



BUKU AJAR

RANCANGAN PERCOBAAN DAN METODE ILMIAH

Dasar Metodologi dan Statistika untuk Penelitian Kehutanan

Untuk Program Studi Kehutanan

Disusun oleh:

Dr. Sari Marlina, S.Hut., M.Si.
Dr. Nanang Hanafi, S.Hut., M.P.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALANGKARAYA

Program Studi Kehutanan

2026

BUKU AJAR RANCANGAN PERCOBAAN DAN METODE ILMIAH

Dasar Metodologi dan Statistika untuk Penelitian Kehutanan

Penulis :
1. Dr. Ir Sari Marlina, S.Hut., M.Si.
2. Dr. Nanang Hanafi, S.Hut., M.P.
Editor : Dr. Ir Sari Marlina, S.Hut., M.Si.
Desain Sampul & Tata Letak : Dr. Ir Sari Marlina, S.Hut., M.Si.

Diterbitkan oleh:

UMPR

KATA PENGANTAR

Rancangan Percobaan dan Metode Ilmiah merupakan salah satu mata kuliah paling fundamental dalam kurikulum Program Studi Kehutanan, karena membekali mahasiswa dengan kemampuan berpikir sistematis dan menghasilkan pengetahuan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Buku ajar ini disusun untuk membantu mahasiswa memahami prinsip metode ilmiah dan rancangan percobaan secara mendalam, dengan penekanan khusus pada konteks penelitian kehutanan Kalimantan Tengah yang menghadirkan tantangan metodologis tersendiri, terutama pada penelitian di kawasan lahan gambut.

Kami menyambut baik hadirnya buku ajar ini sebagai bekal penting bagi mahasiswa sebelum menempuh penelitian skripsi, sekaligus fondasi bagi kemampuan berpikir kritis dan berbasis bukti yang akan terus relevan sepanjang karier mereka kelak, baik di dunia akademik, pemerintahan, maupun industri kehutanan.

Semoga buku ajar ini bermanfaat luas bagi mahasiswa Program Studi Kehutanan Universitas Muhammadiyah Palangkaraya dan mendukung lahirnya penelitian-penelitian kehutanan yang semakin berkualitas dari Kalimantan Tengah.

Palangka Raya, [Bulan] 2026

[Nama Dekan/Ketua Program Studi Kehutanan]

PRAKATA PENULIS

Buku ajar ini disusun dari pengalaman membimbing mahasiswa yang kerap kesulitan pada tahap paling mendasar penelitian: merumuskan masalah yang tajam, memilih rancangan percobaan yang tepat, dan menginterpretasikan hasil analisis statistik secara benar. Materi disusun berjenjang dalam delapan belas bab, dimulai dari filsafat ilmu dan logika berpikir ilmiah, perumusan masalah dan hipotesis, rancangan percobaan dasar (RAL, RAK, RBSL, Faktorial), uji lanjut dan regresi-korelasi, rancangan percobaan khusus lapangan kehutanan, hingga penyusunan proposal, pengolahan data, penulisan laporan ilmiah, studi kasus Kalimantan Tengah, dan praktikum terintegrasi.

Terima kasih kepada seluruh pihak yang mendukung penyusunan buku ini. Masukan dari sejawat dosen maupun mahasiswa senantiasa terbuka demi penyempurnaan pada edisi mendatang.

Palangka Raya, [Bulan] 2026

Penulis

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (CPMK)

Setelah menyelesaikan mata kuliah Rancangan Percobaan dan Metode Ilmiah, mahasiswa Program Studi Kehutanan diharapkan memiliki capaian pembelajaran sebagai berikut:

CPMK-1: Mampu menjelaskan hakikat metode ilmiah dan menerapkan logika berpikir ilmiah dalam penelitian.

CPMK-2: Mampu merumuskan masalah, hipotesis, dan menentukan variabel serta teknik penarikan sampel penelitian.

CPMK-3: Mampu merancang dan menganalisis percobaan menggunakan RAL, RAK, RBSL, dan Faktorial.

CPMK-4: Mampu menerapkan uji lanjut dan analisis regresi-korelasi untuk menginterpretasikan hasil penelitian.

CPMK-5: Mampu merancang percobaan khusus yang relevan bagi kondisi lapangan penelitian kehutanan.

CPMK-6: Mampu menyusun proposal penelitian kehutanan yang sistematis dan layak dilaksanakan.

CPMK-7: Mampu mengolah data penelitian dan menyusun laporan/publikasi ilmiah sesuai kaidah akademik.

CPMK-8: Mampu melaksanakan praktikum rancangan percobaan secara terintegrasi dari perancangan hingga pelaporan.

PETA KONSEP MATA KULIAH

Mata kuliah ini disusun dalam lima kelompok besar yang saling berkesinambungan:

Fondasi	Rancangan Dasar	Analisis Lanjut	Aplikasi Lapangan	Konteks & Praktik
Bab 1-5: Metode ilmiah, masalah, variabel, sampel	Bab 6-10: RAL, RAK, RBSL, Faktorial	Bab 11-12: Uji lanjut, regresi-korelasi	Bab 13-16: Rancangan lapangan, proposal, data, laporan	Bab 17-18: Studi kasus Kalteng & praktikum

Sumber: diolah oleh penulis sebagai peta konsep pembelajaran mata kuliah.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	3
PRAKATA PENULIS.....	4
CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (CPMK)	5
PETA KONSEP MATA KULIAH	6
DAFTAR ISI	7
DAFTAR GAMBAR	11
DAFTAR TABEL	12
DAFTAR SINGKATAN.....	13
PENDAHULUAN.....	14
BAB 1.....	15
PENDAHULUAN METODE ILMIAH DALAM.....	15
PENELITIAN KEHUTANAN	15
1.1 Mengapa Rimbawan Perlu Menguasai Metode Ilmiah.....	15
1.2 Ciri-Ciri Pengetahuan Ilmiah	15
1.3 Tahapan Umum Metode Ilmiah.....	16
1.4 Kedudukan Rancangan Percobaan dalam Penelitian Kehutanan.....	17
BAB 2.....	19
FILSAFAT ILMU DAN LOGIKA BERPIKIR ILMIAH	19
2.1 Ontologi, Epistemologi, dan Aksiologi Ilmu.....	19
2.2 Logika Deduktif dan Induktif	19
2.3 Kriteria Kebenaran Ilmiah: Falsifikasi Karl Popper	20
2.4 Etika Penelitian dan Integritas Ilmiah	21
BAB 3.....	23
MERUMUSKAN MASALAH DAN HIPOTESIS PENELITIAN	23
3.1 Dari Mana Masalah Penelitian Berasal	23
3.2 Merumuskan Rumusan Masalah yang Tajam.....	23
3.3 Menyusun Hipotesis Statistik	24
3.4 Kesalahan Tipe I dan Tipe II	24
BAB 4.....	26
VARIABEL PENELITIAN DAN SKALA PENGUKURAN	26
4.1 Jenis-Jenis Variabel Penelitian	26
4.2 Empat Skala Pengukuran.....	26
4.3 Validitas dan Reliabilitas Pengukuran.....	27
BAB 5.....	29
POPULASI, SAMPEL, DAN TEKNIK PENARIKAN SAMPEL	29

5.1 Populasi dan Sampel dalam Penelitian Kehutanan.....	29
5.2 Teknik Penarikan Sampel Probabilitas.....	29
5.3 Penarikan Sampel Klaster dan Penerapannya pada Inventarisasi Hutan	30
5.4 Menentukan Ukuran Sampel yang Memadai	31
BAB 6.....	33
KONSEP DASAR DAN PRINSIP RANCANGAN PERCOBAAN	33
6.1 Istilah Kunci dalam Rancangan Percobaan	33
6.2 Tiga Prinsip Dasar Rancangan Percobaan.....	33
6.3 Memilih Rancangan Percobaan yang Tepat	34
6.4 Model Linear dan Sumber Keragaman.....	35
BAB 7.....	37
RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL)	37
7.1 Karakteristik dan Penerapan RAL	37
7.2 Model Linear dan Tabel Analisis Ragam RAL	37
7.3 Contoh Kasus dan Perhitungan RAL.....	38
7.4 Kelebihan dan Keterbatasan RAL	39
BAB 8.....	41
RANCANGAN ACAK KELOMPOK (RAK).....	41
8.1 Karakteristik dan Penerapan RAK	41
8.2 Model Linear dan Tabel Analisis Ragam RAK.....	41
8.3 Efisiensi Relatif RAK Dibandingkan RAL	42
8.4 Contoh Penerapan RAK pada Percobaan Uji Provenans.....	42
BAB 9.....	44
RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN	44
9.1 Konsep Bujur Sangkar Latin	44
9.2 Model Linear dan Struktur Analisis Ragam RBSL	44
9.3 Penerapan RBSL dalam Penelitian Kehutanan.....	45
BAB 10.....	47
RANCANGAN FAKTORIAL.....	47
10.1 Konsep Percobaan Faktorial	47
10.2 Notasi dan Struktur Percobaan Faktorial	47
10.3 Menginterpretasikan Pengaruh Interaksi	47
10.4 Penerapan Faktorial dalam Penelitian Silvikultur	48
BAB 11.....	50
UJI LANJUT PERBANDINGAN RATA-RATA	50
11.1 Mengapa Uji Lanjut Diperlukan.....	50

11.2 Uji Beda Nyata Terkecil (BNT/LSD).....	50
11.3 Uji Beda Nyata Jujur (BNJ/Tukey HSD) dan Uji Duncan	50
11.4 Menyajikan Hasil Uji Lanjut dengan Notasi Huruf.....	51
BAB 12.....	53
ANALISIS REGRESI DAN KORELASI.....	53
12.1 Konsep Korelasi	53
12.2 Analisis Regresi Linear Sederhana.....	53
12.3 Regresi Berganda dan Penerapannya	54
12.4 Regresi dalam Konteks Pertumbuhan dan Hasil Hutan.....	54
BAB 13.....	56
RANCANGAN PERCOBAAN LAPANGAN KEHUTANAN	56
13.1 Tantangan Khusus Percobaan Lapangan Kehutanan	56
13.2 Rancangan Petak Terbagi (Split Plot)	56
13.3 Petak Ukur Permanen sebagai Basis Percobaan Jangka Panjang	57
13.4 Pengendalian Faktor Lingkungan pada Percobaan Lapangan	58
BAB 14.....	60
PENYUSUNAN PROPOSAL PENELITIAN	60
14.1 Fungsi dan Struktur Umum Proposal Penelitian.....	60
14.2 Menulis Latar Belakang yang Meyakinkan	60
14.3 Menyusun Tinjauan Pustaka yang Kritis	60
14.4 Menyusun Metode Penelitian yang Operasional	61
BAB 15.....	63
TEKNIK PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA PENELITIAN.....	63
15.1 Teknik Pengumpulan Data Lapangan.....	63
15.2 Menyusun Lembar Kerja Pengumpulan Data.....	63
15.3 Pengolahan Data Menggunakan Perangkat Lunak Statistik	64
15.4 Pemeriksaan Data dan Deteksi Pencilan.....	65
BAB 16.....	67
PENULISAN LAPORAN DAN PUBLIKASI ILMIAH	67
16.1 Struktur Laporan Penelitian/Skripsi	67
16.2 Menulis Bagian Hasil dan Pembahasan.....	67
16.3 Format Publikasi Jurnal Ilmiah	68
16.4 Menghindari Plagiarisme dan Menyusun Sitasi yang Benar	69
BAB 17.....	71
STUDI KASUS PENELITIAN KEHUTANAN	71
DI KALIMANTAN TENGAH.....	71

17.1 Penelitian Uji Jenis pada Lahan Gambut.....	71
17.2 Penelitian Efektivitas Restorasi Gambut	71
17.3 Penelitian Uji Provenans dan Pemuliaan Pohon Lokal	72
17.4 Pembelajaran Metodologis dari Ketiga Studi Kasus	72
BAB 18.....	74
PRAKTIKUM RANCANGAN PERCOBAAN DAN ANALISIS DATA.....	74
18.1 Tujuan Praktikum Terintegrasi	74
18.2 Praktikum 1: Merancang Percobaan.....	74
18.3 Praktikum 2: Melaksanakan Percobaan dan Mengumpulkan Data	74
18.4 Praktikum 3: Menganalisis Data.....	75
18.5 Praktikum 4: Menyusun Laporan Praktikum Lengkap	75
LAMPIRAN: RUBRIK PENILAIAN TUGAS DAN PRAKTIKUM	77
GLOSARIUM	78
DAFTAR PUSTAKA	79
INDEKS	80
TENTANG PENULIS.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi kegiatan penelitian dan penulisan ilmiah

Gambar 5.1 Ilustrasi teknik penarikan sampel pada kawasan penelitian

Gambar 6.1 Ilustrasi tata letak petak percobaan lapangan

Gambar 13.1 Ilustrasi percobaan pertumbuhan bibit dengan berbagai perlakuan

Gambar 15.1 Ilustrasi pengolahan dan analisis data penelitian

Gambar 16.1 Ilustrasi publikasi ilmiah dalam bentuk jurnal

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Matriks Kesalahan Tipe I dan Tipe II

Tabel 4.1 Empat Skala Pengukuran dan Contohnya dalam Penelitian Kehutanan

Tabel 7.1 Struktur Umum Tabel Analisis Ragam (ANOVA) Rancangan Acak Lengkap

Tabel 8.1 Struktur Umum Tabel Analisis Ragam (ANOVA) Rancangan Acak Kelompok

Tabel 10.1 Contoh Struktur Data Percobaan Faktorial 2x3

Tabel 11.1 Perbandingan Tiga Uji Lanjut yang Umum Digunakan

DAFTAR SINGKATAN

RAL : Rancangan Acak Lengkap
RAK : Rancangan Acak Kelompok
RBSL : Rancangan Bujur Sangkar Latin
ANOVA : Analysis of Variance
BNT/LSD : Beda Nyata Terkecil/Least Significant Difference
BNJ/HSD : Beda Nyata Jujur/Honestly Significant Difference
DMRT : Duncan's Multiple Range Test
PUP : Petak Ukur Permanen
BACI : Before-After-Control-Impact
H₀/H₁ : Hipotesis Nol/Hipotesis Alternatif
R² : Koefisien Determinasi
SINTA : Science and Technology Index

PENDAHULUAN

Setiap keputusan pengelolaan hutan yang baik bertumpu pada data dan bukti, bukan sekadar kesan dan pengalaman anekdotal. Buku ajar ini disusun untuk membekali mahasiswa Program Studi Kehutanan dengan kemampuan merancang penelitian yang valid, menganalisis data secara tepat, dan mengomunikasikan temuan secara ilmiah — kompetensi yang akan terus relevan baik saat menyusun skripsi maupun sepanjang karier profesional mereka kelak.

Penekanan khusus diberikan pada konteks penelitian kehutanan Kalimantan Tengah, mengingat kondisi lahan gambut dan hutan tropis di wilayah ini menghadirkan tantangan metodologis yang unik, menuntut kepekaan ekstra dalam merancang percobaan yang benar-benar mampu menghasilkan kesimpulan yang valid.

BAB 1

PENDAHULUAN METODE ILMIAH DALAM PENELITIAN KEHUTANAN

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menjelaskan hakikat metode ilmiah dan kedudukannya dalam penelitian kehutanan.

1.1 Mengapa Rimbawan Perlu Menguasai Metode Ilmiah

Banyak mahasiswa kehutanan menganggap mata kuliah Rancangan Percobaan dan Metode Ilmiah sebagai mata kuliah 'hitung-hitungan' yang jauh dari praktik lapangan sesungguhnya. Anggapan ini keliru. Hampir seluruh keputusan teknis kehutanan modern, mulai dari pemilihan jenis pohon unggul, penentuan dosis pupuk optimal, hingga evaluasi efektivitas suatu teknik silvikultur, bertumpu pada data yang dikumpulkan dan dianalisis melalui metode ilmiah yang benar. Tanpa penguasaan metode ini, seorang rimbawan hanya bisa mengandalkan kesan dan pengalaman anekdot, yang meski berharga, tidak cukup kuat untuk menjadi dasar kebijakan pengelolaan hutan berskala luas.

Metode ilmiah, secara sederhana, adalah cara sistematis memperoleh pengetahuan yang dapat diuji dan diverifikasi ulang oleh orang lain. Kata kunci di sini adalah 'dapat diuji ulang': klaim bahwa suatu pupuk meningkatkan pertumbuhan bibit jati tidak cukup didasarkan pada pengamatan satu petani pada satu musim tanam, melainkan perlu dibuktikan melalui percobaan yang dirancang cermat, diulang pada kondisi yang berbeda, dan dianalisis menggunakan statistik yang tepat.

1.2 Ciri-Ciri Pengetahuan Ilmiah

Pengetahuan yang dihasilkan melalui metode ilmiah memiliki beberapa ciri yang membedakannya dari sekadar opini atau kepercayaan turun-temurun:

bersifat sistematis (mengikuti prosedur yang runtut dan terdokumentasi), objektif (tidak dipengaruhi bias pribadi peneliti), dapat diuji ulang (replicable) oleh peneliti lain dengan hasil yang konsisten, serta bersifat akumulatif (membangun di atas pengetahuan yang telah ada sebelumnya, bukan mengulang dari nol setiap kali).

Ciri objektivitas ini sering menjadi tantangan terbesar dalam penelitian kehutanan, karena peneliti yang sudah meyakini suatu hipotesis sejak awal (misalnya yakin bahwa jenis pohon tertentu pasti unggul) rentan secara tidak sadar menafsirkan data sesuai keyakinannya, alih-alih membiarkan data berbicara apa adanya.

1.3 Tahapan Umum Metode Ilmiah

Metode ilmiah umumnya mengikuti tahapan yang runtut: mengamati fenomena dan mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis sebagai jawaban sementara, merancang percobaan atau pengamatan untuk menguji hipotesis tersebut, mengumpulkan data secara sistematis, menganalisis data menggunakan metode statistik yang sesuai, menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis, hingga mengomunikasikan temuan melalui publikasi ilmiah agar dapat diverifikasi dan dimanfaatkan peneliti lain.

Buku ajar ini secara khusus akan mendalami tahapan perumusan hipotesis (Bab 3), perancangan percobaan (Bab 6 hingga 13), serta analisis dan pelaporan hasil (Bab 12, 15, dan 16), karena ketiga tahapan inilah yang paling sering menjadi titik lemah penelitian mahasiswa kehutanan tingkat sarjana.



Gambar 1.1 Ilustrasi kegiatan penelitian dan penulisan ilmiah

Sumber: ilustrasi orisinal oleh penulis.

1.4 Kedudukan Rancangan Percobaan dalam Penelitian Kehutanan

Rancangan percobaan (experimental design) adalah cabang statistika terapan yang secara khusus mengatur bagaimana suatu percobaan disusun agar mampu menghasilkan kesimpulan yang valid dan efisien, mencakup penentuan perlakuan, pengulangan, pengacakan, dan pengendalian sumber keragaman yang tidak diinginkan. Penguasaan rancangan percobaan menjadi pembeda utama antara penelitian yang kesimpulannya dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dengan penelitian yang sekadar mengumpulkan data tanpa kerangka analisis yang memadai.

Pengulangan (replication) — menduga galat percobaan dan meningkatkan ketelitian.

Pengacakan (randomization) — menghindari bias sistematis dalam penempatan perlakuan.

Pengendalian lokal (local control) — mengelompokkan unit percobaan agar keragaman di luar perlakuan dapat dikendalikan.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan pentingnya metode ilmiah bagi rimbawan, ciri-ciri pengetahuan ilmiah, tahapan umum metode ilmiah, serta kedudukan rancangan percobaan dalam penelitian kehutanan.

Kata Kunci: *Metode Ilmiah • Objektivitas • Rancangan Percobaan*

Latihan Soal

1. Jelaskan mengapa 'dapat diuji ulang' menjadi ciri utama pengetahuan ilmiah.
2. Sebutkan tiga prinsip dasar rancangan percobaan.

Tugas Individu

Cari satu contoh klaim populer tentang pengelolaan hutan dan evaluasi apakah klaim tersebut didukung metode ilmiah yang memadai.

Tugas Kelompok

Diskusikan mengapa kesan/pengalaman anekdotal tidak cukup menjadi dasar kebijakan pengelolaan hutan berskala luas.

Refleksi

Refleksikan bagaimana bias pribadi dapat memengaruhi objektivitas penelitian Anda sendiri kelak.

BAB 2

FILSAFAT ILMU DAN LOGIKA BERPIKIR ILMIAH

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menjelaskan dasar filsafat ilmu dan menerapkan logika berpikir deduktif-induktif dalam penelitian.

2.1 Ontologi, Epistemologi, dan Aksiologi Ilmu

Filsafat ilmu membahas tiga pertanyaan mendasar mengenai pengetahuan ilmiah. Ontologi mempertanyakan apa hakikat realitas yang dikaji ilmu pengetahuan, misalnya apakah pertumbuhan pohon dapat sepenuhnya dijelaskan melalui hukum fisika-kimia, atau ada aspek yang tidak sepenuhnya tereduksi ke hukum tersebut. Epistemologi mempertanyakan bagaimana cara memperoleh pengetahuan yang benar, menjadi dasar bagi metode ilmiah itu sendiri. Aksiologi mempertanyakan nilai dan manfaat pengetahuan yang dihasilkan, termasuk pertimbangan etika penelitian.

Meski terdengar abstrak, pemahaman filsafat ilmu ini memiliki konsekuensi praktis. Peneliti yang memahami epistemologi dengan baik akan lebih rendah hati mengakui keterbatasan metode yang digunakannya, alih-alih mengklaim temuannya sebagai kebenaran mutlak yang tidak terbantahkan.

2.2 Logika Deduktif dan Induktif

Penalaran deduktif bergerak dari pernyataan umum menuju kesimpulan khusus yang pasti benar apabila premisnya benar, misalnya 'semua tumbuhan berklorofil melakukan fotosintesis; pohon meranti berklorofil; maka pohon meranti melakukan fotosintesis'. Penalaran induktif bergerak sebaliknya, dari pengamatan khusus menuju generalisasi umum, misalnya mengamati

pertumbuhan seratus bibit meranti pada berbagai kondisi tapak untuk menyimpulkan pola umum kebutuhan tapak jenis tersebut.

Penelitian ilmiah modern umumnya menggabungkan kedua jenis penalaran ini dalam siklus berulang: penalaran induktif dari pengamatan lapangan menghasilkan hipotesis umum, yang kemudian diuji secara deduktif melalui prediksi spesifik yang dapat diverifikasi melalui percobaan terkontrol.

2.3 Kriteria Kebenaran Ilmiah: Falsifikasi Karl Popper

Filsuf Karl Popper mengajukan gagasan berpengaruh bahwa ciri utama pengetahuan ilmiah bukanlah kemampuannya dibuktikan benar (verifikasi), melainkan kemampuannya dibuktikan salah (falsifikasi) apabila memang salah. Suatu hipotesis yang dirumuskan sedemikian rupa sehingga tidak mungkin dibuktikan salah oleh data apapun, menurut Popper, bukanlah hipotesis ilmiah yang baik.

Implikasi praktis gagasan ini bagi mahasiswa kehutanan adalah pentingnya merumuskan hipotesis yang benar-benar dapat diuji dan berpotensi ditolak oleh data, bukan hipotesis yang dirumuskan terlalu longgar sehingga hasil apapun akan tampak 'mendukung' hipotesis tersebut.

CONTOH: Hipotesis yang Dapat Difalsifikasi vs Tidak

Hipotesis yang baik: 'Pemberian pupuk NPK dosis 200 g/pohon meningkatkan tinggi bibit ja secara signifikan dibandingkan kontrol pada umur 6 bulan' — dapat diuji dan berpotensi ditolak oleh data. Hipotesis yang buruk: 'Pupuk NPK baik untuk tanaman' — terlalu umum, tidak jelas ukuran keberhasilannya, sulit difalsifikasi secara tegas.

2.4 Etika Penelitian dan Integritas Ilmiah

Integritas ilmiah menuntut peneliti melaporkan data apa adanya, termasuk hasil yang tidak sesuai harapan atau hipotesis awal, tanpa memanipulasi data (data fabrication), memilih hanya data yang mendukung kesimpulan yang diinginkan (cherry picking), maupun menjiplak karya orang lain tanpa atribusi yang semestinya (plagiarisme). Pelanggaran integritas ilmiah, betapapun tampak 'kecil' secara individu, secara kumulatif merusak kepercayaan publik terhadap ilmu pengetahuan dan berpotensi menyesatkan kebijakan pengelolaan hutan yang didasarkan pada penelitian yang tidak jujur.

RINGKASAN BAB

Bab ini membahas dasar ontologi-epistemologi-aksiologi ilmu, logika deduktif-induktif, kriteria falsifikasi Popper, serta etika dan integritas ilmiah dalam penelitian.

Kata Kunci: *Epistemologi • Falsifikasi • Integritas Ilmiah*

Latihan Soal

1. Jelaskan gagasan falsifikasi Karl Popper dan implikasinya bagi perumusan hipotesis.
2. Sebutkan tiga bentuk pelanggaran integritas ilmiah.

Tugas Individu

Evaluasi apakah satu hipotesis penelitian yang pernah Anda dengar dapat difalsifikasi atau tidak.

Tugas Kelompok

Diskusikan contoh penalaran deduktif dan induktif dalam konteks penelitian kehutanan.

Refleksi

Refleksikan mengapa kejujuran melaporkan data yang tidak sesuai harapan tetap penting bagi kemajuan ilmu.

BAB 3

MERUMUSKAN MASALAH DAN HIPOTESIS PENELITIAN

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu merumuskan masalah penelitian yang tajam dan menyusun hipotesis yang dapat diuji secara statistik.

3.1 Dari Mana Masalah Penelitian Berasal

Masalah penelitian yang baik umumnya bersumber dari salah satu dari tiga hal: kesenjangan antara teori dan kenyataan di lapangan (misalnya teori menyatakan jenis tertentu toleran kekeringan, namun pengamatan lapangan menunjukkan tingkat kematian tinggi pada musim kemarau), kesenjangan pengetahuan yang belum terjawab penelitian sebelumnya (research gap), atau persoalan praktis yang dihadapi pengelola hutan yang memerlukan solusi berbasis bukti (misalnya dosis pupuk optimal untuk kondisi tapak spesifik).

Mahasiswa yang kesulitan menemukan topik penelitian sering kali terjebak mencari 'masalah besar' yang mengesankan, padahal masalah penelitian tingkat sarjana yang baik justru sebaiknya spesifik dan terukur, memungkinkan pengumpulan data yang tuntas dalam waktu studi yang tersedia.

3.2 Merumuskan Rumusan Masalah yang Tajam

Rumusan masalah yang baik dinyatakan dalam bentuk pertanyaan yang jelas batasannya, misalnya 'Apakah pemberian kompos limbah kulit buah kakao berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter bibit gaharu pada media tanam gambut?', bukan pertanyaan yang terlalu luas seperti 'Bagaimana pengaruh pupuk organik terhadap tanaman hutan?'. Kejelasan rumusan masalah pada gilirannya memudahkan penentuan variabel, rancangan percobaan, dan metode analisis yang tepat pada tahapan berikutnya.

3.3 Menyusun Hipotesis Statistik

Dalam kerangka pengujian statistik, hipotesis dirumuskan sebagai pasangan hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Hipotesis nol menyatakan tidak ada pengaruh atau tidak ada perbedaan (misalnya 'tidak ada pengaruh dosis kompos terhadap tinggi bibit gaharu'), sementara hipotesis alternatif menyatakan adanya pengaruh atau perbedaan yang ingin dibuktikan peneliti. Uji statistik pada dasarnya adalah prosedur untuk menentukan apakah data yang diperoleh cukup kuat untuk menolak hipotesis nol.

Kekeliruan umum mahasiswa adalah menganggap 'menerima H_0 ' sebagai bukti bahwa H_0 benar. Padahal, gagal menolak H_0 hanya berarti data yang ada belum cukup kuat menunjukkan adanya perbedaan, bukan bukti definitif bahwa perbedaan itu benar-benar tidak ada.

3.4 Kesalahan Tipe I dan Tipe II

Setiap pengujian hipotesis mengandung risiko dua jenis kesalahan. Kesalahan Tipe I (galat alfa) terjadi ketika peneliti menolak H_0 padahal H_0 sebenarnya benar (menyimpulkan ada pengaruh padahal sebenarnya tidak ada). Kesalahan Tipe II (galat beta) terjadi ketika peneliti gagal menolak H_0 padahal H_0 sebenarnya salah (gagal mendeteksi pengaruh yang sesungguhnya ada). Taraf nyata (alfa) yang umum digunakan dalam penelitian kehutanan adalah 5% atau 1%, menunjukkan toleransi maksimal risiko kesalahan Tipe I yang bersedia diterima peneliti.

Tabel 3.1 Matriks Kesalahan Tipe I dan Tipe II

Keputusan	H_0 Benar (Kenyataan)	H_0 Salah (Kenyataan)
Menolak H_0	Kesalahan Tipe I (galat α)	Keputusan benar (kekuatan uji)
Gagal Menolak H_0	Keputusan benar	Kesalahan Tipe II (galat β)

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan sumber masalah penelitian, cara merumuskan rumusan masalah yang tajam, penyusunan hipotesis statistik H_0 - H_1 , serta konsep kesalahan Tipe I dan Tipe II.

Kata Kunci: *Rumusan Masalah • Hipotesis Nol • Kesalahan Tipe I/II*

Latihan Soal

1. Perbaiki rumusan masalah yang terlalu luas menjadi rumusan yang tajam dan terukur.
2. Jelaskan perbedaan kesalahan Tipe I dan Tipe II beserta contohnya.

Tugas Individu

Rumuskan satu masalah penelitian dan hipotesis statistik (H_0/H_1) untuk topik kehutanan pilihan Anda.

Tugas Kelompok

Diskusikan risiko kesalahan Tipe I vs Tipe II mana yang lebih berbahaya dalam konteks pengujian pupuk baru.

Refleksi

Refleksikan mengapa 'gagal menolak H_0 ' tidak sama dengan 'membuktikan H_0 benar'.

BAB 4

VARIABEL PENELITIAN DAN SKALA PENGUKURAN

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu mengidentifikasi jenis variabel penelitian dan menerapkan skala pengukuran yang tepat.

4.1 Jenis-Jenis Variabel Penelitian

Variabel bebas (independent variable) adalah variabel yang sengaja dimanipulasi atau diamati perbedaannya oleh peneliti, misalnya dosis pupuk atau jenis media tanam. Variabel terikat (dependent variable) adalah variabel yang diukur sebagai respons terhadap variabel bebas, misalnya tinggi dan diameter bibit. Variabel pengganggu (confounding variable) adalah variabel di luar variabel bebas yang turut memengaruhi variabel terikat namun tidak menjadi fokus penelitian, seperti perbedaan intensitas cahaya antar-lokasi persemaian yang dapat mengaburkan pengaruh sesungguhnya dari perlakuan pupuk yang sedang diuji.

Pengendalian variabel pengganggu menjadi salah satu tantangan terbesar penelitian lapangan kehutanan, karena kondisi tapak alami jarang benar-benar homogen, berbeda dari penelitian laboratorium yang kondisinya jauh lebih mudah dikendalikan.

4.2 Empat Skala Pengukuran

Skala nominal mengklasifikasikan data ke dalam kategori tanpa urutan tertentu, misalnya jenis pohon (meranti, jati, sengon). Skala ordinal mengklasifikasikan data dengan urutan tertentu namun jarak antar-kategori tidak seragam, misalnya tingkat kerusakan tanaman (ringan, sedang, berat). Skala interval memiliki jarak antar-nilai yang seragam namun tidak memiliki titik nol

mutlak, misalnya suhu dalam derajat Celsius. Skala rasio memiliki jarak seragam dan titik nol mutlak yang bermakna, misalnya tinggi tanaman dalam sentimeter atau berat kering biomassa dalam gram.

Penentuan skala pengukuran yang tepat menentukan metode statistik apa yang sah digunakan pada tahap analisis; data ordinal, misalnya, tidak tepat dianalisis menggunakan uji-t atau ANOVA yang mengasumsikan data berskala interval/rasio, melainkan memerlukan uji statistik non-parametrik yang sesuai.

Tabel 4.1 Empat Skala Pengukuran dan Contohnya dalam Penelitian Kehutanan

Skala	Ciri Utama	Contoh
Nominal	Kategori tanpa urutan	Jenis pohon, jenis tanah
Ordinal	Kategori berurutan, jarak tidak seragam	Tingkat kerusakan (ringan-sedang-berat)
Interval	Jarak seragam, tanpa nol mutlak	Suhu udara (°C)
Rasio	Jarak seragam, nol mutlak bermakna	Tinggi tanaman (cm), berat biomassa (g)

4.3 Validitas dan Reliabilitas Pengukuran

Validitas menunjukkan sejauh mana suatu instrumen benar-benar mengukur apa yang seharusnya diukur, misalnya apakah alat ukur kelembapan tanah yang digunakan benar-benar mencerminkan kadar air tanah sesungguhnya. Reliabilitas menunjukkan konsistensi hasil pengukuran apabila diulang pada kondisi yang sama. Alat ukur yang tidak dikalibrasi dengan baik dapat menghasilkan data yang reliabel (konsisten) namun tidak valid (secara sistematis salah), sehingga kalibrasi berkala menjadi bagian penting yang tidak boleh diabaikan dalam pengumpulan data penelitian kehutanan.

Bab ini menjelaskan jenis-jenis variabel penelitian, empat skala pengukuran (nominal, ordinal, interval, rasio), serta konsep validitas dan reliabilitas instrumen pengukuran.

Kata Kunci: *Variabel Bebas-Terikat • Skala Pengukuran • Validitas-Reliabilitas*

Latihan Soal

1. Klasifikasikan lima variabel penelitian kehutanan ke dalam empat skala pengukuran.
2. Jelaskan perbedaan validitas dan reliabilitas beserta contohnya.

Tugas Individu

Identifikasi variabel bebas, terikat, dan pengganggu untuk satu ide penelitian pilihan Anda.

Tugas Kelompok

Diskusikan mengapa data ordinal tidak tepat dianalisis menggunakan uji-t atau ANOVA standar.

Refleksi

Refleksikan pentingnya kalibrasi alat ukur yang sering diabaikan dalam penelitian lapangan.

BAB 5

POPULASI, SAMPEL, DAN TEKNIK PENARIKAN SAMPEL

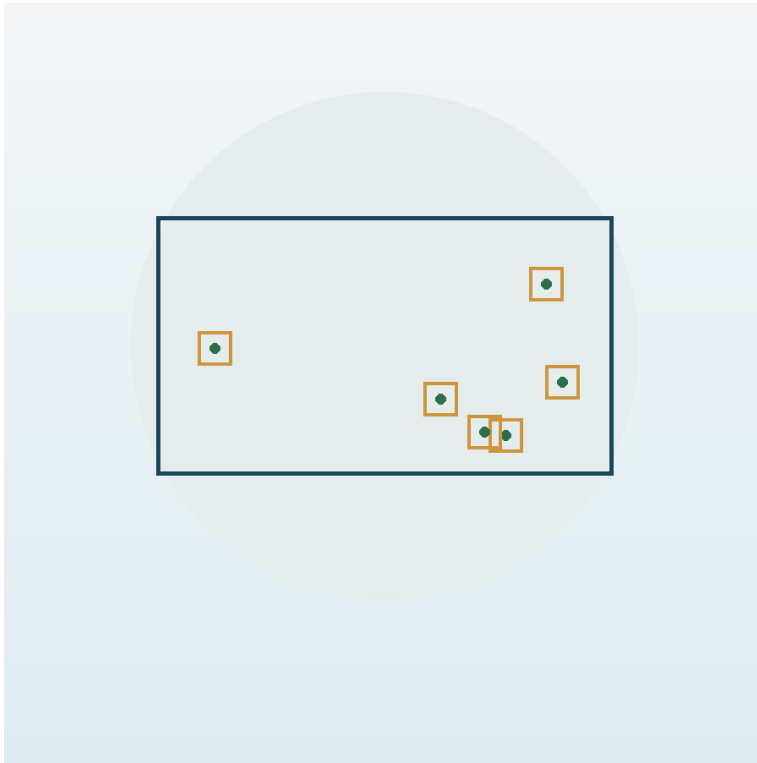
Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menentukan populasi penelitian dan menerapkan teknik penarikan sampel yang representatif.

5.1 Populasi dan Sampel dalam Penelitian Kehutanan

Populasi adalah keseluruhan unit yang menjadi target kesimpulan penelitian, misalnya seluruh tegakan jati pada suatu kawasan hutan produksi. Sampel adalah sebagian unit populasi yang benar-benar diamati/diukur peneliti karena keterbatasan waktu, biaya, dan tenaga untuk mengamati seluruh populasi. Kualitas kesimpulan penelitian sangat bergantung pada seberapa representatif sampel yang diambil terhadap populasi yang ingin digeneralisasi.

5.2 Teknik Penarikan Sampel Probabilitas

Penarikan sampel acak sederhana (simple random sampling) memberikan peluang yang sama bagi setiap unit populasi untuk terpilih, cocok diterapkan pada populasi yang relatif homogen. Penarikan sampel acak sistematis (systematic sampling) memilih unit pada interval tetap setelah titik awal ditentukan secara acak, sering diterapkan dalam inventarisasi hutan karena lebih praktis dilaksanakan di lapangan. Penarikan sampel acak berlapis (stratified random sampling) membagi populasi ke dalam beberapa strata (misalnya berdasarkan kelas umur tegakan) sebelum menarik sampel acak dari setiap strata, meningkatkan presisi ketika populasi memiliki keragaman antar-kelompok yang signifikan.



Gambar 5.1 Ilustrasi teknik penarikan sampel pada kawasan penelitian

Sumber: ilustrasi orisinal oleh penulis.

5.3 Penarikan Sampel Klaster dan Penerapannya pada Inventarisasi Hutan

Penarikan sampel klaster (cluster sampling) membagi populasi ke dalam kelompok/klaster (misalnya petak-petak hutan), kemudian memilih beberapa klaster secara acak untuk diamati secara menyeluruh, lebih efisien secara biaya dan waktu dibandingkan sampel acak sederhana ketika populasi tersebar pada area yang sangat luas seperti kawasan hutan Kalimantan Tengah. Metode ini menjadi dasar berbagai desain inventarisasi hutan nasional, termasuk Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala yang diterapkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

5.4 Menentukan Ukuran Sampel yang Memadai

Ukuran sampel yang terlalu kecil berisiko menghasilkan kesimpulan yang tidak stabil (rentan berubah drastis apabila diulang dengan sampel berbeda), sementara ukuran sampel yang berlebihan memboroskan sumber daya penelitian tanpa penambahan informasi yang sepadan. Penentuan ukuran sampel yang tepat mempertimbangkan tingkat keragaman populasi (semakin beragam, semakin besar sampel yang diperlukan), tingkat presisi yang diinginkan, serta taraf nyata dan kekuatan uji yang ditetapkan peneliti, dapat dihitung menggunakan rumus baku seperti rumus Slovin untuk survei sosial atau formula khusus berbasis simpangan baku untuk penelitian eksperimental.

TIPS: Ukuran Sampel Bukan Segalanya

Sampel besar tidak menjamin kesimpulan yang benar apabila teknik penarikan sampelnya bias. Seribu sampel yang diambil hanya dari satu lokasi yang tidak representatif tetap menghasilkan kesimpulan yang menyesatkan, sementara seratus sampel yang ditarik secara acak dan proporsional dapat memberikan kesimpulan yang jauh lebih dapat dipercaya.

RINGKASAN BAB

Bab ini membahas konsep populasi dan sampel, teknik penarikan sampel probabilitas (acak sederhana, sistematis, berlapis, kluster), serta penentuan ukuran sampel yang memadai.

Kata Kunci: *Populasi • Sampel Berlapis • Sampel Kluster*

Latihan Soal

1. Jelaskan kapan sebaiknya menggunakan stratified sampling dibandingkan simple random sampling.
2. Mengapa cluster sampling lebih efisien untuk populasi yang tersebar luas?

Tugas Individu

Rancang teknik penarikan sampel yang tepat untuk survei kondisi tegakan pada kawasan hutan seluas 500 hektare.

Tugas Kelompok

Diskusikan mengapa ukuran sampel besar tidak menjamin kesimpulan benar apabila tekniknya bias.

Refleksi

Refleksikan tantangan penarikan sampel representatif pada kawasan hutan yang sangat luas dan sulit diakses.

BAB 6

KONSEP DASAR DAN PRINSIP RANCANGAN PERCOBAAN

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menjelaskan prinsip dasar rancangan percobaan dan istilah-istilah kunci yang digunakan.

6.1 Istilah Kunci dalam Rancangan Percobaan

Perlakuan (treatment) adalah kondisi yang sengaja diterapkan peneliti untuk diuji pengaruhnya, misalnya berbagai dosis pupuk. Unit percobaan (experimental unit) adalah objek terkecil yang menerima satu perlakuan, misalnya satu polybag bibit. Ulangan (replication) adalah pengulangan penerapan perlakuan yang sama pada beberapa unit percobaan berbeda. Galat percobaan (experimental error) adalah keragaman yang muncul di antara unit-unit percobaan yang menerima perlakuan sama, mencerminkan seluruh sumber variasi yang tidak dapat dikendalikan peneliti.

6.2 Tiga Prinsip Dasar Rancangan Percobaan

Prinsip pengulangan (replication) diperlukan untuk menduga besarnya galat percobaan dan meningkatkan ketelitian pendugaan pengaruh perlakuan; semakin banyak ulangan, semakin kecil galat baku pendugaan rata-rata perlakuan. Prinsip pengacakan (randomization) memastikan setiap unit percobaan memiliki peluang sama menerima perlakuan tertentu, menghindari bias sistematis yang dapat muncul apabila penempatan perlakuan mengikuti pola tertentu, misalnya seluruh perlakuan dosis tinggi kebetulan selalu ditempatkan di lokasi yang tanahnya lebih subur.

Prinsip pengendalian lokal (local control) mengelompokkan unit-unit percobaan yang relatif homogen ke dalam kelompok/blok, sehingga keragaman

akibat perbedaan kondisi lingkungan (misalnya kemiringan lahan atau naungan) dapat dipisahkan dari galat percobaan, meningkatkan ketelitian pengujian pengaruh perlakuan yang sesungguhnya menjadi fokus penelitian.

6.3 Memilih Rancangan Percobaan yang Tepat

Pemilihan rancangan percobaan mempertimbangkan tingkat homogenitas unit percobaan yang tersedia. Apabila unit percobaan (misalnya bibit dalam rumah kaca) relatif homogen, Rancangan Acak Lengkap sudah memadai. Apabila unit percobaan memiliki sumber keragaman yang diketahui dan dapat dikelompokkan (misalnya lahan dengan kemiringan bervariasi), Rancangan Acak Kelompok lebih tepat digunakan. Apabila terdapat dua sumber keragaman yang perlu dikendalikan sekaligus, Rancangan Bujur Sangkar Latin menjadi pilihan yang lebih sesuai, sebagaimana akan dibahas mendalam pada bab-bab berikutnya.



Gambar 6.1 Ilustrasi tata letak petak percobaan lapangan

Sumber: ilustrasi orisinal oleh penulis.

6.4 Model Linear dan Sumber Keragaman

Setiap rancangan percobaan dapat dinyatakan dalam model matematis linear yang menguraikan nilai pengamatan menjadi komponen-komponen penyusunnya. Bentuk umum model linear rancangan percobaan sederhana adalah $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$, dengan Y_{ij} adalah nilai pengamatan pada perlakuan ke- i ulangan ke- j , μ adalah rata-rata umum populasi, τ_i adalah pengaruh perlakuan ke- i , dan ϵ_{ij} adalah galat percobaan. Pemahaman model linear ini menjadi dasar penyusunan tabel analisis ragam (ANOVA) yang akan dibahas mendalam mulai Bab 7.

Bab ini menjelaskan istilah kunci rancangan percobaan, tiga prinsip dasarnya (pengulangan, pengacakan, pengendalian lokal), kriteria pemilihan rancangan, serta model linear dan sumber keragaman.

Kata Kunci: *Pengulangan • Pengacakan • Pengendalian Lokal • Model Linear*

Latihan Soal

1. Jelaskan tiga prinsip dasar rancangan percobaan beserta fungsinya masing-masing.
2. Kapan sebaiknya memilih RAK dibandingkan RAL?

Tugas Individu

Identifikasi sumber keragaman yang perlu dikendalikan untuk satu rencana percobaan lapangan pilihan Anda.

Tugas Kelompok

Diskusikan konsekuensi apabila prinsip pengacakan diabaikan dalam pelaksanaan suatu percobaan.

Refleksi

Refleksikan mengapa pemahaman model linear penting sebelum mempelajari ANOVA lebih lanjut.

BAB 7

RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL)

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu merancang, menganalisis, dan menginterpretasikan hasil percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap.

7.1 Karakteristik dan Penerapan RAL

Rancangan Acak Lengkap (RAL) adalah rancangan percobaan paling sederhana, di mana perlakuan diacak sepenuhnya ke seluruh unit percobaan tanpa pengelompokan, cocok diterapkan ketika kondisi unit percobaan relatif homogen, misalnya percobaan pot di rumah kaca dengan media tanam dan kondisi lingkungan yang seragam. Kesederhanaan RAL memberikan keuntungan derajat bebas galat yang lebih besar dibandingkan rancangan lain dengan jumlah unit percobaan yang sama, karena tidak ada derajat bebas yang 'terpakai' untuk memisahkan pengaruh kelompok.

7.2 Model Linear dan Tabel Analisis Ragam RAL

Model linear RAL adalah $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$ dengan $i = 1, 2, \dots, t$ (jumlah perlakuan) dan $j = 1, 2, \dots, r$ (jumlah ulangan). Derajat bebas total adalah $(t \times r) - 1$, derajat bebas perlakuan adalah $(t - 1)$, dan derajat bebas galat adalah $t(r - 1)$. Nilai F hitung diperoleh dari perbandingan Kuadrat Tengah Perlakuan dengan Kuadrat Tengah Galat, kemudian dibandingkan dengan nilai F tabel pada taraf nyata dan derajat bebas yang sesuai untuk menentukan signifikansi pengaruh perlakuan.

Tabel 7.1 Struktur Umum Tabel Analisis Ragam (ANOVA) Rancangan Acak Lengkap

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung
Perlakuan	$t - 1$	JKP	$KTP = JKP/(t-1)$	KTP/KTG
Galat	$t(r-1)$	JKG	$KTG = JKG/[t(r-1)]$	-

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung
Total	tr - 1	JKT	-	-

7.3 Contoh Kasus dan Perhitungan RAL

Sebagai ilustrasi, misalkan seorang mahasiswa menguji pengaruh empat dosis pupuk NPK (0, 100, 200, 300 gram per bibit) terhadap tinggi bibit sengon berumur enam bulan, masing-masing diulang lima kali dalam rumah kaca dengan kondisi seragam, menghasilkan total 20 unit percobaan. Setelah data tinggi bibit dari seluruh unit percobaan dikumpulkan, dihitung Jumlah Kuadrat Total, Jumlah Kuadrat Perlakuan, dan Jumlah Kuadrat Galat ($JKT = JKP + JKG$) menggunakan rumus baku RAL, kemudian disusun dalam tabel ANOVA untuk memperoleh nilai F hitung.

Apabila F hitung yang diperoleh lebih besar dari F tabel pada taraf nyata 5% dengan derajat bebas perlakuan 3 dan derajat bebas galat 16, maka H_0 (tidak ada pengaruh dosis pupuk) ditolak, yang berarti terdapat pengaruh nyata dosis pupuk NPK terhadap tinggi bibit sengon, sehingga analisis dapat dilanjutkan ke uji lanjut untuk mengetahui dosis mana yang berbeda nyata satu sama lain, sebagaimana akan dibahas pada Bab 11.

CONTOH: Interpretasi Nilai F Hitung

Jika F hitung = 8,45 dan F tabel ($\alpha=0,05$; db=3,16) = 3,24, maka F hitung > F tabel, sehingga H_0 ditolak. Kesimpulan: dosis pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap tinggi bibit sengon pada taraf nyata 5%.

7.4 Kelebihan dan Keterbatasan RAL

Kelebihan RAL terletak pada kesederhanaan pelaksanaan dan analisis, serta fleksibilitas jumlah ulangan yang tidak harus sama antar-perlakuan (meski idealnya tetap diusahakan seimbang). Keterbatasan utamanya adalah asumsi homogenitas unit percobaan yang ketat; apabila unit percobaan sesungguhnya tidak homogen namun tetap dianalisis menggunakan RAL, galat percobaan akan membengkak akibat tercampurnya keragaman lingkungan dengan galat murni, berpotensi menutupi pengaruh perlakuan yang sesungguhnya nyata.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan karakteristik RAL, model linear dan tabel ANOVA-nya, contoh perhitungan kasus dosis pupuk pada bibit sengan, serta kelebihan dan keterbatasan RAL.

Kata Kunci: *RAL • Tabel ANOVA • F Hitung*

Latihan Soal

1. Hitung derajat bebas perlakuan dan galat untuk RAL dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan.
2. Jelaskan kapan RAL menjadi pilihan yang kurang tepat digunakan.

Tugas Individu

Susun tabel ANOVA kosong (header dan struktur) untuk RAL dengan 6 perlakuan dan 3 ulangan.

Tugas Kelompok

Diskusikan dan interpretasikan contoh kasus F hitung pada bab ini secara berkelompok.

Refleksi

Refleksikan mengapa RAL berisiko menghasilkan galat yang membengkak pada kondisi lapangan yang tidak homogen.

BAB 8

RANCANGAN ACAK KELOMPOK (RAK)

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu merancang, menganalisis, dan menginterpretasikan hasil percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok.

8.1 Karakteristik dan Penerapan RAK

Rancangan Acak Kelompok (RAK) mengelompokkan unit percobaan ke dalam blok-blok yang relatif homogen di dalam blok namun dapat berbeda antar-blok, sebelum perlakuan diacak secara terpisah pada setiap blok. RAK menjadi rancangan yang paling umum diterapkan pada percobaan lapangan kehutanan, karena kondisi lahan di lapangan jarang benar-benar homogen, sehingga pengelompokan berdasarkan gradien lingkungan yang diketahui (misalnya kemiringan lereng atau jarak dari sumber air) dapat meningkatkan ketelitian percobaan secara signifikan dibandingkan RAL.

8.2 Model Linear dan Tabel Analisis Ragam RAK

Model linear RAK adalah $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$, dengan tambahan komponen β_j yang merepresentasikan pengaruh kelompok/blok ke- j dibandingkan model RAL. Derajat bebas kelompok adalah $(r - 1)$, derajat bebas perlakuan adalah $(t - 1)$, dan derajat bebas galat adalah $(t - 1)(r - 1)$, lebih kecil dibandingkan derajat bebas galat RAL dengan jumlah unit percobaan yang sama, karena sebagian keragaman telah 'diserap' oleh komponen kelompok.

Tabel 8.1 Struktur Umum Tabel Analisis Ragam (ANOVA) Rancangan Acak Kelompok

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung
Kelompok	$r - 1$	JKK	$KT_K = JKK/(r-1)$	KT_K/KT_G
Perlakuan	$t - 1$	JKP	$KT_P = JKP/(t-1)$	KT_P/KT_G
Galat	$(t-1)(r-1)$	JKG	$KT_G = JKG/[(t-1)(r-1)]$	

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung
Total	tr - 1	JKT	-	-

8.3 Efisiensi Relatif RAK Dibandingkan RAL

Keputusan menggunakan RAK dibandingkan RAL dapat dievaluasi secara kuantitatif melalui perhitungan Efisiensi Relatif (ER), yang membandingkan Kuadrat Tengah Galat RAK dengan Kuadrat Tengah Galat yang seandainya diperoleh menggunakan RAL pada data yang sama. Nilai ER lebih besar dari 100% menunjukkan bahwa pengelompokan memang efektif mengurangi galat percobaan dan RAK lebih tepat digunakan; sebaliknya, nilai ER mendekati atau kurang dari 100% mengindikasikan bahwa pengelompokan tidak banyak membantu, dan RAL yang lebih sederhana sesungguhnya sudah memadai untuk kondisi tersebut.

8.4 Contoh Penerapan RAK pada Percobaan Uji Provenans

Uji provenans (provenance trial), yang membandingkan pertumbuhan beberapa sumber benih (provenans) dari populasi geografis berbeda pada satu lokasi tanam, lazim menggunakan RAK karena lahan tanam berskala hektar jarang benar-benar homogen. Blok biasanya disusun berdasarkan gradien topografi atau kesuburan tanah yang teramati di lapangan sebelum penanaman dimulai, dengan setiap provenans diwakili satu bibit pada setiap blok yang ditempatkan secara acak, memungkinkan perbandingan pertumbuhan antar-provenans yang lebih akurat karena pengaruh variasi lokal dalam blok telah dikendalikan.

Bab ini menjelaskan karakteristik RAK, model linear dan tabel ANOVA-nya, cara menghitung efisiensi relatif dibandingkan RAL, serta penerapannya pada uji provenans.

Kata Kunci: *RAK • Efisiensi Relatif • Uji Provenans*

Latihan Soal

1. Hitung derajat bebas kelompok, perlakuan, dan galat untuk RAK dengan 4 perlakuan dan 5 kelompok.
2. Jelaskan makna nilai Efisiensi Relatif lebih besar dari 100%.

Tugas Individu

Rancang skema pengelompokan blok untuk percobaan pada lahan dengan gradien kemiringan.

Tugas Kelompok

Diskusikan mengapa RAK menjadi rancangan paling umum pada percobaan lapangan kehutanan.

Refleksi

Refleksikan bagaimana Anda akan menentukan kriteria pengelompokan blok yang tepat di lapangan.

BAB 9

RANCANGAN BUJUR SANGKAR LATIN

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu merancang dan menganalisis percobaan menggunakan Rancangan Bujur Sangkar Latin untuk mengendalikan dua sumber keragaman sekaligus.

9.1 Konsep Bujur Sangkar Latin

Rancangan Bujur Sangkar Latin (RBSL) digunakan ketika terdapat dua sumber keragaman yang diketahui dan ingin dikendalikan sekaligus, misalnya pengaruh baris dan pengaruh kolom pada suatu petak percobaan berbentuk persegi. Setiap perlakuan muncul tepat satu kali pada setiap baris dan tepat satu kali pada setiap kolom, membentuk pola yang menyerupai kotak sudoku sederhana, memastikan pengaruh baris dan kolom dapat dipisahkan secara matematis dari pengaruh perlakuan yang sesungguhnya menjadi fokus penelitian.

9.2 Model Linear dan Struktur Analisis Ragam RBSL

Model linear RBSL adalah $Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \kappa_j + \tau_k + \epsilon_{ijk}$, dengan ρ_i mewakili pengaruh baris ke- i , κ_j mewakili pengaruh kolom ke- j , dan τ_k mewakili pengaruh perlakuan ke- k . Karena jumlah baris, kolom, dan perlakuan harus sama (disimbolkan t), derajat bebas total adalah $t^2 - 1$, dengan derajat bebas baris, kolom, dan perlakuan masing-masing $(t-1)$, serta derajat bebas galat $(t-1)(t-2)$.

Keterbatasan utama RBSL adalah keharusan jumlah perlakuan, baris, dan kolom yang sama, membuatnya kurang fleksibel dibandingkan RAK, serta derajat bebas galat yang relatif kecil pada jumlah perlakuan sedikit, sehingga RBSL jarang digunakan untuk percobaan dengan jumlah perlakuan kurang dari empat.

9.3 Penerapan RBSL dalam Penelitian Kehutanan

RBSL relevan diterapkan pada percobaan yang melibatkan dua sumber keragaman yang jelas terpisah, misalnya percobaan pengujian efektivitas beberapa jenis mikoriza pada bibit yang ditempatkan di rak-rak persemaian bertingkat, di mana posisi rak (atas-tengah-bawah) dan posisi baris rak (kiri-tengah-kanan) sama-sama berpotensi memengaruhi intensitas cahaya dan sirkulasi udara yang diterima bibit, sehingga kedua faktor tersebut perlu dikendalikan sekaligus melalui struktur baris dan kolom RBSL.

CATATAN: Kapan RBSL Tidak Diperlukan

Apabila hanya ada satu sumber keragaman yang perlu dikendalikan, RAK sudah cukup dan lebih fleksibel dibandingkan RBSL. RBSL hanya dipilih ketika benar-benar terdapat dua sumber keragaman independen yang diketahui memengaruhi hasil percobaan secara signifikan.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan konsep RBSL untuk mengendalikan dua sumber keragaman sekaligus, model linear dan strukturnya, serta penerapan dan keterbatasannya dalam penelitian kehutanan.

Kata Kunci: *RBSL • Baris dan Kolom • Dua Sumber Keragaman*

Latihan Soal

1. Jelaskan mengapa jumlah baris, kolom, dan perlakuan pada RBSL harus sama.
2. Berikan contoh kondisi lapangan yang tepat menggunakan RBSL.

Tugas Individu

Gambarkan denah RBSL sederhana untuk 4 perlakuan.

Tugas Kelompok

Diskusikan mengapa RBSL jarang digunakan untuk jumlah perlakuan yang sedikit.

Refleksi

Refleksikan kapan kompleksitas RBSL sepadan dengan manfaat pengendalian dua sumber keragaman sekaligus.

BAB 10

RANCANGAN FAKTORIAL

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu merancang dan menganalisis percobaan faktorial untuk mengevaluasi pengaruh utama dan interaksi dua faktor atau lebih.

10.1 Konsep Percobaan Faktorial

Percobaan faktorial menguji dua atau lebih faktor perlakuan secara bersamaan dalam satu percobaan, memungkinkan peneliti tidak hanya menguji pengaruh masing-masing faktor secara terpisah (pengaruh utama/main effect), tetapi juga menguji apakah pengaruh satu faktor bergantung pada level faktor lainnya (pengaruh interaksi). Kemampuan mendeteksi interaksi inilah yang menjadi keunggulan utama percobaan faktorial dibandingkan menguji setiap faktor secara terpisah dalam percobaan yang berbeda-beda.

10.2 Notasi dan Struktur Percobaan Faktorial

Percobaan faktorial 2x3 misalnya, menunjukkan percobaan dengan dua faktor, faktor pertama memiliki 2 taraf dan faktor kedua memiliki 3 taraf, menghasilkan 6 kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang sejumlah tertentu. Rancangan lingkungan (RAL atau RAK) tetap diterapkan pada kombinasi perlakuan faktorial tersebut, sehingga istilah lengkapnya misalnya 'Faktorial 2x3 dalam RAK', menunjukkan struktur faktor perlakuan yang disusun dalam kerangka rancangan lingkungan RAK.

10.3 Menginterpretasikan Pengaruh Interaksi

Interaksi antar-faktor dikatakan nyata apabila pengaruh satu faktor terhadap variabel terikat berbeda secara signifikan tergantung level faktor lainnya. Sebagai ilustrasi, pengaruh dosis pupuk terhadap pertumbuhan bibit mungkin berbeda tergantung jenis media tanam yang digunakan: pada media tanah

mineral, dosis tinggi mungkin memberikan pertumbuhan terbaik, sementara pada media gambut, dosis sedang justru memberikan hasil optimal karena dosis tinggi pada gambut yang sudah asam dapat menimbulkan keracunan hara.

Ketika interaksi terbukti nyata secara statistik, interpretasi pengaruh utama masing-masing faktor secara terpisah menjadi kurang bermakna dan berpotensi menyesatkan; peneliti sebaiknya fokus menginterpretasikan pengaruh sederhana (simple effect) pada setiap kombinasi level faktor, bukan generalisasi pengaruh utama semata.

Tabel 10.1 Contoh Struktur Data Percobaan Faktorial 2x3 (Jenis Media x Dosis Pupuk)

Jenis Media	Dosis Rendah	Dosis Sedang	Dosis Tinggi
Tanah Mineral	32,1 cm	38,4 cm	45,2 cm
Gambut	28,6 cm	41,3 cm	33,8 cm

10.4 Penerapan Faktorial dalam Penelitian Silvikultur

Percobaan faktorial banyak diterapkan dalam penelitian silvikultur untuk menguji kombinasi perlakuan seperti jenis media x dosis mikoriza, intensitas naungan x jenis pohon, atau jarak tanam x jenis pupuk, karena keputusan pengelolaan hutan di lapangan jarang melibatkan satu faktor tunggal, melainkan kombinasi berbagai perlakuan yang saling berinteraksi memengaruhi hasil akhir pertumbuhan tegakan.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan konsep percobaan faktorial, notasi dan strukturnya, cara menginterpretasikan pengaruh interaksi, serta penerapannya dalam penelitian silvikultur.

Kata Kunci: *Faktorial • Pengaruh Utama • Interaksi*

Latihan Soal

1. Jelaskan perbedaan pengaruh utama dan pengaruh interaksi.
2. Mengapa interpretasi pengaruh utama menjadi kurang bermakna ketika interaksi nyata?

Tugas Individu

Rancang percobaan faktorial 2x2 untuk topik penelitian pilihan Anda beserta variabel yang diuji.

Tugas Kelompok

Diskusikan dan interpretasikan pola data pada Tabel 10.1 — apakah tampak ada indikasi interaksi?

Refleksi

Refleksikan mengapa percobaan faktorial lebih efisien dibandingkan menguji setiap faktor secara terpisah.

BAB 11

UJI LANJUT PERBANDINGAN RATA-RATA

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu memilih dan menerapkan uji lanjut yang tepat untuk membandingkan rata-rata antar-perlakuan pascaANOVA.

11.1 Mengapa Uji Lanjut Diperlukan

Hasil ANOVA yang signifikan hanya menunjukkan bahwa setidaknya ada satu pasang perlakuan yang berbeda nyata, tanpa menjelaskan pasangan mana saja yang sesungguhnya berbeda. Uji lanjut (post-hoc test) diperlukan untuk membandingkan rata-rata antar-pasangan perlakuan secara lebih rinci, menjawab pertanyaan praktis seperti 'apakah dosis 200 gram benar-benar berbeda dari dosis 300 gram, ataukah keduanya sama-sama baik dan hanya berbeda dari kontrol?'.

11.2 Uji Beda Nyata Terkecil (BNT/LSD)

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT), dikenal juga sebagai Least Significant Difference (LSD), menghitung nilai batas terkecil perbedaan dua rata-rata yang dianggap signifikan berdasarkan galat baku dan nilai t-tabel. BNT merupakan uji lanjut yang paling sensitif mendeteksi perbedaan (paling mudah menyatakan signifikan), namun karena itu pula paling berisiko menghasilkan kesalahan Tipe I apabila digunakan untuk membandingkan banyak pasangan sekaligus tanpa penyesuaian, sehingga sebaiknya hanya digunakan ketika jumlah perlakuan yang dibandingkan relatif sedikit dan telah direncanakan sejak awal, bukan sekadar 'mencoba-coba' seluruh kemungkinan pasangan setelah melihat data.

11.3 Uji Beda Nyata Jujur (BNJ/Tukey HSD) dan Uji Duncan

Uji Beda Nyata Jujur (BNJ), atau Tukey's Honestly Significant Difference (HSD), menerapkan koreksi yang lebih konservatif dibandingkan BNT,

mempertimbangkan seluruh kemungkinan pasangan perbandingan sekaligus sehingga risiko kesalahan Tipe I secara keseluruhan (family-wise error rate) tetap terkendali pada taraf nyata yang ditetapkan. BNJ menjadi pilihan yang lebih aman ketika peneliti ingin membandingkan seluruh pasangan perlakuan tanpa hipotesis spesifik yang direncanakan sejak awal.

Uji Jarak Berganda Duncan (Duncan's Multiple Range Test/DMRT) menempati posisi tengah antara BNT dan BNJ dari segi konservatisme, menggunakan nilai kritis yang berbeda tergantung jarak peringkat rata-rata yang dibandingkan. DMRT populer digunakan dalam penelitian pertanian dan kehutanan Indonesia karena relatif mudah diterapkan secara manual, meski beberapa ahli statistik modern menganggapnya kurang ketat secara teoretis dibandingkan BNJ.

Tabel 11.1 Perbandingan Tiga Uji Lanjut yang Umum Digunakan

Uji Lanjut	Tingkat Konservatisme	Kapan Digunakan
BNT (LSD)	Paling liberal (sensitif)	Perbandingan terbatas, direncanakan sejak awal
Duncan (DMRT)	Menengah	Perbandingan banyak pasangan penelitian eksploratif
BNJ (Tukey HSD)	Paling konservatif	Perbandingan seluruh pasangan tanpa rencana spesifik

11.4 Menyajikan Hasil Uji Lanjut dengan Notasi Huruf

Hasil uji lanjut lazim disajikan menggunakan notasi huruf di samping nilai rata-rata setiap perlakuan, di mana perlakuan yang memiliki huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, sementara perlakuan dengan huruf berbeda menunjukkan berbeda nyata. Penyajian ini memudahkan pembaca menginterpretasikan hasil tanpa perlu menelusuri tabel perbandingan

berpasangan yang lebih rumit, dan menjadi standar penyajian yang hampir selalu dijumpai dalam publikasi ilmiah bidang pertanian dan kehutanan Indonesia.

CONTOH: Penyajian Notasi Huruf Uji Lanjut

Dosis 0 g: 24,3 cm (a); Dosis 100 g: 31,5 cm (b); Dosis 200 g: 38,7 cm (c); Dosis 300 g: 39,2 cm (c). Interpretasi: dosis 200 g dan 300 g tidak berbeda nyata satu sama lain (sama-sama berlabel 'c'), namun keduanya berbeda nyata dan lebih tinggi dibandingkan dosis 100 g dan kontrol.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan fungsi uji lanjut, tiga jenis uji (BNT, Duncan, BNJ) beserta tingkat konservatismenya, serta cara menyajikan hasil menggunakan notasi huruf.

Kata Kunci: *BNT • BNJ • Duncan • Notasi Huruf*

Latihan Soal

1. Jelaskan perbedaan tingkat konservatisme BNT, Duncan, dan BNJ.
2. Interpretasikan notasi huruf pada contoh Tabel Bab 11.

Tugas Individu

Tentukan uji lanjut yang tepat untuk kasus perbandingan 6 perlakuan yang seluruhnya ingin dibandingkan tanpa rencana spesifik.

Tugas Kelompok

Diskusikan risiko penggunaan BNT untuk membandingkan banyak pasangan sekaligus tanpa penyesuaian.

Refleksi

Refleksikan mengapa pemilihan uji lanjut sebaiknya direncanakan sejak awal, bukan dipilih setelah melihat data.

BAB 12

ANALISIS REGRESI DAN KORELASI

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menerapkan analisis regresi dan korelasi untuk menganalisis hubungan antar-variabel dalam penelitian kehutanan.

12.1 Konsep Korelasi

Analisis korelasi mengukur derajat keeratan hubungan linear antara dua variabel, dinyatakan dalam koefisien korelasi (r) yang bernilai antara -1 hingga +1. Nilai mendekati +1 menunjukkan hubungan positif yang kuat (kedua variabel meningkat bersama-sama), nilai mendekati -1 menunjukkan hubungan negatif yang kuat (satu variabel meningkat ketika yang lain menurun), sementara nilai mendekati 0 menunjukkan tidak ada hubungan linear yang berarti.

Kesalahan yang sering dilakukan mahasiswa adalah menyimpulkan hubungan sebab-akibat semata dari nilai korelasi yang tinggi. Korelasi hanya menunjukkan keeratan hubungan statistik, bukan bukti bahwa satu variabel menyebabkan perubahan pada variabel lain; hubungan tersebut dapat pula disebabkan variabel ketiga yang memengaruhi keduanya sekaligus, atau bahkan sekadar kebetulan statistik semata.

12.2 Analisis Regresi Linear Sederhana

Analisis regresi linear sederhana memodelkan hubungan antara satu variabel bebas (X) dengan satu variabel terikat (Y) dalam bentuk persamaan garis lurus $Y = a + bX$, dengan a adalah intersep (nilai Y ketika $X=0$) dan b adalah koefisien regresi (perubahan Y untuk setiap kenaikan satu unit X). Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan proporsi keragaman variabel Y yang dapat dijelaskan oleh variabel X , dengan nilai berkisar 0 hingga 1; nilai R^2

sebesar 0,75 misalnya, berarti 75% keragaman Y dapat dijelaskan oleh variasi X, sementara 25% sisanya dijelaskan faktor lain di luar model.

CONTOH: Persamaan Regresi Diameter-Tinggi Pohon

Hasil analisis regresi hubungan diameter (X) dan tinggi pohon (Y) pada suatu tegakan menghasilkan persamaan $Y = 2,15 + 0,68X$ dengan $R^2 = 0,82$. Artinya, setiap kenaikan diameter 1 cm diperkirakan diikuti kenaikan tinggi 0,68 meter, dan 82% keragaman tinggi pohon pada tegakan tersebut dapat dijelaskan oleh variasi diameternya.

12.3 Regresi Berganda dan Penerapannya

Analisis regresi berganda memperluas model regresi sederhana dengan melibatkan lebih dari satu variabel bebas secara simultan, misalnya memodelkan volume pohon berdasarkan diameter dan tinggi sekaligus, sebagaimana lazim diterapkan dalam penyusunan tabel volume pohon (tarif volume) yang menjadi alat penting dalam inventarisasi hasil hutan. Regresi berganda memungkinkan estimasi yang lebih akurat dibandingkan regresi sederhana ketika variabel terikat memang dipengaruhi banyak faktor sekaligus, namun menuntut kehati-hatian terhadap masalah multikolinearitas ketika variabel-variabel bebas yang digunakan saling berkorelasi tinggi satu sama lain.

12.4 Regresi dalam Konteks Pertumbuhan dan Hasil Hutan

Model pertumbuhan pohon dan tegakan hutan sering kali tidak berbentuk linear sederhana, melainkan mengikuti pola sigmoid (S) yang menggambarkan pertumbuhan cepat pada usia muda, melambat mendekati usia dewasa, dan mendatar mendekati usia matang, dimodelkan menggunakan persamaan non-linear seperti model Chapman-Richards atau model Gompertz. Penguasaan

regresi non-linear ini menjadi keterampilan lanjutan yang penting bagi mahasiswa yang berminat mendalami bidang biometrika hutan (forest biometrics) pada jenjang studi lebih lanjut.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan konsep korelasi dan regresi linear sederhana, regresi berganda, serta penerapan regresi non-linear dalam pemodelan pertumbuhan pohon dan hasil hutan.

Kata Kunci: *Korelasi • Regresi Linear • Koefisien Determinasi*

Latihan Soal

1. Jelaskan mengapa korelasi tinggi tidak selalu berarti hubungan sebab-akibat.
2. Interpretasikan makna $R^2 = 0,82$ pada contoh regresi diameter-tinggi pohon.

Tugas Individu

Buat scatter plot dan hitung korelasi sederhana dari satu set data dua variabel kehutanan yang Anda kumpulkan.

Tugas Kelompok

Diskusikan penerapan regresi berganda pada penyusunan tabel volume pohon (tarif volume).

Refleksi

Refleksikan mengapa model pertumbuhan pohon sering memerlukan regresi non-linear, bukan linear sederhana.

BAB 13

RANCANGAN PERCOBAAN LAPANGAN KEHUTANAN

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menerapkan rancangan percobaan khusus yang relevan bagi kondisi lapangan penelitian kehutanan.

13.1 Tantangan Khusus Percobaan Lapangan Kehutanan

Percobaan kehutanan memiliki karakteristik yang berbeda dari percobaan pertanian tanaman semusim: durasi percobaan yang jauh lebih panjang (tahunan hingga puluhan tahun), ukuran unit percobaan yang jauh lebih besar (pohon individual atau petak tegakan), serta variabilitas lingkungan lapangan yang lebih sulit dikendalikan dibandingkan percobaan pot di rumah kaca. Karakteristik ini menuntut penyesuaian rancangan percobaan standar agar tetap valid dan praktis dilaksanakan di lapangan hutan yang sesungguhnya.

13.2 Rancangan Petak Terbagi (Split Plot)

Rancangan petak terbagi digunakan ketika salah satu faktor perlakuan memerlukan petak yang lebih luas dan sulit diacak sesering faktor lainnya, misalnya faktor jenis pengolahan tanah (memerlukan petak luas, disebut petak utama/main plot) dikombinasikan dengan faktor jenis pupuk (dapat diterapkan pada petak lebih kecil di dalam petak utama, disebut anak petak/sub-plot). Struktur ini menghasilkan dua tingkat galat percobaan yang berbeda: galat petak utama yang umumnya lebih besar, dan galat anak petak yang umumnya lebih kecil, memengaruhi tingkat presisi pengujian masing-masing faktor secara berbeda.

13.3 Petak Ukur Permanen sebagai Basis Percobaan Jangka Panjang

Petak Ukur Permanen (PUP), yang telah dibahas dalam konteks pemantauan pertumbuhan pada mata kuliah Silvikultur, juga berfungsi sebagai unit percobaan dalam penelitian jangka panjang mengenai dinamika tegakan, pengaruh perlakuan silvikultur terhadap riap, atau respons hutan terhadap perubahan iklim dari waktu ke waktu. Data PUP yang dikumpulkan berulang pada unit percobaan yang sama dari waktu ke waktu memerlukan pendekatan analisis khusus yang disebut analisis data longitudinal atau pengukuran berulang (*repeated measures*), berbeda dari analisis ANOVA standar yang mengasumsikan setiap pengamatan bersifat independen.



Gambar 13.1 Ilustrasi percobaan pertumbuhan bibit dengan berbagai perlakuan

Sumber: ilustrasi orisinal oleh penulis.

13.4 Pengendalian Faktor Lingkungan pada Percobaan Lapangan

Selain rancangan statistik formal, keberhasilan percobaan lapangan kehutanan sangat bergantung pada pengendalian praktis di lapangan: pemagaran untuk mencegah gangguan ternak atau satwa liar, penandaan yang jelas dan tahan lama untuk setiap unit percobaan, pencatatan kondisi cuaca dan kejadian tidak terduga (banjir, kebakaran kecil, serangan hama) yang dapat memengaruhi interpretasi hasil, serta dokumentasi foto berkala yang menjadi bukti pendukung penting ketika hasil kuantitatif memerlukan konteks tambahan untuk diinterpretasikan secara tepat.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan tantangan khusus percobaan lapangan kehutanan, rancangan petak terbagi (split plot), peran Petak Ukur Permanen sebagai basis percobaan jangka panjang, serta pengendalian faktor lingkungan lapangan.

Kata Kunci: *Split Plot • Petak Ukur Permanen • Data Longitudinal*

Latihan Soal

1. Jelaskan perbedaan galat petak utama dan galat anak petak pada rancangan split plot.
2. Mengapa data PUP memerlukan analisis longitudinal, bukan ANOVA standar?

Tugas Individu

Rancang skema split plot sederhana untuk dua faktor dengan karakteristik petak berbeda.

Tugas Kelompok

Diskusikan langkah pengendalian praktis yang diperlukan untuk percobaan lapangan berdurasi lebih dari satu tahun.

Refleksi

Refleksikan tantangan unik penelitian kehutanan dibandingkan penelitian pertanian tanaman semusim.

BAB 14

PENYUSUNAN PROPOSAL PENELITIAN

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menyusun proposal penelitian kehutanan yang sistematis dan layak dilaksanakan.

14.1 Fungsi dan Struktur Umum Proposal Penelitian

Proposal penelitian berfungsi sebagai rencana kerja sekaligus alat komunikasi untuk meyakinkan pembimbing, penguji, atau pemberi dana bahwa penelitian yang diusulkan layak dan dapat dilaksanakan. Struktur umum proposal penelitian kehutanan mencakup: pendahuluan (latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat), tinjauan pustaka, kerangka pemikiran dan hipotesis, metode penelitian (lokasi, waktu, bahan-alat, rancangan percobaan, prosedur, analisis data), serta jadwal dan estimasi biaya penelitian.

14.2 Menulis Latar Belakang yang Meyakinkan

Latar belakang yang baik membangun argumentasi berjenjang dari isu umum menuju kesenjangan spesifik yang akan dijawab penelitian, didukung data dan rujukan pustaka yang relevan dan mutakhir, tanpa bertele-tele mengulang informasi umum yang sudah diketahui pembaca. Penulisan latar belakang yang efektif menghindari klaim berlebihan mengenai pentingnya penelitian tanpa dukungan argumen yang jelas mengapa penelitian tersebut benar-benar diperlukan dan belum terjawab penelitian sebelumnya.

14.3 Menyusun Tinjauan Pustaka yang Kritis

Tinjauan pustaka yang baik tidak sekadar merangkum penelitian terdahulu secara berurutan tanpa sintesis, melainkan menyusun narasi yang menghubungkan berbagai temuan penelitian sebelumnya untuk menunjukkan posisi penelitian yang diusulkan dalam peta pengetahuan yang sudah ada,

termasuk secara eksplisit menyatakan kesenjangan penelitian (research gap) yang menjadi justifikasi penelitian baru. Tinjauan pustaka yang hanya berupa kumpulan ringkasan tanpa benang merah yang jelas mencerminkan pemahaman yang belum matang terhadap bidang kajian yang ditekuni.

14.4 Menyusun Metode Penelitian yang Operasional

Bagian metode penelitian harus ditulis cukup rinci sehingga peneliti lain dapat mereplikasi penelitian tersebut hanya dengan membaca bagian ini, mencakup deskripsi lokasi dan waktu penelitian, bahan dan alat yang digunakan, rancangan percobaan yang dipilih beserta justifikasinya, prosedur pelaksanaan tahap demi tahap, variabel yang diamati beserta cara pengukurannya, hingga metode analisis data yang akan diterapkan. Kejelasan bagian metode ini menjadi salah satu kriteria utama penilaian kelayakan proposal oleh dosen pembimbing maupun tim penilai proposal penelitian.

TIPS: Uji Kelayakan Proposal Sebelum Diajukan

Tanyakan pada diri sendiri: apakah metode yang dituliskan cukup jelas sehingga teman sejawat yang tidak terlibat penelitian dapat melaksanakannya hanya dengan membaca proposal ini? Apabila jawabannya tidak, bagian metode perlu diperjelas dan dirinci lebih lanjut sebelum diajukan.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan struktur dan fungsi proposal penelitian, teknik menulis latar belakang dan tinjauan pustaka yang meyakinkan, serta cara menyusun metode penelitian yang operasional.

Kata Kunci: *Proposal Penelitian • Tinjauan Pustaka • Research Gap*

Latihan Soal

1. Sebutkan komponen utama struktur proposal penelitian.
2. Jelaskan ciri tinjauan pustaka yang baik dibandingkan sekadar kumpulan ringkasan.

Tugas Individu

Tulis draf latar belakang (setengah halaman) untuk ide penelitian skripsi pilihan Anda.

Tugas Kelompok

Diskusikan dan evaluasi kejelasan metode penelitian pada satu contoh proposal (dapat proposal senior/contoh yang tersedia).

Refleksi

Refleksikan mengapa kejelasan metode penelitian menjadi kriteria utama penilaian kelayakan proposal.

BAB 15

TEKNIK PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA PENELITIAN

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menerapkan teknik pengumpulan data yang valid dan mengolah data penelitian menggunakan perangkat lunak statistik.

15.1 Teknik Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data penelitian kehutanan umumnya menggabungkan pengukuran langsung (tinggi, diameter, berat), pengamatan visual terstruktur (skoring tingkat serangan hama menggunakan skala baku), serta wawancara/kuesioner untuk data sosial-ekonomi. Konsistensi metode pengumpulan data antar-waktu dan antar-pengamat menjadi krusial; penggunaan lebih dari satu orang pengamat tanpa pelatihan penyamaan persepsi (kalibrasi antar-pengamat) dapat menimbulkan bias yang sulit dipisahkan dari pengaruh perlakuan yang sesungguhnya diteliti.

15.2 Menyusun Lembar Kerja Pengumpulan Data

Lembar kerja (data sheet) yang dirancang baik sebelum turun lapangan akan sangat menghemat waktu dan mengurangi kesalahan pencatatan, mencakup kolom identitas unit percobaan, tanggal dan waktu pengamatan, seluruh variabel yang akan diukur dengan satuan yang jelas, serta ruang untuk catatan tambahan mengenai kondisi khusus yang teramati di lapangan. Penggunaan aplikasi pengumpulan data digital pada telepon pintar atau tablet semakin populer karena mengurangi kesalahan transkripsi dibandingkan pencatatan manual di kertas yang kemudian harus diinput ulang ke komputer.

15.3 Pengolahan Data Menggunakan Perangkat Lunak Statistik

Microsoft Excel tetap menjadi alat yang memadai untuk pengolahan data dan analisis ANOVA sederhana melalui fitur Data Analysis ToolPak, cukup untuk sebagian besar kebutuhan penelitian tingkat sarjana. Perangkat lunak khusus statistik seperti SPSS menawarkan antarmuka yang lebih ramah pengguna untuk analisis yang lebih beragam, sementara R dan Minitab menjadi pilihan populer di kalangan peneliti yang memerlukan fleksibilitas analisis lebih tinggi, termasuk analisis regresi non-linear dan model campuran (mixed model) yang diperlukan untuk data PUP jangka panjang sebagaimana dibahas pada Bab 13.

Terlepas dari perangkat lunak yang dipilih, mahasiswa perlu memahami logika statistik di balik setiap analisis yang dijalankan, bukan sekadar mengikuti langkah-langkah menu tanpa memahami makna hasil yang dihasilkan, karena kesalahan interpretasi output statistik jauh lebih sering terjadi dibandingkan kesalahan teknis menjalankan perangkat lunaknya.



Gambar 15.1 Ilustrasi pengolahan dan analisis data penelitian

Sumber: ilustrasi orisinal oleh penulis.

15.4 Pemeriksaan Data dan Deteksi Pencilan

Sebelum data dianalisis lebih lanjut, pemeriksaan awal (data cleaning) perlu dilakukan untuk mendeteksi kesalahan entri data, nilai yang hilang, serta data pencilan (outlier) yang mungkin mengindikasikan kesalahan pengukuran atau justru fenomena nyata yang perlu ditelusuri lebih lanjut. Data pencilan tidak boleh dihapus begitu saja tanpa investigasi; peneliti perlu memverifikasi apakah nilai ekstrem tersebut merupakan kesalahan pencatatan (misalnya salah menulis 250 cm alih-alih 25 cm) atau memang mencerminkan variasi biologis nyata yang tetap perlu dipertimbangkan dalam analisis.

Bab ini menjelaskan teknik pengumpulan data lapangan yang valid, penyusunan lembar kerja data, pengolahan data menggunakan perangkat lunak statistik, serta pemeriksaan data dan deteksi pencilan.

Kata Kunci: *Lembar Kerja Data • Kalibrasi Pengamat • Data Pencilan*

Latihan Soal

1. Jelaskan mengapa kalibrasi antar-pengamat penting ketika penelitian melibatkan lebih dari satu orang pencatat data.
2. Bagaimana seharusnya peneliti menyikapi data pencilan yang ditemukan?

Tugas Individu

Rancang lembar kerja pengumpulan data untuk satu jenis pengamatan kehutanan pilihan Anda.

Tugas Kelompok

Diskusikan kelebihan dan keterbatasan Excel, SPSS, dan R untuk pengolahan data penelitian kehutanan.

Refleksi

Refleksikan pentingnya memahami logika statistik di balik menu perangkat lunak, bukan sekadar mengikuti langkah-langkahnya.

BAB 16

PENULISAN LAPORAN DAN PUBLIKASI ILMIAH

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menyusun laporan penelitian dan naskah publikasi ilmiah sesuai kaidah penulisan akademik.

16.1 Struktur Laporan Penelitian/Skripsi

Laporan penelitian tingkat sarjana (skripsi) umumnya mengikuti struktur IMRAD yang diperluas: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, Hasil dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran, dilengkapi abstrak di bagian awal yang merangkum keseluruhan penelitian dalam satu paragraf padat. Struktur ini pada dasarnya adalah pengembangan dari proposal penelitian yang telah dibahas pada Bab 14, dengan penambahan bagian hasil, pembahasan, dan kesimpulan yang baru dapat ditulis setelah penelitian benar-benar dilaksanakan.

16.2 Menulis Bagian Hasil dan Pembahasan

Bagian hasil menyajikan temuan penelitian secara objektif menggunakan tabel, grafik, dan narasi yang menjelaskan pola data tanpa interpretasi berlebihan, sementara bagian pembahasan menginterpretasikan makna temuan tersebut, membandingkannya dengan penelitian terdahulu, menjelaskan kemungkinan mekanisme biologis/ekologis di baliknya, serta secara jujur mengakui keterbatasan penelitian yang dilaksanakan.

Kesalahan yang sering dijumpai pada skripsi mahasiswa adalah mencampuradukkan hasil dan pembahasan, atau sebaliknya menulis pembahasan yang hanya mengulang angka-angka hasil tanpa benar-benar menginterpretasikan maknanya dalam konteks teori dan penelitian terdahulu yang relevan.

16.3 Format Publikasi Jurnal Ilmiah

Publikasi pada jurnal ilmiah menuntut format yang lebih ringkas dibandingkan skripsi, umumnya dibatasi jumlah kata atau halaman tertentu, dengan penekanan pada kejelasan kontribusi ilmiah baru yang ditawarkan penelitian tersebut. Jurnal ilmiah kehutanan Indonesia yang terindeks nasional (SINTA) maupun internasional (Scopus) umumnya mensyaratkan format sitasi tertentu (seperti APA atau Harvard), abstrak berbahasa Inggris, serta proses telaah sejawat (peer review) yang dapat memakan waktu berbulan-bulan sebelum naskah diterima untuk diterbitkan.



Gambar 16.1 Ilustrasi publikasi ilmiah dalam bentuk jurnal

Sumber: ilustrasi orisinal oleh penulis.

16.4 Menghindari Plagiarisme dan Menyusun Sitasi yang Benar

Setiap gagasan, data, atau kalimat yang diambil dari sumber lain wajib disitasi dengan benar, baik dikutip langsung (dengan tanda kutip dan halaman sumber) maupun diparafrasekan dengan kata-kata sendiri (tetap harus menyebutkan sumber gagasannya). Perangkat lunak deteksi kemiripan teks (seperti Turnitin) kini lazim digunakan perguruan tinggi untuk memeriksa tingkat kemiripan naskah skripsi dengan sumber lain, namun mahasiswa perlu memahami bahwa menghindari plagiarisme bukan sekadar soal lolos deteksi kemiripan teks, melainkan soal integritas akademik dalam mengakui dan menghargai kontribusi pemikiran orang lain.

RINGKASAN BAB

Bab ini menjelaskan struktur laporan penelitian/skripsi, teknik menulis hasil dan pembahasan, format publikasi jurnal ilmiah, serta pentingnya menghindari plagiarisme dan menyusun sitasi yang benar.

Kata Kunci: *Struktur IMRAD • Peer Review • Plagiarisme*

Latihan Soal

1. Jelaskan perbedaan fungsi bagian hasil dan bagian pembahasan dalam laporan penelitian.
2. Mengapa menghindari plagiarisme bukan sekadar soal lolos deteksi kemiripan teks?

Tugas Individu

Tulis draf abstrak (maksimal 200 kata) untuk ide penelitian skripsi pilihan Anda.

Tugas Kelompok

Diskusikan perbedaan format penulisan skripsi dan naskah jurnal ilmiah.

Refleksi

Refleksikan bagaimana Anda akan memastikan integritas akademik dalam seluruh proses penelitian Anda kelak.

BAB 17

STUDI KASUS PENELITIAN KEHUTANAN DI KALIMANTAN TENGAH

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu menganalisis penerapan rancangan percobaan dan metode ilmiah pada berbagai penelitian kehutanan nyata di Kalimantan Tengah.

17.1 Penelitian Uji Jenis pada Lahan Gambut

Penelitian uji jenis (species trial) untuk menentukan jenis pohon yang paling adaptif pada lahan gambut terdegradasi di Kalimantan Tengah umumnya menggunakan Rancangan Acak Kelompok, mengingat kondisi lahan gambut yang sangat bervariasi bahkan dalam jarak beberapa meter (perbedaan ketebalan gambut, tingkat dekomposisi, dan kedalaman muka air). Pengelompokan blok berdasarkan zona kedalaman muka air yang teramati di lapangan menjadi kunci keberhasilan rancangan penelitian semacam ini, memastikan perbandingan pertumbuhan antar-jenis tidak dikacaukan oleh perbedaan kondisi hidrologi mikro yang sesungguhnya tidak menjadi fokus penelitian.

17.2 Penelitian Efektivitas Restorasi Gambut

Evaluasi efektivitas berbagai teknik restorasi gambut (kombinasi sekat kanal, revegetasi, dan pengayaan) memerlukan rancangan penelitian yang mampu membandingkan kondisi sebelum dan sesudah intervensi (before-after) sekaligus dengan kawasan kontrol yang tidak direstorasi (control), dikenal sebagai rancangan BACI (Before-After-Control-Impact), sebuah pengembangan dari prinsip rancangan percobaan dasar yang telah dipelajari pada bab-bab sebelumnya namun diterapkan pada skala lanskap yang jauh lebih luas dan durasi yang jauh lebih panjang dibandingkan percobaan pot atau petak kecil.

17.3 Penelitian Uji Provenans dan Pemuliaan Pohon Lokal

Program pemuliaan pohon untuk spesies asli Kalimantan Tengah seperti Jelutung dan Meranti Rawa memerlukan uji provenans yang membandingkan sumber benih dari berbagai populasi geografis, umumnya menggunakan RAK dengan blok berjumlah cukup banyak (minimal empat hingga enam ulangan) mengingat tingginya variabilitas genetik dan lingkungan pada jenis-jenis hutan alam tropis dibandingkan jenis hutan tanaman industri yang telah mengalami seleksi genetik lebih intensif.

17.4 Pembelajaran Metodologis dari Ketiga Studi Kasus

Ketiga studi kasus di atas menegaskan bahwa penelitian kehutanan Kalimantan Tengah, khususnya yang berkaitan dengan lahan gambut, memerlukan kepekaan metodologis ekstra terhadap heterogenitas lingkungan yang tinggi, menuntut rancangan percobaan yang lebih cermat (umumnya RAK dengan jumlah ulangan lebih banyak, atau rancangan lanskap seperti BACI) dibandingkan penelitian pada kondisi lahan yang lebih homogen. Mahasiswa yang merencanakan penelitian skripsi pada kawasan gambut perlu mengalokasikan waktu survei pendahuluan yang cukup untuk memahami pola heterogenitas lahan sebelum menentukan rancangan percobaan yang akan diterapkan.

STUDI KASUS: Pentingnya Survei Pendahuluan

Sejumlah penelitian uji jenis pada lahan gambut yang tidak didahului survei pendahuluan memadai kerap menghasilkan galat percobaan yang sangat besar, menyebabkan pengaruh perlakuan yang sesungguhnya nyata gagal terdeteksi secara statistik (kesalahan Tipe II), semata

karena pengelompokan blok yang kurang tepat mencerminkan pola heterogenitas gambut yang sesungguhnya ada di lokasi penelitian.

RINGKASAN BAB

Bab ini menyajikan tiga studi kasus penelitian kehutanan Kalimantan Tengah: uji jenis lahan gambut, efektivitas restorasi gambut (rancangan BACI), dan uji provenans pemuliaan pohon lokal, disertai pembelajaran metodologisnya.

Kata Kunci: *Uji Jenis • Rancangan BACI • Uji Provenans*

Latihan Soal

1. Jelaskan mengapa penelitian pada lahan gambut memerlukan jumlah ulangan lebih banyak dibandingkan lahan homogen.
2. Apa yang dimaksud rancangan BACI dan kapan digunakan?

Tugas Individu

Pilih satu studi kasus pada bab ini dan usulkan perbaikan metodologis pada rancangan percobaannya.

Tugas Kelompok

Diskusikan pentingnya survei pendahuluan sebelum menentukan pengelompokan blok pada lahan gambut.

Refleksi

Refleksikan bagaimana heterogenitas lingkungan Kalimantan Tengah menuntut kepekaan metodologis ekstra dalam penelitian Anda.

BAB 18

PRAKTIKUM RANCANGAN PERCOBAAN DAN ANALISIS DATA

Sub-CPMK: Mahasiswa mampu melaksanakan rangkaian praktikum perancangan, pelaksanaan, dan analisis data percobaan sederhana secara terintegrasi.

18.1 Tujuan Praktikum Terintegrasi

Praktikum penutup ini mengintegrasikan seluruh keterampilan yang dipelajari sepanjang mata kuliah, dari perumusan hipotesis hingga analisis dan pelaporan hasil, menggunakan percobaan sederhana yang dapat dilaksanakan dalam satu semester, misalnya pengujian pengaruh beberapa jenis media tanam terhadap perkecambahan benih atau pertumbuhan awal bibit pohon lokal.

18.2 Praktikum 1: Merancang Percobaan

Mahasiswa secara berkelompok merumuskan hipotesis, menentukan variabel bebas dan terikat, memilih rancangan percobaan yang sesuai (RAL atau RAK) beserta justifikasinya, serta menyusun denah tata letak percobaan lengkap dengan hasil pengacakan yang telah dilaksanakan menggunakan tabel angka acak atau fungsi acak pada Excel.

18.3 Praktikum 2: Melaksanakan Percobaan dan Mengumpulkan Data

Mahasiswa melaksanakan percobaan yang telah dirancang, melakukan pengamatan dan pengukuran berkala sesuai jadwal yang ditetapkan, mencatat data pada lembar kerja yang telah disiapkan, serta mendokumentasikan kondisi percobaan secara berkala termasuk kejadian tidak terduga yang mungkin memengaruhi hasil.

18.4 Praktikum 3: Menganalisis Data

Menggunakan data yang telah dikumpulkan, mahasiswa menyusun tabel ANOVA sesuai rancangan yang digunakan, menentukan signifikansi pengaruh perlakuan, melakukan uji lanjut yang sesuai apabila diperlukan, serta menyajikan hasil dalam bentuk tabel dan grafik yang informatif menggunakan Microsoft Excel.

18.5 Praktikum 4: Menyusun Laporan Praktikum Lengkap

Sebagai penutup, mahasiswa menyusun laporan praktikum lengkap mengikuti struktur yang telah dipelajari pada Bab 16, mencakup pendahuluan singkat, metode (rancangan percobaan dan prosedur pelaksanaan), hasil (tabel ANOVA dan uji lanjut), pembahasan (interpretasi hasil dikaitkan dengan teori yang relevan), serta kesimpulan, dipresentasikan singkat di hadapan kelas sebagai bagian dari evaluasi akhir mata kuliah.

RINGKASAN BAB

Bab penutup ini memandu pelaksanaan praktikum terintegrasi mulai dari merancang percobaan, melaksanakan dan mengumpulkan data, menganalisis data, hingga menyusun laporan praktikum lengkap.

Kata Kunci: *Praktikum Terintegrasi • Denah Percobaan • Laporan Praktikum*

Latihan Soal

1. Jelaskan tahapan utama pelaksanaan praktikum terintegrasi pada bab ini.
2. Sebutkan komponen utama laporan praktikum lengkap.

Tugas Individu

Susun rencana kerja pribadi untuk pelaksanaan salah satu tahap praktikum pada bab ini.

Tugas Kelompok

Laksanakan seluruh rangkaian praktikum 18.2-18.5 secara berkelompok dan susun laporan akhir sesuai format yang ditetapkan.

Refleksi

Refleksikan keseluruhan perjalanan belajar Anda sepanjang mata kuliah ini dan kompetensi metodologis apa yang paling berkembang.

LAMPIRAN: RUBRIK PENILAIAN TUGAS DAN PRAKTIKUM

Rubrik berikut digunakan sebagai acuan penilaian tugas, latihan, dan laporan praktikum pada mata kuliah Rancangan Percobaan dan Metode Ilmiah, mencakup empat aspek utama penilaian dengan bobot yang telah ditetapkan.

Aspek Penilaian	Bobot	Kriteria Nilai Baik (80-100)
Ketepatan Konsep & Rumus Statistik	30%	Konsep dan perhitungan statistik tepat dan konsisten
Ketepatan Rancangan Percobaan	30%	Rancangan sesuai kondisi unit percobaan, terjustifikasi
Kedalaman Interpretasi Hasil	25%	Interpretasi kritis, menghubungkan hasil dengan teori
Sistematika & Bahasa Laporan	15%	Terstruktur, bahasa ilmiah, sesuai format laporan

GLOSARIUM

Metode Ilmiah

Cara sistematis memperoleh pengetahuan yang dapat diuji dan diverifikasi ulang.

Hipotesis Nol (H_0)

Pernyataan yang menyatakan tidak ada pengaruh/perbedaan, diuji untuk ditolak atau tidak.

Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Rancangan percobaan dengan pengacakan perlakuan sepenuhnya tanpa pengelompokan.

Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Rancangan percobaan dengan pengelompokan unit percobaan ke dalam blok homogen.

ANOVA

Analysis of Variance, metode statistik untuk menguji pengaruh perlakuan melalui perbandingan ragam.

Uji Lanjut

Prosedur statistik pascaANOVA untuk membandingkan rata-rata antar-pasangan perlakuan.

Galat Percobaan

Keragaman antar-unit percobaan yang menerima perlakuan sama, mencerminkan variasi tak terkendali.

Korelasi

Ukuran derajat keeratan hubungan linear antara dua variabel.

Regresi

Metode statistik untuk memodelkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.

Petak Ukur Permanen (PUP)

Petak contoh tetap yang dipantau berkala untuk penelitian dinamika tegakan jangka panjang.

Rancangan BACI

Before-After-Control-Impact, rancangan evaluasi dampak pada skala lanskap.

Plagiarisme

Penggunaan gagasan/karya orang lain tanpa atribusi yang semestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Gomez, K.A., & Gomez, A.A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research* (2nd ed.). Wiley.
- Hardjosuwarno, S. (2020). *Metode Ilmiah dalam Penelitian Kehutanan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK). (2021). *Pedoman Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala*. Jakarta: KLHK.
- Mattjik, A.A., & Sumertajaya, I.M. (2013). *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab* (3rd ed.). Bogor: IPB Press.
- Montgomery, D.C. (2019). *Design and Analysis of Experiments* (10th ed.). Wiley.
- Popper, K.R. (2002). *The Logic of Scientific Discovery*. Routledge Classics.
- Ridwan. (2019). *Dasar-Dasar Statistika untuk Penelitian Kehutanan dan Pertanian*. Bandung: Alfabeta.
- Sokal, R.R., & Rohlf, F.J. (2012). *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research* (4th ed.). W.H. Freeman.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., & Dickey, D.A. (1997). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Vanclay, J.K. (1994). *Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests*. CAB International.
- Zar, J.H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5th ed.). Prentice Hall.

INDEKS

(Nomor halaman bersifat indikatif dan akan menyesuaikan otomatis mengikuti tata letak akhir dokumen setelah pembaruan Daftar Isi di Microsoft Word.)

ANOVA, 24

BNJ, 41

BNT, 40

Faktorial, 36

Falsifikasi, 10

Hipotesis, 13

Korelasi, 44

RAK, 30

RAL, 26

RBSL, 33

Regresi, 45

Sampel Klaster, 19

Split Plot, 49

Uji Duncan, 41

TENTANG PENULIS

Dr. Ir. Sari Marlina, S.Hut., M.Si. lahir di Kuala Kapuas pada 13 Februari 1981 dan kini menetap di Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Penulis menempuh pendidikan sarjana di Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya (lulus 2003), dilanjutkan program pascasarjana Pengelolaan Sumber Daya Alam Lingkungan (PSAL) di almamater yang sama (lulus 2010), sebelum akhirnya meraih gelar Doktor Ilmu Lingkungan dengan konsentrasi Pengelolaan Sumber Daya Hutan (PSH), juga dari Universitas Palangka Raya (lulus 2021). Gelar keinsinyuran (Ir.) diperoleh penulis melalui Program Profesi Insinyur di Binus University.



Sebelum menekuni dunia akademik, penulis sempat meniti karier di sektor perbankan, masing-masing sebagai Teller di Bank BRI (2004–2010) dan Funding Officer di Bank Syariah Mandiri (2010–2014) — pengalaman yang turut membentuk kepekaan penulis terhadap dimensi sosial-ekonomi dalam pengelolaan sumber daya alam. Sejak 2015 hingga sekarang, penulis mengabdikan diri sebagai dosen di Universitas Muhammadiyah Palangkaraya. Di luar aktivitas mengajar, penulis aktif sebagai aktivis perempuan yang memperjuangkan kesetaraan gender, hak-hak perempuan, serta hak kelompok minoritas dan marjinal dalam peran mereka mengelola alam dan lingkungan di tengah isu global perubahan iklim. Kerja sama dan komunikasi dengan penulis dapat dilakukan melalui surel marlinasari@umpr.ac.id.

