

**ANALISIS TINGKAT ‘KEJUT KAPILER’ MUKA AIR TANAH PADA
TANAH PASIR BERLEMPUNG BERLANAU (*SILTY CLAYEY SAND*)
DENGAN METODE SIMULASI (UJI LABORATORIUM)**



Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Makassar

OLEH

ERIKA FEBRIANIPIRDA

10581 2219 14

MUTHAHHIRAH MANSYUR

10581 2249 14

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **ANALISIS TINGKAT "KEJUT KAPILER" MUKA AIR TANAH PADA TANAH PASIR BERLEMPUNG BERLANAU (SILTY CLAYEY SAND) DENGAN METODE SIMULASI (UJI LABORATORIUM)**

Nama : ERIKA FEBRIANI PIRDA
MUTHAHHIRAH MANSYUR


Stambuk : 105 81 2219 14
105 81 2249 14

Makassar, 29 JUNI 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


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


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

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan
Jurusan Teknik Sipil


Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.
NIM: 1102084



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Erika Febriani Pirda dengan Nomor Induk Mahasiswa 105 81 2219 14 dan Muthahhirah Mansyur dengan Nomor Induk Mahasiswa 105 81 2249 14, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 29 Juni 2019

Makassar, 27 Syawal 1440 H
1 Juli 2019 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

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

b. Sekretaris : Farida Gaffar, ST., MM

3. Anggota : 1. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT

2. Muh. Syafaat S. Kuba, ST., MT

3. Ir. Amrullah Mansida, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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

Dekan

Dr. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500

**ANALISIS TINGKAT “KEJUT KAPILER” MUKA AIR TANAH PADA
TANAH PASIR BERLEMPUNG BERLANAU (*SILTY CLAYEY SAND*)
DENGAN METODE SIMULASI (UJI LABORATORIUM)**

Erika Febriani Pirda¹ Muthahhirah Mansyur²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar
Email : erikafebrianipirda54@gmail.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar
Email : piraaa7@gmail.com

Abstrak

Air tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat besar pengaruhnya terhadap karakteristik dan stabilitas tanah (abiotik) dan keseimbangan lingkungan hidup (biotik), maka dari itu perlu terjamin ketersediaan dan kesinambungan untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan pada berbagai rekayasa terhadap tanah. Keberadaan air dalam tanah sangat berpengaruh terhadap tekstur tanah. Terjadinya gaya kapiler dipengaruhi oleh tekstur tanah yang menahan air. Karakteristik tanah pasir berlempung berlanau memiliki ukuran partikel yang besar menyebabkan ruang pori yang lebih banyak dan menahan air yang rendah. Kejut kapiler merupakan penurunan muka air tanah pada awal musim penghujan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh frekuensi hujan dengan fluktuasi muka air tanah, kedalaman infiltrasi dan tekanan kapiler. Metode penelitian yang digunakan adalah model penelitian eksperimental, dimana kondisi penelitian didesain dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada sumber-sumber yang berkaitan dengan penelitian tersebut. Penelitian ini menggunakan media jenis tanah pasir berlempung berlanau dan bak kaca ukuran 100 cm x 100 cm dengan *nozzle* sebagai alat simulasi hujan. Dari hasil pengamatan bahwa air tanah turun ketika tekanan kapiler masih berlangsung namun saat tanah jenuh maka air tanah mulai meningkat hingga sejajar dengan permukaan tanah.

Kata Kunci : kejut kapiler, jenis tanah, frekuensi hujan, tekanan kapiler.

**ANALYSIS OF LEVEL OF "KAPILER SURPRISE" ADVANTAGE OF SOIL
WATER IN SILTY CLAYEY SAND WITH SIMULATION METHOD
(LABORATORY TEST)**

Erika Febriani Pirda¹ Muthahhirah Mansyur²

1) Irrigation Engineering Study Program Students, Civil Engineering Department,
Faculty of Engineering
Muhammadiyah University of Makassar
Email: erikafebrianipirda54@gmail.com

2) Students of Water Resources Engineering Study Program, Civil Engineering
Department, Faculty of Engineering
Muhammadiyah University of Makassar
Email: piraaa7@gmail.com

Abstract

Groundwater is one of the natural resources that has a very large influence on the characteristics and stability of the land (abiotic) and environmental balance (biotic), therefore it is necessary to ensure the availability and sustainability to realize sustainable development in various engineering on the land. The presence of water in the soil greatly affects the texture of the soil. The occurrence of capillary forces is influenced by the texture of the soil that holds water. Characteristics of clayey sand with large particle size causes more pore space and low water holding. Capillary shock is a decrease in the ground water level at the beginning of the rainy season. This study aims to determine the relationship between the frequency of rain and groundwater fluctuations, infiltration depth and capillary pressure. The research method used is an Experimental Research Model, where the conditions of the study are designed and regulated by the researcher with reference to sources related to the research. This study uses sandy silty soil type media and glass tubs measuring 100 cm x 100 cm with a nozzle as a rain simulation tool. From the results of observations that ground water drops when capillary pressure is still ongoing, but when the soil is saturated, the ground water begins to increase to the level of the ground.

Keywords: capillary shock, type of soil, rain frequency, capillary pressure.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Ujian Seminar Hasil ini dengan baik.

Tugan akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan program studi pada jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah: **“ANALISIS TINGKAT ‘KEJUT KAPILER’ MUKA AIR TANAH PADA TANAH PASIR BERLEMPUNG BERLANAU (*SILTY CLAYEY SAND*) DENGAN METODE SIMULASI (UJI LABORATORIUM)”**.

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

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

Kepada Bapak **Hamzah Al Imran, ST., MT.** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

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

Serta Bapak **Dr. Ir. H. Darwis Panguriseng, M.sc** selaku pembimbing I dan Bapak **Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, MT** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

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

Tak lupa kami ucapkan terimakasih kepada rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus saudaraku angkatan 2014 dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Wassalamu alaikum Wr. Wb

Makassar, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Klasifikasi Tanah	6
1. Gradasi Tanah	7
2. Sistem Klasifikasi AASHTO	8
3. Sifat Dan Karakteristik Tanah Pasir Berlempung Berlanau	10
B. Teori Tekanan Kapiler	14
1. Pengertian Tekanan Kapiler	14
2. Pengaruh Tekanan Kapiler Terhadap Sifat Hidrolik Tanah	15
C. Teori Kejut Kapiler	17

1. Pengertian Kejut Kapiler	17
2. Mekanisme Dan Proses Terjadinya Kejut Kapiler	18
D. Analisis Hidrologi	19
1. Curah Hujan Rencana	19
2. Intensitas Curah Hujan	23
E. Parameter Infiltrasi.....	24
1. Pengertian Infiltrasi	25
2. Frekuensi Hujan	26
3. Laju Infiltrasi.....	26
4. Kapasitas Infiltrasi	28
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	30
B. Tempat Penelitian	30
C. Variabel Penelitian.....	30
D. Definisi Operasional Variabel	32
E. Rancangan Penelitian	35
F. Teknik Pengumpulan Data	39
G. Teknik Analisa Data.....	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan.....	42
1. Karakteristik Tanah.	42

2. Hasil Pengamatan Uji Laboratorium.	45
B. Pembahasan	56
1. Fluktuasi Muka Air Tanah.	56
2. Kedalaman Infiltrasi.	57
3. Peningkatan Tekanan Kapiler.	58

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.	59
B. Saran.	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DOKUMENTASI



DAFTAR TABEL

Nomor	Tabel	Halaman
Tabel 1	Klasifikasi Tanah Untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (<i>System AASHTO</i>)	9
Tabel 2	Ketinggian Air Kapiler	16
Tabel 3	Kenaikan Kapiler Untuk Beberapa Jenis Tanah	17
Tabel 4	Rekapitulasi Intensitas Curah Hujan	38
Tabel 5	Hasil Pengujian Analisa Saringan	42
Tabel 6	Hasil Analisa Hidrometer	43
Tabel 7	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah.....	45
Tabel 8	Hasil Pengujian Atterberg Limit	45
Tabel 9	Pengamatan Fluktuasi Muka Air Tanah	46
Tabel 10	Pengamatan Kedalaman Infiltrasi	51
Tabel 11	Pengamatan Peningkatan Tekanan Kapiler	54

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Gambar	Halaman
Gambar 1	Diagram Kapilaritas Air Dalam Tanah	15
Gambar 2	Zona Lapisan Air Tanah	18
Gambar 3	Hubungan Antara Infiltrasi Dengan Aliran Permukaan Dan Curah Hujan	25
Gambar 4	Proses Terjadinya Infiltrasi	26
Gambar 5	Kurva Infiltrasi	29
Gambar 6	Skema Hubungan Variabel Penelitian	31
Gambar 7	Sketsa Alat Model	35
Gambar 8	Bagan Alir Penelitian	41
Gambar 9	Hubungan Analisa Saringan dan Ukuran Butir	44
Gambar 10	Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Pertama)	47
Gambar 11	Grafik Hubungan Waktu Wujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Kedua)	47
Gambar 12	Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Ketiga)	48
Gambar 13	Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Keempat)	49
Gambar 14	Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Kelima)	49

Gambar 15	Grafik Gabungan Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan I-V)	50
Gambar 16	Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Kedalaman Infiltrasi (Hujan Pertama)	52
Gambar 17	Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Kedalaman Infiltrasi (Hujan Kedua).....	52
Gambar 18	Grafik Gabungan Hubungan Waktu Hujan dengan Kedalaman Infiltrasi (Hujan I-II).....	53
Gambar 19	Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Peningkatan Tekanan Kapiler (Hujan Pertama)	55
Gambar 20	Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Peningkatan Tekanan Kapiler (Hujan Kedua).....	55
Gambar 21	Grafik Gabungan Hubungan Waktu Hujan dengan Peningkatan Tekanan Kapiler (Hujan I-II)	56

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan, (Permen ESDM. 2017). Sumber utama air tanah adalah air hujan ataupun air yang terdapat pada reservoir permukaan seperti sungai, danau, embung, bendung dan lain sebagainya. Air tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat besar pengaruhnya terhadap karakteristik dan stabilitas tanah (abiotik) dan keseimbangan lingkungan hidup (biotik), maka dari itu perlu terjamin ketersediaan dan kesinambungannya untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan pada berbagai rekayasa terhadap tanah.

Keberadaan air dalam tanah sangat berpengaruh terhadap tekstur tanah. Setiap tanah memiliki tekstur yang berbeda, seperti contohnya tanah berbutir kasar, dan tanah berbutir halus. Tanah berbutir kasar yaitu tanah yang lebih dari setengah bahan fraksi lebih besar dari saringan 200. Tanah berbutir kasar diklasifikasikan, butiran halus kurang dari 5%, butiran halus lebih dari 12%. Adapun yang termasuk tanah berbutir kasar yaitu kerikil dan pasir. Tanah berbutir halus yaitu tanah yang lebih dari setengah bahan fraksi lebih kecil dari saringan 200. Identifikasi tanah berbutir halus yaitu dari fraksi yang lebih kecil dari ukuran saringan No 40. Adapun yang termasuk tanah berbutir halus di antaranya lanau dan lempung.

Proses masuknya air di dalam tanah melalui pori pori tanah di sebut infiltrasi. Proses tersebut dipengaruhi dengan adanya gaya gravitasi dan gaya kapiler. Gaya

gravitasi menyebabkan aliran menuju ke tempat yang lebih rendah, sedang gaya kapiler menyebabkan air bergerak ke segala arah. Terjadinya gaya kapiler dalam tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah yang menahan air. Karakteristik tekstur tanah pasir yaitu daya menahan air yang rendah, ukuran partikel yang besar menyebabkan ruang pori yang lebih banyak. Karakteristik tekstur debu yaitu pasir kecil, yang tanah keringnya menggumpal tetapi mudah pecah jika basah. Fraksi debu mempunyai sedikit sifat plastis dan kohesif yang cukup baik. Karakteristik tekstur liat yaitu berbentuk lempeng, ruang pori yang kecil, sehingga daya menahan air yang besar.

Potensi air tanah pada wilayah tertentu dipengaruhi oleh kondisi lahan dan curah hujan. Di mana pada wilayah dataran rendah yang memiliki curah hujan kecil dan sifat tanah yang kurang berpori memiliki potensi air tanah cenderung kecil. Sebaliknya pada wilayah dengan jenis tanah berpori dan curah hujan tinggi cenderung memiliki potensi air tanah yang besar. Hal tersebut termasuk pada jenis tanah Pasir Berlempung Berlanau yang di mana pada jenis tanah tersebut memiliki tekstur kasar dengan pori yang lebih besar.

Hal ini sangat penting untuk menjadi bahan penelitian terhadap pengaruh faktor tersebut di atas mengenai karakteristik infiltrasi terhadap tekanan kapiler maka diperlukan analisis spesifik dari masing masing faktor pengaruh tersebut dengan melakukan pengujian eksperimental. Salah satu yang terpenting untuk diteliti adalah “Analisis Tingkat ‘Kejut Kapiler’ Pada Muka Air Tanah Pasir Berlempung Berlanau dengan Metode Simulasi (Uji Laboatorium)”.

B. Rumusan Masalah

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

- 1) Bagaimana pengaruh frekuensi hujan dengan fluktuasi muka air tanah, yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil?
- 2) Bagaimana pengaruh frekuensi hujan dengan kedalaman infiltrasi, yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil?
- 3) Bagaimana pengaruh frekuensi hujan dengan peningkatan tekanan kapiler, yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil?

C. Tujuan Penelitian

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

- 1) Mengetahui pengaruh frekuensi hujan dengan fluktuasi muka air tanah yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil,
- 2) Mengetahui pengaruh frekuensi hujan dengan kedalaman infiltrasi, yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil,
- 3) Mengetahui pengaruh frekuensi hujan dengan peningkatan tekanan kapiler, yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil.

D. Manfaat Penelitian

Kontribusi penelitian ini terhadap pengembangan IPTEK adalah minimal dapat memberikan gambaran tentang perilaku air kapiler yang terkait dengan perubahan pada musim, 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 penulisan ini mencapai sasaran yang diinginkan dan lebih terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah diantaranya sebagai berikut :

- 1) Intensitas curah hujan yang diamati bersumber dari hujan buatan dari alat simulasi yang didesain dan dibuat khusus (*specific equipment*)
- 2) Media Kejut Kapiler menggunakan jenis Tanah Pasir Berlempung Berlanau (*Silty Clayey Sand*)

F. Sistematika Penulisan

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

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

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

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

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

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



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Tanah

Menurut Wesley (2012) Istilah “tanah” dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan untuk mencakup semua bahan dari tanah lempung sampai kerakal; jadi semua endapan alam yang bersangkutan dengan teknik sipil kecuali batuan. Batuan menjadi ilmu tersendiri, yaitu mekanika batuan. Tanah dapat didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut.

Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakaiannya (Das, 1995).

Tanah yang ada di alam bermacam-macam, dan dikelompokkan dalam beberapa kelompok oleh beberapa ahli. Diantaranya menurut Verhoef (1994), bahwa tanah dapat dibagi menjadi tiga kelompok:

1. Tanah berbutir kasar (pasir, kerikil),
2. Tanah berbutir halus (lanau, lempung),
3. Tanah campuran.

Perbedaan antara pasir/kerikil dan lanau/lempung dapat diketahui dari sifat-sifat material tersebut. Lanau/lempung seringkali terbukti kohesif (saling mengikat) sedangkan material yang berbutir (pasir, kerikil) adalah tidak kohesif (tidak saling mengikat). Struktur dari tanah yang tidak berkohesif ditentukan oleh cara penumpukan butir (kerangka butiran). Struktur dari tanah yang berkohesif ditentukan oleh konfigurasi bagian-bagian kecil dan ikatan di antara bagian-bagian kecil ini (Verhoef, 1994).

1. Gradasi Tanah

Menurut Fakhli (2014) Gradasi tanah atau biasa disebut gradasi agregat adalah distribusi ukuran agregat. Dapat juga disebut pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai persentase dari total agregat atau persentase kumulatif butiran yang lebih kecil atau yang lebih besar dari masing-masing seri bukan saringan.

Gradasi agregat akan mempengaruhi luas permukaan tanah yang sekaligus akan mempengaruhi jumlah pasta/air yang lebih sedikit karena luas permukaan kecil. Apabila ditinjau dari volume pori (ruang kosong) antar butiran, maka tanah dengan butiran agregat yang bervariasi akan mengakibatkan volume pori lebih kecil dengan kata lain kemampuan menjadi tinggi. Hal ini berbeda dengan tanah yang memiliki butiran agregat seragam yang akan mempunyai volume ruang kosong yang lebih besar. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukan jaringan kawat, dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

a) Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

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

b) Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

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

c) Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

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

2. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan; versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board dalam tahun 1945 (ASTM Standard no D-3282, AASHTO metode M145).

Sistem klasifikasi AASHTO yang dipakai saat ini diberikan dalam Tabel 1. Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan kedalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No. 200

diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Tabel 1 : Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO).

Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO).							
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Tanah lanau – lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							
Klasifikasi umum	A-4		A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†		
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36		Min 36	Min 36	Min 36		
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11		
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

*Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$
†Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

Sumber : Das. Braja. M, 1998

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini:

a. Ukuran butir:

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2mm).

Pasir: bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).

Lanau dan lempung: bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

b. Plastisitas:

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*plasticity index* (PI)] sebesar 10 atau kurang.

Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.

- c. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

3. Sifat dan Karakteristik Tanah Pasir Berlempung Berlanau

Menurut Wesley (2012) Sifat-sifat tanah yang diukur pada ilmu mekanika tanah dapat dibagi menjadi dua golongan. Golongan pertama adalah sifat yang memberikan gambaran secara garis besar tentang perilaku tanah. Golongan kedua adalah sifat yang diperlukan untuk perancangan seperti kekuatan, kompresibilitas, permeabilitas, dan sebagainya.

Untuk tujuan rekayasa geoteknik, tanah biasanya dibagi menjadi dua golongan, yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Masing-masing golongan dibagi lagi menjadi dua jenis. Tanah berbutir kasar terdiri atas kerikil dan/atau pasir dan biasanya disebut bahan granular atau tanah tidak berkohesif. Tanah berbutir halus terdiri dari lanau dan/atau lempung dan sering disebut tanah berkohesif.

a. Pasir

Tanah pasir terbentuk dari batuan-batuan beku serta batuan sedimen yang memiliki butiran besar dan kasar atau yang sering disebut dengan kerikil. Tanah pasir memiliki kapasitas serap air yang rendah karena sebagian besar tersusun atas partikel berukuran 0,02 sampai 2 mm (Robin, 2016).

Tanah pasir pada umumnya belum membentuk agregat sehingga peka terhadap erosi. Unsur yang terkandung di dalam tanah pasir adalah unsur P dan K yang masih segar dan belum siap untuk diserap oleh tanaman. Selain itu juga terdapat unsur N dalam kadar yang sangat sedikit. Tanah pasir merupakan tanah yang tersebar cukup banyak di wilayah Indonesia. Secara garis besar tanah pasir ini dibedakan menjadi 3 yaitu:

- a) Tanah pasir abu vulkanik. Tanah pasir ini berada pada daerah-daerah vulkanik yaitu lahar vulkanik yang mengalir ke bawah dengan bentuk melebar seperti kipas.
- b) Bukit pasir (*sand*). Tanah pasir ini biasanya ada pada daerah-daerah pantai.
- c) Batuan sedimen dengan topografi bukit lipatan.

Tanah pasir tidak memiliki kandungan air, mineral, dan unsur hara karena tekstur pada tanah pasir yang sangat lemah. Tanah pasir juga memiliki kesuburan yang rendah sehingga sedikit sekali tanaman yang dapat tumbuh di tanah pasir. Tanah pasir memiliki rongga yang besar sehingga pertukaran udara dapat berjalan dengan lancar. Selain itu tanah pasir tidak lengket jika basah sehingga menjadikan tanah pasir mudah untuk diolah.

b. Lempung

Tanah lempung merupakan tanah yang berasal dari pelapukan unsur kimiawi penyusun batuan pada ukuran mikrokonis dan sub-mikrokonis dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$. Lempung adalah istilah digunakan pada tanah berbutir halus yang bersifat kohesif, plastis, dan tidak mengandung sejumlah bahan kasar yang dapat terlihat. Tanah lempung dari proses pembentukannya merupakan hasil dari hasil pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian lagi prosesnya berasal dari aktifitas panas bumi atau geothermal (Kasjuaji, 2018).

Menurut Mahida (1984) menyatakan bahwa tanah liat merupakan percampuran partikel-partikel pasir dan debu dengan bagian-bagian tanah lempung yang memiliki karakteristik yang berbeda antara satu dengan lainnya.

c. Lanau

Lanau adalah istilah digunakan pada tanah berbutir halus yang bersifat kohesif, plastis, dan tidak mengandung sejumlah bahan kasar yang dapat terlihat. Lanau merupakan material yang berukuran antara 0,002 mm sampai 0,06 mm dan butiran-butirannya lolos saringan no. 200. (Peck, dkk. 1953) membagi tanah ini menjadi dua kategori yaitu :

- a) Lanau tepung batu yang mempunyai karakteristik tidak berkohesif dan tidak plastis, sifat teknis lanau tepung batu cenderung mempunyai sifat pasir halus.
- b) Lanau yang bersifat plastis. Secara umum tanah lanau mempunyai sifat yang kurang baik yaitu mempunyai kuat geser rendah setelah dikenai beban, kapilaritas tinggi, permeabilitas rendah dan kerapatan relatif rendah dan sulit dipadatkan.

Dalam tulisan Wihanda (2013) apabila rasa kasar terasa jelas sedikit sekali melekat, dan dapat dibentuk bola tetapi mudah sekali hancur, maka tanah tersebut tergolong bertekstur Pasir Berlempung Berlanau.

Menurut Ukiman (2013) pada semua komposisi pasir dan lempung lanau, semakin besar kadar air maka semakin besar pula kepadatan kering, tetapi pada kadar air tertentu kepadatan kering akan menurun. Karena persentase air yang mengisi pori-pori antar butiran besar sehingga persentase butiran solid yang masuk tidak maksimal. Semakin besar komposisi pasir dari pada lempung-lanau, semakin besar kepadatan kering maka semakin besar nilai perbandingan antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah atau nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dan semakin kecil nilai angka pori (e) dan porositas (n), karena semakin besar kepadatan berarti tanahnya semakin padat maka daya dukung tanahnya semakin besar, yang ditunjukkan dengan nilai CBR semakin besar dan tanahnya mengalami reposisi butiran sehingga pori-pori antar butiran mengecil dan hal ini dapat dilihat dari mengecilnya nilai e dan n . Pada kondisi jenuh nilai CBR lebih kecil dibandingkan pada kondisi tidak jenuh, karena pada kondisi jenuh penetrasi tekanan diterima terlebih dahulu oleh air yang selanjutnya diterima oleh butiran tanah solid sehingga peningkatan nilai CBRnya lebih landai dibandingkan dengan kondisi tidak jenuh yang lebih curam dan rentang nilai CBRnya lebih besar. Berdasarkan dari penjelasan di atas tanah pasir berlempung berlanau termasuk dalam material timbunan reklamasi yang optimal terhadap kepadatan material dengan komposisi pasir yang lebih dominan dan lempung lanau yang lebih sedikit. Bila kandungan lempung lanau bertambah banyak atau bertambah sedikit mengakibatkan kepadatan menurun.

B. Teori Tekanan Kapiler

Menurut Hardiyatmo (2012) Tekanan kapiler dapat timbul karena adanya tarikan lapisan tipis di permukaan air kejadian ini disebabkan oleh adanya pertemuan antara dua jenis material yang berbeda sifatnya. Pada prinsipnya tarikan permukaan disebabkan perbedaan gaya tarik antara molekul-molekul pada bidang singgung pertemuan dua material yang berbeda sifatnya.

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

- 1) Mengontrol distribusi saturasi di dalam reservoir.
- 2) Merupakan mekanisme pendorong minyak dan gas untuk bergerak atau mengalir melalui pori-pori reservoir dalam arah vertikal.

1. Pengertian Tekanan Kapiler

Menurut Hardiyatmo (2012) tekanan kapiler (P_c) didefinisikan sebagai perbedaan tekanan yang ada antara permukaan dua fluida yang tidak tercampur (cairan-cairan atau cairan-gas) sebagai akibat dari terjadinya pertemuan permukaan yang memisahkan mereka. Perbedaan tekanan dua fluida ini adalah perbedaan tekanan fluida “non wetting fasa” (P_{nw}) dengan fluida “wetting fasa” (P_w), atau :

$$P_c = P_{nw} - P_w \dots\dots\dots(1)$$

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

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

Keterangan :

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

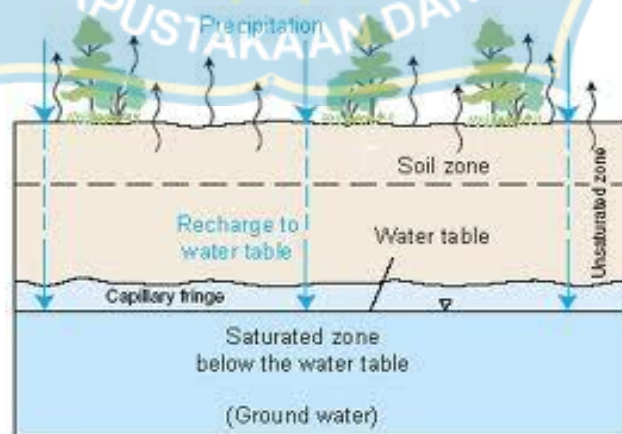
g = percepatan gravitasi

h = tinggi kolom

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

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.



Gambar 1 : Diagram Kapilaritas Air dalam Tanah, (Davie, T. 2008)

Diagram kapilaritas suatu lapisan tanah, dapat dilihat pada gambar 1. Tinggi minimum dari $h_{c(\min)}$ dipengaruhi oleh ukuran maksimum pori-pori tanah. Di dalam batas antara $h_{c(\min)}$ dan $h_{c(\maks)}$, tanah dapat bersifat jenuh sebagian (*partially saturated*).

Terzaghi dan Peck (1948) memberikan hubungan pendekatan antara $h_{c(\maks)}$ dan diameter butiran sbb :

$$h_c = \frac{C}{e.D_{10}} (mm) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- h_c = tinggi air dalam pipa kapiler (mm)
- C = konstanta (C bervariasi antara 10-50 mm²)
- D_{10} = diameter efektif (mm)
- e = angka pori tanah

Tinggi air kapiler untuk berbagai macam tanah diberikan oleh Hansbo (1975) dalam Darwis (2012), dapat dilihat dalam penyajian pada tabel 2.

Tabel 2 : Ketinggian Air Kapiler

Macam Tanah	Kondisi	
	Longsor	Konisi padat
Pasir Kasar	0,03 - 0,12 m	0,04 – 0,15 m
Pasir Sedang	0,12 – 0,50 m	0,35 – 1,10 m
Pasir Halus	0,30 – 2,00 m	0,40 – 3,50 m
Lanau	1,50 – 10,0 m	2,50 – 12,0 m
Lempung		> 10 m

Sumber : Hansbo, 1975

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

Jangkauan kenaikan kapiler dan kenaikan kapiler nyata untuk berbagai jenis tanah (*soil*) ditunjukkan dalam tabel 3.

Tabel 3 : 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 Halus	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	Kasar	0,062	0,031	375	150	200

Sumber : Todd & Mays, 2005

C. Teori Kejut Kapiler

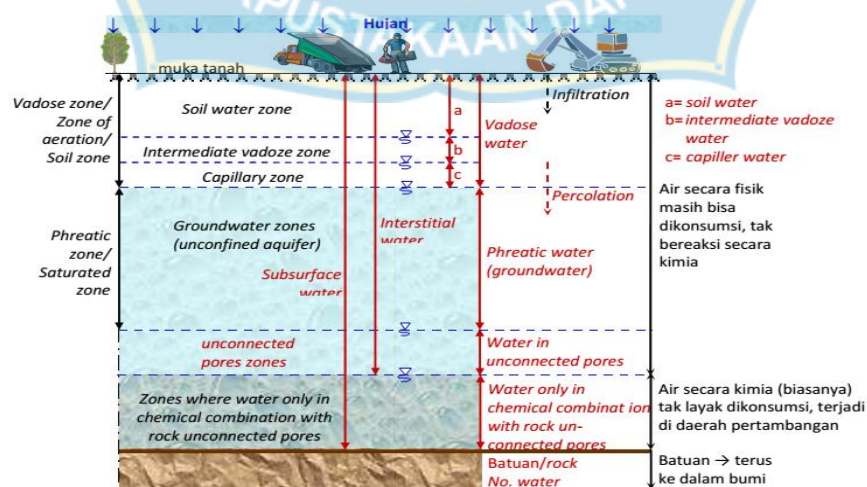
1. Pengertian Kejut Kapiler

Pengertian kejut kapiler menurut Darwis dkk (2012; 2013) bahwa turunnya permukaan air tanah (*freatis*) pada saat hujan pertama sampai hujan yang keempat atau kelima disebut Kejut Kapiler, yang mana kejadiannya memberikan kejutan karena bertolak belakang dengan adanya hujan, justru air tanah jenuh permukaannya mengalami penurunan. 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. Mekanisme dan Proses Terjadinya Kejut Kapiler

Kejut kapiler yang mana kejadiannya memberikan kejutan karena bertolak belakang dengan adanya hujan, justru air tanah jenuh permukaannya mengalami penurunan. 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 mengecilnya pori yang kosong di dalam tanah sebagai akibat dari terisinya air hidroskopik dari infiltrasi air hujan, maka tekanan kapiler dari lapisan tanah pada zona kapiler akan meningkat, sehingga akan menghisap air dari zona freatis. Dengan demikian permukaan air freatis akan terdegradasi, karena air yang berinfiltrasi diawal musim hujan belum sampai ke zona freatis, tetapi justru air freatis terisap ke lapisan kapiler karena tingginya tekanan kapiler yang timbul akibat mengecilnya pori tanah pada lapisan tanah di zona funikuler dan penduler (Darwis dkk. 2012; 2013).



Gambar 2. Zona Air Lapisan Tanah (Darwis, 2018)

Fenomena “kejut kapiler” ini dapat dikemukakan beberapa sintesa yang dapat menjadi dasar ilmiah sebagai berikut (Darwis, 2015) :

- a. Volume air yang berinfiltrasi belum melebihi kapasitas daya ikat tanah terhadap air di zona aerasi, sehingga aliran air dalam tanah belum ada yang memasuki proses perkolasi.
- b. 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. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan guna mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi Daerah Aliran Sungai. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit air yang ekstrim maupun yang wajar yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam pelaksanaan detail desain.

1. Curah Hujan Rencana

a. Curah hujan area

Menurut Sosrodarsono & Takeda (1993) Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan

besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan dalam debit banjir adalah hujan yang terjadi pada Daerah Aliran Sungai pada waktu yang sama.

Perhitungan curah hujan wilayah pada daerah tertentu ini dapat diperhitungkan dengan cara Metode Rata-Rata Aljabar .

Tinggi rata-rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan didalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (Soemarto, 1999).

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

\bar{d} = tinggi curah hujan rata-rata

d_1, d_2, d_n = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ...n

n = banyaknya pos penakar

a. Analisis Frekuensi

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi .

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan sebagai berikut :

a) Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (\bar{X}), simpangan baku (Sd), koefisien variasi (Cv) koefisien kemiringan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck).

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} ; Sd = \frac{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2}}{n - 1} \dots \dots \dots (5)$$

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots \dots \dots (6)$$

$$Cs = \frac{1/n \sum (X - \bar{X})^3}{(1/n \sum (X - \bar{X})^2)^{3/2}} \cdot \frac{n^2}{(n - 1) \cdot (n - 2)} \dots \dots \dots (7)$$

$$Ck = \frac{1/n \sum (X - \bar{X})^4}{(1/n \sum (X - \bar{X})^2)^2} \cdot \frac{n^2}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot (n - 3)} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

\bar{X} : Tinggi hujan harian maksimum rata-rata selama n tahun

$\sum X$:Jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun

N :Jumlah tahun pencatatan data hujan

Sd :Simpangan baku

Cv :Koefisien variasi

Cs :Koefisien kemiringan

Ck :Koefisien kurtosis

Lima parameter statistik di atas akan menentukan jenis Agihan yang akan digunakan dalam analisis frekuensi.

b) Pemilihan Jenis Sebaran

Penentuan jenis sebaran akan digunakan untuk analisis frekuensi dilakukan dengan sebaran Log Pearson type III, apabila $C_s(\ln x) > 0$ dan $C_k(\ln x) = 11/2(C_s(\ln x)^2)^2 + 3$.

Metode Log Pearson III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

- Y = nilai logaritmik dari X atau log X
- X = data curah hujan
- \bar{Y} = rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y
- S = deviasi standar nilai Y
- K = karakteristik distribusi peluang Log Person tipe III

c) Uji Kebenaran Sebaran / Uji Keselarasan Distribusi

Uji kebenaran sebaran dilakukan untuk mengetahui jenis sebaran yang paling sesuai dengan data hujan. Uji sebaran dilakukan dengan uji keselarasan distribusi yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih, dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Soemarto,1999).

Ada dua jenis uji keselarasan (*Goodness of fit test*), yaitu uji keselarasan Chi Square dan Smirnov Kolmogorof. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah hasil perhitungan yang diharapkan.

Uji Keselarasan Chi Square

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai chi square (X^2) dengan nilai chi square kritis (X^2_{cr}). Uji keselarasan chi square menggunakan rumus (Soewarno,1995):

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

- X^2 = harga chi square terhitung
- O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i
- E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i
- N = jumlah data

Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof

Uji keselarasan Smirnov-Kolmogorof, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut ;

Rumus yang dipakai (Soewarno, 1995) :

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(x_i)}{\Delta_{Cr}} \dots\dots\dots (11)$$

2. Intensitas Curah Hujan

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

Untuk perhitungan intensitas curah hujan digunakan rumus mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

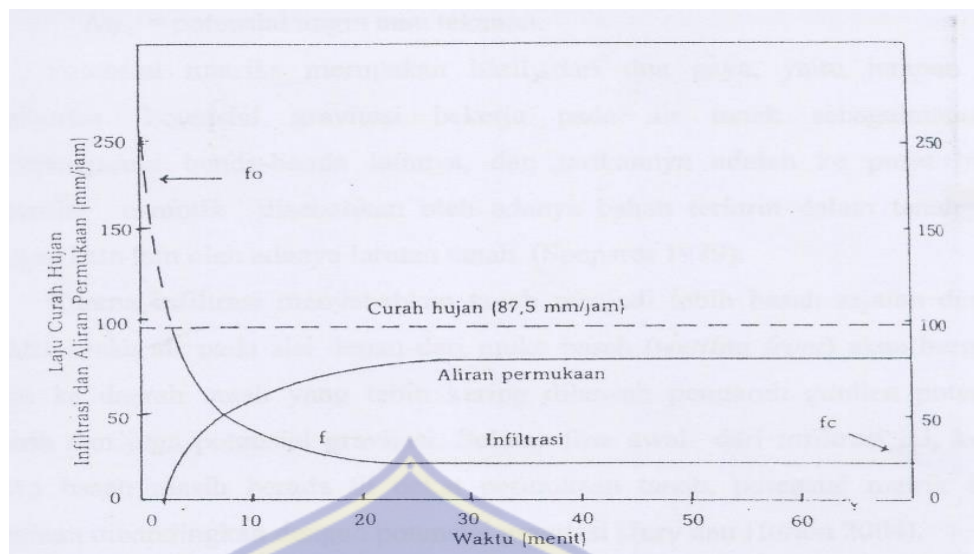
R_{24} : Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm/jam)

t : Lama hujan (jam)

E. Parameter Infiltrasi

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

Kapasitas infiltrasi tanah pada saat permulaan hujan adalah terbesar, kemudian berkurang dengan semakin lamanya hujan, sehingga mencapai nilai minimum konstan. Aliran permukaan baru terjadi setelah beberapa saat hujan berlangsung, yaitu ketika laju hujan menjadi lebih tinggi dari laju infiltrasi. Selama hujan berlangsung laju aliran permukaan meningkat dengan semakin berkurangnya laju infiltrasi. Laju aliran permukaan pada akhirnya akan mencapai nilai maksimum yang konstan.

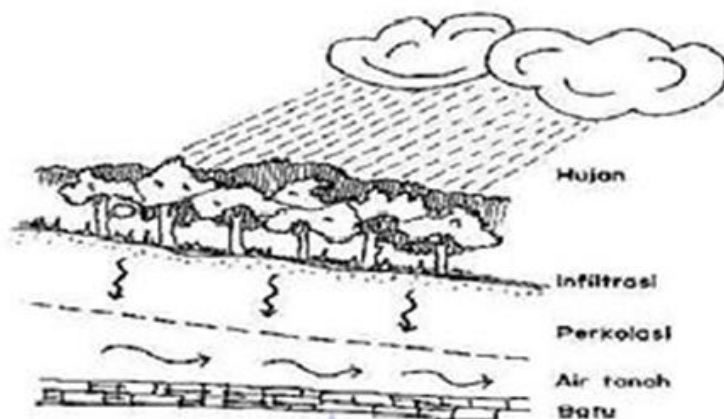


Gambar 3 : Hubungan antara infiltrasi dengan aliran permukaan dan curah hujan, (Arsyad, 1989)

1. Pengertian Infiltrasi

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

Infiltrasi adalah meresapnya air permukaan ke dalam tanah. Kecepatan infiltrasi yang tinggi terjadi pada waktu permulaan hujan karena tanah (*soil*) belum jenuh air (*saturated*), terutama setelah musim kemarau yang panjang. Penutupan lahan (*land coverage*) yang berupa vegetasi akan menghambat aliran permukaan sehingga memungkinkan air untuk berinfiltrasi dan juga sistem akar tanaman membuat air lebih mudah meresap ke dalam tanah. Kecepatan infiltrasi cenderung menurun secara eksponensial (Horton, 1933) pada saat hujan meningkat, yaitu apabila hujan melebihi kapasitas infiltrasinya.



Gambar 4 : Proses terjadinya Infiltrasi, (Yudha, 2012)

2. Frekuensi Hujan

Menurut Suripin (2004) Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Periode ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Misalnya, hujan dengan periode ulang 25 tahun berarti dalam 25 tahun kemungkinan hujan dengan besaran yang sama atau dilampaui akan terjadi sekali. Atau dalam kata lain, ada kemungkinan dalam jangka waktu 1000 tahun akan terjadi 40 kali kejadian hujan 25 tahunan, dan bukan berarti akan terjadi setiap 25 tahun secara teratur.

Analisis frekuensi memerlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

3. Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi adalah banyaknya air persatuan waktu yang masuk melalui permukaan tanah dinyatakan dalam mm jam^{-1} atau cm jam^{-1} . Pada saat tanah masih

kering, laju infiltrasi cenderung tinggi. Setelah tanah menjadi jenuh air, maka laju infiltrasi akan menurun dan menjadi konstan. Kondisi permukaan, seperti sifat pori dan kadar air tanah, sangat menentukan jumlah air hujan yang diinfiltrasikan dan jumlah runoff (Hakim, *et al*, 1986).

Laju infiltrasi ditentukan oleh besarnya kapasitas infiltrasi dan laju penyediaan air. Selama intensitas hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan intensitas hujan. Jika intensitas hujan melampaui kapasitas infiltrasi, maka terjadilah genangan air di permukaan tanah atau aliran permukaan (Arsyad, 2010).

Lebih lanjut Hakim, *et al* (1986), menyatakan bahwa pergerakan air ke bawah sangat ditentukan oleh sifat pori, stabilitas agregat, tekstur, kedalaman lapisan impermeabel, serta ada tidaknya liat yang mengembang. Oleh karena itu, pada masing-masing jenis tanah laju infiltrasinya akan berbeda-beda. Misalnya saja tanah berpasir yang dalam umumnya menahan sedikit air dan sebaliknya memungkinkan banyak hilang melalui perkolasi.

Pada proses terjadinya infiltrasi menurut Johnson (1972) pada dasarnya terdapat tiga hal yang terjadi pada air, yaitu:

- a. Air yang meresap tertarik kembali ke permukaan oleh gaya kapilaritas pori tanah kemudian mengalami penguapan,
- b. Air yang meresap dihisap oleh akar tanaman dalam tanah untuk proses pertumbuhan kemudian menguap ke atmosfer akibat evapotranspirasi,
- c. Air yang meresap dalam dan cukup mengalami gaya tarik gravitasi menuju *zone of saturation* yang kemudian mengisi *groundwater reservoirs (aquifer)*.

4. Kapasitas Infiltrasi

Menurut Kartasapoetra (1989), kapasitas infiltrasi adalah suatu sifat yang dinamis yang dapat berubah secara nyata selama kejadian hujan badai tertentu, sebagai reaksi terhadap perubahan-perubahan musiman dalam air tanah, suhu, dan penutupan vegetasi, maupun sebagai akibat kegiatan-kegiatan pengelolaan hutan. Apabila aliran kapasitas infiltrasi semakin besar, maka aliran air di permukaan tanah semakin berkurang. Sebaliknya, semakin kecil kapasitas infiltrasi yang disebabkan banyaknya pori tanah yang tersumbat, maka aliran air permukaan bertambah atau meningkat.

Infiltrasi merupakan proses masuknya air dari permukaan tanah (Sosrodarsono, 2003). Banyaknya air persatuan waktu yang masuk melalui permukaan tanah disebut sebagai laju infiltrasi. Pada saat tanah masih kering, laju infiltrasi cenderung tinggi kemudian setelah tanah jenuh air laju infiltrasi menurun dan menjadi konstan. Laju infiltrasi konstan atau laju infiltrasi maksimum disebut sebagai kapasitas infiltrasi (Arsyad, 2010; Sosrodarsono, 2003).

Lee (1990) mengatakan bahwa kapasitas infiltrasi merupakan suatu sifat dinamis, kapasitas tersebut paling besar bila curah hujan mulai, dan menurun secara progresif bila koloid-koloid tanah mengembang dan mengurangi ukuran pori-pori. Pada tingkat-tingkat kandungan air tanah yang sangat tinggi, infiltrasi dapat dihambat dengan adanya udara di dalam tanah karena udara tersebut akan sulit keluar untuk menciptakan ruang bagi air tambahan.

Menurut Dhalhar (1972), persamaan infiltrasi empirik secara garis besar dapat dibedakan atas dua tipe yaitu persamaan berdasarkan variabel waktu dan persamaan infiltrasi berdasarkan variabel bukan waktu.

a. Persamaan Horton

Horton (1939) dalam Eagleson (1970) dan Raudkivi (1979), menentukan persamaan laju infiltrasi komulatif atau jumlah air yang terinfiltrasi sebagai berikut:

$$F_t = \int_0^t f(t) \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

F_t = Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)

f = Laju infiltrasi (mm/menit)

t = Waktu (menit)

b. Persamaan Philip

Philip (1969) dalam Dhalhar (1972), menentukan persamaan infiltrasi sebagai berikut:

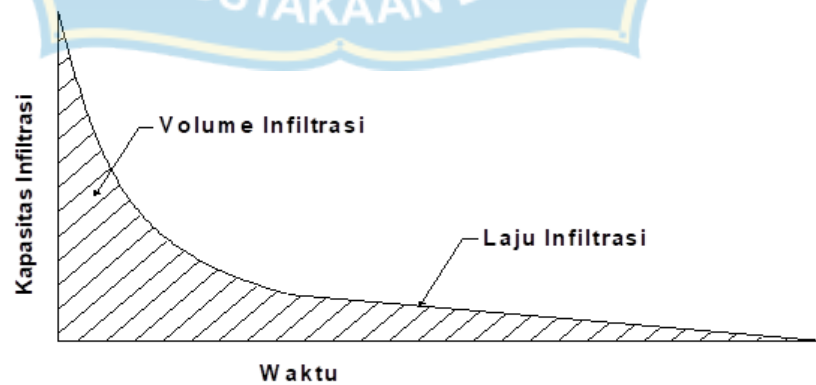
$$F_p = C + D t^{-0.5} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

F_p = Kapasitas infiltrasi (mm/menit)

C, D = Konstanta yang dipengaruhi oleh faktor lahan dan kadar air tanah awal

t = Waktu (menit)



Gambar 5 : Kurva Infiltrasi, (Bambang Triatmodjo, 2008)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan suatu pengembangan dari penelitian lapangan, pada penelitian tersebut terjadi fenomena air tanah yang jarang ditemui. Berdasarkan hal tersebut maka peneliti menggunakan model penelitian eksperimental (*Experimental Research Model*) untuk mencari tahu tentang fenomena air tanah yang terjadi. Menurut Solso (2002) 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 ‘Analisis Tingkat “Kejut Kapiler” Muka Air Tanah pada Pasir Berlempung Berlanau (*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 akan dilaksanakan di Laboratorium Hidrologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No. 259.

C. 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 variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*).

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 2011). Variabel bebas pada penelitian ini, yaitu:

- a. Fekuensi Hujan.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

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

- a. Fluktuasi Muka Air Tanah,
- b. Kedalaman Infiltrasi,
- c. Peningkatan Tekanan Kapiler.

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



Gambar 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 (Hidayat, 2007). Dalam penelitian ini terdapat tiga variabel yang divariasikan dan diamati, antara lain:

1. Frekuensi Hujan

Menurut Suripin (2004) frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Periode ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Misalnya, hujan dengan periode ulang 25 tahun berarti dalam 25 tahun kemungkinan hujan dengan besaran yang sama atau dilampaui akan terjadi sekali.

Analisis frekuensi memerlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Analisis frekuensi memerlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Data curah hujan pada penelitian ini di ambil dari 3 stasiun yang berbeda dengan periode ulang hujan 15 tahun, kemudian intensitas curah hujan disimulasikan dengan alat *rainfall* simulator.

2. Fluktuasi Muka Air Tanah

Untuk tujuan rekayasa geoteknik, tanah biasanya dibagi menjadi dua golongan, yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Masing-masing golongan dibagi lagi menjadi dua jenis. Tanah berbutir kasar terdiri atas kerikil dan/atau pasir dan

biasanya disebut bahan granular atau tanah tidak berkohefif. Tanah berbutir halus terdiri dari lanau dan lempung dan sering disebut tanah berkohefif (Wesley, 2012).

Jenis tanah yang digunakan yaitu tanah dengan komposisi pasir yang lebih dominan dan lempung lanau yang lebih sedikit, tanah ini di sebut tanah pasir berlempung berlanau.

3. Kedalaman Infiltrasi

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

Intensitas hujan berpengaruh terhadap kesempatan air untuk masuk ke dalam tanah, maka semua air mempunyai kesempatan untuk masuk ke dalam tanah. Sebaliknya bila intensitas hujan lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas infiltrasi, maka sebagian air yang jatuh ke permukaan tanah tidak mempunyai kesempatan untuk masuk ke dalam tanah, dan bagian ini akan mengalir sebagai aliran permukaan (BBLSDP (2006) dalam Maro'ah ,2011) .

4. Kapasitas Infiltrasi,

Menurut Kartasapoetra (1989), kapasitas infiltrasi adalah suatu sifat yang dinamis yang dapat berubah secara nyata selama kejadian hujan badai tertentu, sebagai reaksi terhadap perubahan-perubahan musiman dalam air tanah, suhu, dan penutupan vegetasi, maupun sebagai akibat kegiatan-kegiatan pengelolaan hutan. Pembacaan

infiltrasi pada penelitian ini diambil setelah tanah dihujani sampai air secara keseluruhan habis di permukaan tanah.

5. Jenis Tanah

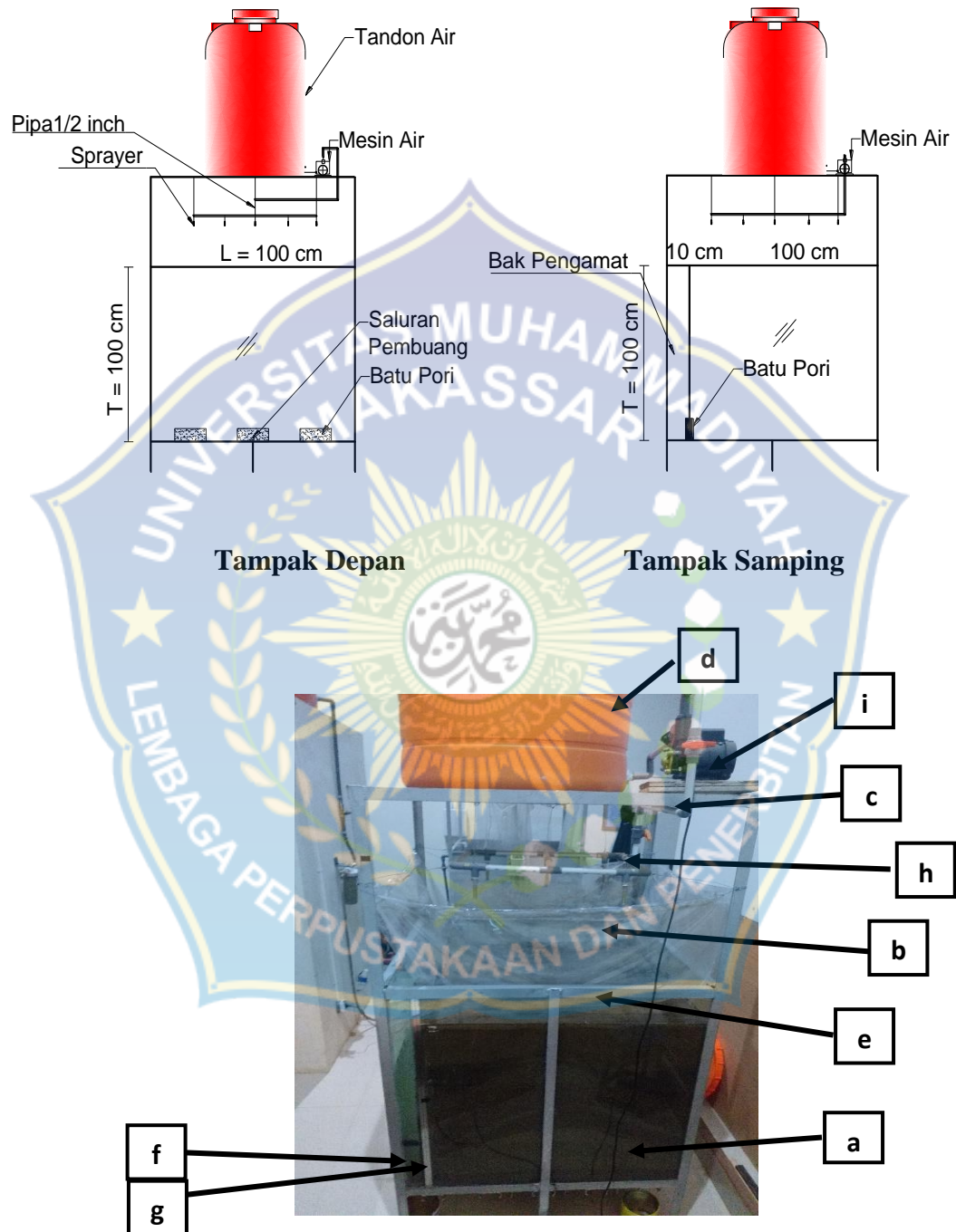
Untuk tujuan rekayasa geoteknik, tanah biasanya dibagi menjadi dua golongan, yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Masing-masing golongan dibagi lagi menjadi dua jenis. Tanah berbutir kasar terdiri atas kerikil dan/atau pasir dan biasanya disebut bahan granular atau tanah tidak berkohefif. Tanah berbutir halus terdiri dari lanau dan/atau lempung dan sering disebut tanah berkohefif (Wesley, 2012). Jenis tanah yang di gunakan yaitu tanah dengan komposisi pasir yang lebih dominan dan lempung lanau yang lebih sedikit, tanah ini di sebut tanah pasir berlempung berlanau.

6. Tekanan Kapiler

Menurut (Terzaghi & Peck, 1948) teori dasar tentang ketinggian air kapiler di dalam lapisan tanah bahwa ketinggian tekanan kapiler (h_c) di dalam tanah dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu ukuran butir tanah (D_{10}) dan angka pori tanah (e). Dalam hal ini angka pori yang digunakan adalah angka pori komulatif, dan tidak memperhitungkan keberadaan air hidroskopik di dalam pori tanah, yang akan mengakibatkan mengecilnya pori tanah yang kosong.

E. Rancangan Penelitian

1. Instrumen Penelitian



Gambar 7 : Sketsa Alat Model

Komponen Alat Pengujian :

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

2. Prosedur Pengujian

- a. Prosedur dan Pemeriksaan Karakteristik Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi yang berbeda kemudian sampel dikumpulkan di laboratorium untuk menguji karakteristik tanah yang ditentukan dengan beberapa pengujian, diantaranya: kadar air, berat jenis, atterberg limit, analisa saringan, uji hidrometer. Kemudian sampel tanah yang sesuai dikeringkan dan dijemur di bawah sinar matahari.

- b. Prosedur Perakitan

1. Menyediakan beberapa besi siku dan besi *hollow* yang akan digunakan untuk membuat struktur rangka alat penelitian dengan model persegi panjang yang berukuran panjang 110 cm, lebar 100 cm, dan tinggi 200 cm,

2. Memasang bak kaca dengan ketebalan 12 mm di setiap sisi yang telah diukur sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, yang terdiri atas dua bilik yakni bilik pertama bak untuk bak tanah dan bilik kedua untuk bak pengatur genangan air,
3. Memasang tiga batu pori di antara bak tanah dengan bak pengamatan, yang dimaksudkan untuk mengalirkan air tanah ke dalam bak pengamatan,
4. Memasang mistar ukur di sisi kiri dan sisi kanan untuk mengetahui fluktuasi muka air tanah, kedalaman infiltrasi dan ketinggian tekanan kapiler.
5. Memasang alat hujan buatan yang terdiri atas pipa pvc, stop keran, dan *nozzle* sebanyak 5 unit,
6. Memasang mesin air untuk membantu mengalirkan hujan buatan secara konstan,
7. Memasang bak air (tandon) untuk mengstabilkan hujan buatan sesuai kebutuhan pengujian.

c. Kalibrasi Alat

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

Tabel 4. Rekapitulasi Intensitas Curah Hujan

No	Waktu (menit)	I ₂ mm/jam	I ₅ mm/jam	I ₁₀ mm/jam	I ₂₅ mm/jam	I ₅₀ mm/jam	I ₁₀₀ mm/jam	I ₂₀₀ mm/jam
1	5	181.038	246.841	290.335	344.900	385.417	425.769	466.539
2	10	114.047	155.500	182.899	217.273	242.797	268.218	293.901
3	15	87.034	118.669	139.578	165.811	185.289	204.688	224.288
4	20	71.845	97.959	115.219	136.874	152.953	168.967	185.146
5	25	61.914	84.418	99.293	117.954	131.811	145.611	159.554
6	30	54.828	74.757	87.929	104.454	116.725	128.946	141.293
7	35	49.473	67.456	79.341	94.253	105.325	116.352	127.494
8	40	45.260	61.710	72.584	86.225	96.354	106.442	116.635
9	45	41.842	57.050	67.102	79.713	89.078	98.404	107.827
10	50	39.004	53.180	62.551	74.306	83.036	91.729	100.513
11	55	36.602	49.906	58.700	69.732	77.924	86.082	94.325
12	60	34.540	47.094	55.392	65.802	73.532	81.231	89.009
13	65	32.745	44.647	52.513	62.383	69.711	77.010	84.384
14	70	31.166	42.494	49.982	59.376	66.351	73.297	80.316
15	75	29.765	40.584	47.735	56.706	63.368	70.002	76.706
16	80	28.512	38.875	45.725	54.318	60.699	67.054	73.475
17	85	27.382	37.335	43.914	52.167	58.295	64.398	70.565
18	90	26.359	35.939	42.272	50.216	56.115	61.991	67.927

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil tabel di atas digunakan intensitas curah hujan yaitu I₅ = 246,841 mm/jam.

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

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

Keterangan :

I : intensitas hujan = 246,841 mm/jam

t : waktu = 60 menit

A : luas permukaan tanah = 1.000.000 mm²

$$\begin{aligned} \text{Volume hujan tiap jam : } V &= \frac{246,481}{60} \times 60 \times 1.000.000 \\ &= 246.481,000 \text{ mm}^3 \\ &= 246,481 \text{ cm}^3 \\ &= 246,481 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$V = 246,481 \text{ L}$$

Hujan yang diaplikasikan dalam 15 menit, sehingga dapat dihitung volume

hujan untuk 15 menit adalah sebesar : $V_{15} = \frac{15}{60} \times 246,48 = 61,62 \text{ Liter}$.

d. Running Test

- Tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam bak tanah dengan ketebalan lapisan tanah sebesar 80 cm,
- Air dimasukkan ke dalam bak pengamatan, lalu didiamkan sampai muka air tanah (dalam bak tanah), sama dengan muka air dalam bak pengamatan,
- Pengambilan data fluktuasi muka air tanah, ketinggian tekanan kapiler dan kedalaman infiltrasi dilakukan setelah tanah diujani, dengan durasi waktu yang digunakan dimulai dari 0' 1' 2' 3' 4' 5' 7' 10' 15' 30' 45' 60' 90' 120'. Pembacaan selanjutnya dilakukan setelah 12 jam dan akan kembali diujani secara berkala hingga air tanah mencapai titik maksimum.

F. Teknik Pengumpulan Data

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

1. Data pra kondisi (*pre test*), yaitu parameter media (tanah) antara lain: Ukuran partikel (*grain size*), Angka pori (*e*), Kadar air (*w*), Berat volume (γ), Koefisien pengaliran (*c*), Kepadatan relatif (*Rc*), dan Kerapatan relatif (*Dr*). Pengambilan

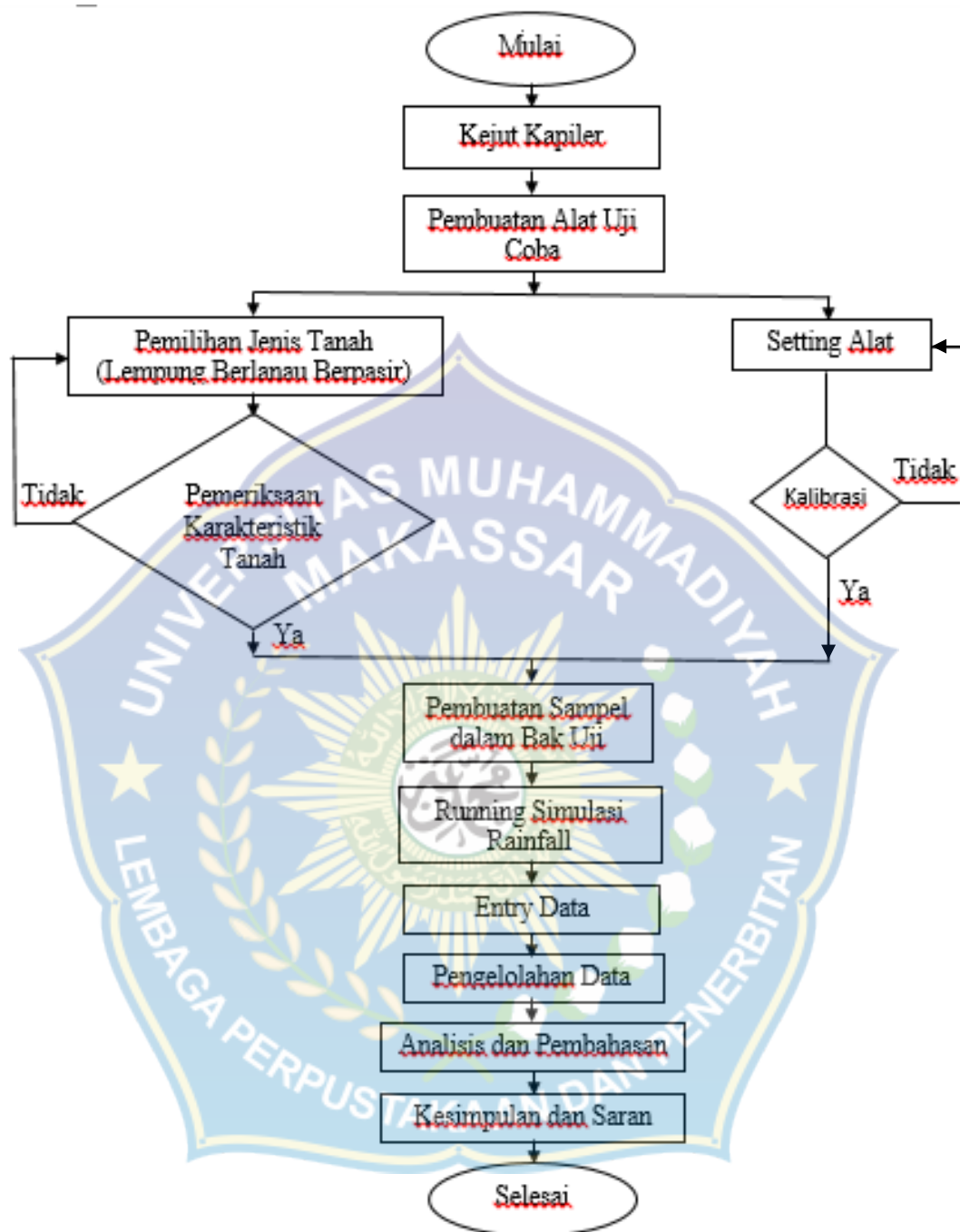
data tersebut dilakukan setelah pemadatan lapisan tanah (media), dan sebelum pemberian air genangan di dasar lapisan.

2. Data *preliminary test*, antara lain: level zona jenuh dan level zona kapiler. Pengambilan data tersebut dilakukan setelah pemberian air genangan di dasar lapisan, dan didiamkan paling kurang 24 jam atau setelah zona jenuh dan zona kapiler tidak berubah lagi.
3. Data *main test*, antara lain: volume air semprotan, kedalaman infiltrasi, level zona jenuh, dan level zona kapiler. Pengambilan data tersebut dilakukan pada setiap tahap penyemprotan air (simulasi hujan), dan dihentikan setelah sepanjang lapisan tanah sudah jenuh keseluruhannya.

G. Teknik Analisa Data

Data hasil pengamatan akan diolah dengan metode statistik biasa, baik dalam perhitungan numerik maupun dalam penggambaran fluktuasi level zona air tanah. Dari hasil pengolahan data selanjutnya akan dilakukan analisis empirik sehingga dapat dirumuskan formulasi hubungan antar parameter yang dihasilkan dari pengolahan data hasil penelitian. Korelasi parameter yang ingin dilihat dalam penelitian ini, antara lain:

1. Hubungan frekuensi hujan dengan fluktuasi muka air tanah, yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil,
2. Hubungan frekuensi hujan dengan kedalaman infiltrasi, yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil,
3. Hubungan frekuensi hujan dengan peningkatan tekanan kapiler, yang diamati sesaat setelah diujani sampai mencapai kondisi stabil.



Gambar 8 : Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

Hasil pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan alat *rainfall* simulasi di Laboratorium Hidrologi Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil pengujian karakteristik tanah.

1. Karakteristik Tanah

Dari hasil pengamatan sampel tanah pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa, didapatkan hasil pengujian dengan jenis tanah Pasir Berlempung Berlanau. Hasil pengujian di laboratorium diperoleh data analisa saringan dan hidrometer.

Tabel 5 : Hasil Pengujian Analisa Saringan

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.75	0.0	0.0	0.00	100.00
10	2.00	0.2	0.2	0.04	99.96
18	0.85	0.2	0.4	0.08	99.92
40	0.43	4.2	4.6	0.92	99.08
60	0.25	5.8	10.4	2.08	97.92
80	0.18	28.6	39.0	7.80	92.20
100	0.15	101.0	140.0	28.00	72.00
200	0.075	99.8	239.8	47.95	52.05
Pan	-	260.3	500	100.00	0.00
Berat total W1		500			

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

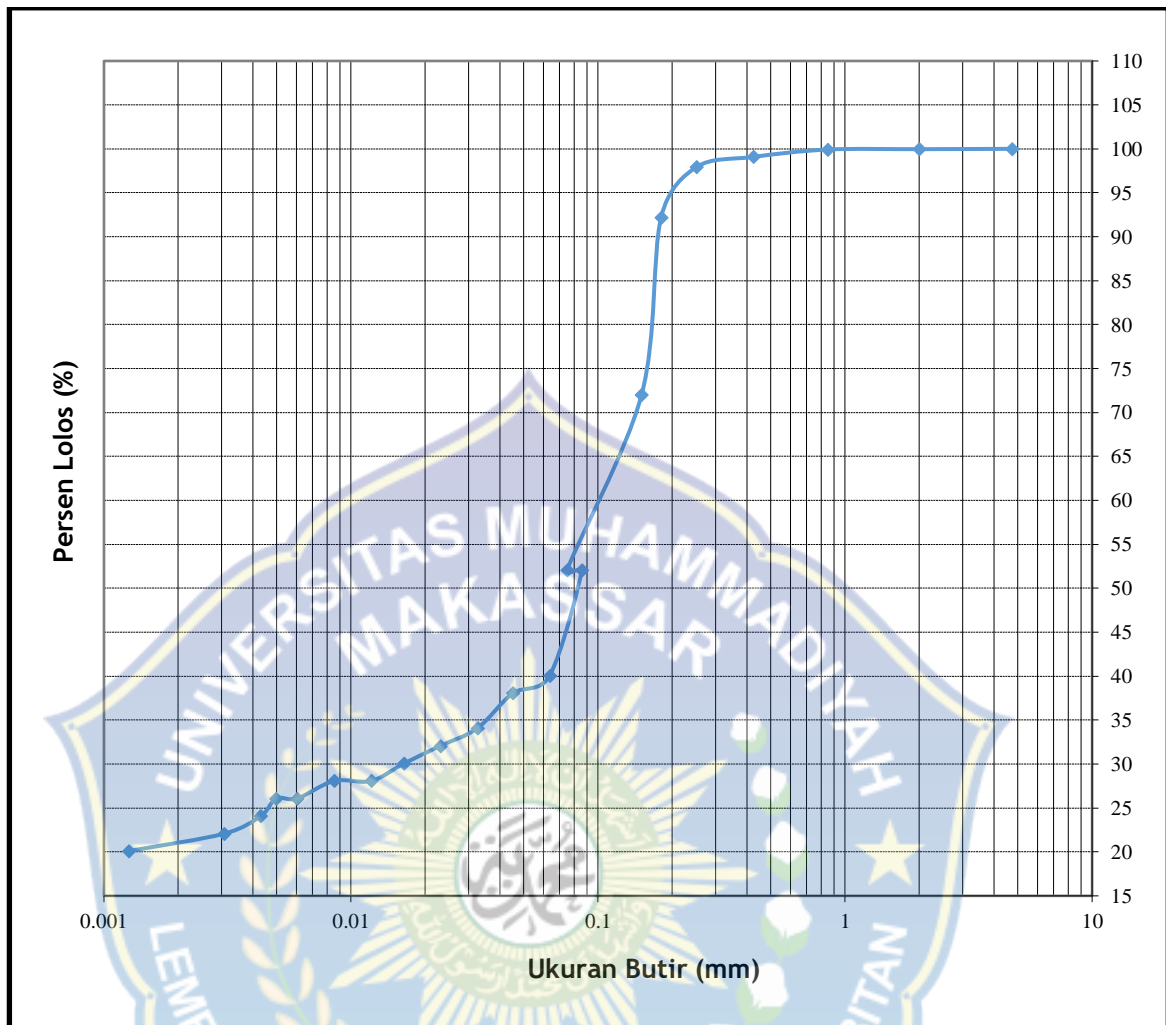
Tabel 6 : Hasil Analisa Hidrometer

Waktu (menit)	T (°C)	R	Rcp	% Butiran halus a.Rcp/Ws x 100%	Rcl	L (cm)	K	D=K (L/t)0,5
0.25	29	24	26	52.05	25	12.0	0.01240	0.08591
0.5	29	18	20	40.06	19	13.2	0.01240	0.06371
1	29	17	19	38.06	18	13.3	0.01240	0.04522
2	29	15	17	34.07	16	13.7	0.01240	0.03245
4	29	14	16	32.07	15	13.8	0.01240	0.02303
8	29	13	15	30.07	14	14.0	0.01240	0.01640
15	29	12	14	28.07	13	14.2	0.01240	0.01206
30	29	12	14	28.07	13	14.2	0.01240	0.00853
60	29	11	13	26.07	12	14.3	0.01240	0.00605
90	29	11	13	26.07	12	14.5	0.01240	0.00498
120	29	10	12	24.08	11	14.5	0.01240	0.00431
240	29	9	11	22.08	10	14.7	0.01240	0.00307
1440	29	8	10	20.08	9	14.8	0.01240	0.00126

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Hasil pengujian analisa saringan dan hidrometer yang terdapat pada tabel 6 dan 7 menunjukkan bahwa:

1. Pada saringan 4 berat tertahan sama dengan 0, karena yang tertahan di saringan nomor 4 dikategorikan sebagai kerikil.
2. Pada tanah yang lolos saringan nomor 10 dan yang tertahan pada saringan nomor 200 dikategorikan sebagai pasir (*sand*) dengan persentasi lolos 47,95% dari total sampel pengamatan.
3. Pada tanah yang lolos saringan nomor 200 dikategorikan sebagai lanau (*silt*) dan lempung dengan persentasi lolos 52,05%. Adapun pengujian hidrometer untuk memisahkan ukuran butiran tanah lanau dan lempung dengan persentase lolos lanau 25,98% dan lempung 26,07%.



Gambar 9 : Hubungan Analisa Saringan dan Ukuran Butir

Dari hasil pengujian analisa saringan dengan hidrometer yang terdapat pada grafik menunjukkan bahwa jumlah presentase dengan menggunakan berbagai saringan, maka didapatkan tanah fraksi kasar 47,95%, fraksi sedang 25,98%, dan fraksi halus 26,07%. Dengan menggunakan uji hidrometer dapat mengetahui ukuran butir tanah yang lebih kecil dari butiran yang lolos ayakan 200.

Tabel 7 : Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	19.88	%
2	Pemeriksaan Berat Isi		
	1. Dry Density (γ_d)	1.14	g/cm^3
	2. Kadar Air (Water Content)	32.26	%
	3. Wet Density (γ_{wet})	1.51	g/cm^3
	4. Voit Ratio	1.32	%
	5. Porositas (n)	56.98	%
	6. Derajat Kejenuhan (sr)	64.62	%
			%
3	Pengujian berat jenis (Specific Gravity (GS)).	2.65	-

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Tabel 8 : Hasil Pengujian Atterberg Limit

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	pengujian batas-batas atterberg		
	1. batas cair (LL)	31.61	%
	2. batas Plastis (PL)	18.54	%
	3. Indeks Plastisitas (PI)	13.06	%
	4. Activity	0.65	%

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengujian karakteristik tanah maka digunakan sistem klasifikasi AASHTO tipe A-2-6 berdasarkan data hasil pengujian batas cair (LL) 31,61% dan Indeks Plastisitas (PI) 13,06%.

2. Hasil Pengamatan Uji Laboratorium

Hasil pengamatan dengan menggunakan alat *rainfall* simulasi pada laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar, diawali dengan pengamatan

fluktuasi muka air tanah, kedalaman infiltrasi, dan peningkatan tekanan kapiler. Pada penelitian ini simulasi hujan pada alat *rainfall* menggunakan Intesitas curah hujan ($I_5 = 246,841 \text{ mm/jam}$).

a. Fluktuasi Muka Air Tanah

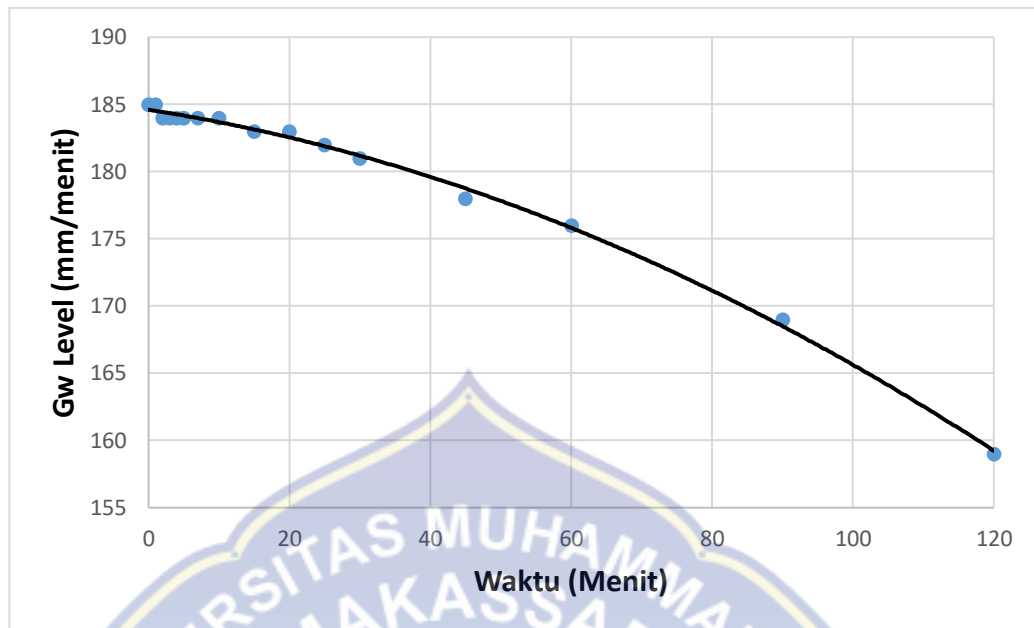
Analisis fluktuasi muka air tanah dilakukan dengan simulasi hujan pertama sampai hujan kelima, waktu setiap penghujan selama 15 menit. Uraian mengenai hasil fluktuasi muka air tanah pada tabel berikut.

Tabel 9 : Pengamatan Fluktuasi Muka Air Tanah (GW Level)

duration after rain (menit)	Fluktuasi Muka Air Tanah (mm/menit)				
	hujan 1 (mm)	hujan 2 (mm)	hujan 3 (mm)	hujan 4 (mm)	hujan 5 (mm)
0	185	111	69	155	575
1	185	111	68	157	575
2	184	111	66	159	575
3	184	110	66	161	576
4	184	110	66	163	577
5	184	110	66	165	577
7	184	110	65	167	578
10	184	109	63	169	579
15	183	109	62	171	580.5
20	183	108	60	173	582.5
25	182	107	58	175	584.5
30	181	106	56	177	587.5
45	178	103	55	179	592
60	176	103	53	180	598.5
90	169	95	50	183	607
120	159	91	39	187	618.5
or constant					

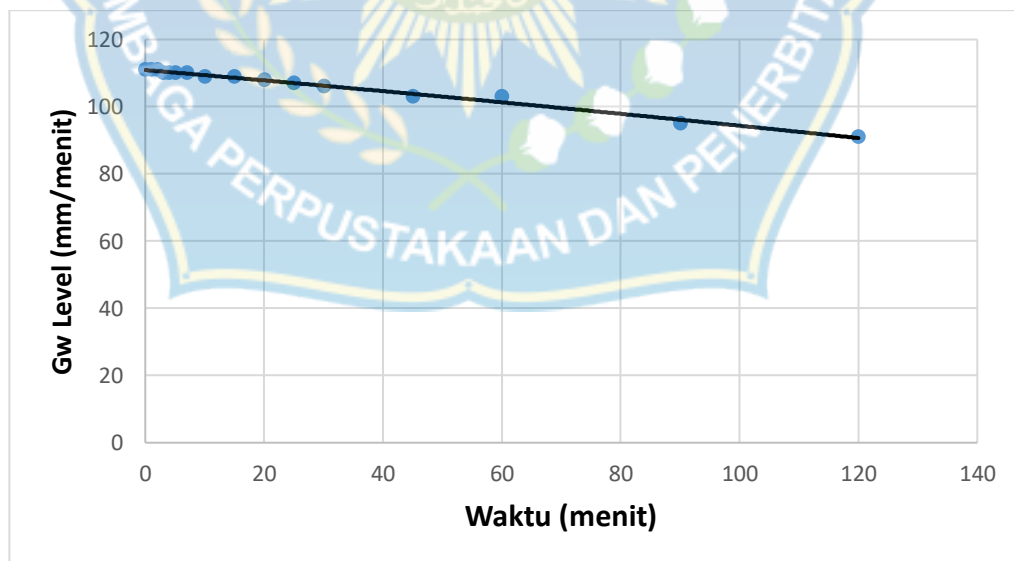
Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengamatan fluktuasi muka air tanah maka dibuatkan grafik sebagai berikut :



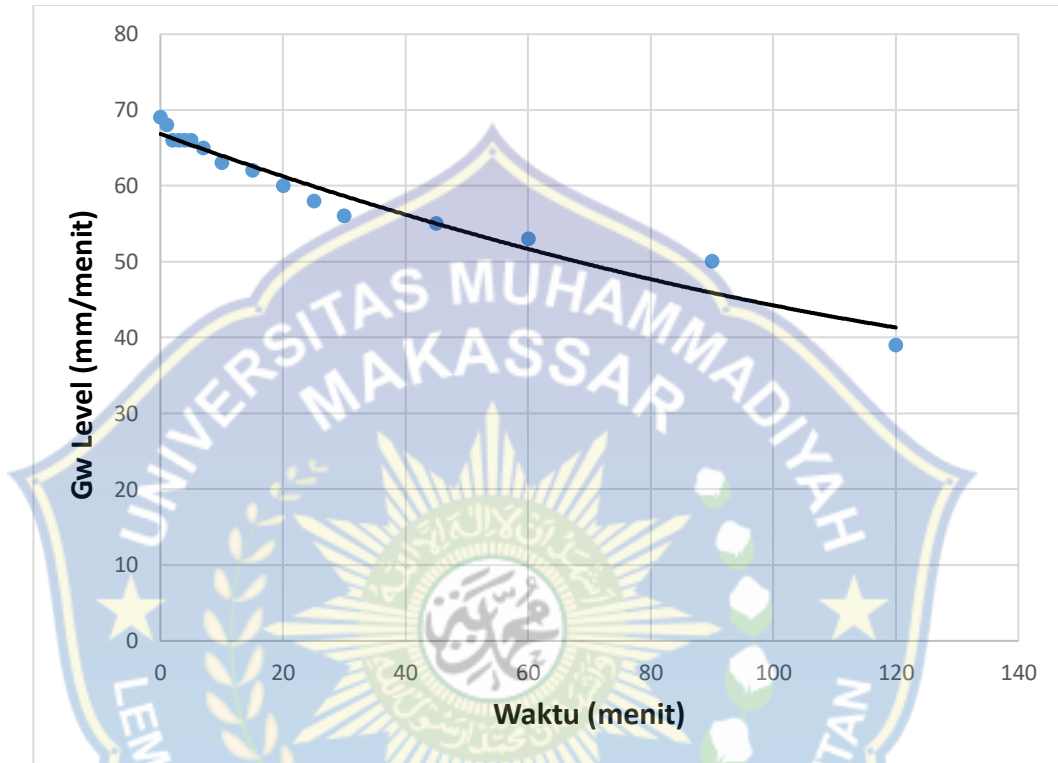
Gambar 10 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Pertama)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan pertama muka air tanah menunjukkan terjadinya penurunan. Pada menit pertama ketinggian muka air tanah 185 mm, setelah di amati sampai 120 menit terjadi penurunan mencapai 159 mm.



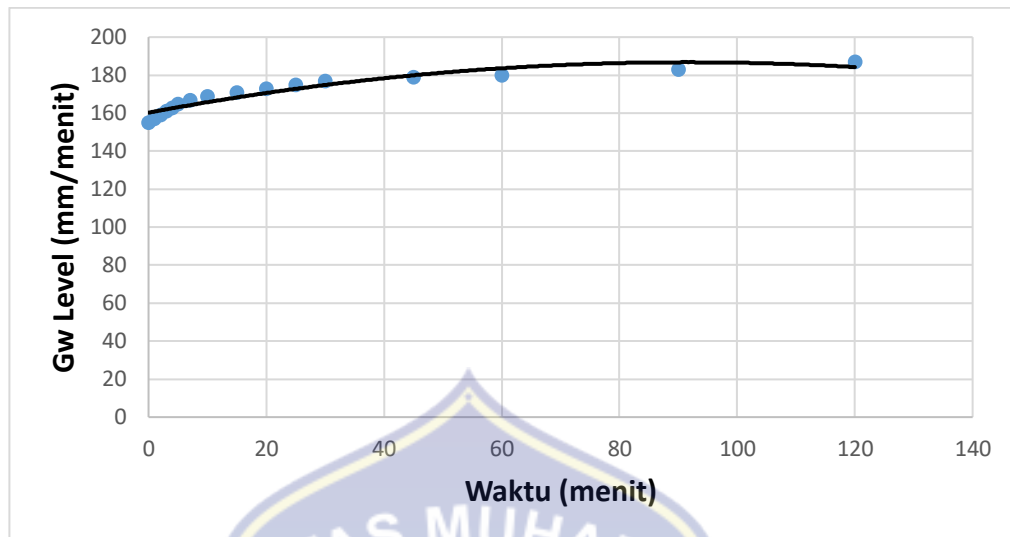
Gambar 11 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Kedua)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan kedua muka air tanah masih mengalami penurunan, dimana pada menit pertama ketinggian muka air tanah 69 mm, setelah di amati sampai 120 menit terjadi penurunan mencapai 191 mm.



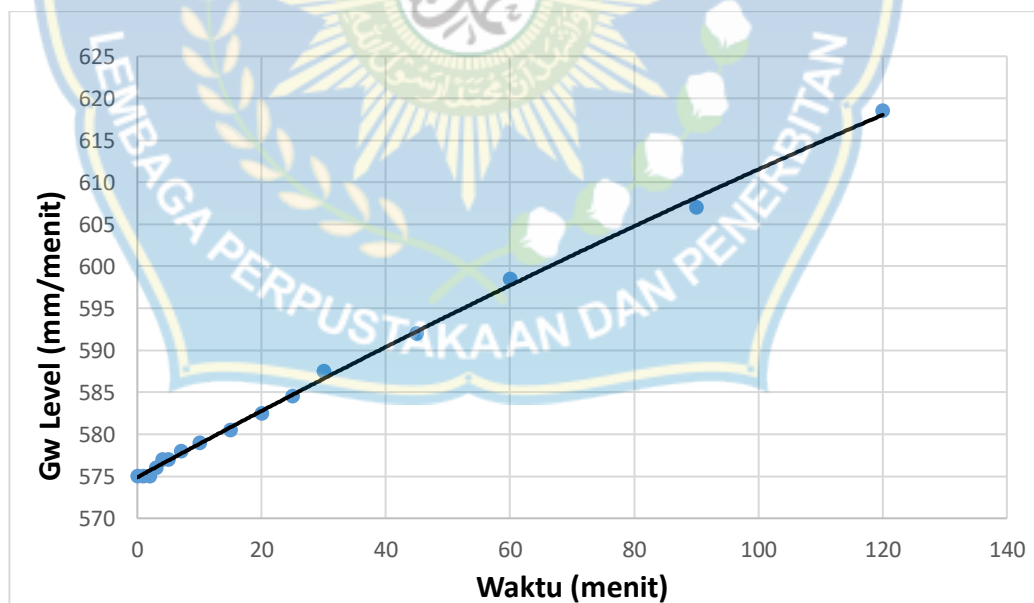
Gambar 12 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Ketiga)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan ketiga muka air tanah masih mengalami penurunan dimana pada menit pertama ketinggian muka air tanah 111 mm, setelah di amati sampai 120 menit terjadi penurunan mencapai 39 mm.



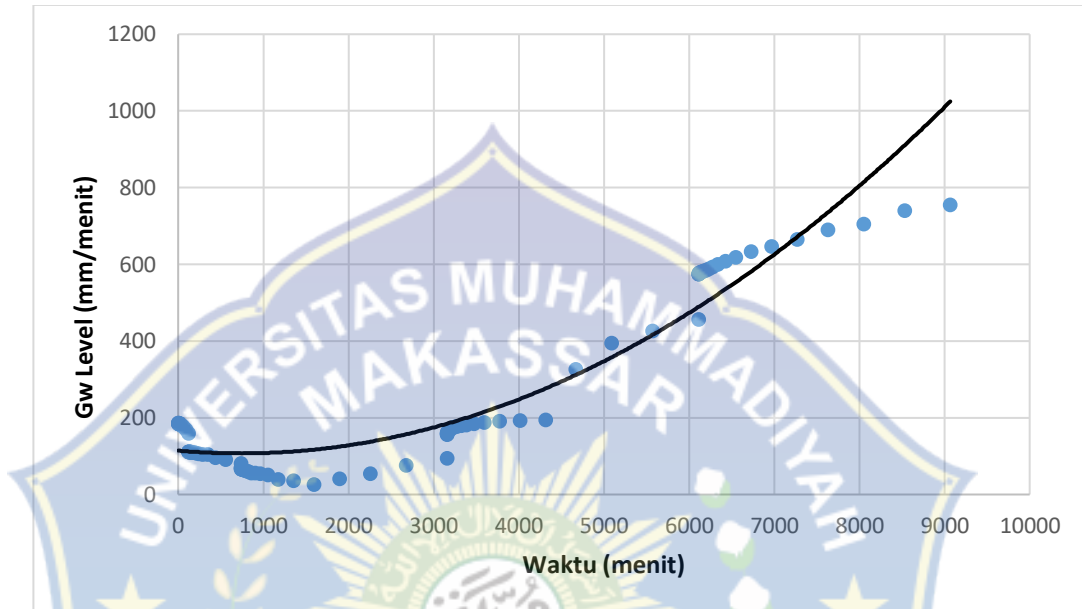
Gambar 13 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Keempat)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan keempat menunjukkan muka air tanah mengalami kenaikan, dimana pada menit pertama 155 mm sampai pada menit 120 terjadi kenaikan mencapai 187 mm.



Gambar 14 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (Hujan Kelima)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan kelima muka air tanah terus mengalami kenaikan, dimana pada menit pertama 575 mm sampai pada menit 120 terjadi kenaikan mencapai 618,5 mm mencapai kondisi stabil.



Gambar 15 : Grafik Gabungan Hubungan Waktu Hujan dengan Fluktuasi Muka Air Tanah (I-V)

Berdasarkan dari grafik 10 sampai grafik 15, hujan pertama sampai hujan ke tiga mengalami penurunan muka air tanah mencapai 164 mm. Pada hujan keempat muka air tanah mulai mengalami kenaikan yang signifikan mencapai 116 cm. Selanjutnya pada hujan kelima muka air tanah mengalami kenaikan hingga setara dengan permukaan tanah.

b. Kedalaman Infiltrasi

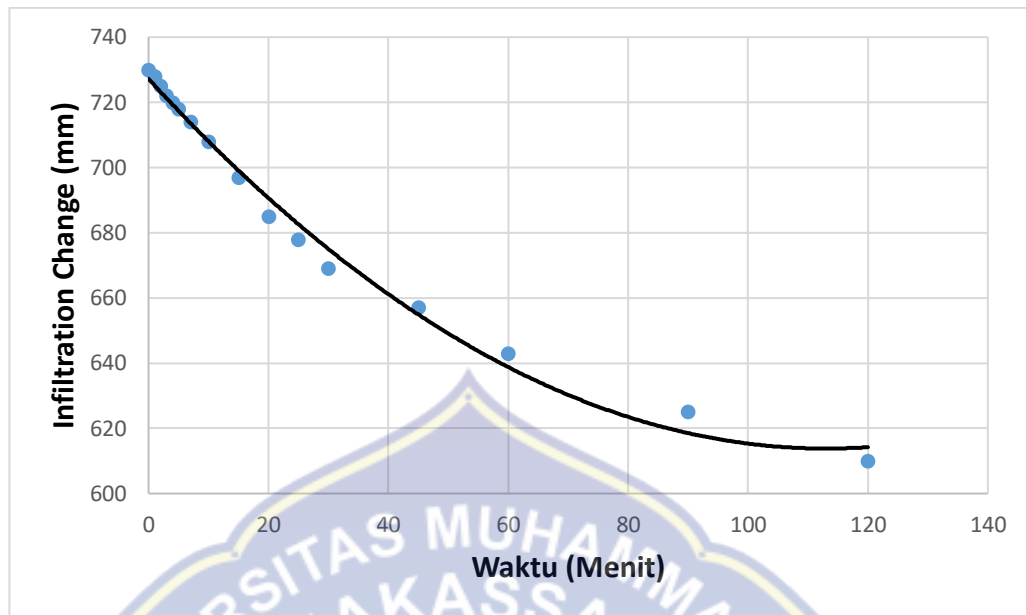
Pembacaan infiltrasi pada penelitian ini dilakukan mulai hujan pertama sampai hujan kedua, waktu setiap penghujan selama 15 menit. Uraian mengenai hasil pembacaan kedalaman infiltrasi pada tabel berikut.

Tabel 10 : Pengamatan Kedalaman Infiltrasi

duration after rain (menit)	Kedalaman Infiltrasi				
	hujan 1	hujan 2	hujan 3	hujan 4	hujan 5
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0	70	229	0	0	0
1	72	229	0	0	0
2	75	229	0	0	0
3	78	230	0	0	0
4	80	230	0	0	0
5	82	230	0	0	0
7	86	230	0	0	0
10	92	230	0	0	0
15	103	230	0	0	0
20	115	230	0	0	0
25	122	235	0	0	0
30	131	235	0	0	0
45	143	255	0	0	0
60	157	264	0	0	0
90	175	321	0	0	0
120	190	334	0	0	0
or constant					

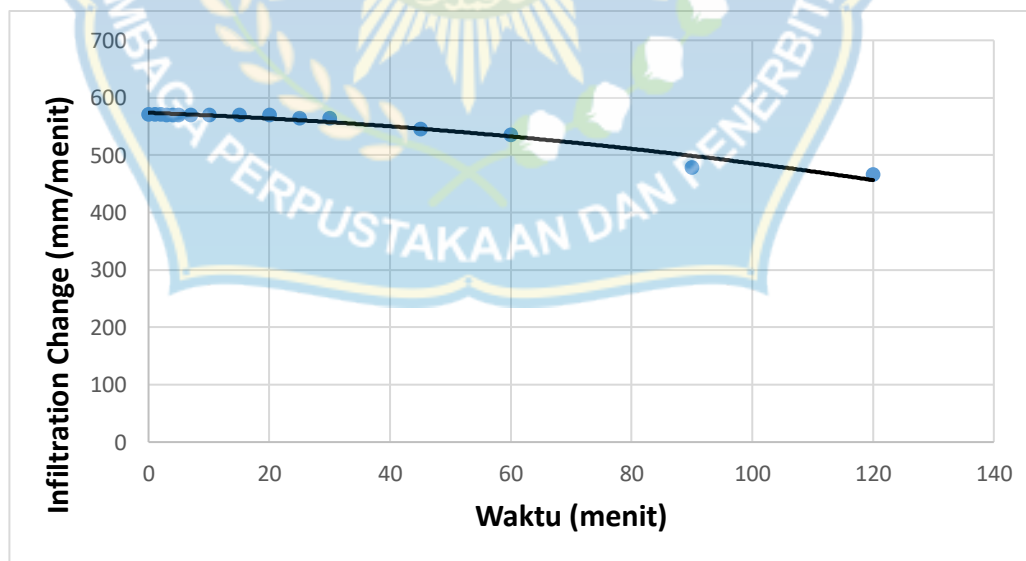
Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengamatan kedalaman infiltrasi maka dibuatkan grafik sebagai berikut :



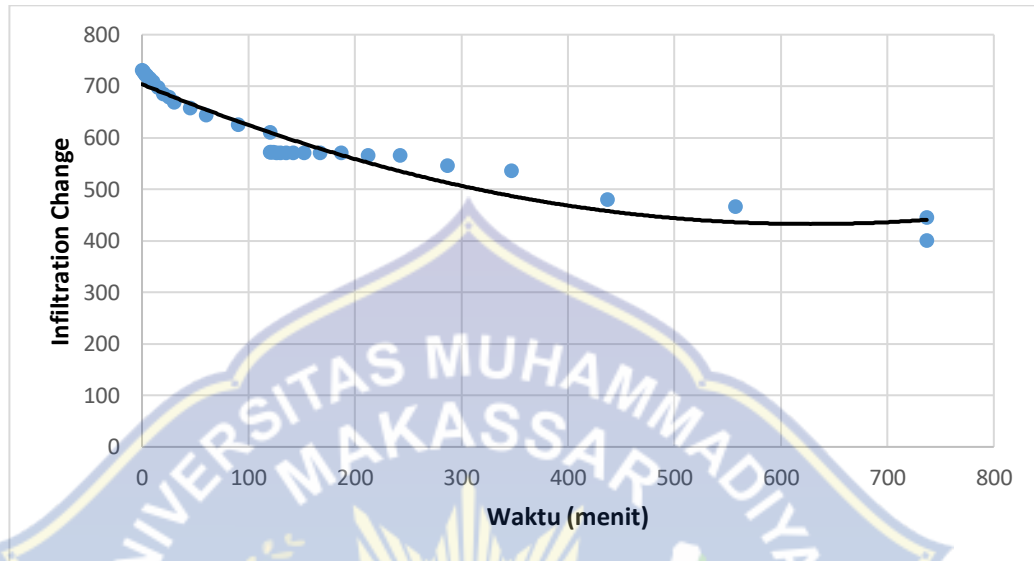
Gambar 16 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Kedalaman Infiltrasi (Hujan Pertama)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan pertama pengamatan infiltrasi menunjukkan perubahan yang signifikan, pada menit pertama kedalaman infiltrasi 70 mm sampai pada menit 120 mencapai 190 mm.



Gambar 17 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Kedalaman Infiltrasi (Hujan Kedua)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan kedua kedalaman infiltrasi pada menit pertama sampai pada menit 120 mencapai 105 mm.



Gambar 18 : Grafik Gabungan Hubungan Waktu Hujan dengan Kedalaman Infiltrasi (Hujan I-II)

Dari hasil pengamatan pada hujan pertama kedalaman infiltrasi mencapai 120 mm, setelah diujani selama 120 menit. Pada hujan kedua kedalaman infiltrasi mencapai 105 mm.

c. Peningkatan Tekanan Kapiler

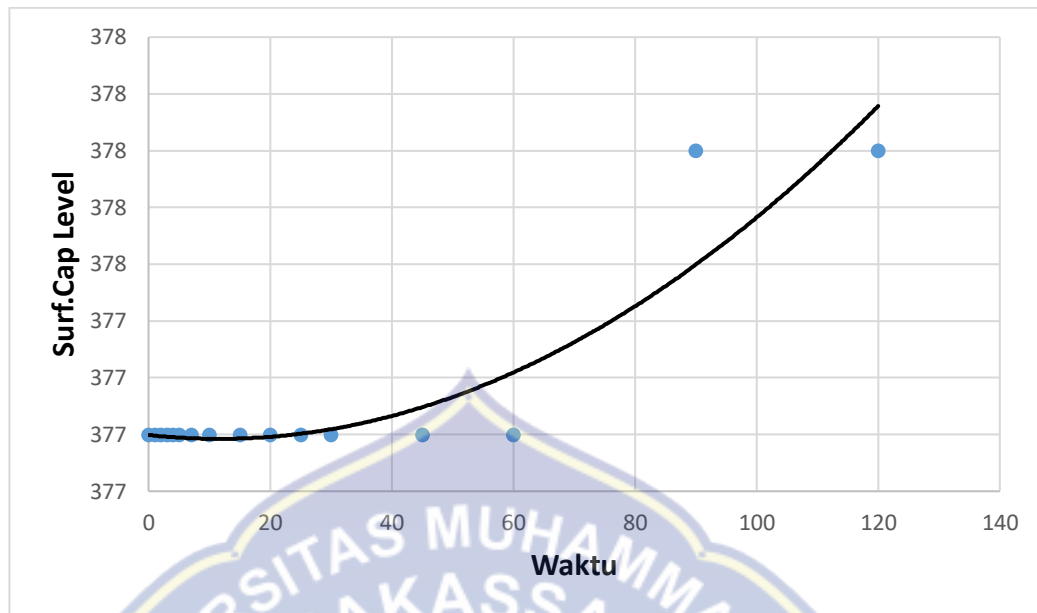
Pengamatan tekanan kapiler dilakukan dengan simulasi hujan pertama sampai hujan kedua, waktu setiap penghujan yaitu 15 menit. Uraian mengenai hasil peningkatan tekanan kapiler tanah pada tabel berikut.

Tabel 11 : Pengamatan Peningkatan Tekanan Kapiler

duration after rain (menit)	Peningkatan Tekanan Kapiler				
	hujan 1	hujan 2	hujan 3	hujan 4	hujan 5
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0	377	385	0	0	0
1	377	385	0	0	0
2	377	385	0	0	0
3	377	385	0	0	0
4	377	385	0	0	0
5	377	385	0	0	0
7	377	385	0	0	0
10	377	385	0	0	0
15	377	385	0	0	0
20	377	385	0	0	0
25	377	386	0	0	0
30	377	386	0	0	0
45	377	387	0	0	0
60	377	387	0	0	0
90	378	388	0	0	0
120	378	388	0	0	0
or constant					

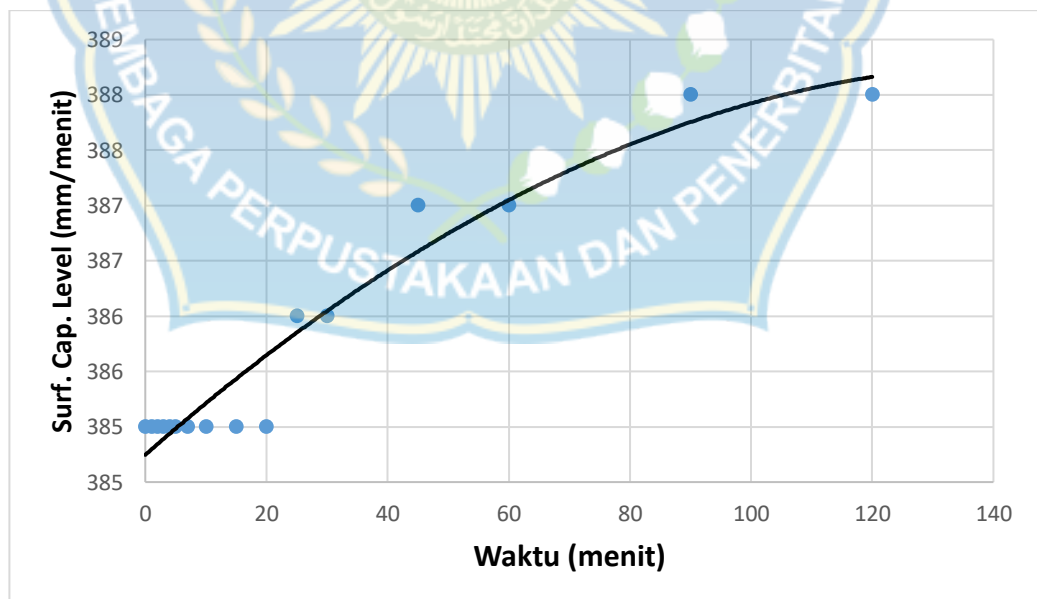
Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil pengamatan peningkatan tekanan kapiler maka dibuatkan grafik sebagai berikut :



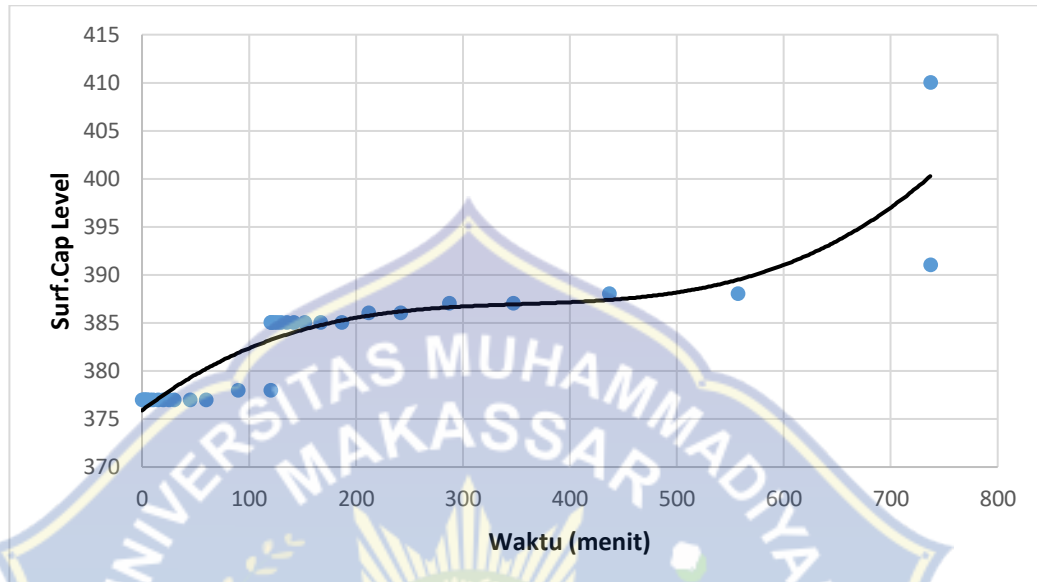
Gambar 19 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Peningkatan Tekanan Kapiler (Hujan Pertama)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan pertama menunjukkan peningkatan yang tidak signifikan pada surface capillary level. Pada menit pertama sampai menit 60 tidak mengalami perubahan, sampai pada menit 120 mengalami kenaikan 1 mm.



Gambar 20 : Grafik Hubungan Waktu Hujan dengan Peningkatan Tekanan Kapiler (Hujan Kedua)

Berdasarkan grafik di atas pada hujan kedua *surface capillary level* mengalami peningkatan. Pada menit pertama sampai menit 120 naik sampai 3 mm.



Gambar 21 : Grafik Gabungan Hubungan Waktu Hujan dengan Peningkatan Tekanan Kapiler (Hujan I-II)

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa *Surface Capillary Level* pada hujan pertama hanya naik 1 mm, setelah diujani selama 120 menit. Pada hujan kedua naik mencapai 3 mm.

B. Pembahasan

1. Fluktuasi Muka Air Tanah

Pengamatan fluktuasi muka air tanah pada alat *rainfall* simulasi dengan intensitas curah hujan $I_5 = 246,841$ mm/jam, menggunakan jenis sampel tanah pasir berlempung berlanau. Pembacaan muka air tanah mula-mula dalam kondisi konstan yaitu 185 mm.

Dari hasil Pengamatan muka air tanah pada hujan pertama dengan volume air yang turun sebanyak 61,500 liter dalam kurun waktu 15 menit. Tinggi air tanah saat hujan pertama dari pembacaan menit ke 0' yaitu 185 mm sampai pada pembacaan menit ke

120' yaitu 159 mm, dimana kejadiannya mengalami penurunan muka air tanah mencapai 26 mm. Terjadinya penurunan muka air tanah pada awal hujan diakibatkan sebagian pori tanah terisi air, mengecilnya pori tanah sebagai akibat dari terisinya air hidroskopik dari infiltrasi air hujan, maka tekanan kapiler dari lapisan tanah pada zona kapiler akan meningkat, sehingga akan menghisap air dari zona freatis. Pada hujan kedua dengan volume hujan yang turun sama dengan hujan pertama selma 15 menit, air yang terinfiltrasi belum seluruhnya mengisi pori tanah mengakibatkan muka air tanah semakin menurun, di mana muka air tanah awal yaitu 111 mm, penurunan mencapai 20 mm pada pembacaan 120 menit. Pada hujan ketiga muka air tanah masih mengalami penurunan mencapai 30 mm. Terjadinya penurunan muka air tanah pada hujan pertama sampai hujan ketiga diakibatkan pori tanah terisi air sehingga tekanan kapiler meningkat, kejadian ini di sebut "kejut kapiler". Selanjutnya pada hujan keempat air yang terinfiltrasi sudah menembus keseluruhan lapisan tanah sehingga muka air tanah mulai terlihat kembali pada posisi awal sebelum terjadinya "kejut kapiler". Muka air tanah terus mengalami kenaikan mencapai titik maksimum atau setara dengan permukaan tanah pada hujan kelima.

2. Kedalaman Infiltrasi

Pada penelitian ini pengambilan data infiltrasi diamati sampai hujan kedua. Pada hujan pertama dengan volume air yang turun yaitu 61,500 Liter dalam kurun waktu 15 menit, kedalaman infiltrasi dari durasi pembacaan 0 menit sampai 120 menit yaitu 190 mm. Keadaan tanah pada saat hujan pertama masih dalam keadaan kering, di mana pori pori tanah mebesar sehingga mudah untuk meloloskan air. Pada hujan kedua dengan keadaan pori tanah yang sudah terisi air mengakibatkan kecepatan infiltrasi menurun

sehingga kedalaman infiltrasi dari pembacaan 0 sampai 120 menit yaitu 144 mm. Selanjutnya pada hujan ke tiga dan seterusnya tanah yang terinfiltrasi sampai pada zona kapiler sehingga pembacaan tidak dapat lagi dilihat.

3. Peningkatan Tekanan Kapiler

Hasil pengamatan *Surface capillary level* di posisi awal pembacaan yaitu 377 mm, pada hujan pertama pembacaan 0 menit sampai 60 menit tidak mengalami perubahan, sampai pada menit 120 naik 1 mm. Kenaikan pada hujan pertama disebabkan air yang telah terinfiltrasi yang masuk kedalam tanah menutup pori-pori pada tanah, sehingga meningkatnya tekanan kapiler pada tanah. Maka pada periode hujan pertama ini dapat disimpulkan bahwa terjadinya kejut kapiler, karena turunnya air sumur dan naiknya air kapiler pada awal penghujan.

Pada hujan kedua *Surface capillary level* ini masih mengalami peningkatan 3 mm yang disebabkan air yang telah terinfiltrasi semakin menutup pori-pori pada tanah, sehingga meningkatnya tekanan kapiler pada tanah.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

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

- 1) Pengaruh frekuensi hujan dengan fluktuasi muka air tanah, memperlihatkan penurunan muka air tanah pada hujan pertama sampai hujan ke tiga yaitu sebanyak 76 mm, kejadian ini di sebut kejut kapiler (*Capillary Shock*). Pada hujan keempat dan kelima muka air tanah naik mencapai 618,5.
- 2) Pengaruh frekuensi hujan dengan kedalaman infiltrasi memperlihatkan keadaan tanah pada saat hujan pertama masih dalam keadaan kering, di mana pori pori tanah mebesar sehingga mudah untuk meloloskan air. kedalaman infiltrasi pada hujan pertama mencapai 120 mm. Pada hujan kedua dengan keadaan pori tanah yang sudah terisi air mengakibatkan kecepatan infiltrasi menurun mencapai 105 mm.
- 3) Pengaruh frekuensi hujan dengan peningkatan tekanan kapiler memperlihatkan pada hujan pertama mengalami perubahan naik 1 mm Kenaikan pada awal hujan disebabkan air yang telah terinfiltrasi yang masuk kedalam tanah menutup pori-pori pada tanah, sehingga meningkatnya tekanan kapiler pada tanah. Pada hujan kedua ini masih mengalami peningkatan 3 mm.

B. Saran

- 1) Dalam penelitian ini disarankan untuk tidak memakai dinding alat yang terbuat dari kaca karena rentan pecah, sebaiknya menggunakan dinding dengan bahan fiber.
- 2) Dalam penelitian ini digunakan intensitas curah hujan ditiga wilayah, yaitu intensitas curah hujan I5 dengan menggunakan jenis tanah yang berbeda untuk mengetahui terjadi atau tidaknya fenomena kejut kapiler. Disarankan pada penelitian selanjutnya perlu memperhatikan parameter-parameter yang berpengaruh di lapangan dan kemudian diperhitungkan dalam simulasi laboratorium seperti kondisional lingkungan yaitu suhu ruangan karena sangat berpengaruh dengan penguapan tanah dan mengenai hujan yang diatur konstan perlu dikaji lebih lanjut.



DAFTAR PUSTAKA

- Best, Y. W, 1982. *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Usaha Nasional. Surabaya.
- C. D. Soemarto, 1999, *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Darwis dkk. 2017; 2018. *Analisis Fenomena “Kejut Kapiler” Pada Muka Air Tanah Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)*.
- Das. B. M., Noor Endah., Indrasurya B Mochtar., 1989. *Mekanika Tanah Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Institute Teknologi 10 November, Surabaya.
- Fakhli, 2014. “Pengertian dan Klasifikasi Gradasi Agregat” <http://www.kumpulengineer.com/2014/05/pengertian-dan-klasifikasi-gradasi.html?m=1> (Diakses Pada Tanggal 19 Oktober 2018).
- Hardiyatmo, H. C., 2012. *Mekanika Tanah I Edisi Keenam*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hidayat, Alimul (2007). *Metode Penelitian Kebidanan dan Teknis Analisis Data*. Salemba Medika, Jakarta.
- Kasjuaji. Kidhot, 2018. “Ilmu Bumi Tanah, Ciri-ciri Tanah Lempung” <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/tanah/ciri-ciri-tanah-lempung> (Diakses Pada Tanggal 19 Oktober 2018).
- Kodoatie. Robert. J., 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Permen ESDM. No. 20 Tahun 2017 Bab 1 Pasal 1 Ayat 5 Tentang *Pedoman Penetapan Nilai Perolehan Air Tanah*.
- Robin, 2016. “Ilmu Bumi Tanah, Tanah Pasir” <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/tanah/tanah-pasir> (Diakses Pada Tanggal 19 Oktober 2018).
- Soewarno, 1995, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*, Penerbit Nova, Bandung.
- Solso. Robert L., MacLin. M. Kimberly, 2005. *Cognitive Psychologi*. Pearson Education. New York.
- Sosrodarsono, Suyono, dan Takeda, Kensaku, 1993. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Sugiyono, 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif*. ALFABETA. Bandung

Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.

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

Verhoef, P.N.W., 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. PT. Erlangga. Jakarta. (Hal.32).

Wesley. L. D., 2012. *Mekanika Tanah untuk tanah endapan dan residu*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Wihanda. Deddy, 2013. “Pengertian dan Jenis-jenis Tanah” <http://pengertiandanjenis-jenistanah.blogspot.com/2013/12/pengertian-dan-jenis-jenis-tanah.html?m=1>
(Diakses Pada Tanggal 25 Oktober 2018).



Resume Pengujian

Proyek : Penelitian Tugas Akhir (S.1)
 Judul T.A. : Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Pasir Berlempung Berlanau (Silty Clayey Sand) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)
 Lokasi Sampel : Tanah Asli - Limbung 2
 Dikerjakan oleh : 1. Erika Febriani Pirda
 : 2. Muthahhirah Mansyur
 Laboratorium : Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Univ. Bosowa

Pengujian Sifat Fisis Tanah

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Pemeriksaan kadar air mula-mula	19.88	%
2	Pemeriksaan Berat Isi		
	1. Dry Density (γ_d)	1.14	g/cm^3
	2. Kadar Air (Water Content)	32.26	%
	3. Wet Density (γ_{wet})	1.51	g/cm^3
	4. Voigt Ratio	1.32	%
	5. Porositas (n)	56.98	%
	6. Derajat Kejenuhan (sr)	64.62	%
3	Pengujian berat jenis (Specific Gravity (GS)).	2.65	-
4	pengujian batas-batas atterberg		
	1. Batas Cair (LL)	31.61	%
	2. Batas Plastis (PL)	18.54	%
	3. Indeks Plastisitas (PI)	13.06	%
	4. Activity	0.65	%
5	Pengujian analisa saringan dan Hidrometer		
	#4 (4,75 mm)	100	%
	#10 (2,00 mm)	99.96	%
	#20 (0,85 mm)	99.92	%
	#40 (0,43 mm)	99.08	%
	#60 (0,25 mm)	97.92	%
	#80 (0,180 mm)	92.20	%
	#100 (0,15 mm)	72.00	%
	#200 (0,075 mm)	52.05	%
	Gravel	0.00	%
	Pasir	47.95	%
	Lempung dan Lanau	52.05	%
	Lanau	25.98	%
	Lempung	26.07	%

Makassar, Desember 2018
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1
 Judul tugas Akhir : Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Pasir Berlempung Berlanau(Silty Clayey Sand) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)
 Lokasi : Tanah Asli (Limbung 1)
 Tanggal Percobaan : 11 Januari 2019
 Laboratorium : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
 Dikerjakan Oleh : 1. Erika Febriani Pirda
 : 2. Muthahhirah Mansyur

SPECIFIC GRAVITY (Gs)
 (SNI 1964:2008)

Sampel	-	I	II
Berat Piknometer, (W1)	gram	53.5	42.5
Berat Piknometer + Air, (W2)	gram	116.5	100.9
Berat Piknometer + Air + Tanah, (W3)	gram	131.8	116.8
Berat Tanah Kering, (Ws)	gram	25	25
Temperatur	°C	29	29
Faktor Koreksi, $\alpha = \gamma T / \gamma_{20}$		0.99598	0.99598
Berat Jenis (Gs)		2.57	2.74
Berat Jenis rata-rata		2.652	

Tabel Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Berat Jenis

Jenis Tanah	Berat Jenis (Gs)	Temperatur (C°)	Unit Weight of Water
Kerikil	2,65 - 2,68	4	1
Pasir	2,65 - 2,68	16	0.99897
Lanau Tak organik	2,62 - 2,68	17	0.99880
Lempung Organik	2,58 - 2,65	18	0.99862
Lempung Tak organik	2,68 - 2,75	19	0.99844
Humus	1,37	20	0.99823
Gambut	1,27 - 1,80	21	0.99802
		22	0.99870
		23	0.99757
		24	0.99733
		25	0.99708
		26	0.99682
		28	0.99267
		29	0.99598
		30	0.99568

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo km. 4 Telp. (0411) 452901-452789

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1
Judul tugas Akhir : Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Pasir Berlempung Berlanau(Silt Clayey Sand) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)

Lokasi : Tanah Asli (Limbung 1)
Tanggal Percobaan : 11 Januari 2019
Laboratorium : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Dikerjakan Oleh : 1. Erika Febriani Pirda
: 2. Muthahirah Mansyur

PEMERIKSAAN KADAR AIR

SNI 1965 : 2008

No.Container		1	2
Berat Cawan (W1)	gram	6.50	6.60
Berat Cawan + Tanah Basah (W2)	gram	34.30	31.20
Berat Cawan + Tanah Kering (W3)	gram	29.60	27.20
Berat Tanah Kering (Wd = W3-W1)	gram	23.10	20.60
Berat Air (Ww = W2-W3)	gram	4.70	4.00
Kadar Air (Ww/Wd*100%)	%	20.35	19.42
Kadar Air Rata-rata	%	19.88	

Makassar, September 2018

Diperiksa Oleh :

Dikerjakan Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

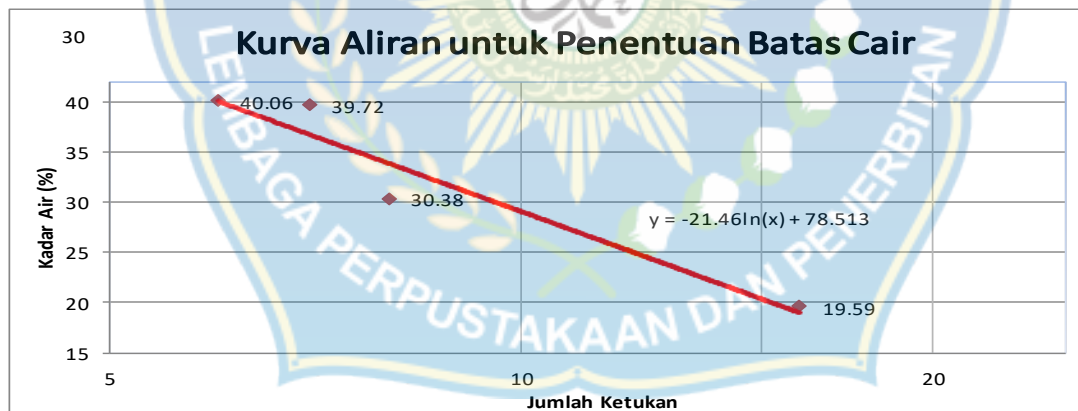
Jln. Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901-452789

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1
Judul tugas Akhir : Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Pasir Berlempung Berlanau(Silt Clayey Sand) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)

Lokasi : Tanah Asli (Limbung 1)
Tanggal Percobaan : 11 Desember 2018
Laboratorium : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Dikerjakan Oleh : 1. Erika Febriani Pirda
: 2. Muthahhirah Mansyur

PENGUJIAN BATAS-BATAS ATTERBERG
(SNI 1996:2008)

No. Test	-	Batas Cair (LL)							
		6		7		8		16	
Jumlah Pukulan (N)	-	6		7		8		16	
No. Container	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B
Berat Tanah Basah + Container (W1)	Gram	35.7	38.9	29.8	24.2	29.8	25.3	32.3	37.4
Berat Tanah Kering + Container (W2)	Gram	26.0	31.4	23.2	19.2	24.3	21.0	28.3	32.5
Berat Container (W3)	Gram	6.6	6.5	6.6	6.6	6.5	6.6	8.7	6.4
Berat Air (Ww=W1-W2)	Gram	9.7	7.5	6.6	5.0	5.5	4.3	4.0	4.9
Berat Tanah Kering, (Wd=W2-W3)	Gram	19.4	24.9	16.6	12.6	17.8	14.4	19.6	26.1
Kadar Air, Ww/Wd x 100%	%	50.0	30.1	39.8	39.7	30.9	29.9	20.4	18.8
Rata-rata		40.06		39.72		30.38		19.59	



Batas Cair (LL) didapat pada pukulan 25
Jadi, LL $-4.121 \ln(25) + 44.87 = 31.61 \%$

Makassar, 18 September 2018
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo km. 4 Telp. (0411) 452901-452789

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1
 Judul tugas Akhir : Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Pasir Berlempung Berlanau(Silty Clayey Sand) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)

Lokasi : Tanah Asli (Limbung 1)
 Tanggal Percobaan : 11 Januari 2019
 Laboratorium : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
 Dikerjakan Oleh : 1. Erika Febriani Pirda
 : 2. Muthahirah Mansyur

PENGUJIAN BERAT ISI (TEST RESULTS OF GENERAL PROPERTIES)
 (SNI 1996:2008)

Bore Hole No.	-	Hand Bor -1	
Sample	-	1	
Sample Depth (Meter)	m	0.00 - 1.00	
Ring/Container Number	-	1	2
Berat Ring (W1)	gram	66.80	66.80
Berat Cawan (W2)	gram	29.30	26.30
Berat Ring+Berat Cawan+Tanah Basah (W3)	gram	120.30	97.30
Tanah Basah (W4) = W3-W2-W1	gram	75.00	82.40
Volume of Soil (5)	cm ³	52.16	52.16
Berat Ring+Berat Cawan+Tanah Kering (W6)	gram	155.50	152.70
Berat Tanah Kering W7) = W6-W1-W2	gram	59.40	59.60
Berat Air (W8) = W4-W7	gram	15.60	22.80
Berat Jenis, Gs	-	2.65	2.65
Volume of Dry Soil (9) = (7)/Gs	cm ³	22.40	22.48
Volume of Pore (10) = (5)-(9)	cm ³	29.76	29.68
Wet Density, $g_{wet} = (4)/(5)$	gr/cm ³	1.44	1.58
Kadar Air $w = (W8)/(W7) * 100\%$	%	26.26	38.26
Dry Density, $g_{dry} = g_{wet}/(1+w)$	gr/cm ³	1.14	1.14
Porositas, $n = (W10)/(W5) * 100\%$	%	57.05	56.91
Derajat Kejenuhan $Sr = (W8)/(W10) * 100\%$	%	52.42	76.81



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln.Urip Sumoharjo km.4 Telp. (0411) 452901 - 452789

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1
Judul tugas Akhir : Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Pasir Berlempung Berlanau(Silt Clayey Sand) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)

Lokasi : Tanah Asli (Limbung 1)
Tanggal Percobaan :
Laboratorium : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Dikerjakan Oleh : 1. Erika Febriani Pirda
: 2. Muthahhirah Mansyur

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN
(SNI 3423:2008)

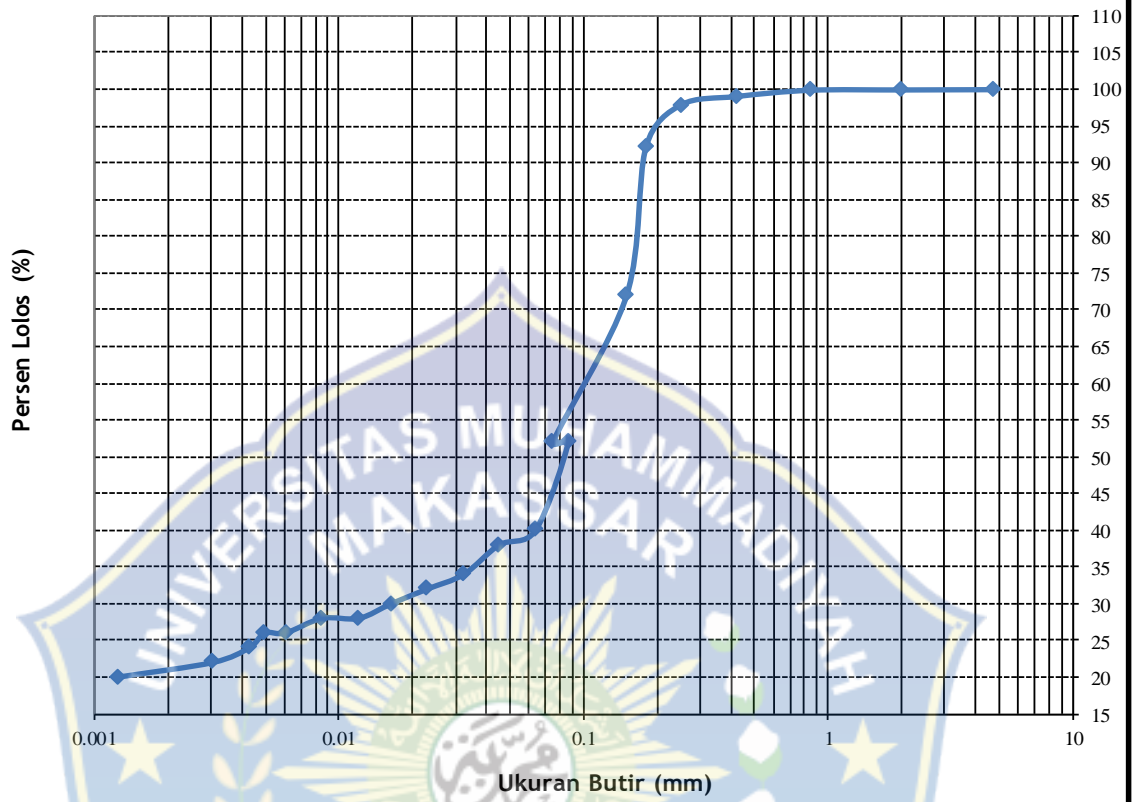
	Berat (gram)
Berat tanah kering oven	500.00
Berat tanah kering tertahan sar. 200 sesudah dicuci	205.4
Berat tanah lolos saringan 200 setelah dicuci	294.60

Saringan	Diamete (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
No. 4	4.75	0.0	0.0	0.00	100.00
10	2.00	0.2	0.2	0.04	99.96
18	0.85	0.2	0.4	0.08	99.92
40	0.43	4.2	4.6	0.92	99.08
60	0.25	5.8	10.4	2.08	97.92
80	0.18	28.6	39.0	7.80	92.20
100	0.15	101.0	140.0	28.00	72.00
200	0.075	99.8	239.8	47.95	52.05
Pan	-	260.3	500	100.00	0.00
Berat total W1		500			

Berat Jenis : 2.652 Rcp = R + Temperatur Correction - Zero Correction
Zero Correction : 1 Rcl = R + Meniscus Correction
Meniscus Correction : 1
Gs Correction : 0.999
{a = 1.62 Gs / [(Gs-1) x Gs]}
Berat Tanah, Ws : 50 gram

Waktu (menit)	T (°C)	R	Rcp	% Butiran halus a.Rcp/Ws x 100%	Rcl	L (cm)	K	D=K (L/t) ^{0,5}
0.25	29	24	26	52.05	25	12.2	0.01240	0.08662
0.5	29	18	20	40.06	19	13.2	0.01240	0.06371
1	29	17	19	38.06	18	13.3	0.01240	0.04522
2	29	15	17	34.07	16	13.7	0.01240	0.03245
4	29	14	16	32.07	15	13.8	0.01240	0.02303
8	29	13	15	30.07	14	14.0	0.01240	0.01640
15	29	12	14	28.07	13	14.2	0.01240	0.01206
30	29	12	14	28.07	13	14.2	0.01240	0.00853
60	29	11	13	26.07	12	14.3	0.01240	0.00605
90	29	11	13	26.07	12	14.5	0.01240	0.00498
120	29	10	12	24.08	11	14.5	0.01240	0.00431
240	29	9	11	22.08	10	14.7	0.01240	0.00307
1440	29	8	10	20.08	9	14.8	0.01240	0.00126

Grafik Pembagian Butir Analisa Hidrometer





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

Jln. Urip Sumoharjo km. 4 Telp. (0411) 452901 - 452789

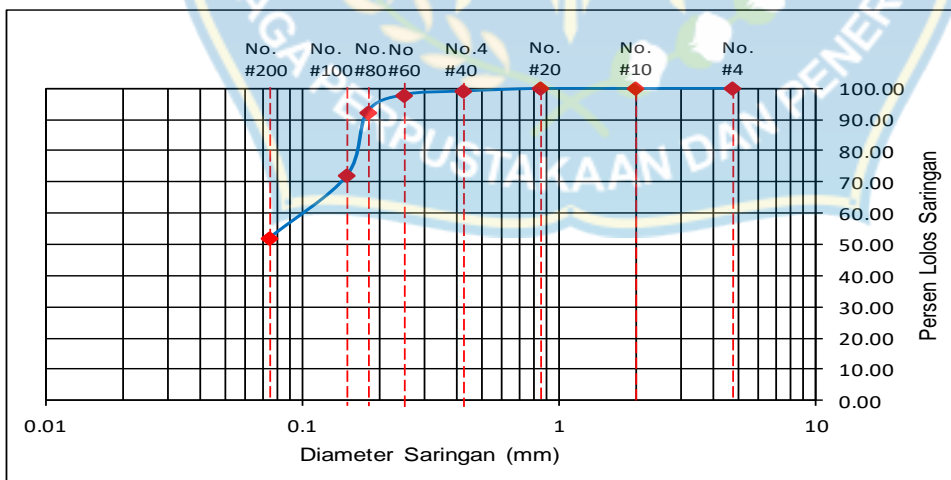
Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1
 Judul tugas Akhir : Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Pasir Berlempung Berlanau(Silty Clayey Sand) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)

Lokasi : Tanah Asli (Limbung 1)
 Tanggal Percobaan : 13 Januari 2019
 Laboratorium : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
 Dikerjakan Oleh : 1. Erika Febriani Pirda
 : 2. Muthahhirah Mansyur

**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN
(SNI 3423:2008)**

	Berat (gram)
Berat tanah kering oven	500.00
Berat tanah kering tertahan sar. 200 sesudah dicuci	205.4
Berat tanah lolos saringan 200 setelah dicuci	294.60

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.75	0.0	0.0	0.00	100.00
10	2.00	0.2	0.2	0.04	99.96
18	0.85	0.2	0.4	0.08	99.92
40	0.43	4.2	4.6	0.92	99.08
60	0.25	5.8	10.4	2.08	97.92
80	0.18	28.6	39.0	7.80	92.20
100	0.15	101.0	140.0	28.00	72.00
200	0.075	99.8	239.8	47.95	52.05
Pan	-	260.3	500	100.00	0.00
Berat total W1		500			



Makassar, September 2018
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Jln. Urip Sumoharjo km. 4 Telp. (0411) 452901-452789

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir S1
Judul tugas Akhir : Analisis Tingkat "Kejut Kapiler" Muka Air Tanah Pada Pasir Berlempung Berlanau (Silty Clayey Sand) Dengan Metode Simulasi (Uji Laboratorium)

Lokasi : Tanah Asli (Limbung 2)
Tanggal Percobaan : 3 Desember 2018
Laboratorium : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Dikerjakan Oleh : 1. Erika Febriani Pirda
: 2. Muthahhiarah Mansyur

PENGUJIAN ANALISIS HIDROMETER TANAH
(SNI 3423:2008)

Berat Jenis : 2.65 gram/cm³
Zero Correction : 1
Meniscus Correctio : 1
Gs Correction : 0.999
{a = 1.62 Gs/[(Gs-1)xGs]}
Berat Tanah, Ws : 50 gram

Rcp = R + Temperatur Correction - Zero Correction
Rcl = R + Meniscus Correction

Waktu (menit)	T (°C)	R	Rcp	% Butiran Halus a.Rcp/Ws x 100 %	Rcl	L (cm)	K	D=K (L/t) ^{0.5}
0.3	29	32	34	68.03	33	10.9	0.01249	0.07529
0.5	29	20	22	42.96	21	12.0	0.01249	0.06119
1	29	19	21	40.96	20	13.0	0.01249	0.04503
2	29	17	19	36.96	18	13.3	0.01249	0.03221
4	29	15	17	32.97	16	13.7	0.01249	0.02311
8	29	13	15	28.97	14	14.0	0.01249	0.01652
15	29	12	14	26.97	13	14.2	0.01249	0.01215
30	29	11	13	24.98	12	14.3	0.01249	0.00862
60	29	11	12.5	24.98	12	14.3	0.01249	0.00610
90	29	10	11	21.98	11	14.5	0.01249	0.00501
120	29	10	11.5	22.98	11	14.5	0.01249	0.00434
240	29	9	10.5	20.98	10	14.7	0.01249	0.00309
1440	29	8	9.5	18.98	9	14.8	0.01249	0.00127

Makassar, September 2018
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

A PERHITUNGAN CURAH HUJAN MAKSIMUM HARIAN RATA-RATA

METODE ALJABAR

NO	Tahun	Bulan	Tanggal	Stasiun				Hujan Harian	Hujan Maks Harian
				Tamangapa	Panakukang	Maros	Gowa	Rata-rata	Rata-rata
1	1982	Mar	3	140	81	188	130	135	135
		Mar	9	110	120	0	90	80	
		Jan	11	70	28	250	37	96	
		Mar	3	140	81	188	130	135	
2	1983	Apr	13	95	120	83	93	98	122
		Apr	13	95	120	83	93	98	
		Nov	25	5	84	280	120	122	
		Des	30	20	109	0	143	68	
3	1984	Feb	9	150	282	56	50	135	135
		Feb	9	150	282	56	50	135	
		Sep	6	0	74	194	63	83	
		Sep	12	0	22	20	228	68	
4	1985	Nov	30	150	5	40	-	-	-
		Jan	5	0	120	50	-	-	-
		Mar	6	10	115	200	-	-	-
5	1986	Jan	18	150	12	19	-	-	-
		Jan	27	45	155	105	-	-	-
		Mar	18	35	0	158	-	-	-
6	1987	Des	22	80	176	247	161	166	193
		Des	16	15	281	261	214	193	
		Des	16	15	281	261	214	193	
		Des	15	80	60	0	309	112	
7	1988	Des	21	55	9	32	21	29	55
		Feb	1	0	152	0	0	38	
		Feb	2	0	0	147	73	55	
		Mar	22	0	25	10	147	46	
8	1989	Des	10	146	4	44	25	55	112
		Jan	25	48	119	140	140	112	
		Jan	29	18	115	167	87	97	
		Jan	25	48	119	140	140	112	
9	1990	Mar	1	198	14	0	49	65	106
		Des	23	43	195	174	10	106	
		Des	23	43	195	174	10	106	
		Jan	7	0	97	21	162	70	
10	1991	Des	1	28	0	20	8	14	51
		Apr	25	-	104	0	0	-	
		Des	25	11	3	95	21	33	
		Des	30	0	32	3	169	51	

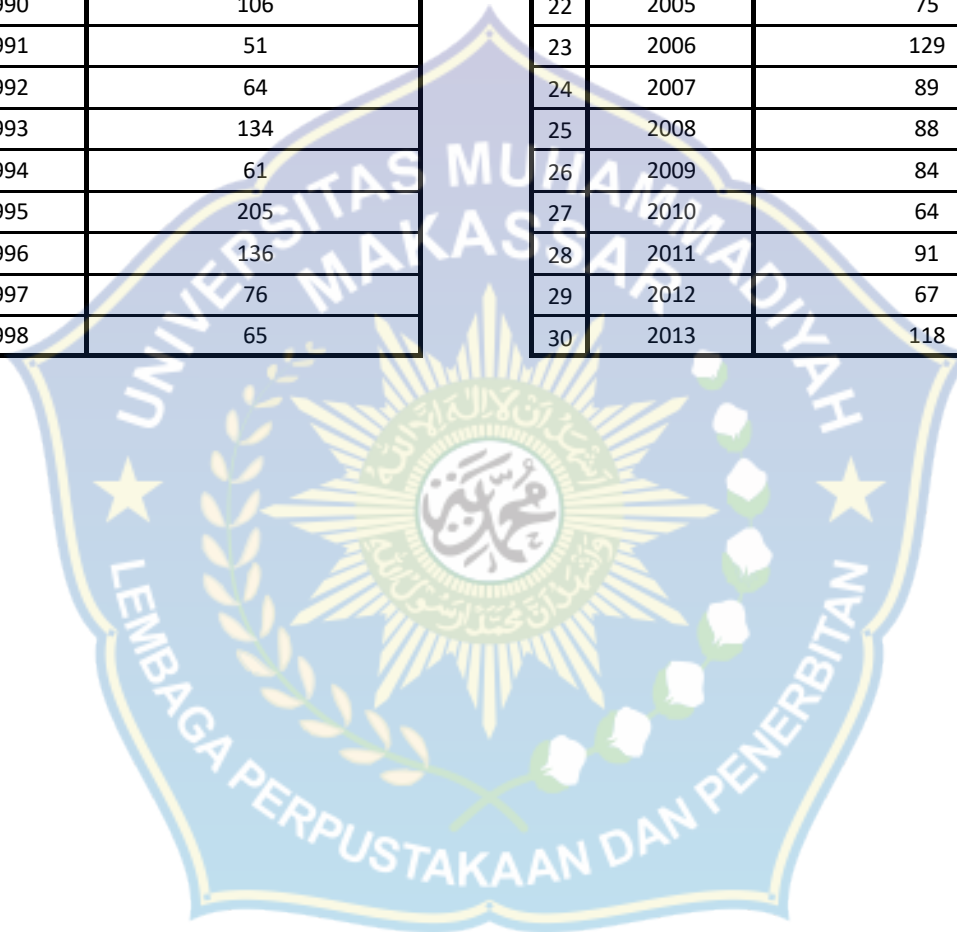
11	1992	Jan	11	93	141	15	0	62	64
		Jan	11	93	141	15	0	62	
		Jan	10	23	80	153	0	64	
		Jun	1	16	0	50	86	38	
12	1993	Jan	24	215	133	0	45	98	134
		Mar	3	10	157	5	0	43	
		Des	26	85	52	261	137	134	
		Des	26	85	52	261	137	134	
13	1994	Jan	26	86	40	27	0	38	61
		Mar	24	15	130	8	0	38	
		Mar	12	0	51	135	0	47	
		Jan	24	25	19	37	164	61	
14	1995	Feb	28	212	176	225	207	205	205
		Feb	28	212	176	225	207	205	
		Feb	28	212	176	225	207	205	
		Feb	28	212	176	225	207	205	
15	1996	Feb	4	200	105	0	10	79	136
		Feb	12	0	144	0	0	36	
		Des	19	87	62	200	113	116	
		Des	13	136	138	125	146	136	
16	1997	Jan	17	101	43	35	80	65	76
		Feb	13	0	91	64	0	39	
		Feb	22	80	56	130	32	75	
		Feb	23	92	43	78	90	76	
17	1998	Okt	5	98	0	0	98	49	65
		Nov	14	9	103	0	13	31	
		Des	30	54	49	126	30	65	
		Okt	5	98	0	0	98	49	
18	1999	Des	12	105	36	0	31	43	121
		Jan	3	25	235	50	6	79	
		Jan	2	28	183	250	21	121	
		Jan	22	41	57	30	83	53	
19	2000	Nov	3	185	0	0	190	94	154
		Feb	3	20	376	200	19	154	
		Feb	3	20	376	200	19	154	
		Nov	3	185	0	0	190	94	
20	2001	Feb	3	145	30	100	26	75	110
		Feb	2	36	200	35	42	78	
		Mar	4	4	149	260	27	110	
		Mar	3	4	80	67	128	70	

21	2002	Jan	2	172	156	190	93	153	153
		Mar	6	0	161	0	0	40	
		Des	28	0	145	200	0	86	
		Feb	2	125	1	15	180	80	
22	2003	Jan	11	107	23	28	121	70	80
		Jan	10	0	210	100	0	78	
		Jan	13	47	64	150	60	80	
		Jan	11	107	23	28	121	70	
23	2004	Jan	21	93	0	0	110	51	117
		Jan	20	0	128	0	0	32	
		Feb	4	69	125	200	75	117	
		Jan	21	93	0	0	110	51	
24	2005	Des	20	98	38	0	106	61	75
		Jan	5	9	141	61	12	56	
		Des	19	24	55	200	21	75	
		Mar	25	96	0	0	147	61	
25	2006	Des	30	107	103	215	90	129	129
		Des	29	14	110	0	10	34	
		Mar	28	3	66	228	4	75	
		Mar	27	102	5	16	119	61	
26	2007	Des	20	120	55	0	112	72	89
		Jan	2	101	97	75	84	89	
		Feb	21	0	34	160	0	49	
		Feb	2	98	38	82	113	83	
27	2008	Feb	3	137	22	38	149	87	88
		Feb	2	0	181	172	0	88	
		Feb	2	0	181	172	0	88	
		Feb	3	137	22	38	149	87	
28	2009	Jan	17	90	67	5	94	64	84
		Jan	29	17	113	32	14	44	
		Jan	31	40	102	158	35	84	
		Jan	1	72	10	47	95	56	
29	2010	Jan	11	80	51	71	0	51	64
		Jan	19	50	91	78	36	64	
		Jan	12	11	78	89	21	50	
		Sept	6	59	50	8	90	52	
30	2011	Des	27	120	20	22	116	70	91
		Feb	4	22	217	42	25	77	
		Feb	28	78	72	125	90	91	
		Jan	20	118	9	25	133	71	
31	2012	Feb	2	118	39	0	112	67	67
		Mar	14	60	115	67	20	66	
		Mar	19	0	56	80	0	34	
		Feb	2	118	39	0	112	67	
32	2013	Des	10	98	104	0	0	51	118
		Jan	1	80	193	121	78	118	
		Jan	2	72	64	164	75	94	
		Feb	18	97	7	130	93	82	

TABEL HUJAN MAKSIMUM HARIAN RATA-RATA

No	Tahun	Hujan Maks Harian Rata-rata
1	1982	135
2	1983	122
3	1984	135
4	1987	193
5	1988	55
6	1989	112
7	1990	106
8	1991	51
9	1992	64
10	1993	134
11	1994	61
12	1995	205
13	1996	136
14	1997	76
15	1998	65

No	Tahun	Hujan Maks Harian Rata-rata
16	1999	121
17	2000	154
18	2001	110
19	2002	153
20	2003	80
21	2004	117
22	2005	75
23	2006	129
24	2007	89
25	2008	88
26	2009	84
27	2010	64
28	2011	91
29	2012	67
30	2013	118



B ANALISA FREKUENSI**1 Parameter Statistik (Pengukuran Dispersi)**

n	Tahun	X_i	X_r	$(X_i - X_r)$	$(X_i - X_r)^2$	$(X_i - X_r)^3$	$(X_i - X_r)^4$
1	1995	205	106	99	9748	962479	95028790
2	1987	193	106	86	7479	646841	55940930
3	2000	154	106	47	2255	107059	5083523
4	2002	153	106	46	2161	100437	4668626
5	1996	136	106	30	899	26955	808201
6	1982	135	106	28	811	23109	658208
7	1984	135	106	28	797	22505	635402
8	1993	134	106	27	755	20759	570529
9	2006	129	106	22	506	11365	255531
10	1983	122	106	16	255	4083	65263
11	1999	121	106	14	203	2883	41042
12	2013	118	106	12	138	1615	18953
13	2004	117	106	11	121	1325	14552
14	1989	112	106	5	30	165	904
15	2001	110	106	4	14	52	194
16	1990	106	106	-1	1	0	0
17	2011	91	106	-15	226	-3386	50850
18	2007	89	106	-17	290	-4927	83849
19	2008	88	106	-18	325	-5848	105365
20	2009	84	106	-23	507	-11416	257049
21	2003	80	106	-26	677	-17610	458149
22	1997	76	106	-31	931	-28419	867258
23	2005	75	106	-31	978	-30566	955710
24	2012	67	106	-39	1522	-59395	2317398
25	1998	65	106	-42	1724	-71560	2970913
26	1992	64	106	-42	1786	-75508	3191479
27	2010	64	106	-43	1808	-76856	3267660
28	1994	61	106	-45	2027	-91226	4106703
29	1988	55	106	-51	2628	-134743	6907809
30	1991	51	106	-55	3054	-168807	9329387
Σ		3188			44654	1151364.557	198660229

Nilai rata-rata (X_r) :

$$X_r = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{3188}{30} = 106 \text{ mm}$$

Standar Deviasi (S_d) :

$$\begin{aligned} S_d &= \sqrt{\frac{(\sum (X_i - X_r)^2)}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\left(\frac{44654}{30 - 1}\right)} \\ &= 39 \end{aligned}$$

Koefisien Kurtosis (C_k) :

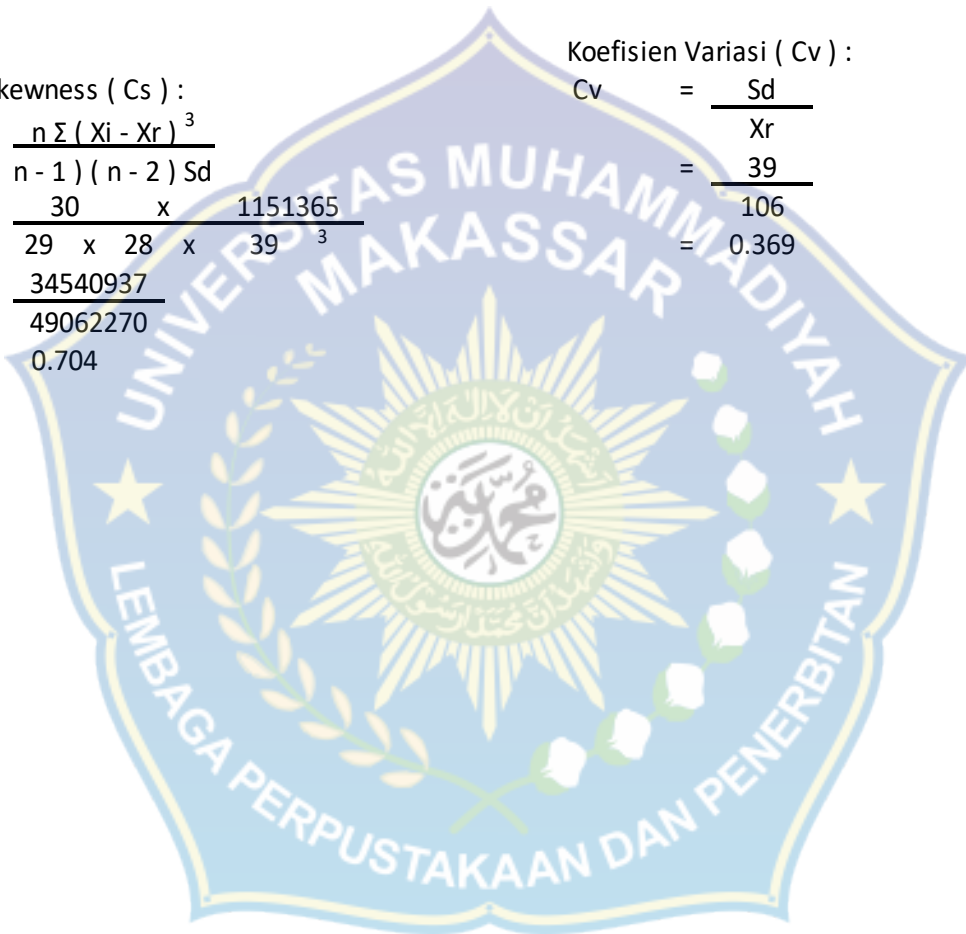
$$\begin{aligned} C_k &= \frac{n^2 \sum (X_i - X_r)^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3) S_d^4} \\ &= \frac{30^2 \times 198660229}{29 \times 28 \times 27 \times 39^4} \\ &= \frac{178794206193}{51980678037} \\ &= 3.440 \end{aligned}$$

Koefisien Skewness (C_s) :

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{n \sum (X_i - X_r)^3}{(n - 1)(n - 2) S_d^3} \\ &= \frac{30 \times 1151365}{29 \times 28 \times 39^3} \\ &= \frac{34540937}{49062270} \\ &= 0.704 \end{aligned}$$

Koefisien Variasi (C_v) :

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{S_d}{X_r} \\ &= \frac{39}{106} \\ &= 0.369 \end{aligned}$$



2 Pengukuran Dispersi dengan Logaritma

n	Tahun	X_i	$\log X_i$	$\log X_r$	$(\log X_i - \log X_r)$	$\log X_i - \log X_r$	$\log X_i - \log X_r$	$\log X_i - \log X_r$
1	1995	205	2.312	1.998	0.31371	0.09841	0.03087	0.00968514
2	1987	193	2.285	1.998	0.28695	0.08234	0.02363	0.00677984
3	2000	154	2.187	1.998	0.18877	0.03563	0.00673	0.00126979
4	2002	153	2.184	1.998	0.18594	0.03457	0.00643	0.00119524
5	1996	136	2.134	1.998	0.13629	0.01858	0.00253	0.00034504
6	1982	135	2.130	1.998	0.13148	0.01729	0.00227	0.00029887
7	1984	135	2.129	1.998	0.13068	0.01708	0.00223	0.00029161
8	1993	134	2.126	1.998	0.12825	0.01645	0.00211	0.00027053
9	2006	129	2.110	1.998	0.11170	0.01248	0.00139	0.00015568
10	1983	122	2.087	1.998	0.08920	0.00796	0.00071	0.00006332
11	1999	121	2.081	1.998	0.08294	0.00688	0.00057	0.00004733
12	2013	118	2.072	1.998	0.07384	0.00545	0.00040	0.00002972
13	2004	117	2.069	1.998	0.07107	0.00505	0.00036	0.00002551
14	1989	112	2.048	1.998	0.05020	0.00252	0.00013	0.00000635
15	2001	110	2.041	1.998	0.04335	0.00188	0.00008	0.00000353
16	1990	106	2.023	1.998	0.02521	0.00064	0.00002	0.00000040
17	2011	91	1.960	1.998	-0.03781	0.00143	-0.00005	0.00000204
18	2007	89	1.951	1.998	-0.04744	0.00225	-0.00011	0.00000506
19	2008	88	1.946	1.998	-0.05233	0.00274	-0.00014	0.00000750
20	2009	84	1.923	1.998	-0.07506	0.00563	-0.00042	0.00003174
21	2003	80	1.904	1.998	-0.09360	0.00876	-0.00082	0.00007676
22	1997	76	1.879	1.998	-0.11866	0.01408	-0.00167	0.00019827
23	2005	75	1.875	1.998	-0.12298	0.01513	-0.00186	0.00022877
24	2012	67	1.828	1.998	-0.17035	0.02902	-0.00494	0.00084217
25	1998	65	1.811	1.998	-0.18681	0.03490	-0.00652	0.00121775
26	1992	64	1.806	1.998	-0.19187	0.03681	-0.00706	0.00135514
27	2010	64	1.804	1.998	-0.19357	0.03747	-0.00725	0.00140381
28	1994	61	1.787	1.998	-0.21094	0.04450	-0.00939	0.00197983
29	1988	55	1.740	1.998	-0.25768	0.06640	-0.01711	0.00440900
30	1991	51	1.708	1.998	-0.29048	0.08438	-0.02451	0.00711927
Σ		3188	59.941			0.74668	-0.00140	0.03934501

Nilai Rata-rata (Log Xr) :

$$\text{Log Xr} = \frac{\sum \text{Log Xi}}{n} = \frac{59.941}{30} = 1.998$$

Standar Deviasi (Sd) :

$$\begin{aligned} \text{Sd} &= \sqrt{\left(\frac{\sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xr})^2}{n - 1} \right)} \\ &= \sqrt{\left(\frac{0.74668}{30 - 1} \right)} \\ &= 0.160 \end{aligned}$$

Koefisien Kurtosis (Ck) :

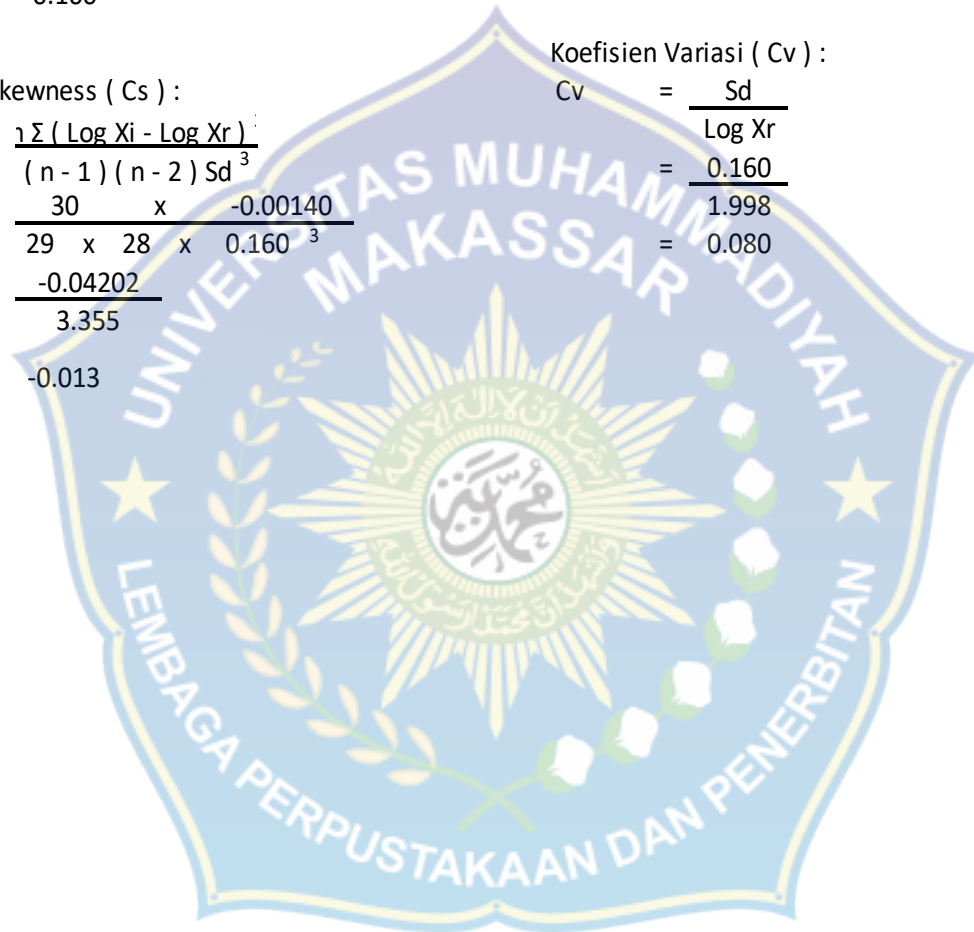
$$\begin{aligned} \text{Ck} &= \frac{\sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xr})^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3) \text{Sd}^4} \\ &= \frac{30^2 \times 0.03934501}{29 \times 28 \times 27 \times 0.160^4} \\ &= \frac{35.41051}{14.53444} \\ &= 2.436 \end{aligned}$$

Koefisien Skewness (Cs) :

$$\begin{aligned} \text{Cs} &= \frac{\sum (\text{Log Xi} - \text{Log Xr})^3}{(n - 1)(n - 2) \text{Sd}^3} \\ &= \frac{30 \times -0.00140}{29 \times 28 \times 0.160^3} \\ &= \frac{-0.04202}{3.355} \\ &= -0.013 \end{aligned}$$

Koefisien Variasi (Cv) :

$$\begin{aligned} \text{Cv} &= \frac{\text{Sd}}{\text{Log Xr}} \\ &= \frac{0.160}{1.998} \\ &= 0.080 \end{aligned}$$



3 Menentukan Jenis Distribusi / Uji Parameter Statistik

Jenis Distribusi / Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$	0.704 3.440	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs = 1.1396$ $Ck = 5.4002$	0.704 3.440	Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3 Cv$ $Ck = Cv^8 + 5Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$	0.241 3.104	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Selain dari nilai-nilai diatas	$Cs = -0.013$ $Ck = 2.436$	Memenuhi

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang dapat digunakan adalah **Metode Log Pearson tipe III**

Analisa Jenis Distribusi

Metode Log Pearson tipe III

$$\log X_T = \log X_r + G \times S_d$$

Dimana :

G = Konstanta Log Pearson tipe III berdasarkan nilai Koefisien Kepencengan (Cs)

Tabel nilai G untuk Cs = -0.013 (Interpolasi)

Cs	Periode Ulang (Tahun)						
	2	5	10	25	50	100	200
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.013	0.002	0.841	1.280	1.747	2.047	2.317	2.564
-0.1	0.017	0.836	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482

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

T	Log X _r	G	S _d	Log X _T	X _T
2	1.998	0.002	0.160	1.998	99.629
5	1.998	0.841	0.160	2.133	135.842
10	1.998	1.280	0.160	2.204	159.777
25	1.998	1.747	0.160	2.278	189.806
50	1.998	2.047	0.160	2.327	212.103
100	1.998	2.317	0.160	2.370	234.310
200	1.998	2.564	0.160	2.410	256.746

C ANALISA INTENSITAS HUJAN

Metode Mononobe

Rumus :

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Dimana :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

R = Curah Hujan Rancangan (mm)

t = Lama waktu konsentrasi

diketahui :

$$R_2 = 99.629 \text{ mm}$$

$$R_5 = 135.842 \text{ mm}$$

$$R_{10} = 159.777 \text{ mm}$$

$$R_{25} = 189.806 \text{ mm}$$

$$R_{50} = 212.103 \text{ mm}$$

$$R_{100} = 234.310 \text{ mm}$$

$$R_{200} = 256.746 \text{ mm}$$

Contoh Perhitungan untuk t = 5 menit

$$t = 5 \text{ menit}$$

$$I_2 = \frac{99.629}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 181.038 \text{ mm/jam}$$

$$I_5 = \frac{135.842}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 246.841 \text{ mm/jam}$$

$$I_{10} = \frac{159.777}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 290.335 \text{ mm/jam}$$

$$I_{25} = \frac{189.806}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 344.900 \text{ mm/jam}$$

$$I_{50} = \frac{212.103}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 385.417 \text{ mm/jam}$$

$$I_{100} = \frac{234.310}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 425.769 \text{ mm/jam}$$

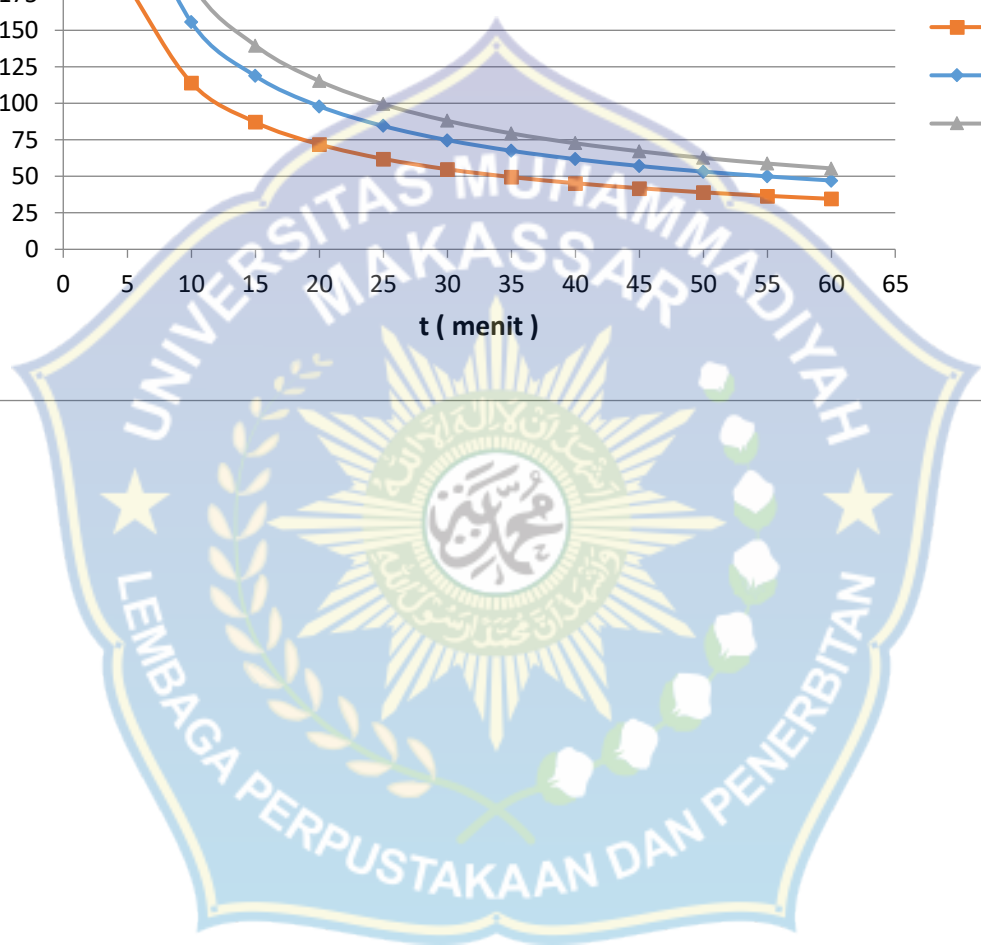
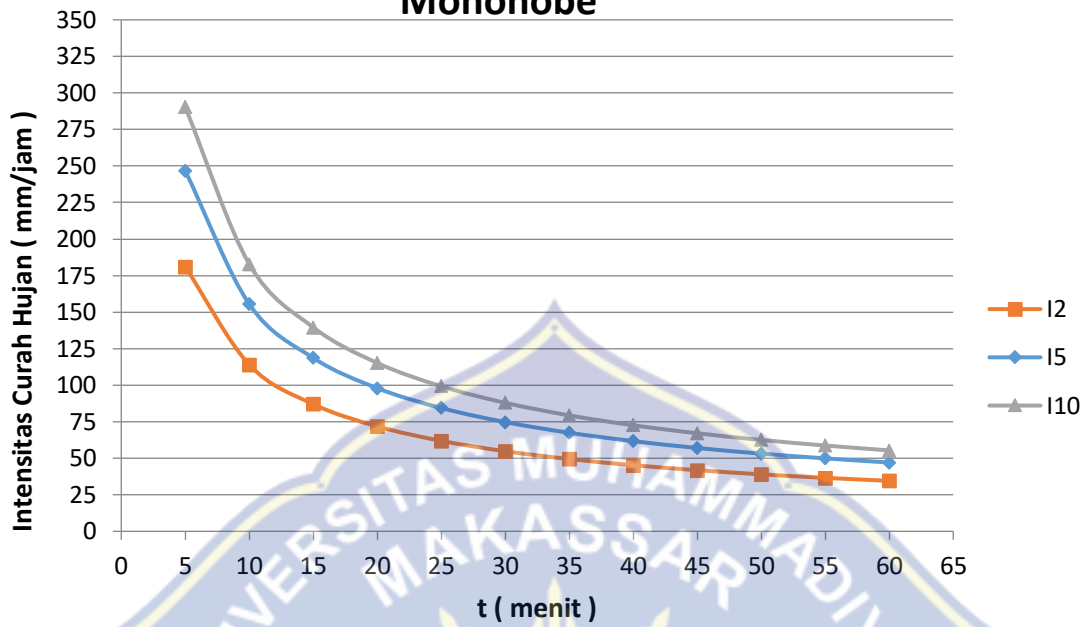
$$I_{200} = \frac{256.746}{24} \left(\frac{24}{5/60} \right)^{2/3} = 466.539 \text{ mm/jam}$$

Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan Intensitas curah hujan metode Mononobe :

No	Waktu (menit)	I ₂ mm/jam	I ₅ mm/jam	I ₁₀ mm/jam	I ₂₅ mm/jam	I ₅₀ mm/jam	I ₁₀₀ mm/jam	I ₂₀₀ mm/jam
1	5	181.038	246.841	290.335	344.900	385.417	425.769	466.539
2	10	114.047	155.500	182.899	217.273	242.797	268.218	293.901
3	15	87.034	118.669	139.578	165.811	185.289	204.688	224.288
4	20	71.845	97.959	115.219	136.874	152.953	168.967	185.146
5	25	61.914	84.418	99.293	117.954	131.811	145.611	159.554
6	30	54.828	74.757	87.929	104.454	116.725	128.946	141.293
7	35	49.473	67.456	79.341	94.253	105.325	116.352	127.494
8	40	45.260	61.710	72.584	86.225	96.354	106.442	116.635
9	45	41.842	57.050	67.102	79.713	89.078	98.404	107.827
10	50	39.004	53.180	62.551	74.306	83.036	91.729	100.513
11	55	36.602	49.906	58.700	69.732	77.924	86.082	94.325
12	60	34.540	47.094	55.392	65.802	73.532	81.231	89.009
13	65	32.745	44.647	52.513	62.383	69.711	77.010	84.384
14	70	31.166	42.494	49.982	59.376	66.351	73.297	80.316
15	75	29.765	40.584	47.735	56.706	63.368	70.002	76.706
16	80	28.512	38.875	45.725	54.318	60.699	67.054	73.475
17	85	27.382	37.335	43.914	52.167	58.295	64.398	70.565
18	90	26.359	35.939	42.272	50.216	56.115	61.991	67.927



Grafik Intensitas Curah Hujan Metode Mononobe



DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN



PENGAMBILAN SAMPEL TANAH



PENGAMBILAN TANAH DALAM SKALA BESAR



PENGAMBILAN SAMPEL MENGGUNAKAN
KALENG SUSU



PROSES PENJEMURAN TANAH



PENGUJIAN SAMPEL TANAH DI LAB. UNIBOS



PROSES MENGOVEN TANAH



PENGHANCURAN TANAH



MENUNGGU KONSTANNYA AIR TANAH



KALIBRASI ALAT



PEMBACAAN MUKA AIR TANAH



MEMASUKKAN TANAH KE DALAM ALAT
SIMULASI



PEMBACAAN AIR KAPILER



PEMBACAAN INFILTRASI



PROSES PEMBERSIHAN ALAT



PEMBACAAN AIR KAPILER, INFILTRASI, DAN MUKA AIR TANAH SETELAH DIHUJANI



PEMBACAAN MUKA AIR TANAH MAKSIMUM



