

Ichsan Luqmana Indra Putra, M.Si.  
Inggita Utami, M.Sc.

# PETUNJUK PRAKTIKUM EKOLOGI KUANTITATIF



Program Studi Biologi  
Fakultas Sains dan Teknologi Terapan  
Universitas Ahmad Dahlan



**PETUNJUK PRAKTIKUM**  
**EKOLOGI KUANTITATIF**  
**(191750711)**



Disusun Oleh :

Ichsan Luqmana Indra Putra, S.Si., M.Si.

Inggita Utami, S.Si., M.Sc.

**Laboratorium Terpadu**  
**Program Studi Biologi**  
**Fakultas Sains dan Teknologi Terapan**

**UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN**  
**2021**

## **KATA PENGANTAR**

*Bismillahirrahmanirrahim*

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan Petunjuk Praktikum Ekologi Kuantitatif. Buku petunjuk praktikum ini ditujukan bagi mahasiswa program studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan. Manfaat praktikum ini adalah untuk mengembangkan ketrampilan mahasiswa dalam menggunakan alat, teknik, dan metode yang digunakan dalam pengambilan data dibidang ekologi serta sebagai persiapan penelitian akhir mahasiswa. Buku petunjuk praktikum ini dapat mengalami perbaikan sesuai dengan perkembangan ilmu ekologi.

Terima kasih disampaikan kepada Program Studi Biologi yang telah memberikan dukungan moril selama proses pembuatan buku ini, juga kepada asisten praktikum Ekologi Kuantitatif yang telah membantu menyempurnakan buku petunjuk praktikum ini. Terima kasih untuk saran demi kesempurnaan buku ini. Semoga petunjuk praktikum ini dapat dimanfaatkan bagi kelancaran jalannya praktikum ekologi kuantitatif.

Yogyakarta, 28 November 2021

**SEJARAH REVISI PETUNJUK PRAKTIKUM**

Nama Petunjuk Praktikum : Ekologi Kuantitatif  
 Semester : 5  
 Program Studi : Biologi  
 Fakultas : Fakultas Sains dan Teknologi Terapan

<b>REVISI KE</b>	<b>TANGGAL REVISI</b>	<b>URAIAN REVISI</b>
1	9 Oktober 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acara ke-3 yang sebelumnya berisi identifikasi spesimen tumbuhan diganti dengan Pembuatan Peta Sederhana</li> <li>• Acara ke-7 yang sebelumnya berisi Pengamatan Perilaku Hewan diganti dengan Biomassa anthropoda tanah + Pengukuran abiotik tanah</li> <li>• Acara ke-8 yang sebelumnya berisi Analisis Perilaku Hewan diganti dengan Pengenalan alat-alat abiotik ekosistem perairan</li> <li>• Acara ke-9 yaitu Rheotaksis dan Sampling Hewan Akuatik dihilangkan</li> <li>• Acara ke-10 yaitu keanekaragaman hewan akuatik menjadi pertemuan ke-9</li> </ul>
2	28 November 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beberapa acara digabung supaya lebih efisien karena situasi pandemi covid-19 dan penerapan <i>blended learning</i>.</li> <li>• Urutan praktikum dapat dilihat pada Daftar Isi halaman v</li> </ul>

## DAFTAR ISI

Halaman Sampul.....	i
Halaman Judul.....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Sejarah Revisi Petunjuk Praktikum .....	iv
Daftar Isi .....	v
Rencana Jadwal Praktikum .....	vi
Tata Tertib Praktikum .....	vii
Format Laporan .....	viii
Penilaian .....	ix
Pendahuluan .....	1
Acara 1.A. Pengenalan alat-alat abiotik ekosistem perairan.....	2
Acara 1.B. Keanekaragaman Hewan Akuatik.....	5
Acara 2 Estimasi Populasi dengan Metode CMRR.....	7
Acara 3.A. Pengenalan Alat dan Pengukuran Faktor Abiotik.....	10
Acara 3.B. Biomassa cacing tanah, arthropoda tanah + Pengukuran abiotik tanah.....	20
Acara 4.A. Analisis Vegetasi Terrestrial.....	22
Acara 4.B. Stratifikasi dan Diagram profil pohon.....	27
Acara 4.C. Pembuatan Peta Sederhana.....	29
Acara 5 Analisis Data Vegetasi.....	31
Daftar Pustaka .....	33

## RENCANA JADWAL PRAKTIKUM EKOLOGI KUANTITATIF 2021

No	Nama Acara Praktikum	Metode Praktikum (√)		Lokasi	Waktu
		Daring	Luring		
1	Asistensi	√		via zoom	02 November 2021
2	a) Pengenalan alat ukur parameter abiotik pada ekosistem akuatik; b) keanekaragaman ekosistem akuatik		√	Lava Bantal	30 November 2021
3	Estimasi populasi hewan metode CMRR		√	Sawah	7 Desember 2021
4	a) Pengukuran abiotik ekosistem terestrial; b) biomassa cacing, dan keanekaragaman anthropoda tanah		√	Halaman Kampus 4 UAD	14 Desember 2021
5	a) Analisis vegetasi dan b) pembuatan diagram profil pohon		√	Caandi Abang	21 Desember 2021
6	Analisis data	√		via zoom	28 Desember 2021
7	Responsi	√		via zoom	4 Januari 2021

## **TATA TERTIB PRAKTIKUM EKOLOGI KUANTITATIF 2021**

1. Praktikum diselenggarakan secara blended secara luring dan daring
2. Praktikan bergabung di googleclassroom dengan kode sebagai berikut :  
Kelas A: xnvbdyb  
Kelas B: udce243  
Kelas C: xaqrh5
3. Praktikan datang tepat waktu di Lokasi untuk yang tergabung secara luring
4. Presensi kehadiran akan didata dari keikutsertaan pre-test.
5. Konfirmasi ke asisten masing-masing jika terlambat dan tidak ada pengulangan pre test.
6. Para praktikan harus mengikuti seluruh acara praktikum yang telah ditentukan, antara lain : asistensi, praktikum lapangan dan analisis data secara daring selama 5 kali pertemuan, dan responsi. Tidak ada asistensi, praktikum, dan responsi susulan.
7. Praktikan yang tidak hadir 2 kali tanpa keterangan yang jelas akan mendapat nilai praktikum D.
8. Laporan praktikum merupakan hasil orisinil dari praktikan, bukan hasil foto kopi, ataupun plagiat. Sumber acuan diwajibkan merujuk ke buku atau jurnal.
9. Pengesahan laporan langsung dilakukan setelah acara praktikum selesai.
10. Persyaratan mengikuti responsi adalah seluruh laporan harus sudah di tandatangani dan mendapat nilai dari asisten.
11. Hal-hal yang belum tercantum akan dibicarakan lebih lanjut.

**FORMAT LAPORAN  
PRAKTIKUM EKOLOGI KUANTITATIF**

**BAB I. PENDAHULUAN**

- A. Latar belakang
- B. Perumusan masalah
- C. Tujuan

**BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

**BAB III. METODE PENELITIAN**

- A. Waktu & Tempat
- B. Alat dan bahan
- C. Cara kerja
- D. Analisis data

**BAB IV. HASIL & PEMBAHASAN**

- A. Hasil
- B. Pembahasan

**BAB V. KESIMPULAN**

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



## **PENILAIAN**

Praktikum ekologi kuantitatif terdiri dari 5 acara dimana setiap acara memiliki nilai keaktifan dan pre-test. Total laporan praktikum adalah 5 laporan dan responsi satu kali diakhir acara. Penilaian praktikum ini adalah sebagai berikut :

<b>No</b>	<b>Jumlah presentase</b>	<b>Keterangan</b>
1	40 %	Responsi
2	30 %	Laporan
3	20 %	Pre-test
4	10 %	Keaktifan dan Kehadiran

## PENDAHULUAN

Ekologi merupakan ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara faktor abiotik dan biotik. Faktor biotik meliputi makhluk hidup dan faktor abiotik meliputi faktor lingkungan seperti sinar matahari, air, tanah, dan udara. Pada dasarnya makhluk hidup di bumi ini selalu bergantung dengan faktor abiotik, bahkan untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangannya.

Ekologi Kuantitatif merupakan mata kuliah yang membahas teknik atau metode yang digunakan untuk pengukuran komponen-komponen dalam ekologi. Berikut merupakan teknik-teknik yang digunakan dalam ekologi:

- a. **Pengamatan** : melakukan pengamatan di alam dan mendeskripsikan (secara kuantitatif dan atau kualitatif) fenomena
- b. **Pencuplikan atau eksperimen** : mencuplik entitas biotik dan abiotik dan dapat diikuti dengan melakukan eksperimen terhadapnya, seperti suhu udara dan jumlah populasi

Teknik tersebut adalah teknik-teknik yang digunakan untuk mendapatkan data. Selanjutnya data perlu dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan terhadap dugaan yang kita ambil sebelumnya. Oleh karena itu, keterampilan matematis, statistika, dan presentasi perlu dikuasai dalam kuliah ini.

Penerapan ekologi dalam kehidupan semakin pesat seiring aktivitas manusia yang mengakibatkan kerusakan dan perubahan habitat, kehilangan keanekaragaman hayati, dan perubahan iklim global. Hal tersebut menimbulkan kesadaran akan pentingnya upaya menjaga kehidupan yang berkelanjutan. Berbagai penelitian ekologi dilakukan antara lain untuk mengetahui berapa besar dampak aktivitas manusia tersebut, pendataan dan konservasi keanekaragaman hayati.

Praktikum ini akan dibagi menjadi 5 (sepuluh) acara. Pertama akan diberikan pengenalan alat-alat khususnya untuk pengambilan data abiotik di ekosistem akuatik serta keanekaragaman ekosistem akuatik. Data abiotik akan digunakan selalu disetiap penelitian ekologi. Pertemuan kedua akan melakukan perhitungan estimasi populasi hewan menggunakan metode CMRR. Pertemuan ketiga akan mengukur abiotik pada ekosistem terrestrial dan pengukuran biomassa anthropoda tanah serta praktik mendata keanekaragaman hewan tanah dengan pitfall trap. Pertemuan keempat akan mempraktekan analisis vegetasi yang dimulai dengan pembuatan plot kuadrat untuk mengambil data keanekaragaman vegetasi, stratifikasi pohon, dan estimasi stok karbon pohon. Pertemuan terakhir akan dilakukan perhitungan indeks keanekaragaman, stok karbon, dan pembuatan diagram profil pohon.

## **ACARA 1.A**

### **PENGENALAN ALAT-ALAT ABIOTIK PERAIRAN**

**A. Tujuan** : Untuk mengetahui dan mempelajari penggunaan dan pengukuran alat abiotik dalam ekosistem perairan

**B. Tempat** : Sungai Lava Bantal

**C. Alat dan Bahan :**

1. Kertas pH universal
2. Bola pingpong
3. Meteran jahit
4. Thermometer suhu
5. Stop watch
6. Refraktometer
7. DO kit
8. CO<sub>2</sub> kit

**D. Latihan :**

1. Peralatan pengukuran parameter abiotic ekosistem perairan disiapkan.
2. Kemudian dilakukan pengukuran kecepatan arus, suhu, pH air, kandungan CO<sub>2</sub> dan DO, serta salinitas air. Kemudian catat juga keadaan air sungai, keruh atau jernih dalam parit percobaan.
3. Pengukuran parameter abiotic sungai dilakukan sebagai berikut:

**a. Pengukuran pH**

Pengukuran pH air sungai dilakukan dengan cara kertas pH dicelupkan ke dalam air sungai, kemudian dicocokkan dengan gradien warna pada indikator pH universal.

**b. Pengukuran Suhu**

Pengukuran suhu air sungai dilakukan dengan cara mencelupkan bagian ujung termometer ke dalam air sedangkan ujung yang lain dipegang, kemudian skala yang tertera pada termometer dilihat untuk mengetahui suhu air saat skala menunjukkan angka yang konstan.

**c. Pengukuran salinitas**

Pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan *refractometer*. *Refractometer* dibersihkan terlebih dahulu dengan tissue, kemudian air sungai diambilkan menggunakan pipet dan diteteskan pada kaca prisma, setelah itu ditutup perlahan sampai air sungai memenuhi kaca prisma. Nilai salinitas dilihat melalui lubang teropong yang ditunjukkan garis batas biru dan dicatat.

#### **d. Pengukuran kecepatan aliran air sungai**

Pengukuran kecepatan aliran air sungai dilakukan pada pinggir dan tengah sungai dengan menggunakan bola ping-pong dan meteran. Pengukuran dilakukan dengan cara meteran dibentangkan lalu bola ping-pong dihanyutkan sampai jarak satu meter dan dihitung waktunya dengan menggunakan *stopwatch*. Hasil pengukuran dihitung dengan menggunakan rumus kecepatan sebagai berikut:

$$V = \frac{s}{t}$$

Keterangan: V = kecepatan aliran air sungai (m/s)

s = jarak tempuh bola ping-pong (m)

t = waktu yang ditempuh bola ping-pong (s)

#### **e. Pengukuran CO<sub>2</sub> terlarut**

Pengukuran CO<sub>2</sub> terlarut air sungai menggunakan CO<sub>2</sub> *test kit*. Air sungai diambil sebanyak 5ml lalu dimasukkan ke dalam wadah yang kemudian ditetesi dengan *Phenol Pthalein* sebanyak satu tetes, setelah itu dititrasi dengan larutan HI 3818-0 sampai berubah warna menjadi pink. Apabila diperoleh hasil dengan skala <0,5 maka hasil dikalikan 100.

#### **f. Pengukuran DO**

Pengukuran DO air sungai menggunakan DO *test kit*. Botol gelap yang digunakan dicuci terlebih dahulu dengan air sungai sebanyak 3 kali, lalu botol diisi dengan air sungai hingga penuh tanpa adanya gelembung udara. Kemudian sampel air ditambahkan dengan *manganus sulfat* dan *alkali acid* masing-masing sebanyak lima tetes dan dikocok, kemudian ditambahkan *sulfuric acid* sebanyak 10 tetes dan dikocok kembali lalu diamankan selama dua menit. Setelah itu, sampel air dimasukkan ke dalam botol ukur sebanyak 5 ml, lalu ditambahkan *strach* indikator sebanyak satu tetes, dan dititrasi dengan larutan HI 3810-0 sampai berubah warna menjadi bening. Apabila diperoleh hasil dengan skala <0,5, maka hasil dikalikan 10.

4. Untuk perhitungan keanekaragaman hewan akuatik, ditarik garis transek sepanjang 400 meter. Pada garis tersebut dibagi menjadi 8 titik sampling dan setiap titik berjarak 50 meter.
5. Pada setiap titik dilakukan pengambilan hewan akuatik yang terbagi menjadi, bentos, nekton dan neuston. Pengambilan hewan dilakukan dengan cara mengambil sedimen dan hewan yang berenang serta hewan pada permukaan perairan pada setiap titik pengambilan sampel.
6. Pengambilan diulang sebanyak tiga kali dengan titik sampling yang berbeda.

7. Hewan yang di dapat kemudian dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi lebih lanjut.

## **E. Dasar Teori**

Ekosistem terbagi menjadi berbagai macam, salah satunya adalah ekosistem akuatik. Ekosistem akuatik adalah ekosistem yang terdapat elemen air sebagai penyusun utama dari ekosistem tersebut. Beberapa contoh ekosistem akuatik diantaranya sungai, laut, danau, kolam, parit. Sebagai suatu ekosistem tentunya terdapat factor-faktor yang memengaruhi keanekaragaman dari ekosistem tersebut. Faktor tersebut dapat berupa factor biotik maupun abiotic. Contoh dari factor biotik diantaranya predator, competitor, mangsa, dan pasangan. Contoh factor abiotic diantaranya suhu dan kelembapan, intensitas cahaya, pH, dan kandunga DO/CO. akan tetapi, pada ekosistem lotik (sungai), terdapat satu factor penting yang berupa abiotic, dimana factor tersebut dapat memengaruhi tingkat keanekaragaman makhluk hidup di dalamnya. Faktor tersebut adalah kuat arus.

Perbedaan factor abiotic pada berbagai habita tentunya akan memengaruhi keanekaragaman makhluk hidup di dalamnya. Begitu juga pada ekosistem perairan. Tidak semua hewan dapat beradaptasi pada sungia yang memiliki aliran arus yang deras. Begitu juga dengan pH yang tinggi atau rendah. Tinggi rendahnya pH juga dapat digunakan sebagai bioindikator dalam pencemaran sungai. Semakin tinggi atau semakin rendah pH pada suangai ekosistem sungai, dapat dimungkinkan terdapat polutan yang ikut terbawa arus dan mengendap dalam ekosistem tersebut. pH yang tinggi atau rendah tersebut akan berpengaruh terhadap produsen yang terdapat pada ekosistem perairan, baik tnaaman ataupun plankton. Otomatis, apabila produsen terpengaruh maka kandungan DO/CO juga akan terpengaruh nilainya.



## **ACARA 1.B**

### **KEANEKARAGAMAN HEWAN AKUATIK**

**F. Tujuan :** Untuk mengetahui keanekaragaman hewan pada ekosistem perairan

**G. Tempat :** Sungai Lava Bantal

**H. Alat dan Bahan :**

1. Ember plastik
2. Jala ikan kecil
3. Botol plastik
4. Alkohol 70%
5. Roll meter 50 m

**I. Latihan :**

1. Pertama dilakukan penarikan garis transek sepanjang 400 m dengan menggunakan roll meter.
2. Transke yang sudah dibuat tersebut kemudian dibagi menjadi 8 titik sampling dan setiap titik berjarak 50 meter.
3. Pada setiap titik dilakukan pengambilan hewan akuatik yang terbagi menjadi, bentos, nekton dan neuston. Pengambilan hewan dilakukan dengan cara mengambil sedimen dan hewan yang berenang serta hewan pada permukaan perairan pada setiap titik pengambilan sampel.
4. Pengambilan diulang sebanyak tiga kali dengan titik sampling yang berbeda, yaitu pada tepian sungai – tengah sungai – tepian sungai satunya.
5. Hewan yang di dapat kemudian dimasukkan ke dalam ember plastic unntuk dihitung kelimpahannya. Setelah dihitung satu sampel hewan yang didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam botol plastic yang sudah diberi alcohol 70%.
6. Sampel tersebut kemudian dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi lebih lanjut.
7. Perhitungan tingkat keanekaragaman makhluk hidup, terutama hewan akuatik, menggunakan rumus Indeks Shanon-Wiener ( $H'$ ) sebagai berikut:

Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Krebs, 1989).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad \text{dimana} \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan:

$n_i$  = jumlah individu jenis ke- $i$

$N$  = jumlah individu seluruh jenis

$p_i$  = kelimpahan relatif dari masing-masing spesies.

Kategori nilai indeks dari keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) yaitu  $H' < 1,0$  memiliki makna keanekaragamannya termasuk dalam kategori rendah,  $1,0 < H' \leq 3,322$  memiliki makna keanekaragamannya termasuk dalam kategori sedang, dan  $H' > 3,322$  memiliki makna keanekaragamannya termasuk dalam kategori tinggi.

## J. Dasar Teori

Salah satu habitat akuatik adalah perairan tawar. Habitat ini dapat dibedakan menjadi perairan yang tidak mengalir (lentik), contohnya kolam, rawa, dan perairan yang mengalir (lotik) contohnya : sungai dan mata air.

Ada beberapa faktor pembatas yang terdapat pada habitat perairan tawar diantaranya : suhu, transparansi, arus, kadar gas untuk pernapasan dan garam biogenik. Pada habitat perairan tawar yang mengalir, khususnya sungai, arus merupakan faktor pembatas yang penting. Arus seringkali menentukan distribusi gas yang vital, garam dan makhluk kecil. Secara langsung arus air juga berpengaruh terhadap perilaku ikan. Aktivitas ikan dalam habitatnya juga dipengaruhi oleh morfologi ikannya. Contohnya, bentuk ikan tawes (*Puntius javanicus*), badannya yang relatif tinggi dengan kepala pendek, sedikit gepeng, sungut peraba ada satu pasang pada sudut rahang dan bentuknya kecil sekali, sirip punggung mempunyai empat jari-jari lunak, dan sirip dada dengan satu jari-jari keras dan empat belas sampai enam belas jari-jari lunak. Semua itu untuk menjaga keseimbangan dalam air. Selain memengaruhi perilaku ikan, faktor pembatas tersebut juga dapat memengaruhi keanekaragaman dari hewan akuatik pada suatu ekosistem.

## **ACARA 2**

### **ESTIMASI POPULASI DENGAN METODE CMRR**

#### **(*CAPTURE MARK RELEASE RECAPTURE*)**

- A. Tujuan** : Untuk menghitung jumlah populasi dari hewan bergerak (motil)
- B. Tempat** : Persawahan padi
- C. Latihan** :
1. Ayunkan *sweep net* pada permukaan padi sawah sebanyak 5 kali ayunan tunggal.
  2. Belalang sawah yang tertangkap kemudian diambil, dihitung dan diberi tanda, kemudian dilepaskan kembali.
  3. Mengambil dengan cara yang sama pada cuplikan yang kedua dengan jeda 5-8 menit per pengambilan, apabila terdapat belalang yang bertanda dicatat sebagai m atau R, belalang sawah yang terambil dicatat sebagai T.
  4. Pengambilan dilakukan sebanyak 10 kali.
- D. Alat dan Bahan** :
1. Belalang sawah (*Oxya chinensis* (Thunberg, 1815))
  2. Kantong plastik
  3. *Sweep net*
  4. Pengukuran parameter abiotik

#### **E. 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 dan Recapture. Metode tersebut dilakukan dengan menangkap jenis tertentu, melepaskan setelah menandai, dan menangkapnya kembali. Metode tersebut dikembangkan dengan beberapa asumsi dasar.

Perhitungan jumlah populasi dapat dilakukan dengan berbagai formula yang ada. Dalam praktikum ini anda akan melakukan metode sensus populasi CMRR.

Selanjutnya membandingkan dua formula, yaitu formula Peterson dan formula Esmeyer-Schumacher untuk mengestimasi jumlah populasi yang ada.

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

Dalam penerapan metode CMRR, ada beberapa asumsi yang harus digunakan agar hasil dugaannya valid, yaitu:

- 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

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

- a. Aspek reproduksinya
- b. Pola mortalitas
- c. Adakah pengaruh penandaan terhadap tingkah laku dan fungsi faali hewan

- d. Pola pergerakan musiman, jangan menerapkan metode ini pada saat hewan melakukan migrasi ke tempat lain
- e. Teknik penangkapan

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 :

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



## **ACARA 3.A**

### **PENGENALAN ALAT DAN PENGUKURAN FAKTOR ABIOTIK**

**A. Tujuan :** Untuk mempelajari cara penggunaan alat yang mendukung pengukuran parameter lingkungan, seperti iklim mikro, tanah, serta alat pendukung praktikum ekologi kuantitatif lainnya

**B. Tempat :** Halaman Kampus 4 UAD

**C. Alat dan Bahan :**

- Thermohyrometer
- Sling Psychrometer
- Lux meter
- Anemometer
- Termometer tanah
- Soil tester
- Haba meter
- Kompas Bruton
- GPS

**D. Latihan :**

- 1) Pembagian alat akan dibagi ke 2 part, yaitu alat ukur iklim mikro dan alat ukur abiotik tanah
- 2) Lakukan pengamatan dan uji coba alat dengan bantuan asisten
- 3) Catat hasil penghitungan yang diukur oleh masing-masing alat pada lembar pengamatan yang telah disediakan lalu analisis hasil iklim mikro, kondisi tanah, dan penggunaan alat-alat lainnya
- 4) Laporan praktikum langsung dikumpulkan ke asisten kelompok

**E. Dasar Teori :**

Data atau parameter lingkungan yang difokuskan pada praktikum ini mencakup iklim mikro, dan tanah. Selain itu, dilakukan juga pengenalan alat untuk menentukan titik koordinat sampling.

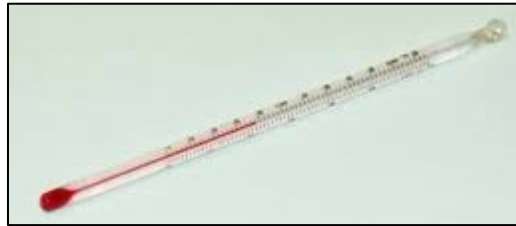
#### **1). Iklim mikro**

Iklim mikro adalah kondisi udara dalam luasan daerah yang kecil tetapi menyebabkan adanya variasi dalam struktur dan komposisi tumbuhan. Parameter lingkungan yang mempengaruhi iklim mikro, diantaranya temperatur udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan kecepatan angin

##### **a) Temperatur Udara**

Pengukuran temperatur dapat dilakukan secara kuantitatif dalam satuan derajat Celcius, Fahrenheit, Reamur atau Kelvin menggunakan alat Termometer. Termometer bekerja berdasarkan prinsip pemuaian/pengerutan suatu zat padat atau cairan akibat pemanasan/pendinginan. Zat cair yang digunakan adalah air raksa atau alkohol yang diberi warna agar mempermudah dalam pembacaan.

Penamaan termometer disesuaikan dengan zat cair yang digunakan misalnya termometer air raksa (gambar 1) atau termometer alkohol.



Gambar 1. Termometer air raksa

## b) Kelembapan Udara

Kelembapan udara menandakan sejumlah uap air yang terkandung di udara atau atmosfer, biasanya dinyatakan dalam berat uap air untuk setiap volume udara tertentu. Berdasarkan perhitungan di atas, maka setiap suhu tertentu di tempat yang sama akan memberikan harga kelembapan tertentu yang disebut *kelembapan absolut*. Kelembapan yang umum digunakan adalah kelembapan udara relatif yaitu berdasarkan perbandingan tekanan uap air di udara pada waktu pengukuran dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang bersamaan. Alat yang digunakan untuk menentukan kelembapan udara relatif (*relative humidity*) adalah thermohygrometer (Gambar 2). Selain itu terdapat alat lain yaitu sling psychrometer (gambar 2). Alat ini menggunakan dua termometer, yang pertama untuk mengukur suhu udara biasa dan yang kedua untuk mengukur suhu udara jenuh.



Gambar 2. Thermohygrometer (kiri) dan sling psychrometer (kanan)

### Cara menggunakan sling psychrometer:

- Basahi kain yang terdapat pada salah satu bagian termometer dan biarkan termometer yang lain tetap kering
- Putar sling selama 3 menit dengan posisi jauh dari tubuh sehingga termometer membaca suhu udara bukan suhu tubuh
- Baca hasil pengukuran kedua buah termometer sebagai suhu kering dan basah
- Masukan nilai suhu kering dan selisih antara suhu basah dan suhu kering tersebut ke dalam tabel sehingga didapat nilai kelembapan relatif. Bila sling

psychrometer memiliki tabel geser, nilai kelembapan dapat dibaca langsung dengan mencocokkan bacaan suhu yang terukur.

### c) Intensitas Cahaya

Intensitas dan lamanya radiasi sinar matahari tidak hanya memengaruhi variabel atmosfer seperti suhu, kelembapan dan angin, tetapi juga memengaruhi jumlah energi untuk produksi bagi hewan dan tumbuhan. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan menggunakan Lux meter (gambar 3).



Gambar 3. Lux meter

#### Cara penggunaan Lux meter :

- (a) Tekan tombol on/off untuk menyalakan alat
- (b) Sebelum digunakan, dilakukan kalibrasi (tergantung tipe alat) terlebih dahulu dengan cara:
  - Biarkan sensor cahaya tetap tertutup kemudian pilih range pengukuran melalui tombol "range switch", dimulai dari range 0
  - Setelah itu tekan tombol "zero" sehingga layar menunjukkan nilai 0
  - Kemudian penutup sensor cahaya dibuka untuk melakukan pengukuran.
- (c) Pengukuran dilakukan dengan menghadapkan sensor pada sumber cahaya kemudian nilai intensitas cahayanya adalah bacaan yang tertera pada layar.
- (d) Jika layar tidak menunjukkan angka maka range dinaikan satu persatu dari x10, x 100, x 1000.

### d) Kecepatan Angin

Angin merupakan salah satu faktor abiotik yang menentukan pemencaran biji. Kecepatan angin adalah jarak tempuh angin atau pergerakan udara per satuan waktu dan dinyatakan dalam satuan meter per detik (m/d), kilometer per jam (km/j), dan mil per jam (mi/j). Kecepatan angin bervariasi dengan ketinggian dari permukaan tanah, makin tinggi dari permukaan maka gerakan angin makin cepat. Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan arah angin adalah Anemometer (gambar 4).



Gambar 4. Anemometer

**Cara menggunakan anemometer :**

- (a) Tekan tombol ON/OFF dan item pengukuran tampil pada layar
- (b) Pilih mode pengukuran yang diinginkan, lalu arahkan alat vertikal di atas kepala
- (c) Tekan tombol HOLD untuk melihat hasil pengukuran dan catat hasilnya

**2). Abiotik Tanah**

Tanah merupakan substrat yang terbentuk hasil dari pelapukan batuan induk akibat aktivitas iklim, dan organisme yang menyokong kehidupan makhluk di daratan. Peran tanah sebagai substrat alami bagi tumbuhan, dan habitat bagi mikroba dan detritivora. Tanah tersusun dari partikel mineral, bahan organik, air, dan udara. Faktor fisika kimia tanah mempengaruhi sebaran organisme tanah baik secara vertikal (hewan tanah dan mikroba) serta secara horizontal (vegetasi). Parameter lingkungan yang mencakup fisika kimia tanah, diantaranya suhu tanah, kelembapan tanah, pH tanah, profil tanah, tekstur tanah, kandungan air tanah, kandungan organik tanah, dan *bulk density*. Selain itu, akan diperkenalkan pula penghitungan kemiringan tanah.

**a) Suhu Tanah**

Untuk mengukur suhu tanah menggunakan alat termometer tanah (Gambar 5). Alat ini memiliki termometernya tersimpan dalam tabung kayu yang ujungnya berupa logam meruncing. Jika termometer tanah tidak tersedia, bisa juga menggunakan termometer udara biasa namun harus dilakukan dengan hati-hati. Mula-mula lubangi tanah sekitar 5 cm ke dalam. Biarkan termometer berada di tanah selama kurang lebih 30 menit, sebelum suhunya dicatat.



Gambar 5. Termometer tanah

## b) pH Tanah

pH tanah adalah sifat kimia tanah yang menggambarkan sifat asam dan basa tanah. Nilai pH tanah adalah nilai negatif logaritma dari aktivitas ion hidrogen tanah. Besarnya nilai pH tanah dipengaruhi oleh faktor jenis batuan induk, tipe vegetasi dan aktifitas pemupukan. pH tanah menentukan kelarutan unsur-unsur hara dalam larutan tanah, sehingga pH akan memengaruhi ketersediaan unsur-unsur hara bagi tumbuhan. Pengukuran pH tanah menggunakan soil tester (gambar 6), dan kertas pH universal (gambar 6)



Gambar 6. Soil tester (kiri) dan kertas pH universal (kanan)

### **Cara menggunakan soil tester :**

- (a) Tancapkan keseluruhan sensor (*probe*) dari soil tester ke dalam tanah dan pH dapat langsung dibaca. Setelah dipakai, segera bersihkan bagian sensor dari tanah.
- (b) Soil tester juga dapat digunakan untuk mengukur kelembapan tanah dengan menekan tombol putih selama sensor tertancap ke tanah dan jarum pada soil tester akan membaca angka kelembapan tanah yang dinyatakan dalam satuan persen (%).

### **Cara menggunakan pH universal :**

- (a) Kertas pH diletakkan langsung pada tanah yang ingin diketahui pH nya (bila tanah dalam keadaan kering basahilah dengan air akuades).
- (b) Cocokkan kertas uji dengan warna pH yang terdapat di kemasan pH universal.

## c) Profil Tanah

Profil tanah merupakan gambaran tanah secara vertikal. Tanah umumnya membentuk zona yang disebut horison tanah dan profil tanah tersusun dari beberapa horison. Horison O terdiri dari materi organik segar atau belum terdekomposisi secara sempurna. Horison A atau topsoil mengandung materi organik yang tinggi bercampur dengan partikel mineral. Horison B adalah zona 'penumpukan' (*illuviation zone*); tempat terkumpulnya mineral dan humus akibat proses pencucian/ pelindian (*leaching*) dari horison A. Horison C berisi batuan induk. Alat yang digunakan untuk mengamati profil tanah adalah bor tanah atau auger (gambar 4).





Gambar 4. Auger

**Cara pencuplikan tanah melihat profilnya :**

- (a) Auger di tancapkan hingga kedalaman 30 cm , kemudian angkat perlahan
- (b) Tentukan stratifikasi dengan melihat warna tiap lapisan tanah. Selain itu untuk melihat profil tanah, auger dapat digunakan untuk mencuplik tanah dalam analisis kandungan air, organik dan mineral tanah.

**d) Kandungan Air Tanah atau kelembapan tanah**

Kandungan air tanah secara kuantitatif dapat ditentukan dengan menghitung jumlah air yang terkandung di dalam tanah dengan berat segar tertentu. Kandungan air tanah dapat dinyatakan dengan presentase air terhadap berat segar tanah.

$$\begin{aligned} & \text{Kandungan air tanah (\%)} \\ &= \frac{\text{berat segar tanah} - \text{berat kering tanah}}{\text{berat kering tanah}} \times 100\% \end{aligned}$$

**Cara pencuplikan tanah :**

- (a) Gunakan bor tanah untuk mengambil lapisan tanah pada horizon A hingga kedalaman 10 cm.
- (b) Ambil kurang lebih 10 gr tanah dan masukan ke wadah tertutup (aluminium foil) yang sudah diketahui beratnya. Kemudian timbang berat segar tanahnya.
- (c) Di laboratorium, masukan cuplikan tanah ke dalam oven yang bersuhu 105°C selama 48 jam atau sampai beratnya konstan. Setelah itu, dinginkan sebentar dan timbang berat kering tanah tersebut.
- (d) Lakukan penghitungan kandungan air tanah dan nyatakan sebagai presentase terhadap berat segar

### e) Kandungan Organik dan Anorganik (mineral) Tanah

Zat organik umumnya berasal dari proses pelapukan/penguraian serasah pada lapisan teratas tanah. Secara teoritis lapisan yang kaya zat organiknya adalah lapisan humus. Kandungan organik dan mineral total tanah dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} & \text{Kandungan organik tanah (\%)} \\ &= \frac{\text{berat kering tanah} - \text{berat abu tanah}}{\text{berat kering tanah}} \times 100\% \end{aligned}$$

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

#### Cara pengabuan tanah :

- (a) Dari cuplikan tanah yang sudah kering (dari penentuan kandungan air tanah), ambil kurang lebih 5 gr tanah kering kemudian masukkan ke dalam porselen kering yang telah diketahui beratnya
- (b) Proses pengabuan dapat dilakukan dengan furnace dengan suhu tinggi (450°C) selama 4 jam.

### f) Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah proporsi relatif dari partikel utama pembentuk tanah yaitu pasir (*sand*), debu (*silt*), dan liat (*clay*). Pasir memiliki ukuran partikel > 0,05 mm. Debu memiliki partikel antara 0,002 – 0,05 mm. Liat memiliki ukuran partikel < 0,002 mm. Tekstur tanah menentukan sifat tanah tersebut, baik sifat fisika maupun kimia. Tekstur tanah dapat ditentukan secara cepat di lapangan secara kualitatif berdasarkan pilinan jari. Caranya dengan memilih sejumlah cuplikan tanah di antara telunjuk dan ibu jari. Pijat tanah lembap di lapangan (kalau ternyata keadaan kering, dapat dibasahi dengan air secukupnya), kemudian rasakan. Lalu tentukan tekstur tanah tersebut berdasarkan kriteria berikut :

- **Tanah pasir** butiran terasa kasar dan lepas satu sama lain, tidak dapat dibentuk dalam keadaan kering, partikel-partikelnya terlepas
- **Tanah pasir berlumpur** sulit dibentuk, pada tangan memberi warna lemah, masih dapat dirasakan adanya butiran kasar
- **Tanah lumpur berpasir** dapat dibentuk dengan baik, dapat dipilih sampai sebesar hitamnya karbon pensil. Sangat nyata memberi warna pada jari tangan.
- **Tanah lumpur**, dapat dibentuk sangat baik, lengket pada sendok, dengan kuku tidak meninggalkan bekas mengkilat tapi terlihat sedikit kasar, memberi warna pada tangan
- **Tanah liat** sangat lengket licin dengan kuku bekasnya mengkilat, bila kering merekah

g) **Bulk Density (Bobot isi)**

*Bulk density* adalah perbandingan antara massa tanah pada keadaan kering konstan dengan volumenya. Satuan bobot isi dalam  $\text{gcm}^{-3}$ . *Bulk density* dapat digunakan untuk menentukan porositas yang dapat dijadikan sebagai indikator penetrasi akar dan aerasi tanah pada lapisan tanah yang berbeda. Nilai bobot isi bervariasi tergantung pada kelembapan dan tekstur tanah. Alat yang digunakan untuk menentukan bobot isi adalah *core sampler* (gambar 5). Alat ini berupa silinder tanpa alas dan tutup dari paralon, pipa besi, atau stainless yang memiliki tinggi dan diameter tertentu. Bagian bawah *core sampler* dapat dibuat runcing untuk memudahkan dalam melakukan pencuplikan. Rumus dari *bulk density* sebagai berikut :

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{berat kering tanah}}{\text{volume core sampler}}$$

**Cara pencuplikan tanah :**

- (a) Mula-mula permukaan tanah dibersihkan dulu dari rumput dan serasah
- (b) Core sampler diletakkan di atas tanah dan dimasukkan /ditekan masuk ke dalam tanah dan tetap dalam posisi vertikal. Bila tanah cukup keras, core sampler dipukul perlahan.
- (c) Lubangi tanah disekitar core sampler, lalu ratakan tanah di bawah *core sampler* dengan sekop, bagitupula dengan di atas sejajar mulut *core sampler*.
- (d) Cuplikan tanah ini dimasukkan ke alumunium foil lalu beri label dan masukan ke kotak yang aman.
- (e)** Dilaboratorium, segera timbang berat segar dengan timbangan analitis kemudian di oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam dan ditimbang berat kering konstan.



**Gambar 5. Core sampler**

### 3) Alat Pengukur Tinggi pohon

Saat melakukan pendataan di lapangan sering kali kita mengukur tinggi pohon yang melebihi 10 20 meter. Untuk itu, perlu alat yang akurat dalam pengukuran tersebut. Alat yang dipergunakan adalah hagameter (gambar 6).



Gambar 6. Hagameter

Cara Pemakaian Alat :

- (a) Pilih kejauhan sesuai dengan skala yang ada yaitu antara 15, 20, 25, atau 30 meter dari pohon, di mana poin yang dibidik (misalnya ujung pohon) dapat dilihat. Ukur jarak horizontal yang dipilih dari pangkal pohon.
- (b) Pilih skala jarak yang sesuai pada batang berputar.
- (c) Lepaskan pointer dengan menekan tombol di bagian samping instrumen.
- (d) Bidik pangkal pohon (atau bisa juga tinggi pohon pada tinggi 1,3 meter), lalu tekan tombol pengunci. Baca angka yang muncul pada skala (a). Catat agar tidak lupa.
- (e) Tekan tombol pointer (tombol pelepas kunci).
- (f) Kemudian bidik ujung pohon, lalu tekan tombol pengunci. Baca angka yang muncul pada skala (b). Catat agar tidak lupa. Kemudian hitung dengan prinsip hitung Clinometer

### 4) Penentuan Titik Koordinat Lokasi Pengambilan data

Posisi geografis (koordinat) lokasi pengambilan data diperoleh untuk memberikan gambaran kondisi lingkungan tempat vegetasi tersebut tumbuh. Data koordinat tersebut juga diperlukan untuk memudahkan mencari kembali lokasi pengambilan data. GPS (gambar 7) atau *Global Positioning System* merupakan teknologi yang digunakan untuk menentukan posisi geografis suatu lokasi. GPS dibangun oleh 24 satelit yang mengorbit bumi dan memancarkan sinyal khusus yang dapat ditangkap oleh pesawat penerima (*receiver*) untuk kemudian diolah menjadi data koordinat, ketinggian, dan jarak.



Gambar 7. GPS

Cara pemakaian alat :

- (1) Tombol on off (power) ditekan agar GPS menyala, lalu dipilih menu dan jumlah satelit yang aktif dicek (minimal 3 satelit harus aktif agar akurat membaca titik koordinat)
- (2) Tombol mark di tekan dan akan muncul titik koordinat dan elevasi (ketinggian) lokasi tersebut.
- (3) Nama titik diganti dengan kode yang mudah diingat, missal P1LB\_1 (Plot 1 Lava bantal dari kelompok 1)
- (4) Titik koordinat dan elevasi dicatat
- (5) Arahkan kursor ke Save / Simpan agar data tersimpan di dalam GPS



## **ACARA 3.B**

### **BIOMASSA CACING TANAH DAN ARTHROPODA TANAH SERTA PENGUKURAN ABIOTIK TANAH**

**A. Tujuan** : Untuk mengetahui biomassa arthropoda tanah dan mengetahui cara menggunakan peralatan dalam pengukuran abiotik tanah

**B. Tempat** : Halaman Kampus 4 UAD

**C. Alat dan Bahan :**

2. Core sampler + auger
3. pH meter
4. Soil tester
5. Botol plastic 400 mL
6. Gelas plastik
7. Cacing tanah
8. Serangga tanah
9. Alkohol 70%
10. Detergen bubuk

**D. Latihan :**

1. Dalam praktikum ini dilakukan pengamatan dan perhitungan terhadap biomassa arthropoda tanah, khususnya cacing tanah dan arthropoda tanah lain.
2. Buatlah plot seluas 1 x 1 m, kemudian di dalam plot dilakukan pengambilan data cacing tanah, arthropoda tanah, dan abiotik tanah.
3. Biomassa cacing tanah dilakukan dengan cara memasukkan auger ke dalam tanah sampai masuk. Auger kemudian diangkat dan sampel tanah yang berada di dalam auger dikeluarkan. Sampel tanah yang sudah dikeluarkan kemudian dicari cacing tanah di dalamnya dengan cara melihat secara teliti ada tidaknya cacing tanah di dalam sampel tanah. Apabila terdapat cacing tanah, kemudian cacing tersebut dimasukkan ke dalam botol plastic yang sudah berisi alkohol 70%. Cacing kemudian diidentifikasi sampai ditemukan genus atau spesiesnya. Perhitungan biomassa cacing tanah dilakukan dengan menimbang berat cacing tanah yang ditemukan kemudian dibagi dengan luas plot. Cara ini diulang sebanyak 3 kali.
4. Untuk arthropoda tanah, dilakukan pemasangan *pitfall trap*. *Pitfall trap* dibuat dari gelas plastic yang diisi dengan larutan detergen (perbandingan 1 : 1). Jebakan dipasang dengan cara menggali tanah di dalam plot kemudian jebakan ditaruh di dalam lubang galian sampai mulut gelas

sejajar dengan permukaan tanah. Jebakan yang dipasang dalam plot berjumlah 3 buah dan tersebar di dalam area plot. Setelah terpasang jebakan ditinggal dan diambil kembali sore harinya. Arthropoda yang terperangkap kemudian dibilas dengan air kran dan dimasukkan ke dalam botol plastic untuk diidentifikasi sampai tingkat genus atau spesiesnya.

5. Pengamatan abiotic yang dilakukan meliputi: suhu dan kelembapan tanah, pH tanah, struktur tanah)

#### **IV. Dasar Teori**

Tanah merupakan bagian dari elemen penyusun ekosistem terrestrial. Tanah memiliki struktur yang bervariasi tergantung dari lokasi ekosistem tersebut berada. Bervariasinya struktur tanah tersebut dapat menyebabkan bervariasi juga keanekaragaman makhluk hidup, terutama hewan, yang terdapat pada masing-masing struktur tanah. Beberapa hewan yang sering dikaitkan dengan tanah adalah cacing tanah dan arthropoda tanah. Cacing tanah merupakan hewan dari kelas Annelida yang berarti tubuhnya memiliki cincin (*annulus*). Cacing tanah biasanya dikaitkan dengan tingkat kesuburan tanah. Semakin banyak cacing tanah yang ditemukan pada suatu habitat, maka akan semakin subur habitat tersebut. Hal ini dikarenakan cacing tanah merupakan salah satu hewan decomposer, yaitu hewan yang mendekomposisi bangkai atau serasah menjadi pupuk alami bagi tanaman di sekitarnya.

Selain cacing terdapat hewan lain yang juga dikaitkan dengan tanah. Hewan tersebut adalah arthropoda tanah. Beberapa arthropoda yang biasa ditemukan pada tanah diantaranya Collembola, Diplura, Protura, Insekta, Myriapoda, dan Diplopoda. Masing-masing memiliki peran tersendiri, seperti misalnya Collembola merupakan decomposer serasah dan makanan bagi arthropoda tanah lainnya. Myriapoda berperan sebagai predator, dan Diplopoda sebagai decomposer. Banyak sedikit dan beragam tidaknya arthropoda yang dijumpai pada suatu habitat bergantung pada struktur tanah yang terdapat pada habitat tersebut, semakin kering tanah pada suatu habitat maka dapat dimungkinkan akan semakin sedikit arthropoda tanah yang dijumpai pada habitat tersebut.

## **ACARA 4.A**

### **ANALISIS VEGETASI TERESTRIAL**

**A. Tujuan** : Untuk mempelajari aplikasi metode plot kuadrat dalam pengambilan data parameter vegetasi, diagram profil, dan

**B. Tempat** : Candi Abang

**C. Alat dan Bahan :**

- Thermohyrometer/ Sling Psychrometer
- Lux meter
- Anemometer
- Termometer tanah
- Soil tester
- Auger / bor tanah
- Core Sampler
- Haga meter
- Kompas Bruton
- Meteran dan pasak
- GPS
- Koran dan label

**D. Latihan :**

**Keanekaragaman vegetasi pohon dan Diagram Profil Pohon**

- 1) Buat *belt transect* (plot berjejer) dengan luasan 10x10 m sebanyak 10 plot. Gunakan kompas bruton dan meteran untuk merapihkan arah penarikan garis
- 2) Plot bujur sangkar yang sudah terbentuk ditandai dengan tali rafia dan dikencangkan bagian ujungnya menggunakan pasak.
- 3) Di catat seluruh data berikut :
  - a. Nama spesies pohon
  - b. jumlah pohon sejenis (untuk menghitung kerapatan),
  - c. keliling batang yang akan diubah menjadi *Diameter breast high* (DBH) untuk mengukur basal area atau dominansi setiap jenis pohon per plot
  - d. Kehadiran pohon sejenis di 10 plot untuk mengukur frekuensi
  - e. Data kerapatan, dominansi, dan frekuensi digunakan untuk pengukuran Indeks Nilai Penting, Indeks Keanekaragaman dan estimasi stok karbon
  - f. Di catat pula tinggi pohon, tinggi cabang pertama, lebar kanopi setiap jenis pohon untuk pembuatan diagram profil
- 4) Pohon yang tidak teridentifikasi diawetkan bagian-bagiannya menjadi herbarium dengan menggunakan kertas koran dan kertas label.

**E. Dasar Teori :**

#### **1) METODE KUADRAT**

##### **Penyebaran Percontohan**

Bagaimana atau dimana percontohan diambil dalam suatu vegetasi merupakan pertanyaan yang lebih didasarkan pada masalah statistik. Jadi ini berkaitan dengan keabsahan pengambilan atau penyebaran percontohan. Berdasarkan sifat penyebaran individu-individu suatu populasi, maka penentuan letak pengambilan percontohan dalam analisis vegetasi dapat dilakukan melalui tiga pendekatan, yaitu :

- a. *Penyebaran percontohan secara acak*: dapat menggunakan angka acak (random) dari statistik. Pengacakan dapat dilakukan dengan melempar koin ke arah belakang, dan sebagainya.
- b. *Penyebaran percontohan secara sistematis* : percontohan disebar secara teratur, baik secara merata ataupun berdasarkan arah tertentu. Penyebaran percontohan dapat dilakukan berdasarkan arah satu garis atau transek.
- c. *Penyebaran percontohan secara semi acak/semi sistematis*: pertama percontohan disebar seperti pada penyebaran sistematis, kemudian pada setiap tempat dilakukan pengundian apakah diambil contohnya atau tidak. Pengundian ini bisa dilakukan dengan salah satu muka dari mata uang.

### **Penentuan luas minimum / luas percontohan**

Intensitas sampling (IS) adalah persentase jumlah sampel terhadap populasi seluruhnya. Semakin besar jumlah contoh akan memberikan hasil (data) yang lebih mewakili (*representative*), tetapi memerlukan waktu dan biaya yang lebih banyak. Besarnya intensitas sampling pada analisa vegetasi bervariasi, tergantung pada luas hutan. Semakin luas hutan yang akan dianalisa biasanya intensitas sampling yang akan digunakan semakin kecil. Kelompok hutan dengan luas 1.000 Ha atau kurang digunakan intensitas sampling 10 %, untuk kelompok hutan yang luasnya antara 1000-10.000 digunakan intensitas sampling 5 % dan untuk hutan yang luasnya > 10.000 Ha digunakan intensitas sampling 1-2 %.

### **Cara Menentukan Jumlah Petak Contoh**

Misalnya luas hutan 3 Ha dianalisis dengan metode plot (petak) dengan ukuran petak contoh 20x50 m. Berapa jumlah petak contoh yang harus dibuat ?

$$\text{Intensitas sampling (IS)} = 10 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Luas contoh} &= \text{Luas areal hutan} \times \text{IS} \\ &= 3 \text{ Ha} \times 10 \% \\ &= 0,3 \text{ Ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ukuran petak contoh} &= 20 \times 50 \text{ m} \\ &= 1000 \text{ m}^2 = 0,1 \text{ Ha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah petak contoh} &= 0,3 \text{ Ha} / 0,1 \text{ Ha} \\ &= 3 \text{ Petak contoh} \end{aligned}$$

## **2) PARAMETER-PARAMETER DALAM PENGUKURAN VEGETASI**

Vegetasi atau komunitas terdiri dari populasi tumbuhan dengan kepentingan ekologis yang berlainan. Kajian vegetasi berusaha untuk

mengungkapkan sifat dari setiap populasi tadi, sehingga dapat menggambarkan keadaan vegetasi berdasarkan karakteristik populasi-populasi tersebut. Variabel-variabel populasi yang dapat digunakan untuk menganalisis vegetasi adalah:

**a. Kepadatan/kerapatan/densitas (*density*)**

*Kepadatan absolut* ditentukan berdasarkan jumlah individu dalam satuan luas tertentu. *Kepadatan relatif* adalah jumlah individu dibandingkan dengan perjumpaan jenis lain.

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu suatu spesies}}{\text{Luas Area cuplikan}}$$

**b. Penutupan/kerimbunan/dominansi (*coverage*)**

Penutupan dapat didefinisikan sebagai bagian dari tanah yang dikuasai oleh tumbuhan. Hal ini didasarkan pada daerah yang tertutup oleh proyeksi tumbuhan (untuk pohon biasanya berdasarkan penutupan oleh kanopinya). *Penutupan absolut* dihitung berdasarkan presentase daerah yang dikuasai oleh tumbuhan tersebut dalam suatu plot tanpa memperhitungkan penutupan jenis lainnya. *Penutupan relatif* adalah besar presentase penutupan suatu jenis dibandingkan dengan penutupan oleh jenis lainnya dalam plot. Tumbuhan bawah seperti herba, anggrek tanah, dan paku tanah dapat diukur dominansinya menggunakan persentase tutupan kanopi terhadap luas petak, sedangkan dominansi pohon, perdu (tanaman berkayu) diukur menggunakan basal area.

$$\text{Dominansi (D)} = \frac{\text{Total basal area atau luas penutupan suatu spesies}}{\text{Luas Area cuplikan}}$$

**Pengukuran basal area pohon :**

keliling	= $2\pi r$
diameter	= keliling / $\pi$
r	= diameter/2
BA (Basal area)	= $\pi r^2$

**c. Frekuensi (kekerapan persebaran populasi)**

Frekuensi ditentukan berdasarkan perjumpaan suatu jenis tumbuhan selama pengamatan dilakukan. Apabila tumbuhan A ditemukan di setiap plot kuadrat yang kita buat, maka frekuensi tumbuhan A tersebut adalah 100. Tumbuhan B hanya dijumpai dalam 25 plot kuadrat dari 100 plot kuadrat yang dibuat, maka frekuensinya adalah 25%.

$$\text{Frekuensi} = \frac{\text{Jumlah plot/kuadrat dimana spesies terdapat}}{\text{Jumlah plot/kuadrat yang disampel atau dicuplik}}$$

### 3) ESTIMASI STOK KARBON

Stok karbon (*carbon stock*) adalah kandungan karbon absolut dalam biomassa (tumbuhan) pada waktu tertentu (Apps et al., 2003), dengan proporsinya terhadap biomassa total sebesar 46% (Hairiah dan Rahayu, 2007). Stok karbon merupakan hasil akumulasi dari proses konversi karbondioksida menjadi karbon organik dalam proses fotosintesis. Sebagian karbon organik terakumulasi di tumbuhan sedangkan sebagian lainnya terakumulasi serasah dan materi organik tanah.

Stok karbon pohon diukur dengan metode non desktruktif, yaitu mengukur stok karbon tanpa merusak atau mengambil keseluruhan tumbuhan, dan dihitung nilai karbon tersimpannya menggunakan persamaan allometrik dengan mengukur nilai Diameter at Breast Height (DBH). Stok karbon pohon dicuplik dari plot besar dengan ukuran 20x100 m untuk DBH >30 cm, dan 5x40 m untuk 5 <DBH <30 m. Stok karbon *understorey* (herba, perdu, dan anakan pohon, DBH < 5 cm) dicuplik dengan metode panen tegakan, dari plot 1x1 m. Stok karbon serasah dicuplik dengan mengumpulkan serasah dari plot 0,5 x 0,5 m di dalam plot 1 x 1 m.

Pencuplikan stok karbon dengan metode allometri, cukup dengan mengukur DBH. Pencuplikan stok karbon dengan panen tegakan (metode destruktif) dilakukan dengan menebang semua tumbuhan *understorey*, menimbang berat segarnya, kemudian mengambil subsampel sebanyak  $\pm 300$  g untuk dikeringkan hingga berat konstan sehingga diperoleh berat kering *understorey*. Pencuplikan stok karbon untuk serasah dilakukan dengan mengumpulkan semua serasah yang ada di dalam plot. Kemudian serasah di cuci untuk menghilangkan partikel tanahnya, dijemur, ditimbang berat toalnya, diambil subsampel sebanyak  $\pm 300$  g dan dikeringkan di dalam oven hingga beratnya konstan.

### 4) PENGAWETAN SPESIMEN

Herbarium adalah suatu koleksi spesimen tumbuhan yang diawetkan. Spesimen-spesimen tersebut bisa berupa tumbuhan utuh atau bagian tumbuhan. Spesimen-spesimen dalam sebuah herbarium sering digunakan sebagai bahan referensi dalam menjelaskan takson tumbuhan. Pengawetan dapat dengan cara basah ataupun kering. Cara dan bahan pengawetnya bervariasi, tergantung sifat objeknya. Organ tumbuhan yang berdaging seperti buah, biasanya dilakukan dengan awetan basah, sedangkan untuk daun, batang dan akarnya, umumnya dengan awetan kering. Awetan basah baik untuk hewan maupun tumbuhan biasanya dibuat dengan merendam seluruh spesimen dalam larutan formalin 4%.

## **Mengenal Herbarium Kering**

Terdapat beberapa proses pengeringan dalam herbarium kering. Pertama, pengeringan langsung, yakni tumpukan material herbarium yang tidak terlalu tebal di pres di dalam sasak, untuk mendapatkan hasil yang optimum sebaiknya di pres dalam waktu dua minggu kemudian dikeringkan diatas tungku pengeringan dengan panas yang diatur di dalam oven. Pengeringan harus segera dilakukan karena jika terlambat akan mengakibatkan material herbarium rontok daunnya dan cepat menjadi busuk. Kedua, Pengeringan bertahap, yakni material herbarium dicelup terlebih dahulu di dalam air mendidih selama 3 menit, kemudian dirapikan lalu dimasukkan ke dalam lipatan kertas koran. Selanjutnya, ditumpuk dan dipres, dijemur atau dikeringkan di atas tungku pengeringan. Selama proses pengeringan material herbarium itu harus sering diperiksa dan diupayakan agar pengeringannya merata. Setelah kering, material herbarium dirapikan kembali, dan kertas koran bekas pengeringan tadi diganti dengan kertas baru. Kemudian material herbarium dapat dikemas untuk diidentifikasi.

### **Pembuatan Herbarium Kering**

- (a) Siapkan material yang akan diambil. Usahakan mengambil satu tubuh tumbuhan utuh (daun, batang, akar, bunga, buah), jika sulit ambil satu bagian daun tunggal.
- (b) Material herbarium yang telah siap diberi label gantung berisi kode spesimen sementara, lokasi dan identitas plot pengambilan, hari, tanggal, dan jam pengambilan.
- (c) Material dirapihkan dan dimasukkan ke dalam lipatan kertas koran. Satu lipatan kertas koran untuk satu spesimen. Selanjutnya, lipatan kertas koran berisi material herbarium tersebut ditumpuk satu diatas lainnya.
- (d) Tebal tumpukan disesuaikan dengan dengan daya muat kantong plastik pembungkus yang akan digunakan. Tumpukkan tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik dan disiram alcohol 70 % atau spiritus hingga seluruh bagian tumbuhan tersiram secara merata. Kemudian kantong plastik ditutup rapat dengan isolatip atau heker supaya alkohol atau spiritus tidak menguap keluar dari kantong plastik. Tumpukan spesimen juga dapat di press dengan sasak jika tidak menyiramnya dengan spirtus.



## **ACARA 4.B**

### **PEMBUATAN DIAGRAM PROFIL POHON**

**A. Tujuan** : Untuk memberikan gambaran stratifikasi vegetasi pada area pengambilan data

**B. Tempat** : Laboratorium Terpadu Biologi UAD

**C. Alat dan Bahan :**

- Kertas Milimeter Block
- Pensil
- Penghapus
- Penggaris
- Pensil warna
- Laptop
- Microsoft excel

**D. Latihan :**

- 1) Terdapat dua versi pembuatan diagram profil, yaitu di atas kertas milimeter blok dan di Microsoft excel. Berikut penjelasan pembuatan diagram profil pada kertas milimeter block:
  - a. Buat garis sumbu x (100 kotak) dan sumbu y (30 kotak) pada kertas milimeter blok
  - b. Gambar satu per satu data pohon yang ditemukan saat pengambilan data. Sumbu x merupakan titik ditemukannya pohon di lapangan. 1 kotak sumbu x setara dengan 1 meter dilapangan. Sumbu y merupakan tinggi pohon. 1 kotak sumbu y setara dengan 1 meter
  - c. Ilustrasikan gambar setiap pohon dengan memasukan data tinggi pohon, tinggi cabang pertama, dan lebar kanopi
  - d. Gunakan pensil dengan beda warna untuk membedakan setiap jenis spesies.
- 2) Pembuatan diagram profil menggunakan Microsoft excel:
  - a. Buatlah sumbu x dan y pada excel dengan asumsi satu kotak adalah 1 x 1 meter
  - b. Untuk membuat kotak 1x1 meter dapat diatur width dan height sama-sama 30 pixel
  - c. Insert garis dan tempatkan untuk membuat sumbu x dan y. Pada diagram profil vertical, sumbu y adalah tinggi pohon sehingga kita arus melihat data berapa meter pohon yang paling tinggi untuk disesuaikan pada excel. Dilain pihak, pada diagram profil horizontal, sumbu y adalah lebar plot, dalam praktikum ini adalah 10 meter. Sumbu x selalu menunjukkan Panjang plot, dalam praktikum ini adalah 100 meter.
  - d. Bagi sumbu x menjadi 10 meter sebanyak 10 plot untuk memudahkan penempatan pohon

- e. Cari template pohon di internet dan gunakan untuk menempatkan pohon di diagram profil yang akan dibuat
- f. Atur tinggi pohon, lebar kanopi dan tempatkan pohon di titik sumbu x dan y.

## E. Dasar Teori :

### 1) DIAGRAM PROFIL

Dalam penelitian kondisi ekosistem pada suatu daerah, diperlukan gambaran tentang kondisi ekologis daerah tersebut. Gambaran ekologis ini penting untuk mengetahui struktur dan fungsi di dalam ekosistem daerah tersebut. Informasi yang diberikan dapat memberikan gambaran bahwa ekosistem terganggu, rusak, atau dalam keadaan sehat. Salah satu bentuk dari gambaran kondisi ekologis di atas adalah gambaran kondisi vegetasi atau deskripsi vegetasi. Penyajian deskripsi dapat berupa profil vegetasi. Selain memberikan gambaran ekosistem, diagram profil dapat memberikan gambaran stratifikasi dan usia hutan suatu daerah.

### 2) STRATIFIKASI

Stratifikasi terjadi akibat kompetisi suatu jenis tertentu yang lebih dominan dari yang lainnya sehingga membentuk struktur vertikal. Yang meliputi :

- a. *Stratum A* : lapisan teratas terdiri dari pohon yang tingginya > 30 m, biasanya tajuk diskontinyu, batang tinggi dan lurus, batang bebas cabang tinggi, pada waktu muda (semai sampai sapihan) perlu naungan tetapi untuk pertumbuhan selanjutnya perlu cahaya yang cukup banyak.
- b. *Stratum B* : pohon-pohon yang tingginya antara 20 – 30 m, tajuk pada umumnya kontinyu, batang pohon biasanya banyak cabang, kurang membutuhkan naungan (tahan naungan).
- c. *Stratum C* : pohon yang tingginya 4 – 20 m, tajuk kontinyu, pohonnya kecil, rendah dan banyak cabang.
- d. *Stratum D* : lapisan perdu dan semak dengan tinggi 1 – 4 m.
- e. *Stratum E* : lapisan tumbuhan penutup tanah, tingginya 0 – 1 m dan pohon mati.

## ACARA 4.C PEMBUATAN PETA SEDERHANA

A. **Tujuan** : membuat peta sederhana untuk menunjukkan lokasi sampling secara dua dimensi

B. **Tempat** : Lava Bantal

C. **Alat dan Bahan** :

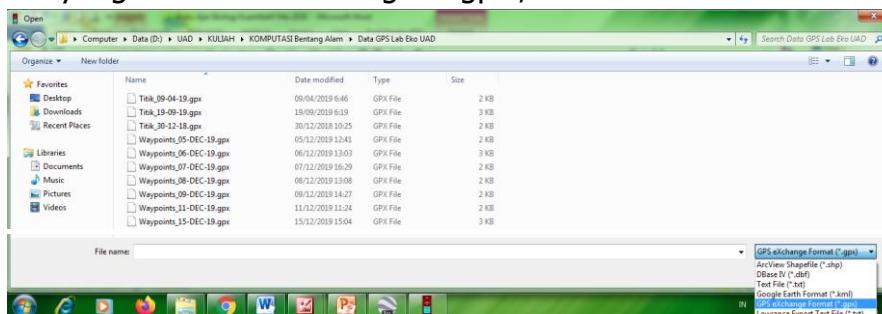
- GPS
- Laptop / PC
- Aplikasi DRN Garmin
- Aplikasi Google earth pro

D. **Latihan** :

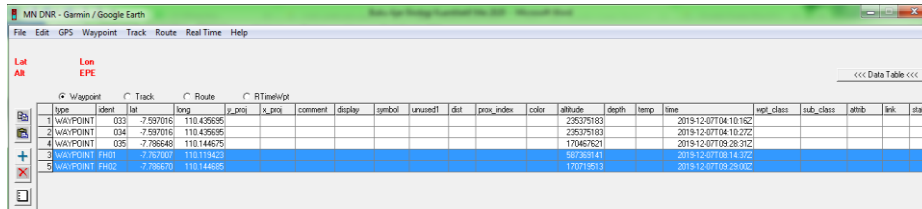
1. GPS dinyalakan kemudian cek minimal 3 satelit yang beroperasi;
2. Pilih Menu → **Mark** dan ubah nama lokasi sampling dengan kode yang mudah diingat;



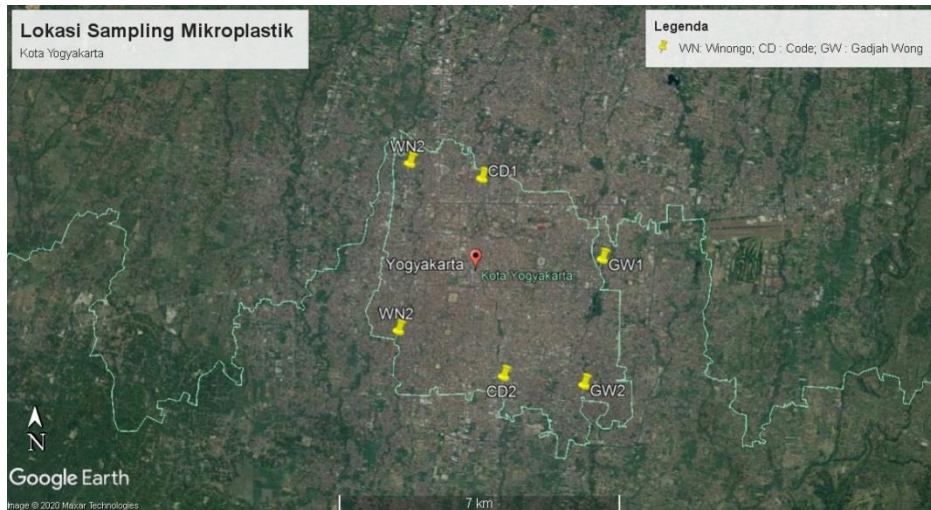
3. Setelah klik Done, data dapat ditransfer ke PC melalui kabel data dan akan tersimpan dalam format `.gpx`;
4. Untuk membuka data di *google earth*, maka data harus diubah dalam format `.kml` dengan bantuan beberapa aplikasi salah satunya DNRGarmin;
5. Buka aplikasi DNRGarmin, lalu klik File → Load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



- 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);
- Pilih titik koordinat lokasi sampling dan klik File → Save to → File dan ubah menjadi format `.kml`;



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



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

## E. Dasar Teori :

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.

## ACARA 5 ANALISIS DATA

**A. Tujuan** : Untuk mendapatkan analisis secara kuantitatif dan kualitatif dari pengumpulan data keanekaragaman vegetasi, estimasi stok karbon, stratifikasi vegetasi

**B. Tempat** : Laboratorium Terpadu Biologi UAD

**C. Alat dan Bahan** :

- Laptop
- Microsoft Excel 2010
- Buku dan jurnal rujukan

**D. Latihan** :

- 1) Rekap data semua kelompok per golongan
- 2) Hitung Indeks Nilai Penting (INP) dan Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener (H') untuk vegetasi pohon
- 3) Hitung estimasi karbon untuk strata pohon
- 4) Buatlah pembahasan mencakup data tersebut

**E. Dasar Teori** :

### 1) INDEKS NILAI PENTING DAN H' SHANNON WIENNER

$$\text{Kerapatan relatif} = \frac{\text{Kerapatan suatu spesies}}{\text{Total kerapatan seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Dominansi relatif} = \frac{\text{Dominasi suatu spesies}}{\text{Total dominansi seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi relatif} = \frac{\text{Frekuensi suatu spesies}}{\text{Total frekuensi seluruh spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Indeks Nilai Penting / INP} = \text{Kerapatan relatif} + \text{dominansi relatif} + \text{frekuensi relatif}$$

Perhitungan indeks diversitas dapat dihitung menurut rumus

**Shanon Wiener** yaitu :

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

Keterangan :

H' = Indeks Diversitas

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

n = Nilai penting suatu jenis

N = Jumlah nilai penting seluruh jenis

## 2) PENGHITUNGAN STOK KARBON

Untuk memperoleh nilai stok karbon pada plot yang dilakukan estimasi, maka stok karbon pohon dihitung dengan persamaan allometrik:

$$W = 0,188 \text{ DBH}^{2,53}$$

husus untuk hutan dengan curah hujan

1500 – 4000 mm

(Brown et al., dalam Hairiah et al, 2001) dengan W adalah biomassa dan D adalah diameter pohon yang diperoleh dari pencuplikan pada plot 5x40 m dan 20x100 m. Karbon stok understorey dan serasah dihitung dengan persamaan berikut :

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

(Hairiah et al, 2001). Dari perhitungan tadi diperoleh biomassa pohon dan understorey dan necromass serasah. Stok karbon untuk ketiga carbon pool ini diperoleh dengan menghitung kandungan karbon dari biomassa/necromass yaitu sebesar 46% (Melillo et al., dalam Zak et al, 2000). Jika stok karbon pohon, understorey dan serasah dihitung dengan melalui proporsi karbon dalam biomassa atau necromass, stok karbon tanah dihitung dengan persamaan berikut :

- a. Bulk Density (BD) (g/cm<sup>3</sup>) =  $\frac{\text{berat kering (g)}}{\text{Volume cincin pencuplik}}$
- b. Kandungan karbon tanah (Mg/Ha pada kedalaman 0-20 cm)  
= BD x 200 kg/m<sup>2</sup> x konsentrasi C (%) x 10

(MacDicken, 1997) dengan konsentrasi C tanah diukur melalui analisa fisikokimia sampel tanah yang dicuplik menggunakan auger pada pengumpulan data pada plot 1x1 m. Stok karbon untuk setiap tapak penelitian merupakan penjumlahan dari stok karbon dari semua *carbonpool* dengan satuan Mg/Ha (Mega gram per hektar) atau ton/ Ha.

Untuk mengubah data biomassa menjadi stok karbon maka nilai biomassa dikalikan 46%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barbour, G.M., J.K. Burk Dan J.K Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. The Benyamin / Cummings Publishing Company, Inc. New York
- Hardjosuwarno, Soenarto. 1991. *Buku Petunjuk Praktikum Ekologi Tumbuhan*. Program Pelatihan Dosen LPTK-B, Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta.
- Hairiah, K., S.M. Sitompul, M. Van Noordwijk, C. Palm. 2001. *Methods for sampling carbon stocks above and belowground*. International Centre for Research in Agroforestry, Bogor.
- Handayani, Trikinasih. 1997. *Penuntun Ekologi Tumbuhan*. Program Studi Pendidikan Biologi JPMIPA, UNILA, Bandar Lampung.
- Molles Jr, MC. 2002. *Ecology Concept and Applications 2nd ed*. Mc Graw Hill. New York.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H., 1974. *Aims and Method Of Vegetation Ecology*. Jhon Wiley & Sons, New York.
- Setiadi, D, I. Muhadiono., 1981. *Penuntun Praktikum Ekologi Tumbuhan*, Bagian Ekologi, Departemen Botani Fakultas Pertanian IPB, Bogor.
- Sulistyawati, E., Suantika, G., Hidayanto, Y., Puspitaningsih. 2007. *Modul Praktikum Proyek Ekologi*. Kelompok Keilmuan Ekologi dan Biosistemika. Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati ITB, Bandung.