



**PTI4208**  
**Pertanian Berlanjut**

Bab 6. LAYANAN LINGKUNGAN

# **MANFAAT BIODIVERSITAS DALAM LANSKAP AGROEKOSISTEM BAGI PRODUKSI PERTANIAN**

Oleh: Gatot Mudjiono dan Kurniatun Hairiah



# Bahan Bacaan

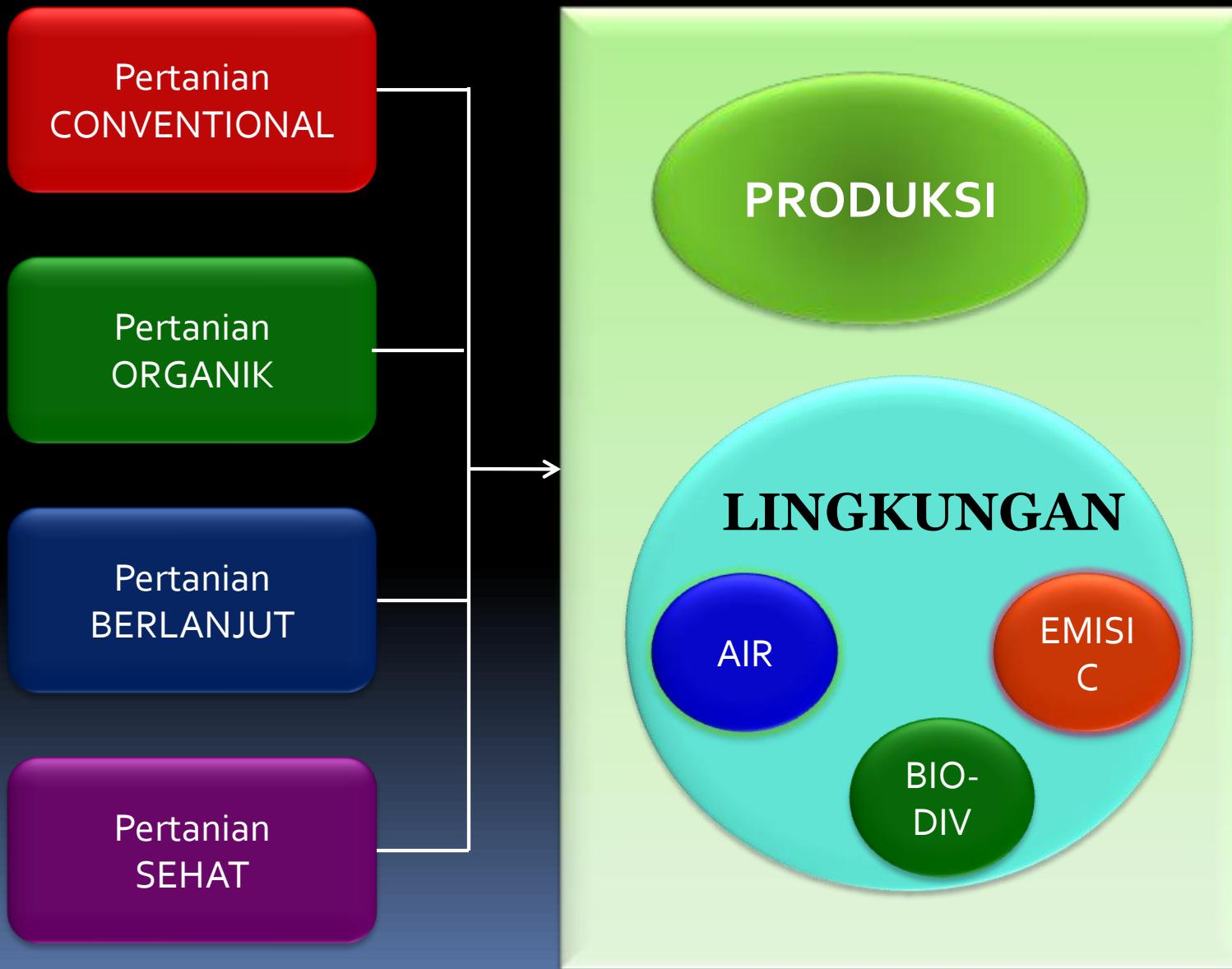
- Farming with Nature. The Science and Practice of ecoagriculture. (Scherr SJ & J McNeely, 2007) → Chapter 9: Pollinators, p 167-177)
- Beberapa journal (terlampir)

# An Ecological Definition of Sustainable Agriculture

(Prof. Stephen R. Gliessman)

- **Sustainable agriculture:**  
A whole-systems approach to food, feed, and fiber production that balances environmental soundness, social equity, and economic viability among all sectors of the public, including international and intergenerational peoples. Inherent in this definition is the idea that sustainability must be extended not only globally but indefinitely in time, and to all living organisms including humans.
- **Sustainable Agroecosystems:**
  - Maintain their natural resource base.
  - Rely on minimum artificial inputs from outside the farm system.
  - Manage pests and diseases through internal regulating mechanisms.
  - Recover from the disturbances caused by cultivation and harvest.

# PERTANIAN di INDONESIA



# Tujuan

- Membahas manfaat Biodiversitas dalam lanskap agroekosistem bagi produksi Pertanian:
  - Polinator
  - musuh alami

# Outline

1. Arti layanan lingkungan
2. Macam-macam layanan lingkungan terkait dengan biodiversitas tanaman
3. Indikator dan variabel yang diukur

# 1. Layanan/Jasa ekosistem

- Layanan ekosistem adalah “manfaat dari alam untuk rumah tangga, masyarakat dan ekonomi”
- Layanan ekosistem adalah proses dengan mana lingkungan menghasilkan sumber daya alam yang sering kita anggap sudah selayaknya ada, misalnya air bersih, kayu, habitat perikanan, dan penyerbukan tumbuhan dan tanaman pertanian



Anak-anak bermain bebas di sungai sebagai hasil perbaikan ekosistem di daerah hulu

Foto: Kurniatun Hairiah

## Layanan Lingkungan

**Keuntungan** yang dirasakan oleh masyarakat yang diperoleh dari adanya perbaikan ekosistem



# Kita bergantung pada jasa yang dihasilkan ekosistem

1. Perlindungan terhadap cuaca ekstrim dan sinar ultraviolet
2. Penyediaan air dan udara yang bersih
3. Penyerbukan dan penyebaran biji
4. Pengendalian hama dan penyakit
5. Detoksifikasi

```
graph TD; GC((PERUBAHAN GLOBAL)) --> B((BIODIVERSITAS)); GC --> FE((FUNGSI EKOSISTEM)); B --> FE; FE --> K((KESEJAHTERAAN MASYARAKAT));
```

**PERUBAHAN GLOBAL:** Iklim, siklus bio-kimia, sistem penggunaan lahan, introduksi spesies baru

**BIODIVERSITAS:**  
Jumlah spesies,  
Kelimpahan relatif,  
Komposisi dan  
interaksi,

**FUNGSI EKOSISTEM**

## KESEJAHTERAAN MASYARAKAT

Kebutuhan pokok (Pangan & pakan), Kesehatan, Ketahanan pangan, Hubungan sosial terjamin  
Bebas dalam menentukan pengelolaan lahannya

## LAYANAN LINGKUNGAN

- 1. Kehidupan:** penyediaan akan pangan, serat, bahan bakar, sumber genetik, biokimia, air bersih
- 2. Budaya:** Spiritual, rekreasi, Estetika, inspirasi dan pendidikan
- 3. Penunjang:** Pembentukan tanah, siklus hara, produksi primer
- 4. Regulasi:** Regulasi iklim, regulasi populasi hama & penyakit, regulasi pembuahan, regulasi air, pengurangan bencana



“Tidak hanya mencegah  
timbulnya dampak negatif,  
tetapi harus meningkatkan  
dampak positif terhadap  
lingkungan”

Hutan “Sengkeran” Pujon,  
**PERLINDUNGAN** mata air  
dan biodiversity

# Human Requirements

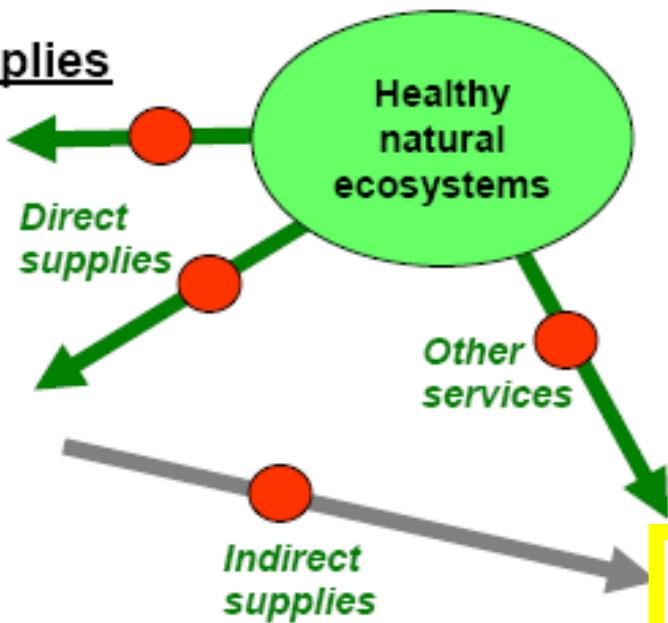
## Variables in ecosystem services

- Dependency on natural ecosystems
- Human control of supply and production in agroecosystems, urban environment and industry
- Conservation status
- Feasability of sustainability

# Human requirements

## Physical supplies

- Air
- Water
- Space
- Food
- Fiber
- Shelter
- Medicine



## Cultural needs

- |             |                |
|-------------|----------------|
| – Pleasure  | – Nature       |
| – Art       | – Biodiversity |
| – Knowledge | – Wildlife     |
|             | – Travel       |
|             | – Technology   |
|             | – Industry     |



# Natural resources

- Abiotic resources
  - Light
  - Air
  - Water
  - Soil and Minerals
- Cultural values
  - Biodiversity
  - Open space
  - Recreation
- Landscape resources
  - Space, infrastructure
  - Diversity
  - Wilderness
  - Continuity/fragmentation
  - Connectivity



# Natural resources

- Biotic resources
  - Micro-organisms
  - Plants
  - Animals
  - Fungi

All physical and biological interactions

- Trophic and structural
- Spatial flows (movement and fluxes)

# BEBERAPA TEMUAN KERUSAKAN LAYANAN EKOSISTEM

- 60% dari layanan/jasa ekosistem dunia telah mengalami degradasi
- Dari 24 ekosistem yang dievaluasi, 15 di antaranya sedang mengalami kerusakan
- Sekitar seperempat dari tanah di permukaan bumi sekarang dibudidayakan
- Orang-orang sekarang menggunakan antara 40 % - 50 % dari semua air tawar yang tersedia di dalam tanah. Penarikan air mencapai dua kali lipat selama 40 tahun terakhir.
- Lebih dari seperempat dari seluruh stok ikan overharvested.
- Sejak tahun 1980, sekitar 35% hutan bakau telah hilang
- Sekitar 20% dari karang hilang hanya dalam 20 tahun, 20% rusak
- Polusi nutrisi telah menyebabkan eutrofikasi perairan pesisir dan zona mati
- Tingkat kepunahan spesies sekarang 100-1,000 kali daripada sebelumnya

# PENGARUH APLIKASI PESTISIDA THD PELEDAKAN HAMA MELALUI PENGARUHNYA THD MUSUH ALAMI

- Segera setelah aplikasi insektisida populasi musuh alami sangat tertekan. Pulihnya populasi hama tidak segera diikuti pulihnya populasi musuh alami, populasi hama meledak kembali.
- Beberapa musuh alami mengadakan dispersal secara musiman yang merupakan faktor pembatas masuknya kembali musuh alami ke pertanaman semula setelah perlakuan insektisida. Akibatnya, seolah-olah faktor pengendali populasi hama tidak ada, populasi hama meledak kembali.
- Pengaruh aplikasi insektisida dapat menimbulkan *drift*, yaitu partikel insektisida yang melayang-layang di udara sehingga tidak menuju ke target. Hal itu dapat menimbulkan kontaminasi ke pertanaman di sekitarnya, sehingga dapat mematikan musuh alami di tempat cadangan. Oleh karena itu peran musuh alami tidak dapat diharapkan lagi.
- Pengaruh perangkap (*trap effect*) pertanaman setelah perlakuan insektisida. Areal yang telah diperlakukan insektisida menimbulkan pengaruh menolak terhadap musuh alami yang akan memasuki areal tersebut. Akibatnya populasi hama segera meningkat kembali. Sebaliknya, pada beberapa kasus hama golongan kutu daun lebih tertarik menuju tanaman inang setelah aplikasi insektisida

## Dampak ekologik pestisida terhadap spesies non target bervariasi dan kompleks

- dapat mengurangi jumlah spesies di suatu daerah,
- dapat merubah pola perilaku normal binatang,
- menstimulir atau menekan pertumbuhan binatang atau tumbuhan,
- menurunkan atau meningkatkan kapasitas reproduktif binatang,
- merubah kandungan nutrisi makanan,
- meningkatkan kepekaan tanaman dan binatang tertentu terhadap penyakit dan predator, dan
- merubah evolusi alami populasi suatu spesies di daerah tertentu.



## 2. MACAM-MACAM LAYANAN LINGKUNGAN

Mengapa konservasi biodiversitas penting bagi pertanian?

- a) Polinasi
- b) Pengendalian hama dan penyakit → menjaga keutuhan rantai makanan
- c) Penyebaran biji
- d) Regulasi proses hidrologi dan siklus hara
- e) Penyerapan (sequestrasi) karbon

HPT

TANAH

# Fungsi ekonomi dan ekologi hewan-hewan yang menguntungkan menurut persepsi masyarakat di DAS Konto, (Aini *et al.*, 2010)

Fungsi ekonomi	Fungsi Biologi	Jenis hewan
	Penyerbukan	Burung (prenjak), lebah
	Penyilangan tanaman	lebah
	Penyebaran bibit tanaman	Burung
	Pengendalian hama	<ul style="list-style-type: none"><li>• burung hantu, elang, dan ular karena pemakan hama tikus</li><li>• burung trucuk, cendet karena memakan hama ulat</li></ul>
	Penyubur tanah	Cacing tanah
Dijual /hiburan	-	Aneka burung yang kicauannya bagus
Daging	-	Kijang, landak dan rusa
Madu	-	Lebah



## 2A. POLLINATION ( PENYERBUKAN )

- Penyerbukan, jasa lingkungan yang sangat penting untuk produksi tanaman
- Berhubungan langsung dengan habitat alami → dianggap 'selayaknya' ada di alam (*free service*) dan tersedia setiap saat → *free public good*
- Intensifikasi pertanian (meningkatnya penggunaan bahan-bahan kimia → populasi pollinator berkurang → produksi pertanian menurun)



# POLLINATION AND POLINATORS

- Effective transfer pollen from male to female flower parts
- Abiotic pollination: wind and water
- Biotic pollination:
  - INSECTS (Blattodea, Thysanoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera)
  - VERTEBRATES: Birds, Bats and other mammals example (squirrels (Ind= baging), macaques (Ind: kera) to civets (Jw. Luwak)



Bees in a pumpkin flower. Insects, birds and mammals pollinate two-thirds of our food crops. Photo: [Chris Higgins](#)

(<http://www.fao.org/ag/magazine/0512sp1.htm>)

## Contoh:

Kelapa sawit native dari Afrika Barat → tanam di Asia untuk memenuhi kebutuhan.....TETAPI...produksi rendah!  
Manual pollination .. tidak efisien dan terlalu mahal  
→ Dikembang biakkan pollinator native dari kamerun

*Elaeidobius kamerunicus*



# *Elaeidobius kamerunicus*



Phylum:	Arthropoda
Subphylum:	Uniramia
Class:	Insecta
Order:	<a href="#">Coleoptera</a>
Family:	<a href="#">Curculionidae</a>
Subfamily:	Curculioninae
Genus:	<a href="#">Elaeidobius</a>
Tribe:	Erirhinini
Author:	Faust



# MENGAPA POLINATOR BERGANTUNG PADA BIODIVERSITAS?

# Populasi Polinator tergantung pada:



1. Ketersediaan pakan → inter/intra specific competition
2. Predator
3. Iklim mikro yang cocok (misalnya kelembaban yang cocok)

## JENIS POLINATOR

- ◻ Polinator adalah perantara penyerbukan tanaman. Penyerbukan tanaman merupakan proses pemindahan serbuk sari (polen) dari anther ke stigma (kepala putik).
- ◻ Dua golongan polinator (i) polinator abiotik antara lain angin dan air, dan (ii) polinator biotik yang terdiri dari berbagai jenis hewan.
- ◻ Polinator biotik misalnya serangga dapat mendatangi suatu tanaman karena umumnya tanaman tersebut memiliki mantel luar yang lengket dan mengkilap untuk menarik perhatian serangga. Agen biotik yang paling banyak terdapat di alam adalah kumbang (Coleoptera) yang dapat membantu 88.3% tanaman berbunga (angiospermae) di seluruh dunia dunia untuk melakukan penyerbukan.
- ◻ Saat serangga bersentuhan dengan bunga, diharapkan ada sebagian tepung sari (polen) yang menempel pada tubuhnya dan akan ditransfer ke kepala putik. Beberapa jenis serangga tertentu juga memiliki kotak polen pada kaki belakang yang berfungsi untuk mengangkut polen. Di dalam hutan dan habitat alami lainnya, polinator dibutuhkan untuk membantu produksi buah dan biji.

## LEBAH DAN BURUNG MENINGKATKAN PRODUKSI GLOBAL TANAMAN PANGAN

- Studi global pertama kali untuk memperkirakan produksi tanaman yang tergantung pada penyerbukan hewan menunjukkan bahwa polinator seperti lebah, burung dan kelelawar mempengaruhi 35% produksi tanaman dunia.
- Ini meningkatkan hasil dari 87 tanaman pangan utama dunia, ujar sebuah tim riset internasional yang dipimpin oleh, Alexandra-Maria Klein dari *University of Goettingen di Jerman* dan Claire Kremen dari *University of California Berkeley* yang meninjau kembali studi ilmiah di 200 negara.



# MACAM POLINATOR







Copyright 2009 photolibrary.com

Amegilla bees (Teddy bear bees)



mangoes  
bananas  
guavas



- Hasil tinjauan tersebut menunjukkan bahwa lebih dari 115 tanaman yang dipelajari, 87 tergantung pada beberapa taraf polinasi hewan. Ini sekitar 1/3 produksi tanaman global. Dari tanaman-tanaman tersebut, 13 diantaranya dipercaya karena polinator hewan, 30 diantaranya sangat tergantung dan 27 di antaranya cukup tergantung.
- Tanaman pokok seperti gandum, jagung dan padi tidak dipercaya tergantung pada polinasi hewan. "Stabilitas hasil tanaman tidak hanya tergantung pada polinasi, melainkan pada layanan ekosistem lebih lanjut," ungkap Klein. "Oleh karena itu, kita perlu mengatur lanskap secara berhati-hati bagi suatu diversitas kelompok penting fungsional dari organisme yang menyokong banyak layanan ekosistem penting seperti polinasi, hama, patogen dan kontrol gulma serta dekomposisi."
- Paper lengkap tersedia di *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*.
- Untuk informasi lebih lanjut, email Sarah Yang dari *University of California* di

## Keajaiban Lebah

Madu <http://rusfidra.multiply.com/jurnal/item/41>

- Di dunia hingga kini terdapat sekitar 25.000 jenis lebah. Genus *Apis* terdiri dari sembilan spesies yaitu: *Apis andreniformis*, *Apis cerana*, *Apis dorsata*, *Apis florea*, *Apis koschevnikovi*, *Apis laboriosa*, *Apis mellifera*, *Apis nigrocincta* dan *Apis nuluensis* (Damus dan Otis, 1997; Sihombing, 1997).
- Jenis lebah yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah *A. cerana* dan *A. mellifera*. Lebah *A. cerana* merupakan lebah lokal Indonesia yang dapat beradaptasi baik dengan lingkungan setempat dan lebih efisien dalam mengumpulkan nektar. Lebah madu *A. mellifera* dimasukkan pertama kali ke Indonesia dari Australia pada tahun 1972 oleh Pusat Apiari Pramuka.

- Seekor lebah madu harus mengunjungi 2 juta bunga untuk membuat 1 pon madu. Ia harus terbang sekitar 55.000 mil (77 km) untuk mengumpulkan nektar yang akan dikonversi menjadi 1 pon madu. Lebah mampu menggunakan 1 ons madu sebagai bahan bakar terbang mengelilingi bumi. Seekor lebah pekerja hanya dapat membuat 1/12 sendok teh madu selama hidupnya. Lebah mampu terbang antara 12-15 mil per jam (sekitar 20 km).
- Seekor lebah pekerja harus mengunjungi lebih dari 2.000 bunga pada hari cerah. Seekor lebah pekerja mengunjungi 50-100 bunga pada satu kali perjalanan. Lebah madu memiliki rataan 1.600 kali putaran perjalanan untuk menghasilkan 1 ons madu. Lebah akan terbang sejauh 1-2 mil dari sarangnya untuk mengumpulkan nektar. Lebah madu yang aktif dapat mengunjungi sekitar 225.000 bunga per hari. Lebah madu berperan dalam polinasi sekitar 25 - 30% dari seluruh pangan yang dikonsumsi manusia.

## Various strategies to restore agricultural diversity in time and space include

---

1. Crop Rotations. Temporal diversity incorporated into cropping systems, providing crop nutrients and breaking the life cycles of several insect pests, diseases, and weed life cycles (Sumner 1982).
2. Polycultures. Complex cropping systems in which two or more crop species are planted within sufficient spatial proximity to result in competition or complementation, thus enhancing yields (Francis 1986, Vandermeer 1989).
3. Agroforestry Systems. An agricultural system where trees are grown together with annual crops and/or animals, resulting in enhanced complementary relations between components increasing multiple use of the agroecosystem (Nair 1982).
4. Cover Crops. The use of pure or mixed stands of legumes or other annual plant species under fruit trees for the purpose of improving soil fertility, enhancing biological control of pests, and modifying the orchard microclimate (Finch and Sharp 1976).
5. Crop/Livestock Mixtures. Animal integration in agroecosystems aids in achieving high biomass output and optimal recycling (Pearson and Ison 1987).

## AKTIVITAS MANUSIA YANG MENGGANGGU, MERUSAK, ATAU REKAYASA EKOSISTEM

- Limpasan pestisida, pupuk, dan limbah hewan
- Polusi terhadap sumber daya tanah, air, dan udara
- Introduksi spesies pendatang
- Overharvesting perikanan
- Pengahancuran lahan basah
- Erosi tanah
- Deforestasi
- Perkotaan

# No BATS...No DURIAN!

*Cynopterus brachyotis*

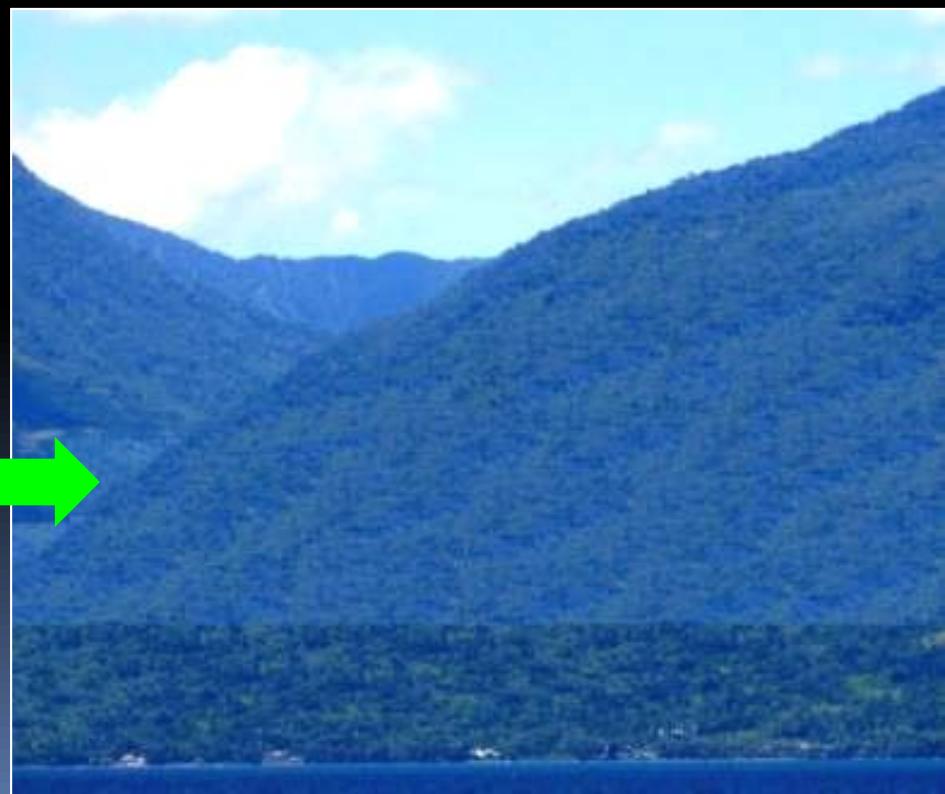


*Parkia speciosa*





- 1. Hasil Kebun.**
- 2. Air Tanah.**
- 3. Kebersihan Udara dan Lingkungan.**
- 4. Penyerapan Carbon.**





## 2B. PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT

# TEORI PENGATURAN POPULASI

## PERAN MUSUH ALAMI

- Di alam, kelimpahan populasi serangga tdk sama dr suatu tempat ke tempat yg lain. Seolah-olah ada habitat yg baik atau kurang baik shg sp yg ada di tempat tersebut populasinya tinggi atau rendah.
- Di alam jarang ditemui populasi naik atau turun terus hingga tinggi sekali atau rendah sekali
- Terdapat faktor-faktor di luar populasi yg mempengaruhi banyaknya serangga dan menghasilkan pengaturan (Aliran Biotis, Iklim, dan Komprehensip)
- Terdapat faktor-faktor di dlm populasi sendiri yg mempengaruhi banyaknya serangga dan menghasilkan pengaturan (Aliran Pengaturan Diri Sendiri)
- Musuh alami (parasitoid, predator, dan pathogen) berperan dalam pengaturan populasi hama, bekerja secara bertautan padat (density dependent factor)

# PREDATOR



# PARASITOID



Telur WBC yang terparasit  
*Gonatocerus* sp.

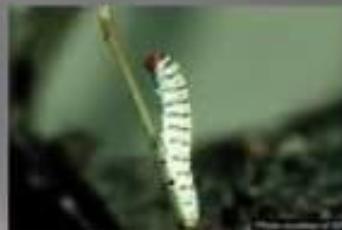


LARVA TERPARASIT  
*Apantheles glomeratus* (poliembrioni)

# PATOGEN SERANGGA



SERANGGA TERSERANG VIRUS



Serangga terserang jamur



Serangga  
terserang  
jamur

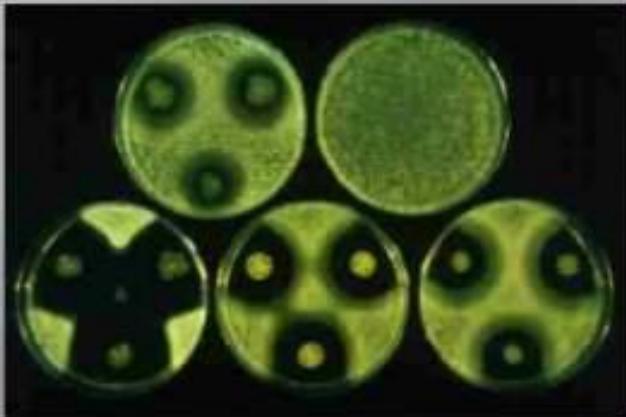


Serangga terserang  
jamur

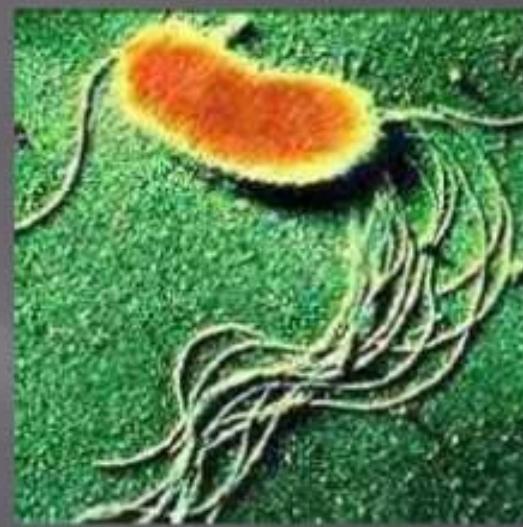


Serangga terserang  
nematoda

# MUSUH ALAMI PENYAKIT TANAMAN (ANTAGONIS)



*P. syringae*



*P. fluorescense*



# Strategi Pengembalian Keanekaragaman Pertanian dalam Ruang dan Waktu

- Rotasi tanaman → memutus rantai makanan serangga pengganggu tanaman
- Polycultures → Complimentary (hara, kelembaban udara dan tanah, cahaya) → hama & penyakit
- System Agroforestri → idem
- Penggunaan tanaman penutup → idem
- Tanaman / Ternak campuran → siklus hara

# PENUTUP



<http://www.seppo.net/cartoons/displayimage.php?pid=816&fullsize=1>

# Payments for Environmental Services (PES)

- Payments for Environmental Services (PES) are one type of economic incentive for those that manage ecosystems to improve the flow of environmental services that they provide. Generally these incentives are provided by all those who benefit from environmental services, which includes local, regional and global beneficiaries. PES is an environmental policy tool that is becoming increasingly important in developing and developed countries.