



EKOLOGI KUANTITATIF

Metode Sampling dan Analisis Data Lapangan

Inggita Utami

Ichsan Luqmana Indra Putra



K-Media

EKOLOGI KUANTITATIF

Metode Sampling dan Analisis Data Lapangan

Inggita Utami
Ichsan Luqmana Indra Putra



Penerbit K-Media
Yogyakarta, 2020

**EKOLOGI KUANTITATIF; Metode Sampling dan Analisis Data
Lapangan**

viii + 130 hlm.; 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-602-451-799-1

Penulis : Inggita Utami & Ichsan Luqmana Indra Putra

Tata Letak : Inggita Utami

Desain Sampul : Taufik Hidayat

Cetakan : April 2020

Copyright © 2020 by Penerbit K-Media
All rights reserved

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang No 19 Tahun 2002.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektrik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis dan Penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Penerbit K-Media
Anggota IKAPI No.106/DIY/2018
Banguntapan, Bantul, Yogyakarta.
e-mail: kmedia.cv@gmail.com

PRAKATA

Penulis

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Buku Ajar Ekologi Kuantitatif: Metode Sampling dan Analisis Data Lapangan. Buku ajar ini ditujukan bagi mahasiswa Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan dalam dalam pengambilan data dibidang ekologi beserta analisis data. Buku ajar ini dapat mengalami perbaikan sesuai dengan perkembangan ilmu ekologi.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Program Studi Biologi yang telah memberikan dukungan moril selama proses pembuatan buku ini. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang telah memberikan masukan dan saran demi kesempurnaan buku ini. Semoga buku ini dapat dimanfaatkan bagi kelancaran jalannya kuliah Ekologi Kuantitatif.

Yogyakarta, 30 Mei 2020

Penulis

Inggita Utami

Ichsan Luqmana Indra Putra

DAFTAR ISI

Prakata Penulis.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Tabel.....	v
Daftar Gambar.....	Vi
Bab I. Pengantar Ekologi Kuantitatif.....	1
Bab II. Pengukuran Data Abiotik Lingkungan.....	5
Bab III. Analisis Vegetasi Terrestrial.....	21
Bab IV. Pengawetan Spesimen Tumbuhan.....	39
Bab V. Stratifikasi dan Profil Vegetasi.....	46
Bab VI. Biomassa dan Stok Karbon Tumbuhan.....	53
Bab VII. Uji Statistik Data Penelitian.....	66
Bab VIII. Pengukuran Keanekaragaman Hayati.....	78
Bab IX. Metode <i>Capture Mark Release Recapture</i>	87
Bab X. Pengawetan dan Identifikasi Spesimen Hewan.....	92
Bab XI. Tabel Kehidupan (<i>Life Table</i>).....	105
Bab XII. Manajemen Data dan <i>R Statistic</i>	112
Daftar Pustaka	124
Tentang Penulis	130

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat ukur parameter abiotik.....	17
Tabel 2. Data vegetasi di lima titik pencuplikan menggunakan metode berpusat titik.....	30
Tabel 3. Parameter kerapatan, dominansi, frekuensi spesies x.....	31
Tabel 4. Perhitungan total karbon hutan dalam plot unit.....	64
Tabel 5. Cadangan karbon pada tiap ekosistem.....	65
Tabel 6. Hasil uji normalitas.....	70
Tabel 7. Contoh hasil nilai <i>Levene test</i>	71
Tabel 8. Uji parametrik dan non parametrik.....	73
Tabel 9. Distribusi nilai r tabel dengan signifikansi 5% & 1%..	77
Tabel 10. Kelebihan dan kekurangan R statistik.....	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pengukuran arus air sebagai faktor yang mempengaruhi rheotaksis ikan.....	3
Gambar 2. Lux meter.....	7
Gambar 3. Ombrometer.....	8
Gambar 4. Termometer air raksa.....	9
Gambar 5. Thermohygrrometer (kiri) dan sling psychrometer (kanan).....	10
Gambar 6. Anemometer.....	10
Gambar 7. Termometer tanah.....	12
Gambar 8. Soil tester.....	12
Gambar 9. Kompas bruton (kiri) dan klinometer (kanan).....	12
Gambar 10. Auger.....	13
Gambar 11. Core sampler.....	14
Gambar 12. Flow meter.....	16
Gambar 13. Refraktometer salinitas.....	16
Gambar 14. DO pen meter (kiri) dan DO kit (kanan).....	16
Gambar 15. GPS.....	17
Gambar 16. Pengukuran diameter setinggi dada atau DBH...	24
Gambar 17. Model kerangka kayu dengan 10 kawat penusuk.....	27
Gambar 18. Metode kuadrat berpusat titik (<i>point centered quarter</i>).....	28
Gambar 19. Metode petak kombinasi.....	32
Gambar 20. Penentuan titik sampling acak (kiri), sistematik (tengah), semi acak (kanan).....	34
Gambar 21. Grafik kerapatan pohon, tiang, pancang, dan semai pada beberapa jenis hutan di Gunung Gede Pangrango.....	37
Gambar 22. Sasak, koran, karton untuk mengepres spesimen.....	41
Gambar 23. Pengawetan spesimen di lapangan.....	42
Gambar 24. Herbarium basah koleksi Museum Biologi UGM	43

Gambar 25. Spesimen koleksi herbarium FMIPA UPI Bandung.....	45
Gambar 26. Koleksi kabinet herbarium Museum Biologi UGM.....	45
Gambar 27. Struktur vertikal penyusun hutan tropis.....	48
Gambar 28. Gambar diagram profil pada kertas milimeterblok.....	51
Gambar 29. Diagram profil vertikal (atas) dan diagram profil horizontal (bawah).....	52
Gambar 30. Prosedur pengukuran cadangan karbon hutan...	56
Gambar 31. Skema plot untuk pengukuran biomassa pohon	57
Gambar 32. Plot untuk pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan serasah.....	58
Gambar 33. Skema penentuan ketinggian pengukuran DBH.	59
Gambar 34. Plot 0,5x0,5 m didalam plot 1x1 m.....	62
Gambar 35. Tahapan uji statistik.....	68
Gambar 36. Data terdistribusi normal dan tidak normal.....	69
Gambar 37. Langkah-langkah uji normalitas <i>descriptive statistic</i>	70
Gambar 38. Contoh hasil uji t-paired.....	74
Gambar 39. Contoh hasil uji korelasi bivariate Pearson.....	76
Gambar 40. Susunan <i>killing bottle</i>	94
Gambar 41. Bentuk kertas papilot menjadi segitiga.....	95
Gambar 42. Lokasi penusukkan jarum pentul di serangga.....	95
Gambar 43. Peletakkan serangga pada sterfoam dan papan perentang.....	96
Gambar 44. Penusukan jarum pentuk pada thoraks Anthropoda.....	96
Gambar 45. <i>Labelling</i> dalam kotak koleksi.....	97
Gambar 46. <i>Carding</i> dan <i>Stagging</i>	97
Gambar 47. Kunci identifikasi pada serangga.....	99
Gambar 48. <i>Pictorial keys</i> untuk serangga dewasa.....	100
Gambar 49. Kunci identifikasi yang berupa gabungan antarakalimat dan gambar.....	101

Gambar 50. Kunci identifikasi yang sudah tertutup dan teridentifikasi semua sampel spesimennya.....	102
Gambar 51. Pengambilan penciri identifikasi berupa foto pada ular; (a) kepala dan (b) badan.....	103

BAB I

Lombok, Nusa Tenggara Barat



1 PENGANTAR EKOLOGI KUANTITATIF

Bumi sebagai habitat makhluk hidup yang terdiri dari komponen biotik dan abiotik terus mengalami proses perubahan yang sangat dinamis. Perubahan yang terjadi merupakan proses alamiah menuju kearah keseimbangan. **Komponen abiotik** meliputi energi seperti sinar matahari, kecepatan angin, serta materi seperti senyawa anorganik yang tergabung dalam siklus biogeokimia. Selain itu, terdapat **komponen biotik** yaitu semua makhluk hidup yang tersusun dalam tingkatan tropik produsen, konsumen, dan pengurai. Komponen abiotik dan biotik tersebut akan saling mempengaruhi satu sama lain dan diperlukan ilmu ekologi untuk menganalisis perubahan yang terjadi dalam ekosistem tersebut.

Ekologi sebagai cabang ilmu biologi yang khusus mempelajari seluruh komponen yang ada di dalam ekosistem memiliki spesifikasi bidang seperti halnya ekologi kuantitatif. Ekologi kuantitatif merupakan bidang ilmu ekologi yang membahas metode atau teknik yang digunakan untuk pengukuran komponen-komponen dalam ekologi serta analisis pengolahan datanya. Teknik pengukuran yang sering dilakukan meliputi **pengamatan** langsung di alam dan mendeskripsikan fenomena yang terjadi secara kualitatif dan kuantitatif, serta melakukan **pencuplikan** komponen biotik dan abiotik serta dapat diikuti dengan melakukan eksperimen (gambar 1).



Gambar 1. Pengukuran arus air sebagai faktor yang mempengaruhi rheotaksis ikan

Metode pengumpulan data atau biasa disebut dengan metode sampling biasanya diikuti dengan teknik analisis data. Perhitungan rumus dalam ekologi sangat bervariasi tergantung ruang lingkup dan permasalahan yang akan dianalisis. Akhir dari setiap perhitungan rumus dalam ekologi biasanya akan dibaca dalam bentuk **pemodelan (matematis)** dengan membuat deskripsi menggunakan model konseptual atau persamaan matematis. Selain itu, ada pula bentuk **simulasi (komputer)** untuk memprediksi model yang diperoleh sehingga memperoleh gambaran perubahan dalam ekosistem di masa mendatang.

Kondisi ekosistem di bumi yang sering mengalami gangguan akan banyak mengubah habitat dan komposisi makhluk hidup didalamnya. Semakin banyak gangguan maka

peranan ekologi akan semakin diperlukan. Pengambilan data biotik dan abiotik beserta analisisnya akan diperlukan guna mengukur seberapa besar tingkat kerusakan, dan pendataan keanekaragaman hayati yang tersisa. Peran ekologi kuantitatif akhirnya akan sangat diperlukan sehingga mempelajari ilmu ini menjadi keharusan bagi mahasiswa, peneliti dan praktisi di bidang biologi, konservasi, dan manajemen lingkungan.

Materi yang akan disampaikan dalam buku ini terdiri dari dua belas bab yang berkaitan dengan metode sampling atau pengambilan data beserta analisis data yang diperoleh. Materi pertama akan membahas pengantar ekologi kuantitatif dan materi kedua akan membahas metode pengambilan data abiotik beserta pengenalan alat-alat ukurnya. Materi ketiga hingga ketujuh akan membahas analisis vegetasi pada ekosistem terestrial dari pembuatan plot, penentuan metode sampling, teknik pengawetan sampel vegetasi, pembuatan diagram profil untuk analisis stratifikasi bentuk hidup pohon, penghitungan estimasi cadangan karbon, dan analisis statistik data penelitian. Pertemuan kedelapan hingga keduabelas akan membahas pengukuran keanekaragaman hayati, perhitungan estimasi populasi dengan metode *Capture Mark Release Recapture* (CMRR), pengawetan dan identifikasi spesimen hewan, tabel kehidupan, manajemen data dan R statistik.

BAB II



Pengukuran intensitas cahaya dengan lux meter

2 PENGUKURAN DATA ABIOTIK LINGKUNGAN

A. Ragam Parameter Abiotik dan Alat Ukurnya

Komponen abiotik dalam ekosistem akan memengaruhi ataupun dipengaruhi oleh komponen biotik. Seperti yang kita ketahui bahwa abiotik merupakan komponen yang terdiri dari benda mati baik berupa energi maupun materi yang berada di ekosistem. Komponen abiotik pada ekosistem terestrial dan ekosistem akuatik tidak sepenuhnya sama. Sebagai contoh pada ekosistem terestrial, tanah merupakan substrat utama yang menjadi tempat tumbuh, berpijak dan juga tempat hidup makhluk hidup yang hidup di daratan sehingga parameter abiotik tanah seperti temperatur, kelembapan, pH tanah serta intensitas cahaya sangatlah penting untuk diukur dan dianalisis.

Pada ekosistem akuatik, air merupakan substrat utama tempat hidup biota air tawar, payau, maupun air laut sehingga parameter abiotik air seperti kuat arus, salinitas, kekeruhan, oksigen terlarut menjadi parameter yang harus diukur. Parameter-parameter abiotik tersebut dapat diukur dengan bantuan alat ukur, seperti lux meter untuk mengukur intensitas cahaya ataupun refraktometer untuk mengukur salinitas atau kadar garam. Berikut merupakan penjelasan singkat peran dari masing-masing parameter abiotik dan rangkuman alat pada tabel 1 .

1. Intensitas cahaya matahari

Matahari merupakan sumber energi utama bagi seluruh makhluk hidup di bumi ini. Tumbuhan di daratan maupun fitoplankton di perairan memerlukan energi matahari untuk fotosintesis. Cahaya matahari tidak hanya sebagai faktor utama pertumbuhan komponen biotik tetapi juga sebagai faktor pembatas. Pada kondisi tertentu intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat menyuburkan dan dapat juga menimbulkan kekeringan hingga kematian sel akibat kehilangan sitoplasma.

Intensitas cahaya dapat diukur menggunakan lux meter (gambar 2). Saat menggunakan alat ini, pengaturan kisaran (*range*) sangat penting untuk diperhatikan karena intensitas cahaya memiliki kisaran yang sangat luas. Satuan intensitas cahaya adalah candela, sedangkan satuan turunan yang umum digunakan adalah lux. Daerah tropis memiliki intensitas cahaya matahari berkisar 10.000 – 30.000 lux pada siang hari dan 0,05 – 0,5 lux pada malam hari.



Gambar 2. Lux meter

2. Curah hujan

Hujan merupakan sumber air yang jatuh ke permukaan bumi. Air merupakan merupakan kebutuhan fisiologi penyusun protoplasma seluruh makhluk hidup. Air merupakan kebutuhan pokok dan faktor pembatas dalam ekosistem terestrial dan akuatik. Curah hujan memiliki jumlah yang berbeda di setiap bioma dan uap air yang dibawa angin pada sirkulasi udara global.

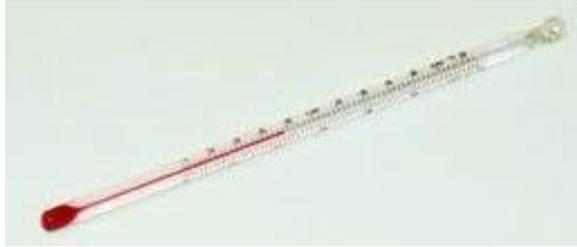
Alat pengukur curah hujan adalah ombrometer yang diletakkan di lahan terbuka (gambar 3). Satuan dari curah hujan adalah mili meter (mm) per tahun. Data curah hujan dapat diperoleh dari laman Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) pada bagian pusat *database* curah hujan. Bioma hutan hujan tropis memiliki curah hujan rata-rata antara 2.000 – 4.000 mm per tahun, bioma padang rumput termperata berkisar 300 – 1.000 mm per tahun, bioma taiga berkisar 200 – 600 mm per tahun, bioma tundra berkisar kurang dari 200 mm per tahun, dan bioma gurun berkisar 10 – 100 mm per tahun.



Gambar 3. Ombrometer

3. Temperatur udara

Temperatur di seluruh bagian bumi sangatlah bervariasi. Hal ini disebabkan karena bumi berotasi dan berevolusi serta memiliki kemiringan dari sumbu tegak lurus sekitar $23,5^\circ$. Katulistiwa yang mendapatkan cahaya matahari penuh selama satu tahun memiliki temperatur udara dengan kisaran $26-29^\circ\text{C}$. Temperatur udara dari khatulistiwa hingga ke arah kutub semakin berkurang bahkan mencapai minus ratusan derajat celsius. Alat yang umum digunakan untuk mengukur temperatur adalah termometer air raksa (gambar 4). Terdapat beberapa satuan temperatur, diantaranya kelvin, celsius, fahrenheit, dan reamur. Pada skala celsius, temperatur 0°C adalah titik beku air dan 100°C adalah titik didih air pada tekanan 1 atmosfer.



Gambar 4. Termometer air raksa

4. Kelembapan udara

Kelembapan udara merupakan ukuran uap air yang terkandung di udara atau atmosfer. Kelembapan udara sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, curah hujan dan kerapatan vegetasi di ekosistem tersebut. Alat yang digunakan untuk menentukan kelembapan udara adalah thermohygrometer dan sling psychrometer (gambar 5). Kedua alat tersebut dapat juga digunakan untuk mengukur temperatur udara.



Gambar 5. Thermohygrometer (kiri) dan sling psychrometer (kanan)

5. Kecepatan dan arah angin

Angin terbentuk dari pergerakan di daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin berperan dalam menyebarkan biji dan spora sebagai sumber kehidupan. Dalam sirkulasi angin global, uap air ikut terbawa bersama angin menuju ke lokasi bertekanan rendah dan menyebabkan kelembapan udara menjadi tinggi. Kecepatan angin dapat diukur menggunakan anemometer (gambar 6). Satuan dari kecepatan angin adalah kilometer per jam atau kilometer per hour (kph).



Gambar 6. Anemometer

6. Abiotik tanah

Tanah merupakan substrat khas ekosistem terestrial yang kaya akan senyawa organik dan mineral. Hasil dekomposisi dan transformasi terjadi di tanah dan senyawa tersebut yang diperlukan tumbuhan untuk melakukan metabolisme. Di dalam tanah juga kaya akan mikroorganisme yang juga sangat tergantung pertumbuhannya dengan komponen abiotik dalam tanah. Parameter-parameter abiotik yang berkaitan dengan tanah, diantaranya **temperatur tanah, kelembapan tanah, pH tanah, kemiringan tanah, profil tanah, tekstur tanah, bobot isi, kandungan air dan kandungan organik tanah.**

Temperatur tanah dapat diukur menggunakan termometer tanah (gambar 7) yang khusus terlindungi

dengan adanya lapisan pelindung kayu. **Kelembapan dan pH tanah** dapat diukur dengan alat soil tester (gambar 8). pH tanah adalah sifat kimia tanah yang menggambarkan sifat asam dan basa tanah. Besarnya nilai pH tanah dipengaruhi oleh jenis batuan induk, tipe vegetasi dan aktifitas pemupukan. Pada soil tester terdapat sensor yang harus terendam dalam tanah saat pengukuran. Pembacaan pH dilakukan tepat setelah sensor tertancap, sedangkan kelembapan tanah dapat terbaca setelah tombol putih ditekan. **Kemiringan tanah** dapat diukur dengan kompas bruton atau klinometer (gambar 9).



Gambar 7. Termometer tanah



Gambar 8. Soil tester



Gambar 9. Kompas bruton (kiri) dan klinometer (kanan)

Tanah terdiri dari lapisan atau horizon yang terbentuk akibat proses dekomposisi dan pelarutan mineral dalam tanah. Lapisan tanah dan urutan lapisan dari permukaan atas

tanah kebawah di sebut dengan **profil tanah**. Lapisan teratas (*top soil*) atau **lapisan O** dari kata *organic* tersusun dari pecahan bagian tumbuhan, serasah dan jasad binatang yang telah didekomposisi menjadi bahan organik sederhana oleh hewan-hewan tanah seperti cacing, lalu bakteri, dan jamur. Lapisan O tidak akan tampak pada tanah pertanian dan gurun. Lapisan kedua atau **lapisan A** kaya akan mineral hasil transformasi atau mineralisasi senyawa organik sederhana menjadi senyawa anorganik dengan bantuan bakteri. Pada lapisan ini tanah sudah dapat dirasakan **teksturnya** dengan cara dipilin dan dapat dibedakan menjadi liat, debu, atau pasir. Lapisan ketiga atau **lapisan B** merupakan lapisan yang mengandung tanah liat, humus, maupun material yang terbawa oleh air dari lapisan A. Deposit material yang tertumpuk di lapisan ini menyebabkan adanya warna dan pola khas yang terlihat cerah. Akar pohon akan menyebar mulai dari lapisan B hingga C dikarenakan mineral yang larut dalam air banyak terdapat pada lapisan tersebut. Lapisan keempat atau **lapisan C** merupakan bahan induk yang kurang lebih tidak banyak diubah. Bahan induk ini dapat merupakan bentukan mineral asli yang hancur ditempat atau yang telah dikirimkan ketempatnya oleh daya berat dan air. Untuk mengetahui profil tanah di suatu lahan percobaan diperlukan alat bernama auger atau bor tanah (gambar 10).



Gambar 10. Auger

Bobot isi (*bulk density*) adalah perbandingan massa tanah kering dengan volumenya. Bobot isi dapat digunakan untuk menentukan porositas sebagai indikator penetrasi akar dan aerasi tanah. Nilai bobot isi bervariasi tergantung pada kelembapan dan tekstur tanah. Alat yang digunakan untuk menentukan bobot isi adalah core sampler (gambar 11). Satuan bobot isi dalam gcm^{-3} . Rumus untuk mendapatkan bobot isi adalah berat kering tanah dibagi volume *core sampler*.



Gambar 11. Core sampler

Kandungan air tanah, kandungan organik dan anorganik (mineral) tanah dapat diukur dengan melakukan pencuplikan pada tanah yang akan diukur dan dilakukan pengukuran di laboratorium dengan bantuan oven dan furnice. Kandungan air tanah dapat dinyatakan dengan presentase air terhadap berat segar tanah. Senyawa organik umumnya berasal dari proses penguraian serasah dan jasad hewan pada lapisan teratas tanah (lapisan O), sedangkan senyawa anorganik merupakan hasil mineralisasi pada lapisan A dan B. Untuk mendapatkan nilai kandungan tersebut biasanya dilakukan pencuplikan sedalam 20-30 meter menggunakan auger dan tanah yang diperoleh dihomogenisasi terlebih dahulu. Ketiga kandungan tersebut memiliki satuan persen (%). Adapun rumus dari ketiga kandungan tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Kandungan air tanah} = \frac{\text{berat segar tanah} - \text{berat kering tanah}}{\text{berat kering tanah}} \times 100\%$$

$$\text{Kandungan organik tanah} = \frac{\text{berat kering tanah} - \text{berat abu tanah}}{\text{berat kering tanah}} \times 100\%$$

$$\text{Kandungan mineral tanah} = \frac{\text{berat abu tanah}}{\text{berat kering tanah}} \times 100\%$$

7. Abiotik perairan

Arus, salinitas, dan oksigen terlarut merupakan abiotik khas di ekosistem perairan. **Arus air** akan menentukan jenis, morfologi, dan fisiologi biota yang hidup didalamnya. Arus juga akan memengaruhi konsentrasi gas-gas dan hara, serta penghancuran fisik partikel yang ada di perairan. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur arus adalah flow meter (gambar 12). Secara manual arus dapat diukur dengan melakukan percobaan menggunakan bola kecil yang dilepas sejauh jarak tertentu dan diukur waktu tempuhnya. Satuan dari arus air adalah jarak per satuan waktu seperti meter per detik atau meter per menit.

Selain arus, parameter abiotik lainnya adalah salinitas atau kadar garam. **Salinitas** menjadi faktor pembatas yang penting dalam menentukan vegetasi dan hewan yang hidup di dalam perairan. Sebagai contoh di daerah payau. Hanya spesies seperti mangrove lah yang dapat bertahan hidup dengan kondisi perubahan salinitas yang dinamis. Alat untuk mengukur salinitas adalah refraktometer (gambar 13). Satuan salinitas adalah *part per thousand* (ppt) atau per mil

($^{\circ}/_{00}$) yang berarti jumlah berat total material padat (NaCl) dalam 1000 gr air.

Oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) merupakan ukuran jumlah oksigen (O_2) yang tersedia di suatu perairan. Oksigen sangat diperlukan untuk respirasi biota perairan juga sebagai indikator kesehatan perairan. Alat untuk mengukur DO adalah DO pen meter atau DO kit (gambar 14). Satuan DO adalah miligram per liter (mg/L) yang berarti dalam 1 liter air terdapat sejumlah mg oksigen.



Gambar 12. Flow meter



Gambar 13. Refraktometer salinitas



Gambar 14. DO pen meter (kiri) atau DO kit (kanan)

8. Posisi geografis dan elevasi

Parameter lain yang wajib diukur dalam setiap pengambilan data lapangan adalah posisi geografis dalam koordinat lintang dan bujur serta ketinggian atau elevasi. Posisi geografis dan elevasi diperoleh untuk memberikan

gambaran kondisi lingkungan tempat vegetasi tersebut tumbuh. Alat yang digunakan untuk mengetahui kedua parameter tersebut adalah *Global Positioning System* atau GPS (gambar 15). Satuan koordinat biasanya berupa derajat lintang dan derajat bujur, sedangkan untuk elevasi adalah meter di atas permukaan laut (mdpl).



Gambar 15. GPS

Tabel 1. Alat ukur parameter abiotik

No	Parameter Abiotik	Alat Ukur	Satuan
1.	Intensitas cahaya	Lux meter	Candela / Lux (lux)
2.	Curah hujan	Ombrometer	Milimeter per tahun (mm/tahun)
3.	Temperatur udara	Termometer air raksa	Derajat celcius (°C)
4.	Kelembapan udara	Thermohygrometer/ sling psychrometer	Persen (%)
5.	Kecepatan angin	Anemometer	Kilometer per hour (kph)
6.	Temperatur tanah	Termometer tanah	Derajat celcius (°C)
7.	Kelembapan tanah	Soil tester	Persen (%)
8.	pH tanah	Soil tester	
9.	Kemiringan tanah	Klinometer / kompas bruton	Derajat (°)
10.	Profil tanah	Auger / bor tanah	Lapisan O, A, B, C

Lanjutan tabel 1.

11.	Testur tanah	Pilin dengan ujung jari	Pasir, pasir berlumpur, lumpur berpasir, lumpur liat, debu
12.	Kandungan air tanah, kandungan organik dan anorganik tanah	Pencuplikan tanah, oven, dan furnice	Persen (%)
13.	Arus air	Flow meter	Meter per detik
14.	Salinitas air	Refraktometer salinitas	Part per thousand (ppt) atau per mil (‰)
15.	Oksigen terlarut (DO)	DO pen meter / DO kit	Miligram per Liter (mgL^{-1})
16.	Titik koordinat	GPS	Derajat Lintang dan Bujur
17.	Elevasi	GPS	Meter di atas permukaan laut (mdpl)

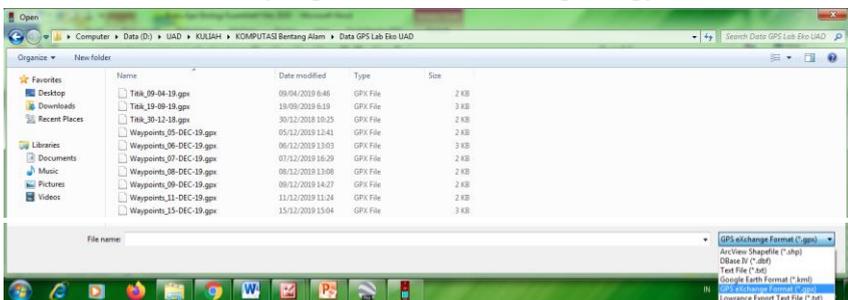
B. Pemetaan Lokasi Sampling

Penting sekali menyajikan posisi lokasi sampling bagi penelitian lapangan dalam bentuk peta lokasi. Dalam era digital seperti ini, foto merupakan bentuk dokumentasi paling akurat. Terlebih lagi foto-foto udara yang dipotret dari luar bumi seperti citra satelit yang memiliki akurasi tinggi sudah dapat diperoleh dengan mudah dan gratis. Beberapa platform seperti *google maps* atau *google earth* berbasis citra satelit sudah sangat familiar untuk melihat posisi lokasi di permukaan bumi. GPS dapat digunakan saat dilokasi untuk menandai titik koordinat. Selanjutnya data tersebut dapat dipindahkan dalam *google earth* dan disajikan dalam bentuk peta sederhana. Adapun langkah-langkah dalam pemetaan lokasi sampling sebagai berikut:

1. GPS dinyalakan kemudian cek minimal 3 satelit yang beroperasi;
2. Pilih Menu → **Mark** dan ubah nama lokasi sampling dengan kode yang mudah diingat;



3. Setelah klik Done, data dapat ditransfer ke PC melalui kabel data dan akan tersimpan dalam format '.gpx';
4. Untuk membuka data di *google earth*, maka data harus diubah dalam format '.kml' dengan bantuan beberapa aplikasi salah satunya DNRGarmin;
5. Buka aplikasi DNRGarmin, lalu klik File → Load From → File dan format file yang dicari diubah dengan '.gpx';



6. Klik file dan pilih *Waypoint* untuk data berupa titik-titik koordinat, *Track* untuk data berupa beberapa titik koordinat yang digabung menjadi track, dan *Route* untuk data berupa rute lokasi (biasanya ada dari titik keberangkatan hingga pulang kembali);
7. Pilih titik koordinat lokasi sampling dan klik File → Save to → File dan ubah menjadi format '.kml';

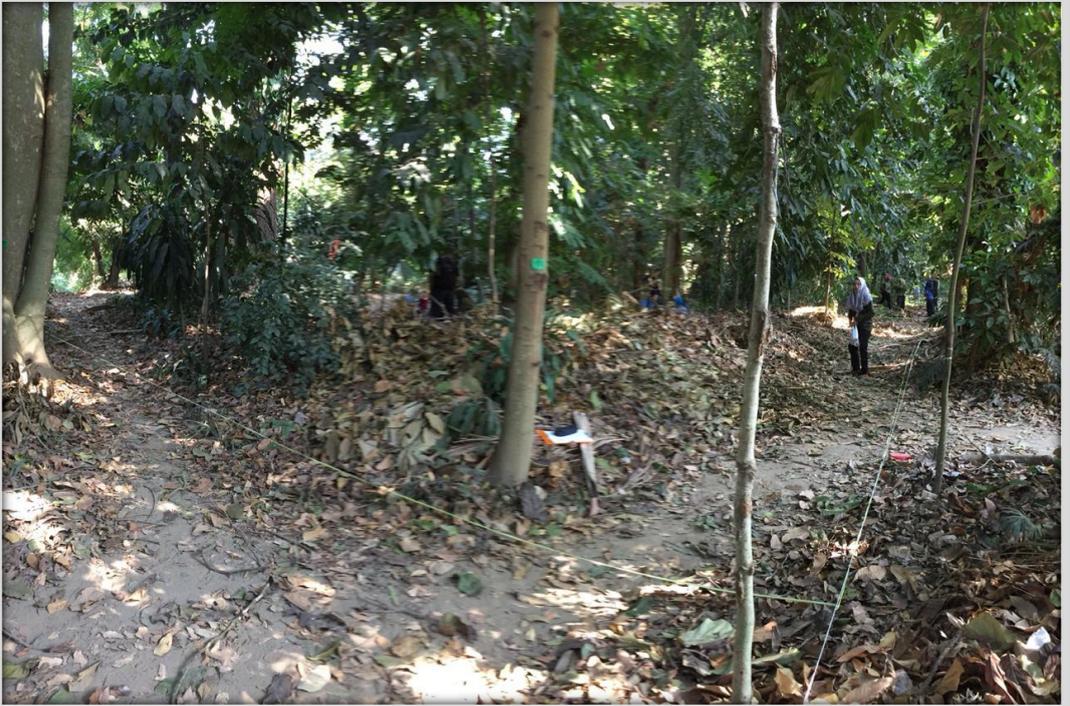
type	ident	lat	long	u_pos	s_pos	comment	display	symbol	unneeded	dst	proj_index	color	altitude	depth	temp	time	wpf_class	sub_class	altib	link	state
Waypoint	030	-7.597016	110.429696										296379163			2019-12-07T10:10:14Z					
Waypoint	034	-7.597016	110.429696										296379162			2019-12-07T10:10:12Z					
Waypoint	035	-7.786648	110.144675										170467621			2019-12-07T09:28:28Z					
Waypoint	FW01	-7.767807	110.113423										50738341			2019-12-07T10:14:32Z					
Waypoint	FW02	-7.768203	110.144695										110216193			2019-12-07T10:29:09Z					

8. Buka *google earth* lalu klik Open → pilih file .kml;
9. Atur tampilan peta seperti titik poin melalui fitur-fitur yang tersedia di *google earth* dan klik simpan gambar;
10. Edit judul peta, legenda lalu simpan gambar dalam bentuk '.jpeg';



11. Peta sederhana lokasi penelitian selesai dibuat lengkap dengan judul, legenda, mata angin, skala, & titik koordinat.

BAB III



Pembuatan plot kuadrat untuk analisis vegetasi komunitas hutan

3

ANALISIS VEGETASI TERESTRIAL

Vegetasi biasanya mengacu pada komunitas atau kumpulan dari beberapa kelompok spesies tumbuhan yang hidup dan berbiak disuatu area yang sama. Analisis vegetasi merupakan suatu istilah yang biasa digunakan untuk mengetahui kondisi komunitas tumbuhan (vegetasi) di suatu lokasi penelitian. Kondisi yang dimaksud meliputi struktur, komposisi, dan tingkat keanekaragaman vegetasi dalam ruang dan geografi, serta perkembangan, perubahan, dan stabilitas komunitas dalam konteks waktu. Analisis vegetasi tidak hanya mengidentifikasi suatu komunitas tumbuhan, tetapi juga menganalisis hubungan antar komunitas dan hubungan komunitas dengan faktor abiotik yang mempengaruhinya. Beberapa informasi harus dipahami oleh seorang peneliti saat melakukan analisis vegetasi, termasuk parameter vegetasi yang didata, penentuan luasan lokasi sampling, metode pengambilan data, serta analisis data.

A. Parameter Vegetasi

Analisis komunitas vegetasi yang terdiri dari komunitas tumbuhan dengan kepentingan ekologis yang berlainan memerlukan parameter atau variabel dalam pengukurannya.

Terdapat tiga parameter vegetasi yang umum diukur dalam analisis vegetasi, yaitu kerapatan, dominansi, dan frekuensi. Analisis vegetasi dilakukan dengan mengukur ketiga parameter atau minimal dua parameter. Parameter-parameter vegetasi tersebut diantaranya:

1. Kerapatan/ kepadatan/ densitas (*density*) adalah jumlah individu dalam satuan luas tertentu. Penentuan kerapatan tidak akan sama prosesnya pada variasi bentuk hidup tumbuhan. Pohon tunggal akan lebih mudah ditentukan jumlah individunya dibandingkan rumput yang mengelompok dengan rhizoma. Terkadang peneliti memangkas tajuk rerumputan hingga permukaan tanah untuk membantu menghitung satuan individunya, atau jika terlalu sulit parameter ini dapat diabaikan dan hanya menghitung dua parameter lainnya. Rumus mengukur kerapatan (K) suatu spesies adalah jumlah individu suatu spesies dibagi dengan luas area sampling.

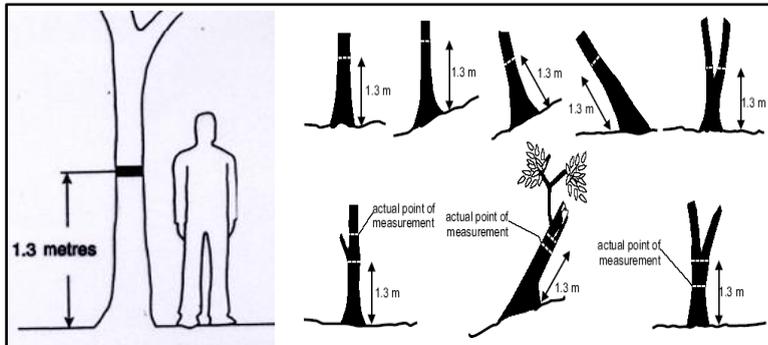
$$\text{Kerapatan spesies } x \text{ (Kx)} = \frac{\text{Jumlah individu spesies } x}{\text{Luas area sampling}}$$

Kerapatan sering kali disamakan dengan kelimpahan. Menurut beberapa sumber, kedua istilah tersebut berbeda. Kelimpahan adalah jumlah individu dalam suatu area, sedangkan kerapatan adalah jumlah individu per satuan unit. Sebagai contoh terdapat singa dengan kelimpahan 50 individu dalam padang savana seluas 2 hektar. Kerapatan singa di savana tersebut adalah 25 individu per hektar.

2. Dominansi/ kerimbunan/ penutupan (coverage) adalah proporsi antara luas tempat yang ditutupi oleh spesies tumbuhan dengan luas total habitat. Dominansi dapat dihitung berdasarkan presentase daerah yang dikuasai oleh suatu spesies dalam suatu plot tanpa memperhitungkan penutupan jenis lainnya. Dominansi pohon berkayu dan tumbuhan bawah seperti herba berbeda perhitungannya. Untuk pohon dominansi diukur berdasarkan luas penutupan batang atau basal area (*basal coverage*). Area dasar untuk pohon diukur melalui diameter setinggi dada (*diameter at breast height/DBH*) atau sekitar 1,3 meter di atas permukaan tanah (gambar 16). Bagi tumbuhan berakar banir yang terdapat di daerah tropis, maka pengukuran area dasar dilakukan tepat di atas akar banir berakhir. Dominansi bentuk hidup herba diukur dari persentase ruang yang ditutupi oleh tajuk pada permukaan tanah (*aerial coverage*). Rumus mengukur dominansi (D) suatu spesies adalah total basal area atau presentase tutupan tajuk suatu spesies dibagi dengan luas area sampling.

$$\text{Dominansi spesies } x \text{ (D}_x\text{)} = \frac{\text{Total basal area/persentase penutupan spesies } x}{\text{Luas area sampling}}$$

Keliling batang = $2\pi r$; Basal area = πr^2



Gambar 16. Pengukuran diameter setinggi dada atau DBH

3. Frekuensi (*frequency*) adalah proporsi jumlah sampel yang berisi suatu spesies tertentu dengan jumlah total spesies. Frekuensi dapat dinyatakan dalam pecahan ataupun persen dari jumlah perjumpaan total. Frekuensi erat kaitannya dengan tingkat penyebaran suatu spesies dalam lokasi sampling. Semakin tinggi frekuensi suatu spesies maka sebarannya semakin luas dan menyebar. Rumus mengukur frekuensi (F) suatu spesies adalah jumlah plot ditemukannya suatu spesies dibagi dengan total plot.

$$\text{Frekuensi spesies } x \text{ (F}_x\text{)} = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan spesies } x}{\text{Total jumlah plot}}$$

B. Penentuan Luasan Minimum Lokasi Sampling

Saat melakukan pengambilan data di lapangan (teknik sampling), tidaklah memungkinkan jika seluruh area diukur parameter vegetasinya karena akan memerlukan waktu dan biaya yang besar. Pengambilan data dapat dilakukan dengan

menentukan luasan sampling atau pencuplikan dalam keseluruhan area total. Pertanyaan berikutnya adalah berapa luasan area pencuplikan yang dapat memberikan gambaran kondisi komunitas keseluruhan. Dalam menentukan luasan lokasi sampling, diperlukan pengukuran intensitas sampling (IS) yaitu persentase jumlah sampel terhadap banyaknya populasi seluruhnya. Semakin besar jumlah contoh sampel yang diambil, maka akan memberikan data yang lebih mewakili area sampling tersebut.

Besarnya intensitas sampling pada analisis vegetasi bervariasi. Hutan dengan luas 1.000 hektar atau kurang menggunakan intensitas sampling 10 %, untuk kelompok hutan yang luasnya antara 1000 – 10.000 hektar digunakan intensitas sampling 5 % dan untuk hutan yang luasnya > 10.000 hektar digunakan intensitas sampling 1-2%. Misalkan, jika seorang peneliti ingin mengetahui spesies yang mendominasi hutan di CA. Imogiri yang memiliki luas total area 11 hektar maka wajib mengambil data parameter vegetasi minimal 1,1 hektar atau 11.000 m². Khusus kawasan hutan tropis, luasan lokasi sampling minimum dapat berkisar 3 hektar atau 30.000 m².

C. Metode Sampling

Setelah mengetahui luasan lokasi sampling, langkah selanjutnya adalah menentukan metode apa yang digunakan dalam analisis vegetasi. Metode yang digunakan untuk mengambil data dapat berupa **metode petak (*plot*)** dan **metode tanpa petak (*plotless*)**. Metode sampling tanpa petak atau *plotless* adalah suatu sampling tanpa menggunakan unit area/plot. Metode *plotless* terdiri dari **metode intersep titik (*point intercept*)** yang biasa digunakan untuk analisis vegetasi

herba, dan **metode jarak** yang umum digunakan untuk analisis vegetasi pohon berkayu.

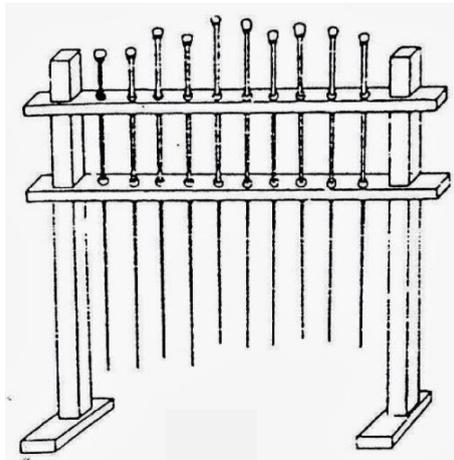
1. Metode intersep titik (*point intercept method*)

Metode intersep titik yang umum dilakukan untuk mengukur parameter vegetasi herba adalah *point frequency frame*. Metode ini efektif digunakan untuk vegetasi herba berukuran normal dengan tinggi 20-50 cm atau perdu kecil. Metode ini menggunakan alat bantu berupa kerangka kayu dengan panjang 1 meter dan tinggi 1 meter dengan 10 lubang yang dimasukan kawat dengan interval jarak 10 cm (gambar 17). Pada masing-masing ujung alat tersebut diberi dua tiang penyangga agar dapat berdiri tegak. Saat pengambilan data, tumbuhan yang tersentuh oleh kawatlah yang akan diperhitungkan datanya.

Parameter yang didapat dengan metode ini hanya jenis spesies, frekuensi dan dominansi. Dominansi untuk herba dapat berupa presentasi tutupan tajuk. Misalkan dalam suatu lokasi sampling frame kayu tersebut diletakkan sebanyak 20 kali dan spesies x tersentuh 100 kali, jumlah tusukan seluruhnya 200 kali (10 kawat dikalikan 20 kali peletakan), maka dominansi spesies tersebut adalah $100/200 \times 100 \% = 50\%$. Untuk frekuensi ditentukan dengan menghitung berapa kali suatu spesies hadir setiap kali peletakan frame kayu dibagi dengan jumlah keseluruhan peletakan frame kali 100. Misal peletakan frame sebanyak 20 kali, suatu spesies hanya ditemukan 5 kali peletakan frame, maka frekuensinya adalah $5/20 \times 100 \% = 25\%$.

$$\text{Dominansi spesies x (Dx)} = \frac{\text{Jumlah sentuhan spesies x}}{\text{Jumlah seluruh tusukan}} \times 100\%$$

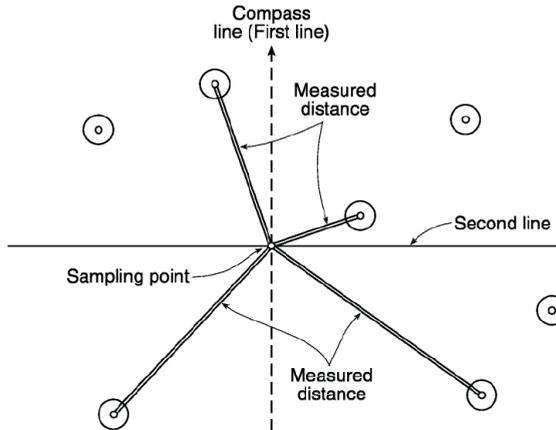
$$\text{Frekuensi spesies } x \text{ (Fx)} = \frac{\text{Jumlah frame pemunculan suatu spesies}}{\text{Jumlah peletakan frame}} \times 100\%$$



Gambar 17. Model kerangka kayu dengan 10 kawat penusuk

2. Metode jarak

Beberapa jenis metode jarak sering digunakan oleh peneliti dalam studi vegetasi dan populasi. Metode jarak dilakukan dengan melakukan pencuplikan dari titik-titik yang ditentukan secara acak atau sistematis tanpa plot. Metode jarak yang paling efisien adalah metode kuadrat berpusat titik (*point centered quarter*) (gambar 18). Pengukuran jarak dilakukan dari titik sampling ke pohon terdekat dalam empat kuadran sehingga dihasilkan empat pengukuran. Metode ini digunakan untuk menganalisis pohon dengan sebaran acak dan tinggi lebih dari 2 meter. Keuntungan metode ini adalah menghemat waktu yang banyak karena tidak perlu membuat plot atau petak.



Gambar 18. Metode kuadrat berpusat titik (*point centered quarter*)

Analisis vegetasi dengan metode jarak dapat ditentukan empat parameter sekaligus yaitu jenis spesies, kerapatan, frekuensi, dan dominansi. Kerapatan atau jumlah individu suatu spesies dapat ditentukan dengan mengukur jarak antar individu atau jarak antara titik sampling dengan individu tumbuhan. Hasil pengukuran jarak tersebut dikonversikan ke dalam unit dua dimensi/area dengan cara mengkuadratkan jarak tersebut. Frekuensi suatu spesies diperoleh dengan membagi jumlah titik sampling ditemukannya spesies tersebut dengan jumlah total titik sampling. Selain itu juga dilakukan pengukuran diameter pohon dari keempat pohon yang diamati tersebut. Pengukuran diameter pohon bertujuan untuk mengetahui basal area suatu spesies atau dominansi.

Di bawah ini terdapat contoh perhitungan menggunakan metode kuadrat berpusat titik dengan total lima titik pencuplikan berinterval 5 meter. Pada tabel 2 tercatat ditemukan sejumlah spesies beserta jarak dari titik sampling dan DBH. Data tersebut ditabulasikan dan dihitung parameter vegetasinya seperti

kerapatan, dominansi, dan frekuensi seperti (tabel 3) dengan urutan yaitu:

- a. Rata-rata jarak (D) = $\frac{\text{Total jarak}}{4 \times \text{jumlah titik sampling}}$
- b. Kerapatan absolut = $\frac{\text{Unit area}}{(D)^2}$

Selanjutnya dihitung karakter komunitas yang meliputi :

- a. Kerapatan spesies x (Kx) = $\left[\frac{\text{Total jenis spesies x}}{4 \times \text{jumlah titik sampling}} \right] \times DT$
- b. Frekuensi spesies x (Fx) = $\frac{\text{Jumlah titik ditemukan spesies x}}{\text{Jumlah total titik sampling}} \times 100$
- c. Dominansi spesies x (Dx) = mean basal area spesies x $\times Kx$

Tabel 2. Data vegetasi di lima titik pencuplikan menggunakan metode berpusat titik

Titik pencuplikan	Nomor kuadran	Jarak (meter)	Nama spesies	DBH (cm)	Basal area/ πr^2 (cm ²)
1	1	0,7	<i>Psidium guajava</i>	5,5	24
	2	1,6	<i>Acacia koa</i>	42,5	1418
	3	3,5	<i>Metrosideros collina</i>	17,0	227
	4	2,0	<i>Metrosideros tremuloides</i>	25,0	491
2	1	1,1	<i>Psidium guajava</i>	4,0	13
	2	0,8	<i>Psidium guajava</i>	5,0	20
	3	1,9	<i>Psidium guajava</i>	5,0	20
	4	1,8	<i>Psidium guajava</i>	4,0	13
3	1	1,3	<i>Acacia koa</i>	75,0	4418
	2	0,7	<i>Psidium guajava</i>	3,0	7
	3	1,5	<i>Metrosideros collina</i>	9,0	64
	4	2,0	<i>Metrosideros collina</i>	23,0	415
4	1	3,1	<i>Acacia koa</i>	14,0	154
	2	1,7	<i>Psidium guajava</i>	6,0	28
	3	1,1	<i>Psidium guajava</i>	5,0	20
	4	1,9	<i>Acacia koa</i>	12,0	113
5	1	2,5	<i>Acacia koa</i>	23,0	415
	2	2,2	<i>Acacia koa</i>	18,0	254
	3	1,4	<i>Psidium guajava</i>	5,0	20
	4	2,8	<i>Metrosideros collina</i>	25,0	491
Total jarak		35,6			

Perhitungan :

$$\text{Rata-rata jarak (D)} = \frac{35,6}{20} = 1,78 \text{ meter}$$

Kerapatan absolut = perkiraan total jumlah pohon dalam 100 m²

$$= \frac{100}{(1,78)^2} = 31,5$$

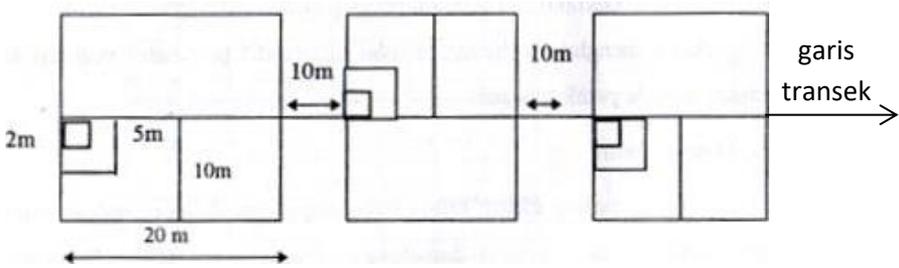
Tabel 3. Parameter kerapatan, dominansi, frekuensi spesies x

Nama Spesies	Jumlah dalam kuadran	Kx (ind/100m ²)	Rata-rata basal area (cm ²)	Dx (cm ² /100 m ²)	Fx (%)
<i>Acacia koa</i>	6/20 = 0,3	0,3 x 31,5 = 9,5	6772/6 = 1129	1129x9,4 = 10613	(4/5)x 100 = 80
<i>M. collina</i>	4/20 = 0,2	0,2 x 31,5 = 6,3	1197/4 = 299	299x6,3 = 1884	(3/5)x 100 = 60
<i>M. tremuloides</i>	1/20 = 0,05	0,05 x 31,5 = 1,6	491/1 = 491	491x1,6 = 786	(1/5)x 100 = 20
<i>Psidium guajava</i>	9/20 = 0,45	0,45 x 31,5 = 14,3	1656/9 = 18	18x14,2 = 256	(5/5)x 100 = 100
Total		31,5		13539	260%

3. Metode plot atau petak

Metode umum yang digunakan untuk analisis vegetasi adalah metode plot atau petak. Metode ini menggunakan area sampling dua dimensi dengan ukuran sembarang baik berbentuk petak persegi, petak persegi panjang, mapupun petak bundar. Ukuran plot petak persegi /kuadrat disesuaikan dengan bentuk pertumbuhan seperti pohon, perdu, herba ataupun pohon dewasa, tiang, pancang, semai. Analisis vegetasi pohon dapat dilakukan dengan ukuran plot petak 20x20 m atau 10x10 m, plot petak perdu berukuran 5x5 m, herba berukuran 1x1 m, sedangkan plot petak untuk analisis pohon dewasa berukuran 20x20 m, analisis tiang berukuran 10x10 m, analisis pancang berukuran 5x5 m, analisis semai berukuran 2x2 m. Penerapan metode plot pada lokasi penelitian dapat dilakukan secara acak

ataupun sistematis ataupun dikombinasikan dalam satu petak dapat menganalisis beberapa bentuk pertumbuhan seperti gambar 19.



Gambar 19. Metode petak kombinasi

4. Pola Distribusi Spesies

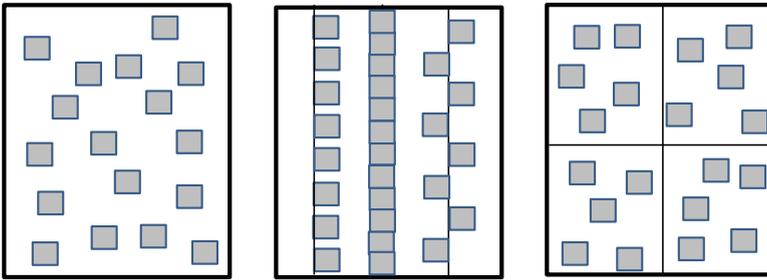
Makhluk hidup memiliki pola distribusi atau penyebaran yang bervariasi seperti acak (*random*), mengelompok (*clumped*) dan teratur (*regular*). Beberapa hal yang melandasi perbedaan distribusi tersebut diantaranya kondisi lingkungan, kompetisi antar individu, pola reproduksi dan perilaku individu. Umumnya pola distribusi tumbuhan dan hewan di alam akan terjadi secara mengelompok. Distribusi yang teratur atau seragam umum terjadi pada kondisi lingkungan yang seragam di semua area. Kompetisi yang kuat antar individu pada kondisi tersebut membuat pembagian ruang yang sama antar individu. Pepohonan di perkebunan merupakan contoh distribusi seragam. Kondisi lingkungan yang seragam tetapi tidak diikuti dengan kompetisi yang kuat biasanya akan menghasilkan distribusi acak.

Kondisi lingkungan di alam hampir tidak akan sama. Faktor-faktor penentu iklim seperti intensitas cahaya matahari, angin, curah hujan akan membuat perbedaan di setiap lokasi. Kondisi tanah juga sulit untuk seragam di semua lokasi. Akibatnya tumbuhan akan berperilaku untuk mengelompok pada daerah dengan kondisi lingkungan yang menguntungkan. Pengelompokan ini juga akan memperkuat pertahanan dari gangguan ataupun dalam memperoleh

cahaya matahari dan nutrisi dalam tanah. Selain itu, pola reproduksi kebanyakan spesies cenderung akan mendekati induknya, seperti persebaran biji yang jatuh dekat induknya ataupun dengan reproduksi vegetatif.

Berdasarkan sifat penyebaran individu-individu suatu populasi, maka penentuan titik sampling dalam analisis vegetasi dapat dilakukan melalui tiga pendekatan (gambar 20), yaitu :

- a. *Penyebaran titik sampling secara acak* dapat menggunakan angka acak (random) dengan melempar koin ke arah belakang, atau dengan mengacak dalam grid penentuan lokasi melalui remote sensing dan *Global Information System (GIS)*, dan sebagainya;
- b. *Penyebaran titik sampling secara sistematis* yang disebar secara teratur, baik secara merata ataupun berdasarkan arah tertentu. Penyebaran percontohan dapat dilakukan berdasarkan arah satu garis atau transek. Saat sampling dapat diterapkan penyebaran titik sampling dengan jarak ataupun tanpa jarak atau *belttransect*.
- c. *Penyebaran titik sampling secara semi acak/semi sistematis* dengan menyebar secara teratur atau sistematis terlebih dahulu, kemudian pada setiap tempat dilakukan pengundian secara acak.



Gambar 20. Penentuan titik sampling acak (kiri), sistematis (tengah), semi acak (kanan)

D. Analisis Data Vegetasi

Setelah memperoleh data parameter vegetasi, langkah selanjutnya adalah menganalisis data sesuai tujuan penelitian. Dalam bidang ekologi, terdapat beberapa rumus atau indeks yang umum digunakan diantaranya:

1. Nilai Kepentingan (*Important value*)

Nilai kepentingan atau yang terkenal sebagai Indeks Nilai Penting (INP) digunakan untuk melihat penguasaan suatu spesies dalam komunitas tumbuhan. Suatu spesies memiliki nilai INP yang tertinggi jika spesies tersebut memiliki nilai Kerapatan, Dominansi, dan Frekuensi yang tinggi. Artinya spesies tersebut memiliki jumlah individu, tingkat persebaran dan penguasaan terhadap permukaan tanah yang dominan dibanding spesies lain. Nilai INP dapat diperoleh dengan menjumlahkan kerapatan relatif, dominansi relatif dan frekuensi relatif suatu spesies. Adapun rumus untuk menghitung nilai relatif dari parameter vegetasi dan Indeks Nilai Penting (INP) adalah sebagai berikut :

$$\text{Kerapatan relatif (KR)} = \frac{K_x}{\text{Total K seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Dominansi relatif (DR)} = \frac{D_x}{\text{Total D seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi relatif (FR)} = \frac{F_x}{\text{Total F seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{KR} + \text{DR} + \text{FR}$$

2. Indeks Keanekaragaman (*Diversity Index*)

Keanekaragaman merupakan salah satu parameter penting dalam analisis vegetasi. Keanekaragaman dapat menentukan kompleksitas dari interaksi komunitas biotik dan abiotik, serta stabilitas dari suatu komunitas vegetasi. Analisis kuantitatif untuk nilai keanekaragaman dapat diperoleh dari beberapa indeks diantaranya :

a. Indeks Keanekaragaman tiga spesies / Margalef (*d*)

$$d_1 = \frac{S-1}{\log N} \quad d_2 = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad d_3 = S \text{ per } 1000$$

Keterangan :

S = jumlah spesies

N = jumlah individu

b. Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener (*H'*)

Perhitungan indeks diversitas *Shanon* untuk diversitas umum adalah :

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

Keterangan :

$$p_i = \frac{n}{N} = \frac{\text{nilai penting suatu spesies}}{\text{jumlah nilai penting seluruh spesies}}$$

c. Indeks evenness (*e*)

$$E = \frac{H'}{\log S}$$

Keterangan :

H' = indeks keanekaragaman Shannon Wiener

S = jumlah spesies

d. Indeks Simpson (D)

$$D = I - \sum_{i=1}^S (P - i)^2$$

Keterangan :

$P-i$ = proporsi spesies x dalam komunitas

S = jumlah spesies

3. Indeks Kesamaan (*Similarity Index*)

Indeks kesamaan (IS) dapat digunakan untuk melihat tingkat kesamaan tegakan antar titik sampling, plot, ataupun komunitas. Rumus dari indeks kesamaan adalah :

$$IS = \frac{2C}{A+B}$$

Keterangan :

A = jumlah spesies di dalam komunitas A

B = jumlah spesies di dalam komunitas B

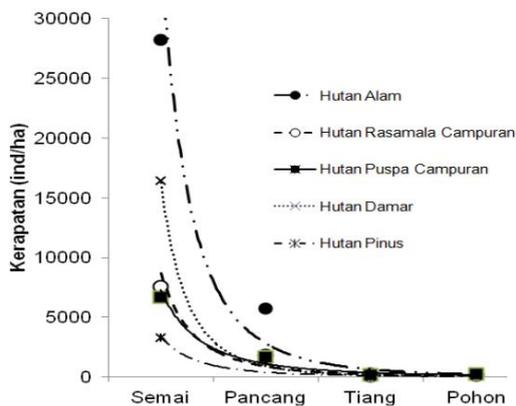
C = jumlah spesies yang sama pada kedua komunitas

S = jumlah spesies

4. Analisis Kurva J terbalik

Kerapatan pada bentuk hidup pohon, tiang, pancang, dan semai juga dapat digunakan untuk mengukur tingkat regenerasi pada suatu hutan. Hutan sekunder yang pernah mengalami gangguan akan meningkatkan intensitas cahaya hingga ke dasar hutan. Kondisi tersebut akan meningkatkan jumlah individu

semai dan pancang. Pada analisis vegetasi, biasanya akan membentuk suatu kurva huruf “J” terbalik (gambar 21). Artinya pada area degradasi jumlah tumbuhan dari tingkat pertumbuhan yang lebih rendah seperti semai memiliki jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan jumlah tumbuhan dari tingkat pertumbuhan yang lebih tinggi seperti pohon. Kurva membentuk huruf “J” terbalik mencerminkan komunitas yang pernah mengalami gangguan. Tingginya jumlah semai terjadi karena terbukanya tajuk dan tingginya cahaya matahari serta kurangnya dominasi pohon.



Gambar 21. Grafik kerapatan pohon, tiang, pancang, dan semai pada beberapa jenis hutan di Gunung Gede Pangrango (Gunawan dkk, 2011)

Struktur horizontal vegetasi hutan yang membentuk kurva J terbalik akan menunjukkan proses suksesi sekunder yang berjalan baik sejalan waktu. Keberadaan semai atau anakan pohon dalam hutan akan mencerminkan kemampuan hutan untuk beregenerasi, sedangkan banyaknya spesies pohon akan mencerminkan potensi plasma nutfah dan sumber biji.

Latihan Soal

Hitunglah nilai INP dan H' pohon dari tabel di bawah ini yang diperoleh dengan membuat plot kuadrat berukuran 10x10 m sebanyak 10 plot !

(langkah yang dilakukan : pindahkan data ke excel → urutkan nama spesies dari A-Z di 10 plot → hitung DBH dan jari-jari batang (r) → hitung basal area (cm²) → totalkan basal area total/spesies (cm²) → ubah basal area/spesies dari cm² menjadi m² → hitung **dominansi** dengan membagi basal area/spesies dengan luas area plot (m²/ha) → hitung jumlah spesies x di 10 plot (individu) → lalu hitung **kerapatan** dengan dibagi luas area plot (individu/ha) → temukan berapa plot ditemukannya spesies x → lalu hitung **frekuensi** dengan dibagi total jumlah plot → relatifkan data 3 parameter → hitung nilai INP dan H'

Kelompok	Nama Spesies	Keliling batang (cm)
1	<i>Aphanamixis polystachya</i>	20
1	<i>Ceiba pentandra</i>	15
1	<i>Celtis occidentalis</i>	16
1	<i>Celtis occidentalis</i>	30
1	<i>Celtis occidentalis</i>	32
1	<i>Celtis occidentalis</i>	27
1	<i>Celtis occidentalis</i>	19
1	<i>Celtis occidentalis</i>	25
1	<i>Celtis occidentalis</i>	25
1	<i>Celtis occidentalis</i>	210
1	<i>Shorea palembanica</i>	22
1	<i>Shorea palembanica</i>	23
1	<i>Shorea palembanica</i>	34
1	<i>Shorea palembanica</i>	405
1	<i>Shorea palembanica</i>	85
2	<i>Gnetum gnemon</i> L.	35
2	<i>Gnetum gnemon</i> L.	57
2	<i>Gnetum gnemon</i> L.	15
2	<i>Swietenia mahagoni</i> L.	74
3	<i>Pometia pinnata</i>	22
3	<i>Pometia pinnata</i>	29
3	<i>Pterocarpus indicus</i>	17
3	<i>Shorea palembanica</i>	28
3	<i>Shorea</i> sp.	77
3	<i>Shorea</i> sp.	111
3	<i>Vietchia joannis</i>	21
4	<i>Caryota mitis</i>	27
4	<i>Hibiscus</i> sp.	39
4	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	63
4	<i>Macaranga pruinosa</i>	18
4	<i>Macaranga pruinosa</i>	106
4	<i>Pometia pinnata</i>	18
4	<i>Pometia pinnata</i>	23
4	<i>Pometia pinnata</i>	19
4	<i>Shorea palembanica</i>	35
4	<i>Veitchia joannis</i>	18
4	<i>Vertchia joannis</i>	16
5	<i>Aphanamixis polystachya</i>	31
5	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	87
5	<i>Swietenia macrophylla</i>	17
6	<i>Hymenaea</i> sp.	17
6	<i>Petocarpus macrocarpus</i>	24
6	<i>Petocarpus macrocarpus</i>	27
6	<i>Shorea</i> sp.	3.87
6	Sp 1	15
6	Sp 2	56
7	<i>Ficus ampelas</i>	68
7	<i>Shorea palembanica</i>	40
8	<i>Codiaeum variegatum</i>	21
8	<i>Codiaeum variegatum</i>	18
8	<i>Podocarpus macrophyllus</i>	21
8	<i>Podocarpus macrophyllus</i>	31
8	<i>Podocarpus macrophyllus</i>	37
8	<i>Shorea javonica</i>	212
9	<i>Laurus</i> sp.	17
9	<i>Shorea macrophylla</i>	25
9	<i>Shorea macrophylla</i>	39
9	<i>Swietenia macrophylla</i>	33
10	<i>Schleicheria oleosa</i>	24
10	<i>Shorea pilosa</i>	77
10	<i>Shorea pilosa</i>	28
10	<i>Shorea pilosa</i>	38
10	<i>Shorea pilosa</i>	35
10	<i>Shorea pilosa</i>	43
10	<i>Shorea pilosa</i>	40
10	<i>Shorea pilosa</i>	35
10	<i>Shorea pilosa</i>	29

4



PENGAWETAN

Pembuatan herbarium di lapangan

SPEKIMEN TUMBUHAN

Salah satu parameter yang didata saat melakukan analisis vegetasi adalah nama spesies dari tumbuhan yang diamati. Saat dilapangan, sering kali peneliti merasa kesulitan dalam mengidentifikasi dan memiliki keterbatasan waktu sehingga memerlukan identifikasi lanjut di laboratorium. Perwakilan dari organ-organ penting tumbuhan yang belum diidentifikasi tersebut dapat diawetkan menjadi herbarium. **Herbarium** adalah suatu koleksi spesimen tumbuhan yang diawetkan. Spesimen tersebut dapat berupa tumbuhan utuh atau bagian tumbuhan yang terdiri dari bagian vegetatif seperti akar, batang, daun, serta bagian generatif seperti bunga, buah, spora. Pengawetan dapat dilakukan dengan cara basah untuk organ tumbuhan yang berdaging dan mikroskopis seperti buah, spora, ataupun pengawetan kering untuk daun, batang dan akarnya.

A. Tahap Persiapan

Persiapan yang dilakukan saat melakukan sampling atau pengambilan data di lapangan diantaranya menyiapkan alat dan bahan untuk pengawetan spesimen. Alat dan bahan yang perlu dibawa diantaranya:

- gunting dahan untuk memotong spesimen atau bagian tumbuhan yang akan diawetkan,
- kertas koran, karton, atau amplop untuk membungkus spesimen,
- isolasi kertas dan doubletape untuk menempel spesimen di kertas koran,

- etiket, pensil, dan benang untuk mencatat waktu, lokasi dan data mengenai spesimen,
- sasak dan tali rafia untuk mengepres dan mengikat spesimen-spesimen yang diawetkan (gambar 22),
- teropong binokuler dan kamera untuk mengamati dan mendokumentasikan bagian tumbuhan yang terlalu tinggi dan sulit diamati langsung ,
- buku identifikasi Flora untuk mengidentifikasi tumbuhan langsung di lapangan dan tidak dapat diawetkan,
- plastik *trashbag* untuk membungkus dan melindungi spesimen dari air,
- alkohol 70% dan botol plastik bertutup untuk mengawetkan spesimen yang rentan rusak seperti spora atau lumut yang kecil.



Gambar 22. Sasak, koran, karton untuk mengepres spesimen

B. Teknis Pengawetan Spesimen Di Lapangan

Pembuatan herbarium hanya dilakukan pada spesimen yang benar-benar tidak dikenali. Organ yang diambil harus dapat menggambarkan morfologi sebenarnya, misalkan daun harus mencakup daun tunggal (gambar 23). Satu kertas koran digunakan untuk membungkus satu spesimen. Saat penempelan

atau mounting letakkan organ daun sebagian terlihat adaksialnya dan sebagian abaksialnya. Lekatkan isolasi pada bagian tengah organ daun atau batang karena bagian ujung atas dan bawah organ biasanya menjadi ciri khas pembeda suatu spesies. Buah, dan biji yang bulat dan sulit di masukan ke koran dapat dimasukan ke amplop. Penamaan di etiket penting sekali dilakukan untuk membedakan antar spesimen, lokasi dan waktu ditemukannya spesimen tersebut. kode spesimen sementara, lokasi dan identitas plot pengambilan, hari, tanggal, dan jam pengambilan.



Gambar 23. Pengawetan spesimen di lapangan

Beberapa tumbuhan yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengawetan karena posisi daun yang terlalu tinggi ataupun batang yang sangat besar dapat didokumentasikan dengan kamera atau membuat sketsa. Gambar sketsa diutamakan pada guratan batang, modifikasi batang dan akar, bentuk daun, bentuk percabangan, atau perkiraan tinggi tumbuhan. Saat di lapangan, peneliti juga dapat mencatat ciri yang hanya teramati di habitatnya, seperti persebaran populasi

yang mengelompok atau tersebar, serta warna-warna organ saat segar. Lakukan juga penelusuran disekitar tumbuhan untuk menemukan organ-organ yang terjatuh. Setelah dimasukan ke dalam koran, maka tumpuklah semua spesimen dengan sasak dan masukan ke dalam *trashbag* untuk melindungi dari tumpahan air.

Pengawetan spesimen tidak hanya secara kering tetapi juga dapat direndam dalam alkohol atau dikenal dengan awetan basah (gambar 24). Pengawetan dengan cara basah dilakukan untuk organ tumbuhan yang berdaging tebal dan mikroskopis seperti buah ataupun spora. Spesimen dimasukan ke dalam botol plastik atau kaca yang transparan, berisi alkohol 70%, dan tertutup rapat. Pelabelan dapat dilakukan di luar botol ataupun kertas etiket dapat dimasukan bersamaan dengan spesimen. Awetan basah tidak hanya dilakukan pada spesimen tumbuhan tingkat tinggi tapi umum digunakan pada spesimen lumut ataupun hewan.

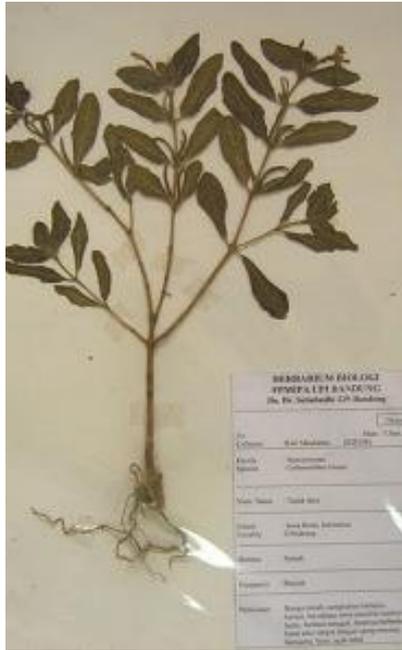


Gambar 24. Herbarium basah koleksi Museum Biologi UGM

C. Perlakuan Spesimen Di Laboratorium

Setibanya di laboratorium, spesimen langsung dikeringkan di dalam oven atau tungku pengeringan dengan panas yang diatur sekitar 40°C. Pengeringan harus segera dilakukan karena jika terlambat akan mengakibatkan material herbarium rontok daunnya dan cepat menjadi busuk karena jamur. Pengeringan juga dapat dilakukan bertahap dimana spesiemen dicelup terlebih dahulu di dalam air mendidih selama 3 menit atau dicelupkan ke dalam alkohol 70% kemudian dirapikan kembali lalu dimasukkan ke dalam koran, dipres dengan sasak, dan di oven. Selain alkohol 70%, senyawa lain yang dapat digunakan untuk mengawetkan spesimen adalah formalin atau sublimat HgCl jenuh. Setelah kering, material herbarium dirapikan kembali, dan kertas koran bekas pengeringan tadi diganti dengan kertas baru dan siap untuk diidentifikasi.

Setelah berhasil diidentifikasi, spesimen ditambahkan data lengkap seperti kode spesimen, nama kolektor, tanggal koleksi, suku, marga, jenis, dan lain sebagainya (gambar 25). Spesimen-spesimen herbarium dapat disimpan dalam tumpukan map dan dikelompokkan menjadi satu suku. Herbarium dapat dikoleksi di dalam kabinet atau kaleng anti api dan jamur (gambar 26). Di dalam kaleng atau kabinet atau ruang koleksi herbarium dapat ditambahkan naftalin atau kamper serta dilakukan fumigasi untuk mematikan serangga dan jamur pengganggu.



Gambar 25. Spesimen koleksi herbarium FMIPA UPI Bandung



Gambar 26. Koleksi kabinet herbarium Museum Biologi UGM

BAB V



Variasi bentuk hidup vegetasi di Taman Nasional Gunung Merapi

5

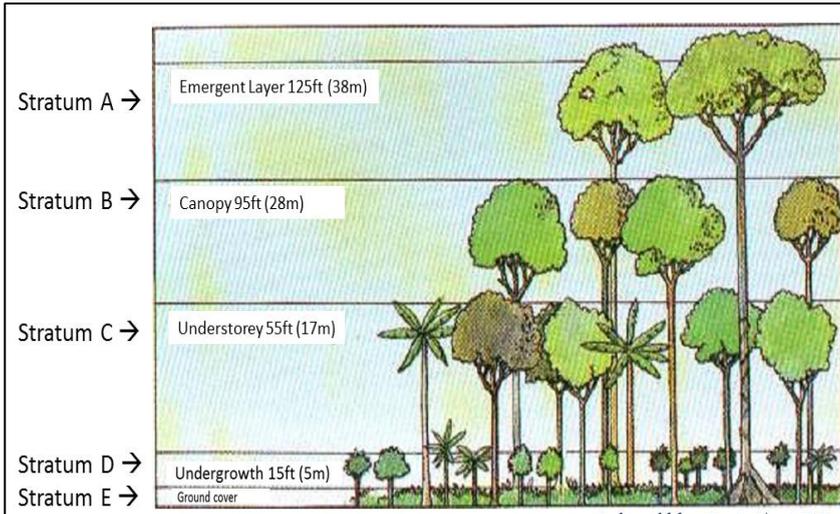
STRATIFIKASI DAN PROFIL VEGETASI

A. Stratifikasi Vegetasi

Selain pengambilan data vegetasi secara kuantitatif, diperlukan gambaran rill tentang kondisi komunitas vegetasi dilokasi penelitian. Bentuk penyajian gambarannya dapat berupa profil vegetasi. Profil vegetasi penting diketahui untuk melihat struktur dan persebaran vegetasi baik secara vertikal (stratifikasi) maupun horizontal. Dengan demikian, fungsi suatu spesies di dalam ekosistem tersebut akan terlihat. Dalam lingkup yang lebih luas, profil vegetasi dapat menggambarkan dominansi bentuk pertumbuhan suatu vegetasi sehingga dapat mengukur tahapan suksesi atau usia hutan dan lahan bervegetasi.

Stratifikasi adalah struktur atau susunan vertikal dari komunitas vegetasi penyusun hutan. Stratifikasi terjadi akibat kompetisi suatu jenis tertentu yang lebih dominan dari yang lainnya dan adanya sifat toleransi spesies terhadap sinar matahari sehingga memberi kesempatan spesies lain untuk terus tumbuh. Stratifikasi akan terlihat jelas di bioma hutan hujan tropis. Lapisan-lapisan vertikal yang terbentuk biasa disebut dengan stratum. sehingga membentuk struktur vertikal (gambar 24). Terdapat beberapa stratum dalam stratifikasi, diantaranya stratum A, stratum B, stratum C, stratum D, dan stratum E (gambar 27). Setiap stratum menunjukkan bentuk pertumbuhan

khas yang adaptif dan kompetitif dari komunitas vegetasi menyusun hutan.



Gambar 27. Struktur vertikal penyusun hutan tropis

Stratum merupakan lapisan-lapisan yang tersusun dari kelompok bentuk pertumbuhan vegetasi yang sama. Berikut merupakan penjelasan dari setiap stratum, diantaranya :

- a. **Stratum A** merupakan lapisan teratas terdiri dari pohon-pohon yang tingginya lebih dari 30 m atau biasa disebut **emergent layer**. Pepohonan tersebut biasanya memiliki batang lurus bebas cabang yang menjulang tinggi. Selain itu, pada waktu semai pohon pada stratum A biasa memerlukan naungan tetapi untuk pertumbuhan selanjutnya perlu cahaya yang cukup banyak. Beberapa kasus pepohonan ini mengalami fenomena *crown shyness* atau pembentukan celah antar tajuk. Fenomena ini biasa dialami pada pepohonan dari suku dipterocarpaceae, seperti *Dryobalanops aromatica* dengan tinggi mencapai 60 meter

yang tumbuh di hutan tropis Kalimantan. Para peneliti menilai fenomena tersebut memiliki keuntungan bagi spesies lain yang hidup dibawah naungan *emergent layer* untuk tetap memperoleh cahaya matahari yang menembuh celah tajuk mereka. Pohon-pohon emergent biasanya memiliki kerapatan atau jumlah individu yang kecil, ebebrapa mengelompok dan tersebar. Pada proses pengambilan data analisis vegetasi, stratum A biasa disebut juga dengan **pohon dewasa**.

- b. **Stratum B** merupakan lapisan vertikal kedua yang terdiri dari pohon-pohon dengan tinggi antara 20 – 30 m. Pohon pada stratum ini cenderung mendominasi dengan kerapatan tinggi di hutan primer. Ciri khas utamanya adalah batang pohon biasanya banyak memiliki cabang. Pada stratum ini pohon masih dapat menerima cahaya matahari dengan intensitas yang cukup tinggi. Jenis pepohonan pada stratum ini beberapa juga ada yang tahan naungan. Pada proses pengambilan data analisis vegetasi, stratum B biasa disebut juga dengan **tiang**.
- c. **Stratum C** merupakan lapisan vertikal ketiga yang terdiri dari pohon dengan tinggi 4 – 20 m. Pohon pada lapisan ini memiliki banyak cabang dan tahan naungan. Epifit seperti paku dan anggrek banyak yang bergantung kehidupannya pada pepohonan di stratum C. Pada proses pengambilan data analisis vegetasi, stratum C biasa disebut juga dengan **pancang**. Jika dalam analisis vegetasi bentuk hidup pohon didominasi oleh pancang atau pohon stratum C dan masih memiliki kerapatan tumbuhan bawah yang tinggi biasanya

kawasan hutan tersebut tergolong hutan sekunder muda yang masih mengalami suksesi akibat gangguan.

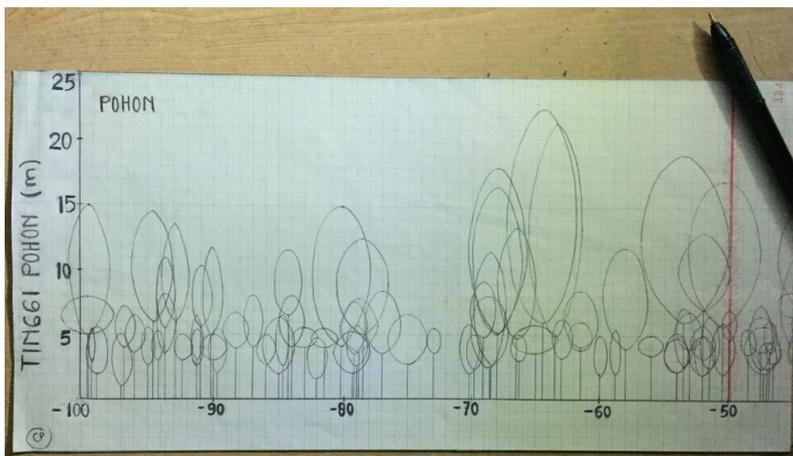
- d. **Stratum D** merupakan lapisan vertikal keempat yang terdiri dari lapisan **perdu (semak), atau semai (anakan pohon)** dengan tinggi 1 – 4 meter. Kelompok pada stratum ini suka sekali dengan intensitas cahaya yang tinggi. Jika dalam melakukan analisis vegetasi kerapatan stratum ini tinggi biasanya lokasi penelitian mengalami gangguan. Gangguan yang terjadi membuat tajuk hilang dan sinar matahari masuk menembus lantai tanah.

- e. **Stratum E** merupakan lapisan vertikal terbawah yang didominasi tumbuhan bawah seperti herba dengan tinggi 0 – 1 meter. Vegetasi pada lapisan ini sangat bergantung pada sinar matahari yang tinggi. Semakin rapat naungan disuatu hutan, maka menyebabkan kerapatan vegetasi pada stratum ini menjadi rendah. Sama halnya dengan stratum D, tingginya kerapatan vegetasi stratum E dapat diindikasikan lokasi penelitian mengalami gangguan. Pembukaan lahan, kebakaran, pohon tumbang, erosi dan gangguan lainnya menyebabkan intensitas cahaya sangat tinggi ke lantai hutan dan membuat vegetasi pada stratum E akan tumbuh pertama kali dan mendominasi area tersebut dilanjutkan dengan vegetasi stratum D. Jika pohon pada stratum C hingga A sudah banyak membentuk naungan yang rapat, maka kerapatan vegetasi stratum D dan E akan mulai berkurang.

B. Diagram Profil

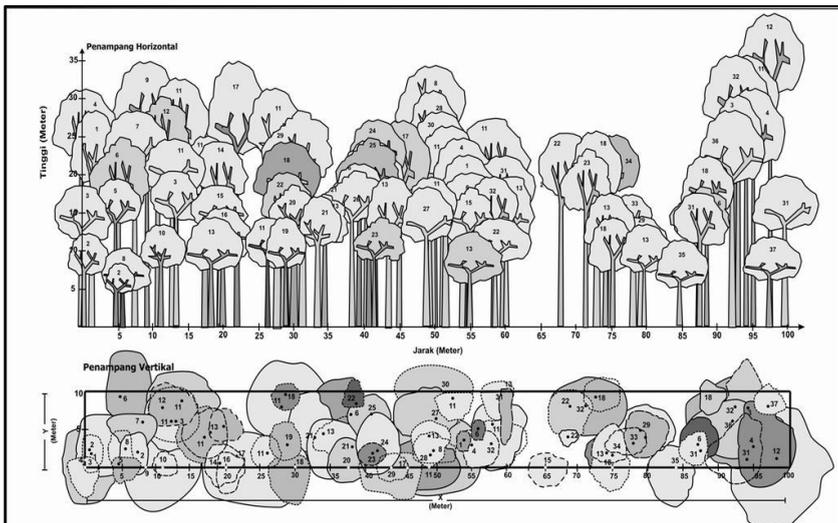
Salah satu metode untuk membuat stratifikasi atau struktur vertikal adalah dengan membuat diagram profil. Diagram profil adalah metode yang menggambarkan susunan ketinggian pohon dalam suatu plot dengan ukuran tertentu yang disajikan dalam bentuk sumbu x dan y. Plot yang digunakan untuk membuat diagram profil berbentuk persegi panjang dengan ukuran 10x100 meter, 20x100 meter atau menyesuaikan intensitas sampling.

Peletakan plot disesuaikan dengan lokasi penelitian dan capaian yang diinginkan. Setelah membuat plot petak, langkah berikutnya adalah mendata beberapa parameter pohon seperti posisi sumbu x dan y pohon, tinggi pohon, tinggi cabang pertama, tinggi munculnya daun pertama, lebar kanopi, dan *Diameter Breast High (DBH)*. Data yang sudah diperoleh di lapangan kemudian diinterpretasikan dalam kertas milimeterblok (gambar 28) atau *software* di komputer untuk menggambarkan kondisi pohon pada sumbu x dan y.



Gambar 28. Gambar diagram profil pada kertas milimeterblok

Terdapat dua jenis diagram profil, yaitu diagram profil vertikal maupun diagram profil horizontal. Pada plot percontohan 10x100 meter, sumbu x pada diagram profil vertikal dan horizontal adalah panjang plot 100 meter. Perbedaan terletak pada sumbu y, dimana diagram profil vertikal adalah tinggi pohon, sedangkan diagram profil horizontal adalah lebar plot 10 meter (gambar 29).



Gambar 29. Diagram profil vertikal (atas) dan diagram profil horizontal (bawah) (Suyanti, 2007)

BAB VI



Pengukuran DBH untuk estimasi stok karbon

6

BIOMASSA DAN

STOK KARBON TUMBUHAN

A. Hubungan Biomassa dan Karbon

Karbon merupakan salah satu materi yang penting bagi tumbuhan dalam proses fotosintesis. Hasil dari proses perombakan senyawa anorganik ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) menjadi senyawa organik ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) tersebut nantinya akan disimpan tumbuhan dalam bentuk biomassa sebagai energi potensial untuk tumbuh dan berkembang. Bagi vegetasi, biomassa merupakan ukuran kapasitas untuk mengakumulasi bahan organik. Sumber karbon penyusun tubuh makhluk hidup di daratan berasal dari tumbuhan di hutan.

Sebagai penyerap utama karbon di atmosfer, tumbuhan juga berpotensi menyimpan sejumlah karbon dalam tubuhnya atau dikenal dengan stok karbon atau karbon tersimpan. Ukuran pohon yang besar akan menyimpan karbon lebih banyak dari pada pohon berukuran kecil. Pohon besar yang berjumlah tiga persen di bumi ini bahkan dapat menyimpan separuh dari biomassa pada tumbuhan bumi. Jika terjadi kerusakan pada hutan yang disebabkan dari kebakaran, maka karbon yang tersimpan akan terlepas ke atmosfer sebagai sumber gas rumah kaca (GRK). Pengukuran jumlah karbon yang disimpan dalam tumbuhan hidup (biomassa) akan menggambarkan banyaknya CO_2 yang diserap, sedangkan pengukuran pada tumbuhan mati

(nekromas) akan menggambarkan CO₂ yang tidak dilepaskan ke atmosfer.

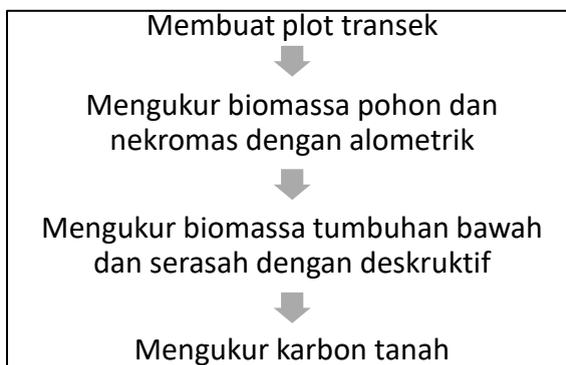
Cadangan karbon atau stok karbon (*carbon stock*) atau karbon tersimpan atau karbon terikat adalah kandungan karbon absolut dalam biomassa (tumbuhan) pada waktu tertentu dengan proporsinya terhadap biomassa total sebesar 46% . Kerapatan dan keanekaragaman tumbuhan, jenis tanah dan pengolahannya akan sangat mempengaruhi jumlah cadangan karbon yang tersimpan disetiap lahan. Biasanya kondisi karbon di dalam tanah akan mempengaruhi besaran cadangan karbon di atas permukaan. Sebagai contoh, jika kondisi tanah subur otomatis tegakan akan semakin besar. Jumlah cadangan karbon juga dipengaruhi proses fisiologis tumbuhan yaitu fotosintesis. Besarnya laju fotosintesis tegakan berhubungan dengan kandungan klorofil, jumlah stomata persatuan luas daun, dan umur tegakan. Semakin besar luas daun tegakan persatuan lahan akan semakin meningkatkan besarnya CO₂ yang diserap oleh tegakan. Biomasa tegakan juga akan terus meningkat sampai umur tertentu yang dinyatakan oleh perwakilan kelas diameter dan kemudian akan menurun sampai produktivitasnya terhenti atau mati.

Cadangan karbon pada ekosistem darat disimpan pada tiga kelompok yaitu **biomassa tumbuhan hidup**, **nekromas tumbuhan mati** dan **bahan organik tanah**. Biomassa tumbuhan hidup terbagi menjadi **biomassa di atas permukaan** dan **biomassa di bawah permukaan tanah**. Biomassa di atas permukaan tanah tersusun dari tegakan-tegakan utuh beserta organiknya seperti batang, ranting, tajuk, sulur, dan lain sebagainya. Biomassa di bawah permukaan tanah tersusun dari

akar hidup, baik akar besar dengan diameter diatas 2 cm maupun akar halus. **Nekromas tumbuhan mati** terdiri dari kayu mati serta serasah (guguran daun dan ranting yang tergeletak di permukaan tanah. Terakhir, **bahan organik tanah** dari permukaan hingga kedalaman 30 cm (termasuk rambut akan dan serasah halus yang sulit dipisahkan). Tanah merupakan substrat yang tersusun dari mineral hasil penguraian makhluk hidup sehingga menjadi bagian dari cadangan karbon.

B. Pengukuran Karbon Hutan

Pengukuran cadangan karbon di hutan dapat dilakukan dengan beberapa tahap. Pertama dengan membuat plot transek yang sudah diakui dalam pengukuran cadangan karbon hutan. Kedua dengan mengukur volume dan biomassa pohon dan nekromas batang yang umum dilakukan dengan bantuan persamaan alometrik. Ketiga dengan mengukur biomasa tumbuhan bawah dan serasah yang umum dilakukan dengan metode destruktif. Terakhir dengan mengukur karbon tanah. Total karbon di hutan dilakukan dengan menjumlah seluruh *carbonpool* pada gambar 30.



Gambar 30. Prosedur pengukuran cadangan karbon hutan

1. Pembuatan plot transek

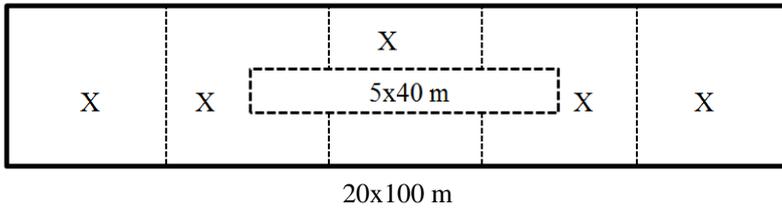
a. Vegetasi pohon

Plot transek untuk pengukuran biomassa dan stok karbon pohon di hutan dapat dimulai dengan pembuatan plot utama 20x100 m dan subplot 5x40 m didalamnya (gambar 31). Plot ukuran 20x100 m diperuntukan untuk pengukuran biomassa pohon besar dan plot ukuran 5x40 m untuk pengukuran pohon kecil serta nekromas. Adapun rincian pohon besar, pohon kecil, dan nekromas adalah sebagai berikut:

1. Pohon besar adalah tanaman berkayu dengan diameter batang > 30 cm
2. Pohon kecil adalah tanaman berkayu dengan diameter batang 5-30 cm

Beberapa modifikasi juga dilakukan, misalkan plot 20x100 digunakan untuk pengukuran pohon, sedangkan plot 5x40 m digunakan untuk pengukuran tiang, pancang, semai, serta nekromas. Adapun penjelasan masing-masing bentuk hidup tersebut antara lain:

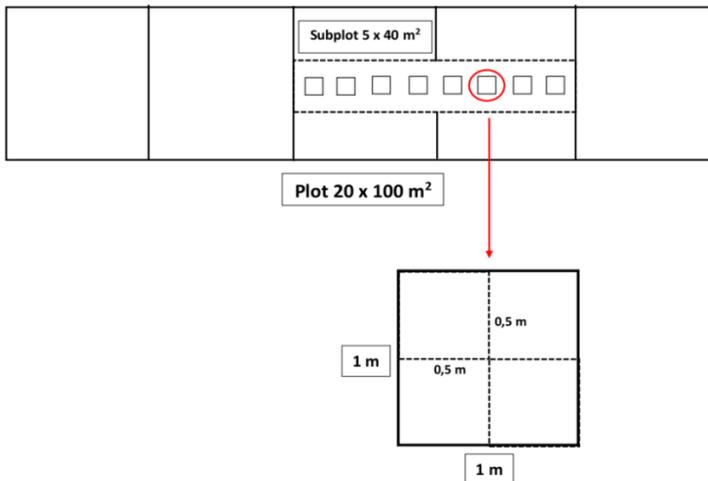
1. Tingkat pohon: kriteria DBH > 35 cm.
2. Tingkat tiang : kriteria DBH 10 cm - 35 cm.
3. Tingkat pancang : kriteria tinggi > 1,5 m, BDH < 10 cm.
4. Tingkat semai/ anakan pohon : tinggi hingga 1,5 m.



Gambar 31. Skema plot untuk pengukuran biomassa pohon

b. Vegetasi tumbuhan bawah

Dalam subplot ukuran 5 m x 40 m dibuat subsubplot ukuran 1 m x 1 m sebanyak 8 plot tiap lokasi yang digunakan untuk mengambil sampel tumbuhan bawah dan serasah (gambar 32).



Gambar 32. Plot untuk pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan serasah

2. Pengukuran biomassa tumbuhan

Pengukuran cadangan karbon pada tumbuhan dapat dilakukan dengan mengukur kadar total karbon pada suatu

tanaman setelah diketahui berat jenis, volume dan biomasanya. Pengukuran berat jenis dan biomassa tumbuhan dapat dilakukan dengan melakukan perusakan (metode destruktif) dan tanpa melakukan perusakan (metode non destruktif). Metode destruktif dilakukan dengan mengambil seluruh bagian tumbuhan dari ujung daun hingga ujung akar untuk mengukur berat jenis suatu tanaman. Metode ini umum digunakan pada tumbuhan bawah seperti herba, perdu kecil, paku tanah, anggrek tanah. Perusakan pada pohon biasa dilakukan di awal untuk kemudian ditentukan berat jenisnya dan dibuat persamaan alometriknya.

a) Biomassa pohon menggunakan metode nondestruktif

Spesimen pohon yang ditemukan di dalam plot didata beberapa parameternya seperti nama jenis, keliling batang / DBH, tinggi pohon, dan jumlah individu per spesies. Pengukuran keliling batang dapat dilakukan menggunakan meteran jahit pada ketinggian 130 cm, selanjutnya dikonversi ke dalam DBH (gambar 33). Pengukuran DBH dan tinggi pohon spesimen digunakan untuk menaksir volume pohon dengan rumus sebagai berikut :

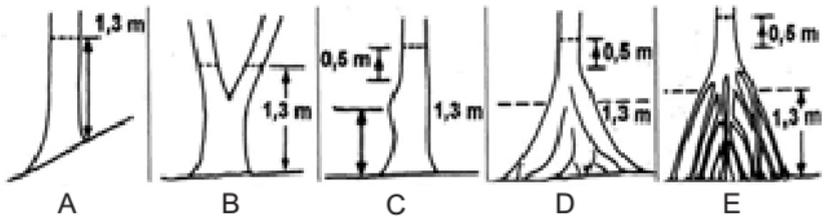
$$\text{Volume (cm}^2\text{)} = \pi r^2 t$$

keterangan :

π = 22/7 atau 3,14

r = jari-jari batang pohon atau $\frac{1}{2}$ x DBH (cm)

t = tinggi pohon (cm)



Gambar 33. Skema penentuan ketinggian pengukuran DBH
(Hairiah dan Rahayu, 2007)

Keterangan :

- Pohon pada lahan berlereng, letakkan ujung tongkat 1,3 meter pada lereng bagian atas
- Pohon bercabang sebelum ketinggian 1,3 meter, maka ukurlah DBH semua cabang yang ada
- Bila pada ketinggian 1,3 meter terdapat benjolan, maka lakukanlah penukuran DBH pada 0,5 meter setelah benjolan
- Bila pada ketinggian 1,3 meter terdapat banir (batas akar papan) ataupun akar tunjang maka lakukan pengukuran DBH pada 0,5 meter setelah banir dan tunjang tersebut. Namun bila banir tersebut mencapai ketinggian >3 meter, maka diameter batang diestimasi.

Selain itu, ditentukan pula berat jenis (BJ) kayu dari masing-masing jenis. Beberapa berat jenis kayu sudah diukur oleh peneliti terdahulu. Berat jenis yang belum diketahui dapat diukur dengan memotong kayu dari salah satu cabang, lalu diukur panjang, diameter, dan ditimbang berat basah. Masukkan ke dalam oven pada suhu 100 °C selama 48 jam dan ditimbang berat keringnya. Berat jenis kayu dapat diukur dengan rumus :

$$BJ \text{ (g/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Berat kering (g)}}{\text{Volume (cm}^2\text{)}}$$

Nilai biomassa pohon khusus di daerah dengan curah hujan 1500 – 4000 mm menurut Brown et al., dalam Hairiah *et al*, 2001 adalah sebagai berikut :

$$W \text{ (kg/m}^2 = \text{Mg/ha=ton/ha)} = 0,118 \times \text{DBH}^{2,53}$$

Pengukuran biomassa pohon untuk tumbuhan tropis di wilayah Indonesia dapat juga dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik menurut Brown dalam Sujarwo dan Darma (2011), yaitu :

$$B \text{ (kg/m}^2 = \text{Mg/ha=ton/ha)} = 0,1043 \times \text{DBH}^{2,6}$$

Pengukuran biomassa akar di bawah permukaan tanah yang berupa akar tunggang (besar) dapat dilakukan dengan mengukur diameter dasar area. Diameter dasar area dilakukan dengan mengukur keliling batang pohon tepat bagian bawah atau yang bersentuhan dengan permukaan tanah sebagai estimasi keliling akar tunggang. Keliling tersebut kemudian dikonversi menjadi diameter dan dilakukan penghitungan biomassa akarnya sesuai dengan perhitungan biomassa pohon.

b) Biomassa nekromas

Nekromas yang berada di dalam plot didata secara langsung jumlah individu per lokasi, tinggi nekromas (berdiri tegak maupun yang telah roboh), keliling batang dan apabila nekromas telah roboh maka dihitung keliling kedua ujungnya lalu dirata-ratakan. Pengukuran biomassa nekromasa (pohon

mati) dilakukan dengan menggunakan persamaan alometrik menurut Hairiah dkk. (2007), yaitu sebagai berikut:

$$*DBH = \frac{K \text{ rata-rata}}{\pi} \quad *(jika \text{ kondisi nekromas roboh})$$

$$K \text{ rata-rata nekromas} = \frac{\text{keliling ujung batang} + \text{keliling pangkal}}{2}$$

$$BK = \frac{\pi \pi H DBH^2}{40} \times \% \text{ pelapukan}$$

Keterangan :

BK = biomassa Nekromas (kg/nekromas)

K = keliling (cm)

H = panjang/tinggi nekromas (m)

% Pelapukan = tingkat pelapukan nekromas

c) Pengambilan data biomassa tumbuhan bawah

Pengukuran biomassa tumbuhan bawah dilakukan dengan metode destruktif. Tumbuhan bawah termasuk perdu atau semai yang berdiameter batang <5 cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan, gulma, herba, paku terestrial dan anggrek tanah yang terdapat di dalam plot kuadrat 0,5 m x 0,5 m (gambar 34) diambil sampel untuk diukur berat basah tanaman total. Kemudian oven sampel seberat 100 g pada suhu 80°C selama 48 jam hingga beratnya konstan. Berat keringnya ditimbang dan dicatat dalam blanko untuk dijadikan data.



Gambar 34. Plot 0,5x0,5 m didalam plot 1x1 m

d) **Pengambilan data biomassa serasah (nekromas non kayu)**

Serasah pada setiap plot diambil dan diukur berat basahya. Serasah tersebut kemudian diambil 100 g dan di masukan ke dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam. Setelah kering mencapai berat konstan, serasah ditimbang untuk mendapatkan berat kering. Merujuk pada Hairiah dan Rahayu (2007), menjelaskan bahwa terdapat persamaan lain yang dapat digunakan untuk menduga nilai biomassa tumbuhan bawah dan serasah, yaitu sebagai berikut ;

$$\text{Biomassa total (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{berat basah total} \times \text{berat kering subsampel}}{\text{Berat basah subsampel} \times \text{luas area}}$$

3. Pengukuran karbon tanah

Pengukuran kandungan karbon tanah merujuk pada metode Edwin (2016) dimana sampel tanah diambil dengan metode komposit menggunakan core sampler sampai kedalaman 0-10 cm. Perhitungan karbon tanah organik berdasarkan

perkalian dari persentase C organik, kerapatan tanah dan kedalaman tanah yang pernah diterapkan oleh Olsson dkk., (2009), Abera dan Meskel dalam Edwin (2016) sebagai berikut :

$$C_t = Kd \times \rho \times \% C \text{ organik}$$

Keterangan:

C_t = kandungan karbon tanah (gram/cm²)

Kd = kedalaman contoh tanah (cm)

ρ = kerapatan tanah (*bulk density*) (g/cm³)

% C organik = nilai persentase kandungan karbon di lab

Menurut MacDicken (1997), konsentrasi karbon tanah dapat diukur melalui analisa fisikokimia sampel tanah yang dicuplik menggunakan core sampler pada pengumpulan data pada plot 1x1 m. Stok karbon untuk setiap tapak penelitian merupakan penjumlahan dari stok karbon dari semua *carbonpool* dengan satuan ton/ Ha.

$$\text{Bulk Density (BD) (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{berat kering}}{\text{volume core sampler}}$$

$$\text{Karbon tanah (Mg/ha)} = \text{BD} \times 200 \text{ kg/m}^2 \times \text{konsentrasi C (\%)} \times 10$$

4. Total perhitungan karbon pada hutan

Seluruh data cadangan karbon yang diperoleh pada berbagai *carbonpool* bagian tumbuhan dan tanah dijumlahkan sehingga menjadi total karbon pada suatu unit plot di hutan. Khusus biomassa tumbuhan, penjumlahan biomassa pohon, tumbuhan bawah, nekromas dan serasah dijumlah lalu dikalikan 46% sebagai estimasi cadangan karbon di suatu tumbuhan. Detail perhitungan total karbon hutan dapat dilihat pada tabel4.

Tabel 4. Perhitungan total karbon hutan dalam plot unit

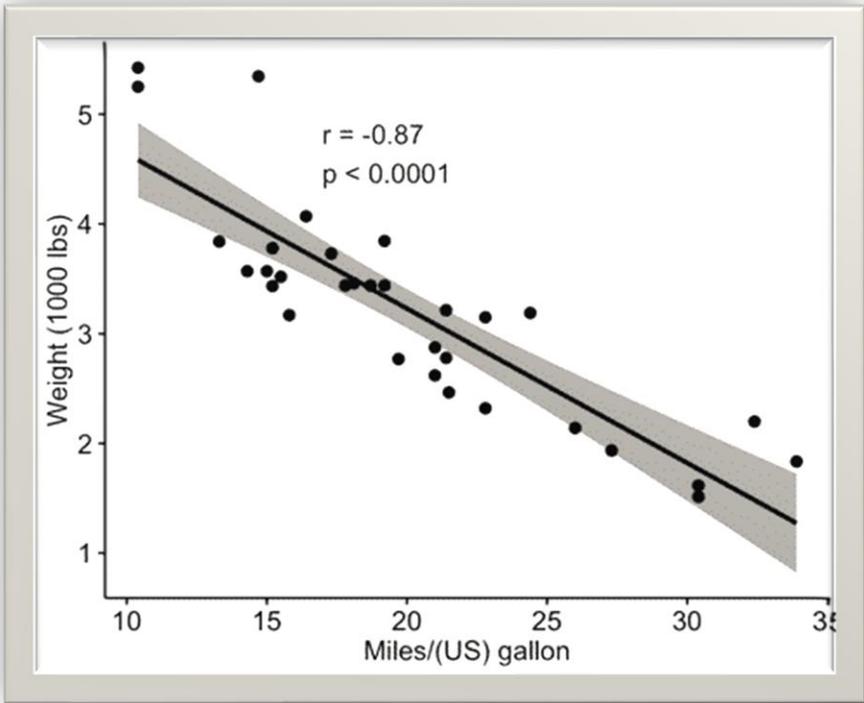
Unit plot	Biomassa		Nekromas berkayu	Nekromas tidak berkayu	Total biomassa tumbuhan (I+II+III+IV)	Total cadangan karbon tumbuhan (Vx0,46)	Total cadangan karbon tanah	Total cadangan karbon per unit plot (VI+VII)
	Pohon (tajuk+akar)	Tumbuhan bawah (tajuk+akar)	Batang pohon mati (tegak/roboh)	serasah				
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(IX)

Jumlah taksiran karbon yang tersimpan dalam setiap ekosistem berbeda-beda. Sebagai contoh pada tabel 5 karbon akan optimal tersimpan di ekosistem hutan hujan tropis yang memiliki karakter vegetasi dengan batang besar dan tinggi dan kandungan organik tanah yang tinggi. Dilain pihak, eksoistem gurun akan memiliki kandungan karbon yang sangat kecil.

Tabel 5. Cadangan karbon pada tiap ekosistem

Ekosistem	Karbon pada biomassa tumbuhan (ton/ha/tahun)	Karbon tanah (ton/ha/tahun)
Hutan hujan tropis	11	80
Hutan temperate	6	100
Padang rumput temperate	0,4	150
Gurun	0,01	1

BAB VII



7

UJI STATISTIK

DATA PENELITIAN

A. Tahapan Uji Statistik

Setiap penelitian lapangan, baik yang eksperimental, survey ataupun pengamatan langsung akan menghasilkan data yang perlu diuji statistiknya. Uji-uji statistik digunakan untuk melakukan validasi data untuk membuktikan bahwa data tersebut telah sesuai kriteria yang ditetapkan. Uji statistik digunakan di bidang biologi untuk memudahkan peneliti menceritakan data penelitian dengan bahasa sederhana ke masyarakat umum.

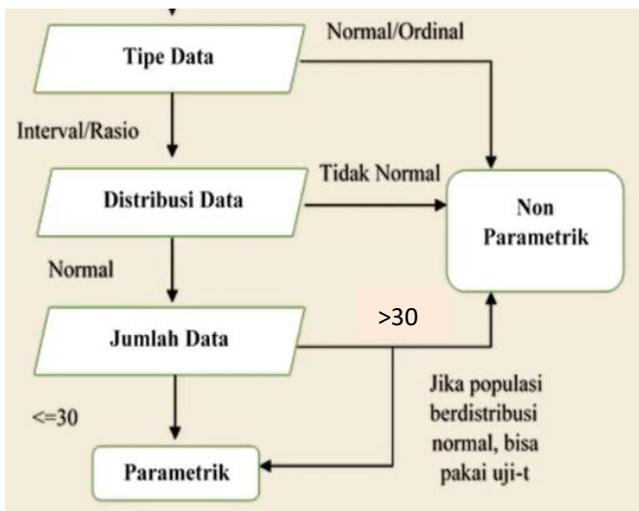
Pengujian kuantitatif komunitas vegetasi biasanya dikelompokkan ke dalam tiga kategori yaitu :

1. Pendugaan komposisi vegetasi suatu area dan membandingkan dengan area lain atau area yang sama dalam waktu berbeda
2. Menduga tentang keanekaragaman jenis suatu area
3. Melakukan korelasi antara komunitas vegetasi dengan faktor lingkungan tertentu atau beberapa faktor lingkungan

Rumus-rumus yang sudah disajikan di bab 3 digunakan untuk menganalisis data vegetasi baik dalam menentukan jenis apa saja yang mendiami suatu area, jenis apa saja yang mendominasi, hingga tingkat keanekaragaman suatu komunitas. Pengujian data abiotik lingkungan yang wajib diukur dalam setiap penelitian

lapangan belum memiliki rumus khusus tersendiri, sehingga diperlukan pengujian dengan metode lain yaitu statistik. Dalam statistika, data abiotik lingkungan diuji untuk memperoleh korelasi dengan data komunitas vegetasi. Statistika juga dapat digunakan untuk menguji hasil sesama data parameter vegetasi apakah memiliki beda nyata atau tidak.

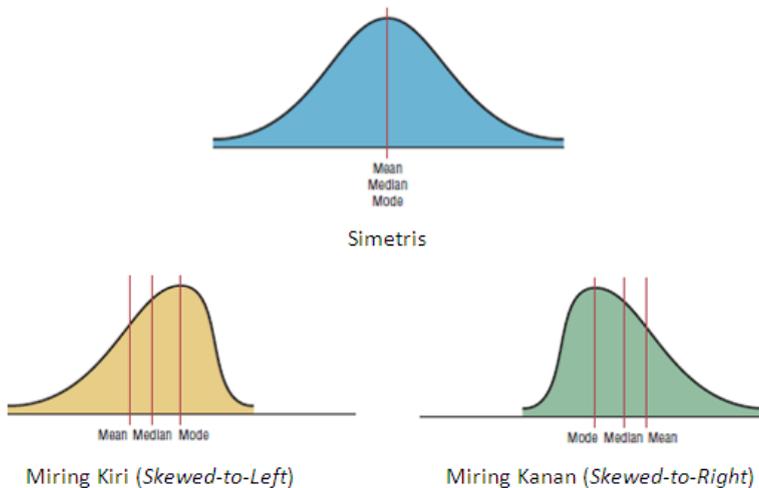
Langkah awal yang harus dilakukan sesaat setelah mendapatkan data adalah melakukan pengecekan tipe data, distribusi data, dan jumlah data. Setelah melakukan pengecekan ketiga komponen tersebut maka data dapat diuji menggunakan metode parametrik atau non parametrik. Metode parametrik digunakan untuk data dengan skala/ tipe interval dan rasio, terdistribusi normal dan homogen, serta data berjumlah kurang dari sama dengan 30 (gambar 35).



Gambar 35. Tahapan uji statistik

B. Uji Normalitas dan Uji Homogenitas

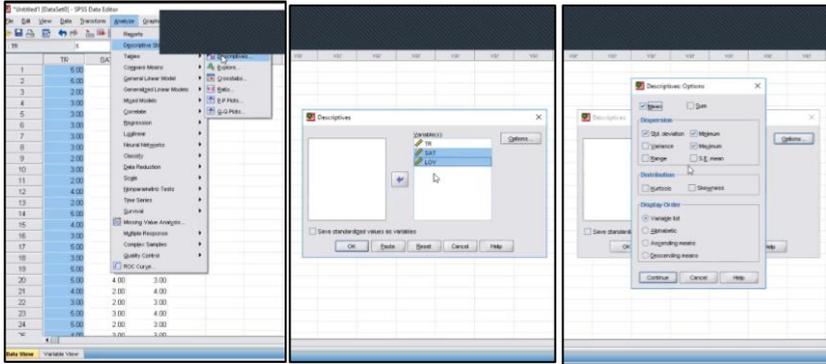
Uji normalitas dan uji homogenitas digunakan sebagai syarat dari uji parametrik. Uji normalitas digunakan untuk menentukan data diambil dari populasi yang normal dan memiliki kurva distribusi yang berbentuk lonceng atau simetris (gambar 36). Uji normalitas akan berbeda pada setiap jenis metode parametrik. Pada uji regresi linear ganda, yang diuji normalitas adalah residual. Pada uji t-independen, yang diuji adalah variabel terikat per kelompok. Pada uji t- paired, yang diuji adalah selisih antara dua data yang berpasangan. Jika syarat normalitas tidak terpenuhi atau dengan kata lain tidak berdistribusi normal, maka kita bisa menggunakan uji alternatif dengan uji non parametris.



Gambar 36. Data terdistribusi normal dan tidak normal (Website Statsdata, 2018)

Melalui program SPSS, uji normalitas dapat dilakukan menggunakan uji Kolmogorov Smirnov, uji Lilliefors, Uji Shapiro Wilk, Uji Shapiro Francia, Uji Anderson Darling, Uji Ryan Joiner, Uji Jarque Bera, Uji Skewness Kurtosis, PP Plot, QQ Plot, Detrend

QQ Plot. Langkah yang dilakukan dalam SPSS adalah analyze-descriptive statistic-descriptives (gambar 37).



Gambar 37. Langkah-langkah uji normalitas *descriptive statistic*

Pada tahapan pengambilan data, suatu data dapat dikatakan terdistribusi normal jika memiliki p -value (Sig) $> 0,05$. Pada tabel 6 dapat dilihat contoh hasil uji normalitas suatu data menggunakan uji Kolmogorov Smirnov dan uji Shapiro Wilk. p -value (Sig) pada data TR dan SAT mayoritas $< 0,05$ sehingga data tersebut tidak terdistribusi normal. Nantinya uji yang dilakukan harus menggunakan uji-uji pada metode non-parametrik

Tabel 6. Hasil uji normalitas

Tests of Normality							
	LOY	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TR	1	.311	7	.039	.720	7	.006
	2	.181	17	.144	.884	17	.037
	3	.401	53	.000	.669	53	.000
	4	.414	49	.000	.634	49	.000
	5	.539	22	.000	.221	22	.000
SAT	1	.324	7	.025	.744	7	.011
	2	.303	17	.000	.845	17	.009
	3	.245	53	.000	.884	53	.000
	4	.230	49	.000	.897	49	.000
	5	.275	22	.000	.834	22	.002

a. Lilliefors Significance Correction

Uji homogenitas juga biasa dijadikan syarat dalam uji parametrik, tetapi uji homogenitas tidak selalu digunakan. Uji homogenitas hanya digunakan pada uji parametris yang menguji perbedaan antara kedua kelompok atau beberapa kelompok yang berbeda subjeknya atau sumber datanya. Uji homogenitas diperlukan sebagai asumsi dari uji independen t test dan uji Anova, sedangkan pada uji regresi linear, homogenitas tidak diperlukan sebagai syarat sebab uji regresi linear tidak menguji perbedaan beberapa kelompok.

Uji homogenitas yang umum digunakan pada program SPSS yaitu uji Levene test, Fisher F dan Bartlett Test (tabel 7). Jika data menunjukkan tidak homogen atau nilai Sig < 0,05, maka langkah selanjutnya harus beralih menggunakan uji-uji pada metode non parametrik. Data tidak homogen dapat dikatakan pula variansi datanya tidak sama. Jika p-value (Sig) > 0,05 maka data homogen dan dapat dilanjutkan dengan uji-uji pada metode parametrik.

Tabel 7. Contoh hasil nilai Levene test

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.956	2	13	.015

C. Uji-Uji Parametrik Dan Non-Parametrik

Terdapat dua buah metode pengujian dalam statistika yaitu parametrik dan non parametrik. Metode parametrik digunakan untuk data-data dengan distribusi normal dan homogen. Selain itu, syarat pendahuluan dari metode parametrik diantaranya:

1. Data terdistribusi normal
2. Berasal dari sampel acak (random)
3. Skala pengukurannya berupa kontinu atau nominal yang diubah menjadi proporsi

Metode non parametrik digunakan untuk menguji data yang tidak terdistribusi normal dan tidak homogen baik satu kelompok atau seluruh kelompok. Metode non parametrik juga digunakan jika terdapat salah satu syarat yang tidak termasuk ke dalam metode parametrik.

Hal yang diuji pada statistika parametrik adalah hipotesis. Sebagai contoh jika terdapat penelitian mengenai perbedaan kerapatan antara rumput dan pancang pada lahan bekas kebakaran hutan, maka hipotesis (H_0) dari penelitian ini adalah kerapatan rumput lebih besar daripada kerapatan pancang. Melalui uji parametrik, maka hipotesis (H_0) tersebut akan diuji diterima atau di tolak. Langkah-langkah uji hipotesis pada metode parametrik diantaranya :

1. Menetapkan hipotesis
2. Menentukan uji statistik yang sesuai
3. Menentukan batas signifikansi α

4. Menentukan daerah kritis penolakan H0
5. Keputusan untuk H0
6. Penarikan kesimpulan

Uji statistik secara manual kini mulai digantikan dengan menggunakan program seperti SPSS. Pada SPSS terdapat banyak jenis dalam uji parametrik dan non parametrik (tabel 8). Uji-uji tersebut dapat digunakan dengan prasyarat yang terlebih dahulu harus dipenuhi. Ragam uji hipotesis tersebut dibedakan sesuai dengan tujuan pengujian (pembanding, uji regresi atau korelasi), jumlah kelompok yang akan diuji (2 kelompok atau lebih), serta hubungan kelompok tersebut (bebas atau berhubungan).

Tabel 8. Uji parametrik dan non parametrik

Uji Hipotesis	Parametrik	Non-parametrik
Uji beda (2 kelompok berhubungan)	Uji t-paired	Uji sign Wilcoxon Mc. Nemar
Uji 2 kelompok bebas	Uji t- independent	Mann-Whitney U Kolmogorov Smirnov Wilcoxon Rank Sum Run Wald-wolfowitz Chi-square
Uji > 2 kelompok berhubungan		Uji Friedman Uji keselarasan Kendal Uji Cochran
Uji > 2 kelompok bebas	Anova one way Anova two way Mannova	Kruskal-Wallis Medium test
Asosiasi (hubungan variabel 2 sampel)	Korelasi Regresi	Chi-square
Uji korelasi (Uji hubungan)	Pearson Product Moment	Speaeman Kendall

D. Contoh Uji Parametrik

1. Uji t sampel berpasangan (t-paired)

Uji ini dilakukan jika data sampel berpasangan atau dengan kata lain ada nilai pre dan post test nya. Contoh sederhana ingin menguji nilai kerapatan semai atau anakan pohon sebelum dan setelah musim hujan. Uji t-paired digunakan untuk menguji perbedaan *mean* antara 2 kelompok data berpasangan. Syarat uji t-paired adalah data harus terdistribusi normal, data berpasangan dan variabel datanya numerik dan kategori. Langkah uji t-paired yaitu analyze-compare mean- paired sampel t-test. Setelah muncul dialog box, pindahkan variabel sebelum dan setelah ke kolom paired variabel dan pilih ok.

Melihat dari penjelasan website spssindonesia (2016) pada gambar 38, terlihat adanya perbedaan mean pre test dan post test yaitu sebesar 54,62 dan 67,69. Nilai correlation sebesar 0,350 dengan sig sebesar 0,242 atau lebih besar dari 0,05 menandakan bahwa tidak ada hubungan antara variabel pre-test dan post-test. Selanjutnya pada kolom sig (2 tailed) terlihat p-value (sig) < 0,05 dimana hasil tersebut menyatakan bahwa H0 di tolak.

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pre Test	54,62	13	10,300	2,857
	Pos Test	67,69	13	10,727	2,975

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Pre Test & Pos Test	13	,350	,242

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Pre Test - Pos Test	-13,077	11,996	3,327	-20,326	-5,828	-3,930	12	,002

Gambar 38. Contoh hasil uji t-paired

2. Uji Korelasi Bivariate Pearson

Uji korelasi digunakan untuk melihat hubungan antar variabel. Dalam penelitian ekologi, uji korelasi digunakan untuk melihat hubungan antara data parameter vegetasi (kelimpahan, kerapatan, nilai penting, indeks keanekaragaman) dengan data abiotik lingkungan. Uji korelasi tidak hanya bersifat searah, tetapi dua arah. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi untuk menggunakan uji korelasi pearson antara lain tipe datanya harus berupa interval atau rasio, kemudian data terdistribusi normal dan terdapat hubungan yang linear antar variabel penelitian.

Hasil uji korelasi bivariate dapat dinyatakan dengan nilai koefisien korelasi (*Pearson correlation*) baik yang bersifat positif maupun negatif. Koefisien korelasi memiliki rentang nilai sebesar -1 hingga 1 (gambar 39). Jika nilai *Pearson correlation* nya adalah nol (0), maka tidak ada hubungan atau korelasi antara kedua variabel. Jika nilai *Pearson correlation* nya adalah satu (1), maka hubungan atau korelasi antara kedua variabel

sangat kuat dan searah. Jika nilai *Pearson correlation* nya adalah minus 1 (-1), maka hubungan atau korelasi antara kedua variabel sangat kuat tetapi berlawanan. Langkah-langkah dalam mengoperasikan pengujian data dengan uji korelasi pearson yaitu analyze – correlate – bivariate. Pada kolom bivariate correlation masukan semua variabel ke dalam kolom Variables (abiotik 1, abiotik 2, kelimpahan), lalu pilih Pearson, two –tailed, dan flag significant correlations, lalu ok.

Correlations

		Abiotik 1	Abiotik 2	Kelimpahan
Abiotik 1	Pearson Correlation	1	,788**	,796**
	Sig. (2-tailed)		,002	,002
	N	12	12	12
Abiotik 2	Pearson Correlation	,788**	1	,908**
	Sig. (2-tailed)	,002		,000
	N	12	12	12
Kelimpahan	Pearson Correlation	,796**	,908**	1
	Sig. (2-tailed)	,002	,000	
	N	12	12	12

Gambar 39. Contoh hasil uji korelasi bivariate Pearson

Pada contoh hasil uji korelasi gambar 38, dapat dilihat beberapa pernyataan, yaitu :

1. Berdasarkan nilai p -value (sig 2-tailed), dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan atau korelasi yang signifikan antara abiotik 1 dan abiotik 2 dengan kelimpahan. Hal tersebut dinyatakan dengan nilai sig (2-tailed) kedua abiotik yang bernilai $< 0,05$.
2. Berdasarkan nilai r hitung (*Pearson correlation*) yang dibandingkan dengan r tabel (tabel 9), dapat disimpulkan ada hubungan atau korelasi antara abiotik 1 dengan

kelimpahan, serta abiotik 2 dengan kelimpahan. Hal tersebut dinyatakan dengan nilai r hitung $>$ r tabel, yaitu $0,796 > 0,576$ dan $0,908 > 0,576$. Selain itu, nilai r hitung yang positif menandakan bahwa hubungan antara kedua variabel adalah searah. Searah yang dimaksud adalah semakin meningkatnya abiotik 1 maka kelimpahan juga akan meningkat. Nilai r tabel dapat ditemukan dengan menelusuri N sejumlah 12 dengan signifikansi 5%.

Tabel 9. Ditribusi nilai r tabel dengan signifikansi 5% dan 1%

Distribusi Nilai r_{tabel}		
Signifikansi 5% dan 1%		
N	The Level of Significance	
	5%	1%
3	0.997	0.999
4	0.950	0.990
5	0.878	0.959
6	0.811	0.917
7	0.754	0.874
8	0.707	0.834
9	0.666	0.798
10	0.632	0.765
11	0.602	0.735
12	0.576	0.708
13	0.553	0.684
14	0.532	0.661
15	0.514	0.641

- Berdasarkan tanda bintang (*) SPSS yang terdapat pada *Pearson correlation*, dapat disimpulkan jika terdapat dua tanda bintang (**) berarti terdapat hubungan atau korelasi antara variabel abiotik 1 dengan kelimpahan.



BAB VIII

8



PENGUKURAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

Ekosistem di bumi ini dibagi menjadi 3, yaitu ekosistem terrestrial (daratan), perairan, dan estuarin (payau). Dari ketiga ekosistem tersebut, ekosistem perairanlah yang memiliki luasan paling luas di bumi ini. Ekosistem perairan terbagi menjadi beberapa macam, diantaranya laut, sungai, danau, waduk dan lain sebagainya. Dari beberapa ekosistem tersebut, ekosistem yang memiliki hubungan erat dengan kehidupan dengan manusia adalah ekosistem sungai.

A. Ekosistem Sungai

Sungai merupakan salah satu habitat air tawar yang bersifat lotik. Komunitas biotik di sungai berbeda sekali dengan di kolam yang merupakan habitat lentik. Terdapat tiga kondisi yang membedakan sungai dari kolam, yaitu :

1. Arus merupakan faktor pengendali dan pembatas utama pada ekosistem sungai. Kecepatan arus berbeda-beda di tempat-tempat yang berbeda sungai (baik longitudinal maupun transversal terhadap sumbu) dan pada waktu yang berbeda-beda. Kecepatan arus ditentukan oleh kecuraman gradien permukaan, halus kasarnya dasar sungai serta kedalaman dan lebar dasar sungai.
2. Proses-proses pertukaran antara tanah dan air relatif intensif di sungai yang mengakibatkan ekosistem sungai bersifat lebih "terbuka" dan metabolisme komunitasnya bersifat "heterotrofik".
3. Oksigen di sungai lebih seragam, dan sedikit sekali atau sama sekali tidak didapatkan stratifikasi suhu atau kimia. Walaupun jasad-jasad sungai menghadapi kondisi-kondisi ekstrim yang bertalian dengan suhu dan arus bila dibandingkan dengan jasad-jasad kolam atau danau,

namun kandungan oksigen air sungai pada umumnya tidak mengalami kisaran yang besar. Dangkalnya air, luas permukaan air dan air yang selalu bergerak kesemuanya mengakibatkan kandungan oksigen air sungai sangat tinggi, sekalipun tidak terdapat tumbuhan hijau dalam air sungai. Tetapi hal itu justru mengakibatkan rendahnya daya toleransi jasad-jasad sungai terhadap perubahan-perubahan dalam kandungan oksigen, dan terutama terhadap kandungan oksigen yang rendah jasad-jasad sungai sangat peka. Konsentrasi oksigen terlarut tergantung pada suhu perairan dan arus.

Keberadaan sungai bagi makhluk hidup di bumi ini memiliki banyak peran penting. Selain sebagai sumber utama air minum, sungai juga dapat berperan menjadi *supplier* oksigen bagi makhluk hidup dikarenakan adanya fitoplankton yang terdapat pada ekosistem sungai tersebut. Selain digunakan sebagai sumber kehidupan dan *supplier* oksigen, dewasa ini penggunaan sungai sudah banyak dilakukan oleh manusia. Pemanfaatan sungai yang sudah dilakukan oleh manusia dewasa ini diantaranya sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), irigasi lahan persawahan, tambak ikan, dan lain sebagainya. Selain pemanfaatan yang memiliki dampak positif, manusia juga memanfaatkan sungai yang justru pemanfaatannya dapat merusak kelestarian dari ekosistem sungai tersebut. Contoh pemanfaatan tersebut diantaranya sebagai tempat untuk mandi, mencuci pakaian, dan buang air. Residu dari sabun mandi atau sabun cuci akan dapat mengurangi tingkat keanekaragaman hayati yang terdapat pada ekosistem sungai, terutama keanekaragaman hewani. Hal ini dikarenakan sifat sabun yang

basa akan dapat merubah pH air sungai. Perubahan pada pH air sungai akan menyebabkan kematian bagi biota yang tidak mampu beradaptasi dengan tingkat pH yang rendah.

Permasalahan lain selain residu sabun mandi dan sabun cuci adalah penumpukan material organik, dalam hal ini kotoran manusia, yang dapat menyebabkan terjadinya proses *eutrofikasi*. Eutrofikasi merupakan peristiwa meledaknya populasi organisme pada suatu ekosistem sungai. Apabila populasi salah satu organisme meledak, maka akan menimbulkan kompetisi dengan organisme lainnya yang lebih minor dan akan menekan laju pertumbuhan organisme lain. Adanya peristiwa ini merupakan indikasi adanya pencemaran sungai, terutama polutan berbahan organik. Biasanya indikator ada tidaknya eutrofikasi pada suatu ekosistem sungai dengan melihat jumlah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes* L.) pada ekosistem perairan tersebut.

Permasalahan penurunan keanekaragaman hayati pada ekosistem sungai sudah banyak terjadi dewasa ini, terutama di Indonesia. Baik akibat dari ulah tangan manusia atau karena bencana alam. Perubahan iklim global juga menjadi salah satu penyebab berkurangnya keanekaragaman hayati di ekosistem sungai. Berkurangnya keanekaragaman pada ekosistem sungai tentunya juga akan memengaruhi persebaran organisme di dalamnya. Salah satu cara untuk menentukan pola persebaran (distribusi) organisme perairan dengan cara metode tanpa plot (*plotless*) dan perhitungan Hopkins.

Perhitungan Hopkins dapat digunakan untuk menentukan pola persebaran suatu organisme. Rumus dari perhitungan Hopkins adalah sebagai berikut:

$$h = \sum (x_i^2) / \sum (r_i^2)$$

Keterangan : :

h Tes Hopkins terhadap pola pemencaran

x_i = Jarak titik (pasak) terhadap Gastropoda (organisme) terdekat

r_i = Jarak terdekat antar Gastropoda (organisme) yang sejenis.

Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan Hopkins tersebut, kemudian ditentukan Indeks Hopkins dengan rumus:

$$Ih = \frac{1}{1 + h}$$

Apabila setelah perhitungan didapatkan Indeks Hopkins bernilai antara 0 – 0,39 maka persebaran dari organisme tersebut memiliki pola persebaran seragam. Apabila nilainya 0,4 – 0,69 maka persebaran organisme tersebut acak dan apabila nilai Indeks Hopkinsnya 0,7 – 1 maka berpola mengelompok. Apabila didapatkan pola persebaran secara acak, maka perkiraan besar populasi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$N_1 = \frac{n}{\pi \sum (x_i^2)}$$

$$N_2 = \frac{n}{\pi \sum (r_i^2)}$$

Variansi $1/N_1$ atau $1/N_2$

$$SE = \frac{\text{Variansi}}{n}$$

Apabila pada perhitungan Indeks Hopkins didapatkan hasil yang selain acak, maka untuk menentukan besar populasi menggunakan rumus Diggle:

$$N_1 = \frac{n}{\pi \sum (x_i^2)}$$

$$N_2 = \frac{n}{\pi \sum (r_i^2)}$$

$$N_3 = \sqrt{N_1 \cdot N_2}$$

$$\text{Variansi } \frac{1}{N_3} = \frac{\left(\frac{1}{N_3}\right)^2}{n}$$

$$SE \frac{1}{N_3} = \sqrt{\frac{\text{variansi} \left(\frac{1}{N_3}\right)}{n}}$$

Keterangan :

- N₁ : Perkiraan densitas populasi berdasarkan titik (pasak)
- N₂ : Perkiraan densitas populasi berdasarkan jarak antara sesama jenis yang terdekat
- N₃ : Perkiraan densitas populasi metode Diggle dalam Krebs (1989)
- N : Ukuran sampel
- x_i : Jarak titik (pasak) terhadap Gastropoda (organisme) terdekat
- r_i : Jarak terdekat antara Gastropoda (organisme) yang sejenis
- SE : Standar error

B. Ekosistem Terestrial (daratan)

Ekosistem terestrial merupakan ekosistem yang terdiri dari daratan, baik itu berupa gurun, lahan, bukit, dataran rendah ataupun dataran tinggi. Ekosistem daratan merupakan ekosistem terbesar kedua setelah ekosistem perairan di muka bumi ini. Walaupun merupakan ekosistem terbesar kedua, akan tetapi sebagian besar makhluk hidup, terutama manusia, menghuni ekosistem ini. Perubahan yang diakibatkan pemenuhan kebutuhan untuk hidup sangat terlihat pada sebagian besar ekosistem daratan ini.

Dewasa ini banyak lahan yang sudah berubah fungsinya. Misalkan yang pada awalnya berupa hutan primer ataupun rawa, dewasa ini sudah berubah menjadi lahan pertanian ataupun

permukiman manusia. Semakin banyak lahan yang berubah fungsinya tentu akan mengganggu kestabilan dan kesetimbangan keanekaragaman hayati pada suatu ekosistem. Banyak kasus yang sudah terjadi akibat dari alih fungsi lahan ini. Sebagai contoh adalah meledaknya populasi ulat bulu karena ketiadaan pemangsa alami dari ulat tersebut. Atau kepunahan suatu spesies binatang yang diakibatkan hilangnya habitat alaminya yang telah berubah menjadi permukiman warga.

Sebagai salah satu upaya dalam menjaga keanekaragaman hayati, terutama yang berada di ekosistem daratan, tentunya perlu dilakukan survey untuk menginventarisasi keragaman jenis organisme pada suatu habitat. Penentuan survey, jumlah plot dan besaran plot sudah dijelaskan pada Bab sebelumnya. Akan tetapi, yang perlu diperhatikan adalah luasan plot yang digunakan untuk survey keanekaragaman hewan biasanya lebih kecil dibandingkan luasan plot untuk survey keanekaragaman tumbuhan. Hal ini didasarkan pada tingkat mobilitas hewan dibandingkan tumbuhan. Sehingga hal ini akan memengaruhi luasan plot dan jumlah plot yang digunakan. Luasan plot untuk survey keanekaragaman hewan memang lebih kecil dibandingkan dengan yang tumbuhan, akan tetapi untuk jumlah yang digunakan lebih banyak dibandingkan jumlah plot pada perhitungan survey keanekaragaman tumbuhan. Selain itu, untuk rumus yang digunakan sama, yaitu Indeks Shannon Wiener, akan tetapi terdapat sedikit perbedaan untuk mendapatkan hasilnya. Apabila pada perhitungan H' pada tumbuhan menggunakan **log**, perhitungan H' pada hewan menggunakan **ln**. INP pada tumbuhan juga dapat dicari dengan menambahkan kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi

relatif. Sedangkan pada hewan, untuk INP cukup hanya dengan menambahkan **kerapatan relatif** dan **frekuensi relatif** saja. Sehingga rumus H' untuk keanekaragaman hewan menjadi:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Keterangan :

H' = Indeks Diversitas

p_i = $\frac{n}{N}$

n = Nilai penting suatu jenis

N = Jumlah nilai penting seluruh jenis

Akan tetapi, apabila pada suatu saat hanya diketahui jumlah individunya saja, untuk menghitung H' dapat dilakukan secara langsung. Perhitungannya dapat dilakukan dengan cara **membagi** jumlah individu suatu spesies dengan jumlah individu total spesies yang ditemukan untuk menentukan **p_i** .

$$p_i = \frac{\text{Jumlah individu suatu spesies}}{\text{Total individu seluruh spesies}}$$

Selain mengukur tingkat keanekaragaman, kita juga dapat mengukur biomassa spesies pada suatu ekosistem daratan. Pengukuran biomassa ditujukan untuk mengetahui laju percepatan dekomposisi serasah. Biasanya pengukuran biomassa dilakukan dengan menggunakan sampel cacing tanah, baik dari genus *Lumbricus* ataupun *Pheretima*. Semakin tinggi biomassa cacing tersebut pada suatu ekosistem, maka dapat dimungkinkan laju dekomposisi serasah dan material organik pada ekosistem tersebut akan semakin cepat. Rumus perhitungan biomassa dapat menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan Biomassa} = \frac{\text{total berat cacing tanah dalam kuadrat}}{\text{Luas kuadrat}}$$

Selain menghitung biomassa dari cacing tersebut, kita juga dapat menentukan persebaran dari cacing tersebut. Perhitungan persebaran cacing ini dapat menggunakan rumus Hopkins seperti pada pengukuran di ekosistem perairan atau menggunakan rumus lain. Rumus lain yang dapat digunakan dalam menghitung persebaran cacing ini adalah:

$$X = \frac{\sum x}{N} \quad s^2 = \frac{\sum(x^2) - (\sum x)^2 / N}{N-1}$$

Keterangan:

- x = nilai rata-rata kerapatan biomassa cacing tanah
- s² = nilai variasi
- N = jumlah cuplikan

Apabila hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut mendapatkan nilai 1, maka persebaran cacing tersebut dapat dikatakan memiliki persebaran secara acak. Apabila hasil perhitungan kurang dari 1, maka persebaran cacing tersebut tersebar secara merata atau seragam dan apabila hasilnya memiliki nilai lebih dari 1, maka persebaran cacing tersebut dapat dikatakan memiliki persebaran mengelompok.

9



Pengambilan sampel belalang dengan metode CMRR

METODE *CAPTURE*

MARK RELEASE RECAPTURE

A. Dasar Teori

Dalam ekologi populasi kajian tentang distribusi secara spasial dan temporal serta jumlah jenis merupakan kajian yang fundamental. Kajian distribusi dan jumlah jenis dapat dikerjakan dengan berbagai metode. Salah satu aspek yang vital dalam ekologi populasi adalah menghitung jumlah jenis yang ada dalam suatu area kajian. Sensus (perhitungan) yang paling akurat adalah dengan menghitungnya satu persatu, namun demikian langkah tersebut sangat tidak efisien.

Metode sensus populasi efisien dewasa ini telah banyak dikenal, salah satunya adalah Metode *Capture Mark Release Recapture* (CMRR). Metode tersebut dilakukan dengan menangkap jenis tertentu, melepaskan setelah menandai, dan menangkapnya kembali. Metode tersebut dikembangkan dengan beberapa asumsi dasar. Asumsi dasar yang digunakan dalam metode CMRR ini adalah :

- a. Semua individu dalam populasi harus mempunyai kesempatan yang sama untuk tertangkap, dengan distribusi acak
- b. Tidak ada perubahan ratio antara individu yang bertanda dan tidak bertanda artinya tidak ada populasi yang hilang karena kematian atau penambahan karena kelahiran
- c. Individu yang bertanda mempunyai distribusi yang menyebar merata dalam populasi, sehingga antara individu yang bertanda dan tidak bertanda mempunyai kesempatan yang sama untuk tertangkap pada penangkapan kedua

- d. Pemberian tanda tidak menyebabkan perubahan tingkah laku pada individu

1. Perhitungan Lincoln-Peterson

Metode CMRR untuk menduga ukuran populasi dari suatu spesies hewan yang bergerak cepat seperti ikan, burung atau mamalia kecil. Ada beberapa metode *Capture-Recapture* ini salah satunya metode Lincoln-Peterson yang menyatakan bahwa pada dasarnya metode ini adalah menangkap sejumlah hewan dari suatu populasi yang dipelajari. Individu yang tertangkap diberi tanda dengan tanda yang mudah dibaca/diidentifikasi, kemudian dilepaskan kembali dalam periode waktu yang pendek. Setelah beberapa hari dilakukan penangkapan kedua terhadap sejumlah individu dari populasi yang sama. Dari penangkapan kedua diidentifikasi individu yang bertanda yang berasal dari penangkapan pertama dan individu tidak bertanda dari hasil penangkapan kedua setelah itu dimasukkan dalam rumus :

$$N = \frac{\sum CM}{\sum R}$$

Keterangan :

N : besarnya populasi

C : Pengambilan

M : jumlah individu tanpa tanda yang tertangkap ditambah jumlah individu bertanda yang tertangkap

R : individu bertanda yang tertangkap

Jika akan menerapkan metode tersebut, perlu diketahui hal-hal sebagai berikut :

- a. Aspek reproduksinya
- b. Pola mortalitas
- c. Adakah pengaruh penandaan terhadap tingkah laku dan fungsi fisiologis hewan
- d. Pola pergerakan musiman, jangan menerapkan metode ini pada saat hewan melakukan migrasi ke tempat lain
- e. Teknik penangkapan
- f. Populasi yang digunakan sebagai sampel populasi merupakan populasi tertutup

Dalam metode pendugaan yang dilakukan dengan menarik sampel selalu ada kesalahan (*error*). Untuk menghitung populasi (N) belalang sawah dapat menggunakan rumus di bawah ini. Untuk menghitung kesalahan, metode ini dapat dilakukan dengan cara menghitung kesalahan baku (*standar error*) yaitu :

$$N = \frac{\sum CM}{\sum R}$$

$$SE = \sqrt{\frac{(\sum M)(\sum n)(\sum M - \sum R)(\sum n - \sum R)}{\sum R^3}}$$

Selang Kepercayaan :

$$N \pm (t)(SE) \quad ; \quad (t_{tabel}) = 1,96$$

2. Latihan Soal

Mahasiswa semester 7 Biologi UAD ingin melakukan penelitian tentang estimasi populasi dari katak pohon di Taman Nasional Bali Barat tetangkap 150 ekor. Dari 150 ekor

yang tertangkap 45 diberi tanda & dilepaskan kembali. Selanjutnya dilakukan penangkapan kedua, pada penangkapan ini tertangkap 100 ekor yang terdiri dari 25 ekor bertanda dan 75 ekor tidak bertanda. Pada penangkapan kedua, katak yang tidak bertanda kemudian diberi tanda. Selanjutnya dilakukan penangkapan ketiga yang didapatkan 120 ekor dengan 70 ekor bertanda dan 50 ekor tidak bertanda. Seperti pada penangkapan kedua, katak yang tidak bertanda kemudian diberi tanda. Pada penangkapan terakhir didapatkan 150 ekor katak, dengan 100 ekor katak bertanda dan 50 tidak bertanda. Berapakah interval/rentang besarnya populasi katak pohon pada Taman Nasional Bali Barat tersebut apabila dihitung dengan metode Lincoln-Peterson?

BAB X



Pengawetan spesimen hewan

10 PENGAWETAN & IDENTIFIKASI SPESIMEN HEWAN

Kegiatan pengambilan sampel di lapangan merupakan salah satu kegiatan yang sering dilakukan oleh para peneliti. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mendata dan mengetahui jenis-jenis hewan yang terdapat pada suatu ekosistem. Pendataan organisme, terutama hewan, ini bertujuan untuk melihat perubahan dan dinamika populasi organisme pada suatu wilayah. Pendataan ini tentunya akan dibarengi dengan pengambilan sampel, baik berupa hewan atau tumbuhan, atau bahkan organisme lain yang berada pada suatu wilayah yang telah ditetapkan sebagai lokasi sampling. Dalam pengambilan sampel, terutama hewan, tentunya kita juga harus mempelajari bagaimana cara pengawetan sampel tersebut supaya tidak rusak dan dapat digunakan untuk identifikasi sampai dengan tingkat spesies. Pengawetan sampel hewan tentunya bermacam-macam caranya, akan tetapi akan kita khususkan kepada hewan yang akan kita gunakan dalam praktikum nantinya, yaitu cacing dan arthropoda.

1. Pengawetan Cacing Tanah

Cacing tanah merupakan hewan yang tergolong ke dalam Kelas Annelida. Kelas ini dicirikan dengan tubuhnya yang terdiri dari cincin – cincin. Karakteristik lain dari kelas ini adalah:

1. Sistem saraf berupa tangga tali
2. memiliki *nefridium*

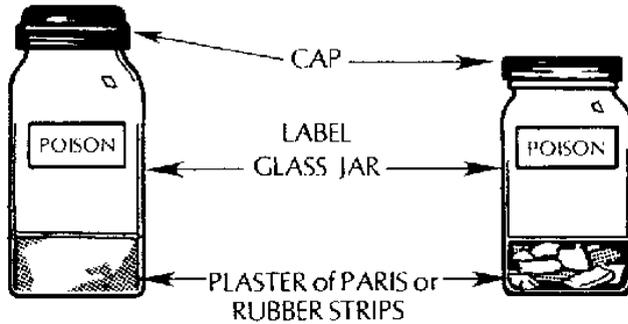
3. Sistem peredaran darah tertutup.
4. Hermaprodit, memiliki *Clitellum*

Cacing biasanya digunakan sebagai penanda tingkat kesuburan tanah. Semakin banyak cacing yang ditemukan pada suatu habitat, maka akan semakin subur pula habitat tersebut. Pengawetan cacing tanah cukup mudah, baik pra-dewasa ataupun dewasa dari stadia hidup cacing ini dimasukkan ke dalam alkohol 70% untuk diawetkan. Akan tetapi sebelum diawetkan perlu dicatat terlebih dahulu warna dan stadia hidup cacing ini. Hal ini dikarenakan cacing akan mengalami penyusutan dan perubahan warna ketika sudah lama direndam di dalam alkohol 70%.

2. Pengawetan Arthropoda

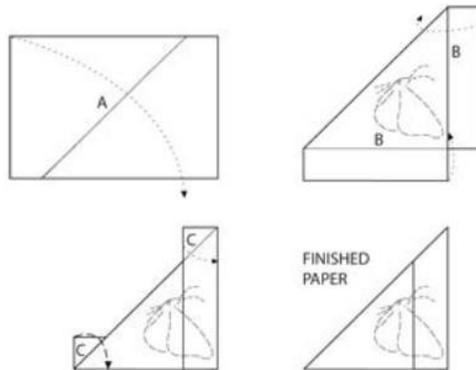
Hewan kedua yang digunakan dalam praktikum ekologi kuantitatif adalah arthropoda. Arthropoda yang terutama digunakan adalah serangga. Pengawetan Arthropoda tergolong sedikit rumit, terutama serangga karena harus membuat insectarium. Berikut langkah pembuatan insectarium:

1. Arthropoda dicari di lokasi pengambilan sampel dengan menggunakan jaring serangga atau penangkapan langsung
2. Arthropoda yang tertangkap kemudian dimasukkan ke dalam *killing bottle* (gambar 40)



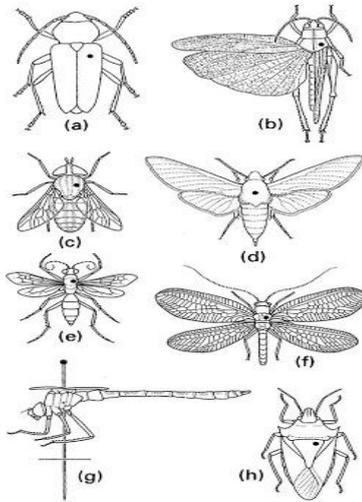
Gambar 40. Susunan *killing bottle*

3. Khusus untuk kupu-kupu, ngengat, dan capung tidak dimasukkan ke dalam *killing bottle*, akan tetapi dimasukkan ke dalam kertas papilot yang sudah dibentuk menjadi segitiga (gambar 41) dan dipencet thoraksnya sampai mati



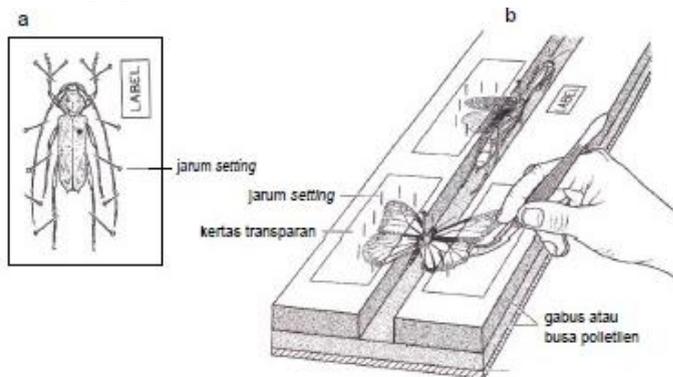
Gambar 41. Bentuk kertas papilot menjadi segitiga

4. Arthropoda yang sudah mati kemudian ditusuk pada bagian thoraksnya dengan jarum pentul (gambar 42)



Gambar 42. Lokasi penusukkan jarum pentul di serangga

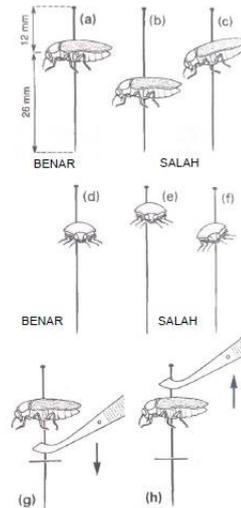
5. Arthropoda kemudian ditata di atas sterfoam dan papan perentang (gambar 43)



Gambar 43. Peletakkan serangga pada sterfoam dan papan perentang

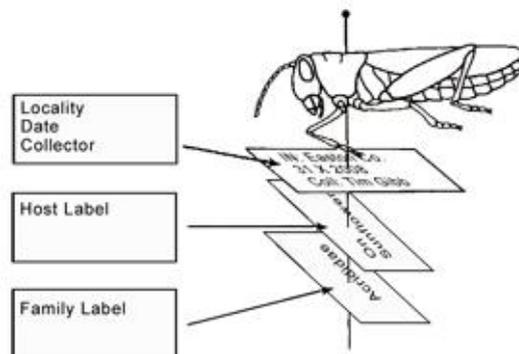
6. Kupu-kupu, ngengat, dan capung wajib direntangkan sayapnya pada papan perentang

7. Jarum pentul ditusukkan tegak lurus dengan arthropoda, jangan sampai arthropoda yang ditusukkan jarum pentul tersusun miring (gambar 44),



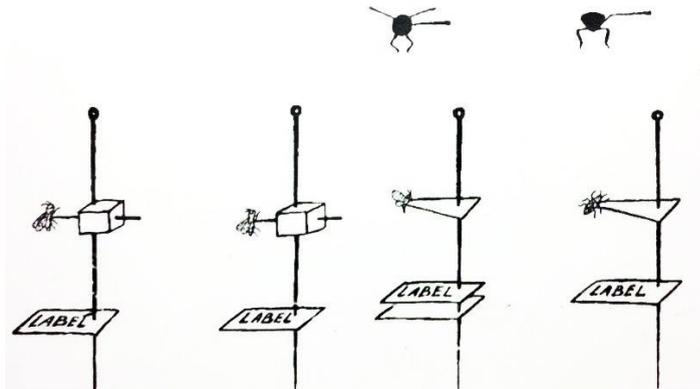
Gambar 44. Penusukan jarum pentul pada thoraks arthropoda

8. Arthropoda kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven selama 3-7 hari. Jangan lupa diberi kamper atau kapur pengusir semut agar tidak dimakan semut
9. Setelah kering, arthropoda tersebut kemudian ditata dalam kotak koleksi dan diberi label. Isi label berisi Ordo, *family*, dan kolektor (gambar 45)



Gambar 45. *Labelling* dalam kotak koleksi

10. Untuk Arthropoda yang kecil (seperti semut, kumbang kubah, kepik, nyamuk, dan lain-lain), penyusunan dalam insectarium dapat dengan cara *staging* atau *carding* (gambar 46)



Gambar 46. *Carding* dan *staging*

11. Untuk Arthropoda yang belum dewasa cukup dimasukkan ke dalam botol flakon berisi alcohol 70%.
12. Terdapat pengecualian untuk Laron, dikarenakan sayapnya yang mudah copot untuk Laron dewasa pengawetannya cukup dimasukkan ke dalam alcohol 70%.

Pengawetan spesimen yang bagus tentunya akan berdampak pada kemudahan dalam proses identifikasi spesimen. Semakin lengkap penciri morfologi dari suatu spesimen, maka akan semakin mudah proses identifikasi dari spesimen tersebut. Selain itu, kelengkapan anggota tubuh spesimen juga berfungsi dalam menghindari *miss* identifikasi.

3. Identifikasi Spesimen Hewan

Identifikasi adalah proses mencari, mencocokkan dan memasukkan suatu spesies ke dalam kelompok takson tertentu berdasarkan penciri dan karakteristik dari spesies tersebut. Proses identifikasi merupakan suatu proses yang sangat penting dalam menentukan nama spesies dari suatu spesimen yang diperoleh. Identifikasi, baik di tumbuhan ataupun hewan, memiliki inti yang sama, yaitu melakukan penelusuran karakteristik, terutama morfologi, dari suatu spesimen yang didapatkan guna mendapatkan nama ilmiah dari spesimen tersebut. Beda dari proses identifikasi tumbuhan dan hewan terletak pada pengawetan spesimennya. Apabila hewan banyak yang diawetkan dalam keadaan basah (direndam alkohol 70%), taxidermy atau dibuat insectarium, sedangkan pada tumbuhan lebih dikenal dengan sebutan herbarium.

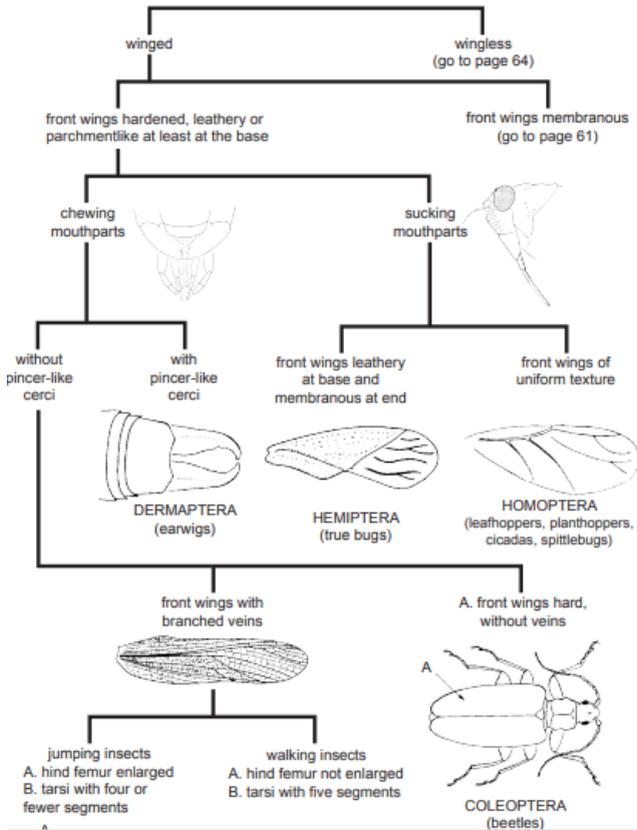
Identifikasi pada hewan dan tumbuhan sama-sama menggunakan kunci identifikasi. Kalau pada tumbuhan dikenal adanya kunci dikotom, pada hewan selain dikotom terdapat juga buku identifikasi yang menggunakan kunci trikotom. Intinya sama, yaitu membandingkan karakteristik morfologi yang dimiliki oleh spesimen yang ditemukan (gambar 47).

1 a.	Without wings; all of the abdominal segments visible in a top view of the insect.....	2
1 b.	With wings; wings may be difficult to see because they are hidden by hard wing covers (as with beetles). In these cases, the wing covers lie over the back and hide all or parts of the abdomen.....	17
2 a.	Without legs, eyes, or antennae; living under a waxy or cottony covering and occurring in colonies firmly attached to tree twigs, fruit, or leaves (e.g. scale insects).....	HEMIPTERA (suborder STERNORRHYNCHA)
2 b.	Legs, antennae, and (usually) eyes present.....	3
3 a.	Abdomen ending in three long, thread-like tails; antennae long.....	THYSANURA
3 b.	Abdomen without long tails; antennae may be long or short.....	4
4 a.	Antennae are shorter than the head, and not easily seen; body flattened from side-to-side or from top-to-bottom; parasites on animals.....	5
4 b.	Antennae longer than the head, easily seen; not usually parasites.....	7
5 a.	Body flattened from side-to-side; legs long and able to jump; with siphoning mouthparts.....	SIPHONAPTERA
5 b.	Body flattened from top-to-bottom; legs short and not able to jump.....	6
6 a.	Abdomen sac-like and without distinct segments; eyes clearly visible; tarsi 5-segmented; about 1 cm long; sheep parasites.....	DIPTERA
6 b.	Abdominal segments distinct; eyes small or absent; tarsi 1- to 2-segmented; less than 3 millimeters long.....	PHTHIRAPTERA
7 a.	Body strongly constricted between the thorax and abdomen.....	HYMENOPTERA
7 b.	Thorax and abdomen broadly joined.....	8
8 a.	Body scaly; a coiled tongue sometimes visible; usually found on tree trunk.....	LEPIDOPTERA
8 b.	Body not scaly.....	9
9 a.	With a sucking beak; the beak of some may seem to come from between the front legs.....	10
9 b.	Beak absent, chewing mouthparts.....	11
10 a.	With 2 tube-like projections near the end of the abdomen; soft-bodied and living in colonies on plants; antennae long; beak arises near the front legs.....	HEMIPTERA (suborder STERNORRHYNCHA)
10 b.	Without tube-like projections on abdomen; beak arises from front of head.....	HEMIPTERA (suborder HETEROPTERA)

Gambar 47. Kunci identifikasi pada serangga

Karakteristik yang dimiliki masing-masing hewan tentunya berbeda-beda. Identifikasi pada cacing misalnya, proses identifikasi dilihat pada karakteristik letak *clitellum*, jumlah ruas *clitellum*, lubang genitalia jantan dan betina, warna tubuh, dan jumlah ruas tubuh. Berbeda lagi pada arthropoda, karakteristik yang digunakan misalnya, antenna, jumlah ruas pada tungkai,

jumlah ruas pada abdomen, ada tidaknya sayap, dan lain sebagainya. Selain menggunakan tulisan, pembuatan kunci identifikasi juga dapat menggunakan gambar. Hal ini disebut dengan *pictorial keys* (gambar 48).



Gambar 48. *Pictorial keys* untuk serangga dewasa

Selain itu, dapat juga gabungan dari tulisan dan gambar. Contohnya adalah sebagai berikut (gambar 49).

Student Handout - Dichotomous Key for Adult Insects

- 1a. More than three pair of legs..... not an insect
- 1b. Three pair of legs only 2

- 2a. With wings..... 6
- 2b. Without wings..... 3

- 3a. Ant-like with a narrow waist; ranges in size from 1 to 25mm (ants)
Hymenoptera (figure 1)
- 3b. Not as above 4

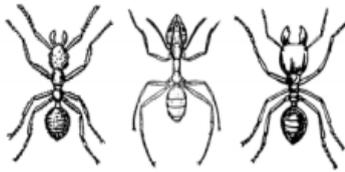


Figure 1.



Figure 2.

- 4a. Ant-like with a wide waist; ranges in size from 5 to 20mm (termites)
Isoptera (figure 2)
- 4b. Not as above 5

Gambar 49. Kunci identifikasi yang berupa gabungan antara kalimat dan gambar

Pembuatan kunci identifikasi tentunya membutuhkan skill khusus, terutama dalam menguraikan karakteristik spesimen yang didapatkan. Apabila skill tersebut sudah didapatkan, maka dalam pembuatan kunci determinasi sederhana akan semakin mudah. **WAJIB** diingat dalam pembuatan kunci identifikasi adalah apabila sudah mencapai karakteristik terakhir tidak boleh ada karakteristik yang tidak teridentifikasi, semua karakteristik

harus teridentifikasi dan ditemukan spesiesnya. Contoh kunci identifikasi yang tertutup pada gambar 50.

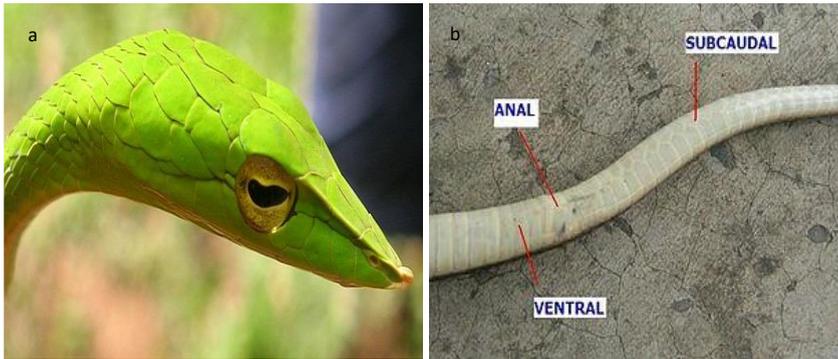
- | |
|--|
| <p>10 a. With 2 tube-like projections near the end of the abdomen; soft-bodied and living in colonies on plants; antennae long; beak arises near the front legs..... HEMIPTERA
(suborder STERNORRHYNCHA)</p> <p>b. Without tube-like projections on abdomen; beak arises from front of head.....HEMIPTERA
(suborder HETEROPTERA)</p> |
|--|

Gambar 50. Kunci identifikasi yang sudah tertutup dan teridentifikasi semua sampel spesimennya

Dapat dilihat pada gambar di atas bahwa kunci dikotom pada nomor 10 sudah terisi semua (tidak mengarah ke kunci selanjutnya), sehingga dapat dikatakan bahwa kunci identifikasi tersebut sudah selesai. Apabila belum selesai tentunya kunci pada nomor 10 tersebut akan mengarahkan pada karakteristik selanjutnya. Selain cacing dan arthropoda tentunya masih banyak hewan yang lain, seperti misalnya reptil dan amfibi. Pengawetan dan karakteristik identifikasi pada spesimen ini tentunya berbeda dengan pengawetan dan identifikasi pada spesimen cacing dan serangga. Apalagi kalau mendapatkan reptil atau amfibi yang notabene dilindungi oleh pemerintah, tentunya tidak dapat kita bunuh atau awetkan begitu saja.

Selain dengan menggunakan alkohol 70%, taxidermy, dan pembuatan insectarium, sampel spesimen yang didapatkan dapat difoto penciri karakteristik khusus yang terdapat pada spesimen tersebut. Hal ini terutama untuk spesimen mammal dan spesimen yang dilindungi pemerintah, yang notabenne tidak dapat diawetkan atau dibawa pulang. Pengambilan foto tentunya juga didasari dari karakteristik khusus yang dimiliki spesimen yang didapatkan. Semisal pada reptil dan amfibi, pengambilan

foto dapat dilakukan untuk mendapatkan data warna tubuh, sisik kepala bagian dorsal, lateral, dan ventral, serta sisik tubuh bagian dorsal dan ventral. Untuk burung misalnya, pengambilan foto dapat digunakan untuk mendapatkan warna bulu dan bentuk paruh (gambar 51).



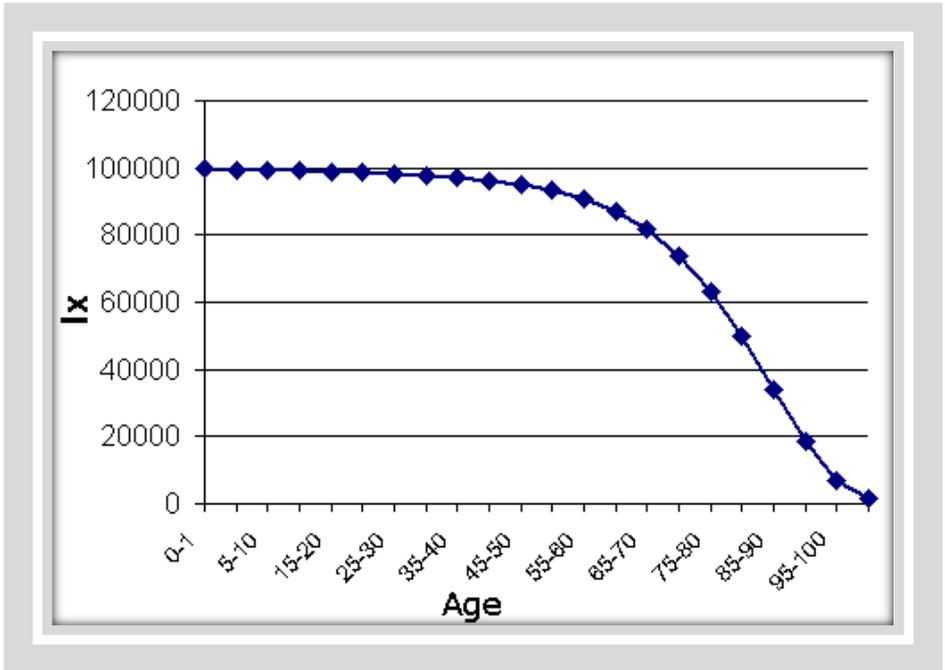
Gambar 51. Pengambilan penciri identifikasi berupa foto pada ular; (a) kepala dan (b) badan

Identifikasi juga dapat dilakukan dengan menggunakan suara hewan. Hal ini disebut dengan *bioacoustic*. Biasanya dilakukan pada burung dan amfibi. Selain identifikasi menggunakan cara yang sudah disebutkan di atas, identifikasi juga dapat dilakukan dengan membandingkan spesimen yang didapat dengan spesimen yang sudah terdapat di museum dan sudah teridentifikasi. Ini tentunya merupakan suatu kemudahan, akan tetapi apabila tidak teliti dalam melihat dan memperhatikan penciri khusus masing-masing spesies identifikasi dengan cara ini tentunya akan mengakibatkan kesalahan identifikasi yang besar. Cara terakhir dalam proses identifikasi adalah dengan bertanya langsung kepada ahlinya. Ini merupakan cara identifikasi yang paling memberikan hasil maksimal karena menanyakan langsung

kepada ahlinya tentunya tidak hanya asal bertanya, tetapi dengan menguraikan penciri khusus pada spesimen yang didapatkan.

11

BAB XI



TABEL KEHIDUPAN

(LIFE TABLE)

A. Pertumbuhan Populasi

Makhluk hidup selaku makhluk yang memiliki nyawa pasti mengalami perkembangan. Perkembangan dimulai sejak terbentuknya zigot sampai dengan mati. Selama perkembangan tersebut tentunya terjadi berbagai macam interaksi, baik sesama organisme, ataupun dengan lingkungannya. Penyebab kematian dan jumlah kematian juga dapat dihitung, sehingga dapat mengetahui penyebab tertinggi dari kematian tersebut. Selain itu, pencatatan kematian juga berguna dalam mengatasi penyebab kematian tertinggi pada suatu populasi dalam suatu wilayah tertentu. Pencatatan kematian dan faktor yang menyebabkannya disebut dengan tabel kehidupan (*life table*).

Pada dasarnya tabel kehidupan merupakan suatu penjelasan yang rinci mengenai mortalitas dari suatu populasi yang mengekspresikan probabilitas kematian dan berbagai parameter statistik lain pada tiap fase kehidupannya. Tabel kehidupan menjelaskan mengenai mortalitas dari suatu populasi, probabilitas kematian dan berbagai parameter statistik lain pada tiap fase kehidupannya. Selain itu, ada yang menyatakan bahwa neraca kehidupan adalah ringkasan pernyataan tentang kehidupan individu dalam populasi atau merupakan suatu tabulasi data mortalitas lengkap dari populasi (kohort) terhadap umur. Neraca kehidupan dapat digunakan untuk mengalkulasikan berbagai statistik populasi yang dapat memberikan informasi mengenai kelahiran (natalitas), kematian (mortalitas), dan peluang untuk berkembang biak, sehingga

dapat digunakan sebagai parameter perilaku perkembangan populasi. Informasi yang dapat diperoleh dari neraca kehidupan merupakan deskripsi yang sistematis tentang mortalitas dan kelangsungan hidup suatu populasi. Informasi tersebut diperlukan dalam menelaah perubahan kepadatan dan laju pertumbuhan atau penurunan suatu populasi. Selain itu, neraca kehidupan juga dapat digunakan sebagai acuan dalam memutuskan teknik pengendalian yang sesuai dengan mengetahui strategi kehidupan dari hama tersebut.

Tabel kehidupan dapat memunculkan beberapa informasi seperti mortalitas dan jumlah organisme dewasa yang dihasilkan serta jumlah telur yang diproduksi dari individu yang mampu bertahan hidup. Menurut Price (1997), pertumbuhan populasi sebenarnya sangat tergantung pada organisme betina yang mampu bertahan hidup serta jumlah keturunan yang berhasil dihasilkannya. Dengan diketahuinya faktor-faktor tersebut, kita akan dapat memprediksikan ukuran populasi pada generasi berikutnya dari suatu populasi organisme yang sebelumnya telah diketahui.

Dalam kaitannya dengan keberhasilan hidup organisme di alam, Price (1997) mengemukakan bahwa terdapat tiga tipe kurva keberhasilan hidup yaitu tipe I, II, dan III. Kurva tipe I menggambarkan laju mortalitas yang rendah saat muda dan laju mortalitas yang tinggi pada saat mencapai tua. Kurva tipe ini biasanya diekspresikan oleh siklus manusia. Kurva tipe II, menggambarkan perbandingan terbalik antara umur dengan mortalitas. Pertambahan umur akan diikuti oleh peningkatan mortalitas. Tipe II ini biasanya diekspresikan oleh organisme golongan Hydra. Kurva tipe III menggambarkan tingkat kematian yang tinggi pada fase awal perkembangan dan kemudian akan

relatif stabil untuk perkembangan berikutnya. Tipe III ini biasanya diekspresikan oleh sebagian besar invertebrata.

Pertumbuhan populasi sangat dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan organisme dalam populasi tersebut. Semakin cepat tingkat pertumbuhan organisme dalam populasi, akan mengakibatkan jumlah individu dalam populasi tersebut akan semakin tinggi. Tingginya rasio pertumbuhan merupakan bagian dari pertumbuhan cepat, sebuah adaptasi dari kehidupan pada habitat yang terbatas dengan lama hidup yang pendek. Sebagai contoh pada serangga, terdapat perbedaan tingkat pertumbuhan populasi pada serangga holometabola (metamorphosis sempurna) dan hemimetabola (metamorfosis tidak sempurna). Perbedaan mendasar antara holometabola dengan hemimetabola adalah adanya *resting stage* pada serangga holometabola, dimana hal ini akan membawa pada eksploitasi sumberdaya yang berbeda antar imago dengan pradewasanya. Beberapa ahli menyebutkan karena adanya pembagian habitat dan relung yang lebih terdiferensiasi antara imago dan pradewasanya yang membuat serangga-serangga holometabola mampu berspesiasi dan mengkolonisasi sebagian besar habitat serangga holometabola, juga memungkinkan untuk dapat cepat mencapai imago, menyebar dan bereproduksi sebelum habitatnya hilang. Sedangkan serangga hemimetabola, dimana tidak membutuhkan pertumbuhan yang cepat hidup, hidup pada kondisi habitat yang stabil (persistent). Pertumbuhan yang cepat merupakan hasil dari peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya.

Angka pertumbuhan diperoleh berdasarkan perhitungan angka kelahiran, kematian dan migrasi. Bila angka kelahiran lebih besar dari angka kematian dan saat itu tidak ada migrasi atau jumlah imigrasi sama dengan emigrasi, maka pertumbuhan populasi itu positif. Sebaliknya bila angka kelahiran lebih sedikit dari kematian, maka disebut pertumbuhan populasi negatif. Mendapatkan data yang dapat menunjang pembuatan statistik populasi yang baik, dapat dilakukan dengan mengikuti/mengamati perkembangan suatu kelompok individu yang semuanya lahir pada waktu yang sama (kohort). Kohort tersebut dipelajari hingga kematian individu terakhir, sambil mencatat kematian individu-individu anggota dan kelahiran keturunannya.

B. Rumus Perhitungan *Life Table*

Terdapat dua tipe neraca kehidupan yaitu bersifat spesifik umur atau neraca kehidupan horisontal dan bersifat spesifik waktu atau neraca kehidupan vertikal. Neraca kehidupan horizontal mencakup penghitungan berulang terhadap suatu kelompok (kohort) tunggal yang terdiri dari individu yang sama umurnya sepanjang waktu, sedangkan neraca kehidupan vertikal adalah data diambil pada suatu kejadian tunggal ketika diasumsikan bahwa semua generasinya sudah saling lingkup dengan sempurna oleh karena kelas umur secara simultannya sama. Neraca kehidupan merupakan riwayat perkembangan kohort yang bersifat dinamis. Penghitungan parameter yang tertera pada tabel kehidupan, dapat menggunakan metode Birch yang didasarkan pada populasi serangga betina. Data primer yang dibutuhkan meliputi:

1. **Tabel kehidupan;**

Menerangkan peluang hidup setiap individu pada umur x , dinyatakan dengan l_x ($l_0 = 1$). Umur x ditentukan berdasarkan titik tengah dari kedua waktu pengamatan.

2. **Tabel keperidian;**

Menerangkan banyaknya keturunan betina yang dihasilkan oleh seekor serangga pada umur x , dinyatakan dengan m_x . Jika N butir telur dihasilkan oleh seekor serangga betina yang hidup antara umur x hingga $x+1$ dalam unit waktu tertentu, maka $m_x = N$. Hal ini berdasarkan anggapan bahwa nisbah individu betina dan jantan = 1.

3. **Nilai r ;**

4. **Laju reproduksi bersih;**

Laju reproduksi bersih (R_0) adalah laju kelipatan keturunan betina dalam suatu generasi.

$$R_0 = \sum l_x m_x$$

5. **Masa generasi rata-rata (T);**

Masa rata-rata individu antara generasi induk dan generasi keturunannya.

$$T = \frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x}$$

6. **Laju pertumbuhan intrinsik (r);** dihitung dengan rumus:

$$r = \frac{\log_e R_0}{T}$$

Selain data yang sudah disebutkan di atas, terdapat data lain yang harus dihitung. Data-data tersebut adalah:

- a) x : fase pertumbuhan
- b) ax : jumlah individu yang bertahan hidup satu fase ke fase selanjutnya
- c) lx : proporsi individu yang bertahan hidup dan berhasil memasuki fase x dari cohort awal
- d) dx : $lx_i - lx_{i+1}$ (Δlx)
- e) qx : dx/lx
- f) kx : $\log_{10} ax_i - \log_{10} lx_{i+1}$
- g) F_x : telur yang diproduksi setiap fase pertumbuhan
- h) m_x : telur yang diproduksi untuk setiap individu pada setiap fase pertumbuhan
- i) R_0 : $\sum lx \cdot m_x = \sum F_x / ax$ (rata-rata telur yang dihasilkan oleh setiap individu dari *cohort* awal)

C. Latihan Soal

Seorang mahasiswa Biologi UAD ingin melakukan penelitian tentang tabel kehidupan dari wereng coklat. Dari penelitian :

Instar	Umur (hari)	Jumlah yang diamati
Telur	0-5	400
	6-10	335
Nimfa	11-15	300
	16-20	287
	21-25	250
	26-30	215
	31-35	158
Imago	36-40	119
	41-45	74
	46-50	35
	51	0

Hitunglah angka kematian, laju kematian spesifik, dan harapan hidup dari tabel kehidupan wereng coklat tersebut !

BAB XII

```
stocks <- na.omit(stocks)

if (stocks$close > stocks$open) {
  status = "up"
} else if (stocks$close < stocks$open) {
  status = "down"
} else {
  status = "flat"
}

stocks$status = status

con = stocks$close - stocks$open
stat = ifelse(con > 0, "up", "down")
con = stocks$close - stocks$open
stat = ifelse(con > 0, "up", "down")
head(stocks)
table(status)

x <- sample(1:10, 10)
y <- sample(-1:1, 10)
all(x > 0)

any(x == y)
```

12 MANAJEMEN DATA DAN R STATISTIK

Dalam suatu penelitian tentunya akan didapatkan banyak sekali data yang tersedia. Banyaknya data yang didapatkan kadang membuat peneliti bingung, baik dalam menyajikan ataupun mengolahnya. Perlu adanya manajemen data penelitian yang bagus sehingga memudahkan peneliti dalam mengolah ataupun menyajikannya. Manajemen sendiri memiliki makna seperangkat prinsip yang berkaitan dengan fungsi perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian, dan penerapan prinsip – prinsip ini dalam memanfaatkan sumber daya.

Dalam manajemen data terdapat beberapa perangkat yang dapat digunakan. Perangkat tersebut dapat berupa SPSS ataupun hanya dari Microsoft excel saja. Dalam bab ini akan kita bahas salah satu model manajemen data yang disediakan dalam Excel yang disebut dengan table pivot (*Pivot Table*). Tabel pivot sendiri adalah tabel yang merangkum informasi dari daerah (*field*) tertentu dalam sebuah *database*. Tabel pivot dapat digunakan dalam merangkum data sehingga peneliti menjadi mudah dalam melihat, menganalisis dan menyajikan data penelitiannya. Pembuatan tabel pivot memiliki beberapa aturan yang perlu diperhatikan. Aturan tersebut adalah:

1. Data yang akan disajikan **wajib** diberi *header*
2. Baris paling atas akan diambil sebagai *report*
3. Tidak ada kolom yang tersembunyi pada tabel pivot, semua kolom tersembunyi akan muncul

4. Baris yang tersembunyi tetap akan dihitung nilainya pada tabel pivot
5. Jenis data yang dipilih akan memengaruhi hasil analisis
6. Ketelitian **sangat diperlukan** dalam pengisian tabel pivot, perbedaan satu huruf atau satu angka akan dibaca data yang berbeda

A. Cara Membuat dan Menggunakan Tabel Pivot

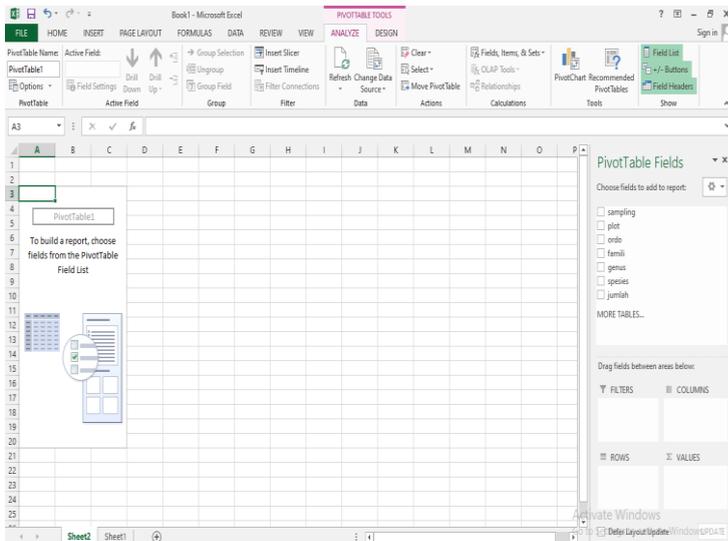
Berikut adalah simulasi cara membuat dan menggunakan tabel pivot:

1. Siapkan data yang akan digunakan untuk pembuatan pivot, berikut adalah data contoh yang akan kita gunakan

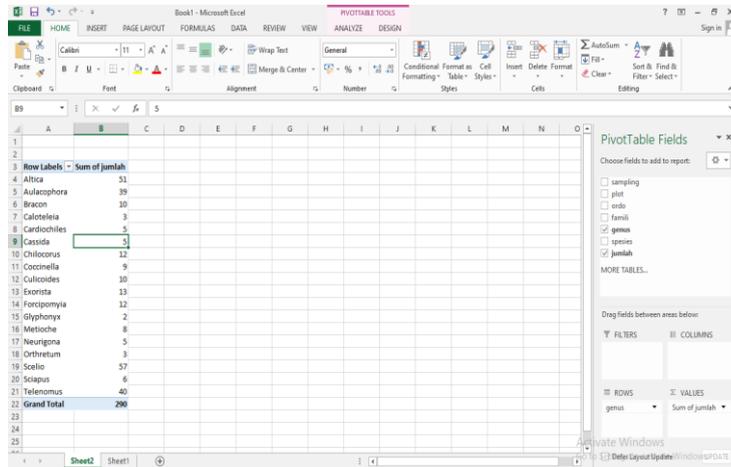
	A	B	C	D	E	F	G
1	sampling	plot	ordo	famili	genus	spesies	jumlah
2	1	1	Diptera	Tachinidae	Exorista	<i>Exorista sp.</i>	13
3	1	1	Hymenoptera	Braconidae	Cardiochiles	<i>Cardiochiles sp.</i>	3
4	1	1	Hymenoptera	Braconidae	Cardiochiles	<i>Cardiochiles saltator</i>	2
5	1	1	Coleoptera	Coccinellidae	Chilocorus	<i>Chilocorus nigrinus</i>	12
6	1	1	Coleoptera	Coccinellidae	Coccinella	<i>Coccinella transversalis</i>	9
7	1	1	Diptera	Ceratopogonidae	Culicoides	<i>Culicoides sp.</i>	10
8	1	1	Diptera	Ceratopogonidae	Forcipomyia	<i>Forcipomyia sp1.</i>	12
9	1	1	Diptera	Dolichopodidae	Neurigona	<i>Neurigona sp.</i>	5
10	1	1	Diptera	Dolichopodidae	Sciapus	<i>Sciapus sp.</i>	6
11	1	1	Odonata	Libellulidae	Orthetrum	<i>Orthetrum sabina</i>	3
12	1	1	Orthoptera	Gryllidae	Metioche	<i>Metioche vittaticollis</i>	8
13	1	2	Coleoptera	Chrysomelidae	Altica	<i>Altica cyanea</i>	51
14	1	2	Coleoptera	Chrysomelidae	Aulacophora	<i>Aulacophora indica</i>	39
15	1	2	Coleoptera	Chrysomelidae	Cassida	<i>Cassida sp.</i>	5
16	1	2	Coleoptera	Elateridae	Glyphonyx	<i>Glyphonyx sp.</i>	2
17	1	3	Hymenoptera	Scelionidae	Telenomus	<i>Telenomus sp.</i>	40
18	1	3	Hymenoptera	Scelionidae	Scelio	<i>Scelio sp.</i>	57
19	1	3	Hymenoptera	Braconidae	Caloteleia	<i>Caloteleia sp.</i>	3
20	1	3	Hymenoptera	Braconidae	Bracon	<i>Bracon sp.</i>	10

2. Data di atas dapat dilihat pada baris atas adalah waktu sampling, nomor plot, *ordo*, *famili*, *genus*, dan spesies sampel, serta jumlah individu dari masing-masing sampel yang didapatkan.

3. Untuk membuat tabel pivot pada pilhan menu pilih **insert → pivot table**.
4. Kemudian akan ada pilihan **select a table or range**. Pada isian tersebut tinggal blok semua data yang akan dimasukkan ke dalam tabel pivot.
5. Kemudian setelah itu akan ada pilihan dimana tabel tersebut ingin ditampilkan. Terdapat dua pilihan, yaitu **new worksheet** dimana tabel yang dibuat akan ditampilkan pada lembar kerja baru atau **existing worksheet** dimana tabel yang dibuat akan ditampilkan pada lembar kerja sama dengan data sebelumnya
6. Kemudian klik **OK** untuk menampilkan **Pivot Table Field List**



7. Gambar di atas adalah tampilan *pivot table field list*. Data yang ingin disajikan ditampilkan dengan cara mencentang kotak pilihan pada field list yang telah disajikan tersebut



8. Setelah dipilih data yang akan disajikan maka tampilannya akan seperti gambar di atas tersebut. Penyajian pada pivot table dapat dirubah sesuai dengan keinginan peneliti. Terdapat beberapa bentuk penyajian dalam pivot table tersebut, seperti:
 - **Filter** : apabila dalam penyajian data terdapat data yang ingin difilter atau tidak semua data ingin ditampilkan dalam tabel pivot
 - **Row labels** : apabila data ingin menyajikan data dalam bentuk baris
 - **Column** : apabila data ingin disajikan dalam bentuk kolom
9. Apabila ingin menampilkan data berbentuk angka, data yang dimaksud bisa ditarik menuju kotak *value* pada tabel pivot. Apabila setelah ditarik hasil yang keluar bukan angka atau bukan jumlah yang dimaksud, nilai tersebut dapat diedit dengan cara meng-klik report yang sudah ditarik ke *value* tersebut kemudian akan terdapat

pilihan. Data yang ditampilkan dapat dirubah sesuai dengan kehendak peneliti, bisa berupa jumlah (*sum*), rata-rata (*average*), ataupun bentuk lainnya.

Setelah manajemen data dilakukan tahapan selanjutnya dilakukan oleh seorang peneliti biasanya berupa analisis data. Analisis sendiri dapat diartikan sebagai kegiatan memilih, menguraikan, dan membedakan sesuatu yang kemudian digolongkan dan dikelompokkan sesuai kriteria tertentu. Analisis dapat dilakukan dengan berbagai cara, baik manual ataupun dengan bantuan sebuah aplikasi. Analisis data dengan menggunakan aplikasi yang akan dibahas pada bab ini adalah **R Statistik**.

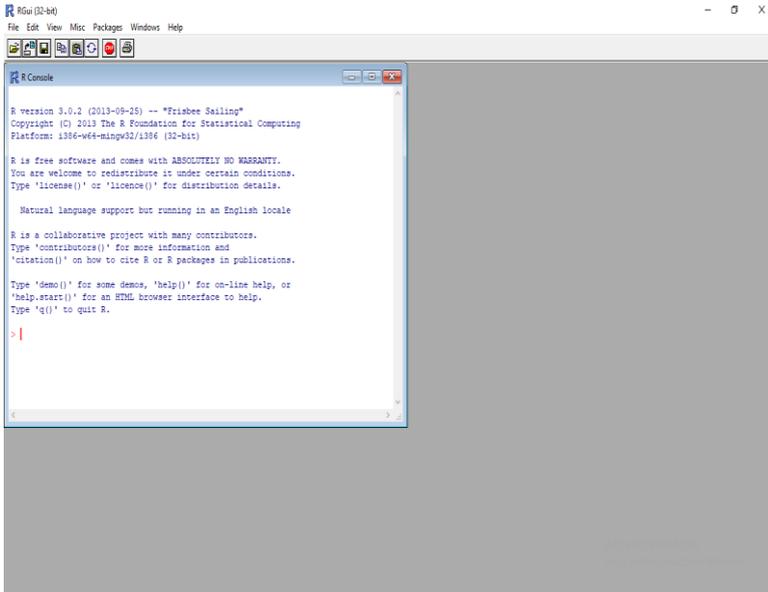
R merupakan bahasa yang digunakan dalam komputasi statistik yang pertama kali dikembangkan oleh Ross Ihaka dan Robert Gentleman di University of Auckland New Zealand yang merupakan akronim dari nama depan kedua pembuatnya. R merupakan hasil pengembangan dari bahasa pemrograman S yang sudah terlebih dahulu dikembangkan oleh Rick Becker, John Chambers, dan Allan Wilks dari A&T Bell Laboratories. Hal yang membedakan antara keduanya adalah R merupakan sistem komputasi yang bersifat gratis. Software ini ditujukan untuk memudahkan dalam menganalisis data, terutama data yang bersifat numeric. R statistic sendiri memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan seperti pada tabel 10.

Tabel 10. Kelebihan dan kekurangan R statistik

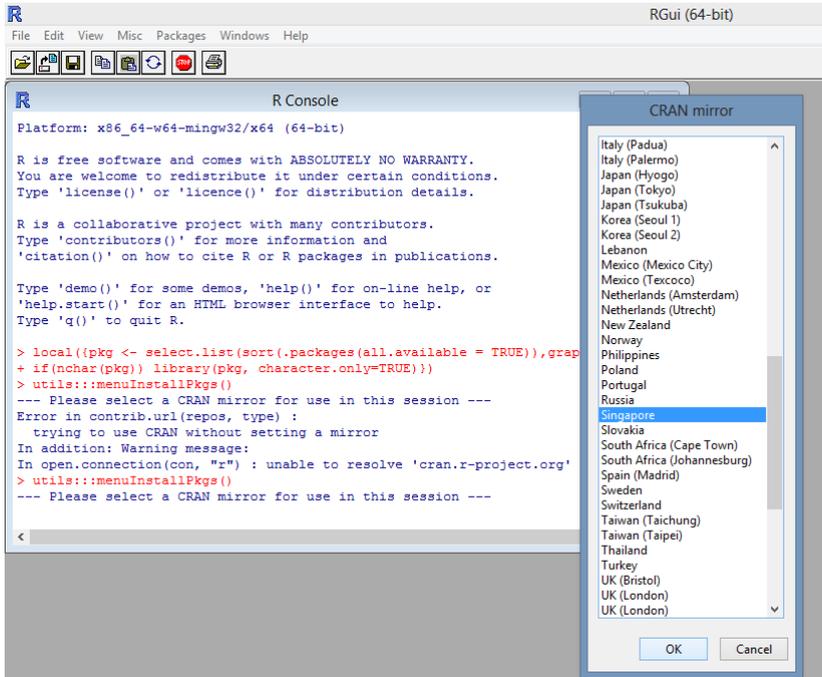
Kelebihan	Kekurangan
Cepat dan gratis	Tidak <i>user friendly</i>
Metode dapat dikembangkan dengan pembuatan <i>package</i>	Penggunaan suatu fungsi dapat membuat bingung
Kemampuan grafik baik	Gampang terjadi <i>error</i>
Analisis secara intensif sangat diunggulkan	Rumit dalam persiapan data yang akan digunakan atau dianalisis

Terlebih masih terdapat banyak kekurangan dan beberapa kelebihan, banyak peneliti yang sudah menggunakan software ini dalam menganalisis data yang diperolehnya. Banyak peneliti sudah mengembangkan *package* dalam proses penganalisan data penelitiannya. *Package* yang dimaksud disini adalah perintah atau fungsi yang akan digunakan dalam analisis suatu data penelitian. Untuk instalasi dan aplikasi software ini tergolong mudah. Berikut cara instalasi dan aplikasinya:

1. Software R dapat diunduh pada halaman web <https://r-project.org/>. Sesuaikan sistem operasi laptop ataupun komputer yang digunakan dengan file R yang akan diunduh pada website tersebut.
2. Setelah diunduh tinggal diikuti instruksi untuk instalasi programnya sampai *finish*.
3. Kemudian buka program yang telah diinstal tersebut. Tampilan awalnya akan menyajikan jendela utama dari aplikasi R tersebut.



4. Apabila ingin melanjutkan analisis, perlu mendownload beberapa *packages* yang sesuai dengan data yang akan dianalisis. *Packages* dari software tersebut dapat diunduh pada alamat web <https://cran.r-project.org>
5. Setelah mengunduh *packages* dari halaman web yang dimaksud, kemudian langkah selanjutnya adalah *install package* dari komputer. Cara penginstalan *package* dengan cara meng-klik menu *package* kemudian pilih ***install from local zip file***
6. Setelah semua *package* diinstal, langkah selanjutnya adalah memilih ***crane mirror*** terdekat dari Indonesia. Pada kesempatan ini pilihlah **Singapura**.



7. Setelah memiliki *crane mirror*, langkah selanjutnya adalah **load package**. Caranya sama seperti sebelumnya, pilih menu packages akan tetapi kali ini pilih **load packages**.
8. Pilih paket sesuai dengan analisis yang akan dilakukan. Misalnya mau melakukan analisis keanekaragaman, maka paket yang dipilih adalah **vegan**.
9. Setelah semuanya dilakukan, maka tampilan pada program R akan bertambah dengan munculnya jendela editor.

```

R version 3.1.0 (2014-04-10) -- "Spring Dance"
Copyright (C) 2014 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

> library(vegan)
Loading required package: permute
Loading required package: lattice
This is vegan 2.0-10
Warning messages:
1: package 'vegan' was built under R version 3.1.1
2: package 'permute' was built under R version 3.1.1
>

#Mengaktifkan package vegan
library(vegan)

#Membagikan data dari csv yang telah dibuat
FFT.spectrum.morfosp<-read.csv(file.choose(),header=T,row.names=1)

#Keaneekaragaman alfa
R<-diversity(FFT.spectrum.morfosp,index="shannon")
D<-diversity(FFT.spectrum.morfosp,index="simpson")

#Walaupun Kemerataan
FFT.spectrum.morfosp<-read.csv(file.choose(),header=T,row.names=1)
Sc<-specnum(FFT.spectrum.morfosp)
E<-R/1og(5)

#Keaneekaragaman beta sesuai kebutuhan membandingkan tiap plot biodiversitas tanpa me
FFT.ALL<-read.csv(file.choose(),header=T,row.names=1)
bray<-dis<-vegdist(FFT.ALL,method="bray")

#Keaneekaragaman beta untuk serangga sosial
soc.<-dis<-vegdist(FFT.ALL,method="bray",binary=TRUE)

#Mengetahui stress lanjutan dari keaneekaragaman beta NMDS#
mds.dat<-metaMDS(FFT.ALL)

#Membuat dimensi keaneekaragaman beta NMDS untuk mengetahui sebaran kesamaan mor
plot(mds.dat, display="sites", type="n")
text(mds.dat, display="sites")

#Membagikan data lingkungan untuk buat AMOSIM dari csv yang telah dibuat#
FFT.data.lingk<-read.csv(file.choose(),header=T,row.names=1)

```

10. Apabila jendela editor tidak muncul, hal ini dapat dilakukan dengan cara membuka *script*. *Script* yang dimaksud disini adalah perintah yang akan dilakukan dalam melakukan analisis. Script dapat dibuat sendiri pada program *notepad*. Untuk pembuatan script ada tahapannya akan tetapi akan kita lewati untuk saat ini. *Script* yang sudah terdapat dalam komputer atau laptop dapat dibuka dengan mng-klik gambar folder pada bagian pojok kiri atas dan mencari lokasi dimana *script* tersebut disimpan.
11. Kemudian langkah selanjutnya adalah **open file**. File yang dapat dianalisis pada program ini memiliki ekstensi yang berbeda. File yang awalnya dari Excell harus disimpan dalam bentuk **comma delimited (CSV)**. File selain format tersebut tidak dapat dianalisis pada program R ini. Sebelum dirubah ke dalam format CSV, tentunya harus disesuaikan dulu dengan format pembacaan R. Data yang akan dianalisis dirubah menjadi kolom pertama merupakan

perlakuan dan selanjutnya merupakan hasil yang didapatkan.

	Acanthos	Acentrelli	Acostem	Adoxophy	Aeolothrij	Agrus cor	Agromyza	Agromyza	Agromyza	Agromyzik	Agromyzik	Altica	Amata	Andrallus	Anop
PKTT (A)	9	0	1	2	0	0	95	2	3	0	1	3	5	0	
P-NK (A)	4	0	1	2	0	0	159	0	3	1	2	1	14	0	
P-K (A)	5	0	0	1	0	0	207	9	4	0	1	0	2	0	
Kontrol (A)	7	0	6	0	3	1	229	1	3	0	2	0	2	1	
PKTT (W)	1	1	0	0	0	0	102	2	1	2	1	0	2	0	
P-NK (W)	5	0	10	0	1	0	213	2	0	2	1	0	30	0	
P-K (W)	6	0	0	1	3	0	197	3	0	1	2	1	3	0	
Kontrol (V)	2	0	0	0	0	0	195	1	0	1	0	0	0	0	

- Setelah **load data** pada program R, hal yang selanjutnya adalah pengoperasian **syntax** pada **script**. Pengoperasiannya cukup mudah, yaitu dengan cara meletakkan kursor pada ujung kalimat **script** dan klik **run selection**. Terus lakukan langkah ini sampai perintah **script** paling bawah dan hasilnya akan langsung keluar pada lembar kerja R.

```

R version 3.1.0 (2014-04-10) -- "Spring Dance"
Copyright (C) 2014 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-mingw32/x64 (64-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

> library(vegan)
Loading required package: permute
Loading required package: lattice
This is vegan 2.0-10
Warning messages:
1: package 'vegan' was built under R version 3.1.1
2: package 'permute' was built under R version 3.1.1
> |
>

#Mempastikan package vegan#
library(vegan)

#Membangkitkan data dari csv yang telah dibuat#
FFT.specnum.morfosp<-read.csv(file.choose(),header=T,row.names=1)

#Keaneekaragaman alfa#
H<-diversity(FFT.specnum.morfosp,index="shannon")
D<-diversity(FFT.specnum.morfosp,index="simpson")

#Evaness Kemerataan#
FFT.specnum.morfosp<-read.csv(file.choose(),header=T,row.names=1)
S<-specnumber(FFT.specnum.morfosp)
E<-H/log(S)

#Keaneekaragaman beta sesuai kebutuhan membandingkan tiap plot budidaya tanpa m
FFT.ALL<-read.csv(file.choose(),header=T,row.names=1)
bray.dis<-vegdist(FFT.ALL,method="bray")

#Keaneekaragaman beta untuk serangga sosial#
sor.dis<-vegdist(FFT.ALL,method="bray",binary=TRUE)

#Mengetahui stress lanjutan dari keaneekaragaman beta UJMS#
mds.dat<-metaMDS(FFT.ALL)
  
```

- Berikut adalah beberapa contoh **syntax** yang terdapat pada paket keaneekaragaman vegan:

- #Keanekaragaman alfa#
H<-diversity(PFT.specnum.morfosp,index="shannon")
D<-diversity(PFT.specnum.morfosp,index="simpson")
- #Evaness kemerataan#
S<-specnumber(PFT.specnum.morfosp)
E<-H/log(S)

DAFTAR PUSTAKA

- Adams J. 2009. *Species Richness: Patterns in the Diversity of Life*. New York: Praxis Publishing Ltd.
- Barbour, G.M., J.K. Burk Dan J.K Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. The Benyamin / Cummings Publishing Company, Inc. New York
- Begon M, Harper JL & Townsend CR. 2006. *Ecology, Population and Communities. Second Edition*. London (UK): Blackwell Sci. Publ.
- Bibi F & Ali Z. 2013. Measurement of biodiversity indices of avian communities at Taunsa Barrage wildlife sanctuary, Pakistan. *J Anim Plant Sci*. 23(2): 469-474.
- Brown JH, Gillooly JF, Allen AP, Savage VM & West GB. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology*. 85: 1771-1789.
- Carnus JM, Parotta J, Brockerhoff E, Arbez M, Jactel H, *et al*. 2006. Planted forests and biodiversity. *J Forest* (2006): 65-77.
- Carvalho AN & Santos PT. 2013. Factors affecting the distribution of epibenthic biodiversity in the Cavado estuary (NW Portugal). *J of Integrated Coastal Zone Management*. 13(1): 101-111.
- Clarke KR & Warwick RM. 2001. *Changes in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2nd ed. Plymouth: (UK): PRIMERE.
- Coleman DC, Crossley, Jr. DA & Hendrix PF. 2004. *Fundamentals of Soil Ecology*. California (CA): Elsevier Academic Press.
- Edwin, Muli. 2016. Penilaian stok karbon tanah organik pada beberapa tipe penggunaan lahan di Kutai Timur, Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor*, XV (2) : 279-285.

- Erwin TL. 1990. Canopy arthropoda biodiversity: a chronology of sampling and techniques and result. *Rev Per Ent.* 32: 71-77.
- Findlay SEG & Sinsabaugh RL. 2003. *Aquatic Ecosystems: Interactivity of Dissolved Organic Matter*. California (CA): Academic Press.
- Garbach K, Milder JC, Montenegro M, Karp DS & DeClerck FAJ. 2014. Biodiversity and ecosystem services in agroecosystems. *Encyc Agric Food Syst.* 2: 21-40.
- Hadi, Sutrisno. 2019. *Statistik, Edisi Revisi*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gunawan, W., Basuni, S. Indrawan, A., Prasetyo, L.B., Soedjito, H. 2011. Analisis Komposisi dan Struktur Vegetasi Terhadap Upaya Restorasi Kawasan Hutan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *JSPL*, 1(2): 93-105.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari R.R., Rahayu, S. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan. Petunjuk praktis. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB) Malang, Indonesia xpp.
- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Malang : World Agroforestry Center-ICRAF, SEA Regional Office. University of Brawijaya.
- Harrison S & Bruna E. 1999. Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? *Ecography*. 22: 225-232.
- Haryadi, Nicko. 2017. Struktur dan Komposisi Vegetasi Pada Kawasan lindung Air Terjun Telaga Kameloh Kabupaten Gunung mas. *Zira'ah*, 42 (2): 137-149.
- Heddy, Suwasono. *Metode Analisis Vegetasi dan Komunitas*. Jakarta: Rajawali Press

- Heip CHR, Herman PMJ & Soetaert K. 1998. Indices of diversity and evenness. *Oceanis*. 24(4): 61-87.
- Hill JL & Hill RA. 2001. Why are tropical rain forests so species rich? Classifying, reviewing and evaluating theories. *Progress in Physical Geography*. 25(3): 326-354.
- Hutchison K. 1970. A test for comparing diversity based on the Shannon formula. *J Theor Biol*. 29: 151-154.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Jakarta : PT. Bumi Aksara.
- Jongman RHG, Ter Braak CJF & Van Tongeren OFR. 1995. *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Kartawinata, K., Abdulhadi, R. 2016. *Ekologi Vegetasi : Tujuan dan Metode*. Jakarta: LIPI Press
- Kerns GJ. 2018. *Introduction to Probability and Statistics Using R*. Course notes for University of Auckland Paper STATS 330. <http://ipsur.r-forge.r-project.org/book/download/IPSUR.pdf>.
- Koh LP & Wilcove DS. 2008. Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity?. *Conservation Letters*. 1(2): 60-64.
- Krebs CJ. 1999. *Ecological Methodology*. Second Edition. New York (USA): An Imprint of Addison Wesley Longman, Inc.
- Laudon KC, Rosenblatt K & Langley D. 2002. *Microsoft Excel 2002*. Boston: McGrawhill Inc.
- Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford (UK): Blackwell Publishing Company.
- Manuri, S., C.A.S. Putra dan A.D. Saputra. 2011. *Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan*. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation - GIZ. Palembang
- May R & McLean A. 2007. *Theoretical Ecology: Principles and Applications*. London (UK): Oxford University Press.

- McDonald C, Smith R, Scott M & Dick J. 2010. Using indices to measure biodiversity change through time. *METMAV*. (2010): 1-5.
- Michael. 1995. *Metode Ekologi untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium*. Terjemahan Yanti R. Koester. Jakarta (ID): UI Press.
- Molles, M.C. 2008. *Ecology : Concepts and Applications (Fourth Edition)*. New York: Mc Graw Hill.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H., 1974. *Aims and Method Of Vegetation Ecology*. Jhon Wiley & Sons, New York.
- Musliadi KH. 2016. *Membuat Laporan dan Analisis Data dengan Pivot Table*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Nolan KA & Callahan JE. 2005. Beachcomber biology: the Shannon-Wiener species diversity index. *ABLE*. 27: 334-338.
- Odum, E.P. 1993. *Dasar- Dasar Ekologi Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Paoletti MG, Pimentel D, Stinner BR & Stinner D. 1992. Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology. *Agric, Ecosys Environ*. 40: 3-23.
- Rosadi D. 2016. *Analisis Statistika dengan R*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Saintilan N. 2009. *Australian Saltmarsh Ecology*. Melbourne (AUS): CSIRO Publishing.
- Saputra, A.D., Indriyanto, Duryat. Komposisi, Struktur, dan Keanekaragaman jenis Vegetasi Di Jalur Wisata Air Terjun Wiyono Atas taman Hutan Raya Wan Abdul rachman Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(3): 83-96.
- Soegianto, Agus. 1994. *Ekologi Kuantitatif Metode analisis Populasi Komunitas*. Surabaya : Usaha Nasional
- Soerianegara, I., dan Indrawan, A. 2005. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Southwood TRE & Henderson PA. 2000. *Ecological Methods*. 3rd ed. London (UK): Blackwell Science.

- Spellerberg IF, Fedor PJ. 2003. A tribute to Claude Shannon (1916 – 2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity, and the “Shannon-Wiener” Index. *Glob Ecol Biogeog.* 12: 177-179.
- Statsdata. 2018. Distribusi Variabel Acak Kontinu. <http://www.statsdata.my.id/2015/01/distribusi-variabel-acak-kontinu.html>. Diunduh pada tanggal 17 Mei 2020.
- Steenis, C.G.G.J. 2006. *Flora Pegunungan Jawa*. Bogor: Pusat Penelitian Biologi LIPI.
- Subagyo. Manfaat fitur “Pivot Table” dari *Microsoft Office Excel* untuk pengolahan data statistik perpustakaan. *Jurnal Pustakawan Indonesia.* 10(01): 13-22.
- Sujarwo, W., dan Darma, I.D.P. 2011. Analisis Vegetasi dan Pendugaan Karbon Tersimpan pada Pohon di Kawasan Sekitar Gunung dan Danau Batur Kintamani Bali. *Jurnal Bumi Lestari*, 11 (1): 85 – 92.
- Suyanti. 2007. *Analisis Morfologi dan Ekologi Kalawet (Hylobates agilis albibarbis) Di Taman Nasional Sebangau Kalimantan Tengah*. Tesis. Bogor : Program Studi Primatologi Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Tarumingkeng RC. 2001. *Dinamika Populasi*. Jakarta (ID): Pustaka Harapan Jaya.
- Traill LW, Lim MLM, Sodhi NS & Bradshaw CJA. 2010. Mechanisms driving change: altered species interactions and ecosystem function through global warming. *J. Anim. Ecol.* 79: 937-947.
- Tuah, N., Sulaeman, R., Yoza, D. Penghitungan Biomassa dan Karbon DI Atas Permukaan Tanah di Hutan Larangan Adat Rumbio Kab Kampar. *JOM Faperta UR*, 4 (1): 1-10.
- Uthbah, Z., Sudiana, E., Yani, E. Analisis Biomasa dan Cadangan Karbon Pada Berbagai Umur Tegakan Damar (*Agathis*

dammara (Lamb.) Rich.) Di KPH Banyumas Timur. *Scripta Biologica*, 4 (2): 119-124.

Verhoef HA & Morin PJ. 2010. *Community Ecology: Processes, Models, and Applications*. London (UK): Oxford University Press.

Vealini J. 2002. *Using R for Introductory Statistics*. <http://www.r-project.org>.

Wijaya, Nyoman. 2014. *Metode Analisis Vegetasi*. Yogyakarta: Plantaxia

TENTANG

Penulis



Inggita Utami, S.Si., M.Sc. dilahirkan di Bumiayu, Brebes pada tanggal 27 September 1988. Gelar sarjana sains nya diperoleh dari Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati Institut Teknologi Bandung – SITH ITB tahun 2010 dan gelar master of science diperoleh dari Graduate Program in Sustainability Science – GPSS University of Tokyo tahun 2014. Semenjak 2017, beliau mengabdikan diri menjadi dosen tetap di Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Terapan Universitas Ahmad Dahlan (FAST UAD). Bidang keilmuannya adalah Ekologi, Lingkungan, Konservasi, dan Sistematika Tumbuhan.

Ichsan Luqmana Indra Putra, S.Si, M.Si. dilahirkan di Yogyakarta, 16 Desember 1989. Gelar sarjana sains nya diperoleh dari Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada (UGM) tahun 2012 dan gelar master of sains diperoleh dari Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2016. Semenjak 2017, beliau juga mengabdikan diri menjadi dosen tetap di Program Studi

Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Terapan Universitas Ahmad Dahlan (FAST UAD). Bidang keilmuannya adalah Ekologi, Entomologi, dan Sistematika hewan.