

TUGAS AKHIR

**Pengaruh Intensitas Curah Hujan terhadap Kapasitas Infiltrasi Tanah
Kampus FT-UH Gowa**



Disusun Oleh:

RICHARD KARANGAN

D111 14 009

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



Optimization Software:
www.balesio.com



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan
☒ <http://civil.unhas.ac.id> ☒ civil@eng.unhas.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP KAPASITAS
INFILTRASI TANAH KAMPUS FT-UH GOWA**

Disusun oleh

RICHARD KARANGAN

D111 14 009

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

NIP: 196410201991031002

Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT

NIP: 196703191992032010

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Sipil



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, MEng

NIP: 196805292001121002



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil ‘aalamin, atas rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan oleh Allah SWT., maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir yang sederhana ini terdapat banyak kekurangan dan sangat memerlukan perbaikan secara menyeluruh. Tentunya hal ini disebabkan keterbatasan ilmu serta kemampuan yang dimiliki penulis, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak. Tentunya tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril.

Olehnya itu dengan segala kerendahan hati, ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

- 1) Kedua orang tua tercinta, yaitu ayah saya Dulla Palungan dan ibu saya Senin, atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun materi, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.
- 2) Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
- 3) Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
- 4) Bapak Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T., selaku dosen pembimbing I, atas segala kesabaran dan waktu serta nasihat yang telah diluungkannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
- 5) Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, M.T. selaku dosen pembimbing II, yang

h meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.



- 6) Seluruh dosen, staf dan karyawan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
- 7) Saudara-saudariku seangkatan 2014 Teknik Sipil, yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini..

Tiada imbalan yang dapat diberikan penulis selain memohon kepada Allah SWT., melimpahkan karunia-Nya kepada kita semua, Amin. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, Maret 2019

Penulis



PENGARUH INTENSITAS CURAH HUJAN TERHADAP KAPASITAS INFILTRASI TANAH KAMPUS FT-UH GOWA

Richard Karangan

Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Jalan Poros Malino Km 6 Bontomarannu, 92172 Gowa, Sulawesi Selatan
Indonesia
E-mail : richardkarangan009@gmail.com

Dr.Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT	Dr.Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT
Pembimbing 1	Pembimbing 2
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin	Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Jalan Poros Malino Km 6 Bontomarannu	Jalan Poros Malino Km 6 Bontomarannu

ABSTRAK

Infiltrasi merupakan bagian penting dari proses hidrologi. Besarnya kapasitas infiltrasi pada tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti besarnya intensitas curah hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya kapasitas infiltrasi pada beberapa tingkat intensitas curah hujan dan untuk mengetahui hubungan antara laju limpasan dan laju infiltrasi. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Kampus Gowa Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin berlangsung mulai bulan Februari sampai Maret 2019. Penelitian ini menggunakan alat rainfall simulator dengan variasi intensitas curah hujan 108,976 mm/jam, 119,575 mm/jam, dan 130,174 mm/jam, serta menggunakan tanah lempung dengan plastisitas tinggi yang diambil di sekitar Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar variasi intensitas curah hujan maka kapasitas infiltrasi maksimum (f_a) lebih cepat mencapai kondisi jenuh serta laju limpasan yang terjadi berbanding terbalik dengan laju infiltrasi.

Kata Kunci : Infiltrasi, kapasitas infiltrasi awal (f_o), kapasitas infiltrasi maksimum (f_a), intensitas curah hujan (I), laju limpasan, laju infiltrasi.



RAINFALL INTENSITY EFFECT ON SOIL INFILTRATION CAPACITY OF FT-UH GOWA CAMPUS

Richard Karangan

Bachelor Degree of Student Civil Engineering Study
Program
Departement of Civil Engineering Faculty of Engineering Hasanuddin University
Poros Malino Street Km 6 Bontomarannu, 92172 Gowa, South Sulawesi –
Indonesia
E-mail : richardkarangan009@gmail.com

Dr.Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

Supervisor 1

Faculty of Engineering Hasanuddin
University

Poros Malino Street Km 6 Bontomarannu

Dr.Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT

Supervisor 2

Faculty of Engineering Hasanuddin
University

Poros Malino Street Km 6 Bontomarannu

ABSTRACT

Infiltration is an important part of the hydrological process. The amount of infiltration capacity in the soil is influenced by several factors such as the amount of rainfall intensity. This study aims to determine the magnitude of infiltration capacity at several levels of rainfall intensity and to determine the relationship between runoff rate and infiltration rate. This research was carried out in the Civil Engineering Hydraulics Laboratory of the Gowa Campus, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, from February to March 2019. This study used the rainfall simulator tool with variations in rainfall intensity of 108,976 mm / hour, 119,575 mm / hour and 130,174 mm / hour, and using clay with high plasticity taken around the campus of the Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Gowa. The results of this study indicate that the greater the variation in rainfall intensity, the maximum infiltration capacity (f_a) is faster to achieve saturation conditions and the runoff rate that occurs is inversely proportional to the infiltration rate.

Keywords : Infiltration, initial infiltration capacity (f_0), maximum infiltration capacity (f_a), rainfall intensity (I), runoff rate, infiltration rate.



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
I.4 Batasan Masalah	2
I.5 Manfaat Penelitian.....	3
I.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Siklus Hidrologi.....	5
2.2 Intensitas Curah Hujan	8
2.3 Infiltrasi	10
2.3.1 Pengertian Umum	10
2.3.2 Proses Terjadinya Infiltrasi	10
2.3.3 Kapasitas Infiltrasi	11
2.3.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Infiltrasi	12
2.3.5 Hubungan Infiltrasi dengan Limpasan Permukaan	15
2.3.6 Kurva Laju Infiltrasi.....	17
2.3.7 Pengukuran Kapasitas Infiltrasi	18
2.4 Klasifikasi Tanah.....	24
2.4.1 Klasifikasi Tekstur Tanah	24



2.4.2 Hubungan Tekstur Tanah dan air.....	27
2.5 Penelitian Terdahulu tentang Karakteristik Sampel Tanah	28
2.5.1 Pengujian Sifat Fisis	28
2.5.2 Pengujian Sifat Mekanis	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Jenis Penelitian.....	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2.1 Tempat Penelitian	31
3.2.2 Waktu Penelitian	31
3.3 Alat dan Bahan	31
3.3.1 Alat yang Digunakan.....	31
3.3.2 Bahan Uji.....	34
3.4 Metode Pengambilan Data	35
3.4.1 Pemeriksaan Tanah	35
3.4.2 Pengukuran Intensitas Curah Hujan.....	35
3.4.3 Pengukuran Limpasan Permukaan.....	36
3.5 Bagan Alir Penelitian	36
3.6 Pelaksanaan Penelitian	39
3.6.1 Persiapan Sampel Tanah	39
3.6.2 Pengukuran Intensitas Curah Hujan.....	40
3.6.3 Pengujian Limpasan Permukaan.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil.....	44
4.1.1 Data Hasil Pemeriksaan Tanah	44
4.1.2 Pengukuran Intensitas Curah Hujan (I)	44
4.1.3 Pengukuran Limpasan Permukaan.....	47
4.1.4 Perhitungan Total Tampungan (D)	51
4.1.5 Perhitungan Laju Infiltrasi	53
4.1.6 Perhitungan Kapasitas Infiltrasi Awal (f_o) dan Kapasitas Infiltrasi Maksimum (f_a)	55
4.2 Pembahasan	58



4.2.1 Laju Limpasan.....	58
4.2.2 Laju Infiltrasi.....	59
4.2.3 Hubungan Laju Limpasan dengan Laju Infiltrasi	61
4.2.4 Hubungan antara Waktu dan Variasi Intensitas Curah Hujan (I) terhadap Kapasitas Infiltrasi Awal (fa)	61
4.2.5 Hubungan antara Waktu dan Variasi Intensitas Curah Hujan (I) terhadap Kapasitas Infiltrasi maksimum (fa)	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Keadaan dan Intensitas Curah Hujan	10
Tabel 2.2	Simbol Kelompok Jenis Tanah	24
Tabel 2.3	Pemeriksaan Karakteristik Tanah Lunak	29
Tabel 2.4	Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah	29
Tabel 4.1	Volume Rata-rata Air dalam Kontainer	46
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Limpasan Permukaan dengan Intensitas Hujan 108,976 mm/jam.....	48
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Limpasan Permukaan dengan Intensitas Hujan 119,575 mm/jam.....	49
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran Limpasan Permukaan dengan Intensitas Hujan 130,174 mm/jam.....	50
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan (I) terhadap Total Tampungan (D).....	53
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Laju Infiltrasi	55
Tabel 4.7	Waktu dan Variasi Intensitas Curah Hujan terhadap Kapasitas Infiltrasi awal (fa).....	56
Tabel 4.8	Waktu dan Variasi Intensitas Curah Hujan terhadap Kapasitas Infiltrasi Maksimum (fa)	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1	Siklus Hidrologi (USGS).....	5
Gambar	2.2	Kurva Hubungan Laju Infiltrasi dengan Limpasan	17
Gambar	2.3	Kurva Laju Infiltrasi	17
Gambar	2.4	Single Ring Infiltrometer	18
Gambar	2.5	Double Ring Infiltrometer	18
Gambar	2.6	Alat Rainfall Simulator.....	19
Gambar	2.7	Prinsip Kerja Simulator Hujan.....	20
Gambar	2.8	Kurva Hubungan Hujan, Limpasan Permukaan dan Infiltrasi pada Simulator Hujan	21
Gambar	2.9	Lysimeter Sederhana	23
Gambar	2.10	Prinsip Kerja Pengukuran Infiltrasi Air dengan Metode Lysimeter	23
Gambar	2.11	Bagan Klasifikasi Tanah USC	25
Gambar	2.12	Ukuran Partikel Tanah	27
Gambar	2.13	Ruang Pori-pori pada Tanah Berpasir dan Berlempung.....	27
Gambar	3.1	Alat Rainfall Simulator.....	32
Gambar	3.2	Kontainer	32
Gambar	3.4	Pengatur Kemiringan	33
Gambar	3.5	Wadah untuk Pengujian Sampel.....	33
Gambar	3.6	Plastik sebagai Penutup Sampel	34
Gambar	3.7	Corong dan Gelas Ukur untuk menghitung volume air.....	34
Gambar	3.8	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.....	35
Gambar	3.9	Bagan Alir Penelitian.....	36
Gambar	3.10	Penjemuran Sampel Tanah	39
Gambar	3.11	Penyaringan Tanah yang telah Dijemur dengan Saringan no.4	39
	3.12	Proses Pematatan Tanah	40
	3.13	Pengaturan Buka-piringan.....	41



Gambar	3.14	Pengujian Intensitas Curah Hujan	41
Gambar	3.15	Sketsa Pengujian Limpasan Permukaan menggunakan alat Rainfall Simulator	43
Gambar	4.1	Grafik Intensitas Hujan	47
Gambar	4.2	Grafik Hubungan antara Waktu terjadinya Limpasan Air dan Intensitas Curah Hujan terhadap Limpasan Permukaan	58
Gambar	4.3	Grafik Hubungan antara Waktu terjadinya Limpasan Air Dan Intensitas Curah Hujan terhadap Laju Infiltrasi	60



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu sumber daya alam yang paling potensial adalah air. Air merupakan sumber utama kehidupan setiap makhluk hidup di bumi ini. Oleh karena itu perlu pengelolaan secara efisien, bertanggung jawab dan berdayaguna semaksimal mungkin. Makhluk ciptaan Tuhan di muka bumi ini pada umumnya sangat tergantung pada ketersediaan air, baik dari segi kuantitas maupun dari segi kualitas. Ketersediaan air dalam jumlah yang sangat terbatas dalam kurun waktu tertentu akan menimbulkan masalah bagi kelangsungan hidup manusia, tetapi sebaliknya ketersediaan air dalam jumlah yang berlebihan atau melimpah (banjir) dapat menimbulkan bencana alam.

Air yang ada di bumi ini terdiri atas uap air di udara, air permukaan yang ada di laut, danau, sungai, air tanah dan sebagainya. Jumlah semua air ini tidak tetap, yang menjadi masalah adalah distribusi dan proses sirkulasi dari air ini yang tidak merata. Keberadaan air pada beberapa tempat disebabkan oleh suatu proses distribusi dan sirkulasi yang terjadi secara terus menerus akibat proses alam yang disebut Siklus Hidrologi.

Salah satu bagian dari proses siklus hidrologi adalah infiltrasi. Infiltrasi adalah proses perembesan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah, kemudian masuk ke dalam lapisan tanah dan turun ke permukaan air tanah. Ketika musim kering, terjadi kekeringan di berbagai daerah dikarenakan tidak turunnya hujan dan kurangnya persediaan air tanah. Sebaliknya ketika curah hujan dengan intensitas tinggi pada musim hujan mengakibatkan tanah dan tanaman tidak mampu menampung semua volume air yang jatuh ke permukaan bumi sehingga dapat menyebabkan tingginya limpasan air pada permukaan tanah, hal ini tentunya dapat menimbulkan terjadinya banjir.

Besarnya Infiltrasi akan mempengaruhi besarnya limpasan permukaan maupun banyaknya air tanah. Infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, kondisi permukaan tanah, dan sebagainya.



Latar belakang ini, sangat menarik untuk dilakukan penelitian/studi terhadap kapasitas peresapan air hujan hingga turun ke permukaan air tanah atau yang biasa disebut dengan kapasitas infiltrasi dalam rangka pengendalian banjir dan konservasi air tanah. Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa merupakan tempat yang cocok untuk menjadi salah satu titik kontrol pengendali banjir dan pemanfaatan air hujan yang berlebih agar dapat diresapkan kedalam tanah dan juga ditampung pada penampungan bawah tanah, sehingga dapat mengatasi kekeringan ketika musim kering dan mengurangi air limpasan yang masuk ke saluran pengendali banjir.

1.2 Rumusan Masalah

Banyaknya faktor yang mempengaruhi infiltrasi menjadi alasan untuk meneliti seberapa besar faktor tersebut mempengaruhi besarnya infiltrasi. Beberapa faktor tersebut antara lain intensitas curah hujan dan jenis tanah.

Berdasarkan hal tersebut diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan laju limpasan air dengan laju infiltrasi.
2. Bagaimana hubungan intensitas curah hujan dengan kapasitas infiltrasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis hubungan laju limpasan air dengan laju infiltrasi.
2. Menganalisis hubungan intensitas curah hujan dengan kapasitas infiltrasi.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberikan batasan-batasan agar lebih terarah. Adapun batasan-batasan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Gowa dengan menggunakan alat rainfall simulator.

Intensitas curah hujan yang dipakai adalah 108,976 mm/jam, 119,575 mm/jam, dan 130,174 mm/jam.



3. Jenis tanah yang digunakan adalah tanah dengan kategori Lempung dari sekitar lokasi kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.
4. Nilai Kepadatan tanah $1,39 \text{ gr/cm}^3$.
5. Kondisi kemiringan lereng adalah permukaan tanah datar.
6. Kondisi permukaan tanah yang digunakan adalah permukaan tanah gundul.
7. Evaporasi selama penelitian diabaikan.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Masyarakat

Dapat menjadi referensi bagi masyarakat untuk mengetahui struktur tanah sistem bioretensi yang bermanfaat untuk dapat mengurangi terjadinya limpasan air hujan yang berlebih yang dapat mengakibatkan banjir dan kekeringan akibat dari kurangnya persediaan air dalam tanah.

2. Bagi Pemerintah

Memberikan gambaran tentang laju resapan air atau laju infiltrasi air yang dapat menjadi dasar dalam meminimalisir terjadinya banjir pada daerah tersebut.

3. Bagi Pendidikan

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian lainnya dan juga menjadi pemicu untuk penelitian tentang laju resapan air tanah agar dapat meminimalisir bencana alam kedepannya baik itu kekurangan air tanah maupun terjadinya banjir.

1.6 Sistematika Penulisan

Bab I: Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II: Tinjauan Pustaka

Bab ini terdiri kajian pustaka yang mengulas tentang penelitian sebelumnya pernah dilakukan dan landasan teori yang memuat teori-teori yang akan digunakan dalam lingkup tugas akhir ini, serta tinjauan tentang siklus hidrologi



yang mencakup proses terjadinya hujan, limpasan di permukaan bumi sampai pada proses terjadinya infiltrasi.

Bab III: Metodologi Penelitian

Dalam bab ini dijelaskan mengenai jenis penelitian, variabel penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, prosedur dan teknik pengumpulan data, metode pengolahan dan analisis data yang akan dipakai dalam penelitian ini

Bab IV: Analisis Data

Bab ini merupakan inti dari penulisan ini, yang membahas secara rinci tentang hasil pemeriksaan tanah, pengukuran intensitas curah hujan pengukuran aliran permukaan, perhitungan total tampungan dan perhitungan kapasitas infiltrasi.

Bab V: Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan penutup dari penulisan ini. Berupa kesimpulan dan saran yang nantinya diharapkan dapat menjadi masukan bagi semua kalangan yang akan mengembangkan ilmu dari tulisan ini.



BAB II TINJAUAN PUSAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah sebuah proses pergerakan air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara kontinyu (Triadmodjo, 2008). Selain berlangsung secara kontinyu, siklus hidrologi juga merupakan siklus yang bersifat konstan pada sembarang daerah seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi (USGS)

Siklus hidrologi dimulai dengan terjadinya penguapan air ke udara. Air yang menguap tersebut kemudian mengalami proses kondensasi (penggumpalan) di udara yang kemudian membentuk gumpalan-gumpalan yang dikenal dengan istilah awan (Triadmodjo, 2008). Awan yang terbentuk kemudian jatuh kembali ke bumi dalam bentuk hujan atau salju yang disebabkan oleh adanya perubahan iklim dan cuaca. Butiran-butiran air tersebut sebagian ada yang langsung masuk ke tanah (infiltrasi), dan sebagian mengalir sebagai aliran permukaan. Aliran permukaan yang mengalir kemudian masuk ke dalam tampungan-



tampungan seperti danau, waduk, dan cekungan tanah lain dan selanjutnya terulang kembali rangkaian siklus hidrologi seperti pada Gambar 2.1.

1. Presipitasi

Triadmodjo (2010) mendefinisikan presipitasi sebagai sebuah proses turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi. Jumlah presipitasi yang turun ke bumi tidak tetap bentuk dan jumlahnya. Bentuk presipitasi yang jatuh ke bumi dapat berupa hujan (air), salju, kabut, embun, dan hujan es. Bervariasinya bentuk dan jumlah presipitasi yang jatuh ke bumi ini disebabkan oleh faktor – faktor klimatologi di atmosfer, seperti tekanan atmosfer, angin, dan temperatur (Triadmodjo, 2008).

2. Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah (Sri Harto, 1983). Proses infiltrasi dapat berlangsung secara vertikal dan horisontal (Triadmodjo, 2008). Proses infiltrasi secara vertikal disebabkan oleh adanya gaya gravitasi dan dikenal dengan sebutan perkolasi. Proses infiltrasi yang terjadi secara horisontal disebabkan oleh adanya gaya kapiler yang dikenal sebagai aliran antara (interflow).

3. Evaporasi

Sri Harto (1983) mendefinisikan evaporasi (penguapan) sebagai sebuah proses pertukaran molekul air di permukaan menjadi molekul uap air di atmosfer. Triadmodjo (2010) menjelaskan bahwa dalam hidrologi penguapan dibedakan menjadi evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah penguapan yang terjadi pada permukaan air, sedangkan transpirasi adalah penguapan yang terjadi melalui peranan tanaman. Transpirasi dapat terjadi mengingat jumlah air hujan yang turun tidak sepenuhnya dapat mengalir, melainkan ada beberapa jumlah air hujan yang tertahan pada tanaman.

4. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah evaporasi dari permukaan lahan yang ditumbuhi tanaman (Triadmodjo, 2008). Pengertian evapotranspirasi secara sederhana adalah proses evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersamaan.



Evapotranspirasi menjadi unsur yang sangat penting dalam sebuah siklus hidrologi, karena evapotranspirasi bernilai sama dengan kebutuhan air konsumtif yang didefinisikan sebagai penguapan total dari lahan dan air yang diperlukan tanaman (Triadmodjo, 2008).

5. Limpasan

Aliran permukaan (*run off*) adalah aliran air diatas permukaan tanah menuju tempat yang lebih rendah baik melalui dataran maupun alur sungai. Aliran permukaan dapat terjadi pada saat hujan turun di permukaan sebuah dataran yang mempunyai daya serap air rendah. Aliran ini juga dapat terjadi disebuah sungai ataupun alur drainase alami lainnya baik pada saat hujan maupun tidak hujan. Aliran permukaan yang terjadi di sungai pada saat tidak hujan disebut *base flow*. *Base flow* terjadi karena adanya kiriman aliran air dari daerah tampungan (danau dan air tanah). (Triadmodjo, 2008).

Limpasan yang menyeberangi permukaan tanah, sering mengambil zat pencemar yang ada di permukaan. Limpasan tercemar mungkin mengandung nutrisi, patogen, hidrokarbon, organik beracun, sedimen, logam, sampah dan puing-puing. Limpasan tercemar kemudian dibawa ke saluran pembuang dan dibuang ke sungai, danau dan lautan di mana mereka dapat terakumulasi dan menyebabkan masalah bagi lingkungan. Penanganan banjir secara tradisional hanya fokus untuk mengantar air dari daerah banjir secepat mungkin ke sungai, danau dan laut. Tindakan pengendalian banjir ini menghantar air banjir langsung ke hilir dengan meningkatkan jumlah limpasan dan pada akhirnya menyebabkan banjir, erosi dan polusi di hulu aliran.



2.2 Intensitas Curah Hujan

Hujan merupakan komponen yang penting dalam siklus hidrologi. Hujan biasanya dinyatakan sebagai kedalaman air yang sampai dipermukaan bumi. Dimana untuk mendapatkan perkiraan besar banjir yang terjadi di suatu daerah tertentu, maka kedalaman hujan yang terjadi harus diketahui.

Hal yang paling penting dalam pembuatan rancangan dan rencana pemanfaatan maupun penelusuran hujan adalah distribusi hujan. Distribusi hujan berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau antara lain curah hujan tahunan, bulanan, harian dan curah hujan perjam. Harga-harga yang diperoleh ini dapat digunakan untuk menentukan prospek hujan dikemudian hari dan akhirnya untuk perancangan sesuai dengan tujuannya.

Intensitas hujan sangat menentukan didalam perhitungan limpasan permukaan, yang besarnya dapat diperoleh dari pengamatan di lapangan. Besarnya intensitas hujan akan tergantung pada lebat dan lamanya hujan serta frekuensi hujan dengan membandingkan antara tinggi hujan dengan lamanya hujan dalam satuan mm/jam atau dengan persamaan :

$$I = \frac{d}{t} \dots\dots\dots (1)$$

$$d = \frac{V}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

d = tinggi hujan (mm)

t = waktu (jam)

V = volume hujan dalam suatu daerah (mm³)

A = luas daerah hujan (mm²)

Curah hujan jangka pendek dinyatakan dalam intensitas per jam yang disebut

curah hujan (mm/jam). Intensitas curah hujan rata-rata dalam t jam (I_t),

in dengan rumus sebagai berikut:



$$I_t = \frac{R_t}{t} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

R_t = curah hujan selama t jam

Dalam penelitian ini, intensitas curah hujan yang digunakan adalah intensitas curah hujan buatan yang dihasilkan dari alat simulator hujan (*rainfall simulator*) dengan menggunakan rumus yang dijelaskan dalam *Intruccion Manual Rainfall Simulator* (1985) sebagai berikut :

1. Menghitng volume kontainer rata-rata

$$V_{Rata-rata} = \frac{VK1+VK2+VK3+VK4+VK5}{N} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana : $V_{rata-rata}$ = Volume container rata-rata
 VK = Volume kontainer
 n = Jumlah container

2. Menghitung Intensitas Curah Hujan

$$I = \left(\frac{V}{A.t} \right) \times 600 \dots\dots\dots(5)$$

Dengan : I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

V = Volume air dalam container (ml)

A = Luas container (cm²)

t = Waktu (menit)

Keadaan intensitas curah hujan dapat dilihat pada Tabel 2.1. Untuk penelitian ini, intensitas curah hujan yang digunakan adalah intensitas curah hujan yang diperoleh dari alat simulasi hujan (*rainfall simulator*).



Tabel 2.1 Keadaan dan intensitas curah hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	< 1	< 5
Hujan ringan	1 – 5	5 - 20
Hujan normal	5 – 10	20 – 50
Hujan lebat	10 – 20	50 – 100
Hujan sangat lebat	>20	>100

2.3 Infiltrasi

2.3.1 Pengertian Umum

Menurut Martha, J.W. dan Adidarma, W. (1982), infiltrasi adalah proses meresapnya air/proses pelaluan air kedalaman tanah melewati permukaan tanah. Kebalikan dari kejadian ini misalkan mata air (*spring*), perembesan (*seepage*).

Infiltrasi berubah-ubah sesuai dengan intensitas curah hujan dan setelah mencapai batas tertentu, banyaknya infiltrasi akan tetap sesuai dengan daya absorpsi maksimum dari tanah bersangkutan. Kecepatan infiltrasi yang berubah-ubah sesuai dengan intensitas curah hujan disebut laju infiltrasi. Laju infiltrasi maksimum yang terjadi pada suatu kondisi tertentu disebut Kapasitas Infiltrasi.

2.3.2 Proses Terjadinya Infiltrasi

Salah satu proses terjadinya infiltrasi yaitu ketika air hujan menyentuh permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut masuk ke dalam tanah



melalui pori-pori permukaan tanah. Proses masuknya air hujan kedalam tanah ini disebabkan oleh tarikan gaya grafitasi dan kapiler tanah. Laju infiltrasi yang dipengaruhi oleh gaya grafitasi dibatasi oleh besarnya diameter pori-pori tanah. Dibawah pengaruh gaya grafitasi , air hujan mengalir tegak lurus kedalam tanah melalui profil tanah. Pada sisi yang lain, gaya kapiler bersifat mengelirkan air tersebut tegak lurus keatas, kebawah, dan kearah horizontal. Gaya kapiler tanah ini bekerja nyata pada tanah dengan pori-pori yang relatif kecil. Pada tanah dengan pori-pori besar , gaya ini dapat diabaikan pengaruhnya, dan air mengalir ke tanah yang lebih dalam oleh pengaruh gaya grafitasi. Dalam perjalanannya tersebut, air juga mengalami penyebaran kearah lateral akibat tarikan gaya kapiler tanah, terutama ke arah tanah dengan pori-pori yang lebih sempit.

Proses infiltrasi yang demikian, melibatkan tiga proses yang tidak saling tergantung:

1. Proses masuknya air hujan melalui pori-pori permukaan tanah
2. Tertampungnya air hujan tersebut di dalam tanah
3. Proses mengalirnya air tersebut ketempat lain (bawah, samping, dan atas).

Infiltrasi (peresapan) merupakan perjalanan air melalui permukaan tanah dan menembus masuk kedalamnya. Tanah dapat ditembusi air karena adanya celah yang tak kapilar melalui mana aliran air grafitas mengalir kebawah menuju air tanah, dengan mengikuti suatu jalan berhambatan paling lemah. Gaya-gaya kapilar mengalihkan air grafitas secara terus menerus kedalam rongga-rongga pori kapilar, sehingga jumlah air grafitas yang melalui horizon-horizon yang lebih rendah secara berangsur-angsur berkurang. Hal ini menyebabkan bertambahnya tahanan pada aliran grafitas di lapisan permukaan dan berkurangnya laju infiltrasi pada saat hujan meningkat. Air hujan yang jatuh ketanah akan masuk kedalam tanah dengan adanya gaya grafitasi, viskositas dan gaya kapilar dan disebut juga sebagai proses infiltrasi. Laju infiltrasi aktual tergantung dari karakteristik tanah dan jumlah air yang tersedia dipermukaan tanah untuk membuat tanah lembab.



viskositas Infiltrasi

viskositas infiltrasi adalah kemampuan tanah dalam merembeskan (infiltrasikan) air yang terdapat di (Kartasapoetra, 1989). Kapasitas infiltrasi

terjadi ketika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah dalam menyerap kelembaban tanah. Sebaliknya, apabila intensitas hujan lebih kecil dari pada kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan laju curah hujan. Kapasitas infiltrasi dapat digambarkan dengan menggunakan kurva kapasitas infiltrasi dan menggunakan diagram intensitas curah hujan. Untuk menentukan bentuk kurva kapasitas infiltrasi harus diketahui :

1. Kapasitas infiltrasi pada permulaan hujan.
2. Variasi kurva kapasitas infiltrasi selama periode hujan juga intensitas hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi.
3. Besarnya perubahan dan kapasitas infiltrasi selama hujan berhenti.
4. Variasi musiman kapasitas infiltrasi.
5. Besarnya perkiraan yang diperlukan untuk detensi permukaan.

Menurut Horton infiltrasi sangat mempengaruhi perubahan dari bentuk hidrograf aliran dasar. Model Horton adalah salah satu model infiltrasi yang terkenal dalam hidrologi. Menurut Horton kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya waktu hingga mendekati nilai konstan. Persamaan kurva kapasitas infiltrasi menurut Horton sebagai berikut :

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-k.t} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

- f = kapasitas infiltrasi pada saat t (cm/jam)
- f₀ = kapasitas infiltrasi permulaan
- f_c = kapasitas infiltrasi setelah mencapai harga tetap
- K = konstanta
- t = waktu dihitung dari permulaan hujan

2.3.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Infiltrasi

Menurut Sosrodarsono, S. dan Takeda (1993) serta Sri Harto, B. R. (1993), dalam beberapa hal tertentu infiltrasi itu berubah-ubah sesuai dengan intensitas hujan. Akan tetapi setelah mencapai limitnya, banyaknya infiltrasi akan tetap yang terus sesuai dengan kecepatan absorbs maximum setiap tanah. Besarnya infiltrasi yang berubah-ubah sesuai dengan variasi intensitas curah hujan



umumnya disebut laju infiltrasi. Laju infiltrasi maximum yang terjadi pada suatu kondisi tertentu disebut kapasitas infiltrasi (f). Kapasitas infiltrasi itu adalah berbeda-beda menurut kondisi tanah. Pada tanah yang sama, kapasitas infiltrasi itu berbeda-beda, tergantung dari kondisi permukaan tanah, struktur tanah, tumbuh-tumbuhan, suhu dan lain-lain.

Untuk lebih jelasnya, faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi dijelaskan sebagai berikut :

1. Intensitas Curah Hujan

Lama dan intensitas curah hujan yang besar/lebat akan menyebabkan pengurangan kapasitas infiltrasi secara konstan sampai mencapai nilai f_c kecil dan konstan. Hal ini disebabkan karena adanya pemadatan permukaan tanah yang terjadi karena pukulan butir-butir air hujan, pembengkakan (*swelling*) dan tanah liat, penyumbatan pori-pori dengan partikel-partikel kecil yang terbawa masuk bersama dengan air hujan, serta terjeratnya gelembung-gelembung udara dalam pori-pori.

2. Kemiringan Lereng

Pada kondisi Lereng yang landai/curam akan memberikan waktu yang sedikit untuk masuknya air hujan ke dalam tanah atau sebaliknya. Sedangkan pada tanah yang sangat datar kecepatan infiltrasi akan diperlambat oleh udara yang tertekan karena air yang masuk membentuk sebuah bidang datar yang menghalangi keluarnya udara.

3. Jenis Tanah

Pada tanah berbutir Kasar kecepatan infiltrasi tanah yang terjadi besar karena adanya pori-pori dengan ukuran yang relative besar serta kecenderungan untuk tidak membentuk agregat, sedang pada tanah berbutir halus memiliki ukuran pori yang lebih kecil tetapi mempunyai kecenderungan membentuk agregat dengan ukuran lebih besar sehingga kecepatan infiltrasi lebih kecil.

4. Kondisi Permukaan Tanah

Pada tanah gundul akan terjadi pemadatan tanah oleh butir-butir air hujan. Pada semua jenis tanah akan berkurang serta air hujan akan dengan mudah menembus partikel-partikel halus. Sedangkan pada tanah yang tertutup oleh



pohon-pohon dapat menahan laju air permukaan sehingga memberikan waktu untuk berinfiltrasi serta adanya akar-akar tanaman yang dapat mengemburkan tanah sehingga relatif menambah laju infiltrasi.

5. Kepadatan Tanah

Adanya aktivitas manusia, lalu lintas ataupun hewan menyebabkan terjadinya pemadatan tanah. Pemadatan tanah yang terjadi akan menyebabkan kerapatan, jadi besar dan ukuran pori tanah menjadi lebih kecil sehingga dapat mempengaruhi besarnya laju infiltrasi.

6. Kelembaban Tanah.

Besarnya kelembaban tanah pada lapisan tanah sangat mempengaruhi laju infiltrasi. Potensi kapiler pada bawah lapisan tanah yang menjadi kering (oleh evaporasi) kurang dari menahan air normal akan meningkat jika lapisan teratas dibasahi oleh hujan. Peningkatan potensi kapiler ini, bersama-sama dengan gravitasi akan mempercepat infiltrasi. Dengan kata lain makin tinggi kadar air dalam tanah makin kecil laju infiltrasinya.

7. Dalamnya genangan di atas permukaan tanah dan tebal lapisan yang jenuh.

Air genangan dilekukan permukaan tanah masuk kedalam tanah, terutama disebabkan gravitasi yang bekerja pada air itu. Mengingat ruang-ruang lapisan tanah didekat permukaan telah jenuh, maka air jatuh melalui pipa-pipa halus yang panjangnya sama dengan tebal lapisan yang jenuh (I). Tekanan air yang bekerja diujung atas setiap pipa halus itu adalah sama dengan dalamnya genangan air (D). Jadi jumlah tekanan yang menyebabkan aliran adalah ($D+I$). Tetapi mengingat air yang mengalir melalui pipa-pipa halus itu menemui tahanan (gaya gesek) yang sebanding dengan I , maka infiltrasi hampir tidak berubah. Variasi I mempengaruhi gaya luar air yang jatuh dan jika lebih besar bila dibandingkan dengan D maka tahanan terhadap air yang jatuh adalah besar. Tetapi jika D dan I sama, maka pada permulaan hujan, air mudah masuk kedalam tanah karena gaya luar lebih besar jika dibandingkan dengan tahanan itu. Inilah salah satu sebabnya mengapa pada permulaan

an kapasitas infiltrasi tanah (f) relative besar.

n-lain



Besarnya kapasitas infiltrasi ditentukan oleh faktor-faktor tersebut diatas secara bersama-sama. Beberapa faktor diantaranya memperlihatkan perbedaan kapasitas infiltrasi dari tempat ke tempat dan faktor-faktor yang lain memperlihatkan variasi infiltrasi menurut waktu. Faktor tumbuh-tumbuhan memperlihatkan variasi infiltrasi menurut tempat dan waktu.

Disamping faktor-faktor diatas, maka pengurangan kelembaban tanah oleh transpirasi melalui tumbuh-tumbuhan, variasi kekentalan air dalam ruas-ruas tanah akibat suhu tanah, efek pembekuan (didaerah dingin) dan lain-lain adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi.

2.3.5 Hubungan Infiltrasi dengan Limpasan Permukaan

Untuk mempelajari limpasan curah hujan, maka yang perlu diperhatikan adalah hujan permulaan (*initial rain*), interval pemberian netto (*net supplay interval*) dan sisa curah hujan yang diklarifikasi sesuai keadaan curahnya.

1. Hujan permulaan (*initial rain*)

Hujan permulaan adalah curah *hujan* sebelum terjadi limpasan permukaan. Proses curahnya adalah sebagai berikut:

Hujan permulaan biasanya dibagi dalam bagian yang tidak dapat mencapai permukaan tanah karena dihalang-halangi oleh tumbuh-tumbuhan, gedung-gedung dan lain-lain, bagian yang diabsorpsi dalam tanah setelah tiba di permukaan tanah dan bagian yang mengalir ke berbagai lekukan dan megisinya sampai jenuh. Bagian pertama yang tidak mencapai permukaan tanah disebut curah hujan intersepsi yang sedikit jika dibandingkan dengan jumlah curah hujan itu. Bagian itu biasanya tidak diperhatikan kecuali untuk penyelidikan hujan ringan (*light rain*).

Bagian kedua yang meresap kedalam tanah (dari bagian curah hujan yang tiba dipermukaan tanah) disebut infiltrasi. Bagian ini berubah-ubah, tergantung dari intensitas curah hujan hingga mencapai kapasitas curah hujan.

Bagian terakhir disebut tampungan depresi (*depression stororage*) yang tergantung dari bentuk, volume dan banyaknya lekukan dipermukaan tanah.

Curah hujan yang tertampung ini akhirnya menguap, diabsorpsi oleh tumbuh-tumbuhan atau infiltrasi kedalam tanah. Jadi hujan permulaan ini tidak terjadi



limpasan permukaan sehingga tidak termasuk dalam keseluruhan limpasan permukaan.

2. Hujan Sisa (*residual rain*)

Bagian akhir curah hujan yang intensitasnya kurang dari kapasitas infiltrasi disebut hujan sisa. Bagian terbesar dari bagian ini tidak mengalir di atas permukaan tanah, tetapi menginfiltrasi ke dalam tanah.

Infiltrasi yang terjadi sesudah selang pemberian netto tersebut di bawah ini beserta infiltrasi hujan sisa disebut infiltrasi sisa (*residual infiltration*). Jadi infiltrasi sisa ini terdiri dari infiltrasi genangan permukaan yang terjadi di permukaan tanah sesudah selang pemberian netto berakhir dan infiltrasi hujan sisa.

3. Interval Pemberian netto (*net supply interval*)

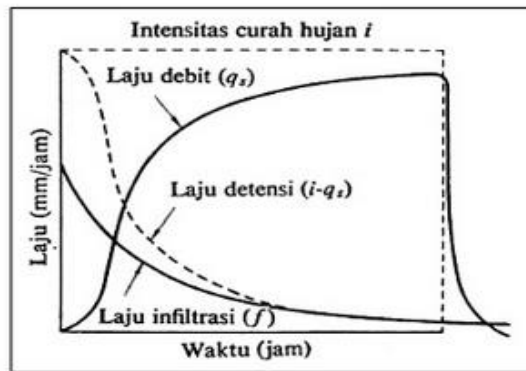
Interval pemberian netto ini terletak di tengah-tengah antara hujan permulaan dan hujan sisa. Hal ini terjadi bilamana intensitas curah hujan yang melebihi kapasitas infiltrasi berlangsung sesudah tampungan dalam lekukan-lekukan itu penuh. Pada ketika itu, selisih antara curah hujan dan kapasitas infiltrasi ($i-f$) menjadi curah hujan lebih ($excess-rainfall = r_e$) yang mengalir di atas permukaan tanah. Akan tetapi sebagian dari curah hujan lebih tetap tinggal di atas permukaan tanah sebagai bagian yang meningkatkan dalam luapan sesudah pengisian lekukan-lekukan dan merupakan variable (ΔS) dari detensi permukaan (*surface detention*). Curah hujan lebih adalah jumlah dari variabel (ΔS) dan limpasan permukaan (q): $(\Delta S) + q = ..$

Proses limpasan permukaan biasanya adalah sebagai berikut:

- Pada bagian akhir hujan permulaan, air yang mengisi lekukan-lekukan menambah dalam luapan dan mulai meluap
- Air luapan ini lambat laun bertambah besar, mempersatukan aliran-aliran yang kecil dan mengalir di permukaan tanah ke sungai. Aliran pada tingkatan ini disebut aliran pelimpahan permukaan (*overlandflow*)

Air yang mencapai sungai itu mengalir ke hilir, mempersatukan aliran-aliran dari samping. Air ini disebut limpasan permukaan.





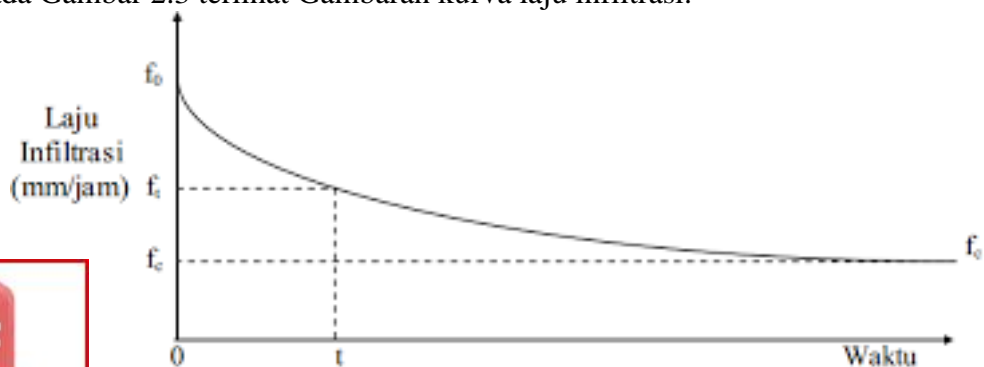
Gambar 2.2 Kurva hubungan laju infiltrasi dengan limpasan

Limpasan permukaan itu hanya terjadi oleh curah hujan dengan curah hujan lebih. Hubungan ini diperlihatkan pada Gambar 2.2. Misalkan i adalah intensitas curah hujan, q adalah laju limpasan (*rate of runoff*) dan f_c adalah laju infiltrasi, maka kurva laju banyaknya sisa (*residual amount rate*) adalah selisih antara intensitas curah hujan dan laju limpasan ($i - q$).

Jika curah hujan itu berlangsung terus sampai limpasannya mendekati laju yang tetap (*constant rate*), maka kurva ($i - q$) sama dengan kurva f_c . Bagian antara kedua kurva itu adalah variasi detensi permukaan ΔS .

2.3.6 Kurva Laju Infiltrasi

Kurva Laju Infiltrasi adalah gambaran secara grafis dari kapasitas infiltrasi yang berubah-ubah menurut waktu selama dan segera setelah turun hujan. Laju infiltrasi pada umumnya adalah sangat tinggi pada awal turun hujan dan seiring dengan waktu akan berkurang sehingga cenderung menjadi konstan. Pada saat konstan inilah pengukuran besarnya kapasitas infiltrasi yang sebenarnya dilakukan. Pada Gambar 2.3 terlihat Gambaran kurva laju infiltrasi.



Gambar 2.3 Kurva laju infiltrasi (Seyhan, E. dan Subagio, S., 1990)

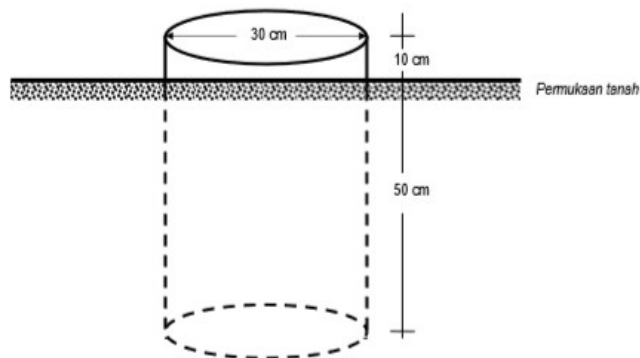


2.3.7 Pengukuran Kapasitas Infiltrasi

Pengukuran infiltrasi dimaksudkan untuk memperoleh gambaran tentang besaran dan laju infiltrasi serta variasinya sebagai fungsi waktu. Cara pengukuran yang dapat dilakukan adalah:

1. Menggunakan alat ring infiltrometer (metode pengukuran lapangan).

Alat ini merupakan silinder berdiameter antar 25-30 cm dengan panjang kurang lebih 50 cm. Alat ini dilengkapi dengan tangki cadangan air. Ada dua tipe alat infiltrometer yang dapat digunakan yaitu single ring infiltrometer dan double ring infiltrometer. Pada gambar 2.4 dapat dilihat gambar single ring infiltrometer dan gambar double ring infiltrometer pada gambar 2.5.



Gambar 2.4 Single ring infiltrometer



Gambar 2.5 Double ring infiltrometer



Metode pengukuran dengan alat infiltrometer ialah dengan menuangkan air secara artifisial pada tanah yang kapasitas infiltrasinya hendak ditentukan dan kemudian mengamati dan menganalisa infiltrasi yang sesungguhnya. Metode ini tidak berarti dalam menentukan nilai kapasitas infiltrasi yang hendak digunakan kembali untuk menghitung limpasan permukaan dari daerah pengaliran yang sama. Hal ini disebabkan oleh adanya kenyataan bahwa hasil-hasil yang diperoleh dengan menggunakan infiltrometer itu adalah lebih bersifat kualitatif daripada kuantitatif.

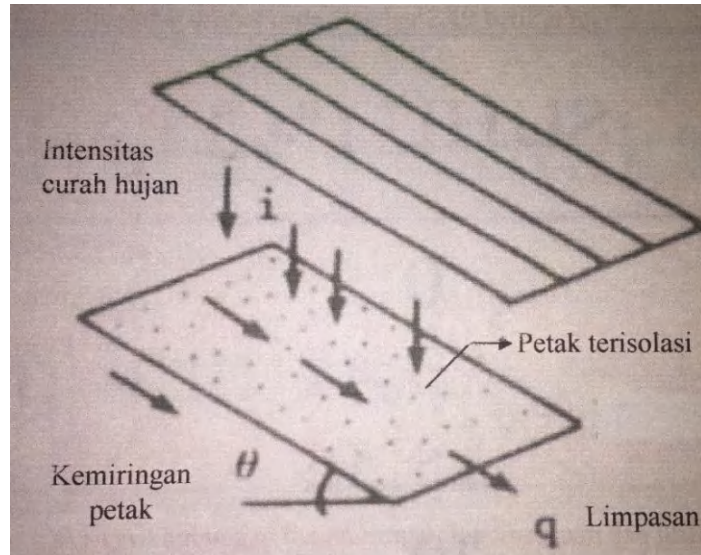
2. Dengan menentukan perbedaan volume air hujan buatan dengan volume air larian pada percobaan labolatorium menggunakan simulasi hujan buatan (metode simulasi labolatorium).

Prinsip alat ini adalah pembuat hujan buatan dengan bermacam-macam intensitas sesuai yang dikehendaki. Hujan butan ini akan menyirami suatu petak tanah dengan luasan tertentu yang sebanding dengan ukuran dari perangkat alat ini. Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 memperlihatkan perangkat alat tersebut dan prinsip kerjanya.



Gambar 2.6 Alat Rainfall Simulator (Laboratorium Hidrolika Fakultas , Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin2019)





Gambar 2.7 Prinsip kerja simulator hujan (Seyhan, E. dan Subagio, S., 1990)

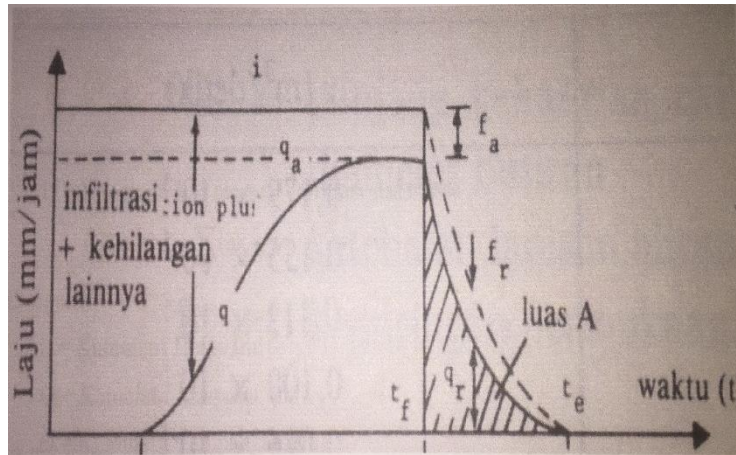
Hujan buatan dioperasikan dengan intensitas sesuai yang telah ditetapkan sebelumnya dan sejak saat yang sama semua air yang keluar dari petak tanah dicatat. Pencatatan terus dilakukan sampai suatu saat debit yang keluar dari petak tanah tersebut mencapai nilai tetap. Bila keadaan ini telah tercapai, maka hujan buatan dapat dihentikan. Pada keadaan demikian berarti telah tercapai keseimbangan antara hujan, limpasan (aliran permukaan) dan infiltrasi.

Pada saat hujan buatan telah dihentikan tidak berarti debit yang keluar dari petak tanah itu terhenti. Oleh karena masih ada tampungan permukaan, maka masih terdapat aliran keluar dari petak tanah tersebut. Jadi pengukuran debit masih harus terus dilakukan sampai debit yang keluar dari petak tanah sama dengan nol.

Selama masih terdapat air di permukaan tanah maka selama itu pula masih terjadi proses infiltrasi. Dalam hal ini laju infiltrasi diperkirakan sebanding dengan perbandingan debit dan infiltrasi pada saat hujan buatan dihentikan (terjadi keseimbangan).

Menurut Seyhan, E dan Subagio, S. (1990), kurva dari hasil percobaan simulator hujan ini dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini:





Gambar 2.8 Kurva hubungan hujan, limpasan permukaan dan infiltrasi pada simulator hujan (Seyhan, E. dan Subagio, S., 1990)

Setelah alat berjalan beberapa lama, selisih i (intensitas) dan q (limpasan) menjadi hampir konstan, ini berarti bahwa f_a sudah hampir tercapai.

Sesudah hujan buatan dihentikan, limpasan tidak langsung berhenti, tetapi mengalami resesi karena masih ada sisa air tertahan di permukaan sebagai air detensi karena infiltrasi masih terus terjadi, meskipun kecepatannya kecil.

Hidrograf limpasan yang dihasilkan akan mempunyai satu cabang naik (selama hujan) dan satu cabang turun (setelah hujannya berhenti). Jumlah $(i-q)$ pada setiap waktu antara nol dan t_e menunjukkan kehilangan dan sama dengan jumlah infiltrasi (F) dan cadangan detensi (D). F_a ditentukan apabila perbedaan $(i-q)$ tetap konstan. Selama operasi, limpasan permukaan dan intensitas hujan diukur secara terpisah. Menurut Grey (1973) dan Seyhan E. dan Subagy, S. (1990). Nilai Kumulatif ditentukan sebagai berikut

$$P = \int(i)dt \dots\dots\dots(7)$$

$$Q = \int(q)dt \dots\dots\dots(8)$$

$$F = \int(fc)dt \dots\dots\dots(9)$$

$$F = (P - Q - D) \dots\dots\dots(10)$$

= Limpasan sisa massa + infiltrasi sisa massa

$$(Q_3 + Fr) = \sum(q_r + f_r)$$



Dimana:

P = Kumulatif Hujan (ml)

Q = Kumulatif Limpasan (ml)

D = Kumulatif Tampungannya (ml)

F = Kumulatif Infiltrasi (ml)

Kita dapat menganggap bahwa selama selang waktu sisa, nisbah antara laju limpasan (q_r) dan laju infiltrasi (f_r) tetap sama seperti pada saat berhentinya hujan, yaitu:

$$\frac{f_a}{q_a} = \frac{f_r}{q_r} \rightarrow f_r = q_r \left[\frac{f_a}{q_a} \right] \dots\dots\dots(11)$$

Volume total dari limpasan dan infiltrasi setelah hujan buatan dihentikan sama dengan simpanan (*storage*) air yang terjadi pada awal percobaan sampai terjadi keseimbangan.

Maka, $D = \Sigma(q_r + f_r) \dots\dots\dots(12)$

$$D = \Sigma \left[q_r + q_r \left(\frac{f_a}{q_a} \right) \right] \dots\dots\dots(13)$$

atau $D = (\Sigma q_r) \left(1 + \frac{f_a}{q_a} \right) \dots\dots\dots(14)$

Dengan : $\Sigma q_r = \text{Luas A}$

3. Pengukuran Lysimeter

Pengukuran evapotranspirasi / evapotranspirasi potensial pada sebidang tanah yang bervegetasi adalah dengan mempergunakan alat yang disebut evapotranspirometer atau disebut juga Lysimeter. Alat ini berupa sebuah bejana yang cukup besar diisi tanah dan ditanami.

Lysimeter adalah alat untuk mengukur evapotranspirasi sebidang tanah bervegetasi secara langsung.

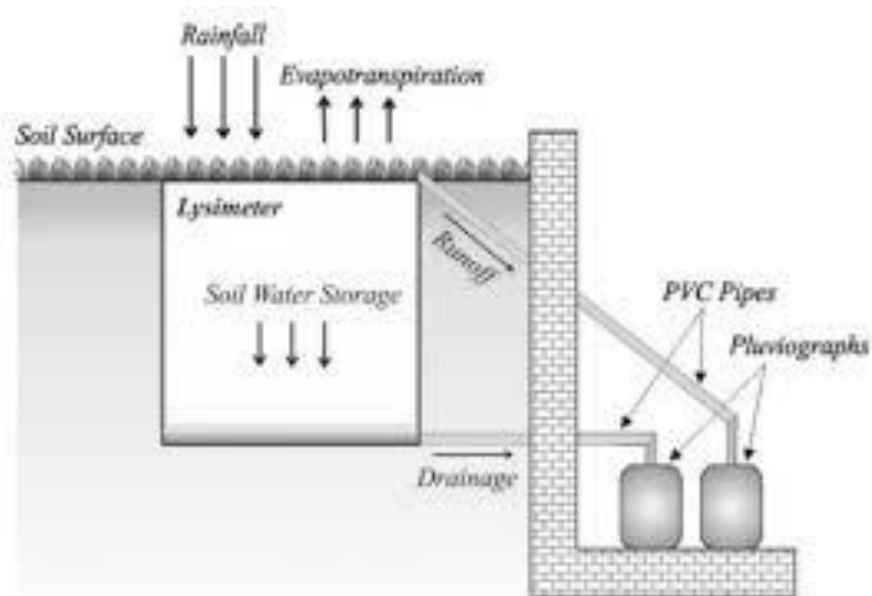


Lysimeter adalah berupa wadah besar di dalam tanah dengan ada tanaman yang tumbuh di atasnya atau tanpa tanaman yang mana dapat dihitung air yang masuk dan keluar dari dalamnya. Lysimeter dikuburkan di dalam tanah. Konsep pengukuran dengan metode lysimeter dapat dilihat pada gambar 2.9 dan prinsip kerja pengukuran infiltrasi air dengan metode Lysimeter dapat dilihat pada gambar 2.10.



Bagian atas/ berumput pendek

Gambar 2.9 Lysimeter Sederhana



Gambar 2.10 Prinsip kerja pengukuran Infiltrasi air dengan metode Lysimeter.



pengukuran evapotranspirasi potensial meliputi penguapan yang berasal dari tanaman dan tanah. Bila tanah tersebut terjaga lembabnya (atau hampir mendekati kapasitas lapang sehingga airnya tak terbatas) oleh penambahan

air dan tertutup penuh oleh vegetasi (idealnya petakan rumput). Dikarenakan vegetasi dan tanah terkurung dalam lysimeter, maka pengukuran evapotranspirasi dapat dilakukan dengan air yang masuk dari : curah hujan (*rainfall*) dan air yang ditambahkan (*water added*). Sedangkan air yang keluar dari air perkolasi dari air yang telah diterima.

2.4 Klasifikasi Tanah

2.4.1 Klasifikasi Tekstur Tanah

Ada beberapa sistem klasifikasi tanah yang ada, antara lain; Sistem Klasifikasi Tanah Unified (*Unified Soil Classification = USC*) dan American Association Of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Sistem USC adalah sistem yang paling banyak digunakan dan secara internasional, sedang sistem AASHTO pada umumnya hanya dipakai beberapa Departemen Transportasi di negara-negara bagian Amerika Serikat.

Menurut Bowles, J.E., (1986), sistem klasifikasi tanah unified dikelompokkan seperti yang terdapat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Simbol kelompok jenis tanah (Bowles, J. E., 1986)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
Pasir	S	Gradasi Buruk	P
		Berlanau	M
		Berlempung	C
Jenis Tanah	Prefiks	Sub kelompok	Sufiks
Lanau	M		
Lempung	C	WL < 50%	L
Organis	O	WL > 50%	H
Gambut	Pt		



Kerikil yang bergradasi baik adalah GW, pasir yang bergradasi buruk P, pasir berlempung adalah SC, lempung dengan batas cair > 50% adalah sebagainya.

Sistem USC mendefinisikan tanah berbutir kasar apabila <50% butiran tertahan pada saringan No. 200 dan butir halus jika >50% lolos pada saringan No. 200.

Sistem klasifikasi USC secara jelas dan terinci dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut ini :

Klasifikasi umum		Simbol klasifikasi	Nama jenis	Kriteria klasifikasi		
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50% tertahan pada ayakan 75 μ	50% atau lebih bagian kasar dari butiran kasar tertahan pada ayakan 4,76 mm	Kerikal bersih	GW	Kerikal yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, campuran kerikal dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus	$U_c = D_{40}/D_{10}$ lebih besar dari 4 $U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ bernilai antara 1-3	
			GP	Kerikal yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, campuran kerikal dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus		Tidak sesuai dengan kriteria GW.
		Kerikal berbutir halusnya	GM	Kerikal berlanau, campuran kerikal, pasir dan lanau	Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4	Bila batas Atterberg berada pada daerah yang diarsir dari diagram di bawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan penggolongan
			GC	Kerikal berlempung, campuran kerikal, pasir dan lempung	Batas Atterberg terletak di atas garis A dan Index Plastisitas > dari 7	
	50% atau lebih pasir kasar dari butiran kasar lolos melalui ayakan 4,76 mm	Pasir bersih	SW	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, pasir dari pecahan kerikal, tanpa atau sedikit butiran-halus	$U_c = D_{40}/D_{10}$ lebih besar dari 6 $U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ bernilai antara 1-3	
			SP	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, pasir dari pecahan kerikal, tanpa atau sedikit butiran-halus		Tidak sesuai dengan kriteria SW
		Pasir berbutir halusnya	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau	Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4	Bila batas Atterberg berada pada daerah yang diarsir dari diagram di bawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan klasifikasi
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir dan lempung	Batas Atterberg terletak di atas garis A atau Index Plastisitas > dari 7	
		Tanah berbutir halus lebih dari 50% lolos ayakan 75 μ	Lanau dan lempung LL \leq 50	ML	Lanau inorganik, pasir sangat halus, debu padas, pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Diagram plastisitas Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol</p>
				CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah atau sedang, lempung dari kerikal Lempung berpasir, lempung berlanau, lempung dengan viskositas rendah	
Lanau dan lempung LL > 50	OL		Lanau organik dengan plastisitas rendah dan lempung berlanau organik			
	MH		Lanau inorganik, pasir halus atau lanau dari mika atau ganggang (diatomae), lanau elastis			
CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung dengan viskositas tinggi					
OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi					
Tanah dengan kadar	PT	Gambut, lumpur hitam dan tanah berkadar Organik tinggi lainnya	Dapat dibedakan dengan mata dan tangan ASTM lihat D 2488 - 66T.			

2.11 Bagan klasifikasi tanah USC (Sosrodarsono, S dan Nakazawa, K.,2000)



Dalam menentukan sifat fisik tanah memerlukan karakteristik mekanika tanah sehingga untuk mendapatkan karakteristik tanah maka diperlukan data kadar air, berat isi basah, dan berat isi kering. Untuk menentukan kadar air dirumuskan pada persamaan berikut :

$$\omega = \frac{W_5}{W_7} \times 100 \% \dots\dots\dots(15)$$

- Dimana :
- W5 = Berat air (gram)
 - W5 = W3 – W4
 - W7 = Berat tanah kering (gram)
 - W7 = W4 – W6
 - W3 = Berat tanah basah + kontainer
 - W4 = berat tanah kering + kontainer
 - W6 = berat container

Untuk berat isi basah :

$$\gamma_{wet} = \frac{G_s}{1+(\omega \times G_s)} \dots\dots\dots(16)$$

- Dimana :
- Gs = Berat jenis
 - ω = Kadar air (%)

Untuk berat isi kering :

$$\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}} \dots\dots\dots(17)$$

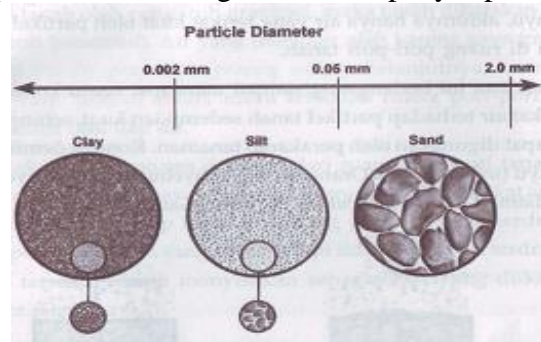
$$W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1+(\frac{\omega}{100})} \dots\dots\dots(18)$$

- Dimana :
- W_{dry} = Berat kering
 - V_{mould} = Volume mould
 - γ_{dry} = Berat isi kering
 - W_{wet} = Berat tanah basah (gram)



2.4.2 Hubungan Tekstur Tanah dan Air

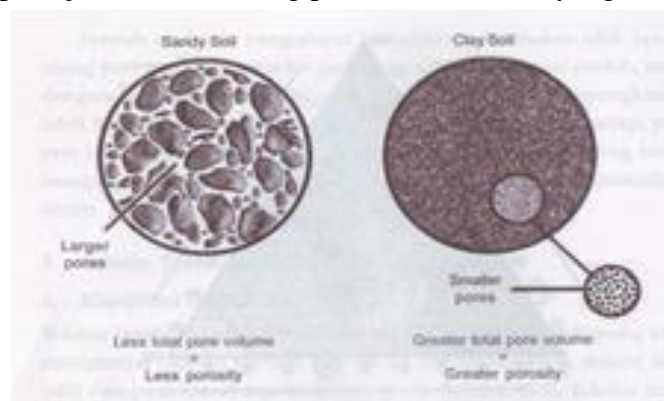
Tekstur tanah diklasifikasikan menurut ukuran partikel. Lempung (clay) mempunyai ukuran partikel dan ruang pori paling kecil, diikuti debu (silt) dan pasir (sand) seperti terlihat pada Gambar 2.12. Tekstur tanah sangat penting untuk mengantisipasi potensi infiltrasi, gerakan, dan penyimpanan air di dalam tanah.



Sumber: Indarto, 2010.

Gambar 2.12 Ukuran partikel tanah

Tekstur tanah menentukan jumlah air yang dapat diikat pada berbagai kondisi kadar lengas tanah. Tanah berlempung mempunyai partikel mineral yang sangat halus dan ruang pori-pori yang sangat kecil. Tanah berpasir mempunyai ukuran partikel mineral yang besar, sehingga ukuran pori-pori tanah tersebut juga besar. Sebaliknya, ruang pori-pori yang kecil pada tanah berlempung memberi kontribusi yang besar pada jumlah total ruang pori untuk volume yang sama (Gambar 2.13).



Sumber: Indarto, 2010.

Gambar 2.13 Ruang pori-pori pada tanah berpasir dan berlempung

Tanah merupakan material yang permeabel, artinya air dapat dengan bebas melalui pori-pori diantara partikel-partikel tanah. Air dalam tanah dari suatu titik yang memiliki energi yang lebih tinggi, menuju ke



titik dimana energi yang terdapat lebih rendah. Aliran air dalam tanah terjadi karena adanya rembesan air yang melewati pori-pori tanah. Sifat air yang dapat melewati pori-pori tanah disebut dengan permeabilitas. Permeabilitas air tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran pori, jenis tanah, dan kepadatan tanah. Proses bergeraknya air dalam tanah melalui celah, pori-pori tanah, dan batuan menumpulkan air tanah disebut dengan infiltrasi atau perkolasi ke dalam tanah. Infiltrasi yang terjadi di dalam tanah berubah-ubah dipengaruhi oleh intensitas air, kondisi permukaan tanah, struktur tanah, serta kelembaban tanah dan udara yang terdapat di dalam tanah. Ukuran pori, kemantapan pori, kandungan air, dan profil tanah juga ikut menentukan kapasitas infiltrasi.

2.5 Penelitian Terdahulu Tentang Karakteristik Sampel Tanah

Ashar, 2018 mengadakan penelitian untuk mengetahui data karakteristik sampel tanah kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa untuk menganalisis perilaku tanah lempung stabilisasi limbah aspal buton dengan penambahan EPS terhadap uji kuat tekan. Data karakteristik dari setiap bahan merupakan variabel-variabel yang akan dianalisis sebagai landasan untuk mengukur hasil penelitian berdasarkan data pengujian benda uji, kemudian dijadikan dasar dalam mengambil kesimpulan yang dilaksanakan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin Gowa. Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis pada sampel tanah sebanyak 600 kg.

2.5.1 Pengujian Sifat Fisis

Uji sifat fisis bertujuan untuk menentukan indeks properties tanah. Sifat-sifat indeks ini diperlukan untuk klasifikasi dan identifikasi tanah yang kemudian digunakan dalam menentukan jenis bahan stabilisasi yang sesuai dan menentukan perkiraan awal jumlah kadar bahan stabilisasi yang perlu ditambahkan ke dalam tanah yang distabilisasi, pada tabel 2.3 dapat dilihat metode pemeriksaan karakteristik tanah lunak.



Tabel 2.3 Pemeriksaan karakteristik tanah lunak

No.	Jenis Pemeriksaan	Standar/Metode Uji
1	Pemeriksaan Kadar Air Tanah	ASTM D-2216-98
2	Pemeriksaan Berat Jenis	ASTM D-162
3	Pemeriksaan Batas-batas Atterberg Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Susut (SL)	ASTM D-423-66 ASTM D-424 ASTM D-427
4	Pemeriksaan Analisa Saringan dan Hidrometer	ASTM C-136-06, ASTM D-1140-54
5	Kompaksi	ASTM D-698

(Sumber : Ashar, 2018)

2.5.2 Pengujian Sifat Mekanis

Pengujian ini pada umumnya dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan daya dukung tanah. Uji mekanis yang dilakukan adalah uji pemadatan (*Standar Proctor Test*) dan kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*).

Pengujian karakteristik sifat fisis dan mekanis tanah dilakukan untuk mengklasifikasikan jenis tanah yang digunakan pada penelitian. Berdasarkan hasil dan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin Gowa diperoleh data-data karakteristik fisis dan mekanis dapat dilihat pada tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pemeriksaan
Karakteristik Sifat Fisik			
1.	Berat Jenis Tanah (Gs)	-	2,705
2.	Kadar Air (ω)	(%)	37,87
3.	Batas-Batas Atterberg		
	BatasPlastis (PL)	(%)	31,51
	Batas Cair (LL)	(%)	71,77
	Indeks Plastisitas (IP)	(%)	40,27



Lanjutan tabel 2.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pemeriksaan
4.	Analisa Saringan dan Hidrometer		
	Kerikil	(%)	0
	Pasir	(%)	8,8
	Lanau	(%)	23,69
	Lempung	(%)	67,51
Klasifikasi			
USCS			CH
AASHTO			A-7-5
Karakteristik Sifat Mekanis			
5.	Pemadatan (Kompaksi)		
	Berat Isi Kering Maksimum (γ_{dry} max)	gr/cm ³	1,39
	Kadar Air Optimum (ω_{opt})	%	30,42
6.	Kuat Tekan Bebas (q_u)	kg/cm ²	0,716
7.	Elastisitas	kg/cm ²	0,493

(Sumber : Ashar, 2018)

Dari pengujian laboratorium mekanika tanah didapatkan data tanah yaitu karakteristik fisis dan karakteristik mekanis tanah. Data tersebut dibutuhkan untuk menentukan sifat fisik tanah yang akan dipakai untuk sampel penelitian di Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dari uraian Tabel 2.4 diatas maka sifat mekanis tanah di substitusi kedalam karakteristik mekanis tanah yang diolah dalam perhitungan kadar air, berat isi basah, dan berat isi kering untuk menentukan hubungan kadar air dan berat isi kering. Kemudian dari perbandingan tersebut maka didapatkan nilai kepadatan

nilai kepadatan tanah dibutuhkan untuk menyamakan kepadatan di lapangan di laboratorium.

