

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan utama bagi seluruh makhluk hidup, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Salah satu sumber air yang berperan besar dalam memenuhi kebutuhan air minum masyarakat adalah air tanah. Sumber daya air di bumi berasal dari dua jenis utama, yaitu air permukaan seperti air hujan, laut, sungai, dan danau, serta air bawah permukaan, seperti air tanah yang keluar melalui mata air. Karena ketersediaan air tawar yang terbatas, air tanah menjadi alternatif penting bagi masyarakat dalam mencukupi kebutuhan air sehari-hari (Nipu, 2022).

Sebagian air hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan mengalir sebagai aliran permukaan (*surface runoff*), sementara sebagian lainnya meresap ke dalam tanah dan menjadi air tanah. Air tanah ini tersimpan di dalam lapisan *aquifer*, yaitu lapisan geologi yang memiliki kemampuan menyimpan dan mengalirkan air (Muhardi et al., 2020). Pengelolaan air tanah secara tepat sangat diperlukan guna mencegah penurunan muka air tanah yang disebabkan oleh pengambilan air secara berlebihan. Dengan pengelolaan yang baik, berbagai masalah seperti kekeringan, penurunan kualitas air, serta kerusakan ekosistem dapat dicegah.

Infiltrasi merupakan proses penyerapan air hujan karena adanya gaya kapiler. Lahan dengan kombinasi dari berbagai vegetasi akan memiliki pola sebaran akar yang beragam pula. Setiap tanaman memiliki sistem perakaran yang berbeda dan ikut membantu dalam memecah bongkah tanah, sehingga meningkatkan ketersediaan rongga dalam tanah. Rongga dalam tanah berperan dalam meningkatkan porositas tanah. Selain itu, kandungan bahan organik yang melimpah dapat meningkatkan permeabilitas, sehingga kapasitas infiltrasinya menjadi lebih besar (Ullyta et al., 2022).

Laju infiltrasi adalah kecepatan jumlah air masuk ke dalam tanah dalam waktu tertentu. Laju infiltrasi pada musim penghujan lebih rendah, hal ini dipengaruhi oleh ketersediaan kadar air dan kelembaban tanah. Lapisan serasah pada lantai hutan bermanfaat dalam mempertahankan kondisi iklim mikro tanah seperti kelembaban dan suhu tanah. Hal ini akan mendukung perkembangan akar tanaman, sehingga dapat meningkatkan porositas dan daya infiltrasi.

Tanaman dengan penaung seperti pohon besar dan kanopi rapat akan menghambat jatuhnya butiran air hujan, karena dihalangi oleh daun-daun pohon penaung, sehingga menurunkan daya infiltrasi. Sebaliknya, tanaman tanpa penaung memiliki infiltrasi yang tinggi karena air hujan langsung jatuh ke permukaan tanah. Namun, berisiko terjadinya limpasan permukaan apabila tanah telah jenuh air. Oleh karena itu, perbedaan kerapatan vegetasi mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap air (Barizi et al., 2023).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) dalam Mulyasari (2020) mendeskripsikan bahwa penutupan lahan skala nasional terdiri dari 15 kelas tutupan lahan, yakni hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove sekunder, hutan tanaman, perkebunan, semak belukar, semak belukar rawa, savana/padang rumput, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur semak, sawah, tambak, permukiman, lahan terbuka, dan tubuh air. Perubahan penggunaan lahan memiliki dampak terhadap proses infiltrasi. Apabila terjadi perubahan lahan, maka akan berdampak pada sifat fisik dan kimia tanah. Selain itu, pengolahan lahan dapat

berdampak pada perubahan struktur tanah, penurunan bahan organik dan mengurangi kapasitas tanah untuk menyimpan air (Tamod et al., 2020).

Faktor yang mempengaruhi infiltrasi bukan hanya tutupan lahan, tetapi juga dipengaruhi oleh jenis tanaman (Suteja et al., 2022). Refi et al. (2023) menyimpulkan bahwa laju infiltrasi air dipengaruhi oleh ketersediaan lahan terbuka hijau. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi:

1. Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah meliputi tekstur, permeabilitas, porositas, dan kandungan bahan organik. Tekstur tanah mengacu pada proporsi partikel mineral yang ada, yang terdiri dari pasir, debu, dan liat. Tanah dengan agregat yang baik memiliki lebih banyak ruang pori, yang berkontribusi pada peningkatan infiltrasi. Struktur granular sangat mendukung proses infiltrasi. Selain itu, bahan organik berperan dalam meningkatkan agregasi tanah, menciptakan ruang pori yang lebih besar, dan memperbaiki kemampuan tanah dalam menyimpan air. Tanah yang kaya akan bahan organik cenderung memiliki laju infiltrasi yang lebih tinggi (Wahyuni et al., 2019).

2. Kelembaban Tanah

Pada tahap awal infiltrasi, air yang jatuh ke tanah akan mengisi pori-pori yang kosong. Jika tanah berada dalam kondisi kelembaban normal, air baru dapat dengan cepat mengisi ruang yang tersedia, sehingga laju infiltrasi menjadi lebih tinggi. Namun, jika tanah sudah jenuh, laju infiltrasi akan menurun. Dalam keadaan ini, tanah tidak mampu menyerap lebih banyak air, sehingga air akan mengalir di permukaan. Oleh karena itu, terdapat titik di mana kelembaban tanah yang sangat tinggi dapat menghambat proses infiltrasi (Wibowo et al., 2014).

3. Curah Hujan

Curah hujan berperan penting dalam menentukan laju infiltrasi tanah. Ketika intensitas curah hujan meningkat, laju infiltrasi cenderung juga meningkat, terutama jika intensitas hujan melebihi kapasitas infiltrasi tanah. Namun, jika curah hujan terlalu tinggi, laju infiltrasi dapat menurun karena tanah menjadi jenuh. Di daerah dengan curah hujan yang tinggi, tanah dapat berfungsi sebagai area resapan air yang efektif. Namun, jika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah untuk menyerap, maka akan terjadi limpasan (Karangan, 2019).

4. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah salah satu faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi. Semakin rendah kemiringan lereng, semakin tinggi nilai infiltrasi yang diperoleh (Qur'ani et al., 2022). Pada lereng yang curam, air hujan cenderung mengalir lebih cepat di permukaan tanah, yang dapat menyebabkan peningkatan limpasan permukaan. Jika air tidak memiliki cukup waktu untuk meresap, maka akan terjadi genangan dan erosi.

5. Vegetasi Penutupan Lahan

Vegetasi mencakup berbagai jenis tanaman di suatu wilayah dan memiliki peran penting dalam meningkatkan infiltrasi tanah melalui akar yang membentuk saluran.

Selain berfungsi untuk menjaga kelembaban tanah, vegetasi juga membantu mengurangi erosi. Air hujan tertahan di permukaan daun, dan sebagian dari air tersebut jatuh ke tanah melalui celah-celah tajuk (*intersepsi*), yang menghasilkan aliran permukaan (*runoff*) dan infiltrasi. Vegetasi melindungi tanah dari erosi dengan mengurangi dampak pukulan air hujan dan memperbaiki struktur tanah melalui akar.

Jenis tutupan lahan mempengaruhi sifat fisik tanah yang berkaitan dengan kapasitas dan laju infiltrasi. Lahan yang ditumbuhi vegetasi akan menahan atau menyimpan air hujan di permukaan daun, dan sebagian air tersebut akan jatuh ke permukaan tanah melalui celah-celah tajuk, ranting, dan cabang pohon (aliran batang/*stemflow*). Sistem perakaran yang terbentuk akibat tumbuhan di atasnya menciptakan retakan di dalam tanah, yang sangat menguntungkan saat terjadi laju infiltrasi yang tinggi. Ketersediaan lapisan serasah hutan juga dapat meningkatkan laju infiltrasi (Harimi, 2018).

DAS Paremang mencakup empat kabupaten, yaitu Kabupaten Luwu, Toraja Utara, Tana Toraja, dan Kota Palopo. DAS Paremang menghadapi masalah nasional terkait dengan meningkatnya kebutuhan lahan penduduk. Konversi lahan, terutama dari hutan menjadi lahan terbangun, berdampak negatif pada ekosistem dan kualitas lingkungan, termasuk erosi dan sedimentasi yang mempengaruhi daya dukung sumber daya air. Krisis lahan di DAS Paremang juga berpotensi mengganggu keseimbangan hidrologi, yang dapat meningkatkan risiko terjadinya bencana longsor dan banjir (Mulyasari, 2022).

Widiasmadi (2020) menjelaskan bahwa pengukuran laju infiltrasi di lapangan dilakukan dengan menggunakan alat *double ring infiltrometer*, yang bertujuan untuk mendapatkan data mengenai kecepatan air yang meresap ke dalam tanah. Laju infiltrasi dapat diukur secara manual dengan alat *double ring infiltrometer*. Sehubungan dengan penjelasan tersebut, penting untuk melakukan penelitian mengenai pengukuran laju infiltrasi pada berbagai jenis tutupan lahan untuk menganalisis perbedaan laju infiltrasi di beberapa lokasi, serta untuk menganalisis hubungan antara laju infiltrasi dan vegetasi penutup tanah pada berbagai jenis tutupan lahan di DAS Paremang sebagai bagian dari perencanaan pengelolaan sumber daya air dan evaluasi kualitas tanah.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Adapun tujuan dari penelitian ini, yakni sebagai berikut:

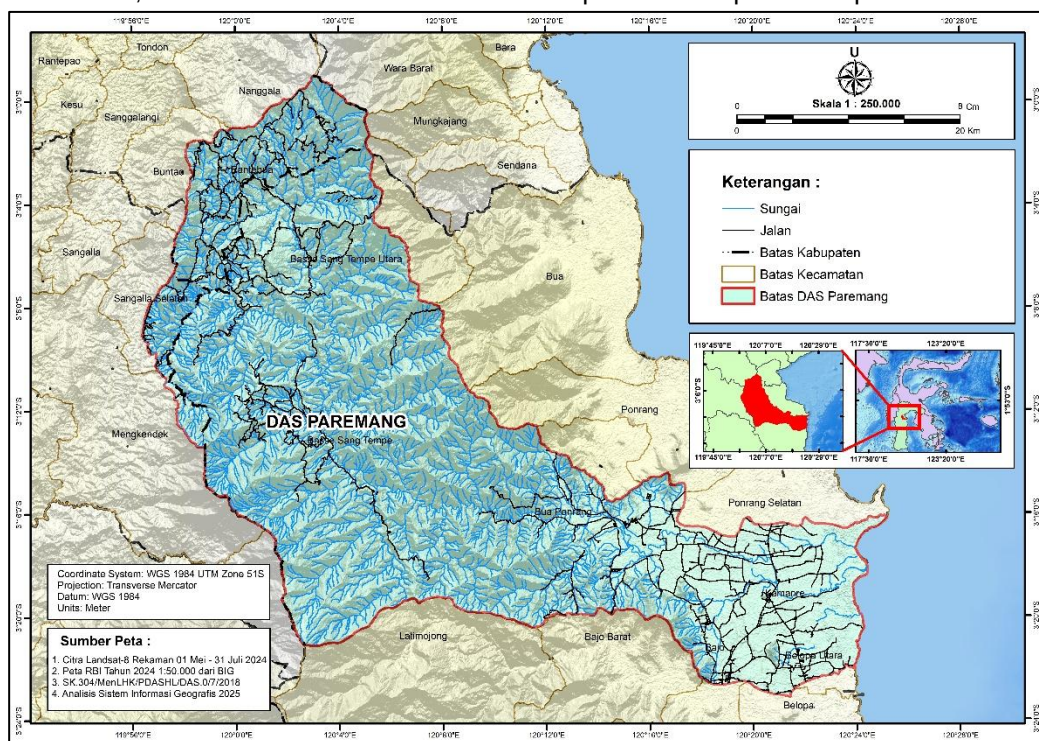
1. Menganalisis perbedaan laju infiltrasi pada berbagai jenis tutupan lahan di DAS Paremang.
2. Menganalisis hubungan vegetasi dengan laju infiltrasi pada DAS Paremang.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi masyarakat dan terutama pihak pengelola DAS Paremang mengenai laju infiltrasi pada berbagai jenis tutupan lahan dan dapat menjadi acuan dalam penentuan langkah-langkah konservasi tanah dan air. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober - Desember Tahun 2024. Penelitian ini dilakukan melalui dua kegiatan, yaitu kegiatan lapangan dan analisis data. Lokasi penelitian ini terletak di DAS Paremang yang berada pada 2°58'59" - 3°21'06" LS dan 119°56'22" - 120°24'09" BT, yang memiliki luas 92.776,3 Ha. Secara administrasi, lokasi penelitian mencakup empat kabupaten, yakni Kabupaten Luwu seluas 76.179,88 Ha, Kabupaten Toraja Utara seluas 12.813,26 Ha, Kabupaten Tana Toraja seluas 3.735,22 Ha, dan Kota Palopo seluas 10,29 Ha, Provinsi Sulawesi Selatan. Analisis data tanah dilakukan di Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon dan analisis data lanjutan terkait laju infiltrasi dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dimuat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Alat dan fungsi alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Fungsi
Alat yang digunakan di lapangan dan pengolahan data		
1.	Laptop yang dilengkapi dengan <i>Software</i> GIS, SEI-FS, dan <i>Microsoft Office</i>	Untuk melakukan analisis data spasial, mengolah dan menyajikan data lapangan
2.	<i>Double ring infiltrometer</i>	Untuk mengukur laju infiltrasi
3.	Ring sampel	Untuk mengambil sampel tanah tidak terusik
4.	Jerigen	Untuk menampung air yang dibutuhkan dalam pengukuran infiltrasi
5.	Patok	Untuk penanda plot pengukuran
6.	Alat tulis menulis	Untuk mencatat data hasil pengukuran di lapangan pada <i>tally sheet</i>
7.	Linggis	Untuk mengambil sampel tanah
8.	<i>Stopwatch</i>	Untuk menghitung lama waktu perubahan ketinggian air pada alat <i>double ring infiltrometer</i>
9.	Balok kayu	Untuk meratakan permukaan ring sampel
10.	Palu	Untuk memukul balok kayu dalam pengambilan sampel tanah
11.	<i>Time Stamp Camera</i>	Untuk mengambil titik koordinat lokasi pengamatan
12.	<i>Abney Level</i>	Untuk mengukur sudut ketinggian TBC dan T.Tot
13.	Handphone yang dilengkapi dengan aplikasi Camera 360	Untuk mendokumentasikan kegiatan di lapangan dan mendokumentasikan tajuk dari sudut pandang bawah
Alat yang digunakan di laboratorium		
14.	Hidrometer dan Termometer	Untuk mengukur suspensi dan suhu sampel tanah dalam analisis tekstur tanah
15.	Timbangan digital	Untuk menimbang sampel tanah
16.	Oven	Untuk mengeringkan sampel tanah
17.	Ayakan	Untuk memisahkan partikel fraksi tanah
18.	Mixer	Untuk mencampur cairan dengan sampel tanah

Lanjutan Tabel 1.

No	Alat	Fungsi
Alat yang digunakan di laboratorium		
19.	Penggaris	Untuk mengukur tinggi dan diameter ring
20.	Lemari asam	Untuk menyimpan cairan kimia agar tidak menyebar ke semua ruangan
21.	Alat permeabilitas	Untuk melihat permeabilitas sampel tanah
22.	Gelas ukur 500 ml	Untuk menyimpan larutan tanah pada proses penentuan tekstur tanah
23.	Gelas piala 250 ml	Untuk wadah sampel tanah pada proses penentuan tekstur dan permeabilitas tanah
24.	Erlenmeyer 250 ml	Untuk wadah sampel tanah pada proses penentuan bahan organik tanah
25.	Buret	Untuk mengukur dan menambahkan volume larutan pada proses titrasi
26.	Sendok plastik	Untuk menuangkan sampel tanah pada saat pengujian
27.	Penumbuk kaca	Untuk menumbuk dan menghaluskan tanah terusik

Tabel 2. Bahan, fungsi dan sumber bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Bahan	Fungsi	Sumber
Bahan yang digunakan di lapangan dan pengolahan data			
1.	Tanah	Sampel untuk menguji sifat fisik dan kimia tanah di laboratorium	Lokasi penelitian
2.	Air	Sebagai media pengukuran laju infiltrasi dan analisis sampel tanah	Lokasi penelitian
3.	Kertas label	Sebagai penanda sampel tanah	
4.	Plastik sampel	Untuk menyimpan sampel tanah saat di lapangan	
5.	Lakban bening/selotip	Untuk mengeratkan plastik sampel dan melindungi label dari air	
6.	<i>Tally sheet</i>	Sebagai media untuk mencatat hasil pengukuran di lapangan	
7.	Tali rafia	Sebagai penanda batas plot <i>sampling</i>	
8.	Peta batas DAS Paremang skala 1:50.000	Sebagai peta dasar batas lokasi penelitian	SK.304/MenLH K/PDASHL/DAS.0/7/2018

Lanjutan Tabel 2.

No	Bahan	Fungsi	Sumber
Bahan yang digunakan di lapangan dan pengolahan data			
9.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Tahun 2024 skala 1:50.000	Sebagai data pendukung analisis dan administrasi	Badan Informasi Geospasial
10.	Citra <i>Landsat</i> 8 Tahun 2024 Path/Row = 114/62	Untuk menginterpretasi penutupan lahan Tahun 2024	<i>Earth Explorer</i>
11.	<i>Digital Elevation Model</i> (DEM) Nasional	Data pembangunan faktor kemiringan lereng	Badan Informasi Geospasial
Bahan yang digunakan di laboratorium			
12.	Aquades (H ₂ O)	Sebagai penambah larutan	Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon
13.	Calgon 10 ml	Untuk melunakkan tanah dalam analisis tekstur tanah	Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon
14.	Difenilamin (C ₁₂ H ₁₃ N)	Sebagai indikator larutan jika berubah warna	Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon
15.	Kalium Dikromat (K ₂ Cr ₂ O ₇) 5 ml	Untuk mengoksidasi bahan organik tanah	Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon
16.	Asam Sulfat (H ₂ SO ₄) 5 ml	Untuk mereduksi bahan organik dan menghancurkan struktur bahan organik tanah	Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon
17.	Amonium Ferosulfat ((NH ₄) ₂ Fe(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O) 50 ml	Sebagai cairan titran pada proses titrasi	Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon

2.3 Sumber dan Jenis Data

Terdapat dua sumber data yang dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung di lapangan berupa data laju infiltrasi, proyeksi tajuk, dan sifat fisik kimia tanah. Untuk data sekunder berupa data penunjang antara lain seperti keadaan tempat penelitian (keadaan fisik) yang meliputi letak dan luas area, data alat *three-way soil meter* (kelembaban, cahaya, dan pH), peta unit lahan, peta tutupan lahan, dan peta kemiringan lereng.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Interpretasi Citra

Interpretasi citra adalah proses untuk mengidentifikasi dan menafsirkan objek-objek yang terdapat dalam citra, baik itu citra foto udara maupun citra satelit. Dalam penelitian ini, jenis citra yang digunakan adalah Citra Satelit Landsat 8 tahun 2024 dengan kode path/row 114/64. Citra Satelit Landsat 8 dipilih karena memiliki resolusi tinggi (resolusi spasial 30 meter), yang memungkinkan pemetaan detail yang lebih baik dibandingkan dengan satelit lainnya. Selain itu, Citra Satelit Landsat 8 memiliki spektrum yang luas dengan 11 band spektrum, termasuk inframerah dekat dan inframerah pendek, yang membantu dalam membedakan berbagai jenis tutupan lahan seperti vegetasi, air, dan permukaan tanah. *Earth Explorer* adalah salah satu situs milik USGS yang menyediakan layanan citra gratis, termasuk Citra Landsat 8. Landsat 8 beroperasi dalam orbit *Sun-Synchronous* pada ketinggian 705 km. Citra Landsat ini digunakan untuk pembuatan peta tutupan lahan di DAS Paremang. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses interpretasi citra (Rahmawan et al., 2020):

- a. Pengunduhan Citra *Landsat*
Citra *Landsat* 8 rekaman 1 Mei – 31 Juli Tahun 2024 diolah untuk membuat peta tutupan lahan. Peta tutupan lahan tersebut dihasilkan dari proses interpretasi pola serta karakteristik seperti rona, warna, tekstur, dan bentuk yang tampak pada citra. Citra *Landsat* diunduh di website <http://earthexplorer.usgs.gov>. Lakukan register terlebih dahulu sebelum melakukan pengunduhan.
- b. Penggabungan Band
Penggabungan band dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan identifikasi warna dan jenis tutupan lahan di lokasi penelitian yang dikaji. Hasil dari penggabungan band tersebut digunakan untuk menginterpretasikan citra satelit. Penggabungan band pada Citra *Landsat* 8 tahun 2024 terdiri dari Band 4 Red (0.636 – 0.673 μm) resolusi 30 m, Band 5 *Near-Infrared* (0.851 – 0.879 μm) resolusi 30 m, dan Band 6 SWIR-1 (1.566 – 1.651 μm) resolusi 30 m.
- c. Koreksi Geometrik
Tujuan dari koreksi geometrik adalah memperbaiki distorsi posisi dengan meletakkan elemen citra pada posisi planimetrik (x dan y) yang seharusnya,

sehingga citra mempunyai kenampakan yang lebih sesuai dengan keadaan sebenarnya di permukaan bumi sehingga dapat digunakan sebagai peta.

- d. Koreksi Radiometrik
Koreksi radiometrik bertujuan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya dan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama.
- e. Pemotongan Citra (*Cropping*)
Proses *cropping* pada area citra bertujuan untuk memotong bagian dari citra sesuai dengan batas DAS. Tahap awal pada proses ini yakni menumpang tindihkan citra pada batas DAS Paremang menggunakan *Tools Clip* pada *software* GIS. Citra hasil *cropping* selanjutnya diinterpretasikan dan digunakan untuk memproyeksikan tutupan lahan di DAS Paremang.
- f. Interpretasi Citra
Interpretasi citra berlandaskan pada aturan Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan BSNI 7645-1:2014 dengan skala 1:50.000. Interpretasi Citra *Landsat* 8 Tahun 2024 dilakukan dengan metode digitasi manual *on screen* dari objek tutupan lahan. Proses digitasi dilakukan pada layar monitor laptop dengan memanfaatkan *software* GIS yang datanya bersumber dari citra satelit. Proses ini meliputi identifikasi objek pada citra dengan memperhatikan rona, pola, ukuran, dan bentuk.

2.4.2 Validasi Hasil Interpretasi Citra

Pengukuran akurasi klasifikasi citra dilakukan menggunakan metode matriks kesalahan (*confusion matrix*). Dalam matriks kesalahan, data hasil klasifikasi citra dan data hasil verifikasi di lapangan disusun dalam tabel perbandingan persentase. Tingkat keakuratan interpretasi citra dianggap dapat diterima jika nilai *kappa accuracy* mencapai $\geq 85\%$ (BIG, 2012). Uji klasifikasi citra bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana keakuratan interpretasi citra yang telah dilakukan (Yuliasuti, 2023). Dalam penelitian ini, uji akurasi yang digunakan adalah *kappa accuracy* (KA) dengan bantuan matriks kesalahan, di mana akurasi dihitung berdasarkan semua elemen dalam matriks kesalahan, termasuk akurasi pembuat (*producer's accuracy*), akurasi pengguna (*user's accuracy*), dan akurasi keseluruhan (*overall accuracy*). Perhitungan akurasi Kappa dan keseluruhan disajikan dalam rumus berikut (Mulyasari, 2022):

$$User's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \quad (1)$$

$$Producer's\ accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\% \quad (2)$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_i X_{ii}}{X_{++}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

X_{ii} : nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

X_{i+} : jumlah piksel dalam baris ke-i

X_{+i} : jumlah piksel dalam kolom ke-i

$$Kappa\ accuracy\ (KA) = \frac{N \sum_t X_{ii} - \sum_t X_{bi} X_{ki}}{N^2 - \sum_t X_{bi} X_{ki}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

N : banyaknya piksel

X_{ii} : nilai diagonal matriks pada kolom ke-i dan baris ke-i

X_{bi} : jumlah piksel pada baris ke-i

X_{ki} : jumlah piksel pada kolom ke-i

Matriks kesalahan (*confusion matriks*) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. *Confusion matriks*

		Data interpretasi			Total baris	<i>Producer's accuracy</i> X_{ii}/X_{i+}
		A	B	C		
Data referensi	A	X_{ii}			X_{i+}	
	B		X_{ii}			
	C			X_{ii}		
Total kolom		X_{+1}			N	
<i>User's accuracy</i>		X_{ii}/X_{+1}				

(Sumber: Mulyasari, 2022)

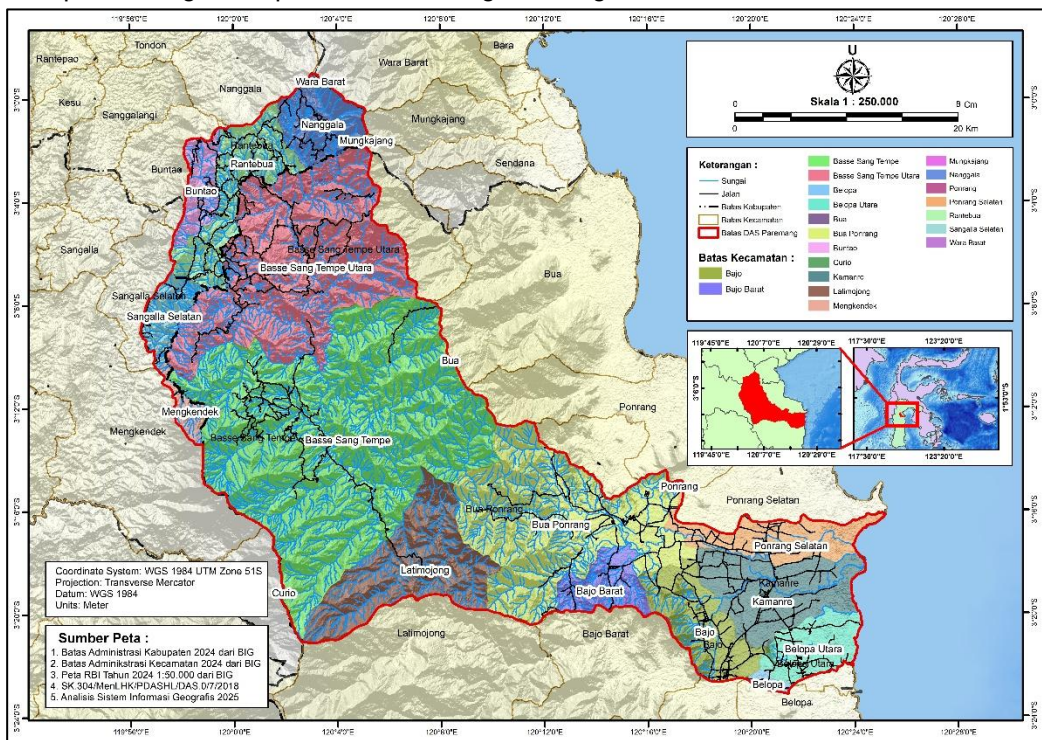
2.4.3 Penentuan Plot Pengamatan

Penentuan lokasi pengamatan dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak GIS berdasarkan peta tutupan lahan dan peta kemiringan lereng. Peta tutupan lahan dan peta kemiringan lereng di-*overlay* untuk membentuk unit lahan yang ditampilkan pada Gambar 2. Proses *overlay* antara peta tutupan lahan dan kemiringan lereng menghasilkan peta unit lahan. Kelas kemiringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0 – 8% untuk kategori Datar dan 8 – 15% untuk kategori Landai.

Pemilihan kelas lereng 0 – 8% Datar dan 8 – 15% Landai, didasari oleh beberapa faktor seperti stabilitas (tanah lebih stabil dan memungkinkan pengukuran infiltrasi yang lebih konsisten), pengaruh gravitasi (air mengalir lebih cepat di lereng curam dan dapat mengurangi waktu kontak antara air dan tanah) (Nuryanti et al., 2018), akumulasi air (air memiliki lebih banyak waktu untuk meresap), kemudahan akses (area datar atau landai lebih mudah diakses untuk pengukuran dan pengambilan sampel, sehingga memudahkan proses pengumpulan data).

Dari pemilihan kelas lereng tersebut menghasilkan dua kelas lereng, dengan jenis tutupan lahan yang sama. Maka dari itu, dilakukan pemilihan kelas lereng dengan luas yang paling dominan (terbesar). Penempatan titik sampling pada unit lahan tersebut

mempertimbangkan aspek kelas kemiringan lereng dan aksesibilitas.

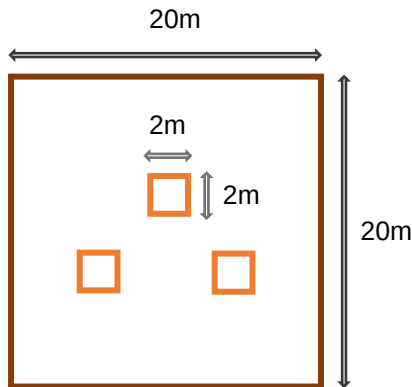


Gambar 2. Peta unit lahan

2.4.4 Pembuatan Plot Pengamatan

Pengambilan data dilakukan di semua jenis tutupan lahan yang ada di DAS Paremang dengan berdasarkan pada peta tutupan lahan dan peta kemiringan lereng. Penentuan posisi plot dilakukan secara *purposive sampling*, di mana pengambilan sampel secara sengaja berdasarkan aksesibilitas dan berada pada kemiringan lereng datar (0 - 8%) dan landai (8 - 15%) dengan ukuran plot 20m x 20m. Pemilihan ukuran plot 20m x 20m didasarkan pada hasil penelitian Omar et al. (2013) yang menyimpulkan bahwa ukuran plot 20m x 20m adalah pilihan yang baik untuk pengambilan sampel dalam penelitian biomassa dan studi hutan. Ukuran plot ini memiliki keseimbangan antara luas yang cukup untuk representasi, kemudahan pengelolaan, fleksibilitas dalam berbagai tipe hutan, efisiensi biaya, dan kesesuaian dengan metode pengukuran.

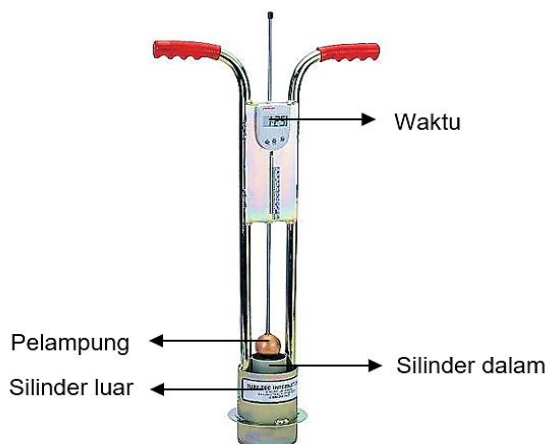
Plot yang berukuran 20m x 20m selanjutnya di dalamnya dibuatkan subplot sebanyak tiga dengan ukuran masing-masing 2m x 2m. Setiap subplot yang berukuran 2m x 2m dilakukan pengukuran infiltrasi sebanyak satu kali pengulangan. Setiap pengulangan di subplot tersebut dirata-ratakan untuk memperoleh nilai laju infiltrasi per-jenis tutupan lahan. Sketsa plot pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sketsa plot pengamatan

2.4.5 Pengukuran Laju Infiltrasi

Pengukuran laju infiltrasi dilakukan dengan menggunakan metode *double ring infiltrometer* dan metode Horton. Pada metode *double ring infiltrometer*, pengukuran dilakukan secara langsung di lapangan. Alat *double ring infiltrometer* yang ditunjukkan pada Gambar 4 terdiri dari dua silinder, yaitu silinder dalam dengan diameter 5 cm dan silinder luar dengan diameter 11 cm (Paga & Reniana, 2021). Masing-masing silinder memiliki fungsi yang berbeda; silinder luar berfungsi untuk meminimalkan kemungkinan pergerakan air secara horizontal, sedangkan silinder dalam digunakan untuk mengukur penurunan tingkat air (Subagyo, 2022). Sementara itu, metode Horton menggunakan persamaan dalam perhitungan datanya, di mana variabel yang digunakan merupakan data hasil pengukuran dari metode *double ring infiltrometer*. Model Horton, sejak pertama kali diperkenalkan, dianggap akurat dan mampu mewakili proses infiltrasi, sehingga banyak diterapkan dalam penelitian dan kajian hidrologi. Infiltrasi menurut Model Horton menggunakan pendekatan empiris yang bergantung pada waktu.



Gambar 4. *Double ring infiltrometer* (Ikhsan, 2020)

Titik pengukuran infiltrasi pada penelitian ini yaitu sebanyak 10 titikutupan lahan dengan setiap titik masing-masing dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Pengukuran laju infiltrasi dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

- a. Menyiapkan alat dan bahan.
- b. Membersihkan area plot dan memasang *double ring infiltrometer* pada titik pengamatan. Lalu masukkan alat dengan menekan secara perlahan-lahan ke dalam tanah.
- c. Masukkan air ke dalam ring luar dan tunggu hingga tidak terjadi penurunan air, lalu dilanjutkan dengan pengisian air di ring dalam. Pengisian air dilakukan secara perlahan-lahan agar tidak merusak struktur permukaan tanah.
- d. *Stopwatch* dihidupkan saat ring dalam telah terisi air.
- e. Mencatat hasil penurunan air setiap 5 menit yang terjadi dalam proses infiltrasi.
- f. Mengamati penurunan air yang ada di ring dalam hingga infiltrasi mencapai konstan (tidak terjadi perubahan angka penurunan hingga 3x berturut-turut).

2.4.6 Pengambilan Sampel Tanah

Penentuan sifat fisik tanah dilakukan dengan mengambil sampel uji tanah di lapangan dari tiga lapisan pada setiaputupan lahan, berdasarkan titik pengukuran laju infiltrasi. Lokasi pengambilan sampel tanah pada plot ditentukan melalui *purposive sampling*, dengan mempertimbangkan kondisi permukaan tanah yang bebas dari gangguan seperti batu dan akar pohon. Kedalaman setiap lapisan yang diambil adalah 30 cm, sehingga total kedalaman lapisan tanah yang diambil mencapai 90 cm. Pengambilan sampel uji tanah bertujuan untuk menganalisis tekstur, permeabilitas, bobot isi (*bulk density*), porositas, dan kandungan bahan organik, yang dilakukan di Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin. Sampel tanah diambil dengan menggunakan metode tanah terusik dan tidak terusik, masing-masing sebanyak 3 lapisan. Prosedur pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan ring sampel, sebagai berikut:

- a. Membersihkan permukaan tanah dari tumbuhan, serasah, dan batu kemudian meratakannya.
- b. Meletakkan ring sampel pada permukaan tubuh tanah yang diambil dengan bagian tajam yang bersinggungan dengan tanah.
- c. Menekan ring sampel perlahan-lahan dengan tekanan merata sampai terbenam tiga per-empat bagian.
- d. Meletakkan ring sampel kedua di atas ring sampel pertama sampai terbenam sepenuhnya.
- e. Menggali tanah di sekeliling ring sampel sehingga dapat diambil secara perlahan dalam keadaan tetap utuh.
- f. Masukkan tanah tidak terusik ke dalam plastik klip dan eratkan dengan menggunakan lakban.
- g. Mengambil sampel tanah terusik setiap lapisan dan masukkan ke dalam plastik

klip. Setelah sampel tanah diambil, proses selanjutnya yang dilakukan yaitu pengamatan di laboratorium untuk menganalisis tekstur, permeabilitas, bobot isi, porositas, dan bahan organik dari tanah tersebut.

2.4.7 Pengamatan Sifat Fisik Kimia Tanah dan Kondisi Biofisik

Pengamatan sifat fisik kimia tanah dan kondisi biofisik, yakni sebagai berikut:

a. Penentuan tekstur tanah

Penentuan tekstur tanah dilakukan berdasarkan analisis sampel tanah yang telah dilakukan di laboratorium. Dari hasil analisis tersebut, dapat diketahui persentase pasir, debu, dan liat, sehingga kelas tekstur dapat ditentukan menggunakan segitiga tekstur dari *United States Department of Agriculture* (USDA). Proses penentuan tekstur tanah dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Menimbang tanah yang telah dihaluskan sebanyak 20 gram.
- 2) Masukkan tanah yang telah ditimbang ke dalam gelas piala.
- 3) Menambahkan cairan Calgon sebanyak 10 ml.
- 4) Menambahkan Aquades hingga setengah gelas piala.
- 5) Diamkan larutan selama satu malam di dalam lemari asam. Pengerjaan dilanjutkan pada keesokan harinya.
- 6) Setelah didiamkan selama satu malam, larutan di kocok selama 5 menit dengan menggunakan mixer.
- 7) Larutan yang telah di mixer selanjutnya di saring per gelas piala (per-sampel) dengan menggunakan ayakan, serta dilakukan penambahan air untuk mempermudah pemisahan pasir.
- 8) Menuangkan air sisa saringan ke dalam gelas ukur.
- 9) Menyerok sisa-sisa pasir yang ada di dalam saringan dengan menggunakan sendok dan tuang ke dalam wadah kecil.
- 10) Menambahkan air ke dalam gelas ukur hingga mencapai volume 500 ml dan tuangkan sisa-sisa pasir yang menempel pada gelas ukur.
- 11) Masukkan alat skala hidrometer (H) ke dalam gelas ukur dan baca skala apabila alat telah berhenti bergerak.
- 12) Masukkan alat termometer (T) ke dalam gelas ukur dan tunggu sekitar 3 menit untuk pembacaan skalanya.
- 13) Melanjutkan tahapan di atas ke sampel tanah berikutnya.
- 14) Apabila tanah berikutnya telah dimasukkan ke dalam gelas ukur maka baca skala termometer pada gelas ukur sebelumnya.
- 15) Sisa tanah pasir dari semua sampel yang ada pada wadah kecil di oven selama 2 x 24 jam, kemudian pasir tersebut di timbang beratnya.

b. Penentuan permeabilitas tanah

Penentuan ini dilakukan dengan membandingkan waktu dan volume. Sampel tanah diambil menggunakan ring sampel, kemudian direndam dalam bak perendaman. Setelah tanah mencapai kondisi jenuh, sampel tersebut dipindahkan

ke alat ukur untuk mengukur laju permeabilitasnya. Proses penentuan permeabilitas tanah dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Membersihkan ring sampel tanah dari bungkusnya dan bersihkan sisa tanah yang menempel pada ring.
- 2) Memberikan label pada setiap ring sampel dan plaster menggunakan lakban bening dengan tujuan agar label tidak basah/luntur saat dilakukan perendaman.
- 3) Menimbang setiap ring sampel dengan menggunakan timbangan digital dan catat hasilnya.
- 4) Merendam ring sampel pada nampan dengan air hingga ± 1 cm/hingga bagian bawah cukup terendam air dan diamkan selama 24 jam.
- 5) Mengangkat tanah yang telah direndam tersebut dan masukkan ring sampel ke dalam karet ban.
- 6) Memasang kain kasa di atas gelas piala hingga tegang dan pasang karet sebagai pengikat agar tidak mudah lepas.
- 7) Menumpuk ring sampel tanah di atas kain kasa dan berikan air hingga pipa cukup penuh. Setiap sampel diamati hingga 3x pengulangan (1 pengulangan 15 menit x 3 pengulangan, maka waktu total pengamatan adalah 45 menit).
- 8) Apabila air telah habis, maka isi kembali hingga hampir penuh.
- 9) Setiap menyelesaikan 1x pengulangan, pindahkan air yang ada di dalam gelas piala ke dalam gelas ukur untuk mengukur berapa ml air yang dihasilkan setiap pengulangan.
- 10) Volume dari 3 pengulangan tersebut selanjutnya dirata-ratakan untuk mengetahui permeabilitas setiap sampel.

c. Penentuan porositas tanah

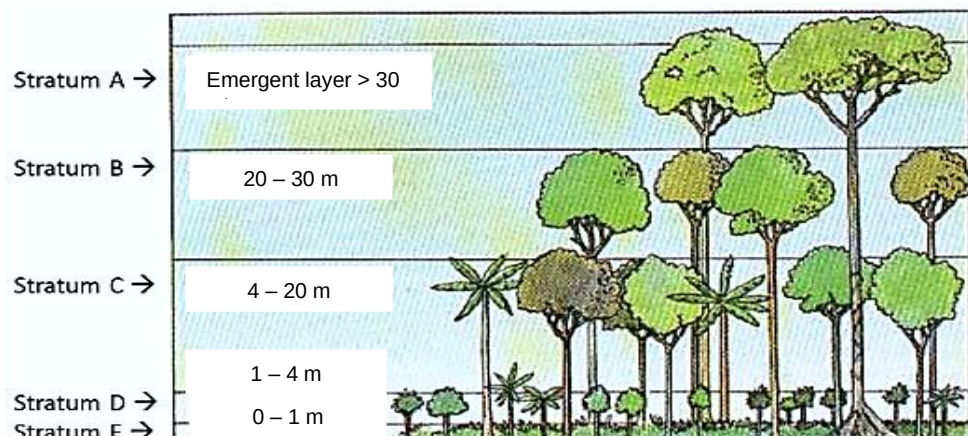
Penentuan porositas tanah diperoleh dari analisis persentase berat volume tanah (*bulk density*) dan berat partikel tanah (*particle density*), yang kemudian dikalikan dengan 100%. Proses penentuan porositas tanah dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Meletakkan ring sampel tanah ke dalam wadah yang telah dialasi dengan aluminium foil dan masukkan ke dalam oven. Oven sampel selama 24 jam dengan suhu 105°C.
- 2) Setelah di oven, timbang ring sampel tanah (berat tanah kering dan ring).
- 3) Memisahkan tanah dari ring sampel dan timbang ring sampel (berat ring) serta tanah kering (berat tanah kering) secara bergantian.
- 4) Mengukur diameter dan tinggi ring sampel dengan menggunakan penggaris.

d. Penentuan bahan organik

Penentuan kandungan bahan organik dilakukan dengan metode titrasi hingga tanah berubah warna menjadi hijau. Data yang diperoleh dari titrasi tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan kandungan C-Organik dan total bahan organik. Proses penentuan bahan organik dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Menimbang 1 gram tanah halus dan mencatat berapa lebih dari berat yang telah ditentukan, misalkan (1,0005 gram). Setelah ditimbang masukkan tanah ke dalam erlenmeyer.
 - 2) Menambahkan cairan Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebanyak 5 ml dan cairan Asam Sulfat (H_2SO_4) sebanyak 5 ml.
 - 3) Menambahkan Aquades sebanyak 100 ml.
 - 4) Menghitung titrasi dengan menggunakan alat buret.
 - 5) Menambahkan cairan Amonium Ferosulfat ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) ke dalam alat buret sebanyak 50 ml.
 - 6) Teteskan cairan indikator Difenilamin ($C_{12}H_{13}N$) sebanyak 3 - 5 tetes.
 - 7) Lakukan titrasi hingga larutan berwarna hijau dengan terus menambahkan cairan Amonium Ferosulfat pada alat buret dan ukur berapa ml penurunan cairannya.
- e. Proyeksi tajuk lokasi pengamatan
- Sketsa strata tajuk tampak atas (vertikal) dan tampak samping (horizontal) dibuat dengan menggunakan *software* SExI-FS (*Spatially Explicit Individual-based Forest Simulator*). Data yang dimasukkan ke dalam *software* tersebut diperoleh dari hasil pengukuran pada tiap vegetasi di berbagai jenis tutupan lahan. Data utama yang perlu disiapkan untuk menghasilkan visualisasi tersebut meliputi data posisi pohon (berupa koordinat x,y), data jenis pohon, data diameter batang setinggi dada (dbh), data tinggi pohon meliputi (tinggi bebas cabang (TBC) dan tinggi total (T.Tot), dan data diameter tajuk dari 4 arah mata angin (utara, timur, selatan, dan barat) yang disimpan dalam format ".txt". Dari gambar tajuk tersebut ditentukan tingkatan strata tajuk vegetasi pada masing-masing jenis tutupan lahan. Sketsa strata tajuk dapat dilihat pada Gambar 5. Berikut langkah-langkah pembuatan model proyeksi tajuk pada SExI-FS:
- 1) Buka *file explorer*, pilih *file program (x86)*, pilih *sexifs* dan tekan *run_sexi*.
 - 2) Tekan *default project* dan isi ukuran plot 20 m x 20 m.
 - 3) Tekan *tree plot* lalu *construct* dan pilih file (.txt) yang telah dibuat sebelumnya. Selanjutnya tekan *open* maka otomatis data muncul dan tekan *apply constructed trees* untuk menampilkan sketsa model proyeksi.
 - 4) Pilih *show 3D* untuk menampilkan model proyeksi 3D. Tekan *view leaves* untuk menampilkan daun, *texture object* untuk menambahkan detail batang pohon, dan tekan *home* untuk mengubah sisi tampilan objek.



Gambar 5. Stratifikasi vegetasi hutan (Utami & Putra, 2020)

Stratum A merupakan lapisan teratas yang terdiri dari pohon-pohon dengan tinggi lebih dari 30 m, yang sering disebut sebagai emergent layer. Stratum B adalah lapisan vertikal kedua yang terdiri dari pohon-pohon dengan tinggi antara 20 hingga 30 m. Stratum C adalah lapisan vertikal ketiga yang terdiri dari pohon-pohon dengan tinggi antara 4 hingga 20 m. Stratum D adalah lapisan vertikal keempat yang terdiri dari semak-semak atau semai (anakan pohon) dengan tinggi antara 1 hingga 4 meter. Stratum E adalah lapisan vertikal terendah yang didominasi oleh tumbuhan bawah seperti herba dengan tinggi antara 0 hingga 1 meter (Utami & Putra, 2020).

2.5 Analisis Data

2.5.1 Analisis Laju Infiltrasi

1) Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi adalah jumlah air yang masuk ke dalam tanah persatuan waktu (Dipa et al., 2021). Rumus untuk menghitung laju infiltrasi adalah sebagai berikut (Budianto et al., 2014):

$$f = \frac{\Delta h_c}{\Delta t} \times 60 \quad (5)$$

Keterangan:

f : laju infiltrasi (cm/jam)

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

Δt : perubahan selang waktu pengukuran (menit)

Perhitungan nilai kapasitas infiltrasi dilakukan dengan menggunakan metode Horton. Horton menyatakan bahwa kapasitas infiltrasi berkurang seiring dengan bertambahnya

waktu hingga mendekati nilai yang konstan. Penurunan kapasitas infiltrasi lebih dikontrol oleh faktor yang beroperasi di permukaan tanah (Arianto et al., 2021). Rumus untuk menghitung kapasitas infiltrasi adalah sebagai berikut (Budianto et al., 2014):

$$f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt} \quad (6)$$

Keterangan:

f : laju infiltrasi (cm/jam)

t : waktu (jam)

f_0 : laju infiltrasi awal (cm/jam)

f_c : laju infiltrasi konstan (cm/jam)

k : konstanta yang menunjukkan laju penurunan infiltrasi

e : konstanta yang senilai 2,718

U.S *Soil Conservation* dalam Aidatul (2015), mengklasifikasikan laju infiltrasi menjadi tujuh kelas yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi laju infiltrasi

Kelas	Klasifikasi	Laju Infiltrasi (cm/jam)
0	Sangat lambat	< 0,1
1	Lambat	0,1 – 0,5
2	Agak lambat	0,5 – 2,0
3	Sedang	2,0 – 6,3
4	Agak cepat	6,3 – 12,7
5	Cepat	12,7 – 25,4
6	Sangat cepat	> 25,4

(Sumber: Aidatul, 2015)

2) Regresi Linear

Konstanta (k) berfungsi sebagai indikator tekstur permukaan; jika terdapat tanaman di permukaan, nilai (k) cenderung kecil, sedangkan pada permukaan yang halus seperti tanah gundul, nilai tersebut menjadi besar. Parameter ini dipengaruhi oleh jenis tanah dan tutupan; untuk tanah berpasir atau berkerikil, nilai tersebut tinggi, sedangkan untuk tanah berlempung yang gundul, nilai (k) cenderung kecil. Jika permukaan tanah ditumbuhi rumput, nilai tersebut akan meningkat (Suteja et al., 2022). Untuk mendapatkan nilai konstanta (k), persamaan Horton adalah sebagai berikut:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-Kt} \longrightarrow f - f_c = (f_0 - f_c)e^{-Kt}$$

dilogaritman sisi kiri dan kanan,

$$\log(f - f_c) = \log(f_0 - f_c)e^{-Kt} \text{ atau}$$

$$\log(f - f_c) = \log(f_0 - f_c) - Kt \log e$$

$$\log(f - f_c) - \log(f_0 - f_c) = -Kt \log e \text{ maka,}$$

$$t = (-1/(K \log e))[\log(f - f_c) - \log(f_0 - f_c)]$$

$$t = (-1/(K \log e)) \log(f - f_c) + (1/\log e) \log(f_0 - f_c)$$

Menggunakan persamaan umum linear, $y = mX + C$, sehingga:

$$y = t, m = -1/K \log e, X = \log(f - f_c), C = (1/\log e) \log(f_0 - f_c).$$

2.5.2 Pengamatan Sifat Fisik Kimia Tanah di Laboratorium dan Kondisi Biofisik

Pengamatan sampel tanah dilakukan di Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon. Sifat-sifat tanah yang diamati yaitu tekstur, porositas, permeabilitas, dan bahan organik. Sampel tanah diambil dari titik plot pengamatan. Hasil dari pengujian sampel tanah selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk melihat pengaruhnya terhadap laju infiltrasi.

1) Penentuan tekstur tanah

Penentuan tekstur tanah dilakukan dengan kegiatan pengujian sampel tanah di laboratorium. Berikut rumus untuk menghitung persentase tekstur tanah menurut Dariah & Rachman, 2006 dalam Selvianty, 2023:

$$\% \text{ liat} = \frac{\text{BL}}{\text{BDL} + \text{berat pasir}} \times 100 \% \quad (7)$$

$$\% \text{ debu} = \frac{\text{BD}}{\text{BDL} + \text{berat pasir}} \times 100 \% \quad (8)$$

$$\% \text{ pasir} = \frac{\text{berat pasir}}{\text{BDL} + \text{berat pasir}} \times 100 \% \quad (9)$$

dengan:

$$\text{BDL} = \frac{H_1 + 0,3 (t_1 - 19,8)}{2} - 0,5 \quad (10)$$

$$\text{BL} = \frac{H_2 + 0,3 (t_2 - 19,8)}{2} - 0,5 \quad (11)$$

$$\text{BD} = \text{BDL} - \text{BL} \quad (12)$$

Keterangan:

BD : berat debu

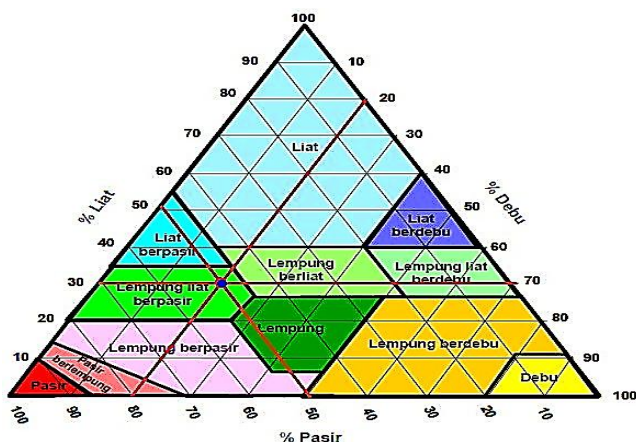
BDL : berat debu liat

BL : berat liat

H₁ dan H₂ : pengukuran suspensi dengan hidrometer

t₁ dan t₂ : pengukuran suspensi dengan termometer

Tanah dengan berbagai perbandingan pasir, debu, dan liat dikelompokkan atas berbagai kelas tekstur seperti digambarkan pada segitiga tekstur pada Gambar 6.



Gambar 6. Segitiga tekstur (Agus et al., 2006)

Segitiga tekstur dimanfaatkan untuk mengidentifikasi jenis sedimen setelah diketahui persentase masing-masing fraksi sedimen, seperti liat, debu, dan pasir (Ansari et al., 2020). Sebagai contoh, jika suatu tanah terdiri dari 50% pasir, 20% debu, dan 30% liat, maka klasifikasi teksturnya dapat ditentukan menggunakan segitiga tekstur. Pada diagram ini, sudut kanan bawah menunjukkan 0% pasir, sedangkan sudut kiri mewakili 100% pasir. Titik 50% pasir terletak di bagian dasar segitiga, dan dari titik ini ditarik garis sejajar sisi kanan segitiga menuju kiri atas. Selanjutnya, titik 20% debu berada di sisi kanan segitiga; dari titik ini ditarik garis sejajar sisi kiri segitiga. Kedua garis ini akan berpotongan. Kemudian, dari titik 30% liat, ditarik garis horizontal sejajar dengan sisi dasar segitiga ke arah kanan hingga memotong dua garis sebelumnya. Titik temu ketiga garis tersebut menunjukkan bahwa tanah ini termasuk dalam kelas tekstur “lempung liat berpasir” (Agus et al., 2006).

2) Penentuan permeabilitas tanah

Penentuan permeabilitas tanah ditetapkan dengan menggunakan perbandingan waktu dan volume. Sampel tanah diambil dengan menggunakan ring sampel, kemudian direndam pada wadah perendaman. Pada proses perendaman ini tanah menjadi jenuh, kemudian tanah dipindahkan ke alat ukur untuk mengukur laju permeabilitasnya. Rumus untuk menghitung permeabilitas yakni sebagai berikut (Agus et al., 2006):

$$\text{Permeabilitas} = \frac{x}{\frac{1}{4} \pi d^2 t} \quad (13)$$

$$\text{dengan } x = \frac{\text{volume tiap lapisan}}{0,25} \quad (14)$$

Keterangan:

d : diameter ring (cm)

t : tinggi ring (cm)

Sriwahyuni et al. (2020) mengklasifikasikan kelas permeabilitas tanah menjadi tujuh kelas yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi permeabilitas tanah

Permeabilitas (cm/jam)	Kelas
< 0,125	Sangat lambat
0,125 – 0,50	Lambat
0,50 – 2,00	Agak lambat
2,00 – 6,25	Sedang
6,25 – 12,50	Agak cepat
12,50 – 25,00	Cepat
> 25,00	Sangat cepat

(Sumber: Sriwahyuni et al., 2020)

3) Penentuan bobot isi (*bulk density*)

Penentuan berat isi (*bulk density*) dan berat partikel tanah (*particle density*) dilakukan dengan menggunakan metode Core yang didasarkan pada pengambilan contoh tanah dengan menggunakan ring sampel. Tanah yang berada di dalam ring sampel selanjutnya dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 105°C, selanjutnya tanah ditimbang untuk mengetahui berat volumenya. Data yang telah diperoleh kemudian dihitung menggunakan rumus berikut (Agus et al., 2006):

$$BD = \frac{\text{berat tanah kering}}{\text{volume ring sampel}} \quad (15)$$

$$\text{Volume ring sampel (cm}^3\text{)} = \frac{1}{4} \pi d^2 t \quad (16)$$

Keterangan:

BD : *bulk density* (g/cm³)

t : tinggi ring (cm)

d : diameter ring (cm)

π : 3,14

4) Penentuan porositas tanah

Penentuan porositas tanah diperoleh dari hasil analisis persentase berat volume tanah (BD) dan berat partikel tanah (PD) yang selanjutnya dikalikan dengan 100% dan dihitung menggunakan rumus berikut (Agus et al., 2006):

$$\text{Porositas} = 1 - \frac{BD}{PD} \times 100 \% \quad (17)$$

Keterangan:

BD : *bulk density* (g/cm³)

PD : *particle density* (2,65)

Susanto (2005) dalam Indah (2012) mengklasifikasikan porositas tanah menjadi enam kelas yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi porositas tanah

Porositas (%)	Kelas
< 30	Sangat jelek
30 – 40	Jelek
40 – 50	Kurang baik
50 – 60	Baik
60 – 80	Poros
100	Sangat poros

(Sumber: Indah, 2012)

5) Penentuan bahan organik

Penentuan bahan organik dilakukan dengan metode Titrasi hingga tanah berubah warna menjadi hijau. Hasil dari titrasi tersebut selanjutnya diolah untuk mendapatkan kandungan C-Organik dan kandungan bahan organik menggunakan rumus sebagai berikut (Agus et al., 2006):

$$\%C = \frac{(B - T) \times 0,2 \times 3 \times 1,33}{\text{berat sampel tanah (mg)}} \times 100 \% \quad (18)$$

$$\text{Bahan organik} = \%C \times 1,724 \quad (19)$$

Keterangan:

C : karbon

0,2 : normalitas

1,33 : faktor koreksi

B : volume blanko (ml)

3 : berat ekivalen

T : volume titran Fe^{++} (ml)

Upa (2022) mengklasifikasikan kandungan bahan organik menjadi lima kelas yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Klasifikasi bahan organik tanah

C%	Kelas
< 1,00	Sangat rendah
1,00 – 2,00	Rendah
2,01 – 3,00	Sedang
3,01 – 5,00	Tinggi
> 5,00	Sangat tinggi

(Sumber: Upa, 2022)

6) Pembuatan model proyeksi tajuk vegetasi

Pembuatan proyeksi tajuk dilakukan dengan menggunakan *software* SExl-FS. Sebelum melakukan pemodelan, data hasil pengukuran vegetasi, diolah terlebih dahulu dengan menggunakan *microsoft excel* dan selanjutnya data disimpan dengan format (.txt). Pengolahan data pada *microsoft excel* menggunakan beberapa rumus sebagai berikut:

Mengukur diameter pohon dengan cara mengukur keliling pohon yang dikonversi ke diameter, dengan rumus (Anita et al., 2022):

$$\text{Diameter} = \frac{k}{\pi} \quad (20)$$

Keterangan:

k : keliling (cm)

π : 3,14

Menghitung tinggi bebas cabang dengan rumus berikut (Tahitu et al., 2018):

$$\text{TBC} = \tan \alpha_{\text{tbc}} \times \text{jp} + \text{tp} \quad (21)$$

Keterangan:

α_{tbc} : sudut tinggi bebas cabang menggunakan abney level ($^{\circ}$)

jp : jarak pengamat ke pohon, yaitu 10 meter

tp : tinggi pengamat sampai mata, yaitu 1,53 meter

Menghitung tinggi total dengan rumus berikut (Tahitu et al., 2018):

$$\text{T.Tot} = \tan \alpha_{\text{ttot}} \times \text{jp} + \text{tp} \quad (22)$$

Keterangan:

α_{ttot} : sudut tinggi pohon menggunakan abney level ($^{\circ}$)

jp : jarak pengamat ke pohon, yaitu 10 meter

tp : tinggi pengamat sampai mata, yaitu 1,53 meter

Menghitung CR_DEPTH, CR_CURVE, dan CR_RADIUS dengan menggunakan rumus (Santoso et al., 2023):

$$\text{CR_DEPTH} = \text{T.Tot} - \text{TBC} \quad (23)$$

$$\text{CR_CURVE} = \text{T.Tot} - \text{angka terbesar UTSB} \quad (24)$$

$$\text{CR_RADIUS} = \text{UTSB (tanda “,” sebagai pemisah)} \quad (25)$$

Keterangan:

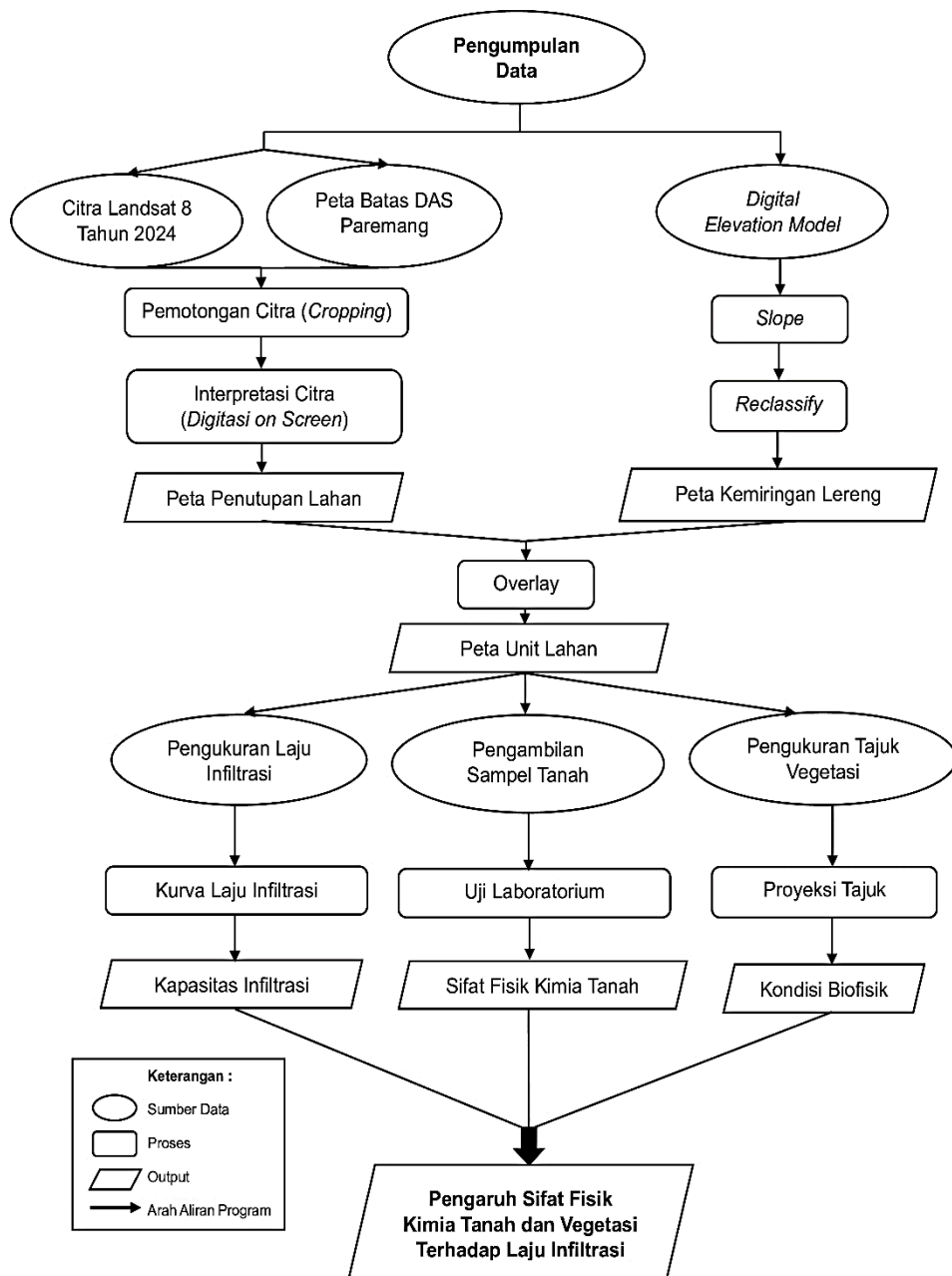
T.Tot : tinggi total (m)

TBC : tinggi bebas cabang (m)

UTSB : arah mata angin (utara-timur-selatan-barat).

2.6 Alur Penelitian

Tahapan proses yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 7.



Gambar 7. *Flowchart* alur penelitian