

SKRIPSI

STUDI PENGARUH GRADASI TANAH GRANULAR TERHADAP

PERUBAHAN ANGKA PORI AKIBAT PUKULAN HUJAN

(STUDI LABORATORIUM DENGAN *ALAT MODEL SIMULASI*)



2021

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH GRADASI TANAH GRANULER
TERHADAP PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe) AKIBAT
PUKULAN HUJAN**

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

OLEH :

DIAN ANGRAINI
NIM : 105 81 11082 16

EMMA RAHMAWATI
NIM : 105 81 11101 16

31/08/2021

1 exp.
sub. Alumni

R/0037/SIP/21 CD
ANG
S'

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

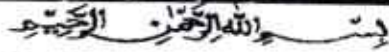
FAKULTAS TEKNIK

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>



HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **STUDI PENGARUH GRADASI TANAH GRANULER TERHADAP PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe) AKIBAT PUKULAN HUJAN.**

Nama : DIAN ANGRANI
EMMA RAHMAWATI

No. Stambuk : 105 81 11101 16
105 81 11082 16

26 Syawal 1442 H

7 Juni 2021 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

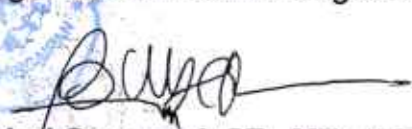
Pembimbing I


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

Pembimbing II


Lutfi Hair Djunur, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan


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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Dian Angraini** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11082 16 dan **Emma ahmawati** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11101 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0008/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin tanggal 14 Juni 2021.

Panitia Ujian:

Pengawas Umum

Rector Universitas Muhammadiyah Makassar

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

Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

Anggota:

Ketua : Dr. Eng. Mukhsan Putra H, ST., MT

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

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

2. Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

3. Kasmawati, ST., MT

Mengetahui:

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Lutfi Hair Qunur, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik

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

NBM : 795 108

STUDI PENGARUH GRADASI TANAH GRANULER TERHADAP PERUBAHAN ANGKA PORI (Δe) AKIBAT PUKULAN HUJAN (SIMULASI LABORATORIUM)

¹Dian Angraini, ²Emma Rahmawati

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

Email : dianangrainiabustan@gmail.com

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

Email : emhars08@gmail.com

Abstrak

Gradasi tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan angka pori tanah karena ukuran butir agregat yang bervariasi akan mengakibatkan volume pori lebih kecil dengan kata lain kemampatan menjadi tinggi. Hal ini berbeda dengan ukuran butir agregat yang seragam akan mengakibatkan volume pori lebih besar. Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori (Δe) dan perubahan porositas (Δn) akibat pukulan hujan, serta pengaruh gradasi tanah granuler terhadap kedalaman infiltrasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori (Δe) dan perubahan porositas tanah (Δn) akibat pukulan hujan serta untuk mengetahui pengaruh gradasi tanah granuler terhadap kedalaman infiltrasi. Metode yang digunakan adalah metode simulasi (uji laboratorium) dalam bentuk eksperimental model (model Experimental research) mengenai studi pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori (Δe) akibat pukulan hujan. Dalam penelitian ini digunakan 5 jenis tanah yang terdiri dari pasir halus, pasir sedang halus, pasir sedang, pasir sedang kasar, dan pasir kasar, dengan menggunakan intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I5). Hasil penelitian menunjukkan perubahan angka pori (Δe) pada pukulan hujan pertama lebih besar yaitu pada sampel pasir kasar = 0,81, pada pukulan hujan kedua = 0,13, dan pada pukulan hujan ketiga = 0,06. Sedangkan untuk perubahan porositas (Δn) pada pukulan hujan pertama yaitu pada sampel pasir kasar = 0,34, pada pukulan hujan kedua = 0,10, pada pukulan hujan ketiga = 0,06. Hasil kesimpulan penelitian ini menunjukkan perubahan angka pori (Δe) dan perubahan porositas (Δn) dimana pada pukulan hujan pertama lebih besar dari pada pukulan hujan kedua dan pada pukulan hujan ketiga memberi angka yang terkecil. Untuk pengaruh gradasi tanah granuler terhadap kedalaman infiltrasi dari 5 jenis tanah yang diamati, kedalaman infiltrasi jenis pasir kasar lebih tinggi

dibandingkan kedalaman infiltrasi untuk pasir halus dari waktu ke waktu.

Kata Kunci : angka pori, porositas, perubahan angka pori, perubahan porositas, kedalaman infiltrasi

Abstract

Soil gradation is very influential on changes in soil void ratio because the varying grain size of the aggregate will result in smaller pore volumes, in other words, high compressibility. This is in contrast to the uniform grain size of the aggregate which will result in a larger pore volume. The formulation of the problem that underlies this research is how the influence of granular soil gradation on changes in void ratio (Δe) and changes in porosity (Δn) due to rain, and the effect of granular soil gradation on infiltration depth. The purpose of this study was to determine the effect of granular soil gradation on changes in void ratio (Δe) and changes in soil porosity (Δn) due to rain and to determine the effect of granular soil gradation on infiltration depth. The method used is a simulation method (laboratory test) in the form of an experimental model (Experimental research model) regarding the study of the effect of granular soil gradation on changes in void ratio (Δe) due to rain. In this study used 5 types of soil consisting of fine sand, medium fine sand, medium sand, medium coarse sand, and coarse sand, using the intensity of rainfall at 5 years return period (I_5). The results showed that the change in void ratio (Δe) in the first rain stroke was greater, namely in the coarse sand sample = 0.81, in the second rain stroke = 0.13, and in the third rain stroke = 0.06. As for the change in porosity (Δn) in the first rain stroke, namely in the coarse sand sample = 0.34, in the second rain stroke = 0.10, in the third rain stroke = 0.06. The conclusion of this study shows a change in the void ratio (Δe) and a change in porosity (Δn) where the first rain stroke is greater than the second rain stroke and the third rain stroke gives the smallest number. For the effect of granular soil gradation on the infiltration depth of the 5 soil types observed, the infiltration depth for coarse sand is higher than the infiltration depth for fine sand from time to time.

Keywords : soil void ratio, porosity, change in void ratio, and change in porosity, infiltration depth

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

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

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah: **"Studi Pengaruh Gradasi Tanah Granuler Terhadap Perubahan Angka Pori (Δe) Akibat Pukulan (Studi Laboratorium dengan Alat Model)"**

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

Tugas akhir ini dapat terwujud berkat Ayahanda dan ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa serta pengorbanannya dalam bentuk moril maupun materi dalam menyelesaikan kuliah kami.

Kepada Ibu **Dr.Ir.Hj.Nurnawaty,ST.,MT** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Kepada Bapak **Andi Makbul Syamsuri,ST.,MT**. Sebagai Ketua Jurusan sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Serta Bapak **Prof.Dr.Ir.H.Darwis Panguriseng,M.sc** selaku pembimbing I dan Bapak **Lutfi Khair Djunur,ST.,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 telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.

Tak lupa pula kami ucapkan terimakasih kepada Proyeksi 2016 mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Skece angkatan 2016 dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb.

Makassar, Juni 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Klasifikasi Tanah	6
1. Gradasi Tanah	8
2. Sistem Klasifikasi unified	9
3. Sistem Klasifikasi AASHTO	12

4. Sistem Klasifikasi Metode Umum	16
5. Tanah Granular	21
B. Porositas dan Angka pori	24
1. Pengertian Porositas	24
2. Pengertian Angka pori	24
3. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori	25
C. Pukulan Hujan	25
D. Intensitas Curah Hujan	26
1. Pengertian Intensitas Curah Hujan	26
2. Mekanisme Terjadinya Intensitas Curah Hujan	27
E. Parameter Infiltrasi	30
1. Pengertian Infiltrasi	30
2. Laju Infiltrasi	30
3. Kapasitas Infiltrasi	31
4. Pengaruh Infiltrasi terhadap angka pori	32
F. Matrik Penelitian Terdahulu	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	39
B. Tempat Penelitian	39
C. Variabel Penelitian	39
1. Variabel Bebas	40

2. Variabel Terikat	40
D. Definisi Operasional Variabel	41
E. Rancangan Penelitian	43
F. Prosedur Pengujian.....	45
G. Teknik Analisa data	48
H. Bagan Alur Penelitian.....	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan.....	50
1. Klasifikasi Tanah	50
2. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Perubahan Angka Pori Akibat Pukulan Hujan	50
3. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Perubahan Porositas Akibat Pukulan Hujan.....	53
4. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Kedalaman Infiltrasi	55

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	57
B. Saran.....	57
C. Daftar Pustaka	58

LAMPIRAN

DOKUMENTASI

Daftar Tabel

Nomor	Tabel	Halaman
Tabel 1	Sistem klasifikasi tanah <i>Unified</i>	10
Tabel 2	Sistem klasifikasi tanah <i>AASTHO</i> (tanah granuler)	13
Tabel 3	Sistem klasifikasi tanah <i>AASTHO</i> (Tanah Finer)	14
Tabel 4	Perbandingan Sistem <i>Unified</i> Dengan Sistem <i>AASTHO</i>	16
Tabel 5	Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir	17
Tabel 6	Matriks Penelitian Terdahulu	33
Tabel 7	Hasil Rekapitulasi Analisa Saringan	50
Tabel 8	Hasil Perhitungan Angka Pori(e) Pada 5 Jenis Tanah	51
Tabel 9	Perubahan Angka Pori(Δe)	52
Tabel 10	Hasil Pengamatan Porositas(n) Pada 5 Jenis Tanah	53
Tabel 11	Perubahan Porositas (Δn)	54
Tabel 12	Kedalaman Infiltrasi	55

Daftar Gambar

Gambar 1	Tahapan Diskripsi Tanah dengan Sistem AASHTO.....	15
Gambar.2	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Komposisi Butiran	20
Gambar 3	Susunan Butiran Tanah Granular.....	22
Gambar 4	Siklus Hidrologi	28
Gambar 5	Kurva Kapasitas Infiltrasi	31
Gambar 6	Sketsa Alat Model Simulasi.....	43
Gambar 7	Foto Alat Model Simulasi.....	43
Gambar 8	Grafik Angka Pori (e).....	51
Gambar 9	Grafik Perubahan Angka Pori (Δe).....	52
Gambar 10	Grafik Porositas (n).....	53
Gambar 11	Grafik Perubahan Porositas (Δe).....	54
Gambar 12	Grafik Kedalaman Infiltrasi	55

DAFTAR NOTASI

e	= Angka pori tanah
T	= Durasi waktu hujan
Vol padat	= Volume tanah padat
A	= Luas tangki uji pada alat <i>rainfall simulator</i>
T	= Tinggi sampel yang direncanakan
V_v	= Volume rongga
V_s	= Volume butiran
PL	= Batas plastis
LL	= Batas cair
IP	= Indeks plastis
G	= kerikil (gravel)
S	= pasir (sand)
C	= lempung (clay)
M	= lanau (silt)
O	= lanau atau lempung organik (organic silt or clay)
Pt	= tanah gambut dan tanah organik tinggi (peat and highly)
W	= gradasi baik (well-graded)
P	= gradasi buruk (poorly-graded)

- L = plastisitas rendah (low-plasticity)
- H =Plastisitas tinggi(hight-plasticity)
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- t = durasi curah hujan (jam)
- R_{24} = tinggi hujan maksimum dalam 24 jam (mm)
- Δe = perubahan angka pori
- n = porositas
- Δn = perubahan porositas



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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

Gradasi agregat pada tanah yang berbutir kasar (*granuler soil*), karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh ukuran butir, komposisi dan struktur partikelnya. Apabila ditinjau dari volume pori (ruang kosong) antara agregat, maka butir yang bervariasi akan mengakibatkan volume pori lebih kecil dengan kata lain kemampuan menjadi tinggi. Hal ini berbeda dengan ukuran butir yang seragam yang akan mempunyai volume ruang kosong yang lebih besar.

Jenis tanah granuler dalam konsistensinya bisa dalam bentuk kerikil, pasir atau lanau. Karakteristik tanah granuler yang digambarkan oleh distribusi ukuran butiran, susunan, serta kerapatan butiran, akan mempengaruhi angka pori.

Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan.

Pukulan butir-butir hujan pada permukaan tanah yang terbuka menghancurkan dan mendispersikan agregat tanah yang mengakibatkan penyumbatan pori tanah di permukaan.

Pukulan hujan berpengaruh terhadap perubahan angka pori, karena semakin lama tanah dihujani maka pori-pori tanah semakin kecil dan tanah semakin rapat. Jika hal tersebut terjadi, disamping tanah akan jenuh, pori tanah juga akan mengecil, akibat air hujan yang turun ke bumi tidak lagi masuk ke dalam tanah (*infiltrasi*) melainkan hanya menjadi aliran permukaan yang pada akhirnya kembali ke laut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka kami akan melakukan suatu penelitian mengenai studi pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori (Δe) akibat pukulan hujan yang menggunakan 5 jenis tanah dengan simulasi laboratorium. Dan selanjutnya kami tuangkan dalam sebuah karya tulis sebagai tugas akhir dengan judul **"Studi Pengaruh Gradasi Tanah Granuler Terhadap Perubahan Angka Pori (Δe) Akibat Pukulan Hujan (Studi Laboratorium dengan Alat Model)"**

B. Rumusan Masalah

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

- 1) Bagaimana pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori (Δe) akibat pukulan hujan?
- 2) Bagaimana pengaruh gradasi tanah terhadap perubahan porositas (n) akibat pukulan hujan?

- 3) Bagaimana pengaruh gradasi tanah granuler terhadap kedalaman infiltrasi ?

C. Tujuan Penelitian

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

- 1) Untuk mengetahui pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori akibat pukulan hujan dengan intensitas curah hujan 15 !
- 2) Untuk mengetahui pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan porositas akibat pukulan hujan dengan intensitas curah hujan 15 !
- 3) Untuk mengetahui pengaruh gradasi tanah granuler terhadap kedalaman infiltrasi !

D. Manfaat Penelitian

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

1. Dapat memberikan gambaran tentang pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori akibat pukulan hujan yang menggunakan alat model simulasi.
2. Dapat menjadi acuan pengembangan penelitian mengenai pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori akibat pukulan hujan yang menggunakan alat model simulasi.

E. Batasan Masalah

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

- 1) Jenis tanah granuler yang diuji dalam penelitian hanya diambil 5 jenis tanah dari lokasi yang berbeda dan menggunakan intensitas curah hujan 15.
- 2) Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat model simulasi.

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

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

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

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*), yang terikat diatas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2012).

Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksidasi-oksidasi yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang

mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat suhu dan cuaca. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbon dioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada ditempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempat, disebut tanah terangkut (*transported soil*) (Hardiyatmo, 2012).

Tanah merupakan benda yang tidak homogen, sangat bervariasi baik secara fisik: warna, tekstur, maupun secara kimia atau kandungan mineralnya. Untuk membedakan tanah berdasarkan sifat-sifatnya disebut mengklasifikasikan tanah. Klasifikasi tanah dapat dibedakan menjadi klasifikasi alam dan klasifikasi teknis (Hardjowigeno, 1987).

Pada klasifikasi tanah sering digunakan jenis pengujian yang sederhana, untuk memperoleh parameter tanah. Parameter tanah digunakan untuk menentukan kelompok/klasifikasi tanah yang diuji/digunakan. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel tanah yang dapat diperoleh dari analisis saringan dan analisis hydrometer (uji gradasi tanah).

Ada beberapa sistem yang dapat digunakan dalam sistem klasifikasi tanah, antara lain: **Unified** (*Soil Classification System*) dan **AASHTO** (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), batas susut (*shrinkage limit*), indeks plastisitas (*plasticity index*), dan indeks cair (*liquid*

index). Klasifikasi tanah dari sistem *Unified* yang pertama diusulkan oleh (Casagrande, 1942).

Klasifikasi tanah secara menyeluruh membutuhkan banyak data yang terdiri dari warna, kadar air, kekuatan tekan, dan sifat-sifat lainnya (Darwis, 2018).

Metode Umum (*General Method*) juga dapat digunakan sebagai pedoman untuk mendeskripsikan tanah.

1. Gradasi Tanah

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

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

Dalam butiran tanah ada beberapa macam gradasi agregat yaitu:

a. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran butir yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga dengan 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 disebut dengan 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 terdapat fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.

2. Sistem Klasifikasi *Unified*

Pada sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (krikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan no.200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan no.200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam jumlah kelompok dan sub kelompok yang dapat dilihat dalam tabel 2.1 sistem klasifikasi tanah *unified* berikut (Hardiyatmo, 2012).

Simbol-simbol yang digunakan dalam sistem klasifikasi *unified*, sebagai berikut:

G = krikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

C = lempung (*clay*)

M = lanau (*silt*)

O = lanau atau lempung organik (*Organic silt or clay*)

Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)

W = gradasi baik (*well-graded*)

P = gradasi buruk (*poorly-graded*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Detail Utama	Bentuk Makro	Nama Jenis	Nama Jenis	
Tanah berbutir kasar 30% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir kerikil, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir kerikil, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
	GM	Kerikil berbutir halus, campuran pasir kerikil		Tidak memenuhi kriteria untuk semua GW.
	GC	Kerikil berbutir halus, campuran pasir kerikil		Batas-batas Atterberg: $U < 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U > 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U < 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U > 0,4$
	SW	Pasir gradasi baik, pasir kerikil, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		Batas-batas Atterberg berada di daerah area dari diagram plastisitas, maka diklasifikasi sebagai: $U < 0,4$ atau $U > 0,4$
	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		Batas-batas Atterberg: $U < 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U > 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U < 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U > 0,4$
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		Tidak memenuhi kriteria untuk semua SW.
	OL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		Batas-batas Atterberg: $U < 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U > 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U < 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U > 0,4$
	MH	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		Batas-batas Atterberg berada di daerah area dari diagram plastisitas, maka diklasifikasi sebagai: $U < 0,4$ atau $U > 0,4$
	CH	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		Batas-batas Atterberg: $U < 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U > 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U < 0,4$ Batas-batas Atterberg: $U > 0,4$
	OH	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		Batas-batas Atterberg berada di daerah area dari diagram plastisitas, maka diklasifikasi sebagai: $U < 0,4$ atau $U > 0,4$
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 5$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} > 4$ atau 1 dan 3	
	CL	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus		
Tanah berbutir halus 50% (lebih banyak butirannya > 200 (0,075 mm))	ML	Lanau dan lempung butiran kasar, sedikit mengandung lumpur dan butiran halus</		

(Sumber: Hary Christady Hardiyatmo, 2012)

Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah Sistem *Unified* adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 2012) :

- Tentukan apakah tanah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan no.200.
- Jika tanah berupa butiran kasar:
 - Saring tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.

- 2) Tentukan persen butiran lolos saringan no.4. Bila persentase butiran yang lolos saringan dari 50%, klasifikasi tanah tersebut sebagai krikil. Bila persen butiran yang lolos lebih dari 50%, diklasifikasikan sebagai pasir.
 - 3) Tentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200. Jika persentase butiran yang lolos kurang dari 5%, pertimbangkan bentuk grafik distribusi butiran dengan menghitung C_u dan C_c . Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasi sebagai Gw (bila krikil) atau SW (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasi sebagai GP (bila krikil) atau Sp (bila pasir). Jika persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 diantara 5-12% tanah akan mempunyai simbol *dobel* dan mempunyai sifat keplastisan (GW-GM, SW-SM, dan sebagainya).
- c. Jika tanah berbutir halus :
- 1) Kerjakan uji batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no.40. Jika batas cair lebih dari 50, klasifikasikan sebagai *H* (plastisitas rendah)
 - 2) Untuk *H*(plastisitas tinggi), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas dibawah garis *A*, tentukan apakah tanah organik (*OH*) atau anorganik(*MH*).
 - 3) Untuk *L*(plastisitas rendah), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas dibawah garis *A* dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi tanah tersebut sebagai (*OL*) atau anorganik (*ML*) berdasarkan warna, bau, atau perubahan batas cair dan plastisnya dengan mnengeringkannya didalam *oven*.

- 4) Jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis *A* atau nilai *LL* sekitar 50, gunakan simbol dobel.

3. Sistem Klasifikasi AASTHO

Klasifikasi tanah dengan cara AASTHO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), mempunyai tujuan agar kita dapat dengan mudah memilih material tanah untuk konstruksi subgrade. Pemilihan tanah tersebut, tentunya didasarkan atas hasil uji tanah dan apabila kita telah mempunyai pengalaman lapangan dalam pembuatan konstruksi subgrade maka pemilihan tanah sangat mudah dilakukan (Darwis, 2018).

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

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

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

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Tanah *Granuler*)

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (<i>Granuler Soil</i>) (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi Ayakan	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan (% lolos)							
No. 10	Maks 50						
N0. 40	Maks 30	Maks 50	Maks51				
N0. 200	Maks 15	Maks 25	Maks10	Maks35	Maks35	Maks35	Maks35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40							
Batas Cair (LL)	Maks 6	Maks 6	Non Plastisitas	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)				Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe materia yang paling Dominan	Batu pecah kerikil pasir	Pasir Halus		Kerikil dan pasir yang bertanau			
Penilaian sbg bahan tanah dasar	Baik Sekali sampai Baik						

Sumber: Braja M. Das (1998)

Menurut sistim di atas tanah dibagi menjadi 7 kelompok, dan diberi nama dari A-1 sampai A-7. Semakin kecil angkanya, semakin baik untuk bahan subgrade jalan, dan sebaliknya semakin besar angkanya semakin jelek untuk subgrade. Kecuali pada tanah dalam group A-3, lebih baik dari pada semua jenis tanah dalam group A-2 sebagai bahan untuk subgrade jalan (Darwis,2018).

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

Tabel 3. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Tanah *Finer*)

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

Sumber: Braja M. Das (1998)

Catatan:

Kelompok A7 dibagi atas A7-5 dan A7-6, bergantung pada batas plastisitasnya (PL):

- Untuk $PL > 30$; klasifikasinya A7-5
- Untuk $PL < 30$; klasifikasinya A7-6

AASHTO (*American Assosiation of State Highway and Transportation Officials Classification*), sebagai badan transportasi dan jalan raya di Amerika Serikat menyusun sistem klasifikasi tanah untuk keperluan perencanaan lapisan pondasi jalan (*subbase*) dan lapisan tanah dasar jalan (*subgrade*) (Darwis,2018).

Pengujian tanah yang diperlukan dalam klasifikasi ini adalah “analisis saringan” dan “uji batas-batas Atterberg”. Selanjutnya dihitung indeks kelompok (*group index – GI*), yang digunakan untuk mengevaluasi pengelompokan tanah-

tanah. Indeks kelompok dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Darwis,2018):

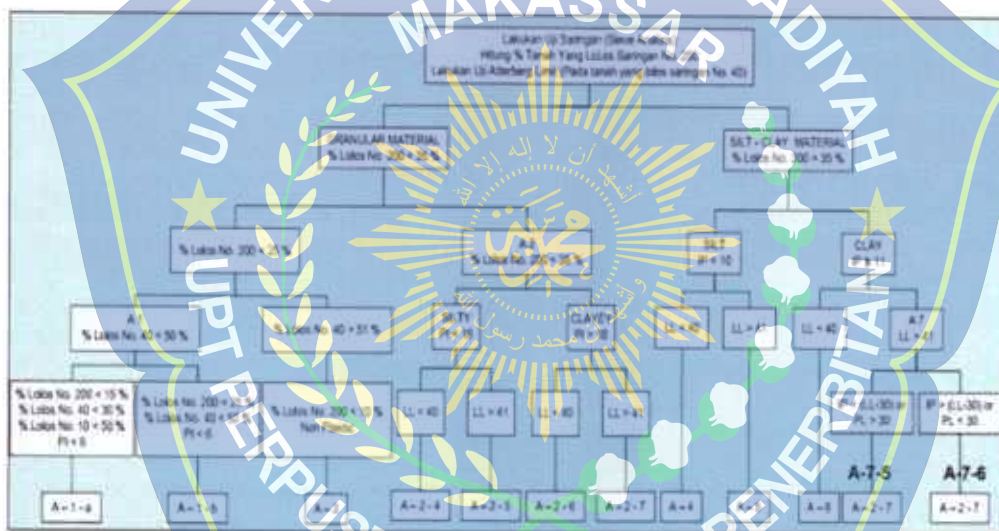
$$GI = (F-35) [0,2+0,005(LL-40)] + (F-15) (PI-10) \dots\dots\dots(1)$$

Yang mana:

F = persen lolos saringan No.200 LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Apabila nilai indeks kelompok semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam pemilihan penggunaan tanah tersebut (gradasi jelek). Tanah granuler diklasifikasikan dalam A1 sampai A3. Sedangkan tanah berbutir halus diklasifikasikan dalam A4 sampai A7 (Darwis,2018).



Gambar 1. Tahapan Deskripsi Tanah dengan Sistem AASHTO

Tanah klasifikasi A1, adalah tanah granuler bergradasi “baik”, dan tanah klasifikasi A3, merupakan pasir bersih yang bergradasi “buruk”. Sedangkan klasifikasi A2 adalah tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan No. 200), tapi masih mengandung lanau dan lempung (Darwis, 2018).

Tabel 4. Perbandingan Sistem AASHTO dengan Sistem *Unified* (Liu, 1967)

Kelompok tanah AASHTO	Kelompok tanah yang sebanding dalam sistem Unified		
	Sangat mungkin	Mungkin	Kemungkinan Kecil
A1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A1-b	SW, SP, GM, SM	GP	-
A3	SP	-	SW, GP
A2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A2-5	GM, SM	-	GW, GP, SW, SP
A2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A2-7	GM, GC, SM, SC	-	GW, GP, SW, SP
A4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A5	OH, MH, ML, OL	-	SM, GM
A6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

Sumber: Darwis (2018)

4. Sistem Klasifikasi Berdasarkan Butir Tanah (Metode Umum)

Sifat-sifat tanah sedikit banyaknya selalu tergantung pada ukuran butir-butirnya dan ini dipakai sebagai titik tolak untuk penentuan klasifikasiteknis dari tanah. Berdasarkan hal ini, tanah dibagi sebagai berikut (Darwis, 2018):

Tabel 5. Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Ukuran Butir

Jenis Tanah	Batasan Ukuran Butir
Berangkal (<i>Boulder</i>)	>8 inci (20 cm)
Kerakal (<i>Cobblestone</i>)	3 inci – 8 inci (8 – 20 cm)
Batu Kerikil (<i>Gravel</i>)	2 mm – 3 inci (2 mm – 8 cm)
Pasir Kasar (<i>Course Sand</i>)	0,6 mm – 2 mm
Pasir Sedang (<i>Medium Sand</i>)	0,2 mm – 0,6 mm
Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	0,06 mm – 0,2 mm
Lanau (<i>Silt</i>)	0,002 mm – 0,06 mm
Lempung (<i>Clay</i>)	< 0,002 mm

Sumber: Darwis (2018)

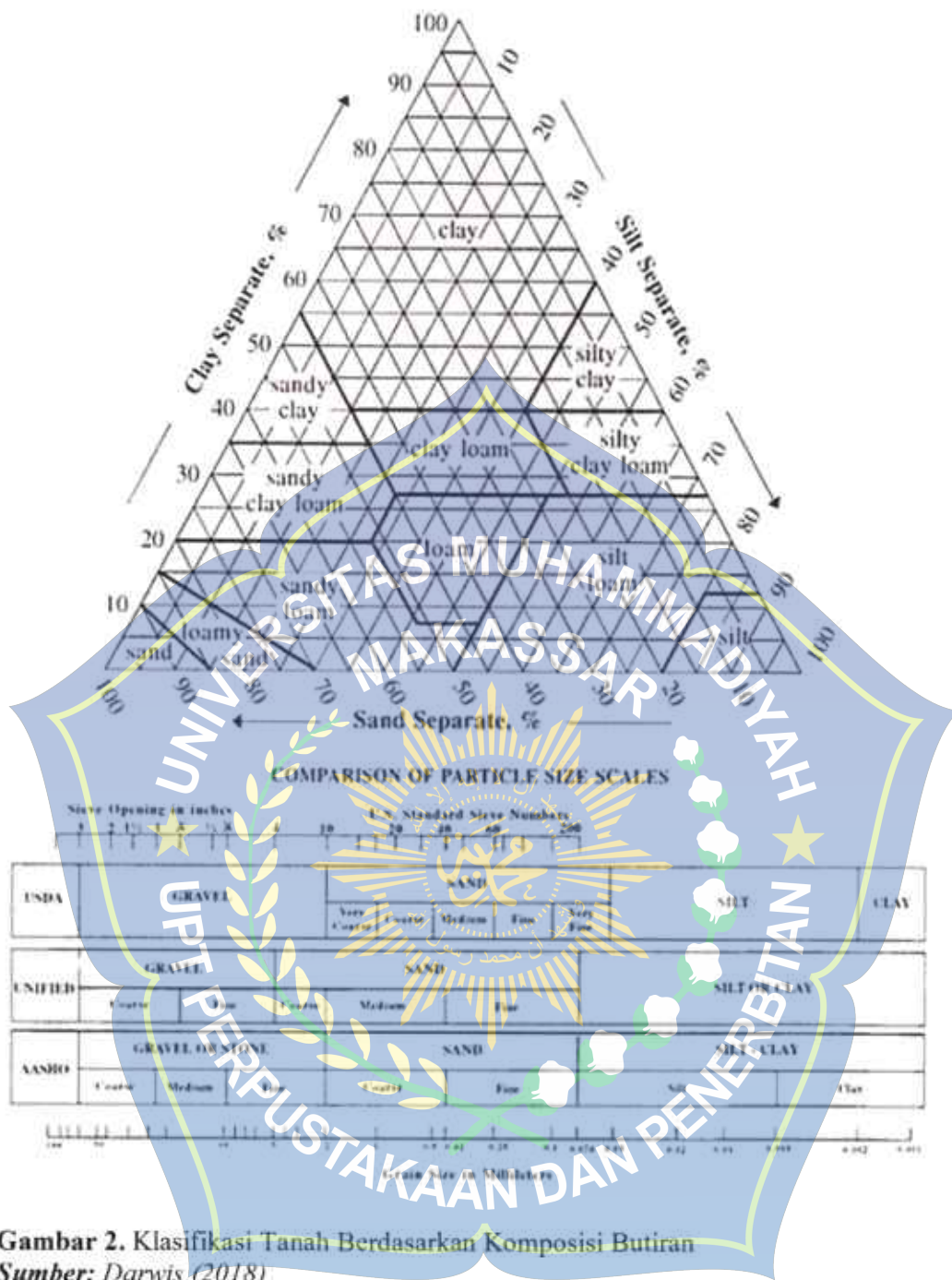
Untuk tanah-tanah yang berbutir kasar, maka sifat-sifatnya sangat tergantung pada ukuran butirnya, sehingga distribusi ukuran butir-butir itu adalah satu-satunya sifat yang dipakai untuk mengklasifikasikan tanah-tanah granuler. Akan tetapi lain halnya dengan tanah berbutir halus. Pada tanah-tanah yang berbutir halus diketahui bahwa tidak ada hubungan langsung antara sifat-sifatnya dengan ukuran butir-butirnya. Karena itu, untuk menyatakan sifat-sifat dan mengklasifikasikannya dipakai metoda-metoda lain, yaitu terutama dengan percobaan Batas Atterberg dan/atau percobaan Dilatasi (Darwis, 2018).

Dengan kata lain, apabila sudah jelas diketahui bahwa butir-butir tanah tertentu seluruhnya lebih halus dari 0,08 mm, maka tidak perlu lagi mengukur lebih lanjut ukuran butir-butirnya, untuk menentukan apakah tanah itu lanau atau lempung. Penentuannya dilakukan atas dasar hasil-hasil percobaan-percobaan Batas Atterberg atau Dilatasi. Adalah penting untuk diketahui perbedaan antara istilah lempung dan fraksi lempung atau lanau dengan fraksi lanau.

- a. Lempung; adalah suatu istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang berbutir halus yang bersifat seperti lempung, yaitu memiliki sifat kohesi, plastisitas, dan tidak memperlihatkan sifat dilatansi, serta tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti.
- b. Fraksi lempung; menunjukkan bagian berat butir-butir dari tanah yang lebih halus dari 0,002 mm.
- c. Lanau; adalah suatu istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang berbutir halus namun lebih kasar dari butiran lempung, yang sedikit memiliki sifat kohesi, dan tidak memiliki sifat plastisitas.
- d. Fraksi lanau; adalah bagian berat bahan antara 0,002 – 0,06 mm.

Dalam banyak hal, tanah itu terdiri dari ukuran-ukuran butir yang meliputi beberapa macam ukuran tersebut diatas. Untuk menyatakannya dipakai istilah seperti; kerikil kepasiran yaitu terutama terdiri dari batu kerikil, tetapi ada mengandung sejumlah pasir; pasir kelanauan yaitu lebih banyak mengandung pasir, tetapi juga ada mengandung sejumlah lanau; dan lain sebagainya.

Dengan sedikit pengalaman adalah mungkin melakukan klasifikasi dan menyatakan dengan tepat suatu tanah, semata-mata dengan hany amelihatnya, mengerjakannya, dan meremas kembali. Pada waktu melakukan hal ini harus diingat bahwa istilah-istilah yang dipakai dalam pernyataan mekanika tanah (pasir, lempung, dsb) hampir selalu mempunyai arti yang sama dengan arti dalam pemakaian sehari-hari. Langkah pertama untuk meyatakan sesuatu tanah adalah menentukan apakah bagian terbesar dari tanah itu masuk ke dalam katagori pasir dankerikil ataukah kedalam kelompok lempung dan lanau. Garis pemisah antara



Gambar 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Komposisi Butiran
Sumber: Darwis (2018)

5. Tanah Granuler

a) Pengertian Tanah Granuler

Tanah granuler merupakan tanah berbutir kasar tidak memiliki komponen kohesi ($c=0$), maka kuat gesernya hanya bergantung pada gesekan antara butiran tanah (Hardiyatmo,2002). Jenis tanah yang termasuk kedalam tanah granuler yaitu pasir, krikil, batuan dan campurannya. Sifat-sifat tanah berbutir kasar tergantung pada ukuran butirannya, sehingga distribusi ukuran butir adalah satu satunya sifat yang dipakai dalam mengklasifikasikan tanah granuler. Tanah berbutir kasar yang terdiri dari krikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan no.200 ($F_{200}<50$). Dikategorikan sebagai pasir kasar apabila lebih dari 50% ukuran butirnya berkisaran antara 0.6 mm – 2 mm, dan dikategorikan sebagai pasir sedang apabila 15 lebih dari 50% ukuran butirnya berkisaran antara 0.2 mm – 0.6 mm. sedangkan untuk pasir halus ukuran butirnya berkisar antara 0.06 mm – 0.2 mm.

b) Karakteristik Tanah Granuler

Pada tanah yang berbutir kasar (*granuler soil*), karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh ukuran butir, komposisi dan struktur partikelnya. Sehingga parameter tanah granuler sangat tergantung pada faktor-faktor tersebut. Demikian pula di dalam memilih jenis dan metode perbaikan pada tanah granuler, juga sangat tergantung pada karakteristik tersebut (Darwis,2017).

Jenis tanah granuler dalam konsistensinya bisa dalam bentuk kerikil, pasir atau lanau. Karakteristik tanah granuler yang digambarkan oleh distribusi ukuran butiran, susunan, serta kerapatan butiran, akan sangat mempengaruhi berbagai

parameter tanah seperti angka pori, porisitas, berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam tanah. Oleh karena itu di alam, biasa ditemukan tanah granuler dalam konsistensi padat (dense), longgar (loose), atau bahkan dalam bentuk sarang lebah (honeycomb), yang dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut (Darwis, 2017):



Gambar 3. Susunan Butiran Tanah Granuler

Sumber: Darwis (2017)

c) Sifat Fisik Dan Teknis Tanah Granuler

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

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

2. Merupakan material yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah, struktur bawah tanah, dan lain-lain, karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Mudah dipadatkan dan merupakan material untuk drainasi yang baik, karena lolos air.
3. Tanah yang baik untuk timbunan, karena mempunyai kuat geser yang tinggi
4. Bila tidak dicampur dengan material kohesif, tidak dapat digunakan sebagai bahan tanggul, bendungan, kolam, dan lain-lain, karena permeabilitasnya besar. Galian pada tanah granuler yang terendam air perlu penanganan yang baik.
5. Kuat geser dan kompresibilitas tanah granuler tergantung dari kepadatan butiran yang biasanya dinyatakan dalam kerapatan relative (D_r).
6. Tanah granuler tergantung pada ukuran dan bentuk butirannya. Semakin besar dan kasar permukaan butiran, semakin besar kuat gesernya. Oleh pengaruh gaya geser, butiran yang kecil mudah sekali menggelinding, sedang pada butiran yang besar, akibat geseran, butiran akan memaksa satu sama lain. Demikian pula mengenai gradasi, jika gradasi semakin baik, semakin besar kuat gesernya.
7. Kapasitas dukung dalam kepadatan sedang atau besar mempunyai kapasitas dukung dan kompresibilitas yang sama seperti kerikil. Namun, jika tidak padat nilai kapasitas dukung izinnnya menjadi rendah oleh persyaratan besarnya penurunan.

B. Porositas dan Angka Pori Tanah

1. Prositas (Porosity)

Porositas adalah perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan Volume total (v). Nilai porositas dapat dinyatakan dalam satuan persen (%) atau dalam satuan decimal. Parameter ini dituliskan dengan Formula sebagai berikut :

$$n = \frac{V_v}{V} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

n = Porositas

V_v = Volume Rongga

V = Volume Total

2. Angka Pori

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

Angka pori (e) adalah perbandingan volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), biasanya dinyatakan dalam persen atau decimal (Hary Cristady Hardiyatmo, 2012).

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (2)$$

keterangan:

e = Angka pori

V_v = Volume rongga

V_s = Volume butiran

3. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori

Gradasi tanah dapat mempengaruhi secara langsung angka pori tanah karena apabila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori antara butiran yang besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit dengan kata lain kemampatannya tinggi (Umy, 2015).

C. Pukulan Hujan

Pukulan butir-butir hujan pada permukaan tanah yang terbuka menghancurkan dan mendispersikan agregat tanah yang mengakibatkan penyumbatan pori tanah di permukaan (Hakim, dkk., 1986).

Gaya pukulan oleh butir-butir air hujan terhadap permukaan tanah akan mengurangi daya infiltrasi. Akibat pukulan-pukulan tersebut butir-butir tanah yang lebih halus pada permukaan tanah akan terpancar dan masuk kedalam ruang-ruang antara, sehingga terjadi efek pemampatan. Permukaan tanah yang terdiri dari atas lapisan yang bercampur tanah liat akan menjadi kedap air karena dimampatkan oleh pukulan-pukulan butir air hujan tersebut. Tetapi tanah pasir (*sandy soil*) tanpa campuran bahan-bahan lain tidak akan dipengaruhi oleh gaya

pukulan buti-butir hujan tersebut. Pemanpatan oleh injakan manusia atau binatang dan lalu lintas kendaraan sangat menurunkan daya infiltrasi (Takeda, 1999).

Semakin tinggi intensitas hujan akan semakin tinggi pula tenaga yang dihasilkan dan semakin banyak partikel tanah yang terlepas dari gumpalan tanah (Morgan, 1980).

Benturan air hujan dengan permukaan tanah akan menghancurkan ikatan struktur tanah dan terlepas menjadi partikel-partikel tanah yang kemudian memercik bersama dengan percikan air hujan (Darmawidjaja, 1981).

D. Intensitas Curah Hujan

1. Pengertian Intensitas Curah hujan

Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butiran-butiran air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan (Triatmojo, 1998).

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

Menurut Joesron (1987), intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu. Analisa intensitas curah hujan dapat diproses

dari data curah hujan yang terjadi pada masa lampau. Intesitas curah hujan ini sangat penting untuk perencanaan seperti debit banjir rencana.

Dari Analisa melalui grafik alat ukur hujan otomatis akan dihasilkan data intensitas curah hujan. Seandainya data curah hujan yang ada hanya curah hujan harian maka oleh Dr. Mononobe yang dikutip oleh (Joesron, 1987) dirumuskan intensitas curah huajn sebagai berikut :

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

Dimana:

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

2. Mekanisme Proses Terjadinya Intensitas Curah Hujan

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang masalah teknis keairan, bersamaan dengan persediaan dan peredaran sirkulasinya. Objek hidrologi meliputi aspek presipitasi, evaporasi dan transpirasi aliran permukaan dan air tanah. Secara umum, pergerakan air di alam terdiri dari beberapa peristiwa (Sumantri, Arif, 2010), yaitu :

- 1) Penguapan air (evaporasi),
- 2) Pembentukan awan (kondensasi),
- 3) Jatuhnya air ke bumi (prespitasi) dan
- 4) Aliran air pada permukaan bumi dan di dalam tanah.

Unsur – unsur hujan yang harus diperhatikan dalam mempelajari curah hujan ialah jumlah curah hujan, dan intensitas atau kekutan tetesan hujan. Lingkungan

air disebut sebagai hidrosfer yang erat kaitannya dengan berlangsungnya kebutuhan air secara kualitatif dan kuantitatif. Sekalipun air jumlahnya relatif konstan, tidak diam, bersikulasi akibat pengaruh cuaca, sehingga terjadi suatu siklus yang disebut siklus hidrologi (*Sumantri, Arif. 2010*).

Sumantri, Arif (2010) menyatakan bahwa Air di bumi mengalami sirkulasi yang terjadi terus-menerus sepanjang masa. Menguap, mengembun, dan mengalir. Air menguap ke udara dari permukaan bumi berubah menjadi awan setelah melalui beberapa proses, kemudian jatuh kembali ke permukaan bumi dalam bentuk hujan, baik hujan air maupun hujan es atau salju.

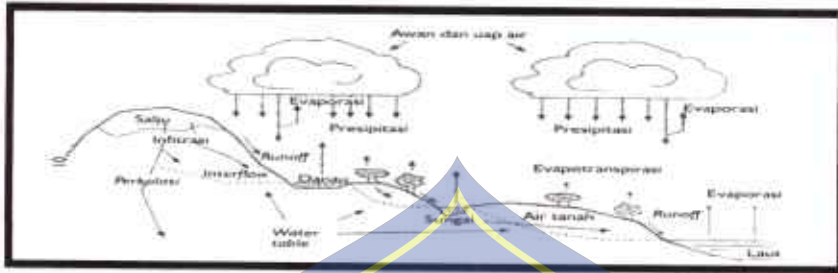
Air hujan yang jatuh di permukaan bumi, sebagian masuk ke dalam tanah, sebagian lainnya masuk mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, mengalir ke daerah-daerah yang rendah dan kemudian masuk ke sungai kemudian bermuara ke laut (*Sumantri, Arif. 2010*).

Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar memasuki sungai kemudian mengalir ke laut. Akan tetapi, sebagian besar tersimpan di dalam tanah sebagai air tanah, dan dalam jangka waktu yang lama air yang terimpan dalam tanah keluar sedikit demi sedikit ke daerah yang rendah di permukaan tanah (*Sumantri, Arif. 2010*).

Sementara itu butir – butir air yang mengalir di permukaan tanah, yaitu air yang tidak sampai masuk ke dalam tanah, tidak seluruhnya mengalir sampai ke laut. Dalam perjalanannya menuju laut sebagian menguap kembali ke udara. Uap air yang naik ke atmosfer bumi ini kembali terbentuk menjadi awan dan jatuh

kembali ke permukaan bumi berupa hujan. Kegiatan ini berlangsung terus menerus sepanjang masa tanpa pernah berhenti (Sumantri, Arif. 2010).

Secara umum dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Siklus Hidrologi

Sumber: Sumantri, Arif. (2010).

Menurut Sumantri, Arif (2010) Proses mengembunnya uap air menjadi hujan dan jatuh menuju bumi ini dinamakan presipitasi (*precipitation*). Proses menguapnya air dari daratan dan lautan menuju atmosfer bumi dinamakan evaporasi (*evaporation*), dan proses menguapnya air dari tanaman disebut transpirasi (*transpiration*), keduanya secara bersama-sama disebut evapotranspirasi.

Adapun proses masuknya air ke dalam tanah yang menyusup melalui pori-pori tanah dinamakan infiltrasi (*infiltration*) atau perkolasi (*percolation*). Aliran air di permukaan bumi dari daratan ke sungai kemudian akhirnya ke laut dinamakan aliran permukaan (*surface stream flow*) (Sumantri, Arif. 2010).

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

Secara keseluruhan, sirkulasi air yang berlangsung di bumi ini mencakup semua proses tadi dan disebut daur hidrologi (*hidrological cycle*) (Sumantri, Arif, 2010).

E. Parameter Infiltrasi

1. Pengertian Infiltrasi

Infiltrasi adalah peristiwa masuknya air ke dalam tanah, yang umumnya (tidak meati) melalui permukaan dan secara vertikal. Jika cukup air maka infiltrasi akan bergerak terus ke bawah yaitu ke dalam profil tanah yang disebut sebagai perkolasi (Arsyad 2010).

Menurut (Asdak, 2010), infiltrasi adalah aliran air masuk ke dalam tanah sebagai akibat gaya kapiler (Gerakan air ke arah lateral) dan gravitasi (gerakan air ke arah vertikal). Setelah lapisan tanah bagian atas jenuh, kelebihan air tersebut mengalir ke tanah yang lebih dalam sebagai akibat gravitasi bumi dan dikenal sebagai proses perkolasi.

Infiltrasi adalah suatu proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Umumnya, infiltrasi yang dimaksud adalah infiltrasi vertikal, yaitu Gerakan kebawah dari permukaan tanah (Jury dan Hartono, 2004).

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).

2. Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi adalah banyaknya air yang masuk melalui permukaan tanah dan mengalir ke dalam profil tanah per satuan waktu (Luki,1989).

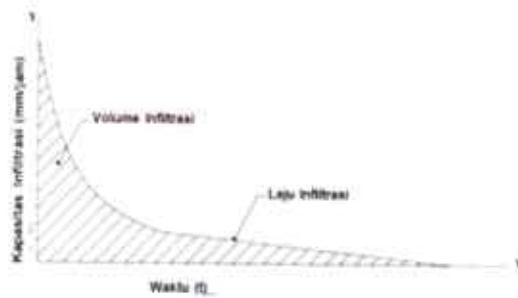
Asdak (2010), menjelaskan bahwa laju infiltrasi merupakan banyaknya jumlah air persatuan waktu yang masuk melalui permukaan tanah, dinyatakan dalam mm/jam. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain tutupan lahan, jenis tanah dan kemiringan lereng. Beberapa faktor lain yang juga mempengaruhi laju infiltrasi seperti tekstur, kadar air, porositas, C-orgaik, permeabilitas dan *bulk density*.

3. Kapasitas Infiltrasi

Kapasitas infiltrasi adalah jumlah maksimum air yang dapat diserap profil tanah atau dapat juga disebut dengan banyaknya air yang dapat diserap oleh tanah sampai jenuh, satuannya adalah mm/jam atau mm/hari. Kapasitas infiltrasi ini akan meningkat pada awal hujan dan kemudian nilainya makin lama semakin menurun (Luki,1989).

Menurut (Mawardi, 2012) kapasitas infiltrasi dapat ditentukan dengan metode percobaan lapangan secara langsung dengan menggunakan infiltrometer, atau dapat diperkirakan menurut rumus empiris yang sudah dikembangkan.

Kapasitas infiltrasi adalah laju maksimum air dapat masuk kedalam tanah pada suatu saat (Arsyad 1989). Kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi dinyatakan dalam mm/jam atau cm/jam.



Gambar 5. Kurva Kapasitas Infiltrasi
Sumber: Bambang Triatmojo (2008)

Gambar 5. menunjukkan kurva kapasitas infiltrasi (f_p), merupakan fungsi waktu. Pada saat awal terjadi, kapasitas infiltrasi tinggi karena kedua gaya kapiler dan gravitasi menarik air kedalam tanah. Saat tanah

4. Pengaruh infiltrasi terhadap perubahan angka pori

Apabila terjadi perubahan angka pori dengan bertambahnya kadar air akibat adanya infiltrasi air hujan, ini menunjukkan bahwa, terjadi perubahan volume dimana tanah akan mengembang dengan bertambahnya kadar air, perubahan angka pori yang terjadi pada tanah lempung yang banyak terdapat pada tanah dikedalaman 15 sampai 30 meter pada suatu lokasi mempunyai angka pori yang besar pada kondisi awalnya. Pada kondisi ini tanah sudah banyak mengandung air dalam pori-pori tanahnya, dimana dengan adanya air dalam pori tanah akan menyebabkan jarak antara butiran tanah akan menjadi lebih jauh, sedangkan pada tanah pasir berlanau yang terdapat dalam tanah dikedalaman 5 meter dan 10 meter, kandungan air dalam tanah lebih kecil karena sifat pasir dan lanau yang kurang menyerap air pada permukaan tanahnya, sehingga angka pori juga kecil dan perubahan volume yang terjadi akibat adanya air tidak menyebabkan tanah mengembang. (Circinia Mangostina, 2010)

A. Matriks Penelitian Terdahulu

Tabel 6. Matriks Penelitian Terdahulu

No	Nama Penulis & Tahun	Judul/Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Kasmawati ; Nurhikmah 2019	Analisa Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori Dan Kerapatan Relatif Pada Frekuensi Hujan Berulang	Penelitian ini menggunakan Metode eksperimental laboratorium dengan menggunakan alat <i>rainfall simulator</i>	Penelitian ini menunjukkan perubahan angka pori dan peningkatan kerapatan relatif pada setiap frekuensi hujan dikarenakan oleh pukulan air hujan yang semakin diujani semakin besar pula pukulan hujan yang terjadi terhadap tanah.
2.	Abdul Rakhim Nanda; Eki Sandi ; Sulvahanra 2019	Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Permeabilitas Dan Waktu Penggenangan (<i>Ponding Time</i>) Pada Jenis Tanah <i>Common Soil</i>	Penelitian ini menggunakan Metode eksperimental laboratorium dengan menggunakan alat <i>rainfall simulator</i> .	Penelitian ini menunjukkan nilai koefisien permeabilitas berbanding terbalik dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan frekuensi hujan. Tinggi genangan dan waktu final genangan berbanding lurus dengan meningkatnya intensitas curah hujan dengan variasi frekuensi hujan.

No	Nama Penulis & Tahun	Judul/Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Mohammad Syaiful Pradana ; Awawin Mustana Rohmah 2018	Pemodelan Angka Pori Pada Stabilitas Tanah Gambut	Penelitian ini dilakukan dengan model matematika dari stabilitas tanah gambut di laboratorium.	Dalam penelitian ini diperoleh model matematis salah satu sifat fisik tanah gambut, yaitu bilangan pori dalam stabilitas tanah gambut. Setelah model disimulasikan, diketahui terjadi penurunan nilai pori tanah hingga kondisi konstan. penurunan jumlah pori disebabkan oleh reaksi kimia yang terjadi oleh zat aditif yang membuat pori-pori tanah mengecil.
4.	Dyah Pratiwi Kusumastuti ; Irma Sepriyanna ; Hastanto Sm 2018	Perubahan Angka Pori Tanah Lunak Terstabilisasi Dengan Serbuk Kaca Dan Sekat Karung Plastik	Penelitian ini menggunakan Metode eksperimental laboratorium dengan melakukan uji konsolidasi.	Berdasarkan hasil pengujian, berat jenis tanah lunak minimum sebesar 1,863 yang merupakan tanah asli + 10% serbuk kaca + 0,5% serat karung plastic atau mengalami penurunan sebesar 9,387 % dibandingkan berat jenis tanah asli. Penambahan serbuk kaca kaca dan serat karung plastic optimum pada kombinasi tanah asli + 10% serbuk kaca +0,25% serat

No	Nama Penulis & Tahun	Judul/Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
5.	Syahrir, Muh. Nur Jayadi 2018	Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Angka Pori Dan Kerapatan Relatif Pada Jenis Tanah Common Soil	Penelitian ini menggunakan Metode eksperimental laboratorium dengan menggunakan alat <i>rainfall simulator</i> .	karung plastic dengan angka pori sebesar 0,76 atau mengalami penurunan sebanyak 2,56% dibandingkan angka pori tanah asli pada pembebanan 16 kg. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas curah hujan maka angka pori semakin kecil, begitupun dengan frekuensi hujan, semakin banyak frekuensi hujan yang terjadi maka angka pori semakin kecil. Sedangkan kerapatan relatif berbanding lurus dengan intensitas curah hujan, semakin tinggi intensitas curah hujan maka kerapatan relatif semakin besar, begitupun dengan frekuensi hujan, semakin banyak frekuensi hujan yang terjadi maka kerapatan relatif semakin besar.
6.	I Nengah Sniarta 2016	Tegangan Pori Negative Sebagai Parameter Stabilitas Lereng Tanah	Penelitian ini menggunakan Metode <i>filter paper</i> .	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi tanah kering memiliki parameter kuat geser (c

No	Nama Penulis & Tahun	Judul/Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
7.	Wilson ; Alfred Jonathan Susilo 2018	Tak Jenuh Perbandingan Penurunan Konsolidasi Pada Tanah Yang Belum Diperbaiki Serta Yang Diperbaiki Dengan Preloading Dan Pemancangan Keliling	Penelitian ini menggunakan Metode prapembebanan dan pemancangan keliling.	dan ϕ) lebih besar daripada kondisi tanah basah, dimana pada kondisi basah berat isi bertambah, daya apung pada kondisi jenuh menurun tegangan efektif antara butiran sehingga lempung lebih cepat menjadi lemah dan kekuatan geser tanah menurun. Besarnya penurunan kondisi awal untuk tanah yang diperbaiki dengan timbunan serta pemancangan keliling masing- masing adalah 3,74 meter dengan timbunan setinggi 3 meter dan 5,2 meter untuk kedalaman tiang 50 meter . perubahan angka pori berpengaruh terhadap besar, penurunan konsolidasi. Nilai angka pori tanah yang dipadatkan akan menjadi lebih kecil sehingga besar penurunan konsolidasi yang dialami oleh tanah akan ikut berkurang.

No	Nama Penulis & Tahun	Judul/Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
8.	Sabri Ahandi ; 2015	Analisa Numerik Deformasi Horizontal Pada Tanah Lunak Dengan Perkuatan Tanah Granuler Metode <i>Sludge Lock</i>	Penelitian ini menggunakan metode <i>sludge lock</i> yang dilakukan di laboratorium mekanika tanah fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.	Dalam hasil pengujian menunjukkan bahwa perkuatan dengan metode <i>sludge lock</i> yang berisi tanah granuler dapat meningkatkan angka stabilitas atau faktor keamanan dari embankment tersebut dan dapat mereduksi depormisi horizontal yang terjadi, dimana setiap penambahan mkedalaman dari <i>sludge lock</i> dapat mereduksi deforms horizontal lebih besar.p
9.	Dalvy Rivaldo Tumewu ; Hendra Riogilang ; Alva N.Sarajar 2016	Pemeriksaan Kekuatan Tanah Dengan Perkuatan Anyaman Kawat	Penelitian ini menggunakan metode program plaxis	Dari hasil penelitian, faktor keamanan meningkat sesuai dengan pemberian jumlah lapis perkuatan yang diberikan terhadap tanah asli berturut-turut hingga 5 lapis perkuatan: 18.70%, 36.51%, 52.42%, 92.75%,139.44%.
10.	Lola cassiophea 2014	Hubungan Variasi Angka Pori Dengan Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung	Penelitian ini menggunakan Metode eksperimental laboratorium dengan melakukan uji	Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa semakin besar tegangannya maka angka pori semakin mengecil. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi

No	Nama Penulis & Tahun	Judul/Topik	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			konsolidasi.	pemampatan yang lebih besar pada beban yang besar.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penggolongan jenis penelitian menurut proses berlangsungnya prosedur penelitian, dibagi menjadi 3 (tiga) macam penelitian yaitu: penelitian historis, penelitian eksperimen, penelitian survei. Penelitian eksperimen (*experimental research*) yaitu penelitian yang berusaha mencari pengaruh variable tertentu terhadap variable yang lain dalam kondisi yang terkontrol secara ketat.

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam bentuk penelitian eksperimental model (*model experimental research*) tentang 'Studi Pengaruh Gradasi Tanah Granuler Terhadap Perubahan Angka Pori (Δe) Akibat Pukulan Hujan' dengan Metode Simulasi (uji laboratorium)' menggunakan hujan buatan dari alat simulasi yang telah didesain dan dibuat khusus (*specific equipment*).

B. Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada dua lokasi, dimana pengujian karakteristik tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar, dan pengujian model dilakukan di jalan Poros Malino, Desa Lonjoboko, Dusun Bikokoro, Kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu yang berbentuk apa saja yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya.

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

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas (*Independent Variable*) merupakan variable yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini, yaitu:

- a. Gradasi tanah granuler,
- b. Pukulan hujan,

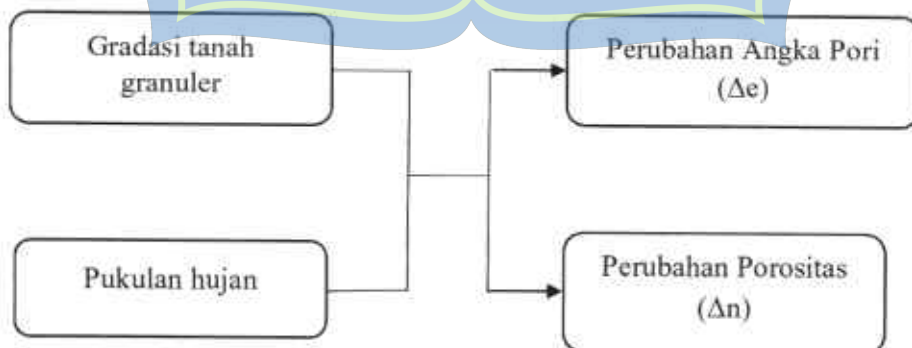
2. Variabel Terikat (*dependent Variable*)

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

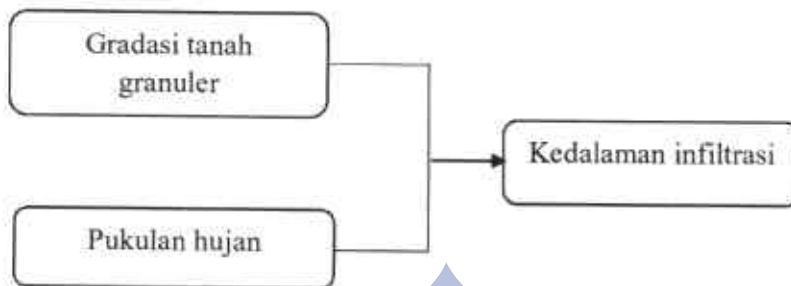
- a. Perubahan Angka pori tanah, (Δe)
- b. Perubahan Porositas (Δn)
- c. Kedalaman infiltrasi

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

- 1) Skema hubungan gradasi tanah granuler dan pukulan hujan dengan perubahan angka pori tanah dan perubahan porositas



- 2) skema hubungan gradasi tanah granuler dan pukulan hujan dengan kedalaman infiltrasi.



D. Definisi Operasional Variabel

Defenisi operasional adalah kontrak atau sifat yang akan dipelajari sehingga menjadi variabel yang dapat diukur. Defenisi operasional menjelaskan cara tertentu yang digunakan untuk meneliti dan mengoperasikan kontrak, sehingga memungkinkan bagi peneliti yang lain untuk melakukan replikasi pengukuran dengan cara yang sama atau mengembangkan cara pengukuran kontrak yang lebih baik. Dalam penelitian ini terdapat empat variabel yang divariasikan dan diamati dengan definisi operasional sebagai berikut :

1. Gradasi Tanah Granuler

Gradasi tanah disebut dengan gradasi agregat dimana gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butiran agregat. dapat juga disebut pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai presentase dari total agregat, atau presentase kumulatif butiran yang lebih kecil, atau lebh besar dari masing-masing seri bukan saringan .

Tanah granuler merupakan tanah berbutir kasar tidak memiliki komponen kohesi ($c=0$), maka kuat gesernya hanya bergantung pada gesekan antara butiran tanah. Tanah granuler, seperti pasir, kerikil, batuan, dan campurannya .

2. Pukulan Hujan

Pukulan butir-butir hujan pada permukaan tanah yang terbuka menghancurkan dan mendispersikan agregat tanah yang mengakibatkan penyumbatan pori tanah di permukaan.

Gaya pukulan oleh butir-butir air hujan terhadap permukaan tanah akan mengurangi daya infiltrasi. Akibat pukulan-pukulan tersebut butir-butir tanah yang lebih halus pada permukaan tanah akan terpancar dan masuk kedalam ruang-ruang antara, sehingga terjadi efek pemampatan. Permukaan tanah yang terdiri dari atas lapisan yang bercampur tanah liat akan mejadi kedap air karena dimampatkan oleh pukulan-pukulan butir air hujan tersebut. Tetapi tanah pasir (*sandy soil*) tanpa campuran bahan-bahan lain tidak akan dipengaruhi oleh gaya pukulan buti-butir hujan tersebut. Pemanpatan oleh injakan manusia atau binatang dan lalu lintas kendaraan sangat menurunkan daya infiltrasi. Pukulan hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi hujan dengan alat *model simulasi*.

Dalam penelitian ini pukulan hujan yang digunakan menggunakan intensitas curah hujan kala ulang 5 tahun (I_5).

3. Perubahan Angka Pori Tanah

Perubahan angka pori tanah (Δe) adalah perubahan nilai angka pori yang diukur setiap selang waktu selama pengujian berlangsung.

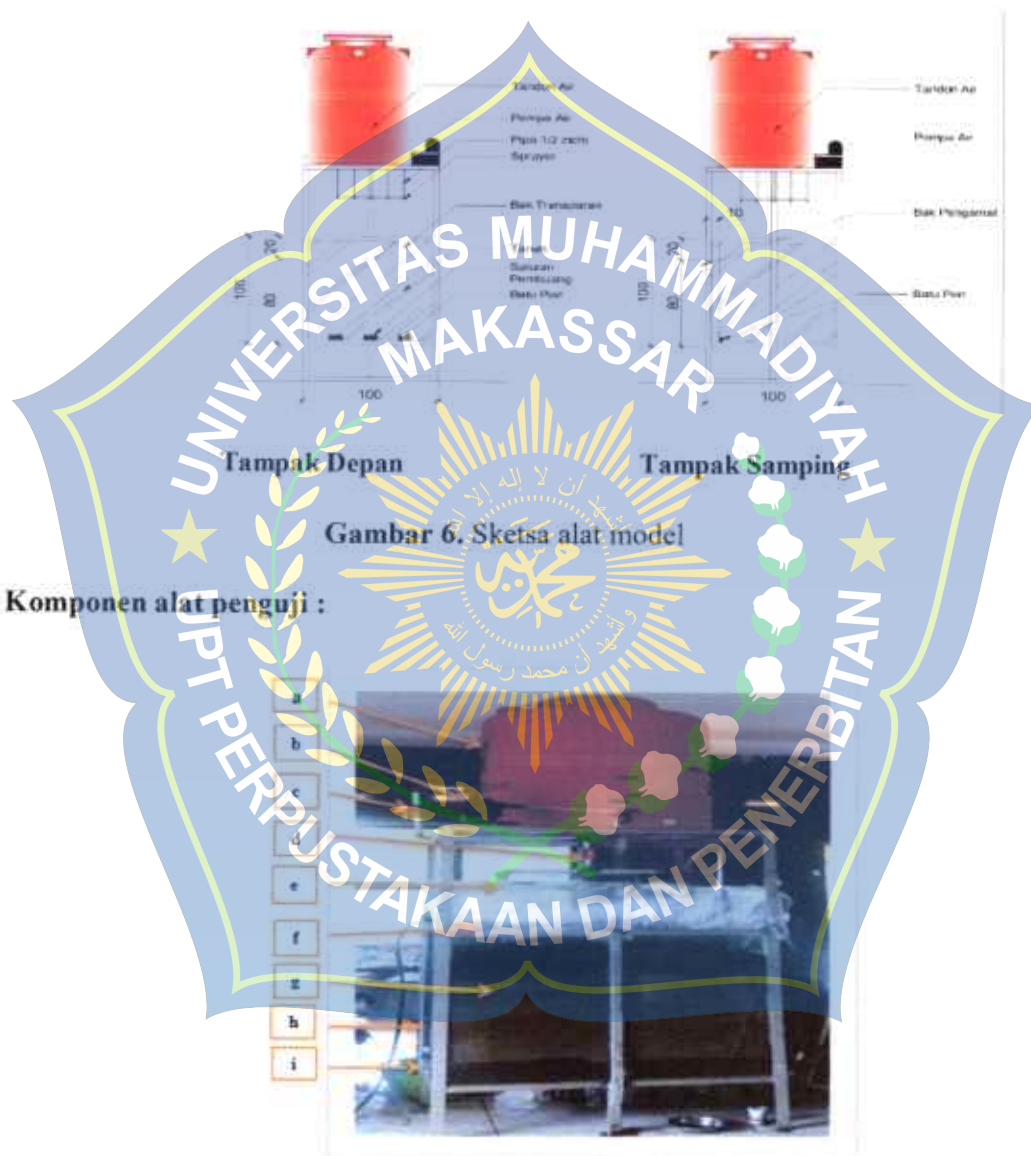
Dalam penelitian ini angka pori tanah diamati saat menghitung volume rongga (V_v) dan volume butiran (V_s), dan perubahan angka pori tanah (Δe) diamati dengan menghitung selisih angka pori awal tanah sebelum diujani (e_0) dan angka pori akhir (e_1) setelah tanah diujani.

4. Kedalaman infiltrasi

Kedalaman infiltrasi adalah kedalaman rembesan air yang jatuh dipermukaan tanah yang dicatat dari waktu ke waktu selama pengujian berlangsung.

E. Rancangan Penelitian

1. Dalam penelitian ini menggunakan alat model simulasi.



Gambar 7. Foto Alat model

Komponen Alat Penguji :

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

Alat bantu yang digunakan dalam penelitian ini

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

F. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

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

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

2. Tahap penentuan dan pemeriksaan media tanah

Penentuan jenis tanah dengan melakukan uji karakteristik tanah sesuai dengan tanah yang akan di amati yaitu, tanah Granuler. Setelah pengambilan sampel tanah, tanah tersebut terlebih dahulu dijemur dibawah sinar matahari sampai kering, setelah tanah dalam keadaan kering kemudian tanah tersebut disaring dengan nomor ayakan yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan penelitian, agar mendapatkan kondisi tanah yang bagus untuk dilakukan penelitian pada alat model simulasi.

3. Prosedur Perakitan

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

- 2) Memasang bak kaca dengan ketebalan 12 mm disetiap sisi yang telah diukur sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, yang terdiri atas dua bilik yakni bilik pertama untuk bak tanah, dan bilik kedua untuk bak pengamatan genangan air.
- 3) Memasang tiga batu pori antara bak tanah yang dimaksudkan untuk mengalirkan air tanah kedalam bak pengamatan.
- 4) Memasang mistar ukur disisi depan dan sisi belakang alat untuk mengetahui flrkuatuasi muka air tanah, kedalaman infiltrasi dan ketinggian tekanan kapiler.
- 5) Memasang alat hujan buatan yang terdiri dari pvc, stop keran, dan nozzle sebanyak 5 unit.
- 6) Memasang mesin air untuk membantu mengalirkan hujan buatan secara konstan.
- 7) Memasang bak air (tendon) untuk menampung air untuk mensimulasikan hujan buatan sesuai kebutuhan pengujian

4. Kalibrasi Alat

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

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

$$\text{Volume Hujan} = I \times t \times A \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

I : intensitas hujan

t : waktu

A : luas permukaan tanah

5. Running Test

Sebelum prosedur pengujian model simulasi hujan dilaksanakan, terlebih dahulu sampel yang telah dimasukkan kedalam bak kaca dilakukan pemadatan tanah (vibrasi) pada bak uji. Adapun tinggi sampel yang di rencanakan sekitar 80 cm.

Adapun prosedur pengamatan angka pori tanah dan kedalam infiltrasi adalah sebagai berikut:

- 1) Setelah Tanah dikondisikan dalam bak, kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 50 ml untuk keperluan perhitungan angka pori awal (e_0) yaitu pada saat sebelum tanah di hujani.
- 2) Tanah yang telah diambil kemudian dicampurkan dengan air hujan sebanyak 70 ml.
- 3) Tanah yang telah tercampur dengan air kemudian didiamkan sampai tanah tersebut jenuh.
- 4) Setelah tanah jenuh, selanjutnya dapat dilakukan pengukuran angka pori.
- 5) Pengukuran kedalaman infiltrasi dilakukan pada saat proses menghujani sampel, yang diukur setiap menitnya.
- 6) Setelah hujan buatan dihentikan dan air yang terinfiltrasi sama dengan nol kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 50 ml untuk keperluan perhitungan angka pori akhir (e_1) untuk pukulan hujan pertama (p_1).
- 7) Setelah pengambilan sampel untuk angka pori akhir (e_1) pukulan hujan pertama (p_1) sebanyak 50 ml, tanah kemudian dihujani kembali selama 30 menit.

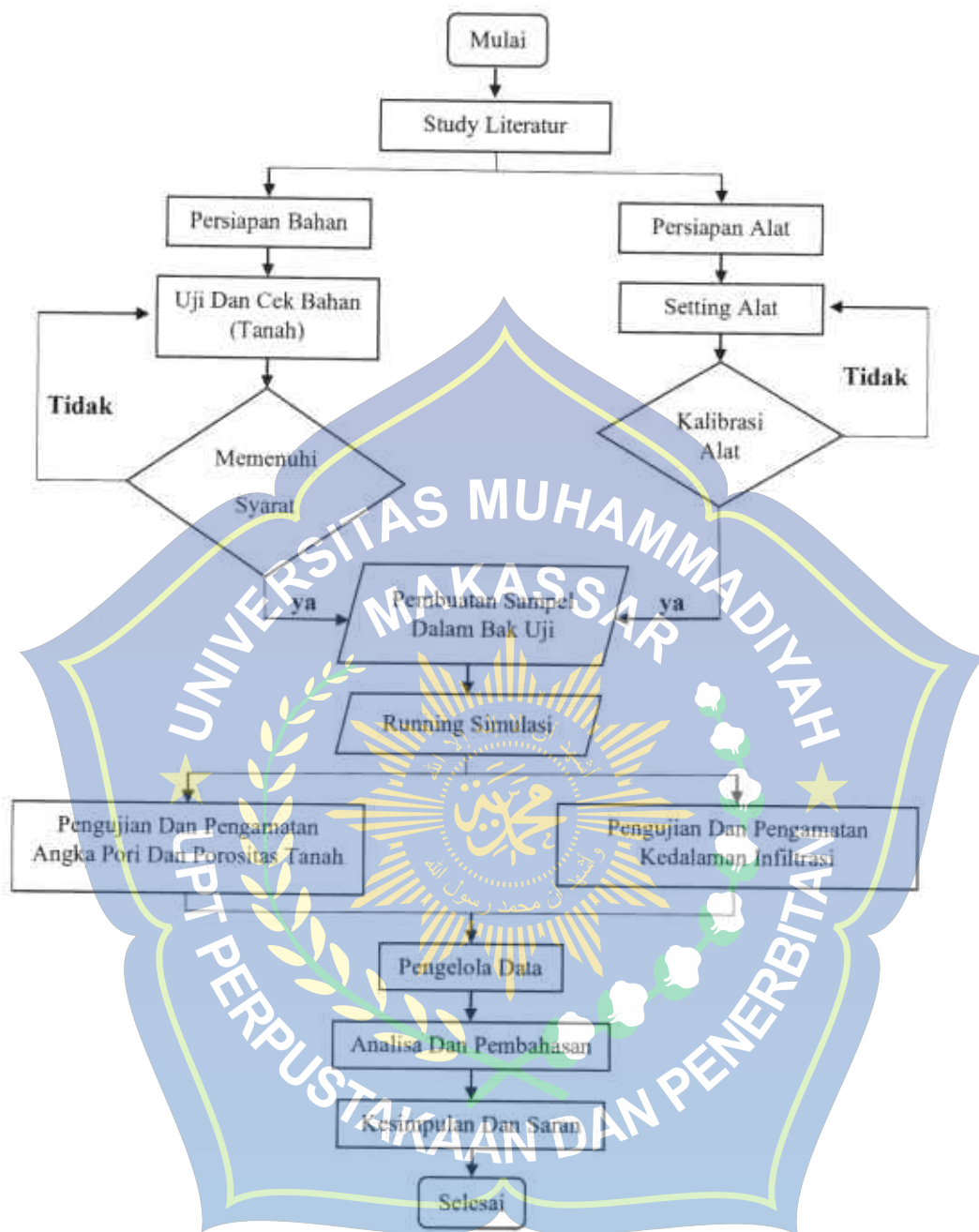
- 8) Setelah tanah selesai dihujani untuk pukulan hujan kedua (P2), kemudian dilakukan kembali pengambilan sampel sebanyak 50 ml untuk keperluan perhitungan angka pori akhir (e_2) untuk pukulan hujan ke dua (p_2).

G. Teknik Analisa Data

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

1. Hubungan antara gradasi tanah dengan perubahan angka pori (Δe) akibat pukulan hujan yang diamati sebelum dan sesaat setelah dihujani.
2. Hubungan antara intensitas curah hujan dengan gradasi tanah granuler (Δe) dan porositas (n) yang diamati setelah di hujani sampai mencapai kondisi stabil
3. Hubungan antara gradasi tanah granuler dan intensitas curah hujan terhadap kedalaman infiltrasi.

H. Bagan Dan Alur Penelitian



Gambar 8. Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

Berdasarkan hasil penelitian pada 5 jenis gradasi tanah pada angka pori tanah dengan pukulan hujan (studi laboratorim) maka didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Klasifikasi Tanah

Dari hasil pengamatan sampel tanah dengan uji Analisa saringan pada laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar, didapatkan hasil klasifikasi pasir halus, pasir sedang halus, pasir sedang, pasir sedang kasar, dan pasir kasar. Dapat dilihat pada tabel

Tabel 7. Hasil Rekapitulasi Analisa Saringan

No	Tempat Pengambilan Sampel	Jenis Sampel	Hasil Rekapitulasi		
			Kasar	Sedang	Halus
1	Sungai Barombong	Halus	2,9 %	7,9 %	89,2%
2	Sungai Parigi	Sedang halus	5,6 %	61,1 %	32,3 %
3	Sungai Jenelata	Sedang	0,5 %	75,0 %	23,5 %
4	Bendungan Bissua	Sedang Kasar	50,7 %	43,4 %	9,9 %
5	Bendungan Bili-bili	Kasar	53,7 %	41,5 %	4,2 %

2. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Perubahan Angka pori akibat pukulan hujan

Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat model dengan metode simulasi. Penyajian data dan analisis angka pori pada 5 jenis tanah dan waktu dihujani, untuk hasil pengamatan dari proses tersebut disajikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 8. hasil perhitungan angka pori pada 5 jenis tanah

Jenis Tanah	Angka Pori			
	e0	e1	e2	e3
Halus	0,79	0,09	0,03	0
Sedang Halus	0,85	0,11	0,04	0
Sedang	0,92	0,15	0,06	0
Sedang Kasar	0,97	0,17	0,06	0
Kasar	1,00	0,19	0,06	0

Sumber : hasil perhitungan

Dari hasil pengamatan angka pori (e) yang terdapat pada tabel 8 dituangkan dalam grafik pada gambar 9



Dari hasil perhitungan angka pori (e) yang terdapat pada tabel 8, dapat dilihat perbandingan antara angka pori awal pada pasir halus hingga angka pori akhir pasir kasar, dimana semakin halus gradasi tanah maka semakin kecil pula angka porinya.

Tabel 9. Perubahan angka pori (Δe)

Jenis Tanah	Perubahan Angka Pori		
	Δe_1	Δe_2	Δe_3
Halus	0.70	0.06	0.03
Sedang Halus	0.74	0.07	0.04
Sedang	0.77	0.09	0.06
Sedang Kasar	0.80	0.11	0.06
Kasar	0.81	0.13	0.06

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perubahan angka pori (Δe) yang terdapat pada tabel 9 dituangkan dalam grafik pada gambar 10

**Gambar 10.** Grafik Perubahan Angka Pori Tanah

Dari hasil perhitungan perubahan angka pori (Δe) yang terdapat pada grafik 10, dapat disimpulkan perubahan angka pori tanah granuler pada pukulan hujan pertama lebih besar dari pada perubahan angka pori pada pukulan hujan kedua, dan selanjutnya perubahan angka pori pada pukulan hujan ketiga memberi angka terkecil.

3. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Perubahan Porositas akibat pukulan hujan

Dalam penelitian ini pengujian data porositas pada 5 jenis tanah dan waktu dihujani, dimana hasil pengamatan dari proses tersebut disajikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 10. Hasil pengamatan porositas(n) pada 5 jenis tanah

Jenis Tanah	Porositas (n)		
	n0	n1	n2
Halus	0,44	0,08	0,03
Sedang Halus	0,46	0,10	0,04
Sedang	0,48	0,13	0,06
Sedang Kasar	0,49	0,15	0,06
Kasar	0,50	0,16	0,06

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 11. Grafik Porositas (n)

Dari hasil perhitungan porositas (n) yang terdapat pada grafik 11, dapat dilihat perbandingan porositas dengan jenis tanah, dimana gradasi tanah halus porositasnya lebih kecil dari pada gradasi tanah kasar.

Tabel 11. perubahan porositas (Δn)

Jenis Tanah	Perubahan Porositas		
	$\Delta n1$	$\Delta n2$	$\Delta n3$
Halus	0,36	0,05	0,03
Sedang Halus	0,36	0,06	0,04
Sedang	0,35	0,07	0,06
Sedang Kasar	0,35	0,09	0,06
Kasar	0,34	0,10	0,06

Sumber : Hasil Perhitungan



4. Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Kedalaman Infiltrasi

Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat model dengan *metode simulasi*. Penyajian data kedalaman infiltrasi pada 5 jenis tanah dan waktu diujani, untuk hasil pengamatan dari proses tersebut disajikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 12. Kedalaman Infiltrasi

Waktu (Menit)	Jenis Tanah				
	Halus	Sedang halus	Sedang	Sedang kasar	Kasar
1	79	77	73.5	71.6	73.4
2	78.5	73	69.9	70	71.8
3	78.5	71.7	70.2	69.2	70.2
4	78	71	68.3	67.2	68.3
5	77.7	70	66.8	65.9	66.8
6	77	69.8	63.9	65.2	63.9
7	76.1	69	63.1	64	63.1
8	74	68.5	60.6	62.9	60.6
9	72.9	68	58.3	61.9	58.3
10	71.5	66	57.1	61.2	57.1
11	69.6	64	54.8	60.2	54.8
12	67.6	63.3	53.9	57.2	53.9
13	66.3	62.7	52.1	57	52.1
14	64	61.8	50.5	55.1	50.5
15	62.8	60.7	49.1	54.4	49.1
16	62.5	59.9	47.7	53.6	47.7
17	60	59.1	46.1	52	46.1
18	59	58.3	45.8	50	43.9
19	58	58	45.1	48.9	42.6
20	57.4	57.1	45	47.6	41.5
21	57	56.8	44.6	47.6	40
22	56.8	57.9	44.2	45.6	38.5
23	56.4	57.2	44	44.9	37.5
24	56	56.2	43.8	43.8	36.4
25	55.5	55.3	43.4	42.4	33
26	55.1	55	43	42	
27	54.4	54.6	42.2	41.2	

Waktu (Menit)	Jenis Tanah				
	Halus	Sedang halus	Sedang	Sedang kasar	Kasar
28	54	54.3	41.8	38.9	
29	53.7	53.5			
30	53.3	52			
31	52.6	51.4			
32	52.1	51			
33	51.5	49.8			
34	51				
35	50.6				
36	49.9				



BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

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

1. Pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan angka pori tanah granuler pada pukulan hujan pertama lebih besar dari pada perubahan angka pori pada pukulan hujan kedua, dan selanjutnya perubahan angka pori pada pukulan hujan ketiga memberi angka terkecil.
2. Pengaruh gradasi tanah granuler terhadap perubahan porositas tanah pada pukulan hujan pertama lebih besar dari pada perubahan porositas pada pukulan hujan kedua, dan selanjutnya perubahan porositas pada pukulan hujan ketiga memberi angka terkecil.
3. Pengaruh gradasi tanah granuler terhadap kedalaman infiltrasi pada lima jenis tanah granuler (*granuler soil*) mengalami perubahan berbanding lurus dimana semakin kasar gradasi tanah maka semakin dalam air terinfiltrasi. Sebaliknya semakin halus partikel pasir semakin lama waktu infiltrasi.

B. SARAN

Dalam penelitian ini menggunakan jenis 5 jenis gradasi tanah yang berbeda dan menggunakan intensitas curah hujan yang sama I_5 , disarankan penelitian berikutnya menggunakan jenis tanah yang berbeda dan intensitas curah hujan yang berbeda pula dan perhatikan alat sebelum digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahandi, S. A. B. R. I. (2015). *Analisa Numerik Deformasi Horisontal pada Tanah Lunak dengan Perkuatan Tanah Granular Metode Sludge Lock*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Andara, A., Malamassam, D., & Arsyad, (2018). *U. Laju Infiltrasi Pada Tegakan Mahoni Dan Lahan Terbuka* :Universitas Hasanuddin
- Asdak, Chay. (2010). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Cassiophea Lola. (2014). *Hubungan Variasi Angka Pori dengan Pemurunan Konsolidasi Tanah Lempung*. Universitas Palangkaraya.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah 1*. Erlangga, Jakarta.
- Delima, D., Akbar, H., & Rafli, M. (2018). *Tingkat Laju Infiltrasi Tanah Pada Das Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara*. *Jurnal Agrum Unimal*, 15(1), 17-28.
- Harisuseno, D., Cahya, E. N., & Puspasari, R. L. (2017). *Studi Pengaruh Sifat Fisik Tanah Terhadap Karakteristik Laju Infiltrasi*. Universitas Brawijaya.
- Hardiyatmo, Hary Chirstady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Harisuseno, D., Cahya, E. N., & Puspasari, R. L. (2017). *Studi Pengaruh Sifat Fisik Tanah Terhadap Karakteristik Laju Infiltrasi*. Universitas Brawijaya.
- Kusumastuti, D. P., Sepriyanna, I., & Hastanto, S. M. (2018). *Perubahan Angka Pori Tanah Lunak Terstabilisasi Dengan Serbuk Kaca Dan Serat Karung Plastik*. *Prosiding Semnastek*.
- Nanda, A. R., Sandi, E., & Sulvahendra, S. (2019). *Analysis Of The Effect Of Rain Frequency On Permeability And Pondong Time On Type Soil Common Soil (Laboratory Testing Study With Rainfall Simulator)*. *TEKNIK HIDRO*, 12(1), 1-11.
- Nurhikma, Sukmawati, 2017. *Pengaruh Gradasi Tanah Terhadap Angka Pori dan Kerapatan Relatif Pada Frekuensi Hujan*

- Berulang (Studi Laboratorium dengan Rainfall Simulator)* [skripsi]. Makassar (ID): Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Panguriseng, Darwis, (2018). *Buku Ajar Mekanika Tanah Dasar (1)*. Makassar:Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Panguriseng, Darwis, (2007). *Buku Ajar Dasar-dasar Pernaikan Tanah (1)*. Makassar:Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Sugiyono. 2002. *Metode Penelitian Administrasi*. Bandung: CV Alfabeta.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syahrir, Muh.Nur Jayadi, 2018. *Analisis Pengaruh Frekuensi Hujan Terhadap Angka Porositas dan Kerapatan Relatif Pada Jenis Tanah Common Soil (Studi Laboratorium dengan Rainfall Simulator)* [skripsi]. Makassar (ID): Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Tumewu, D. R., Riogilang, H., & Sarajar, A. N. (2016). *Pemeriksaan Kekuatan Tanah Dengan Perkuatan Anyaman Kawat (Studi Kasus: Kawasan Tinoor)*. *Jurnal Sipil Statik*, 4(8).
- Umy, 2015 "Gradasi Tanah". <http://umy.ac.id/files/2015/B.gradasi-agregat.html>. (diakses 19-9-2020)
- Wibowo, H., 2013. *Laju infiltrasi pada lahan gambut yang dipengaruhi air tanah (study kasus Sei Raya dalam Kecamatan Sei Raya Kabupaten Kubu Raya)*.: Kubu Raya
- Wilson, W., & Susilo, A. J. (2018). *Perbandingan Penurunan Konsolidasi Pada Tanah Yang Belum Diperbaiki Serta Yang Diperbaiki Dengan Preloading Dan Pemancangan Keliling*. *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1(2), 151-160.

L

A

M

P

I

R

A

N





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani

Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16

Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler
pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(PASIR HALUS)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Halus =		1000.00 gr	
		Tertahan		Prosentase Kumulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4.75	2	0.20	0.20	99.80
8	2.36	19	1.90	2.10	97.90
16	1.18	8	0.80	2.90	97.10
30	0.60	20	2.00	4.90	95.10
40	0.42	30	3.00	7.90	92.10
50	0.30	18	1.80	9.70	90.30
60	0.25	11	1.10	10.80	89.20
100	0.15	78	7.80	88.90	11.10
200	0.075	55	5.50	94.40	5.60
PAN		56	5.60	100.00	0.00
Jumlah		1000			

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Syarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

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



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler pada Tanah Granuler

GRAFIK ANALISA SARINGAN
(PASIR HALUS)

No. 4

ANALISA SARINGAN





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani

Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16

Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler
pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(PASIR SEDANG HALUS)

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

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Syarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar



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



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler pada Tanah Granuler

GRAFIK ANALISA SARINGAN
(PASIR SEDANG HALUS)





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani

Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16

Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler
pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(PASIR SEDANG)

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

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Syarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

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



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler pada Tanah Granuler

GRAFIK ANALISA SARINGAN
(PASIR SEDANG)





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani

Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16

Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(PASIR KASAR SEDANG)

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

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Syarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

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



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler pada Tanah Granuler

GRAFIK ANALISA SARINGAN

(PASIR KASAR SEDANG)

No. 4

ANALISA SARINGAN





LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvaina Octaviani

Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16

Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler
pada Tanah Granuler

ANALISA SARINGAN
(PASIR KASAR)

No.Saringan	Diameter saringan	Berat Agregat Kasar = 1000,00 gr			
		Tertahan		Prosentase Kumulatif	
		(Gram)	(%)	Tertahan	Lolos
4	4,75	50	5,00	5,00	95,00
8	2,36	245	24,50	29,50	70,50
16	1,18	242	24,20	53,70	46,30
30	0,60	133	13,30	67,00	33,00
40	0,42	202	20,20	87,20	12,80
50	0,30	78	7,80	95,00	5,00
60	0,25	6	0,60	95,60	4,40
100	0,15	35	3,50	99,10	0,90
200	0,075	7	0,70	99,80	0,20
PAN		2	0,20	100,00	0,00
Jumlah		1000			

DISETUJUI OLEH:

Asisten Laboratorium

Muh. Yusuf Syarif, ST

Kepala Laboratorium
Fakultas Teknik Unismuh Makassar

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



LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

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

Tanggal Percobaan: 02, Maret 2021

Nama : Mifta Helpiani / Mutvainna Octaviani
Stambuk : 105 8111 081 16 / 105 81 11103 16
Judul : Analisis Hubungan Antara Angka Pori (e) dengan Waktu Kejut Kapiler pada Tanah Granuler

GRAFIK ANALISA SARINGAN
(PASIR KASAR)

ANALISA SARINGAN



LAMPIRAN

ANALISA PERHITUNGAN

A. Perhitungan perubahan angka pori (Δe) dan porositas

1. Perhitungan perubahan angka pori (Δe) dan porositas dengan intensitas curah hujan kala 5 tahun (15)

a. PASIR HALUS

e_0 (angka pori awal)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\begin{aligned} \text{volume pori} &= 120 - 98 \\ &= 22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\ &= 50 - 22 \\ &= 28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori } (e_0) &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\ &= \frac{22}{28} \\ &= 0,79 \\ &= 79\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta e_1 &= e_0 - e_1 \\ &= 79 - 9 \\ &= 70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porositas } (n_0) &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\ &= \frac{22}{50} \end{aligned}$$

$$= 0,44$$

$$\begin{aligned}\Delta n1 &= n0 - n1 \\ &= 0,44 - 0,08 \\ &= 0,36\end{aligned}$$

e1 – p1 (angka pori akhir pukulan hujan pertama)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\begin{aligned}\text{volume pori} &= 120 - 116 \\ &= 4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\ &= 50 - 4 \\ &= 46\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Angka pori (e1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\ &= \frac{4}{46} \\ &= 0,09 \\ &= 9\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta e2 &= e1 - e2 \\ &= 9 - 3 \\ &= 6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Porositas (n1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\ &= \frac{4}{50}\end{aligned}$$

$$= 0,08$$

$$\begin{aligned}\Delta n_2 &= n_1 - n_2 \\ &= 0,08 - 0,03 \\ &= 0,05\end{aligned}$$

e2 – p2 (angka pori akhir pukulan hujan kedua)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\begin{aligned}\text{volume pori} &= 120 - 119 \\ &= 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\ &= 50 - 1 \\ &= 49\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Angka pori (e2)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\ &= \frac{1}{49} \\ &= 0,03 \\ &= 3\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta e_3 &= e_2 - e_3 \\ &= 3 - 0 \\ &= 3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Porositas (n2)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\ &= \frac{1}{50} \\ &= 0,03\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n_3 &= n_2 - n_3 \\
 &= 0,03 - 0 \\
 &= 0,03
 \end{aligned}$$

b. PASIR SEDANG HALUS

e0 (angka pori awal)

$$\begin{aligned}
 \text{volume tanah} &= 50 \\
 \text{volume air} &= 70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 97 \\
 &= 23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 23 \\
 &= 27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori (e0)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\
 &= \frac{23}{27} \\
 &= 0,85 \\
 &= 85\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta e_1 &= e_0 - e_1 \\
 &= 85 - 10 \\
 &= 75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Porositas (n0)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\
 &= \frac{23}{50} \\
 &= 0,46
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n1 &= n0 - n1 \\
 &= 0,46 - 0,10 \\
 &= 0,36
 \end{aligned}$$

e1 – p1 (angka pori akhir pukulan hujan pertama)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 115 \\
 &= 5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 5 \\
 &= 45
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori (e1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\
 &= \frac{5}{45} \\
 &= 0,1 \\
 &= 10\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta e2 &= e1 - e2 \\
 &= 10 - 4 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Porositas (n1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\
 &= \frac{5}{50} \\
 &= 0,10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n_2 &= n_1 - n_2 \\
 &= 0,10 - 0,04 \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

e2 – p2 (angka pori akhir pukulan hujan kedua)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 118 \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 2 \\
 &= 48
 \end{aligned}$$

Angka pori (e2)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\
 &= \frac{2}{48} \\
 &= 0,04 \\
 &= 4\%
 \end{aligned}$$

Δe_3

$$\begin{aligned}
 &= e_2 - e_3 \\
 &= 4 - 0 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

Porositas (n0)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\
 &= \frac{2}{50} \\
 &= 0,04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n_3 &= n_2 - n_3 \\
 &= 0,04 - 0 \\
 &= 0,04
 \end{aligned}$$

c. PASIR SEDANG

e_0 (angka pori awal)

$$\begin{aligned}
 \text{volume tanah} &= 50 \\
 \text{volume air} &= 70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 96 \\
 &= 24
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 24 \\
 &= 26
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori (e}_0\text{)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\
 &= \frac{24}{26} \\
 &= 0,92 \\
 &= 92\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta e_1 &= e_0 - e_1 \\
 &= 92 - 15 \\
 &= 77
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Porositas (n}_0\text{)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\
 &= \frac{24}{50} \\
 &= 0,48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n_1 &= n_0 - n_1 \\
 &= 0,48 - 0,13 \\
 &= 0,35
 \end{aligned}$$

e1 – p1 (angka pori akhir pukulan hujan pertama)

$$\begin{aligned}
 \text{volume tanah} &= 50 \\
 \text{volume air} &= 70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 113 \\
 &= 7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 7 \\
 &= 43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori (e1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\
 &= \frac{7}{43} \\
 &= 0,15 \\
 &= 15\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta e_2 &= e_1 - e_2 \\
 &= 15 - 6 \\
 &= 9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Porositas (n1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\
 &= \frac{7}{50} \\
 &= 0,13
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n_2 &= n_1 - n_2 \\
 &= 0,13 - 0,06 \\
 &= 0,07
 \end{aligned}$$

e2 – p2 (angka pori akhir pukulan hujan kedua)

$$\begin{aligned}
 \text{volume tanah} &= 50 \\
 \text{volume air} &= 70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 117 \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 3 \\
 &= 47
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori (e2)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3}{47} \\
 &= 0,06 \\
 &= 6\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta e_3 &= e_2 - e_3 \\
 &= 6 - 0 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Porositas (n0)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volum tanah}} \\
 &= \frac{3}{50} \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n_3 &= n_2 - n_3 \\
 &= 0,06 - 0 \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

d. PASIR SEDANG KASAR

e₀ (angka pori awal)

$$\begin{aligned}
 \text{volume tanah} &= 50 \\
 \text{volume air} &= 70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 95 \\
 &= 25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 25 \\
 &= 25
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori (e}_0\text{)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\
 &= \frac{25}{25} \\
 &= 0,97 \\
 &= 97\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta e_1 &= e_0 - e_1 \\
 &= 97 - 17 \\
 &= 80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Porositas (n}_0\text{)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\
 &= \frac{25}{50} \\
 &= 0,49
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n1 &= n0 - n1 \\
 &= 0,49 - 0,15 \\
 &= 0,35
 \end{aligned}$$

e1 – p1 (angka pori akhir pukulan hujan pertama)

$$\begin{aligned}
 \text{volume tanah} &= 50 \\
 \text{volume air} &= 70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 113 \\
 &= 7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 7 \\
 &= 43
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori (e1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\
 &= \frac{7}{43} \\
 &= 0,17 \\
 &= 17\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta e2 &= e1 - e2 \\
 &= 17 - 6 \\
 &= 11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Porositas (n1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\
 &= \frac{7}{50} \\
 &= 0,15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n_2 &= n_1 - n_2 \\
 &= 0,15 - 0,06 \\
 &= 0,09
 \end{aligned}$$

e2 – p2 (angka pori akhir pukulan hujan kedua)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume pori} &= 120 - 117 \\
 &= 3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\
 &= 50 - 3 \\
 &= 47
 \end{aligned}$$

$$\text{Angka pori (e2)} = \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3}{47} \\
 &= 0,06 \\
 &= 6\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta e_3 &= e_2 - e_3 \\
 &= 6 - 0 \\
 &= 6
 \end{aligned}$$

$$\text{Porositas (n0)} = \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{23}{50} \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta n_3 &= n_2 - n_3 \\
 &= 0,06 - 0 \\
 &= 0,06
 \end{aligned}$$

e. PASIR KASAR

e_0 (angka pori awal)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\text{volume pori} = 120 - 95$$

$$= 25$$

$$\text{Volume butir} = \text{vol. tanah} - \text{vol. pori}$$

$$= 50 - 25$$

$$= 25$$

$$\text{Angka pori } (e_0) = \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}}$$

$$= \frac{25}{25}$$

$$= 1$$

$$100\%$$

$$\Delta e_1$$

$$= e_0 - e_1$$

$$= 100$$

$$= 81$$

$$\text{Porositas } (n_0)$$

$$= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tana}}$$

$$= \frac{25}{50}$$

$$= 0,50$$

$$\Delta n_1 = n_0 - n_1$$

$$= 0,50 - 0,16$$

$$= 0,34$$

$e_1 - p_1$ (angka pori akhir pukulan hujan pertama)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\begin{aligned} \text{volume pori} &= 120 - 112 \\ &= 8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\ &= 50 - 8 \\ &= 42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori (e1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\ &= \frac{8}{42} \\ &= 0,19 \\ &= 19\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta e2 &= e1 - e2 \\ &= 19 - 6 \\ &= 13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porositas (n1)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\ &= \frac{8}{50} \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta n2 &= n1 - n2 \\ &= 0,16 - 0,0 \\ &= 0,10 \end{aligned}$$

e2 – p2 (angka pori akhir pukulan hujan kedua)

$$\text{volume tanah} = 50$$

$$\text{volume air} = 70$$

$$\begin{aligned} \text{volume pori} &= 120 - 117 \\ &= 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume butir} &= \text{vol. tanah} - \text{vol. pori} \\ &= 50 - 3 \\ &= 47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori (e2)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume butir}} \\ &= \frac{3}{47} \\ &= 0,06 \\ &= 6\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta e3 &= e2 - e3 \\ &= 6 - 0 \\ &= 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porositas (n0)} &= \frac{\text{volume pori}}{\text{volume tanah}} \\ &= \frac{3}{50} \\ &= 0,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta n3 &= n2 - n3 \\ &= 0,06 - 0 \\ &= 0,06 \end{aligned}$$



DOKUMENTASI PELAKSANAAN PENELITIAN



PENGAMBILAN SAMPEL TANAH



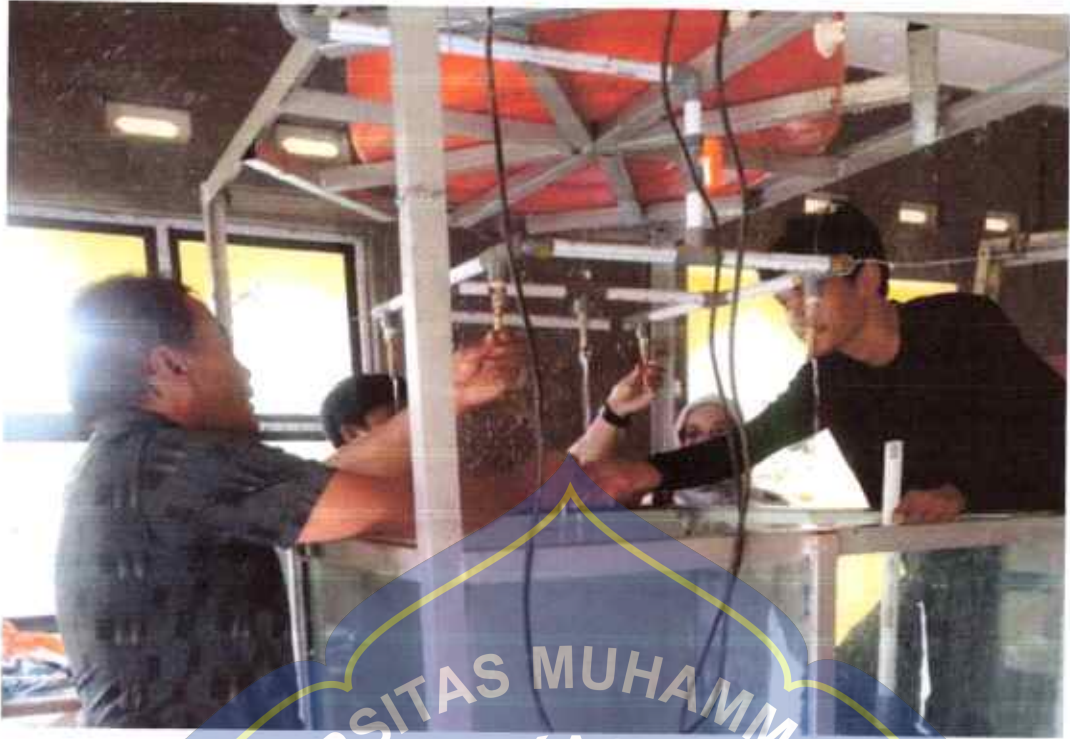
PENGUJIAN SAMPEL TANAH



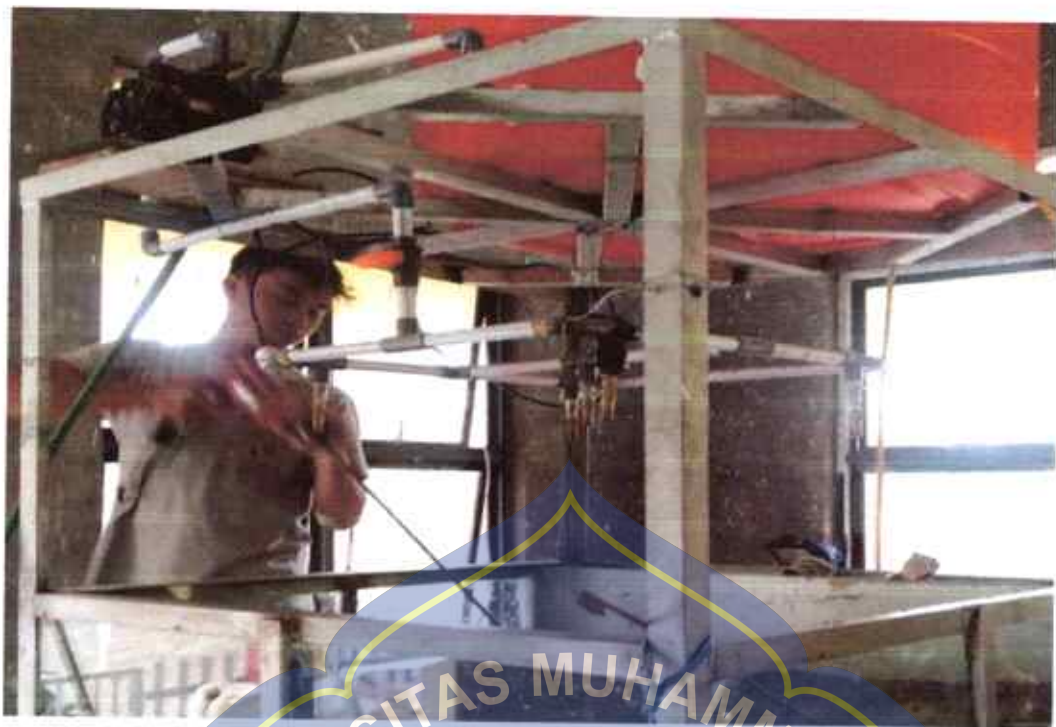
PENGAMBILAN TANAH DALAM SKALA BESAR



PROSES PENGERINGAN TANAH



MEMASUKKAN TANAH KEDALAM ALAT



PROSES VIBRASI TANAH



TANAH SETELAH DIVIBRASI



PENGUJIAN ANGKA PORI AWAL



PEMBACAAN ANGKA PORI AWAL



TANAH DIHJANI



TANAH SETELAH DIHJANI



PENGUJIAN ANGKA PORI AKHIR



PEMBACAAR ANGKA PORI AKHIR



PEMBACAAN KEDALAMAN INFILTRASI

