

PENGUKURAN KARBON BERDASARKAN PERHITUNGAN BIOMASA VEGETASI ATAS PERMUKAAN

Disampaikan

**WEBINAR APIK - INDONESIA NETWORK
AMBON 23 JULI 2024**



**STAF DOSEN JURUSAN KEHUTANAN,
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS PATTIMURA**

Dr. Jan W. Hatulesila, S.Hut, M.Si



Efek Rumah Kaca

MATAHARI

Panas matahari merambat melalui atmosfer

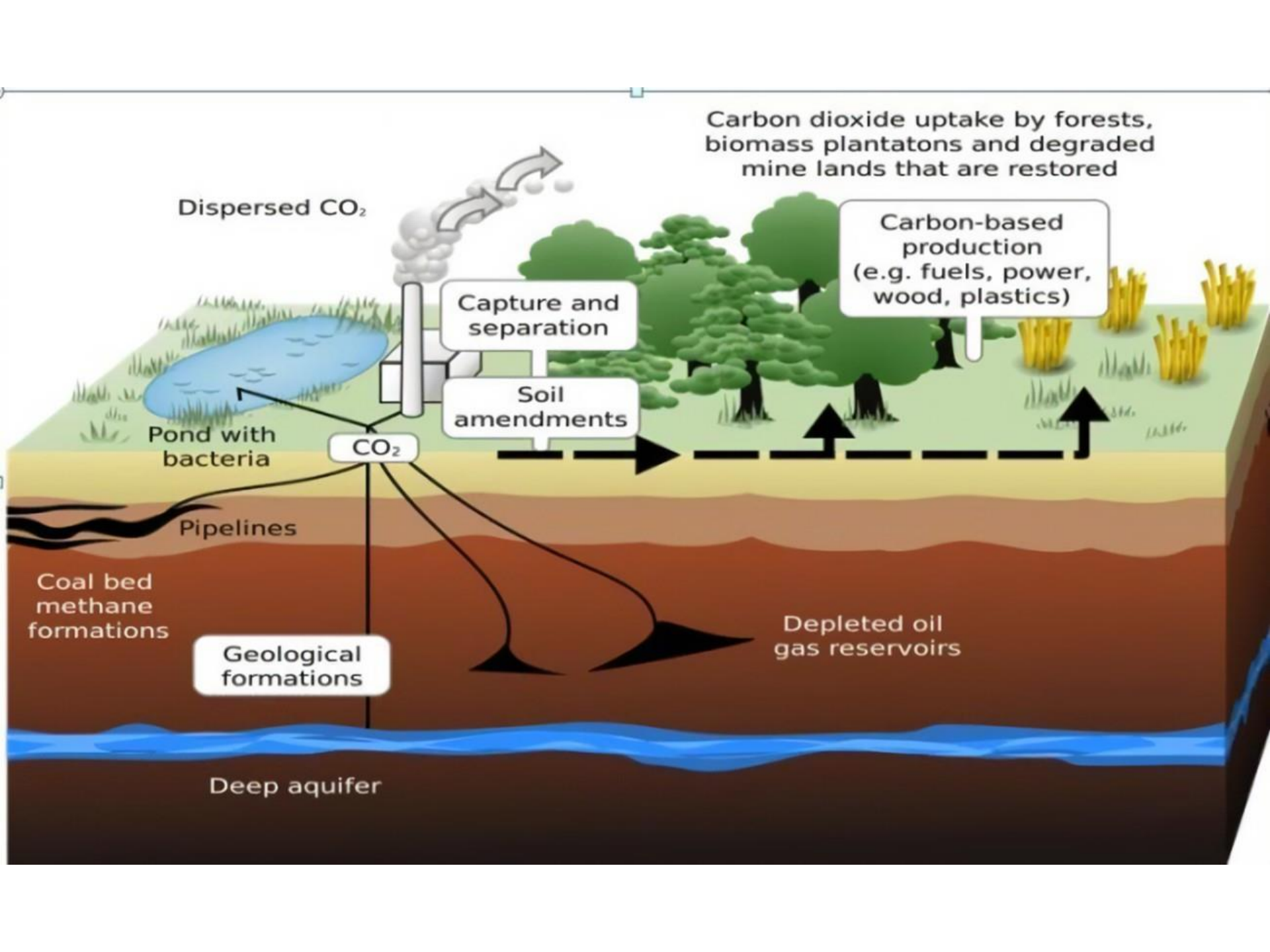
Panas matahari sebagian dipantulkan kembali oleh atmosfer dan bumi

Panas matahari sebagian dipantulkan kembali oleh bumi

Sebagian panas yang dipantulkan bumi diserap oleh gas-gas di atmosfer sehingga menahan panas keluar dari atmosfer

Sebagian panas matahari diserap oleh bumi dan memanasinya

BUMI



Carbon dioxide uptake by forests, biomass plantations and degraded mine lands that are restored

Dispersed CO₂

Carbon-based production (e.g. fuels, power, wood, plastics)

Capture and separation

Soil amendments

Pond with bacteria

CO₂

Pipelines

Coal bed methane formations

Geological formations

Depleted oil gas reservoirs

Deep aquifer

- Mengapa karbon hutan perlu dihitung ?

- Karbon dioksida (CO₂) merupakan GRK yang paling utama di sektor kehutanan dan perubahan lahan.
- Hutan mengandung karbon yang cadangan karbonnya tersimpan pada vegetasi yaitu pada batang, tajuk dan akar, biomasa lain dan di dalam tanah.
- Upaya pengurangan konsentrasi GRK di atmosfer (emisi) adalah dengan mengurangi pelepasan CO₂ ke udara.
- Untuk itu, maka jumlah CO₂ di udara harus dikendalikan dengan jalan meningkatkan jumlah serapan CO₂ oleh tanaman sebanyak mungkin dan menekan pelepasan GRK serendah mungkin.
- Jadi, mempertahankan keutuhan hutan alami, menanam pohon dan melindungi lahan gambut sangat penting untuk mengurangi jumlah CO₂ di udara

- Jumlah cadangan karbon tersimpan ini perlu diukur sebagai upaya untuk mengetahui besarnya cadangan karbon pada saat tertentu dan perubahannya 4 apabila terjadi kegiatan yang manambah atau mengurangi besar cadangan.
- Dengan mengukur, dapat diketahui berapa hasil perolehan cadangan karbon yang terserap dan dapat dilakukan sebagai dasar jual beli cadangan karbon.
- Dimana negara maju atau industri mempunyai kewajiban untuk memberi kompensasi kepada negara atau siapapun yang dapat mengurangi emisi atau meningkatkan serapan.



- **Apa yang diukur?**

Pada ekosistem daratan termasuk hutan, karbon tersimpan dalam lima sumber karbon (*carbon pools*), yaitu (IPCC, 2006):

1. Biomasa di atas permukaan tanah yaitu berupa pohon termasuk tajuknya dari berbagai ukuran mulai dari tingkat semai, pancang, tiang dan pohon, serta berbagai jenis tumbuhan bawah.
2. Biomasa di bawah permukaan tanah berupa akar tumbuhan
3. Biomasa serasah (nekromas tidak berkayu)
4. Biomasa kayu mati (nekromas)
5. Biomasa pada tanah yaitu bahan organik tanah: sisa makhluk hidup (tumbuhan tu hewan) yang telah mengalami pelapukan baik sebagian maupun seluruhnya dan telah menjadi bagian dari tanah

ISTILAH-ISTILAH

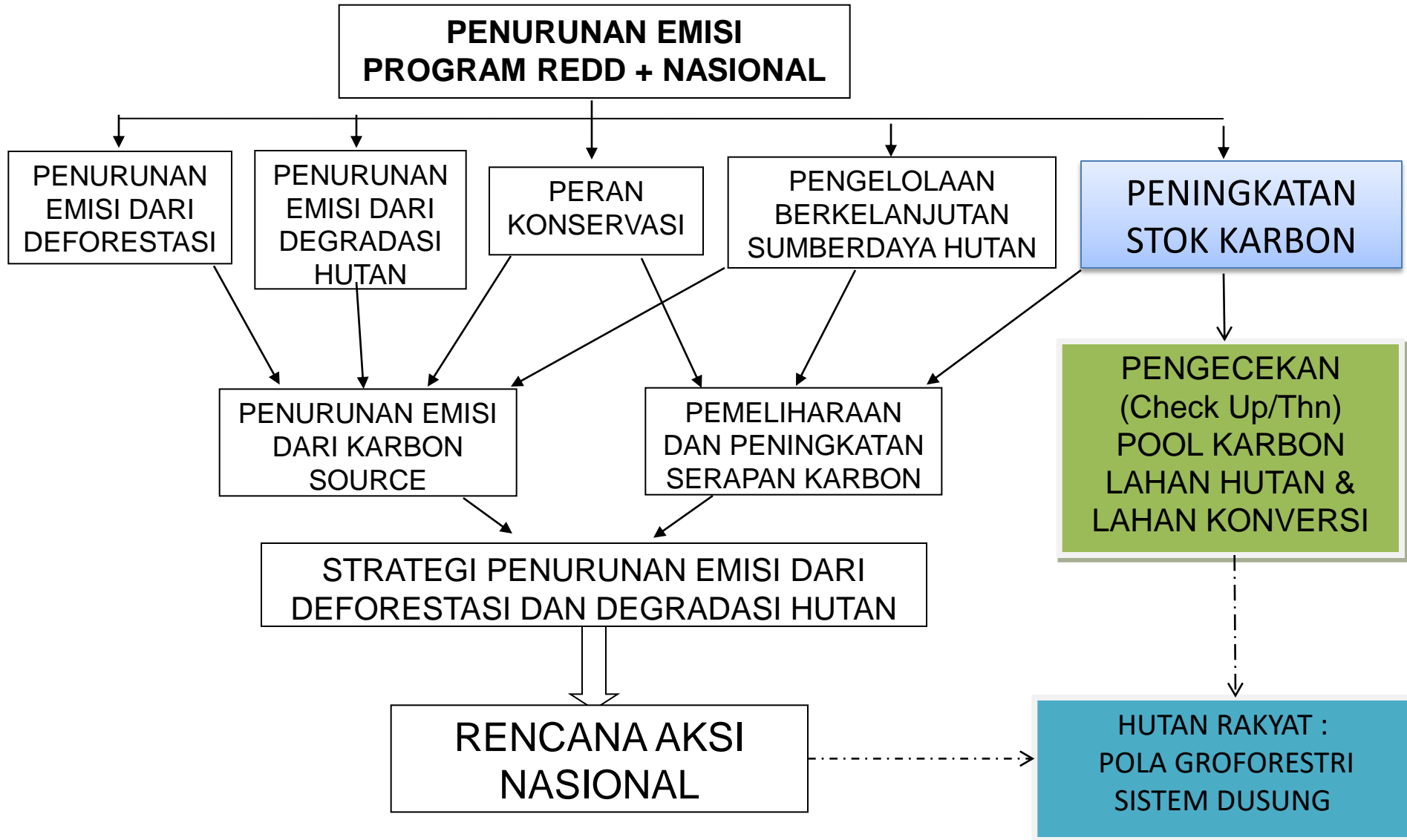
- **Karbon** : unsur kimia yang memiliki nomor atom 6 (C)
- ***carbon pool*** : bagian atau tempat karbon tersimpan
- **Biomassa** : total berat kering tanur vegetasi
- **Biomassa atas permukaan** : total berat kering tanur vegetasi di atas permukaan tanah yang meliputi seluruh bagian pohon dan tumbuhan bawah
- **Biomassa bawah permukaan** : total berat kering tanur di bawah permukaan tanah yang meliputi akar tanaman dan karbon organik tanah
- **Diameter setinggi dada (*diameter at breast height/dbh*)** : diameter pohon yang diukur pada ketinggian 1.3 m di atas permukaan tanah atau sesuai kaidah pengukuran yang ditentukan.
- **nisbah akar pucuk (*root shoot ratio*)** : Perbandingan antara biomassa akar terhadap biomassa atas permukaan tanah (*above ground biomass*)
- **kayu mati (*dead wood*)** : bagian pohon mati (batang, cabang, ranting) yang telah rebah
- **pohon mati (*dead tree*)** : tumbuhan berkayu yang telah menunjukkan berhentinya semua proses fisiologis dan metabolisme, yang ditandai dengan matinya jaringan-jaringan sel tanaman, dan pohon tersebut masih berdiri tegak.

- **Serasah (*litter*)** : kumpulan bahan organik di lantai hutan yang belum terdekomposisi secara sempurna yang ditandai dengan masih utuhnya bentuk jaringan
- **Tumbuhan bawah**: vegetasi yang tumbuh di lantai hutan, dapat berupa herba, semak atau liana
- **Semai** : tingkat pertumbuhan vegetasi berkayu ber- < 2 cm dgn tinggi = 1,5 m
- **Pancang** : tingkat pertumbuhan vegetasi berkayu berdiameter 2 cm sampai dengan < 10 cm
- **Tiang** : tingkat pertumbuhan vegetasi berkayu berdiameter 10 cm sampai dengan < 20 cm
- **Pohon** : tingkat pertumbuhan vegetasi berkayu berdiameter = 20 cm
- **Stratum** : kelompok tutupan lahan sesuai SNI 7645:2010 dan IPCC 2006

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7724:2011, Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon - Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (*ground based forest carbon accounting*) ini digunakan sebagai pedoman dalam pengukuran dan penghitungan cadangan karbon di hutan.

Standar ini menggunakan acuan Keputusan *COP-15 tentang arahan metodologi REDD+* (Dec. 4/CP-15), *IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, dan *IPCC 2003 Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Changes and Forestry*

ROAD MAP SKEMA REDD+ INDONESIA



Hutan Rakyat



Hutan Jati

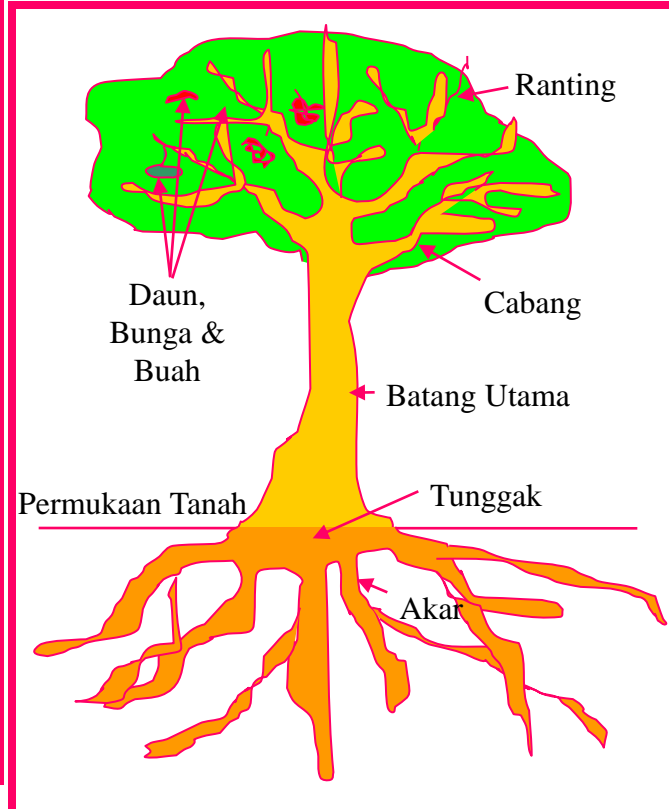


Hutan Alam Tropika



Hipotesis: Kadar Karbon dari Berbagai Biomasa Tipe Hutan Berbeda Nyata

Bagian-2 Pohon



Metode pengukuran dan penghitungan karbon hutan

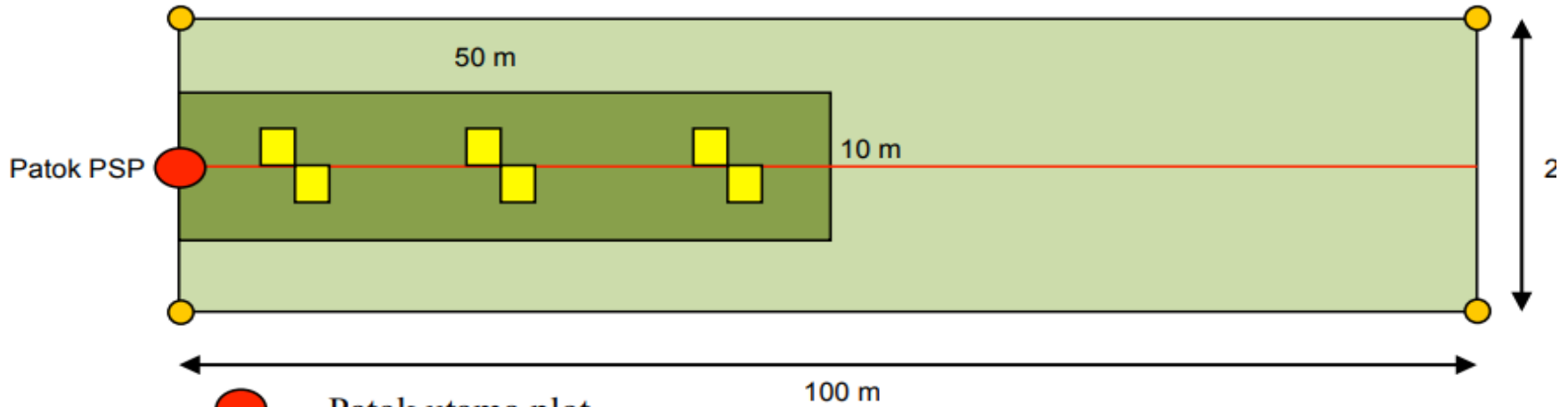
• Prinsip :






Menghitung total cadangan karbon hutan didasarkan pada kandungan biomasa dan bahan organik pada lima *carbon pool* (*biomassa atas permukaan tanah, biomassa bawah permukaan tanah, kayu mati, serasah dan bahan organik tanah*) sesuai dengan IPCC 2003.

• Peralatan :

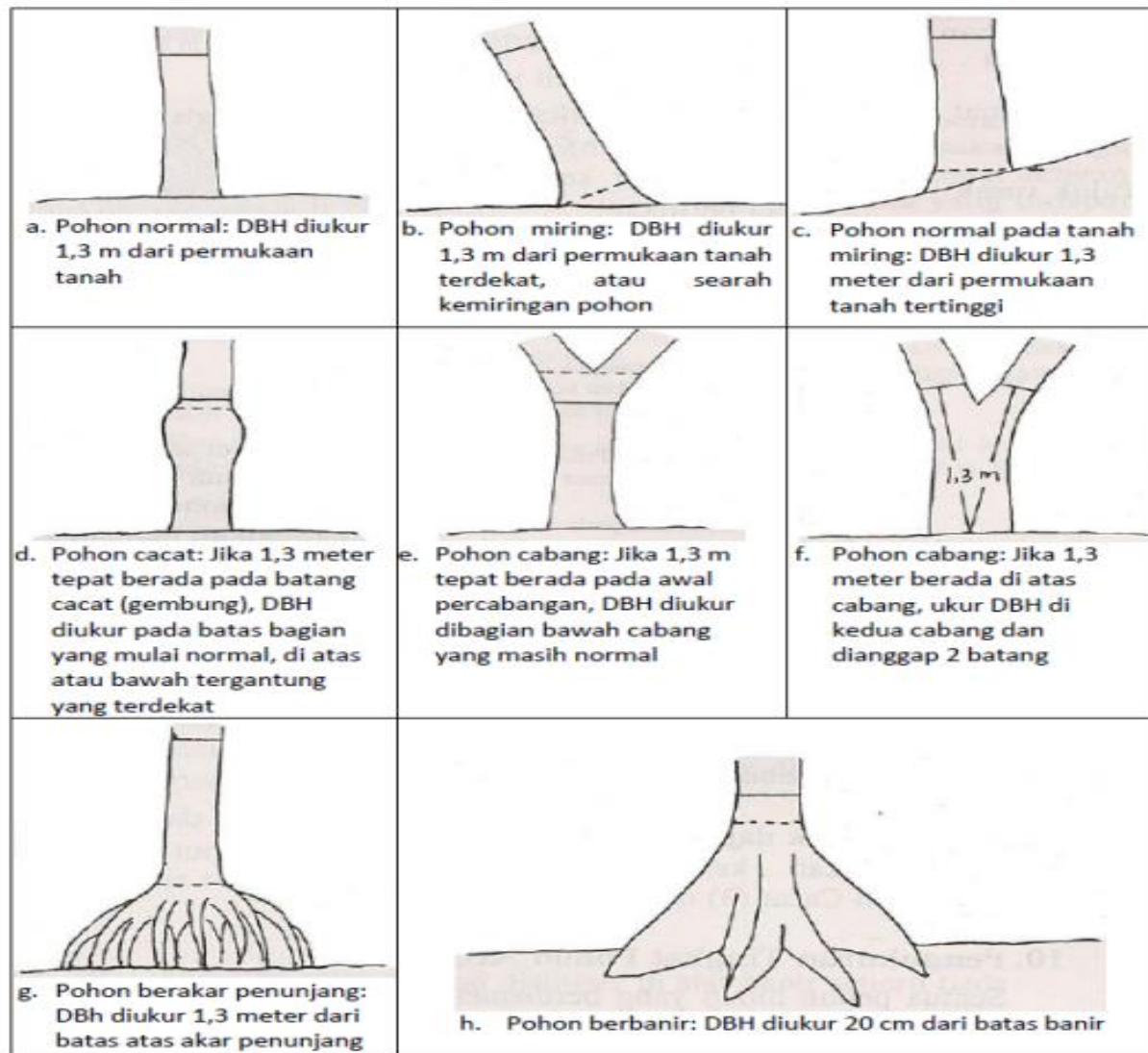
- alat penentu posisi koordinat (GPS), dengan tingkat kesalahan jarak horizontal maksimal 10 m;
- alat pengukur diameter pohon (*phi band*);
- alat pengukur panjang;
- alat pengukur kelerengan (*clinometer*);
- alat pengukur tinggi pohon;
- alat pengukur kedalaman gambut;
- alat pengambil contoh tanah (*ring soil sampler*);
- alat pengukur berat (timbangan) dengan ketelitian 0,5%;
- kompas;
- peta kerja;
- gergaji kecil;
- gunting stek;
- oven;
- *tally sheet*;
- wadah contoh.

Menentukan Bentuk dan Ukuran Plot Contoh



-  Patok utama plot
-  Patok bantu plot
-  Sub sub plot ukuran 0.5 X 0.5 meter untuk mengukur anakan, serasah dan tumbuhan bawah
-  Sub plot ukuran 10 m X 50 m untuk mengukur pohon \varnothing 5 sd 30 cm
-  Plot ukuran 20 m X 100 m untuk mengukur pohon $\varnothing \geq 30$ cm

Prosedur Pengukuran di Lapangan & Pengukuran Biomasa Pohon



Gambar 4. Pengukuran diameter setinggi dada pada berbagai kondisi pohon

Pengukuran biomassa di atas permukaan tanah

Pengukuran biomassa pohon

- Tahapan pengukuran biomassa pohon dilakukan sebagai berikut:
 - a. identifikasi nama jenis pohon;
 - b. ukur diameter setinggi dada (dbh);
 - c. catat data dbh dan nama jenis ke dalam *tally sheet*;
 - d. hitung biomassa pohon.
- **CATATAN** GPS digunakan untuk mencocokkan ketepatan lokasi pengambilan pohon contoh **sesuai** dengan lokasi plot yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pengukuran biomassa tumbuhan bawah

- Tahapan pengukuran biomassa tumbuhan bawah dilakukan sebagai berikut:
 - a. potong semua bagian tumbuhan bawah di atas permukaan tanah dengan menggunakan gunting stek;
 - b. timbang berat basah total tumbuhan bawah dalam areal plot pengukuran;
 - c. ambil dan timbang berat basah contoh sebanyak ± 300 gram;
 - d. lakukan pengeringan dengan menggunakan oven di laboratorium dengan kisaran suhu $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat konstan;
 - e. timbang berat kering tumbuhan bawah;
 - f. lakukan analisis karbon organik di laboratorium untuk melihat kandungan karbonnya.

Pengukuran biomassa pohon mati dengan metode geometrik

- Tahapan pengukuran biomassa pohon mati dilakukan sebagai berikut:
 - a. ukur diameter setinggi dada;
 - b. ukur tinggi total pohon mati;
 - c. hitung volume pohon mati dengan persamaan;

$$V_{pm} = \frac{1}{4} \pi (dbh / 100)^2 \times t \times f$$

Keterangan:

- V_{pm} adalah volume pohon mati, dinyatakan dalam meter kubik (m^3);
 dbh adalah diameter setinggi dada pohon mati 1,3 meter, dinyatakan dalam sentimeter (cm);
 t adalah tinggi total pohon mati, dinyatakan dalam meter (m);
 f adalah faktor bentuk.

- d. hitung berat jenis kayu pohon mati;
- e. hitung bahan organik pohon mati.

Pengukuran biomassa kayu mati berdasarkan penimbangan langsung

- Tahapan pengukuran biomassa kayu mati berdasarkan penimbangan langsung dilakukan sebagai berikut:
 - a. kumpulkan semua kayu mati pada plot pengukuran;
 - b. timbang berat total dari kayu mati;
 - c. ambil contoh dan timbang minimal 300 gram;
 - d. lakukan pengeringan dengan menggunakan oven terhadap contoh kayu mati pada kisaran suhu 70 °C sampai dengan 85 °C hingga mencapai berat konstan;
 - e. timbang berat kering contoh kayu mati.

Pengukuran biomassa serasah

Tahapan pengukuran biomassa serasah dilakukan sebagai berikut:

- a. kumpulkan serasah dalam plot pengukuran;
- b. timbang berat total serasah;
- c. ambil sebanyak kira kira 300 gram untuk ditimbang berat contoh;
- d. lakukan pengeringan dengan menggunakan oven terhadap contoh serasah pada kisaran suhu $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat konstan;
- e. timbang berat kering serasah;
- f. lakukan analisis karbon organik di laboratorium untuk melihat kandungan karbonnya.

Pengukuran kandungan karbon organik tanah

- a. ambil contoh tanah dari 5 titik, yaitu pada keempat arah mata angin dan di tengah-tengah plot untuk plot lingkaran atau pada keempat sudut plot dan di tengah-tengah plot untuk plot persegi panjang;
- b. lakukan pengambilan contoh tanah dengan metode komposit, yaitu mencampurkan contoh tanah dari kelima titik contoh tanah pada setiap kedalaman (kedalaman 0 cm sampai dengan 5 cm, 5 cm sampai dengan 10 cm, 10 cm sampai dengan 20 cm, dan 20 cm sampai dengan 30 cm);
- c. letakkan *ring soil sampler* pada masing-masing titik pengambilan contoh tanah;
- d. letakkan 4 *ring soil sampler* pada setiap kedalaman pengambilan contoh tanah;
- e. ambil contoh tanahnya pada setiap *ring soil sampler* dan timbang berat *basahnya* di lapangan;
- f. kering-anginkan contoh tanah di laboratorium;
- g. timbang contoh tanah dan dicatat beratnya;
- h. analisis berat jenis tanah dan kandungan karbon organik tanah.

Beberapa Rumus Perhitungan Carbon

- **Penghitungan karbon dari biomassa :**

Penghitungan karbon dari biomassa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = B \times \% C_b \text{ organik}$$

Keterangan:

C adalah kandungan karbon dari biomassa, dinyatakan dalam kilogram (kg);

B adalah total biomassa, dinyatakan dalam (kg);

%C organik adalah nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai b persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

- **Penghitungan karbon dari bahan organik mati (serasah, kayu mati dan pohon mati)**

Penghitungan karbon dari bahan organik mati dari serasah, kayu mati dan pohon mati menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_m = B_o \times \% C \text{ organik}$$

Keterangan:

C adalah kandungan karbon bahan organik mati, dinyatakan dalam kilogram (kg);

Bo adalah total biomassa/bahan organik, dinyatakan dalam kilogram (kg);

%C organik adalah nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai

M persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium

- **Penghitungan karbon tanah**

Penghitungan karbon tanah menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

C_t adalah kandungan karbon tanah, dinyatakan dalam gram (g/cm^2 dari 16^2);

K_d adalah kedalaman contoh tanah/kedalaman tanah gambut, dinyatakan dalam sentimeter (cm)

ρ adalah kerapatan lindak (*bulk density*), dinyatakan dalam gram per meter kubik (g/cm^3);

%C organik adalah nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

• Penghitungan cadangan karbon total

Penghitungan cadangan karbon per hektar untuk biomassa di atas permukaan tanah dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_n = \frac{C_x}{1000} \times \frac{10000}{I_{plot}}$$

Keterangan:

- C_n adalah kandungan karbon per hektar pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha)
 C_x adalah kandungan karbon pada masing-masing *carbon pool* pada tiap plot, dinyatakan dalam kilogram (kg)
 I_{plot} adalah luas plot pada masing-masing pool, dinyatakan dalam meter persegi (m²)

Penghitungan kandungan karbon organik tanah per hektar

Penghitungan kandungan karbon organik tanah per hektar dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{tanah} = C_t \times 100$$

Keterangan:

- C_{tanah} adalah kandungan karbon organik tanah per hektar, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);
 C_t adalah kandungan karbon tanah, dinyatakan dalam gram (g/cm²);
100 adalah faktor konversi dari g/cm² ke ton/ha.

- **Penghitungan cadangan karbon total dalam plot**

Penghitungan cadangan karbon dalam plot pengukuran menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{\text{plot}} = (C_{\text{bap}} + C_{\text{bbp}} + C_{\text{serasah}} + C_{\text{km}} + C_{\text{pm}} + C_{\text{tanah}})$$

Keterangan:

C_{plot}	adalah total kandungan karbon pada plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);
C_{bap}	adalah total kandungan karbon biomassa atas permukaan per hektar pada plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);
C_{bbp}	adalah total kandungan karbon biomassa bawah permukaan per hektar pada plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);
C_{serasah}	adalah total kandungan karbon biomassa serasah per hektar pada plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);
C_{km}	adalah total kandungan karbon kayu mati per hektar pada plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);
C_{pm}	adalah total kandungan karbon pohon mati per hektar pada plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha);
C_{tanah}	adalah total kandungan karbon tanah per hektar pada plot, dinyatakan dalam ton per hektar (ton/ha).

- **Penghitungan cadangan karbon total dalam stratum**

Penghitungan cadangan karbon dalam suatu stratum hutan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{\text{stratum}} = \left(\frac{\sum C_{\text{plot}}}{n_{\text{plot}}} \right) \times \text{luas stratum}$$

Keterangan:

C_{stratum} adalah total cadangan karbon dalam stratum, dinyatakan dalam ton;
 n_{plot} adalah jumlah plot dalam stratum;
 C_{plot} adalah total kandungan karbon per hektar pada plot dalam stratum;
Luas stratum dinyatakan dalam hektar (ha).

- **Penghitungan cadangan karbon total dalam suatu areal**

Penghitungan cadangan karbon total dalam suatu areal hutan menggunakan persamaan sebagai berikut;

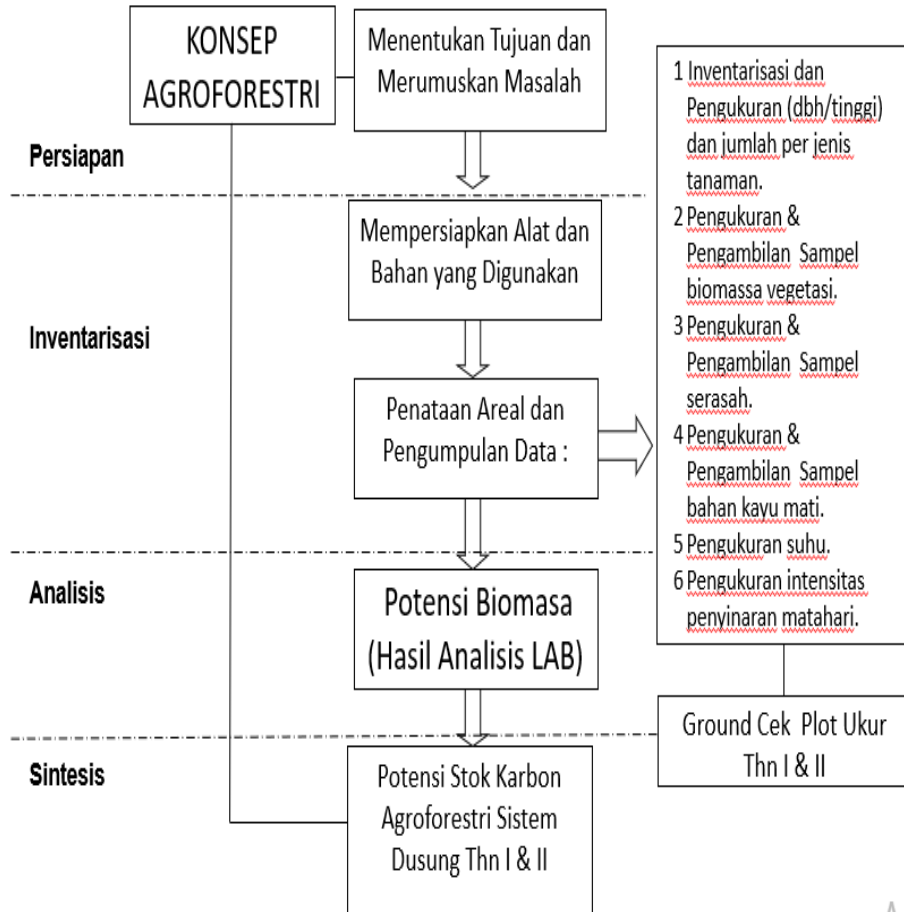
$$C_{\text{total}} = \sum C_{\text{stratum}}$$

Keterangan:

C_{total} adalah cadangan karbon dalam suatu areal, dinyatakan dalam ton;
 C_{stratum} adalah total cadangan karbon dalam stratum, dinyatakan dalam ton.

CATATAN Untuk tiap stratum dan total areal hutan, nilai rata-rata, ragam, selang kepercayaan kesalahan pengambilan contoh dapat dihitung sesuai dengan teknik sampling yang diterapkan.

TAHAPAN PENELITIAN



- 1 Inventarisasi dan Pengukuran (dbh/tinggi) dan jumlah per jenis tanaman.
- 2 Pengukuran & Pengambilan Sampel biomassa vegetasi.
- 3 Pengukuran & Pengambilan Sampel serasah.
- 4 Pengukuran & Pengambilan Sampel bahan kayu mati.
- 5 Pengukuran suhu.
- 6 Pengukuran intensitas peninaran matahari.

CAPAIAN TAHUN I

Ada 3 Demplot PUP (20 x 20 m²) Pengukuran Karbon Data jumlah jenis tanaman dan potensi biomasa tingkat pohon, tiang, pancang, tumbuhan bawah dan serasah tiap plot Data dan informasi total Serapan Karbon Tingkat Plot dan Tingkat Satuan Lahan di Hutan Rakyat Desa Hutumuri



Petak Ukur Permanen	Pohon (Tajuk)	Tumbuhan Bawah + Pancang	Nekromas Berkayu	Serasah Kasar + Halus	Lapisan Tanah (0-30cm)	Total (Biomasa) x (46 %)	Total Cadangan Karbon	
I	211.76	76	258.94	5.68	75	627.38	288.59	
II	354.57	38.5	210.33	3.62	64	671.02	308.67	
III	188.7	28	202.33	5.42	122	546.45	251.36	
	755.03	142.5	671.59	14.72	261	1844.84	848.62	
Jumlah Karbon Tersimpan kg/m ²							848.62	
							tC/ha	84.86



SEKIAN DAN TERIMA KASIH