

KULIAH 6: ENERGI DAN DAUR HARA KEHIDUPAN

TIK: Setelah mengikuti kuliah ini mahasiswa dapat

1. Menyebutkan sumber-sumber energi bagi kehidupan di bumi, menjelaskan proses fotosintesis, dan konsep kestabilan ekosistem dalam mengalirkan energi dan materi.
2. Menjelaskan aliran energi beserta materi pada jejaring makanan yang terjadi pada ekosistem terestrial dan perairan, konsekuensi degradasi lingkungan hidup atau ekosistem terhadap aliran energi pada jejaring makanan.
3. Menjelaskan peran pertanian dalam kehidupan manusia.

06/09/2016

Kuliah 6, Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

1

SUB POKOK BAHASAN 1: SUMBER-SUMBER ENERGI

Pandangan Kuno tentang Kosmos



Firaun Akhnaton menyembah Aten
(Dewa Matahari)



Firaun Akhnaton

Firaun Akhnaton menganggap semua hal berkenaan dengan kehidupan diatur oleh Sumber Tenaga Tunggal: Dewa Matahari, Aten

06/09/2016

Kuliah 6, Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

2

Cahaya: Gelombang Elektromagnetik dengan Berbagai Spektrum Gelombang

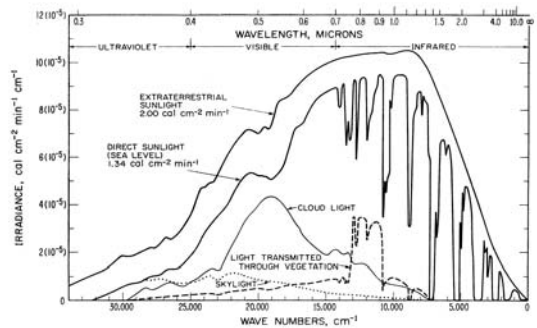


Figure 3-1. Spectral distribution of extraterrestrial solar radiation, of solar radiation at sea level for a clear day, of sunlight from a complete overcast, and of sunlight penetrating a stand of vegetation. Each curve represents the energy incident on a horizontal surface. (From Gates, 1965.)

3

Energi Matahari Menjadi Energi Kimia yang Tersimpan pada Bahan Organik



Fotosintesis

Glukosa

Bahan Organik Lain

Bagian-Bagian Tumbuhan

Kuliah 6, Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

4

Minyak, Batubara dan Gas Bumi sebagai Simpanan Energi di Bumi

- Karbohidrat adalah bahan dasar pembentukan bahan organik lain.
- Bahan organik ini tersimpan pada makhluk hidup dan sisasinya (termasuk bangkai).
- Setelah mengalami proses geologi (waktu yang lama, tekanan yang lama), berubah menjadi bahan organik fosil → minyak bumi, gas alam, dan batubara.
- Fosil tersebut berasal dari tumbuhan hijau dan hewan yang hidup dari tumbuhan juga.
- Bahan organik fosil tersebut → cadangan yang tersimpan di bumi dan **tidak dapat pulih** (non-renewable).

Kuliah 6, Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

5

Bahan Bakar Fosil

- Bahan bakar fosil mengandung energi (kimia), saat ini merupakan penggerak utama berbagai kegiatan manusia.
- Minyak bumi diolah menjadi bensin, minyak tanah, dan minyak diesel.
- Minyak diesel digunakan untuk mengoperasikan pembangkit listrik → energi listrik.
- Listrik digunakan untuk menggerakkan mesin industri, peralatan perkantoran dan rumah tangga dan sebagainya

Apakah hanya energi dari bahan bakar fosil saja?

6

Sumber Energi Selain Bahan Bakar Fosil

- ❑ Biogas
- ❑ Limbah pertanian
- ❑ Angin
- ❑ Energi panas matahari
- ❑ Energi potensial
- ❑ Energi panas bumi / geothermal
- ❑ Energi gravitasi
- ❑ Energi Nuklir

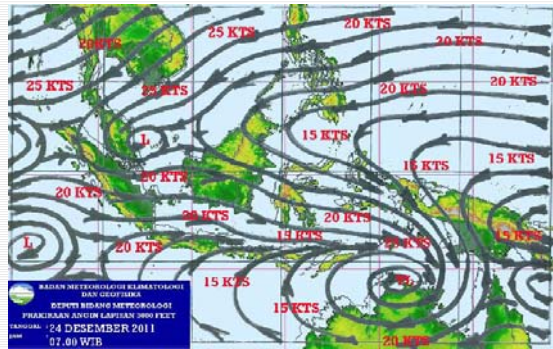
Biogas

- ❑ Bahan: Gas yang dihasilkan dari limbah industri pengolahan dan sisa metabolisme hewan (peternakan)
- ❑ Biogas:
 - Methan 60-70% → bahan bakar
 - CO₂ 20-25%
 - H₂S 7%
 - NH₃ Amoniak 3%

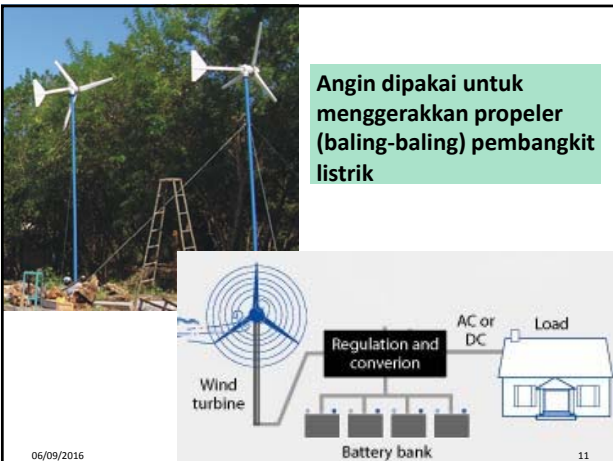
Energi dari Limbah Pertanian



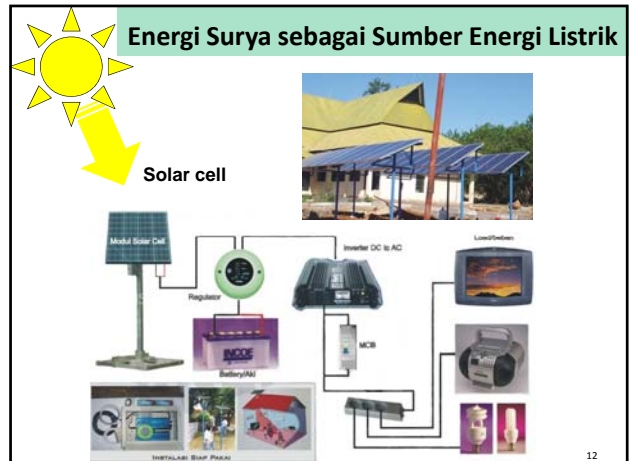
Angin sebagai Sumber Energi



Angin dipakai untuk menggerakkan propeler (baling-baling) pembangkit listrik

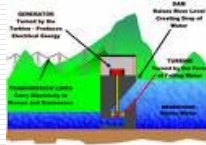


Energi Surya sebagai Sumber Energi Listrik



Energi Potensial (Akibat Posisi yang Lebih Tinggi)

- Contoh: PLTA



Air yang terbendung : untuk suplai air (irigasi) sekaligus penggerak turbin pembangkit listrik

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

13

Energi Panas Matahari

- Dalam proses pengeringan hasil panen pertanian: energi elektromagnetik menjadi energi panas (*thermal energy*)



Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

14

Energi Geotermal (Panas Bumi)

- Energi yang berasal dari dalam bumi memanaskan air bumi menjadi uap bertekanan tinggi, digunakan untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik tenaga panas bumi.
- Banyak dimanfaatkan di Selandia Baru,
- PLTP Kamojang : 116,7 juta ton uap panas, pemakaian 110 juta ton uap

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

15

Energi Gravitasi

- Pasang-surut air laut
- Arus air digunakan untuk menggerakkan turbin pembangkit tenaga listrik
- Biasanya ditempatkan di kanal atau muara. Problem lingkungan?

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

16

Energi Nuklir



- Bahan baku: Uranium
- Pertama kali oleh Enrico Fermi (Universitas Chicago, 1941)
- Bahaya radiasi: Kasus Chernobyl dan Fukushima Dai-Ichi
- Badan Energi Atom Internasional (IAEA)
- Badan Tenaga Atom Nasional



Foto: www.kompas.com

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

17

Tumbuhan sebagai Sumber Energi

Manfaat Energi bagi Tumbuhan

- Energi yang dihasilkan digunakan untuk proses oksidasi (**Ingat tumbuhan juga perlu bernafas!**).
- Karbon hasil fotosintesis adalah karbon terikat dalam bentuk senyawa organik.
- Karbon terikat ini dapat diproses menjadi bermacam-macam senyawa organik untuk proses metabolisme tumbuhan
- Karbon terikat disimpan sebagai polisakarida
 - Selulosa: jenis polisakarida yang umum ada di tumbuhan; bahan organik berbentuk serat pembentuk kekekaran batang dan daun tumbuhan
 - Polisakarida lain yg berfungsi sebagai cadangan energi adalah amilum (pati), tersimpan dalam umbi, rhizoma, dan umbi batang.
- Selulosa dan pati merupakan sumber energi bagi herbivora.

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

18

Manfaat Bahan Organik pada Tumbuh-Tumbuhan bagi Manusia

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 19

Fotosintesis Tumbuhan Hijau

- ❑ Tumbuhan hijau adalah penghasil utama energi kimia melalui sinar surya

Energi surya pada klorofil

- ❑ $6CO_2 + 12H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$
- ❑ Berapa banyak O_2 dihasilkan dan berapa banyak CO_2 dan H_2O yang diikat tumbuhan hijau setiap tahun?
 - Tergantung pada jumlah tumbuhan dan lama peninaran matahari

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 20

Sejarah Penemuan Fotosintesis

Priestly: Batang dan daun mint dapat membersihkan udara yang telah dikotori oleh nyala lilin

Ingenhousz: Fotosintesis memerlukan cahaya

- ♦ Julius von Sachs (1865): proses fotosintesis terjadi dalam zarah kecil dalam tumbuhan yang berwarna hijau (kloroplast)

06/09/2016 Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 21

Fotosintesis

Fotosintesis melibatkan tumbuh-tumbuhan yang ada di darat, perairan air tawar maupun lautan

06/09/2016 Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 22

Proses di Dalam Klorofil

- ❑ Fotosintesa pada daun berpusat di kloroplast, berbentuk elipsoid, panjangnya 3×10^5 mm.
- ❑ Di dalam kloroplast, terdapat lamella (dinding atau membran) yang memisahkan stroma
- ❑ Reaksi terang terjadi pada lamella: menggunakan **cahaya**
- ❑ Reaksi gelap terjadi pada stroma: **tidak** menggunakan cahaya

23

Fotosintesis Menghasilkan Gas Oksigen dari Pemecahan Air

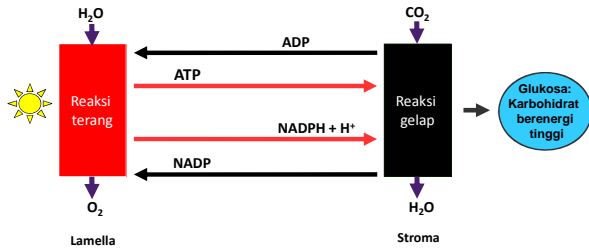
$$6CO_2 + 12H_2O \Rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

$$6CO_2 + 12H_2O \Rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

06/09/2016 Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 24

Daur Calvin: Proses fotosintesis

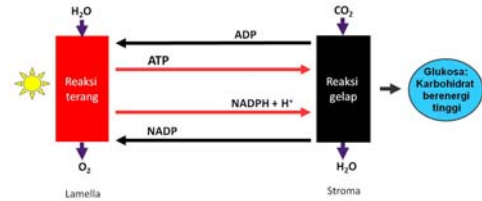
Dr. Melvin Calvin (penerima Nobel 1961) menjelaskan siklus pembentukan karbohidrat



06/09/2016

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

25



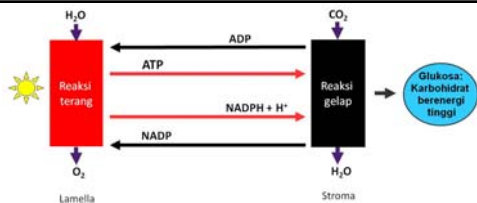
REAKSI TERANG:

- Air dipecah sebagai sumber elektron di sistem cahaya
- Elektron yang tereksitasi mentransfer energinya ke rangkaian pembawa elektron dengan tingkat energi yang lebih rendah untuk memompa proton (H^+) dari stroma ke ruang dalam tilakoid (matriks)
- Terjadi perbedaan konsentrasi ion H^+ antar dua permukaan membran (matriks dan stroma)
- Beda potensial ini digunakan ion H^+ kembali ke stroma melewati enzim ATP sintase untuk membentuk ATP dari ADP
- Elektron akhirnya diterima oleh penerima elektron terakhir yaitu NADP⁺ sehingga berubah menjadi NADPH

06/09/2016

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

26



REAKSI GELAP:

- Tidak berhubungan langsung dengan cahaya
- memanfaatkan ATP dan NADPH dari reaksi terang untuk mereduksi CO_2 menjadi gula
- Tetap terjadi pada saat ada cahaya/siang hari
- Jadi input reaksi gelap: ATP, NADPH, CO_2

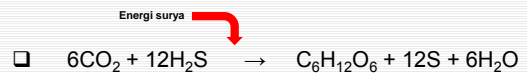
06/09/2016

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

27

Fotosintesis Lain: Tidak Menggunakan H_2O

- Bakteri merah membuat fotosintesis dengan mengikat H_2S



- Foto-ototrofik:** tumbuhan dan bakteri merah

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

28

Energi Sintesis Kimia

- Tidak semua makhluk hidup mendapatkan energi dari fotosintesis; beberapa melakukan **sintesis kimia**
- Kemo-ototrofik:** memanfaatkan energi dari reaksi kimia, seperti bakteri besi, bakteri belerang, bakteri nitrat dan bakteri nitrit
- Bakteri nitrit var. nitrosamine mengubah amoniak menjadi nitrit selanjutnya nitrat dan mendapatkan energi → **nitrifikasi**
 - $2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + 158 \text{ kcal}$
 - $2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3 + 36 \text{ kcal}$
- Bakteri pengoksidasi belerang mendapat energi dari:
 - $2H_2S + O_2 \rightarrow S_2 + 2H_2O + \text{energi}$
- Bakteri pengoksidasi besi mendapat energi dari:
 - $4Fe^{++} + 4H^+ + O_2 \rightarrow 4Fe^{+++} + 2H_2O + \text{energi}$

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

29

Berapa Banyak Energi Matahari yang Dimanfaatkan untuk Kehidupan?

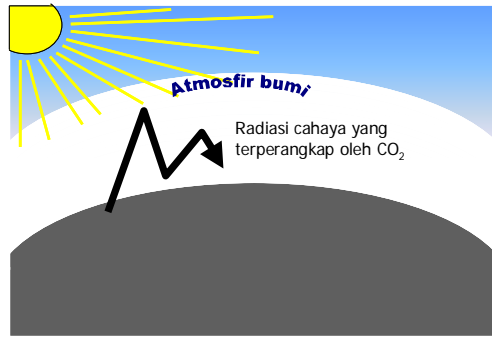
- Hanya 1-2% digunakan untuk fotosintesis

No		Jumlah (kal/tahun)	Efisiensi
1	Matahari mengirim	1.3×10^{23}	
2	Tumbuhan memanfaatkan	1×10^{21}	1-2%
3	Herbivora memanfaatkan	5×10^{20}	50%
4	Karnivora tingkat 1	1×10^{20}	20%
5	Karnivora tingkat 2	3×10^{19}	30%

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

30

Apa yang Terjadi Jika Jumlah Tumbuhan Berkurang?
 Pemanasan global akibat efek rumah kaca dari CO₂ di atmosfer



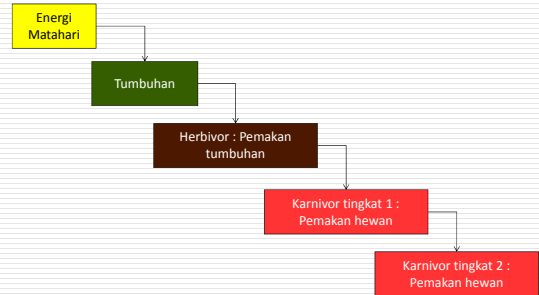
06/09/2016

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

31

SUB-POKOK BAHASAN 2: ALIRAN ENERGI DAN MATERI DALAM KEHIDUPAN

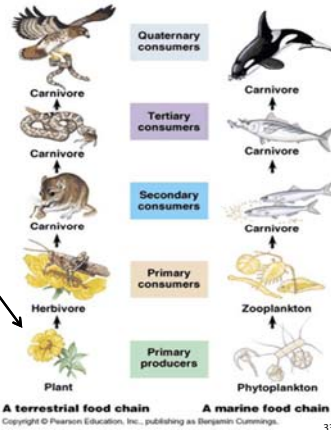
Rantai Makanan (Foodchain)



Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

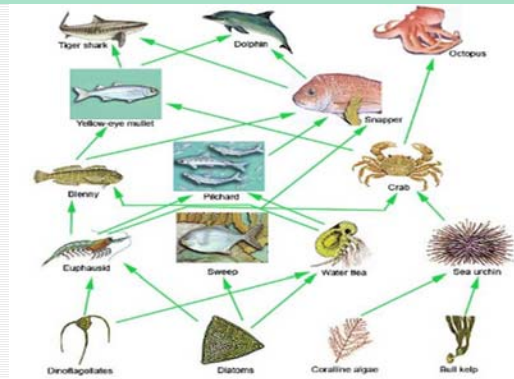
32

Contoh Rantai Makanan



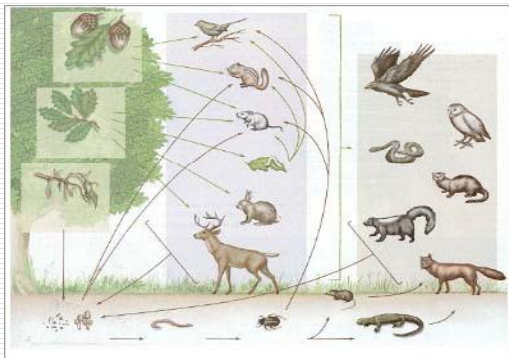
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings. 33

Contoh Jejaring Makanan di Laut (Marine Foodweb)



34

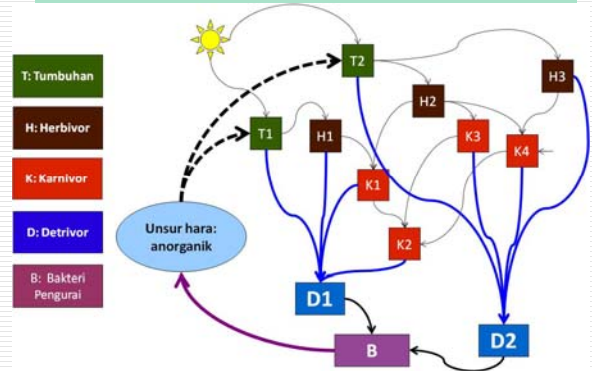
Contoh Jejaring Makanan di Darat



Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

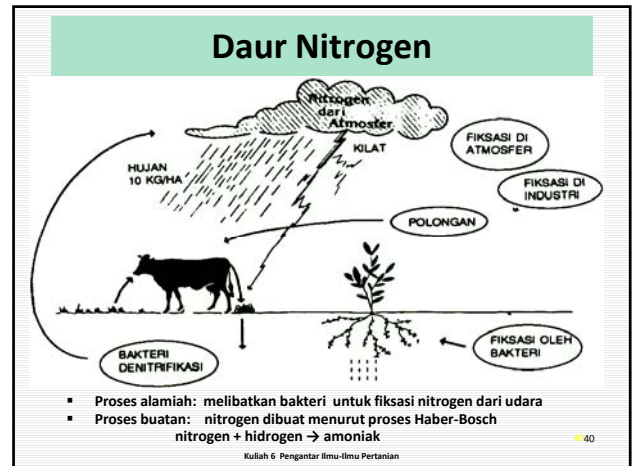
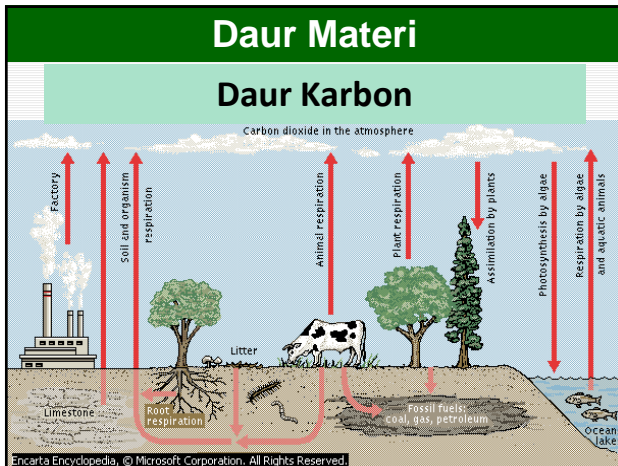
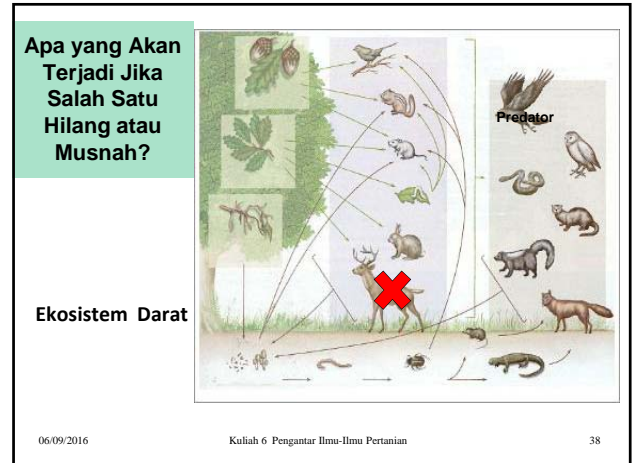
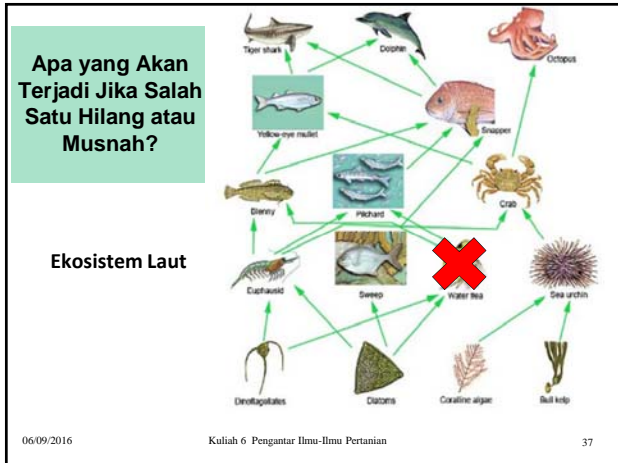
35

Pada Ekosistem yang Seimbang



Terjadi Aliran Energi dan Aliran Materi yang Stabil

36



Strategi untuk Mencegah Dampak Degradasi Lingkungan Hidup

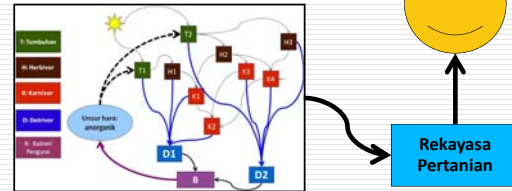
- ❑ Menerapkan prinsip-prinsip konservasi:
 - Menetapkan kawasan konservasi atau kawasan lindung untuk menjaga keanekaragaman hayati dan memelihara fungsi-fungsi ekologi sehingga keseimbangan terjaga baik.
 - Memanfaatkan alam secukupnya secara wajar dan memulihkan kerusakan alam menjadi kondisi semula
- ❑ Menerapkan konsep pembangunan bertanggungjawab, yaitu memastikan bahwa pembangunan menghasilkan dampak serendah mungkin, sehingga pemanfaatan alam dapat berlangsung selama mungkin.
- ❑ Menggunakan *green technology*, teknologi yang ramah lingkungan

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

43

SUB-POKOK BAHASAN 3: PERAN PERTANIAN

Apa Peran Pertanian?



Mengarahkan arus energi dan zat hara melalui jalur-jalur yang menguntungkan manusia

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

44

Tujuan Rekayasa Pertanian

- ❑ **Tujuan Rekayasa Pertanian:**
 - Menyalurkan arus zat hara yang lewat melalui daur pangan untuk sebesar-besarnya kepentingan rakyat
- ❑ **Caranya:**
 - menggunakan varietas-varietas yang dibudidayakan (kultivar=cultivated variety)
 - Pendekatan budidaya diantaranya adalah ikan dan udang dari tambak, madu peternakan dari lebah, kayu jati dari hutan buatan, sapi dari peternakan, biji-bijian dari pertanian di ladang atau sawah, dan sebagainya.

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

45

Ciri Utama Pertanian Modern

- Meningkatkan produktivitas pangan dengan cara mempercepat arus zat hara melalui sistem biologi
- Mempercepat pengembalian zat hara dari tumbuhan dan hewan ke dalam tanah sehingga siap diserap kembali oleh tumbuhan baru

Bagaimana caranya?

- Pengolahan tanah, pengawetan tanah, pengairan lahan kering, pengeringan lahan terendam dan pasang surut
- Penerapan manajemen yang efektif

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

46

Apa yang Diperlukan Tumbuhan untuk Pertumbuhannya ?

- ❑ CO₂ dan H₂O serta sinar matahari
- ❑ Unsur hara: unsur-unsur kimia, di tanah maupun di air
- ❑ Derajat keasaman (pH) tanah
- ❑ Untuk pernafasannya, tentu O₂ diperlukan.

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

47

Unsur Hara = 'Makanan' untuk Tumbuhan

- ❑ Unsur hara adalah bagian (dari tanah) yang diperlukan oleh tumbuhan untuk pertumbuhannya
- ❑ Unsur hara esensial adalah unsur yang sangat diperlukan bagi tanaman, fungsinya tidak dapat digantikan oleh unsur lain sehingga apabila jumlahnya tidak cukup maka tidak dapat tumbuh normal.
- ❑ Unsur makro (dibutuhkan banyak); unsur mikro (dibutuhkan sedikit)
- ❑ Sumber unsur hara yang umum adalah tanah.
- ❑ Kimia tanah sangat menentukan pertumbuhan tumbuhan.

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian

48



Justus von Liebig dan konsep kapasitas lahan sebagai tanah yang subur. Dalam contoh di atas Kalium adalah faktor penentu kesuburan tanah. Jika ada unsur lain yang lebih rendah kadarnya maka unsur lain tersebut menjadi faktor penentu kesuburan tanah.

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 49

Kebutuhan Hara Tumbuhan dan Hewan

TUMBUHAN	HEWAN/MANUSIA
Unsur kimia anorganik	Senyawa-senyawa organik
Unsur makro:	Unsur makro:
Nitrogen (N)	Nitrogen (asam amino)
Kalsium (Ca)	Kalsium
Kalium (K)	Fosfor
Fosfor (P)	Magnesium
Magnesium (Mg)	Kalium
Sulfur (belerang, S)	Natrium
	Klor
	Sulfur (belerang)

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 50

Kebutuhan Hara Tumbuhan dan Hewan

TUMBUHAN	HEWAN/MANUSIA
Unsur mikro:	Unsur mikro:
Besi (Fe)	Besi (Fe)
Mangan (Mn)	Mangan (Mn)
Tembaga (Cu)	Tembaga (Cu)
Seng (Zn)	Seng (Zn)
Molibden (Mo)	Molibden (Mo)
Bor (B)	Bor (B)
Klor (Cl)	Cobalt (Co)
	Yodium (I)
	Selenium (Se)

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 51

Unsur Hara Tumbuhan

- Fosfor:** dalam asam nukleat, berperan sbg. pengangkut energi (ATP-ADP), diperlukan dalam jumlah kecil dalam bentuk superfosfat. Fosfor lebih tahan pembasuhan, ketersediaannya tergantung pada pH tanah.
- Kalium:** diperlukan dalam jumlah agak banyak, tersedia sebagai ion dapat-tukar tererap pada permukaan koloid tanah. Humus kaya kalium, tetapi dalam bentuk yang tidak dapat dimanfaatkan langsung sehingga perlu pemupukan. Pupuk Kalium yg dibutuhkan dalam bentuk Kalium Klorida.

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 52

Unsur Hara Tumbuhan

- Kalsium:** tinggi pada kacang-kacangan, rendah pada rumput-rumputan. Jarang sebagai unsur pembatas, berpengaruh pada kegiatan mikroba, pH dan ketersediaan unsur lain.
- Magnesium:** penyusun molekul klorofil. Kekurangan menyebabkan klorosis.
- Belerang:** penyusun sistin dan metionin (dua jenis asam amino), serta vitamin biotin dan tiamin. Selalu tersedia karena penghancuran mineral pirit.
- Mn, B, Mo, Fe, Zn, Cu dan Cl** diperlukan tumbuhan dalam jumlah sedikit. Kekurangan unsur hara ini dapat menghambat produktivitas tumbuhan.

Kuliah 6 Pengantar Ilmu-Ilmu Pertanian 53

Perbandingan Kemampuan Membuat Zat Organik: Tumbuhan vs Hewan

- Tumbuhan mampu membuat berbagai jenis zat organik sedangkan kemampuan hewan sangat terbatas.
- Hewan tidak dapat mencerna selulosa. Herbivora mencerna selulosa menjadi gula dengan bantuan bakteri di sistem pencernaannya. Kemampuan mencerna selulosa ini tercermin pada sistem pencernaan yang dimiliki setiap hewan.
- Hewan bukan pemamah biak memerlukan vitamin A, D, E, K, asam askorbat, tiamin, riboflavin, niasin, vitamin B6, asam pantotenat, dan vitamin B12

Agar energi dapat tetap mengalir dalam jalur yang menguntungkan tersebut, maka unsur hara untuk tumbuhan dan hewan harus selalu dipulihkan.

*Selamat Belajar....
Sampai Bertemu Kembali pada Kuliah
Minggu ke 7*