1 cm kemudian pada menit ke 20 mencapai 6.0 cm, saat menit ke 32 muka air tanah mengalami kenaikan yaitu

6.7 cm, dari grafik di atas menunjukkan bahwa menit pertama sampai menit ke 30 muka air tanah mengalami penurunan berbeda dengan menit ke 31 sampai menit ke 90 permukaan air tanah naik sangat pesat. Hal ini menunjukkan bahwa pada intensitas curah hujan yang di gunakan yaitu intensitas curah hujan I_{25} tinggi penurunaan muka air tanah yang didapat adalah setinggi 4.8 cm dikarenakan mula mula air tanah sebelum di hujani adalah 10 cm, saat di hujanai dan sebelum muka air tanah kembali mengalami kenaikan pada menit ke 30, ketinggian muka air tanah turun menjadi 5.2 cm jadi selisih antara ketinggian muka air tanah sebelum dan saat di hujani mencapai 4.8 cm.



Gambar 4.14. Grafik Ketinggian Kejut Kapiler Dan Waktu Kejut Kapiler Pada Intensitas Curah Hujan I_{50}

Dari gambar 4.14 di atas menunjukkan bahwa tinggi muka air tanah pada menit pertama mengalami penurunan yang dari awalnya 10 cm menjadi 9.1 cm, pada menit ke 10 muka air tanah semakin menurun yaitu 7.2 cm kemudian pada menit ke 27 mencapai 5.4 cm, saat menit ke 28 muka air tanah mengalami kenaikan yaitu 6.0 cm, sampai menit ke 90, dari grafik di atas menunjukkan bahwa menit pertama

sampai menit ke 27 muka air tanah mengalami penurunan berbeda dengan menit ke 28 sampai menit ke 90 permukaan air tanah naik sampai titik maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa pada intensitas curah hujan yang di gunakan yaitu intensitas curah hujan I_{50} tinggi penurunaan muka air tanah yang didapat adalah setinggi 4.6 cm dikarenakan mula mula air tanah sebelum di hujani adalah 10 cm, saat di hujanai dan sebelum muka air tanah kembali mengalami kenaikan pada menit ke 27, ketinggian muka air tanah turun menjadi 5.4 cm jadi selisih antara ketinggian muka air tanah sebelum dan saat di hujani mencapai 4.8 cm.



Gambar 4.15. Grafik Gabungan Intensitas Curah Hujan

Berdasarkan gambar 4.15 di atas, penurunan muka air tanah pada intensitas curah hujan I_2 terjadi penurunan muka air tanah di menit pertama sampai menit ke 45, untuk intensitas curah hujan I_5 terjadi pada menit pertama sampai menit ke 37, intensitas curah hujan I_{10} terjadi pada menit pertama sampai menit ke 32, untuk intensitas curah hujan I_{25} terjadi pada menit pertama sampai menit ke 30 dan untuk intensitas curah hujan I_{50} penurunan muka air tanah terjadi pada menit pertama sampai menit ke 27.

Dari hasil pengamatan di atas, data hasil pengamatan dapat di tuangkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.8 Hubungan Intensitas Curah Hujan Dengan Waktu Kejut Kapiler.

No	Intensitas Curah Hujan	Waktu Kejut Kapiler (Menit)
1	I ₂	45.00
2	I ₅	37.00
3	I ₁₀	32.00
4	I ₂₅	30.00
5	I ₅₀	27.00

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.16. Grafik Hubungan Antara Intensitas Curah Hujan Dengan Waktu Kejut Kapiler.

Dari gambar 4.16 di atas, waktu kejut kapiler yang di butuhkan intensitas curah hujan I₂ adalah 45 menit, untuk I₅ waktu yang dibutuhkan adalah selama 37 menit, I₁₀ memerlukan waktu selama 32 menit, I₂₅ selama 30 menit dan I₅₀ waktu kejut kapilernya adalah 27 menit. semakin tinggi intensitas curah hujan maka waktu penurunan muka air tanah membutuhkan waktu cepat.

Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Intensitas Curah Hujan Dengan Ketinggian Kejut Kapiler

No	Intensitas Curah Hujan	Tinggi Kejut Kapiler (Cm)
1	I ₂	6.00
2	I ₅	5.80
3	I ₁₀	5.60
4	I ₂₅	4.80
5	I ₅₀	4.60

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.17. Grafik Hubungan Antara Intensitas Curah Hujan Dengan Ketinggian Kejut kapiler.

Berdasarkan gambar 4.17 di atas, tinggi kejut kapiler untuk intensitas curah hujan I₂ adalah 5 cm, Intensitas curah hujan I₅ dengan tinggi yang di peroleh adalah 5.8 cm, untuk I₁₀ tinggi penurunan air tanahnya adalah 5.6 cm, I₂₅ dengan tinggi yang diperoleh 4,8 cm dan untuk I₅₀ tinggi kejut kapilernya adalah 4.6 cm .

di mana semakin kecil intensitas curah hujan maka ketinggian kejut kapilernya akan semakin tinggi, sebaliknya semakin tinggi intensitas curah hujan maka ketinggian kejut kapilernya semakin rendah.

D. Pembahasan

1. Waktu kejut kapiler

Dari penelitian terdahulu Darwis 2 (2017), didapatkan fenomena yang menunjukkan bahwa pada awal musim hujan, terjadi penurunan muka air tanah (jenuh) yang besarnya berkisar antara 30 sampai 50 cm. Fenomena ini dapat berlangsung antara 7 sampai 10 hari, tergantung pada intensitas curah hujan pada awal musim penghujan. Fenomena ini disebut “kejut kapiler” (*capillary shock*),

Dalam penelitian ini pengaruh waktu kejut kapiler pada tanah granuler yang diamati menggunakan perbandingan 5 (lima) jenis intensitas curah hujan, terlihat bahwa semakin besar intensitas curah hujan yang diaplikasikan pada tanah granuler yang berbutir sedang (medium sand) maka waktu kejut kapilernya akan semakin cepat, hal ini dikarenakan tingginya tekanan kapiler akan menyebabkan cepatnya proses pengisian air kapiler (*capillary water*) pada zona kapiler, sehingga efektifitas air infiltrasi semakin cepat untuk mengisi dan meningkatkan level muka air tanah, sampai terjadi pemulihan muka air tanah pada level sebelum terjadinya kejut kapiler

2. Tinggi kejut kapiler

Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar intensitas curah hujan yang digunakan maka tinggi penurunan muka air tanah akan semakin rendah hal ini karena tingginya tekanan kapiler akan menyebabkan cepatnya proses pengisian air kapiler (*capillary water*) pada zona kapiler, sehingga efektifitas air infiltrasi semakin cepat untuk mengisi dan meningkatkan level muka air tanah, sampai terjadi pemulihan muka air tanah pada level sebelum terjadinya kejut kapiler.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari uraian di atas pada bagian pembahasan hasil penelitian dan beberapa jenis intensitas curah hujan yang kami gunakan dapat dikemukakan beberapa hal yang menjadi kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh intensitas curah hujan terhadap waktu kejut kapiler pada tanah granuler adalah semakin kecil intensitas curah hujan maka waktu kejut kapilernya semakin lambat, sebaliknya semakin besar intensitas curah hujan maka waktu kejut kapilernya akan semakin cepat.
2. Pengaruh intensitas curah hujan terhadap tinggi kejut kapiler pada tanah granuler adalah semakin kecil intensitas curah hujan maka ketinggian kejut kapilernya akan semakin tinggi, sebaliknya semakin besar intensitas curah hujan maka ketinggian kejut kapilernya akan semakin rendah.

B. Saran

1. Pada saat melakukan pengambilan dan pembacaan data kejut kapiler perlu diperhatikan dengan baik terutama tinggi penurunan muka air tanahnya, karena biasanya bak pengamat terisi material yang merembes dari bak tanah, sehingga tidak jelas pembacaan tinggi muka air tanah dalam bak pengamat.
2. Sebaiknya penelitian selanjutnya menggunakan intensitas curah hujan yang lebih tinggi seperti I_{100} dan I_{200} .

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Afian Nur, Nita anugrah jupriadi 2018. *Analisis Tingkat 'Kejut Kapiler' Pada Muka Air Tanah Pasir Berlempung Berlanau*. Jurnal Iilmiah Hydro Teknik Sipil Unismuh Makassar.
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Barid, B., & Sari, W. (2015). *Pengaruh Hujan terhadap Perubahan Elevasi Muka Air Tanah pada Model Unit Resapan dengan Media Tanah Pasir*. Semesta Teknika, 16(1).
- Burhan Barid, Wahyunika Sari. 2013. *Pengaruh Hujan terhadap Perubahan Elevasi Muka Air Tanah pada Model Unit Resapan dengan Media Tanah Pasir*, Jurnal Iilmiah Semesta Teknika Vol 16, No. 1, 57-64, Mei 2013.
- C. D. Soemarto, 1999, *Hidrologi Teknik*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Christady, Hary Hardiyatmo. 2012. *Tanah Longsor dan Erosi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Darwis Panguriseng, Abd. Rakhim Nanda 2018, *Capillary Shock Phenomenon of Groundwater at the Beginning of Rainy Season*.
- Darwis. 2015. *Fenomena Kejut Kapiler Air Tanah pada Lahan Pengguna Irigasi Air Tanah di Takalar*. Dalam: Seminar Nasional FGDT-PTM se-Indonesia.
- Darwis dkk. 2017 dan 2018. *Pemodelan formasi sumur resapan untuk recovery air tanah dan pencegahan intrusi air laut ke dalam lapisan tanah pada lahan pertanian palawija di daerah pesisir pantai kabupaten Takalar*. Laporan penelitian Hibah Bersaing Kegiatan Tahun I dan Tahun II. DP3M, Dikti.
- Darwis et al, 2014 *Pengaruh Jumlah Bambu-Rongga Sebagai Alat Pengimbuhi Terhadap Durasi Kejut Kapiler Dan Waktu Pemulihan Muka Air Tanah Pada Periode Awal Musim Penghujan*.
- Darwis, (2017a). *Teknologi Konservasi Air Tanah Dangkal berbasis Potensi Lokal dengan Bambu sebagai Alat Pengimbuhi* Laporan Hasil Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT), Oktober 2017.
- Das, Braja M., Endah, Noor. Dan Mochtar, Indrasurya B. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Goeteknik)*-Jilid I. Erlangga, Jakarta.

Darwis, 2017, *Dasar-dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Pena Indis, Nyutran MG II 14020 Yogyakarta.

Jurnal ilmiah Teknik sipil, *Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Tanah Lempung Berpasir Berlanau (Silty Sandy Clay)*.

Media Ilmiah Teknik Sipil Volume 5 Nomor 2 Juni 2017 Hal. 94-108, *Tinjauan Karakteristik Tanah Untuk Stabilisasi Lapis Pondasi Perkerasan Jalan*.

Putri Radhiana Eko; Yusuf Zafiera Paraswaty Djalle.2019. *Analisis tingkat kejut kapiler' muka air tanah pada Tanah lempung berpasir berlanau (siltysandy clay)*.

Soenarmo, S. H., Sadisun, I. A., & Saptohartono, E. (2008). *Kajian awal pengaruh intensitas curah hujan terhadap pendugaan potensi tanah longsor berbasis spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat*. Jurnal Geoaplika, 3(3), 133-141.

Wibowo, H. (2013).: *Laju infiltrasi pada lahan gambut yang dipengaruhi air tanah (study kasus Sei Raya dalam Kecamatan Sei Raya Kabupaten Kubu Raya)*.



L

A

M

P

I

R

A



Pengujian Karakteristik

Tanah





Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Husnul Fatimah / Salman

Stambuk : 105 8111 093 16 / 105 81 11095 16

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

ANALISA SARINGAN
(PASIR SEDANG)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus =		1000,00	gr
		Tertahan		Prosentase Kumulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.75	0	0.00	0.00	100.00
8	2.36	0	0.00	0.00	100.00
16	1.18	5	0.50	0.50	99.50
30	0.60	14	1.40	1.90	98.10
40	0.42	297	29.70	31.60	68.40
50	0.30	415	41.50	73.10	26.90
60	0.25	24	2.40	75.50	24.50
100	0.15	205	20.50	96.00	4.00
200	0.075	12	1.20	97.20	2.80
PAN		28	2.80	100.00	0.00
Jumlah		1000			

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Muh. Yusuf Syarif, ST

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



Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Husnul Fatimah / Salman

Namabuk : 105 8111 093 16 / 105 81 11095 16

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

GRAFIK ANALISA SARINGAN
(PASIR SEDANG)

ANALISA SARINGAN





PERHITUNGAN INTENSITAS CURAH HUJAN

A. PERHITUNGAN CURAH HUJAN HARIAN RATA RATA

Sampel perhitungan data curah hujan tahun 2000 dengan data curah hujan maksimum harian masing-masing stasiun: Patallasang, Toata dan Pammukkulu.

Tahun	Kondisi/Tanggal		Stasiun			Rata-Rata	Curah Hujan Max
			I	II	III	Thiessen	
2000	1	3-Feb	200	9	190		163.8
	2	4-Feb	16	201	28	51.47	
	3	3-Feb	200	9	190	163.79	
2001	1	2-des	100	53	49	82.67	104.6
	2	10-Jan	93	169	81	104.64	
	3	24-Oct	15	5	310	64.34	
2002	1	1-Jan	120	80	36	98.22	105.6
	2	12-Mar	87	104	22	78.80	
	3	2-Jan	100	89	144	105.64	
2003	1	23-Dec	140	111	22	114.31	114.3
	2	23-Dec	140	111	22	114.31	
	3	6-Feb	5	24	155	34.44	
2004	1	22-Dec	132	26	8	91.37	91.4
	2	9-Mar	93	151	1	87.52	
	3	7-Jan	10	82	103	39.12	
2005	1	28-Mar	218	81	4	156.17	156.2
	2	19-Jan	18	124	23	38.00	
	3	16-Oct	78	21	131	76.90	
2006	1	25-Jan	134	34	0	92.72	92.7
	2	31-Dec	98	125	29	90.91	
	3	9-Nov	0	0	109	18.90	
2007	1	25-Nov	120	6	6	78.58	90.3
	2	1-Jan	98	134	16	90.28	
	3	28-Dec	0	55	81	23.97	
2008	1	21-Feb	210	32	21	145.10	145.1
	2	2-Feb	68	184	0	77.15	
	3	3-Feb	128	93	162	127.58	
2009	1	31-Jan	168	180	6	142.08	158.8
	2	13-Jan	160	240	70	158.84	
	3	1-Feb	60	31	180	75.57	

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

Perhitungan curah hujan harian rata rata dihitung dengan menggunakan metode rata rata Aljabar dengan data curah hujan harian maksimum masing masing stasiun : Tamangappa, Panakkukang, Maros dan Gowa.

Table 1 Rekapitulasi hujan maksimum harian rata-rata

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

Sumber : Hasil Perhitungan

a. Analisa Frekuensi

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

Tabel 2 Pengukuran dispersi

n	Tahun	Xi	Xr	(Xi - Xr)	(Xi - Xr)²	(Xi - Xr)³	(Xi - Xr)⁴
1	2000	163.79	109.56	54.23	2940.60	159461.05	8647146.68
2	2001	160.04	109.56	50.48	2548.04	128620.49	6492523.73
3	2002	158.84	109.56	49.27	2427.63	119611.80	5893392.36
4	2003	156.17	109.56	46.60	2172.01	101226.35	4717639.64
5	2004	116.77	109.56	7.21	51.93	374.26	2697.14
6	2005	114.31	109.56	4.74	22.49	106.67	505.88
7	2006	114.09	109.56	4.53	20.52	92.96	421.11
8	2007	113.69	109.56	4.13	17.02	70.25	289.85
9	2008	108.57	109.56	-1.00	0.99	-0.99	0.99
10	2009	105.64	109.56	-3.92	15.38	-60.30	236.44
11	2010	104.64	109.56	-4.93	24.28	-119.64	589.52
12	2011	100.80	109.56	-8.77	76.89	-674.20	5911.80
13	2012	108.57	109.56	-1.00	0.99	-0.99	0.99
14	2013	92.72	109.56	-16.85	283.81	-4781.20	80546.93
15	2014	91.37	109.56	-18.20	331.09	-6024.38	109618.27
16	2015	91.37	109.56	-18.20	331.09	-6024.38	109618.27
17	2016	90.28	109.56	-19.28	371.86	-7170.88	138281.32
18	2017	80.16	109.56	-29.40	864.43	-25415.33	747241.35
19	2018	60.74	109.56	-48.83	2384.22	-116418.05	5684519.22
20	2019	58.74	109.56	-50.82	2583.07	-131281.86	6672259.71
Σ		2191			17468	211592	39303441

Sumber: Hasil Perhitungan

Nilai rata-rata (Xr) :
$$\text{Nilai rata-rata (Xr)} = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{2191}{20} = 109,56$$

Standar Deviasi (Sd) :
$$\begin{aligned} Sd &= \sqrt{\frac{\sum (Xi - Xr)^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{17468,36}{19}} \\ &= 30,32 \end{aligned}$$

Koefisien Skewness (Cs) :
$$\begin{aligned} Cs &= \frac{n \sum (Xi - Xr)^3}{(n - 1)(n - 2)Sd^3} \\ &= \frac{20 \times 211592}{19 \times 18 \times 30,32^3} \\ &= 0,444 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{20^2 \times 39303441}{19 \times 18 \times 17 \times 30,32^4}$$

$$= 3,19$$

$$\text{Koefisien Variasi (Cv)} : Cv = \frac{Sd}{Xr}$$

$$= \frac{30,32}{109,56}$$

$$= 0,277$$

Untuk analisa frekuensi dengan logaritma juga dilakukan perhitungan parameter statistik dengan tahap-tahap seperti diatas. Koefisien kemencengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck) dan koefisien variasi (Cv). Hasil perhitungan diuraikan pada tabel 3.

Tabel 3 Pengukuran Dispersi Dengan Logaritma

n	Tahun	X_i	$\log X_i$	$\log X_r$	$(\log X_i - \log X_r)$	$(\log X_i - \log X_r)^2$	$(\log X_i - \log X_r)^3$	$(\log X_i - \log X_r)^4$
1	2000	163.79	2.21	2.02	-0.19	0.036391	0.006942	0.001324
2	2001	160.04	2.20	2.02	-0.18	0.032655	0.005901	0.001066
3	2002	158.84	2.20	2.02	-0.18	0.031478	0.005585	0.000991
4	2003	156.17	2.19	2.02	-0.17	0.028923	0.004919	0.000837
5	2004	116.77	2.07	2.02	0.04	0.001919	0.000084	0.000004
6	2005	114.31	2.06	2.02	0.03	0.001193	0.000041	0.000001
7	2006	114.09	2.06	2.02	0.03	0.001138	0.000038	0.000001
8	2007	113.69	2.06	2.02	0.03	0.001037	0.000034	0.000001
9	2008	108.57	2.04	2.02	0.01	0.000148	0.000002	0.000000
10	2009	105.64	2.02	2.02	0.00	0.000000	0.000000	0.000000
11	2010	104.64	2.02	2.02	0.00	0.000015	0.000000	0.000000
12	2011	100.80	2.00	2.02	-0.02	0.000403	-0.000008	0.000000
13	2012	108.57	2.04	2.02	0.01	0.000148	0.000002	0.000000
14	2013	92.72	1.97	2.02	-0.06	0.003177	-0.000179	0.000010
15	2014	91.37	1.96	2.02	-0.06	0.003935	-0.000247	0.000015
16	2015	91.37	1.96	2.02	-0.06	0.003935	-0.000247	0.000015
17	2016	90.28	1.96	2.02	-0.07	0.004615	-0.000313	0.000021
18	2017	80.16	1.90	2.02	-0.12	0.014293	-0.001709	0.000204
19	2018	60.74	1.78	2.02	-0.24	0.057639	-0.013838	0.003322
20	2019	58.74	1.77	2.02	-0.25	0.064816	-0.016501	0.004201
Σ		2191.29	40.47			0.287859	-0.009495	0.012016

Sumber : Hasil Perhitungan

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

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi (S)} : S &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,287859}{19}} \\ &= 0,123 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Skewness (Cs)} : Cs &= \frac{n \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \\ &= \frac{20 \times -0,009495}{19 \times 18 \times 0,123^3} \\ &= -0,142 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Kurtosis (Ck)} : Ck &= \frac{n^2 \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X_r)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \\ &= \frac{20^2 \times 0,012016}{19 \times 18 \times 17 \times 0,123^4} \\ &= 3,601 \end{aligned}$$

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

b. Menentukan Jenis Distribusi / Uji Parameter Statistik

Tabel 4 Uji parameter statistik

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

Perhitungan nilai konstanta G berdasarkan nilai C_s tersebut dilakukan dengan cara interpolasi. Hasil perhitungan nilai konstanta G disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 5 Tabel nilai G untuk $C_s = -0,142$

C_s	Periode Ulang (Tahun)				
	2	5	10	25	50
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000
-0.142	0.024	0.848	1.265	1.701	1.977
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945

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

t	G	X_r	S_x	$\log X_t$	X_t
2	0.024	2.024	0.015	2.024	105.655
5	0.848	2.024	0.015	2.036	108.736
10	1.265	2.024	0.015	2.043	110.330
25	1.701	2.024	0.015	2.049	112.021
50	1.977	2.024	0.015	2.053	113.105
100	2.221	2.024	0.015	2.057	114.071
200	2.443	2.024	0.015	2.061	114.958

Sumber : Hasil Perhitungan

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

Diketahui :

$$R_2 = 105.655 \text{ mm}$$

$$R_5 = 108.736 \text{ mm}$$

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

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

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

Berikut hasil perhitungan analisa intensitas curah hujan dengan metode Mononobe:

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

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

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

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

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

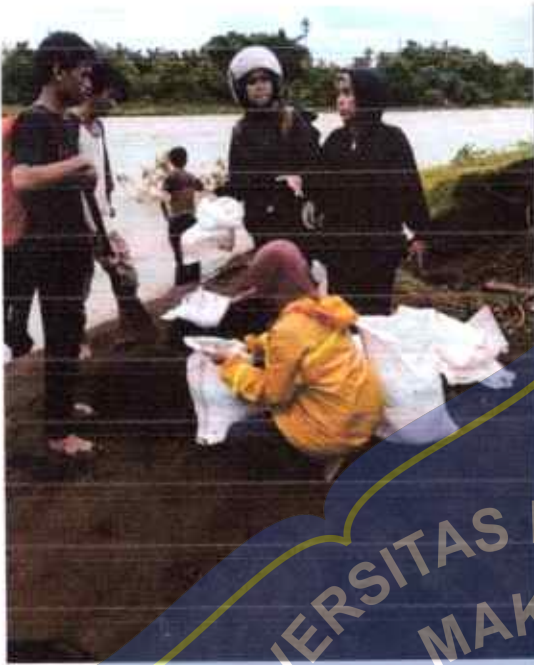
Tabel 7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan dengan Metode Mononobe

No	Waktu (menit)	I_2 mm/jam	I_5 mm/jam	I_{10} mm/jam	I_{25} mm/jam	I_{50} mm/jam
1	5	191.988	197.586	200.483	203.556	205.525
2	10	114.047	155.500	182.899	217.273	242.797
3	15	87.034	118.669	139.578	165.811	185.289
4	20	71.845	97.959	115.219	136.874	152.953
5	25	61.914	84.418	99.293	117.954	131.811
6	30	54.828	74.757	87.929	104.454	116.725
7	35	49.473	67.456	79.341	94.253	105.325
8	40	45.260	61.710	72.584	86.225	96.354
9	45	41.842	57.050	67.102	79.713	89.078
10	50	39.004	53.180	62.551	74.306	83.036
11	55	36.602	49.906	58.700	69.732	77.924
12	60	34.540	47.094	55.392	65.802	73.532

Sumber : Hasil Perhitungan



Dokumentasi Pengujian Karakteristik Tanah



Pengambilan Sampel Pasir Sedang



Proses Penjemuran sampel



Pengujian sampel tanah di lab. Unismuh

Dokumentasi Pengujian model



Pengambilan Sampel Dalam Skala Besar



Proses Penjemuran Sampel



Proses Penjemuran Sampel

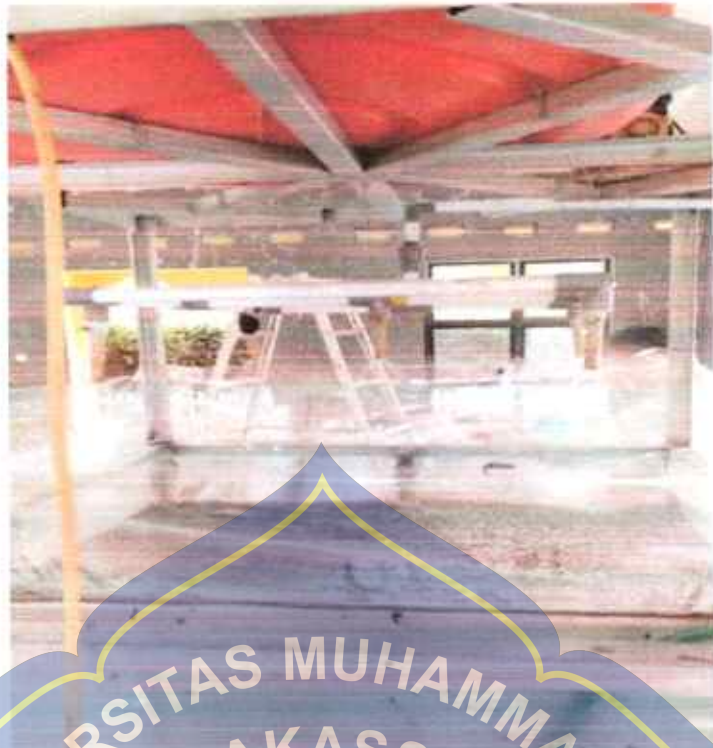


Kalibrasi Alat



Proses Pengisian Sampel Tanah
Kedalam Bak

Vibrasi Pasir Sedang Untuk
Intensitas Curah Hujan I₂



Tinggi Sampel 80 Cm



Pembacaan Kejut Kapiler Untuk Intensitas Curah Hujan I₂



Vibrasi Pasir Sedang Untuk Intensitas Curah Hujan I₅



Pembacaan Kejut Kapiler Untuk Intensitas Curah Hujan I_5



Vibrasi Pasir Sedang Untuk Intensitas
Curah Hujan I_{10}

Pembacaan Kejut Kapiler Untuk Intensitas
Curah Hujan I_{10}



Vibrasi Pasir Sedang Untuk Intensitas
Curah Hujan I₂₅



Pembacaan Kejut Kapiler Untuk Intensitas
Curah Hujan I₂₅



Vibrasi Pasir Sedang Untuk Intensitas
Curah Hujan I₅₀



Pembacaan Kejut Kapiler Untuk Intensitas
Curah Hujan I₅₀



