

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem agroforestri merupakan salah satu pendekatan pengelolaan lahan yang mengintegrasikan tanaman kehutanan, pertanian, dan/atau peternakan dalam satu unit lahan untuk memperoleh manfaat ekologis, ekonomi, dan sosial secara berkelanjutan (Elfis, 2024). Setiap praktik agroforestri, terdapat beberapa serangkaian pilihan yang tersedia bagi pemilik lahan dan disesuaikan dengan tujuan dari mereka (misalnya apakah lahan tersebut akan memaksimalkan produksi tanaman, hewan, atau pohon) (USDA-NAC, 2021 dalam Izwar, et al., 2023). Agroforestri tidak hanya bertujuan meningkatkan produktivitas lahan, tetapi juga berperan penting dalam menjaga keanekaragaman hayati, memperbaiki struktur tanah, mengurangi erosi, serta meningkatkan retensi air dan kualitas lingkungan (Waruwu dan Septiani, 2024). Dengan demikian, pengelolaan lahan yang baik tidak hanya mendukung produktivitas lahan, tetapi juga menjaga kealamian dan fungsi ekosistem agroforestri secara berkelanjutan.

Seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat akan hasil pertanian dan kehutanan, serta adanya tekanan terhadap lahan akibat konversi dan degradasi lingkungan memberikan perubahan pada kondisi kawasan seperti perubahan keadaan ekosistem. Perubahan yang terjadi juga berdampak pada nilai kealamian. Konsep *naturalness* atau kealamian dapat diartikan sebagai suatu nilai deskriptor yang ditunjukkan oleh angka. Perubahan tingkat kealamian ini dapat disebabkan oleh aktivitas manusia yang melakukan perubahan terhadap suatu kawasan (Shofa, 2024). Dalam konteks agroforestri *naturalness* adalah salah satu alat ukur yang digunakan untuk menilai tingkat kealamian atau sejauh mana suatu ekosistem, lahan, atau lanskap masih mempertahankan karakteristik alamnya, baik dari segi struktur vegetasi, komposisi jenis, maupun dari intensitas campur tangan manusia. Indeks ini penting dalam berbagai kajian ekologi, pengelolaan sumber daya alam, dan perencanaan lanskap, terutama dalam konteks konservasi dan rehabilitasi lingkungan (Burhanuddin, et al., 2024). Indeks ini biasanya dinyatakan dalam skala tertentu, misalnya 0–10, dimana nilai yang lebih tinggi menunjukkan sistem yang lebih alami yang ditandai dengan minimnya campur tangan manusia, sedangkan nilai yang lebih rendah menandakan tingginya campur tangan manusia dan perubahan ekosistem yang besar (Shofa, 2024).

Penelitian oleh Shofa (2024) di Banaran, Gunungkidul, menunjukkan bahwa lahan dengan tumpangsari aktif memiliki nilai kealamian rendah (3–4), sedangkan tumpangsari tidak aktif menunjukkan nilai kealamian yang lebih tinggi (6–7). Hal ini berdampak pada simpanan karbon serta fungsi ekologis lainnya. Purba (2023) juga menyatakan bahwa agroforestri dengan nilai kealamian tinggi lebih efektif dalam konservasi tanah dan air dibandingkan sistem yang lebih intensif. Burhanuddin et al. (2024) menambahkan bahwa perbedaan nilai kealamian juga berkaitan erat dengan variasi komoditas penyusun, perbedaan zonasi ketinggian lahan, serta teknik pengaturan ruang seperti struktur vegetasi dan komposisi jenis tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa pola agroforestri yang diterapkan masyarakat secara langsung mempengaruhi indeks kealamian suatu lahan.

Kelurahan Betteng di Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang, merupakan salah satu wilayah yang secara ekologis dan sosial mendukung penerapan sistem agroforestri. Dengan luas wilayah mencapai 8.650,66 hektar dan kondisi geografis berupa dataran yang dikelilingi perbukitan serta aliran sungai, wilayah ini memiliki potensi besar dalam pengembangan praktik pertanian berkelanjutan (Sita, 2024). Mayoritas masyarakat di daerah ini menggantungkan penghidupannya pada sektor pertanian dan dalam praktiknya, banyak dari mereka yang telah menerapkan sistem agroforestri secara turun-temurun.

Penelitian mengenai pengaruh pengelolaan lahan terhadap kealamian sistem agroforestri menjadi sangat relevan untuk merumuskan strategi pengelolaan yang mampu menyeimbangkan aspek produksi dan konservasi, sehingga agroforestri dapat berperan sebagai solusi pengelolaan lahan yang lestari dan adaptif terhadap perubahan lingkungan (Elfis, 2024). Namun, penelitian mengenai nilai kealamian agroforestri masih terbatas di wilayah Sulawesi Selatan, khususnya di Kelurahan Betteng. Padahal, dengan karakteristik ekologis yang khas dan tingginya ketergantungan masyarakat terhadap hasil agroforestri, penilaian terhadap tingkat kealamian menjadi sangat penting. Berdasarkan penjelasan di atas, maka hal tersebut menjadi dasar untuk melakukan penelitian di Kelurahan Betteng, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang.

1.2 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dan kegunaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sub-sistem agroforestri yang diterapkan di Kelurahan Betteng, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang.
2. Mengetahui indeks kealamian pada lahan agroforestri di Kelurahan Betteng, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang.
3. Mengetahui struktur vertikal dan horizontal pada lahan agroforestri di Kelurahan Betteng, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai informasi dasar dalam perencanaan dan pengembangan sistem agroforestri yang seimbang antara aspek produksi dan konservasi.

1.3 Landasan Teori

1.3.1 Agroforestri

Agroforestri atau wanatani merupakan bentuk pengelolaan lahan dengan mengkombinasikan jenis tanaman tahunan dengan atau tanpa tanaman musiman, dengan atau tanpa ternak dalam sebidang lahan yang sama guna menambah sumber pendapatan dan kelestarian lingkungan. Secara fisik agroforestri memiliki susunan kanopi tajuk yang kompleks dengan karakteristik dan kedalaman perakaran yang beragam. Mempertahankan nilai estetika lanskap, pengendalian karbon, perlindungan terhadap keanekaragaman hayati, perlindungan tanah dan air disekitarnya dan sebagai sumber pendapatan petani merupakan multifungsi lanskap dari bentuk pengelolaan lahan tersebut. Hal ini menjadi keunggulan jika dibandingkan dengan pertanian tradisional (monokultur) (Wattie dan Sukendah, 2022).

Secara umum, agroforestri memiliki unsur-unsur sebagai berikut (Salampessy, 2010 dalam Wulandari, et al., 2020):

1. Pengelolaan lahan yang dilakukan oleh manusia (petani).

2. Penerapan teknologi.
3. Terdiri dari tanaman semusim, tanaman tahunan dan atau ternak atau hewan.
4. Dapat dilakukan bersamaan atau bergiliran dalam suatu periode tertentu.
5. Terdapat interaksi ekologi, sosial dan ekonomi.

Hasil penggabungan unsur-unsur tersebut menghasilkan kombinasi sebagai berikut (Wulandari, et al., 2020):

1. Agrosilvikultur, kombinasi komponen kehutanan dengan komponen pertanian.
2. Silvopastura, kombinasi komponen atau kegiatan kehutanan dengan peternakan.
3. Agrosilvopastura, kombinasi komponen pertanian dengan kehutanan dan peternakan/hewan.
4. Agrosilvofishery, kombinasi komponen pertanian dengan kehutanan dan perikanan.
5. Apiculture dikombinasikan dengan ternak lebah madu.

Komponen agroforestri pada dasarnya terdiri dari tiga komponen yaitu kehutanan, pertanian dan peternakan dimana setiap komponen berdiri sendiri-sendiri sebagai bentuk penggunaan lahan. Klasifikasi agroforestri didasarkan pada berbagai aspek sesuai dengan pandangan dan tujuan penggunaan lahan. Pengklasifikasian ini membantu dalam menganalisis setiap bentuk implementasi agroforestri yang dijumpai di lapangan secara lebih mendalam, guna mengoptimalkan fungsi dan manfaatnya bagi pemilik lahan (Hariah, et al., 2004; Sardjono, et al., 2003 dalam Ismail, 2019).

Klasifikasi agroforestri terdiri atas dua yaitu agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks. Agroforestri sederhana mengkombinasikan pepohonan yang ditanam secara tumpang sari dengan satu atau lebih tanaman pertanian. Agroforestri kompleks mengkombinasikan banyak jenis tanaman dengan penggunaan lahan yang menetap dan tumbuh secara alami maupun disengaja kemudian dikelola mengikuti pola tanam dan ekosistem menyerupai hutan (De Foresta dan Michon, 1997 dalam Rimakhusshofa, 2022).

Naharuddin (2018) mengungkapkan, pola agroforestri dapat dibedakan menjadi tiga yaitu:

1. Pola agroforestri *alternate rows* yaitu pola penanaman dengan menempatkan pohon dan tanaman pertanian secara berselang-seling. Pada umumnya, pola ini diterapkan pada tanah yang relatif datar. Tanaman pertanian yang ditanam dapat berupa jagung, ketela, dan biasanya terdapat tanaman pisang yang sebaris dengan tanaman berkayu. Sedangkan tanaman berkayu dapat dipilih jenis tanaman perkebunan seperti kakao (*Theobroma cacao* L.) dan kemiri (*Aleurites moluccana* L.).
2. Pola agroforestri *alley cropping* yaitu pola penanaman yang menempatkan pohon di pinggir kanan dan kiri tanaman pertanian. Tujuannya adalah agar tanaman mendapatkan cahaya matahari penuh di pagi maupun sore hari.
3. Pola agroforestri *random mixture* yaitu pola penanaman acak dimana tanaman pertanian dan tanaman berkayu ditanam dengan tidak teratur. Pola acak ini dapat terbentuk karena tidak adanya perencanaan awal dalam menata letak tanaman. Pola ini juga memiliki variasi jenis tanaman penyusunnya.

Kestabilan suatu ekosistem dilihat dari struktur dan komposisinya. Vegetasi adalah keseluruhan total tumbuhan yang menutupi suatu daerah atau kumpulan dari keseluruhan tumbuhan yang berada pada daerah khusus, ciri vegetasi ditentukan oleh

gabungan karakteristik struktur dan fungsional yang memberi kenampakan luar tertentu atau disebut fisiognomi maupun oleh jenis-jenis tumbuhan penyusun. Vegetasi dapat terbentuk dari hubungan beberapa faktor, terdapat vegetasi lantai hutan seperti lumut dan jamur dan dapat tersusun pepohonan, semak, atau herba (Roziaty dan Yunitisia, 2020).

1.3.2 Indeks kealamian

Konsep kealamian (*naturalness*) dapat dideskripsikan sebagai nilai konservasi atau deskriptor pada suatu wilayah. Indeks kealamian dapat dideskripsikan dengan ranking pada rentang nilai maksimum 10 untuk sistem alami hingga nilai minimum 0 untuk sistem buatan. Indeks kealamian dapat ditentukan berdasarkan beberapa kriteria, yaitu unsur biologi dan unsur buatan, penambahan energi dan materi, perubahan fisik geomorfologi, ekstraksi elemen, tingkat fragmentasi, dan dinamika yang ada pada suatu kawasan (Machado, 2004).

Terdapat tujuh variabel yang menjadi kriteria penentuan indeks kealamian variabel tersebut adalah elemen biologi (asli dan eksotik), elemen buatan (dibuat manusia dan polutan), input energi dan/atau materi, perubahan fisik, ekstraksi elemen, tingkat fragmentasi, dan dinamika (air dan umum). Elemen biologi asli merujuk pada organisme dan spesies yang merupakan bagian alami dari ekosistem setempat dan telah ada sejak awal tanpa campur tangan manusia, sedangkan elemen biologi eksotik merujuk pada organisme dan spesies yang tidak asli atau merupakan introduksi manusia ke lingkungan tersebut. Elemen buatan yang dibuat manusia mencakup struktur dan objek yang diciptakan oleh manusia seperti tersa, bangunan, jalan, dan infrakstruktur lainnya, sedangkan elemen polutan mencakup bahan-bahan kimia atau zat-zat yang mencemari lingkungan alami, seperti polusi udara atau pencemaran air. Input energi dan/atau materi merujuk pada perubahan fisik dan adanya penambahan bahan-bahan kimia dalam lahan atau lingkungan. Ekstraksi elemen mencakup penarikan atau pengambilan bahan atau sumberdaya alam dari lingkungan. Tingkat fragmentasi merujuk pada sejauh mana ekosistem alami terfragmentasi atau terpecah menjadi bagian-bagian yang terpisah oleh aktivitas manusia. Dinamika air merujuk pada bagaimana air mengalir dan dikendalikan dalam lingkungan, sedangkan dinamika umum merujuk pada perubahan dan interaksi umum dalam lingkungan, seperti perubahan musim, perubahasan suhu, atau dinamika ekosistem (Burhanuddin, et al., 2024).

1.3.3 Struktur dan Komposisi Vegetasi

Struktur vegetasi merupakan komposisi dalam suatu ruangan dari individu yang membentuk tegakan dan dengan pertambahan tipe vegetasi. Struktur vegetasi dicirikan oleh kerapatan pohon, tutupan tajuk atau luas bidang dasar tegakan, sebaran kelas diameter, dan sebaran spesies dalam ruang. Struktur vegetasi dapat dibedakan menjadi struktur vertikal yang diperoleh dari analisis hubungan antara kelas diameter dengan kerapatan pohon dan struktur horizontal yang diperoleh dari analisis hubungan antara kelas tinggi dengan kerapatan pohon (Kusuma dan Azizah, 2021).

Menurut Millang (2010) umumnya strata atau lapisan tajuk terdiri dari:

1. Strata A, dengan tinggi spesies > 15 m
2. Strata B, dengan tinggi spesies 5-15 m

3. Strata C, dengan tinggi spesies 1-5 m
4. Strata D, dengan tinggi spesies < 1 m

Komposisi vegetasi merupakan variasi jenis flora yang menyusun suatu komunitas (Muller dan Dombois, 1974 dalam Vauzia, et al., 2024). Komposisi dan susunan spesies tanaman dan pepohonan yang ada dalam suatu bidang lahan agroforestri akan memberikan manfaat dari aspek biofisik dan lingkungan. Komposisi vegetasi dapat terbentuk dari berbagai tingkat pertumbuhan pohon. Selanjutnya, Kasmadi et al (2015) menyebutkan bahwa tingkat pertumbuhan pohon dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Semai merupakan anakan pohon yang memiliki tinggi kurang dari 1,5 m.
2. Pancang merupakan anakan pohon dengan tinggi lebih dari 1,5 m dan kurang dari 10 m.
3. Tiang merupakan anakan pohon yang memiliki diameter lebih dari 10 cm dan kurang dari 20 cm.
4. Pohon merupakan tingkat pertumbuhan pohon dimana tegakan memiliki diameter lebih dari 20 cm.

1.3.4 Indeks Nilai Penting

Indeks nilai penting (INP) merupakan salah satu indikator untuk mengetahui peran satu spesies dalam komunitas. Semakin tinggi INP suatu jenis, maka akan semakin besar pula peranan dan kepentingannya terhadap komunitas tersebut (Saputro et al., 2014). Indeks nilai penting adalah total penjumlahan dari kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominasi relatif (Wijayani dan Masrur, 2022). Frekuensi merupakan nilai yang menunjukkan penyebaran suatu jenis spesies. Kerapatan menunjukkan jumlah atau banyaknya suatu jenis spesies per satuan luas. Sedangkan dominansi merupakan nilai yang menunjukkan ukuran atau penguasaan suatu jenis terhadap jenis lain pada suatu komunitas (Shofa, 2024). Indeks nilai penting dapat dikategorikan dalam beberapa kriteria seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Penentuan Indeks Nilai Penting (INP)

INP Pohon	INP Semai/Pancang/Tiang	Kriteria
> 240	> 160	Sangat Baik
180 – 239	120 – 159	Baik
120 – 179	80 – 119	Cukup
60 – 119	40 – 79	Kurang
< 60	< 40	Sangat Kurang

Sumber: Shofa, 2024.

BAB II METODE

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Maret 2025 yang berlokasi di Kelurahan Betteng Kecamatan Lembang Kabupaten Pinrang.

2.2 Alat dan Objek Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Hagameter, digunakan untuk mengukur ketinggian pohon.
2. Pita meter digunakan untuk mengukur keliling pohon.
3. Roll meter digunakan untuk dalam pembuatan plot.
4. Kamera digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan di lapangan.
5. *Avenza maps* digunakan untuk mengambil titik koordinat lokasi penelitian.
6. Alat tulis untuk mencatat hasil pengamatan dan pengukuran.
7. *Tally sheet*, sebagai indikator pengukuran.
8. Kompas digunakan untuk menentukan arah mata angin.
9. Kuisioner, digunakan sebagai bahan pertanyaan untuk responden.
10. Aplikasi *Microsoft Excel*, digunakan untuk mengolah data lapangan.
11. Aplikasi *Spatially Explicit Individual-based Forest Simulator* (SEI-FS), digunakan untuk membuat struktur vegetasi.
12. Aplikasi *Geographic Information System* (GIS) menggunakan ArcGIS, digunakan untuk membuat peta lokasi penelitian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lahan agroforestri milik masyarakat di Kelurahan Betteng, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan terdiri atas dua jenis yaitu:

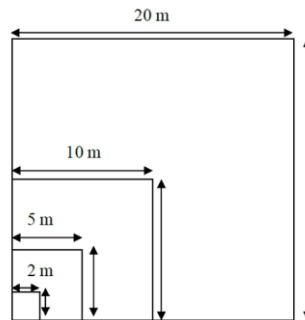
1. Data primer, yaitu teknik pengumpulan data yang diperoleh secara langsung di lapangan diawali dengan observasi lapangan dan dilanjutkan dengan pengambilan data untuk mendapatkan informasi mengenai penilaian kealamian, struktur vegetasi dan komposisi jenis.
2. Data sekunder, yaitu data dan informasi yang diperoleh dari karya-karya ilmiah, jurnal, data dari berbagai instansi serta informasi yang berkaitan dengan penelitian ini seperti keadaan umum lokasi penelitian dan metode analisis data.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Penentuan Plot Pengamatan

Penentuan plot pengamatan dan pemilihan lahan menggunakan metode *purposive sampling*. Lahan yang dipilih menjadi plot pengamatan merupakan lahan petani yang menerapkan sistem agroforestri. Terdapat dua zona pengamatan berdasarkan ketinggian yang di tiap zona diambil 16 lahan, sehingga total terdapat 36 lahan. Plot pengamatan penilaian kealamian disesuaikan dengan bentuk lahan (Machado, 2004). Plot struktur vegetasi dan komposisi jenis menggunakan *nested plot* dengan ukuran 20 m x 20 m untuk tingkat pohon, ukuran 10 m x 10 m untuk tingkat tiang, 5 m x 5 m untuk

tingkat pancang, dan 2 m x 2 m untuk tingkat semai (KD, et al., 2024). Ilustrasi bentuk plot dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot pengamatan struktur vegetasi dan komposisi jenis

2.4.2 Pengamatan dan Pengambilan Data

Pengamatan dan pengambilan data penilaian kealamian dan struktur vegetasi dilakukan pada plot pengamatan secara sensus pada lahan agroforestri. Pengamatan dan pengambilan data struktur vegetasi meliputi jenis, tinggi pohon total, tinggi batang bebas cabang (TBBC), diameter setinggi dada (DBH), tinggi tajuk terluar, lebar tajuk pada arah Utara-Selatan dan Timur-Barat, dan koordinat pohon dalam bentuk (x,y). Pengamatan pengambilan data kealamian menggunakan metode Machado (2004) dengan melihat data indeks kealamian menggunakan panca indra pada lahan agroforestri mengikuti variabel-variabel pada tabel diagnosa kealamian. Variabel-variabel tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Diagnosa Kealamian

Indeks	Elemen Biologi		Elemen Buatan		Input Energi dan/atau Materi	Perubahan Fisik	Ekstraksi Elemen	Tingkat Fragmentasi	Dinamika		
	Asli	Ekstotik	Dibuat Manusia	Polutan					Air	Umum	
10	Eksklusif/mendominasi hampir tidak terkecuali	Tidak ada atau tidak signifikan	Tidak ada atau tidak signifikan	Tidak ada atau tidak signifikan	Tidak ada, hanya alami	Tidak ada	Hanya faktor alami	Tidak ada atau tidak signifikan	Mengalir bebas, alami	Alami	Alami
9	Dominan	Beberapa tapi tidak memberi efek yang besar	Tepat waktu, tidak relevan	Mungkin, tidak relevan	Tidak ada, hanya alami	Tidak ada atau tidak relevan	Tidak ada atau tidak relevan	Tidak ada atau tidak signifikan	Mengalir bebas, alami	Alami	
8	Dominan tapi berubah	Terkonsentrasi atau luas, berdampak rendah	Kadang-kadang, ada beberapa jalan	Kadangkadang, dapat terurai secara hayati	Tidak ada, hanya alami	Tidak ada atau tidak relevan	Tidak ada atau beberapa sumberdaya yang diperbarui	Tidak ada atau tidak relevan	Bebas, penggunaan alami yang tidak relevan	Perubahan alami yang tidak relevan	
7	Berkurang tapi masih dominan	Ada, tidak mendominasi, tersebar luas	Langka (termasuk jalan dan/atau bangunan)	Kadangkadang atau teratur dapat derurai secara hayati	Tidak relevan	Tidak ada atau langka	Sedang dalam memperbaiki sumberdaya	Tidak ada atau rendah, tidak ada efek kualitatif	Perubahan kecil	Alami, sedikit perubahan	
6	Berkurang, kemungkinan tidak dominan	Tumbuh liar, kadang-kadang, dominan, tersebar luas	Langka atau terkumpul	Dampak rendah, dapat terurai secara hayati	Sesekali, tidak dominan	Tidak ada atau minor (seperti jalan)	Memperbaiki sumberdaya, materi terbatas	Tidak ada atau sedang	Penyimpangan, tidak ada manajemen yang signifikan	Alami, menuju akhir yang dipercepat	

Indeks	Elemen Biologi		Elemen Buatan		Input Energi dan/atau Materi	Perubahan Fisik	Ekstraksi Elemen	Tingkat Fragmentasi	Dinamika		
	Asli	Ekstotik	Dibuat Manusia	Polutan					Air	Umum	
5	Dikelola, banyak diubah	Dibudidayakan/ dibudidayakan tetapi tidak dipaksakan	Mencolok tapi tidak dominan	Air dan tanah sedikit	Rendah, teratur, sesekali atau periodik	Sedang (seperti dinding batu)	Berkelanjutan, kemungkinan materi (rendah)	Tidak ada atau relevan (menyebar)	Tidak ada atau sedikit manajemen, pasif	Berorientasi, tetapi mandiri	Buatan
4	Bercampur, tersebar atau terfokus	Dominan dan dipaksakan	Ada dan penting	Air dan tanah sedang	Kadang-kadang, faktor tertentu	Penting (seperti teras saluran)	Biasa, tidak intens	Sedang, dengan atau tanpa koridor	Manajemen penting, ada, input dari luar	Dipaksa oleh manusia	
3	Elemen biologi penting hilang	Berlimpah atau tidak, bercampur aduk	Melimpah	Air dan tanah intens, udara sedang	Intensif, faktor penentu	Luas termasuk penggalian	Sedang hingga sangat intens	Intens, sangat luas	Input tambahan baik manajemen lunak atau keras	Sangat terpaksa, tidak terhubung, tergantung	
2	Jarang	Berlimpah atau tidak	Dominan	Air dan udara permanen	Ketergantungan yang intensif dan penting	Luas termasuk penggalian	Tidak Menentu (limbah)	Sangat intens, tidak ada koridor	Input extra, manajemen yang intensif	Ketergantungan dari input eksternal tinggi	
1	Sisa atau tidak ada	Tersebar luas dan dibatasi	Mendominasi dengan jelas	Air dan udara parah	Sangat intensif, ketergantungan mutlak	Modifikasi hampir penuh (sedikit tanah)	Tidak Menentu (limbah)	Maksimal	Kontrol penuh, input extra	Ketergantungan external penuh	
0	Tidak ada/ tidak relevan	Tidak ada/ tidak relevan	Hampir semua	Tidak menentu	Ketergantungan total	Tidak menentu	Tidak Menentu	Tidak dapat diterapkan	Variable atau tertutup	Buatan, diadakan	

Sumber: Machado, 2004

Pengamatan dan pengambilan data komposisi jenis menggunakan plot berupa *nested plot*. *Nested plot* atau plot bertingkat ini disesuaikan tingkat pertumbuhan vegetasi yang mencakup 1) Semai (tinggi <1,5 m): jenis dan jumlah individu; 2) Pancang (tinggi >1,5 m dengan diameter <10 cm): jenis, jumlah individu, dan diameter; 3) Tiang (diameter 10 cm – 19 cm): jenis, jumlah individu, dan DBH; 4) Pohon (diameter ≥20 cm): jenis, jumlah individu, dan DBH (Soerianegara dan Indriawan, 1998 dalam Haryadi, 2017).

2.5 Analisis Data

2.5.1 Sub-Sistem Agroforestri

Sub-sistem agroforestri dianalisis secara deskriptif dari kombinasi jenis penyusun agroforestri. Perumuskan satu sub-sistem tiap lahannya melihat secara aktual komposisi jenis penyusunnya.

2.5.2 Indeks Kealamian

Indeks kealamian (IK) dianalisis dengan metode deskriptif kuantitatif. Hal tersebut menggunakan metode Machado (2004) membuat indeks berskala 0-10 yang tiap skala tersebut bersisi satu set deskripsi kondisi lahan. Tabel indeks kealamian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Indeks kealamian

Indeks	Kategori kealamian	Deskripsi	Keterangan warna
10	Sistem alami murni (<i>Natural virgin system</i>)	Hanya ada komponen dan proses yang terjadi secara alami. Kemungkinan adanya komponen buatan manusia yang dapat diabaikan atau hampir tidak terlihat secara langsung, atau polusi fisik dan kimiawi yang sama sekali tidak signifikan yang berasal dari sumber pengaruh manusia di luar suatu kawasan.	
9	Sistem alami (<i>Natural system</i>)	Kehadiran beberapa komponen biologis eksotis, infrastruktur buatan yang minimal, bersifat sementara atau dapat dilepas. Polusi fisik-kimia tidak ada atau tidak signifikan.	
8	Sistem sub-alami (<i>Sub-natural system</i>)	Kemungkinan keberadaan spesies eksotis liar yang meluas, tetapi tidak mendominasi (dampak rendah), adanya komponen artifisial, tetapi tidak luas. Polusi sesekali diproses oleh alam (tidak melampaui ketahanan). Kemungkinan pengambilan sumberdaya alam terjadi secara minor. Adanya pemisahan lahan yang menyimpang. Sedikit perubahan sumberdaya alam yang dinamis.	
7	Sistem kuasi-alami (<i>Quasi-natural system</i>)	Aktivitas yang disebabkan manusia luas dengan dampak fisik rendah, spesies eksotik liar terbentuk dengan baik tetapi tidak dominan. Fasilitas jika ada tersebar dan tidak terhubung, struktur alam dimodifikasi tetapi tidak terdistorsi	

Indeks	Kategori kealamian	Deskripsi	Keterangan warna
		(relokasi komponen fisik atau biotik). Pengambilan sumberdaya alam secara moderat, jika ada. Sedikit perubahan dinamika air.	
6	Sistem semi-alami (<i>Semi-natural system</i>)	Adanya kemungkinan dominasi spesies eksotis liar, elemen asli sangat berkurang. Infrastruktur buatan manusia sedikit ditemukan dan terkumpul. Pengelolaan lahan sesekali atau penambahan bahan kimia dan/atau adanya pengambilan sumberdaya alam. Pengelolaan yang mendukung suksesi alam.	
5	Sistem budidaya mandiri (<i>Cultural self-maintained system</i>)	Spesies asli diubah dan terkadang dikelola. Sedikit atau tidak ada konstruksi atau sesuatu yang dibuat manusia. Sedikit atau tidak ada pengelolaan siklus air (pasif). Proses pertumbuhan yang diatur oleh manusia secara ekstensif, produksi sumberdaya alam yang tidak dipaksakan untuk menghasilkan secara berlebih.	
4	Sistem budidaya dibantu (<i>Cultural assisted system</i>)	Unsur-unsur alam dan buatan saling bercampur, baik dalam menyebar atau berlorong. Adanya infrastruktur penting bagi pertumbuhan sumberdaya alam dan/atau pengaturan lingkungan fisik. Produksi sumberdaya alam yang maksimal, penambahan bahan kimiawi secara moderat.	
3	Sistem intervensi tinggi (<i>Highly intervened system</i>)	Biodiversitas alam yang sangat berkurang dan terisolasi. Adanya geomorfologi yang diubah dan adanya bagian yang bukan tanah. Dinamika air yang dimanipulasi. Lahan dengan produksi sumberdaya alam (alami/dibudidayakan/dibiakkan) campuran dengan adanya bangunan dan infrastruktur.	
2	Sistem semi-transformasi (<i>Semi-transformed system</i>)	Produksi sumberdaya sudah tidak dominan dan dipisahkan. Bisa jadi ditemukan dominasi komponen konstruktif. Pengembangan fasilitas yang berwujud secara moderat. Adanya pemberian energi dan materi (makanan, air) yang intensif. Kontrol air secara intensif.	
1	Sistem yang telah diubah (<i>Transformed system</i>)	Banyak kegiatan manusia yang mengatur lahan. Didominasi oleh komponen buatan, adanya pembuatan bangunan yang intensif, dan menyisakan komponen biologis yang sedikit bahkan tidak terlihat. Ketergantungan penuh	

Indeks	Kategori kealamian	Deskripsi	Keterangan warna
		pemberian energi dan materi dari luar kawasan. Kontrol air mutlak.	
0	Sistem buatan (<i>Artificial system</i>)	Penutup lahan yang tinggi, tanpa ditemukan kehidupan makroskopis (tumbuhan dan hewan) yang dipertahankan, kehidupan mikroskopis tidak ada dalam kawasan.	

Sumber: Machado, 2004.

Semakin tinggi indeks kealamian, maka akan semakin tinggi kelamiannya. Artinya indeks bernilai 10 memiliki nilai paling tinggi dan indeks bernilai 0 memiliki nilai paling rendah. Berbagai warna bergradasi digunakan untuk penggunaan kategori. Satu set dingin dari biru kehijauan (10) menjadi hijau pucat (6) untuk sistem alami, dan set hangat dari kuning (5) menjadi merah tua (1) untuk sistem buatan. Warna abu-abu (0) merupakan indeks yang jarang ditemukan untuk penggunaan lahan yang keseluruhannya berupa buatan dan berupa lahan teritorial (Burhanuddin, et al., 2024).

Uji mann-Whitney dilakukan untuk melihat perbedaan nilai kealamian antar zona. Uji mann-Whitney adalah salah satu bentuk pengujian dalam analisis statistika non parametrik, dimana pengujian digunakan untuk menguji kesamaan distribusi dua populasi yang saling ebabs dengan asumsi distribusi dari kedua populasi adalah kontinyu dan skala pengukuran dari data minimal ordinal (Yanti, 2007). Uji ini dilakukan untuk melihat bagaimana perbedaan indeks kealamian pada kedua zona di Kelurahan Betteng.

2.5.3 Dimensi Pohon

Dimensi pohon merupakan ukuran atau bentuk fisik pohon seperti diameter, tinggi pohon total, tinggi batang bebas cabang, luas bidang dasar, dan sebagainya.

1. Diameter

$$D = \frac{k}{\pi}$$

Keterangan:

D = Diameter (m)

k = Keliling (cm)

π = 3,14

2. Tinggi total pohon

$$T_{tot} = (Tan \alpha \times Jp) + Tp$$

Keterangan:

Ttot = Tinggi total pohon (m)

α = Sudut yang terbentuk saat membidik pohon (°)

Jp = Jarak pengamat

Tp = Tinggi pengamat (m)

3. Tinggi batang bebas cabang

$$TBC = (\tan \alpha \times Jp) + Tp$$

Keterangan:

TBC = Tinggi batang bebas cabang(m)

α = Sudut yang terbentuk saat membidik pohon ($^{\circ}$)

Jp = Jarak pengamat

Tp = Tinggi pengamat (m)

4. Luas Bidang Dasar

$$LBDS = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Keterangan:

LBDS = Luas Bidang Dasar (m²)

π = 3,14

D = Diameter

2.5.4 Struktur Vegetasi

Struktur vegetasi dianalisis secara vertikal dan horizontal. Struktur vertikal dan horizontal tegakan yang digambarkan melalui diagram profil dianalisis menggunakan software Sexl-FS (Wardhani et al., 2020). Data lapangan berupa jenis, tinggi pohon total, tinggi batang bebas cabang (TBBC), diameter setinggi dada (DBH), tinggi tajuk terluar, lebar tajuk pada arah utara-selatan dan timur-barat, dan koordinat pohon dalam bentuk (x,y) akan diolah menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai *crown depth*, *crown curve*, dan *crown radius*. Hasil perhitungan tersebut kemudian diproyeksikan menggunakan Sexl-FS untuk mendapat visualisasi struktur vegetasi.

2.5.5 Komposisi Jenis

Komposisi jenis dianalisis secara deskriptif untuk mendapatkan nama lokal dan nama ilmiah. Berikutnya dari *nested plot* terkait data numerik komposisi jenis akan menggunakan Indeks Nilai Penting (INP). INP untuk habitus pohon dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Soerianegara dan Indrawan, 2002 dalam Hilwan dan Ewi, 2018):

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{Kerapatan suatu jenis (K)} = \frac{\sum \text{individu suatu jenis}}{\text{luas petak}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi suatu jenis (F)} = \frac{\sum \text{plot ditemukan suatu jenis}}{\sum \text{seluruh petak}}$$

$$\text{Dominansi Relatif (DR)} = \frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{Dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$\text{Dominansi suatu jenis (D)} = \frac{\text{Luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{luas petak}}$$

INP = KR + DR + FR (untuk tingkat pertumbuhan pancang, tiang, dan pohon)

INP = KR + FR (untuk tingkat pertumbuhan semai)

Berikutnya untuk menganalisis biodiversitas menggunakan Indeks Diversitas (H'). Perhitungan indeks tersebut menggunakan rumus *Shannon-Wiener* (Odum, 1971 dalam Rohiyan et al., 2014) sebagai berikut:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i ; \text{dimana } p_i =$$

Keterangan:

H' = Indeks Diversitas *Shannon-Wiener*

p_i = Proporsi jumlah semua individu jenis ke-i dengan jumlah individu semua jenis

n_i = Jumlah individu suatu jenis

N = Jumlah individu seluruh jenis

$\ln$ = Logaritma natural

Kategori indeks diversitas *Shannon-Wiener* dibagi menjadi 3 yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori indeks diversitas *Shannon-Wiener* (H')

Nilai Indeks Diversitas (H')	Keanekaragaman Jenis
<1	Rendah
1-3	Sedang
>3	Tinggi

Sumber: Burhanuddin, et al., 2024.