

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infiltrasi merupakan bagian dalam siklus hidrologi yang mengaitkan curah hujan, aliran permukaan, dan air tanah (Y. Liu et al., 2019). Infiltrasi memiliki peran krusial dalam pembentukan aliran permukaan dan genangan di permukaan tanah (P. Zhu et al., 2024). Infiltrasi yang tinggi membuat sebagian besar air hujan yang jatuh di permukaan tanah meresap dengan baik dan menjadi air bawah tanah (*ground water*), sehingga risiko terbentuknya aliran permukaan dan genangan berkurang (Xue et al., 2025a). Jika infiltrasi rendah, maka potensi peresapan air hujan ke dalam tanah rendah. Kondisi ini menyebabkan terjadinya aliran permukaan dan genangan (Islami et al., 2022). Karena itu, infiltrasi sering dijadikan parameter utama dalam pengembangan model iklim, hidrologi, erosi dan pertumbuhan tanaman (Dong et al., 2022).

Infiltrasi adalah proses masuknya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah (Basset & Najm, 2025). Laju infiltrasi dapat diukur melalui laju infiltrasi awal dan laju infiltrasi konstan (Wu et al., 2016). Laju infiltrasi awal adalah kecepatan yang berlaku di waktu permulaan pengukuran dan laju infiltrasi konstan adalah kecepatan infiltrasi saat mencapai kondisi stabil (Wang et al., 2015). Infiltrasi erat kaitannya dengan berbagai sifat tanah dan karakteristik vegetasi (P. Zhu et al., 2020).

Pertumbuhan biomassa tanaman, tinggi serasah, dan kepadatan akar telah terbukti secara signifikan mampu meningkatkan laju infiltrasi (Xin et al., 2016). Beberapa faktor seperti, tekstur tanah, kadar air tanah, dan bahan organik juga memengaruhi laju infiltrasi (Patle et al., 2019). Fu et al. (2023) menyimpulkan bahwa peningkatan kandungan bahan organik tanah secara langsung berbanding lurus dengan peningkatan laju infiltrasi. Infiltrasi juga meningkat seiring dengan meningkatnya volume, ukuran, dan konektivitas pori-pori di dalam tanah (Fu et al., 2021). Makroporositas dibentuk oleh akar tanaman memfasilitasi infiltrasi dan aerasi air ke dalam tanah dan berfungsi sebagai jalur bagi pertumbuhan sistem akar tanaman berikutnya, sehingga mengurangi dampak pemadatan (Colombi et al., 2017).

Kampus Universitas Hasanuddin dikenal sebagai kampus hijau, memiliki luas 220 hektar (Santosa et al., 2020), yang terdiri dari berbagai tutupan lahan dan memiliki danau sebagai daerah resapan air. Namun, kenyataan menunjukkan di kampus ini sering juga terjadi banjir. Banjir terjadi di sekitaran pintu 1 serta adanya genangan air di beberapa bagian kampus selama musim hujan. Banjir terjadi ketika curah hujan melampaui kapasitas tanah menginfiltrasikan air. Drainase kampus sudah tidak mampu menampung debit air hujan berlebih (Shaf et al., 2021). Risiko terjadi genangan dan aliran permukaan diakibatkan rendahnya infiltrasi (Leimer et al., 2021). Menarik untuk dipelajari, bagaimana kapasitas infiltrasi pada berbagai tutupan lahan di kampus Universitas Hasanuddin.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengukur kapasitas infiltrasi air pada tanah di areal Kampus Universitas Hasanuddin, menghubungkannya dengan jenis tutupan lahan.

1.3 Teori

Infiltrasi tanah adalah proses transisi dari kondisi tak jenuh ke kondisi jenuh. Dalam kondisi tak jenuh, pori-pori tanah mengandung air dan udara di mana pori-pori tidak terisi penuh air, dan pergerakan air diatur oleh gaya kapiler dan gravitasi (Guo et al., 2025). Seiring dengan pembasahan tanah secara bertahap dari kondisi kering ke jenuh, kadar air tanah dan makroporositas muncul sebagai faktor-faktor utama yang memengaruhi (Huang et al., 2017). sifat tanah yang lebih baik meningkatkan infiltrasi, sedangkan tanah memiliki kepadatan massal yang tinggi menghambat pertukaran air (W. Zhang et al., 2023). Kelembaban awal juga penting, tanah kering cenderung menyerap air lebih cepat pada awalnya (tegangan kapiler lebih kuat), namun laju infiltrasi menurun dengan bertambahnya kadar air tanah.

Ada banyak model yang digunakan dalam pengukuran infiltrasi. Model Horton telah banyak digunakan untuk mensimulasikan infiltrasi pada kondisi wilayah yang tergenang (N. Wang & Chu, 2020). Model Horton sangat sederhana dan cocok untuk data penelitian (Jain & Kumar, 2006). Penelitian Song et al, (2021) menyimpulkan bahwa Model Horton yang paling sesuai dengan data lapangan karena menghasilkan tingkat koefisien korelasi yang tinggi dan tingkat *standard error* yang rendah. Sementara itu, model lain seperti Model Kostiakov tidak bisa memprediksi laju infiltrasi yang mencapai keadaan konstan dan Model Philip kurang tepat untuk kondisi lapangan dengan infiltrasi yang bervariasi. Karena itu, Model Horton dipilih untuk menentukan laju infiltrasi di berbagai tutupan lahan Universitas Hasanuddin.

Vegetasi memegang peranan penting dalam proses masuknya air ke dalam tanah. Jenis vegetasi sangat mempengaruhi proses infiltrasi melalui kanopi, aliran batang, serasah permukaan, akar tanaman dan sifat tanah (Xue et al., 2025). Akar tanaman menciptakan pori-pori makro yang memperlancar pergerakan air secara vertikal ke dalam tanah, sehingga meningkatkan laju infiltrasi dan mengurangi limpasan permukaan (Lacombe et al., 2018). Selain itu, keberadaan serasah seperti daun dan ranting di permukaan tanah mampu memperlambat aliran permukaan, mengurangi energi kinetik hujan, serta meningkatkan kandungan bahan organik yang memperbaiki struktur tanah dan porositasnya (W. Liu et al., 2017).

Perubahan tutupan lahan dapat berdampak besar pada sifat fisik tanah, sehingga memengaruhi laju infiltrasi tanah (Yimer et al., 2008). Perubahan tutupan lahan menyebabkan perubahan yang signifikan pada sifat tanah termasuk hilangnya bahan organik dan peningkatan kepadatan tanah yang menyebabkan penurunan laju infiltrasi (Delelegn et al., 2017). Beberapa penelitian membuktikan adanya hubungan positif antara bahan organik dan laju infiltrasi (Zhang et al., 2024). Di area dengan ruang tanam yang sangat padat, seperti yang umum terjadi pada area perkotaan, volume aliran batang dapat melebihi kapasitas infiltrasi tanah setempat, yang menyebabkan genangan atau limpasan (Antoine et al., 2025). He et al. (2025) menemukan bahwa permeabilitas tanah menunjukkan korelasi linier positif terhadap porositas total, kadar air awal, dan kapasitas menahan air tanah, sementara memiliki korelasi linier negatif dengan kerapatan isi tanah. Karena itu, pola penggunaan lahan yang tepat dapat memperbaiki kapasitas infiltrasi tanah melalui perubahan sifat fisik dan kimia tanah, yang pada akhirnya memengaruhi infiltrasi dan aliran permukaan tanah (Neris et al., 2012).

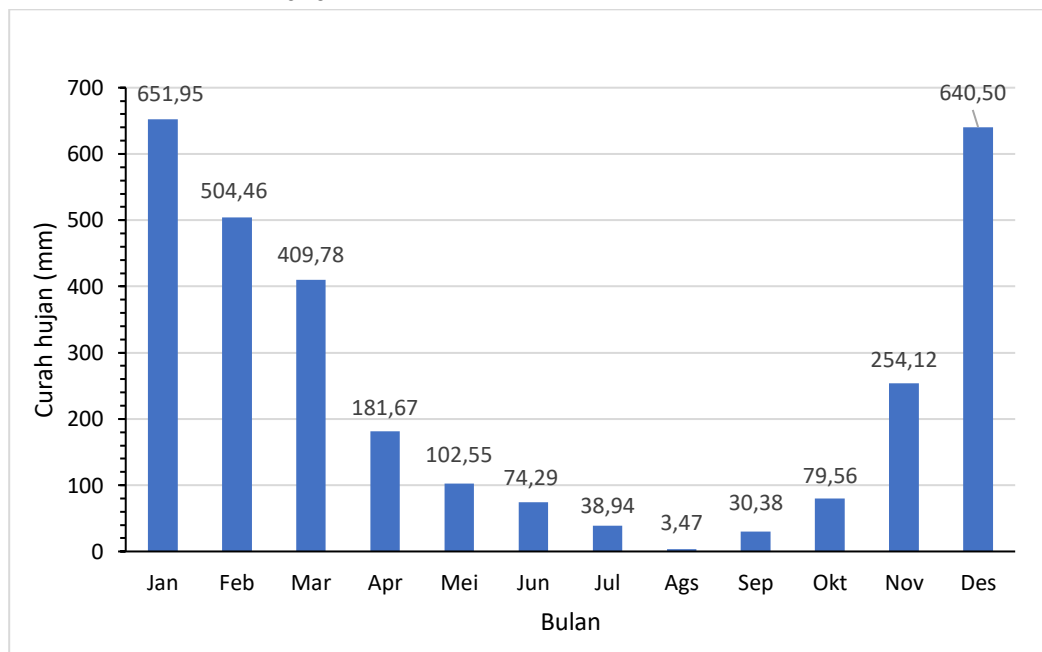
BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan waktu

Penelitian dan pengambilan sampel tanah dilaksanakan di tutupan lahan kampus Universitas Hasanuddin, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Analisis sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Kimia dan Fisika Tanah Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar. Penelitian ini berlangsung pada November 2024 sampai Januari 2025.

2.1.1 Curah hujan bulanan Kota Makassar

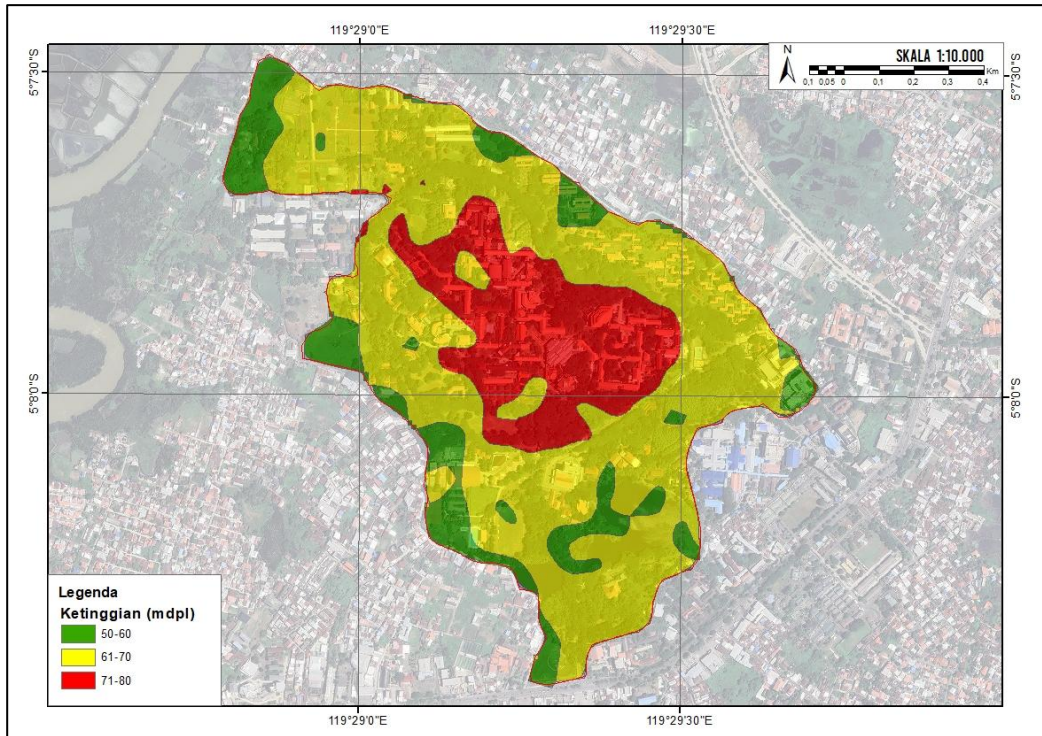
Data curah hujan bulanan Kota Makassar tahun 2014–2024 diperoleh dari Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS). Data diunduh menggunakan Google Earth Engine dan selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2019.



Gambar 1. Rata-rata curah hujan bulanan Kota Makassar 2014-2024

2.1.2 Peta elevasi

Peta topografi wilayah Kampus Universitas Hasanuddin disusun berdasarkan *Digital Elevation Model* (DEM) SRTM resolusi 30 m yang diunduh dari portal USGS. Pertama, data DEM dipotong sesuai batas administrasi kampus menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.8. Selanjutnya, rentang elevasi dibagi ke dalam kelas ketinggian, misalnya 50–60 mdpl, 60–65 mdpl, 65–70 mdpl, 70–75 mdpl, dan >75 mdpl menggunakan *tool Reclassify* guna membentuk peta tematik elevasi.



Gambar 2. Peta elevasi kampus Universitas Hasanuddin

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan saat pengukuran infiltrasi dan pengambilan sampel tanah

Nama alat dan bahan	Kegunaan
Alat	
<i>Double ring Infiltrometer</i>	Mengukur infiltrasi
<i>Stopwatch</i>	Mencatat waktu (per 5 menit) saat pengukuran infiltrasi
Galon kapasitas 19 Liter	Menyimpan air pada saat pengukuran infiltrasi
Palu	Memukul <i>double ring infiltrometer</i> masuk ke tanah
Balok kayu	Mengalasi ring ketika dipukul masuk ke tanah
Penyipar datar	Menyeimbangkan <i>double ring</i>
<i>Ring samplers</i>	Mengambil sampel tanah utuh
Sekop	Mengambil sampel tanah terganggu
Mistar	Mengukur tinggi muka air pada <i>double ring infiltrometer</i>
<i>Cutter</i>	Mengambil sampel tanah terganggu
Timbangan analitik 0,1 g	Menimbang sampel tanah
Aplikasi Microsoft Excel 2019	Mengolah data infiltrasi
Aplikasi Avenza Maps	Mengambil titik koordinat
Aplikasi ArcMap 10.8	Membuat peta kerja

Bahan

Plastik cetik	Mengemas sampel tanah
Plastik wrap	Melapisi sampel tanah utuh
Lakban	Merekatkan kemasan sampel tanah
Spidol	Melabeli sampel tanah

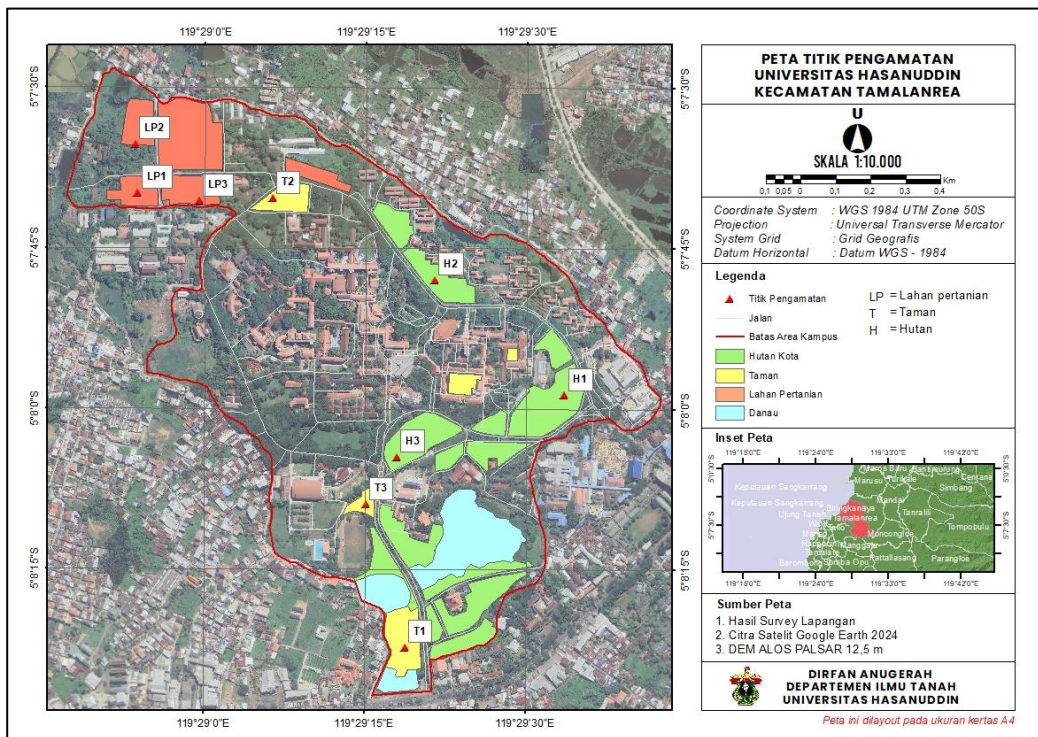
2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, yaitu penelitian yang diolah kemudian ditarik kesimpulan dengan cara mengumpulkan data pengamatan langsung terhadap suatu objek dalam periode waktu tertentu.

2.4 Tahapan Penelitian

2.4.1 Pembuatan peta titik pengamatan

Peta titik pengamatan dibutuhkan sebagai gambaran awal dalam pelaksanaan penelitian ini. Peta dibuat menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.8.



Gambar 3. Peta titik pengamatan skala 1:10.000, Kampus Universitas Hasanuddin

2.4.2 Penentuan titik pengamatan

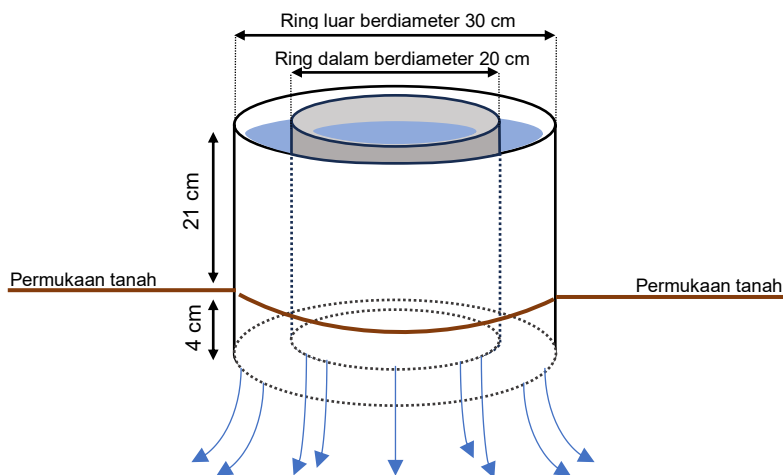
Lokasi pengambilan sampel tanah dipilih secara sengaja (*purposive sampling*). Lokasi Pengukuran infiltrasi dilakukan di 3 penggunaan lahan yang berbeda yaitu pada lahan pertanian, taman, dan hutan kota dengan 3 kali ulangan, sehingga diperoleh 9 kali pengamatan. Titik koordinat akan direkam dengan menggunakan perangkat lunak *Avenza Maps*.

2.4.3 Pengambilan sampel tanah

Sampel tanah terdiri dari sampel tanah terganggu (*disturbed samples*) dan sampel tanah utuh (*undisturbed samples*). Sampel tanah terganggu digunakan untuk kebutuhan analisis C-organik dan tekstur tanah sedangkan sampel tanah utuh diambil menggunakan *ring samplers*, digunakan untuk menentukan porositas, konduktivitas hidrolik, dan kerapatan isi.

2.4.4 Pengukuran infiltrasi

Infiltrasi tanah diukur menggunakan *double ring infiltrometer* yang memiliki diameter ring 20 cm untuk ring dalam dan 30 cm untuk ring luar, dengan tinggi ring masing-masing 25 cm. Metode Pengukuran laju infiltrasi yang dilakukan adalah metode *falling head*, yaitu pengukuran berdasarkan tinggi penurunan genangan air setiap selang waktu yang sudah ditentukan.



Gambar 4. Double ring infiltrometer yang digunakan mengukur infiltrasi

Double ring infiltrometer dimasukkan ke tanah sedalam 4 cm. Kemudian ring bagian luar diisi dengan air sampai mencapai ketinggian 20 cm (Bagarello et al., 2006). Ring bagian dalam dilapisi plastik kemudian diisi dengan air setara ring bagian luar. Setelah itu, mistar dipasang pada bagian dalam ring dan plastik dilepas, kemudian dicatat jumlah penurunan air yang terjadi dicatat setiap interval 5 menit.

2.4.5 Analisis sampel tanah

Metode analisis sampel tanah untuk setiap parameter ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Metode yang digunakan untuk penetapan sifat-sifat tanah

Parameter	Metode	Referensi
Tekstur tanah	Hidrometer	Gee & Bauder (1986)
Kerapatan isi	<i>Volumetric cylinder</i>	Blake & Hartge (1986)
Konduktivitas hidriolik	<i>Constant head</i>	Klute & Dirksen (1986)
C-organik	Walkley and Black	Ou et al. (2017)
Porositas	<i>Calculation from particle and bulk density</i>	Danielson & Sutherland (1986)

Tekstur tanah

Metode yang digunakan untuk menganalisis tekstur tanah adalah hidrometer, seperti yang dijelaskan oleh Gee dan Bauder (1986). Dimulai dengan mengambil sampel tanah yang telah dikeringkan dan diayak. Sampel tanah tersebut kemudian dicampurkan dengan air dan bahan pencucian lainnya untuk melarutkan partikel besar, seperti pasir. Kemudian, sampel diukur menggunakan hidrometer untuk menentukan kandungan fraksi pasir, debu, dan liat tanah. Pengukuran tekstur tanah ini berlandaskan pada hukum Stokes, yang mengatur penurunan partikel dalam fluida. Rumus yang digunakan dalam perhitungan tekstur tanah adalah:

$$d = \frac{18\eta h}{v} \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

- d = diameter partikel,
- η = viskositas air,
- h = waktu jatuh partikel,
- v = kecepatan partikel.

Kerapatan isi

Berdasarkan metode *volumetric cylinder* yang dijelaskan oleh Blake & Hartge (1986), pengambil sampel tanah utuh berbentuk silinder ditekan masuk ke dalam tanah hingga kedalaman yang diinginkan dan dikeluarkan dengan hati-hati untuk mempertahankan volume tanah. Sampel dikeringkan hingga 105°C dan ditimbang. Kerapatan isi tanah dihitung dengan rumus:

$$\rho_b = \frac{M_{\text{tanah kering}}}{V_{\text{tanah}}} \dots\dots\dots(2)$$

di mana:

- ρ_b = kerapatan isi
- $M_{\text{tanah kering}}$ = massa tanah setelah dikeringkan,
- V_{tanah} = volume tanah.

Konduktivitas hidrolis

Pengukuran konduktivitas hidrolis tanah dilakukan dengan metode *constant head*, seperti yang dijelaskan oleh Klute dan Dirksen (1986), sampel tanah utuh ditempatkan dalam tabung pengujian dengan dua ujung terbuka. Air disalurkan melalui tabung dan laju aliran dicatat. Pengukuran konduktivitas hidrolis dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$K = \frac{VL}{At(H_1-H_2)} \dots\dots\dots(3)$$

di mana:

- K = konduktivitas hidrolis
- V = volume air yang mengalir
- L = panjang sampel tanah
- At = luas penampang tanah dalam waktu t
- H₁-H₂ = perbedaan tinggi antara kedua ujung.

C-organik

Pengukuran dilakukan menggunakan metode Walkley and Black. Sampel tanah dicampurkan dengan kalium dikromat dan asam sulfat untuk mengoksidasi bahan organik yang terdapat dalam tanah. Kemudian, Hasil reaksi oksidasi dititrasi menggunakan larutan ferrous sulfat (FeSO₄). Persentase C-organik dihitung menggunakan persamaan:

$$C_{organik} = \frac{V_{titrasi} \times N \times 0.003 \times 100}{M_{tanah}} \dots\dots\dots(4)$$

di mana:

- C_{organik} = volume titran yang digunakan,
- V_{titrasi} = normalitas titran,
- M_{tanah} = massa sampel tanah.

Porositas

Pengukuran dilakukan dari perhitungan kerapatan isi dan kerapatan partikel. Seperti yang dijelaskan Danielson & Sutherland (1986), untuk menggambarkan proporsi ruang kosong dalam tanah yang dapat diisi oleh air dan udara. Rumus yang digunakan:

$$St = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right) \dots\dots\dots(6)$$

di mana:

- St = Porositas
- ρ_b = kerapatan isi
- ρ_s = kerapatan partikel

2.4.6 Pengolahan data infiltrasi aktual

Pengukuran infiltrasi aktual diperoleh data berupa besarnya penurunan air pada tiap selang waktu yang telah ditentukan. Data hasil pengukuran laju infiltrasi aktual secara sederhana dihitung dalam persamaan (Tawakal & Lesmana, 2022):

$$f_{aktual} = \frac{\Delta h_c}{t} \times 60 \dots\dots\dots (7)$$

di mana:

f_{aktual} = laju infiltrasi (cm/jam)

Δh_c = perubahan tinggi muka air tiap selang waktu (cm)

t = perubahan selang waktu pengukuran (menit)

2.4.7 Pengolahan data infiltrasi menggunakan Model Horton

Pengolahan data laju infiltrasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2019 berdasarkan waktu dan penurunan air. Model penduga laju infiltrasi menggunakan persamaan Horton yang dinyatakan secara sistematis dengan persamaan (Horton, 1941):

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \dots\dots\dots (8)$$

Untuk menghitung infiltrasi kumulatif (F) selama waktu (t) menggunakan persamaan:

$$Ft = f_c \cdot t + \frac{(f_0 - f_c)}{k} (1 - e^{-kt}) \dots\dots\dots (9)$$

di mana:

f = laju infiltrasi pada waktu t

Ft = infiltrasi kumulatif pada waktu t

f_c = laju infiltrasi konstan

f_0 = laju infiltrasi awal

$e = 2,71828$

t = waktu

Dari persamaan tersebut, kemudian ditentukan beberapa parameter yang digunakan dalam penggunaan model Horton, yaitu nilai k , f_0 dan f_c (Susanawati et al., 2019). Konstanta k diperoleh menggunakan persamaan umum linear,

$$y = mx + c \dots\dots\dots (10)$$

$$m = -1/k \log e \dots\dots\dots (11)$$

$$k = -1/m \log e \text{ atau } k = -1/0,4343 m \dots\dots\dots (12)$$

Di mana gradien m didapatkan dari plotting hubungan antara infiltrasi aktual (f) dengan $\log (f-f_c)$ menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2019, sehingga diperoleh nilai persamaan linier regresi ($y=mx+c$).

Nilai f_c didapatkan dari nilai infiltrasi saat mencapai keadaan konstan. Nilai f_0 didapatkan dari nilai infiltrasi saat keadaan awal.

Untuk perbandingan klasifikasi laju infiltrasi, digunakan klasifikasi yang di perkenalkan oleh U.S Soil Conservation yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi laju infiltrasi U.S. Soil Conservation (Reza et al., 2020)

Kelas	Laju infiltrasi konstan (cm jam ⁻¹)
Sangat lambat	< 0,1
Lambat	0,1-0,5
Agak lambat	0,5-2
Sedang	2-6,3
Agak cepat	6,3-12,7
Cepat	12,7-25,4
Sangat cepat	> 25,4

2.4.8 Uji korelasi pearson

Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kekuatan hubungan antara dua variabel yang dilambangkan dalam bentuk koefisien korelasi (r). Koefisien korelasi memiliki rentang nilai $-1 \leq r \leq 1$. Nilai negatif menunjukkan hubungan antara dua variabel berlawanan arah, sedangkan nilai positif menunjukkan hubungan yang searah. Persamaan yang digunakan untuk menghitung besaran koefisien korelasi adalah persamaan (Lee Rodgers & Nicewander, 1988):

$$r_{xy} = \frac{n((\sum xy) - (\sum x)(\sum y))}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \dots\dots\dots (13)$$

di mana:

- r_{xy} = nilai koefisien korelasi
- x = nilai pengamatan x
- y = nilai pengamatan Y
- n = total data

Untuk menilai tingkat kekuatan hubungan antara dua variabel, digunakan klasifikasi nilai koefisien korelasi pearson yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi nilai koefisien korelasi Pearson (Sofian et al., 2022)

Nilai korelasi (r)	Klasifikasi hubungan variabel
0	Tidak ada hubungan antara kedua variabel
0-0,25	Sangat lemah
0,25-0,5	Sedang
0,5-0,99	Kuat
1	Sangat kuat
-1	Korelasi hubungan negatif sempurna