

# REKAYASA GEOTEKNIK LINGKUNGAN

Tersedianya buku ajar ini merupakan tambahan alternatif pembelajaran di institusi pendidikan tinggi. Sekarang ini, mahasiswa dihadapkan pada sekian banyak alternatif pembelajaran untuk bisa menguasai mata kuliah tertentu, mulai dari talk and chalk sampai kepada wiki-wiki (bahasa Hawaii yang artinya sangat cepat, seperti Wikipedia). Sebagai pengajar, efektivitas pengajaran kita diukur dari seberapa kuat mahasiswa bisa menyimpan informasi pelajaran kita di dalam ingatan mereka dan mengamalkannya dalam kehidupan sehari-hari. Dengan adanya buku ini banyak informasi yang bisa dapat dan serap. Oleh karena itu, buku ajar ini dimaksudkan sebagai tambahan informasi kepada mahasiswa. Dengan fasilitas e-learning yang sangat membantu

Published by :



Office :  
Jl. A. Yani, Sokajaya 59 Purwokerto  
New Villa Bukit Sengkaling CS No. 1 Malang  
HP: 081 357 217 319 WA: 089 621 424 412  
www.irdhcenter.com  
email: buku.irdh@gmail.com



FADLY HAIRANNOOR YUSRAN

REKAYASA GEOMETRIK LINGKUNGAN

2018



# **REKAYASA GEOTEKNIK LINGKUNGAN**

**FADLY HAIRANNOOR YUSRAN**

**CV IRDH**

# REKAYASA GEOTEKNIK

## LINGKUNGAN

Oleh : Fadly Hairannoor Yusran  
Perancang sampul : Yorim N. Lasboi  
Penata Letak : Yulita  
Penyunting : Cakti I. Gunawan  
Pracetak dan Produksi : Yohanes H. Laka

Hak Cipta © 2018, pada penulis

Hak publikasi pada CV IRDH

*Dilarang memperbanyak, memperbanyak sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.*

Cetakan Pertama Oktober 2018

Penerbit CV IRDH

Anggota IKAPI No. 159-JTE-2017

Office: Jl. Sokajaya No. 59, Purwokerto

New Villa Bukit Sengkaling C9 No. 1 Malang

HP 081 357 217 319 WA 089 621 424 412

[www.irdhcenter.com](http://www.irdhcenter.com)

Email: [buku.irdh@gmail.com](mailto:buku.irdh@gmail.com)

ISBN: 978-602-0726-01-4

i-xiiiint + 95 hlm, 25 cm x 17.6 c

## KATA PENGANTAR

**T**ersedianya buku ajar ini merupakan tambahan alternatif pembelajaran di institusi pendidikan tinggi, dalam hal ini Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat. Sekarang ini, mahasiswa dihadapkan pada sekian banyak alternatif pembelajaran untuk bisa menguasai mata kuliah tertentu, mulai dari talk and chalk sampai kepada wiki-wiki (bahasa Hawaii yang artinya sangat cepat, seperti Wikipedia). Sebagai pengajar, efektivitas pengajaran kita diukur dari seberapa kuat mahasiswa bisa menyimpan informasi pelajaran kita di dalam ingatan mereka dan mengamalkannya dalam kehidupan sehari-hari. Semua itu tergantung kepada seberapa banyak informasi yang bisa mereka serap. Oleh karena itu, buku ajar ini dimaksudkan sebagai tambahan informasi kepada mahasiswa peserta mata kuliah sumberdaya alam, baik aspek pengelolaan fisik, maupun aspek sosial-ekonominya. Ke depan, para peserta mata kuliah ini akan diberikan alternatif yang lebih mutakhir lagi dengan tersedianya fasilitas e-learning di Universitas Lambung Mangkurat.

Kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk perbaikan buku ajar ini. Semoga niat baik kita untuk mencerdaskan sesama selalu mendapatkan jalan lapang dariNya.

Aamiin, yaa rabbal'aalamiin.

Banjarbaru, Oktober 2018.

Penulis

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I.....	10
Pendahuluan.....	10
1.1. Ruang lingkup.....	10
1.2. Isi modul.....	11
1.3. Cara menggunakan modul.....	11
BAB II.....	18
Definisi Dan Ruang Lingkup Keilmuan.....	18
2.1. Pendahuluan.....	18
BAB III.....	19
Sumberdaya Alam Tanah.....	19
3.1. Pendahuluan.....	19
3.2. Definisi tanah.....	20
3.3. Konsep baru tentang tanah.....	21
3.3.1. Pengalaman petani atau praktisi.....	21
3.3.2. Hasil penelitian.....	22
3.4. Pendekatan mempelajari ilmu tanah.....	23
3.4.1. Pendekatan pedologis.....	23
3.4.2. Pendekatan edapologis.....	24
3.5. Profil tanah dan horizon penyusunnya.....	24
3.6. Komponen penyusun tanah.....	25
3.7. Latihan.....	28
3.8. Pustaka.....	29

BAB IV .....	29
Pembentukan tanah dan endapan.....	29
4.1. Pendahuluan.....	29
4.2. Faktor pembentuk tanah.....	30
4.2.1. Bahan induk .....	31
4.2.2. Iklim.....	31
4.2.3. Relief.....	32
4.2.4. Organisme .....	33
4.2.5. Waktu.....	34
4.2.6. Manusia.....	35
4.3. Terbentuknya horizon.....	36
4.4. Tiga proses utama perkembangan tanah .....	39
4.5. Bahan induk dan terbentuknya endapan .....	40
4.6. Latihan .....	43
4.7. Pustaka .....	44
BAB V .....	45
Polusi dan Sumbernya .....	45
5.1. Pendahuluan.....	45
5.2. Pengertian dan definisi .....	45
5.3. Sejarah Polusi.....	46
5.4. Polusi Masa Kini .....	49
5.5. Penyebab polusi dalam konsep limbah.....	52
5.5.1. Limbah pertanian. ....	52
5.5.2. Limbah industri .....	53
5.5.3. Limbah hasil olahan .....	53
5.5.4. Limbah rumah-tangga .....	53
5.5.5. Limbah Hasil Pengolahan .....	54
5.5.6. Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) .....	55
5.6. Pengelolaan Limbah.....	57

5.6.1. Kompos.....	57
5.6.2. Bank Sampah .....	57
5.6.3. Sampah untuk Energi .....	57
5.7. Pustaka .....	60
BAB VI.....	60
Teknologi remediasi dan remediasi hijau .....	60
6.1. Pendahuluan.....	61
6.2. Pengertian dan Definisi .....	61
6.3. Bio-remediasi.....	62
6.4. Fito-remediasi .....	63
6.4.1. Volatilisasi.....	64
6.4.2. Stimulasi .....	64
6.4.3. Stabilisasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4.4. Akumulasi atau ekstraksi ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4.5. Degradasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.4.6. Filtrasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.5. Green Remediation.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.5.1. Unsur utama remediasi hijau .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.6. Pustaka .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB VII.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Mineral tanah dan hubungannya dengan teknik sipil.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1. Pendahuluan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.2. Pengertian mineral .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.3. Sejarah mineralogi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.4. Terbentuknya mineral.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.5. Mineralogi fisik.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.5.1. Struktur kristal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

7.5.2. Kekerasan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.5.3. Kilau .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.5.4. Warna dan streak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR ISI</b> 7.5.5. Cleavage atau belahan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.5.6. Fracture atau patahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.5.7. Berat jenis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.6. Mineralogi kimia.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.7. Proses pembentukan tanah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.8. Implikasi Mineral untuk Geoteknik	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.8.1. Porositas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.8.2. Permeabilitas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.8.3. Shear stress .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.8.4. Plastisitas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.8.5. Soil strength .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.9. Latihan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
GLOSARIUM.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
INDEKS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
TENTANG PENULIS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



---

DAFTAR ISI

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Garis-garis Besar Program Pengajaran (GBPP) matakuliah Rekayasa Geoteknik Lingkungan .....	4
Tabel 2.	Beberapa contoh horizon penciri dan penjelasannya ...	32
Tabel 3.	Fito-remediasi .....	57
Tabel 4.	Beberapa sifat kilau mineral dari yang kusam sampai mengilap.....	77
Tabel 5.	Fenomena optik pada beberapa jenis mineral. ....	79
Tabel 6.	Pengelompokan mineral berdasarkan sifat kimianya...	80
Tabel 7.	Kelas permeabilitas tanah berdasarkan tekstur tanahnya. ....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Analogi Hukum Minimum Liebig yang terkenal itu. ..	15
Gambar 2.	Susunan lapisan atau horizon tanah kalau dilihat di dalam profil. ....	17
Gambar 3.	Komponen penyusun tanah secara umum. ....	18
Gambar 4.	Ukuran relatif dari kerikil, pasir, debu, dan liat. ....	20
Gambar 5.	Analogi kenapa partikel yang lebih kecil mempunyai luas permukaan yang lebih besar daripada partikel yang lebih besar. ....	20
Gambar 6.	Jenis vegetasi alami yang tumbuh dipengaruhi oleh iklim dan jenis bahan induk dari mana tanahnya berasal. ....	25
Gambar 7.	Rentang waktu yang diperlukan dalam diferensiasi lapisan atau horizon di dalam tanah. ....	27
Gambar 8.	Oxisol pada daerah tropik secara umum dan Oxisol subur (terra preta) di Lembah Amazon, Amerika Selatan. ....	29
Gambar 9.	Proses perkembangan tanah dilihat dari pembentukan lapisan atau horizon pada tanah mineral. ....	30
Gambar 10.	Pembagian horizon tanah secara umum. ....	31
Gambar 11.	Garis besar proses perkembangan tanah yang dikelompokkan menjadi tiga: penambahan, perubahan, dan pengurangan. ....	33
Gambar 12.	Penampang lintang dari sebuah sungai dan dataran banjir yang terbentuk serta istilah-istilah yang sering dipakai. ....	36
Gambar 13.	Delta, bentukan aluvial yang berada di muara sungai besar, menjadi daerah pertanian yang sudah dikenal subur sejak dahulu kala. ....	36
Gambar 14.	Delta Pulau Petak, salah satu wilayah lumbung padi di Kalimantan Selatan. ....	37
Gambar 15.	Pengaruh negatif polusi bagi kesehatan manusia yang	

	berasal dari polusi. ....	41
Gambar 16.	Gambaran kemajuan industri seperti di atas sekarang tidak lagi menjadi kebanggaan suatu negara. ....	42
Gambar 17.	Mausoleum Ibnu Sina di kota Hamadan, Iran. ....	43
Gambar 18.	Hierarki pengelolaan sampah yang ramah terhadap lingkungan.....	48
Gambar 19.	Contoh IPAL perkotaan yang menggunakan aerator untuk memisahkan padatan dan cairan. ....	49
Gambar 20.	Gambar dan tanda limbah B3 yang harus dikenal masyarakat. ....	50
Gambar 21.	Skema lingkungan pemanfaatan teknologi anaerobic digestion. ....	53
Gambar 22.	Konsep lapangan mekanisme filtrasi terhadap kontaminan yang ada dalam air tercemar.....	60
Gambar 23.	Penghalang angin (windbreak) yang digunakan untuk menghambat hantaman angin kencang yang merusak tanaman. ....	61
Gambar 24.	Riparian zone alami yang menjaga kelestarian lingkungan.....	62
Gambar 25.	Konsep penataan riparian zone (oxbow lake) yang memenuhi persyaratan lingkungan yang berkelanjutan.....	63
Gambar 26.	Pembersihan kontaminan yang disertai dengan usaha revitalisasi merupakan konsep dasar dari remediasi hijau.....	65
Gambar 27.	Unsur utama dari gerakan remediasi hijau.....	67
Gambar 28.	Mineral yang mana yang Anda kenal? .....	73
Gambar 29.	Siklus terbentuknya batuan yang terjadi di alam. ....	74
Gambar 30.	Klasifikasi batuan dan contohnya yang kita kenal sehari-hari. ....	76
Gambar 31.	Skala kekerasan berdasarkan Mohs. ....	77
Gambar 32.	Segitiga tekstur untuk menentukan klasifikasi tekstur tanah.....	83

Gambar 33.	Proporsi komponen tanah ideal.....	84
Gambar 34.	Perbandingan porositas antara tanah pasir dengan tanah liat. ....	85
Gambar 35.	Perbandingan tanah dengan deret permeabilitasnya. ..	86
Gambar 36.	Daya geser tanah yang mungkin terjadi karena beban (atas) dan karena gravitasi (bawah). ....	87

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Ruang lingkup

Pada dasarnya modul ini mengacu pada silabus matakuliah Rekayasa Geoteknik Lingkungan, yaitu matakuliah yang ditawarkan kepada mahasiswa pascasarjana Program Studi Geoteknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat dengan sandi HS 2514 dan dengan satuan kredit semester (SKS) 3(2-1). Adapun silabus atau GBPP matakuliah yang bersangkutan bisa dilihat pada Tabel 1. Matakuliah ini merupakan matakuliah pilihan untuk program reguler dan diberikan kalau jumlah mahasiswanya sudah memenuhi aturan yang berlaku.

Mata kuliah ini membantu mahasiswa untuk mengetahui lebih jauh tentang sumberdaya alam terbarukan (renewable resource), yaitu tanah. Selama manusia tidak bisa melakukan konversi energi matahari menjadi energi untuk kegiatan hariannya, selama itu pula manusia tergantung kepada sumberdaya alam, baik itu tanah, air, dan segala apa yang terdapat di atas dan di dalamnya.

Isi modul ini akan mengajak mahasiswa untuk memahami pengertian tentang sumberdaya alam ditinjau dari ketergantungan manusia. Kemudian, mahasiswa diajak untuk mengetahui asal usul tanah dan proses pembentukannya. Sesudah itu, mahasiswa diajak untuk mendalami sifat-sifat sumberdaya tersebut baik secara fisik, kimia, dan biologinya. Sekiranya sumberdaya alam tersebut mengalami degradasi, maka akan diperkenalkan teknologi reklamasinya. Akan diperkenalkan pula usaha konservasi yang akan melestarikan sumberdaya alam tersebut.

---

BAB I PENDAHULUAN akan dengan tatap-muka setiap minggu, tanya-jawab

dan diskusi selama tatap-muka, quiz, dan praktikum yang dilaksanakan pada akhir semester. Seluruh modul akan diberikan pada kegiatan tatap-muka berupa LibreOffice Impress. Materi dibagikan dalam bentuk file atau handout hasil cetaknya. Berdasarkan pengalaman, kelulusan mahasiswa masih tidak memuaskan dosen pengasuh secara umum. Untuk itulah modul ini diharapkan mampu memberi tambahan materi dan pengertian mendalam kepada mahasiswa.

## **1.2. Isi modul**

Keseluruhan pokok bahasan dan pembagian sub-pokok bahasan serta jadwal umum selama satu semester bisa dilihat pada Tabel 1 di halaman sebelah. Untuk kemudahan, urutan sub-pokok bahasan dalam tabel kurang lebih sama dengan susunan bab yang ada pada seluruh modul. Walaupun demikian, akan ada kelebihan dan kekurangannya, bila dibandingkan langsung dengan materi kuliah yang diberikan di dalam kelas. Apalagi bila dibandingkan dengan handout yang diberikan dosen setiap minggunya. Untuk itu, mahasiswa diharapkan bisa menjadikannya sebagai bahan diskusi pada waktu dosen memberikan kuliahnya.

## **1.3. Cara menggunakan modul**

Seluruh pengikut matakuliah dianjurkan untuk memiliki modul ini dan menyimaknya dengan saksama. Demikian pula halnya dengan acara tatap muka perkuliahan. Urutan materi yang dijelaskan dalam modul disusun berdasarkan urutan perkuliahan yang dilakukan.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Kalau modul dan acara tatap muka diikuti dengan baik, penulis yakin mahasiswa akan mampu menjawab pertanyaan latihan pada bagian akhir bab. Jika demikian, mahasiswa dipersilakan untuk mempelajari bab berikutnya

atau pustaka terkait lainnya. Diharapkan pula terjadinya diskusi di antara mahasiswa peserta dengan topik yang didapat dari referensi lain yang ada di dalam daftar pustaka pada akhir setiap bab.

Tabel 1. Garis-garis Besar Program Pengajaran (GBPP) matakuliah

---

**BAB I PENDAHULUAN** Rekayasa Geoteknik Lingkungan

Judul mata kuliah	: Rekayasa Geoteknik Lingkungan
Nomor kode/SKS	: HS 2514 3(3-0)
Deskripsi	: Pada semester ini mahasiswa mempelajari tentang ruang lingkup



singkat remediasi lingkungan secara umum, konsep green remediation, teknologi dasar remediasi secara kimia dan fisika.

Tujuan : Setelah menyelesaikan matakuliah ini diharapkan mahasiswa dapat instruksional mengetahui konsep polusi dan kontaminan serta pengertian remediasi umum secara umum dan bio-remediasi secara khusus, teknologi bio-remediasi, dan pelaksanaannya di lapangan untuk mewujudkan lingkungan yang sehat.

Status mata kuliah Kurikulum Lokal

Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Daftar Pustaka
<b>Pertemuan I</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Memahami gambaran umum tentang rekayasa geoteknik lingkungan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memahami aspek kepribadian dan latar belakang remediasi lingkungan.</li> <li>Mengetahui polusi dan unsur penyebabnya.</li> <li>Menjelaskan pengertian rekayasa lingkungan dan kegunaannya bagi bidang teknik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memahami pengertian dan menemukan masalah dalam tujuan mempelajari tanah secara mikroskopis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pendahuluan dan latar belakang dan ruang lingkup remediasi lingkungan secara umum.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanya-jawab tentang materi pembelajaran.</li> <li>Dosen menyempurkan jawaban yang belum sempurna.</li> </ul>	Teknik penilaian non-tes dengan tanya-jawab	3 x 50 menit.	1, 5
<b>Pertemuan II</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Menguasai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memahami</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teknologi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanya-jawab</li> </ul>	Teknik penilaian	3 x 50	4, 5

**BAB I PENDAHULUAN**

Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Daftar Pustaka
teknologi remediasi dan konsep green remediation.	teknologi remediasi dan konsep green remediation.	prinsip umum teknologi remediasi dan konsep green remediation.	remediasi dan konsep green remediation.	tentang materi pembelajaran. <ul style="list-style-type: none"> <li>Dosen menyempurnakan jawaban yang belum sempurna.</li> <li>Dosen menyempurnakan jawaban yang belum sempurna.</li> </ul>	an non-tes dengan tanya-jawab	menit.	
<b>Pertemuan III</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Menguasai teknologi remediasi dan konsep green remediation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan teknologi remediasi dan konsep green remediation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memahami prinsip umum teknologi remediasi dan konsep green remediation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teknologi remediasi dan bio-remediasi.</li> <li>Konsep green remediation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanya-jawab tentang materi pembelajaran.</li> <li>Diskusi kelompok. Presentasi wakil kelompok dan seluruh peserta memberi</li> <li>Dosen menyempurnakan jawaban yang belum sempurna.</li> </ul>	Teknik penilaian non-tes dengan tanya-jawab	3 x 50 menit.	2, 3, 5, 6
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>							
<b>Pertemuan IV</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>Menguasai teknologi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjelaskan teknologi sanitasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memahami prinsip umum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sejarah sanitasi.</li> <li>Teknologi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanya-jawab tentang materi</li> </ul>	Teknik penilaian non-tes	3 x 50 menit.	1, 4, 5, 6

Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Daftar Pustaka
Sanitasi.	dan siklus bahan organik.	teknologi sanitasi dan bahan organik serta unsur hara.	sanitasi dari dulu sampai sekarang . • Siklus hara dan C sink and storage.	pembelajaran. • Diskusi kelompok. Presentasi wakil kelompok dan seluruh peserta memberi • Dosen menyempurnakan jawaban yang belum sempurna.	dengan tanya-jawab		
<b>Pertemuan V</b>							
• Menguasai teknologi mine closure	• Menjelaskan teknologi mine closure.	• Memahami prinsip umum (holistik) teknologi mine closure. • Memahami permasalahan acid mine drainage.	• Teknologi mine closure. • Acid mine drainage .	• Tanya-jawab tentang materi pembelajaran. • Diskusi kelompok. Presentasi wakil kelompok dan seluruh peserta memberi • Dosen menyempurnakan jawaban yang belum sempurna.	Teknik penilaian non-tes dengan tanya-jawab	3 x 50 menit.	1, 4, 5, 6
<b>Pertemuan VI</b>							
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan VII</b>							

## BAB I PENDAHULUAN

Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar	Indikator	Materi Pokok	Kegiatan Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Daftar Pustaka
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan VIII (UTS)</b>							
<b>Pertemuan IX</b>							
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan X</b>							
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan XI</b>							
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan XII</b>							
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan XIII</b>							
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan XIV</b>							
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan XV</b>							
•	•	•	•	•			
<b>Pertemuan XVI (UAS)</b>							

## BAB I PENDAHULUAN

Daftar pustaka:

1. Kim Howard Tan. 2000. Environmental Soil Science. Marcel Dekker Inc., New York.
2. Lester, J.N. and J.W. Birkett. 2003. Microbiology and Chemistry for Environmental Scientists and Engineers. E and FN Spon, New York.
3. Nemerow, N.L., F.J. Agardy, P. Sullivan, and J.A. Salvato. 2009. Environmental Engineering. Environmental Health and Safety for Municipal Infrastructure, Land Use and Planning, and Industry. John Wiley and Sons,

- Inc., New Jersey.
4. Sparks, D.L. 2003. Environmental Soil Chemistry. Academic Press, California.
  5. United States Environmental Agency. 2008. Incorporating Sustainable Environmental Practices into Remediation of Contaminated Sites. National Service Center for Environmental Publication, Cincinnati.
  6. United States Environmental Protection Agency. 1999. Phyto Remediation Resource Guide. Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office, Washington, DC.
  7. Wikipedia. 2009. Environmental Remediation. [http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental\\_remediation](http://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_remediation).
  8. Brady, N.C. and R.R. Weil. 2009. Elements of the Nature and Properties of Soils. Prentice Hall, New York.
  9. Kim Howard Tan. 2000. Environmental Soil Science. Marcel Dekker Inc., New York.
  10. Lester, J.N. and J.W. Birkett. 2003. Microbiology and Chemistry for Environmental Scientists and Engineers. E and FN Spon, New York.
  11. Nemerow, N.L., F.J. Agardy, P. Sullivan, and J.A. Salvato. 2009. Environmental Engineering. Environmental Health and Safety for Municipal Infrastructure, Land Use and Planning, and Industry. John Wiley and Sons, Inc., New Jersey.
  12. PitzPatrick, E.A. 1993. Soil Microscopy and Micromorphology. John Wiley and Sons, Inc., Michigan.
  13. Sparks, D.L. 2003. Environmental Soil Chemistry. Academic Press, California.
  14. White, R.E. 2005. Principles and Practice of Soil Science: The Soil as a Natural Resource. Blackwell Publishing, Boston.

## BAB I PENDAHULUAN

## BAB II

# DEFINISI DAN RUANG LINGKUP KEILMUAN

### 2.1. Pendahuluan

Sebelum mengupas lebih jauh tentang apa saja yang menjadi bahan pembicaraan di dalam matakuliah ini, ada baiknya kita menyamakan persepsi tentang ruang lingkup keilmuannya.

Dalam pendahuluan ini akan dijelaskan definisi umum tentang ilmu rekayasa geoteknik lingkungan. Ilmu ini sebenarnya masih merupakan bagian dari teknik sipil, tetapi lebih menitik-beratkan kepada sifat material bahan alam dalam hubungannya dengan keseimbangan lingkungan. Secara lebih rinci, ilmu ini termasuk penelitian sifat dan keadaan bahan permukaan tanah, baik fisik/mekanik maupun kimianya, sesuai dengan bangunan yang akan dibuat. Di dalamnya termasuk juga risiko yang mungkin akan terjadi kemudian. Oleh karena itu, rancang bangun lahan, fondasi, struktur dan lingkungan sekitarnya merupakan kesatuan yang harus dikaji.

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Mengetahui definisi tanah menurut bidang ilmu lain.
2. Menjelaskan definisi dan ruang lingkup ilmu rekayasa geoteknik lingkungan sesuai dengan batasan yang sudah digariskan.
3. Mampu mengimplementasikan bagian dari rekayasa geoteknik untuk kemaslahatan manusia dan lingkungan.

## BAB III

# SUMBERDAYA ALAM TANAH

### 3.1. Pendahuluan

Sebelum kita mempelajari tentang sesuatu, kita harus melihat atau bahkan menentukan sendiri batasan-batasannya. Hal ini penting agar apa yang kita rencanakan dapat dicapai dengan alokasi modal (waktu dan sumberdaya lain) yang ada.

Tanah, dari penglihatan kita sehari-hari, tidaklah sama dengan tanah kalau kita lihat dari sudut pandang keilmuan dan keperluan. Sebagian orang mungkin menganggap tanah sebagai benda mati. Padahal kalau kita lihat secara mikroskopis sebagian tanah berasal dari makhluk hidup.

Dalam bab ini akan dijelaskan tentang definisi tanah menurut ilmu pertanian dan ilmu lain yang terkait. Demikian pula batasan-batasan yang perlu diambil dalam mempelajari ilmu tanah agar sesuai dengan keperluan bidang ilmu.

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Mengetahui definisi tanah menurut bidang ilmu lain.
2. Menjelaskan definisi dan ruang lingkup ilmu tanah menurut bidang ilmu

pertanian.

3. Menjelaskan sejarah dan perkembangan ilmu tanah secara umum.

### 3.2. Definisi tanah

---

#### SUMBERDAYA ALAM TANAH

Definisi tanah akan berbeda-beda tergantung dari latar belakang orang yang mendefinisikannya. Berikut ini adalah beberapa contoh definisi atau arti tanah menurut berbagai disiplin ilmu:

- Ahli geologi melihat tanah sebagai lapisan bumi termuda hasil bentukan alam dalam kurun waktu relatif singkat.
- Ahli pertambangan mendefinisikannya sebagai lapisan kerak bumi yang menutupi batuan dan mineral bahan tambang yang sedang digali.
- Ahli teknik sipil mendefinisikannya sebagai lapisan teratas dari mantel bumi tempat lapisan pengerasan jalan aspal.
- Ahli perumahan (developer) mendefinisikannya sebagai lahan perumahan yang daya dukungnya perlu dihitung agar fondasi yang dibangun akan tetap kokoh selama bertahun-tahun.

Bagaimana definisi tanah menurut ilmu pertanian? Karena fokus ilmu pertanian adalah tanaman (kadang juga melebar ke tumbuhan), maka definisi tanah secara singkat adalah media tumbuh bagi tanaman atau tumbuhan. Dengan demikian ilmu tanah pertanian adalah ilmu yang mempelajari segala reaksi (fisika, kimia, dan biologi) yang terjadi di dalam tanah dalam hubungannya dengan pertumbuhan vegetasi di atasnya.

Definisi lanjutan biasanya berhubungan dengan kesuburan, kesesuaian,



konservasi, dan lain-lain. Definisi-definisi ini akan ditambah dengan aspek pertumbuhan lainnya seperti fase vegetatif dan fase generatif.

### **3.3. Konsep baru tentang tanah**

Sebagai seorang yang berpendidikan, pengetahuan kita terhadap tanah mungkin berbeda-beda sesuai dengan bidang ilmu yang kita dapatkan sebelumnya. Seperti disebutkan di atas, pengertian seseorang tentang tanah tergantung bidang ilmu yang pernah didapatkan sebelumnya.

Di bidang pertanian, pengetahuan kita tentang tanah secara umum berasal dari dua sumber, yaitu pengalaman petani dan hasil penelitian.

#### **3.3.1. Pengalaman petani atau praktisi**

Pengalaman petani biasanya berupa teknologi dasar bagaimana menjadikan tanah lebih subur. Pengalaman ini bisa sudah berumur ribuan tahun karena berasal dari kebudayaan bangsa-bangsa yang pernah hidup makmur pada zaman dahulu. Contohnya adalah pemberian pupuk hijau (green manure) dan abu sebagai sumber K yang berasal dari bangsa Romawi. Bangsa Cina menggunakan peta tanah subur sebagai dasar penentuan persentase pajak rakyatnya. Demikian pula halnya dengan pemakaian pupuk kandang (manure) yang sudah diketahui sejak dulu bisa menyuburkan tanah. Contoh di atas adalah pengalaman petani yang bersifat umum.

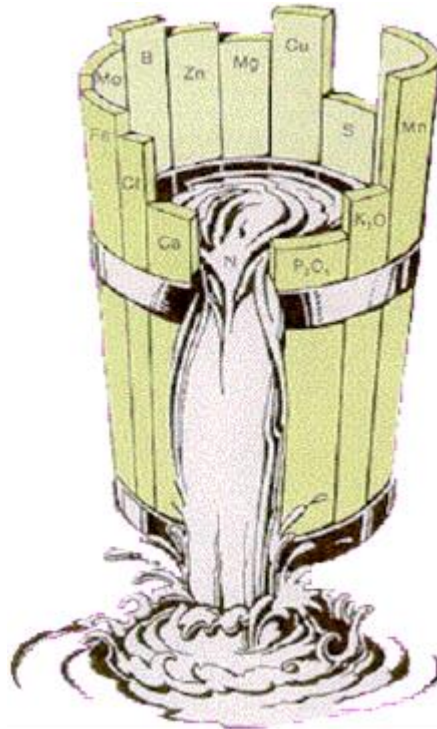
Pengalaman petani ada pula yang bersifat lokal. Istilah sekarang untuk hal ini adalah kearifan lokal (indigenous knowledge). Contohnya adalah sistem budidaya padi varietas lokal di lahan pasang surut yang dilakukan petani Suku Banjar secara turun-temurun. Keahlian inilah yang membuat Desa Gambut dan sekitarnya (termasuk juga Delta Pulau Petak) menjadi lumbung padi Provinsi Kalimantan Selatan, Tengah, dan bahkan Timur. Suku Banjar pun

menjadi fanatik dengan beras Unus atau Karang Dukuh.

### 3.3.2. Hasil penelitian

Pengetahuan tentang tanah yang berasal dari hasil penelitian dimulai pada abad XVIII, awal dari perkembangan penelitian ilmiah. Adalah Jan Baptista van Helmont (1652) yang bertanya kenapa pohon willow yang berumur lima tahun bisa bertambah besar hanya dengan disirami air. Dia berkesimpulan bahwa air adalah asal-muasal biomassa pohon tersebut. Contoh hasil penelitian yang lain adalah hasil pengamatan John Woodward (1699) yang menyimpulkan bahwa sumber kehidupan tanaman adalah partikel halus dalam air. Berikutnya J. B. Bousinggault (1834) mengatakan bahwa udara dan hujan juga mengandung mineral yang diperlukan tumbuhan.

Teori awal tentang pertumbuhan yang paling terkenal adalah yang dikemukakan oleh Justus von Liebig (1840), yaitu Hukum Minimum. Hukum ini mengatakan bahwa suatu pertumbuhan tidak akan bisa lebih baik dari faktor pembatas yang ada. Analogi hukum ini bisa dilihat pada **Error! Reference source not found.** Unsur N menjadi pembatas karena mempunyai 'ketinggian' yang kurang, sehingga air yang bisa ditampung (pertumbuhan atau produksi) tidak bisa lebih banyak. Kalau kekurangan N diperbaiki, maka faktor pembatas berikutnya adalah unsur hara P. Demikian seterusnya dengan faktor pembatas yang lain.



Gambar 1. Analogi Hukum Minimum Liebig yang terkenal itu.

### 3.4. Pendekatan mempelajari ilmu tanah

Untuk mempermudah mempelajari ilmu tanah, kita harus melakukannya dengan pendekatan-pendekatan tertentu, sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Ada dua pendekatan umum yang bisa dilakukan untuk mempelajari ilmu tanah, yaitu pendekatan secara pedologis dan secara edapologis.

#### 3.4.1. Pendekatan pedologis

Pendekatan ini digunakan untuk mempelajari tanah sebagai bagian dari tubuh alam. Berdasarkan asal katanya pedologis berasal dari Bahasa Yunani pedon yang berarti tanah atau bumi, dan logos yang berarti ilmu. Pendekatan ini biasanya digunakan oleh ahli geologi, ahli geomorfologi, dan ahli pemetaan tanah.

### 3.4.2. Pendekatan edapologis

Pendekatan edapologis digunakan untuk mempelajari tanah sebagai media atau habitat tumbuh dan berkembangnya organisme. Berdasarkan katanya edapologis berasal dari Bahasa Yunani edaphos yang berarti tanah atau bumi, dan logos yang berarti ilmu.

Pendekatan mana yang kita pakai untuk mempelajari ilmu tanah? Jawabannya adalah kedua-duanya. Pendekatan pedologis digunakan untuk mempelajari dari mana tanah itu berasal dan apa bahan dasarnya. Sementara itu, pendekatan edapologis digunakan untuk mengetahui segala sesuatu yang berhubungan dengan pertumbuhan organisme di atasnya, dalam hal ini vegetasi.

Dengan demikian, sebagai mahasiswa fakultas yang berhubungan dengan pertanian, kita mempelajari tanah menggunakan pendekatan keduanya. Walaupun porsi edapologis lebih besar, tetapi pendekatan pedologis juga diperlukan untuk memperluas pengetahuan pada pendekatan edapologis.

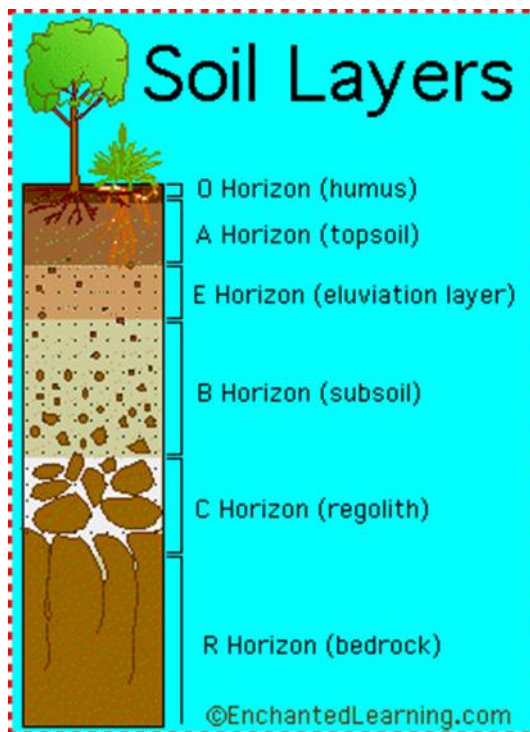
### 3.5. Profil tanah dan horizon penyusunnya

Untuk kepentingan ilmu pertanian, tanah yang menjadi perhatian hanyalah hasil bentukan hancuran iklim dari batuan induk yang berkembang membentuk lapisan atau horizon. Secara umum, ketebalan yang menjadi perhatian kurang lebih antara 1-3 m. Horizon tanah terbentuk karena proses geologi dan hancuran iklim dalam waktu yang sangat lama

Untuk melihat langsung lapisan tanah yang ada biasanya dibuat profil tanah atau penampang bujur tanah. Secara umum, penampang atau profil tanah itu ~~bisa dilihat pada~~ **SUMBERDAYA ALAM TANAH** bisa dilihat pada **Error! Reference source not found.** Secara ringkas bisa dijelaskan bahwa Horizon O adalah lapisan humus atau serasah dengan warna

lebih gelap karena kandungan bahan organik yang tinggi. Horizon A adalah tanah pucuk (top soil) yang subur serta banyak mengandung C-organik.

Horizon E adalah bagian dari tanah pucuk yang mengalami pencucian (eluviasi). Horizon B adalah lapisan tanah bawahan (sub soil) dan merupakan lapisan penumpukan (illuviasi). Secara umum, lapisan penumpukan akan berwarna lebih gelap dan mengandung senyawa atau partikel tertentu yang lebih banyak dari lapisan di atasnya.

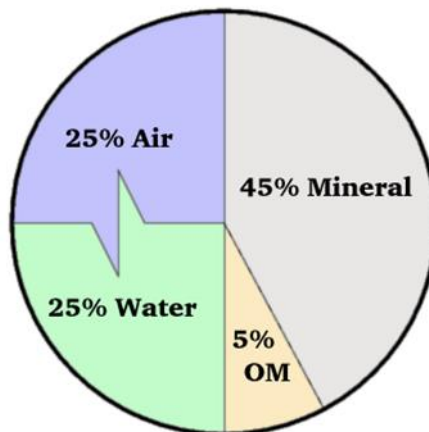


Gambar 2. Susunan lapisan atau horizon tanah kalau dilihat di dalam profil.

### 3.6. Komponen penyusun tanah

**SUMBERDAYA ALAM TANAH** adalah benda alam yang statis. Artinya, tanah tersebut tidak berubah atau mati sama sekali. Padahal tanah itu sebagian merupakan kumpulan benda hidup dan benda mati yang bersifat dinamis.

Berdasarkan penyusunnya tanah bisa dibagi menjadi empat komponen penyusunnya. Komponen paling besar (45%) adalah komponen anorganik atau komponen mineral. Komponen terbesar kedua dan ketiga (masing-masing 25%) adalah air dan udara. Dan komponen paling kecil (5%), tapi merupakan kunci kesuburan tanah, adalah komponen organik. Dalam komponen ini terdapat bahan organik dan makro- serta mikro-organisme tanah. Walaupun komponen organik merupakan kunci kesuburan tanah, komponen lain tidak kalah pentingnya. Dengan demikian bisa dikatakan, bahwa tanah yang subur adalah tanah ideal yang mempunyai perbandingan komponen kurang-lebih sama dengan yang digambarkan di atas.

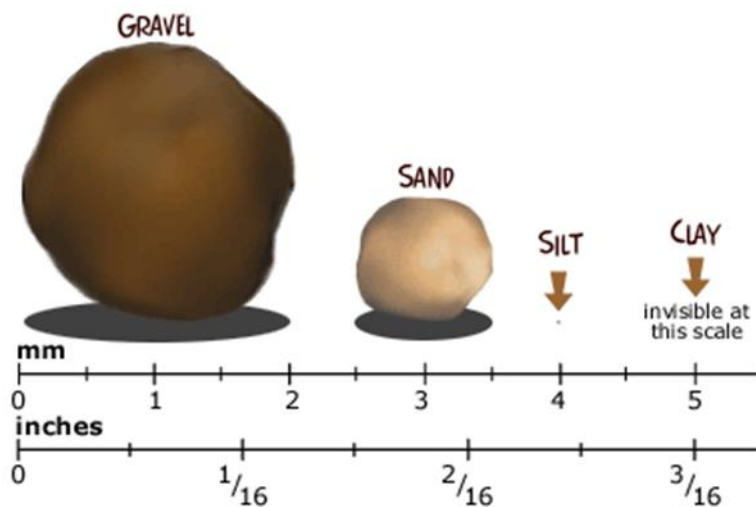


Gambar 3. Komponen penyusun tanah secara umum.

Kalau komponen tanah semuanya penting, komponen manakah yang paling penting? (Kimia, fisika, dan biologi) di dalam tanah? Jawabannya adalah komponen anorganik dan organik. Lebih spesifik lagi adalah liat dan bahan organik. Kedua komponen ini saling berinteraksi satu sama lain di dalam tanah dalam menghasilkan kesuburan dan sifat tanah lainnya.

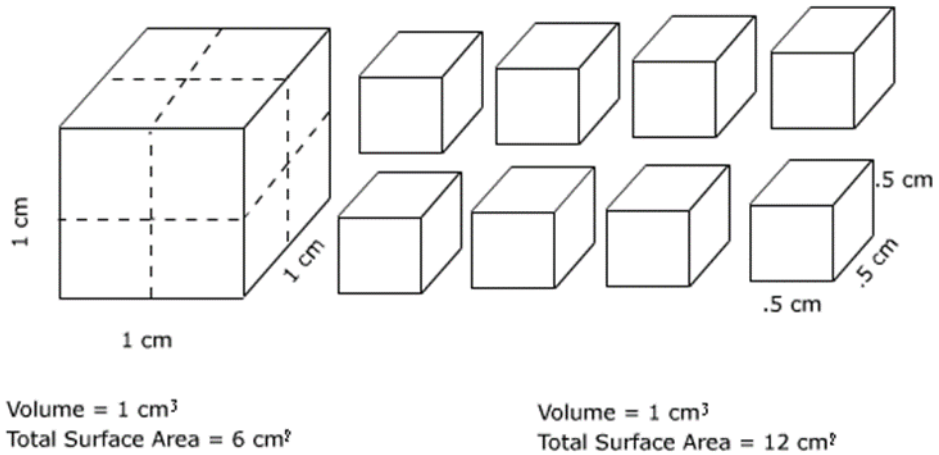
Kedua komponen ini berukuran sangat kecil bila dibandingkan dengan

komponen partikel tanah lainnya (**Error! Reference source not found.**). Karena ukuran yang kecil inilah liat dan bahan organik mempunyai luas permukaan yang besar, sekaligus mempunyai muatan listrik, jika dibandingkan dengan partikel pasir dan debu. Kedua keistimewaan inilah yang menjadikan kedua komponen tanah ini menjadi komponen paling aktif di dalam tanah. Gejala fisika ini dapat dianalogikan seperti pada **Error! Reference source not found.** di bawah ini.



Gambar 4. Ukuran relatif dari kerikil, pasir, debu, dan liat.

Dari hal-hal yang telah kita simpulkan bahwa tanah adalah kumpulan dari benda hidup dan mati yang selalu bereaksi, baik secara fisik, kimia, dan biologi, antar komponennya. Tanah bisa dikatakan sebagai benda hidup yang dinamis, tidak statis seperti yang terlihat sehari-hari.



Gambar 5. Analogi kenapa partikel yang lebih kecil mempunyai luas permukaan yang lebih besar daripada partikel yang lebih besar.

**SUMBERDAYA ALAM TANAH** media tumbuh utama bagi semua komoditas pertanian untuk kehidupan kita. Dengan demikian, tanah adalah sumberdaya alam terbarukan yang paling utama di dunia ini. Sebagai mahasiswa dan generasi masa depan, sudah semestinya kita menyadari hal tersebut dan selalu berusaha untuk melestarikannya.

### 3.7. Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan Hukum Minimum Liebig? Ceritakan kembali dengan kata-kata sendiri!
2. Jelaskan apa yang disebut dengan horizon tanah dan apa sifat-sifat dasar yang kamu ketahui!
3. Sifat unik apakah yang dimiliki liat dan humus (bahan organik) sehingga mereka sangat penting dalam menentukan sifat tanah?
4. Jelaskan bagaimana unsur hara bisa ada dan tersedia bagi tanaman!



### 3.8. Pustaka

1. Brady, Nyle C. and Ray R. Well. 2007. The Nature and Properties of Soils. 14 edition. Macmillan Publishing Company, New York, USA.
2. Enchanted Learning. 2009. Soil Layers. <http://www.enchantedlearning.com/geology/soil>. Diakses tanggal 13 Juli 2009.
3. Gobat, Jean-Michel, M. Aragno, W. Matthey, and V.A.K Sarma. 2004. The Living Soil: Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. Science Publishers, Enfield. USA.
4. Yerima, Bernard P. K. and E. Van Rants. 2005. Introduction to Soil Science: Soils of the Tropics. Trafford Publishing, Victoria, Canada.

## BAB IV

# S PEMBENTUKAN TANAH DAN ENDAPAN

### 4.1. Pendahuluan

Terbentuknya sebuah produk pastilah merupakan hasil proses dari bahan mentahnya. Demikian pula halnya dengan tanah. Tanah merupakan hasil dari proses hancuran iklim dengan bahan mentahnya berupa batuan induk. Proses terbentuknya tanah disebut pula sebagai proses perkembangan tanah atau genesis tanah. Ada pula yang menyebutnya sebagai morfogenesis tanah.

Bab ini akan membahas proses yang terlibat dalam pembentukan tanah, sejak dari batuan induk (input) sampai dengan terbentuknya tanah (output). Dengan demikian, bab ini membahas bagian kedua dari fungsi produksi input→process→output, bila dianalogikan dengan ilmu ekonomi.

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menyebutkan faktor-faktor pembentuk tanah dan hubungan antara faktor yang satu dengan lainnya.

2. Memberi contoh faktual dari setiap faktor yang bisa dilihat setiap hari.
3. Menyimpulkan proses umum yang terjadi dalam pembentukan tanah.
4. Membedakan proses pembentukan tanah endapan bila dibandingkan dengan pembentukan tanah mineral secara ideal.
5. Menyebutkan contoh tanah mineral dan tanah endapan secara umum.

---

## PEMBENTUKAN TANAH DAN ENDAPAN

### 4.2. Faktor pembentuk tanah

Secara umum dikatakan bahwa proses pembentukan tanah merupakan proses gabungan dari faktor-faktor pembentuk tanah. Sehingga para ahli tanah mengatakan bahwa tanah merupakan fungsi dari beberapa faktor pembentuknya yang bisa dinotasikan sebagai berikut:

$$\text{Tanah} = f \{p, c, r, o, t, h\} \text{ di mana}$$

- p** = Parent materials, dalam hal ini adalah bahan induk.
- c** = Climate, yakni iklim dengan segala unsurnya.
- r** = Relief, termasuk di dalamnya adalah akibat dari perbedaan relief.
- o** = Organisms, adalah flora dan fauna, baik yang makro maupun yang mikro.
- t** = Time, waktu, adalah faktor yang juga mempengaruhi faktor pembentuk tanah lainnya.
- h** = Human, dipisahkan dari organisme karena manusia dengan akalnyanya bisa membentuk dan menghancurkan tanah, lebih dari kemampuan organisme lainnya.

Seorang ahli tanah menganjurkan, kalau kita ingin mengerti lebih dalam tentang tanah secara alami, kita harus mempelajari: (a) genesis tanah, yaitu proses terbentuknya tanah dari bahan induk, (b) klasifikasi tanah, yaitu pengelompokan tanah berdasarkan kesamaan sifat, (c) survei tanah, yaitu distribusi tanah dalam hubungannya dengan bentang alam.

---

#### **4.2.1. Bahan induk**

### **PEMBENTUKAN TANAH DAN ENDAPAN**

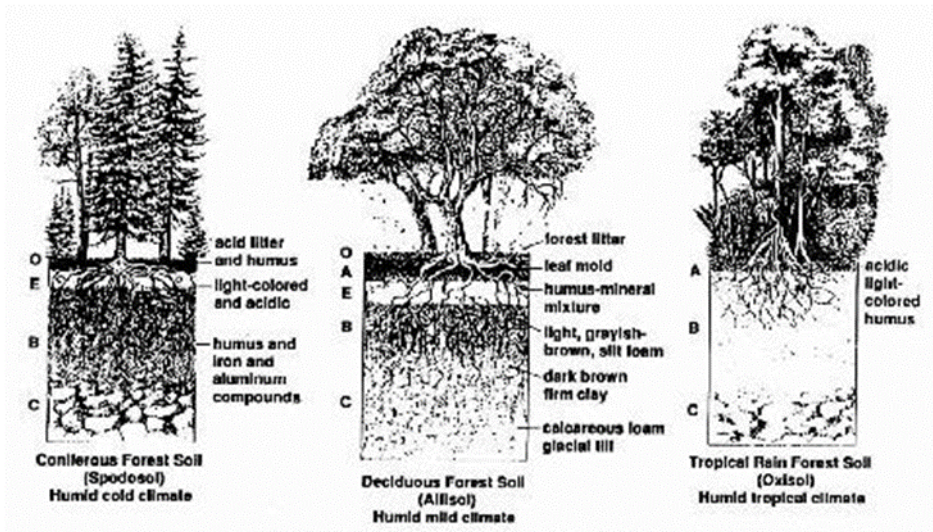
Bahan induk dengan variasi sifat kimia dan fisiknya akan menentukan sifat kimia dan fisika tanah kemudian. Bahan induk yang bersifat asam akan menghasilkan tanah yang asam pula, atau sebaliknya. Jenis tekstur tanah yang ditentukan oleh bahan induk akan mempengaruhi infiltrasi air ke dalam tanah, dan selanjutnya akan mempengaruhi proses translokasi partikel tanah dan juga unsur hara. Komposisi kimia dan mineral dari bahan induk akan mempengaruhi proses hancuran iklim secara langsung. Akibatnya, akan berpengaruh kepada jenis vegetasi alami yang tumbuh. Bahan induk yang berasal dari batuan kapur akan memperlambat proses pemasaman tanah.

Secara kasat mata, bahan induk sama dengan batuan induk. Perbedaan hanya pada kekerasan fisik. Bahan induk bisa diremas dengan tangan. Posisi bahan induk juga selalu berada di atas batuan induk. Singkatnya, bahan induk adalah batuan induk yang sudah mengalami hancuran iklim.

#### **4.2.2. Iklim**

Iklim berperan dalam pembentukan tanah melalui unsur-unsurnya seperti hujan, salju, panas, dan dingin. Faktor ini dianggap paling berpengaruh karena iklim akan menentukan sifat proses hancuran iklimnya. Sebagai contoh, suhu dan hujan akan menentukan reaksi fisika, kimia, dan biologi yang akhirnya akan berpengaruh pada perkembangan profil tanah. Setiap kenaikan suhu sebanyak 10 °C akan meningkatkan reaksi biokimia tanah sebanyak dua

kali lipat. Demikian pula halnya dengan pengaruhnya pada kandungan bahan organik dan jenis vegetasi yang tumbuh (**Error! Reference source not found.**).



Gambar 6. Jenis vegetasi alami yang tumbuh dipengaruhi oleh iklim dan jenis bahan induk dari mana tanahnya berasal.

Di daerah beriklim dingin dan lembab, tanah ditumbuhi oleh konifera (coniferous, tumbuhan berdaun jarum). Sementara di daerah tropika yang panas dan lembab, tanah ditutupi oleh hutan hujan tropis (tropical rain forest). Pada gilirannya, iklim yang berbeda ini akan menciptakan jenis tanah dengan sifat dan karakteristik yang berbeda pula.

#### 4.2.3. Relief

Peranan relief yang lebih banyak adalah karena posisi relatif paparan sinar matahari dan kemungkinan terjadinya longsor dan erosi. Dengan demikian, relief bisa mempercepat atau memperlambat pengaruh iklim terhadap perkembangan tanah.

Ada yang berpendapat bahwa terdapat interaksi segitiga antara relief, iklim,

vegetasi. Misalnya pada daerah tropika, jenis vegetasi yang tumbuh di pegunungan berbeda dengan vegetasi di dataran. Untuk kasus Kalimantan Selatan, ulin (*Eusideroxylon zwageri*) hanya tumbuh di sekitar Pegunungan Meratus.

#### 4.2.4. Organisme

Faktor organisme berperan setelah tanah mulai mendukung kehidupan di atasnya. Biasanya dimulai dengan flora dan fauna bersel tunggal, kemudian berangsur diinvasi oleh flora dan fauna tingkat tinggi. Pada tahap selanjutnya, seperti yang bisa kita lihat sekarang ini, organisme mempengaruhi proses perkembangan tanah. Organisme yang dimaksud adalah flora dan fauna, baik mikro atau makro. Pengaruh mereka bisa dalam bentuk fisik, kimia, dan biologi.

Secara fisik, organisme bisa mempengaruhi pembentukan dan perkembangan tanah. Misalnya, akar pohon yang tumbuh di sela batuan bisa membuat batuan tersebut pecah dan bergeser dari posisi semula.

Ada pula sebagian orang menyebutnya sebagai gaya mekanik. Gaya fisik atau mekanik dari akar pohon ini bisa mengangkat beban sampai lima ton atau lebih.

Secara kimia, organisme menghasilkan asam-asam organik, asam amino, dan asam nukleat yang bisa membantu meleburnya batuan. Bisa pula berpengaruh pada terciptanya mineral sekunder yang berujung pada terbentuknya unsur hara, baik kation maupun anion.

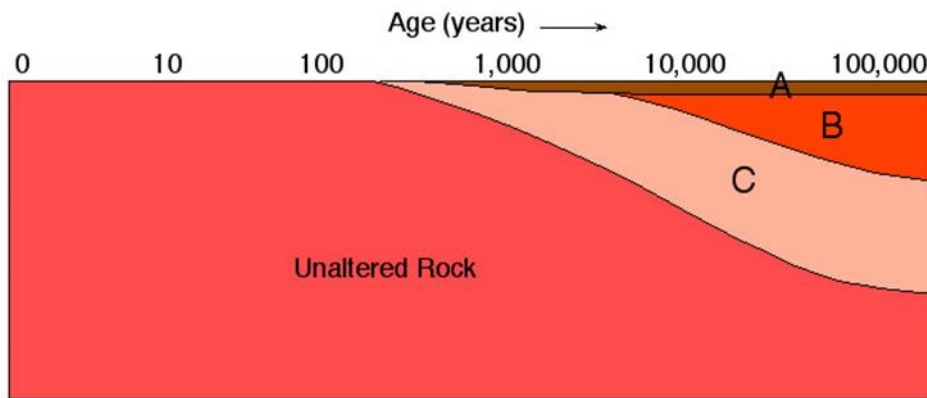
Secara biologi, organisme bisa menghasilkan enzim-enzim tertentu di dalam tanah yang membantu proses biokimia seperti transformasi senyawa organik menjadi senyawa anorganik (unsur hara). Kedua cara terakhir disebut pula dengan cara biokimia. Cara ini juga berkembang sampai menjadi cabang

ilmu tanah, yaitu biokimia tanah.

#### 4.2.5. Waktu

Waktu merupakan satu-satunya faktor yang mempengaruhi faktor pembentuk tanah yang lain. Peranannya menjadi sangat dominan karena perubahan yang diakibatkannya tidak bisa kita amati langsung. Rentang waktu umur kita sendiri sangatlah kecil bila dibandingkan dengan rentang waktu pembentukan tanah.

Rentang waktu yang digunakan untuk menggambarkan perubahan pada tanah adalah rentang waktu geologi dengan satuan paling sedikit ribuan tahun.



Gambar 7. Rentang waktu yang diperlukan dalam diferensiasi lapisan atau horizon di dalam tanah.

Sementara satuan yang umum adalah jutaan tahun. Bandingkan dengan umur manusia yang rata-rata tidak sampai seratus tahun.

**Error! Reference source not found.** memperlihatkan diferensiasi pertama pada tanah terjadi ratusan tahun setelah batuan induknya mengalami proses hancuran iklim. Dari gambar itu pula kita bisa memperkirakan bahwa tanah Podsolik Merah Kuning (Ultisol) yang sudah mengalami perkembangan lanjut, di sekitar Fakultas Pertanian Unlam dan Kampus Unlam Banjarbaru,

berumur kurang lebih 10.000 tahun.

#### 4.2.6. Manusia

Peranan manusia sangat nyata terhadap perkembangan tanah. Pembabatan hutan, pengolahan tanah, irigasi dan pemupukan yang berlebihan juga akan mempengaruhi proses perkembangan. Walaupun pengaruh manusia ini baru dimulai sejak adanya peradaban (relatif singkat dibandingkan dengan waktu geologi yang lain), tetapi pengaruhnya sangat nyata. Peranan manusia ini bisa bersifat positif dan negatif. Atau dengan kata lain bisa membantu pembentukan tanah, bisa pula menghancurkan tanah itu sendiri.

Dari sisi positif, contohnya seperti terbentuknya tanah hitam (terra preta) di Lembah Amazon. Diperkirakan lapisan subur pada terra preta itu berasal dari tempat pembuangan sampah oleh peradaban Suku Indian Amazon sejak sebelum Nabi Isa lahir, tepatnya sekitar 2500 tahun yang lewat.



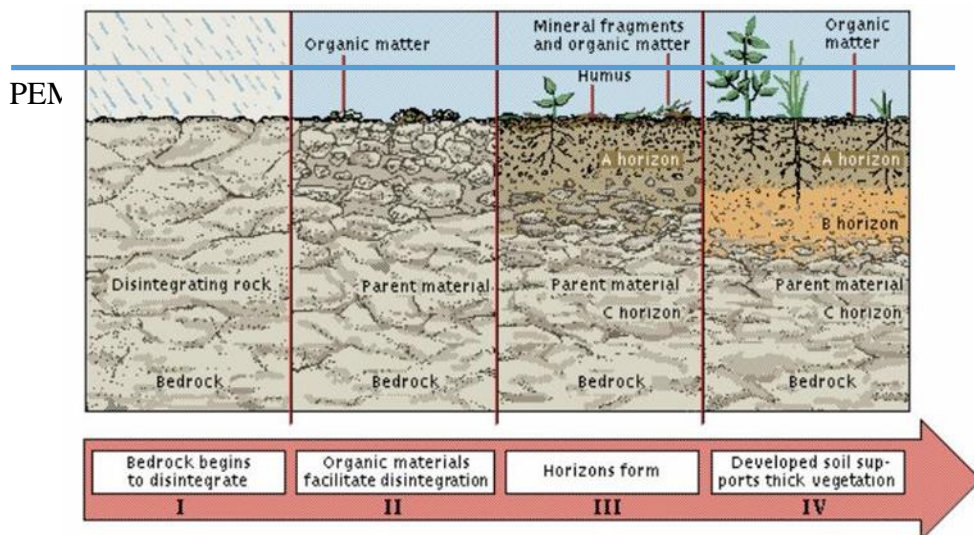
Gambar 8. Oxisol pada daerah tropik secara umum dan Oxisol subur (terra preta) di Lembah Amazon, Amerika Selatan.

**Error! Reference source not found.** di atas memperlihatkan perbedaan yang sangat besar dalam hal kandungan bahan organik. Walaupun kedua jenis tanah adalah sama, terra preta mempunyai kandungan bahan organik yang sangat tinggi, yang dicirikan dengan warna tanahnya yang lebih gelap.

Dari sisi negatif, peranan manusia lebih banyak bersifat mengganggu atau bahkan menghancurkan tanah. Contohnya adalah terjadinya erosi akibat penggundulan hutan, konversi lahan, dan degradasi lahan lainnya.

### 4.3. Terbentuknya horizon

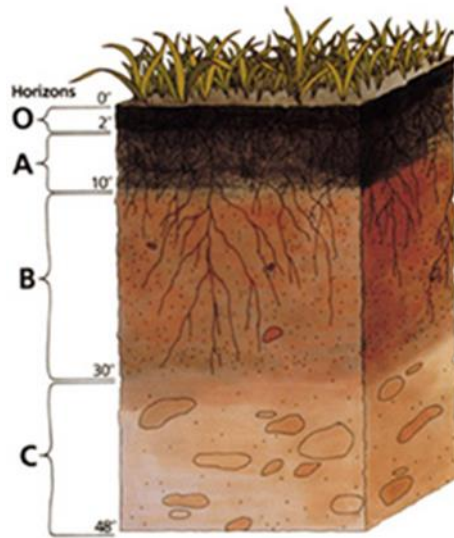
Perkembangan tanah di atas juga bisa dideskripsikan seperti **Error! Reference source not found.** berikut ini yang lebih menampilkan proses pembentukan horizon.



Gambar 9. Proses perkembangan tanah dilihat dari pembentukan lapisan atau horizon pada tanah mineral.

Secara lebih detail pembagian horizon tanah dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** di halaman berikut.





Gambar 10. Pembagian horizon tanah secara umum.

Horizon O (organic) merupakan lapisan organik, tumpukan ranting dan daun yang belum terurai atau belum terdekomposisi. Biasanya disebut dengan lapisan serasah (litter). Bentuk jaringan (daun dan ranting) masih terlihat dengan jelas. Horizon ini juga mengandung sisa-sisa binatang yang sudah mati.

**Horizon A**, merupakan lapisan mineral yang sudah bercampur dengan bahan organik hasil dekomposisi. Dikenal juga dengan nama top soil atau tanah pucuk yang subur. Jika proses pencucian (eluviasi, dari bahasa Latin ex atau e = keluar dan lavere = mencuci) sangat intensif akan terbentuk **Horizon E** yang berwarna lebih pucat karena kandungan liat, Fe, Al, dan senyawa organik lainnya sudah tercuci.

**Horizon B**, adalah sub-soil atau lapisan tanah bawah yang merupakan lapisan penumpukan (illuviasi, dari bahasa Latin il = masuk dan lavere = mencuci) dari kandungan liat, Fe, Al, dan senyawa organik dari Horizon E.

**Horizon C**, adalah lapisan bahan induk yang kadang-kadang menampung

hasil pencucian dari horizon di atasnya (E dan B). Lapisan ini sudah merupakan lapisan sub-strata dalam pelajaran geologi.

**Horizon R** (rock atau bedrock), yaitu lapisan atau hamparan massa batuan induk yang tidak bisa diambil dengan tangan. Tanah yang terbentuk di atasnya akan mempunyai sifat-sifat kimia yang hampir sama. Pada lapisan ini tidak ada proses hancuran iklim.

Selain dari horizon induk di atas (O, A, E, B, dan C), ada pula horizon transisi yang merupakan lapisan dengan sifat horizon satu yang dominan dan sedikit pengaruh horizon lainnya.

Biasanya penamaannya memakai dua huruf, seperti AE, EB, BE, dan BC.

Lebih lanjut, untuk keperluan klasifikasi tanah, jenis-jenis horizon akan dibagi lagi menjadi sekitar 40 horizon penciri (diagnostic horizons), seperti contoh berikut ini.

Tabel 2. Beberapa contoh horizon penciri dan penjelasannya

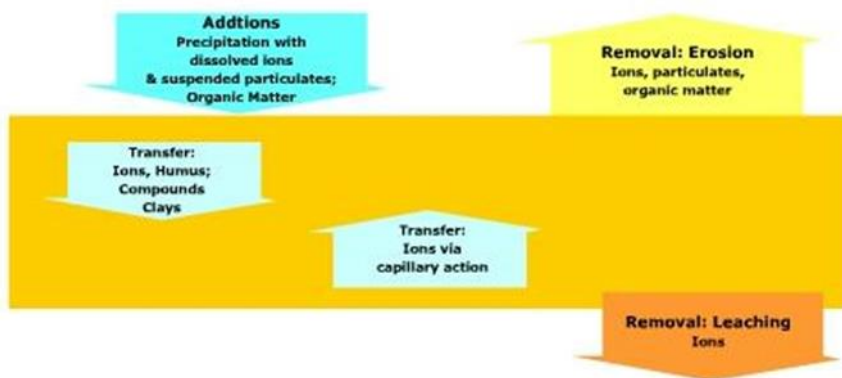
Nama horizon penciri	Deskripsi
Albik	Latin, albus = berwarna putih
Argillik	Latin, argilla = liat putih
Kalsik	Latin, calis = kapur
Kambik	Latin, cambiare = mengganti
Ferrik	Latin, ferrum = besi
Gibsik	Latin, gypsum = gipsum
Histik	Yunani, histos = jaringan tumbuhan
Mollik	Latin, mollis = lunak
Natrik	Modifikasi, natrium = sodium
Petrokalsik	Yunani, petra = batu; Latin calis = kapur
Yumud, Plinios	Yunani, Plinios = bata

PEMBENTUKAN TANAH DAN PENYADAIAN

Spodik	Yunani, spodos = abu kayu
Sulfurik	Latin, sulfur = sulfur, belerang
Vertik	Latin, verito = terbalik

Secara umum, nama-nama horizon penciri berasal dari bahasa Latin, Yunani, bahkan Jepang.

Proses pembentukan horizon amatlah banyak. Namun secara umum seluruh proses itu dapat digabungkan dalam empat proses besar yang selalu terjadi di lingkungan sekitar tanah. Empat proses itu bisa dilihat pada gambar, yaitu: (a) penambahan materi ke dalam tanah, (b) perubahan materi di dalam tanah, dan (c) pengurangan materi dari dalam tanah.



Gambar 11. Garis besar proses perkembangan tanah yang dikelompokkan menjadi tiga: penambahan, perubahan, dan pengurangan.

#### 4.4. Tiga proses utama perkembangan tanah

Secara garis besar, proses perkembangan tanah juga dapat disimpulkan menjadi tiga, yaitu:

- 1. Hancuran iklim dan dekomposisi bahan organik.** Di dalam proses ini terjadi insinerasi, penghancuran, dan sintesis komponen-komponen tanah.
- 2. Perpindahan (translokasi) komponen-komponen tanah,** baik yang

horizontal maupun vertikal, disebabkan oleh gejala alam maupun oleh keterlibatan organisme dan manusia.

3. **Penumpukan (akumulasi) material atau komponen tanah** lainnya di horizon atau lapisan tanah, baik in situ atau pindahan dari tempat lain.

#### 4.5. Bahan induk dan terbentuknya endapan

Berdasarkan asalnya bahan induk bisa dibedakan menjadi:

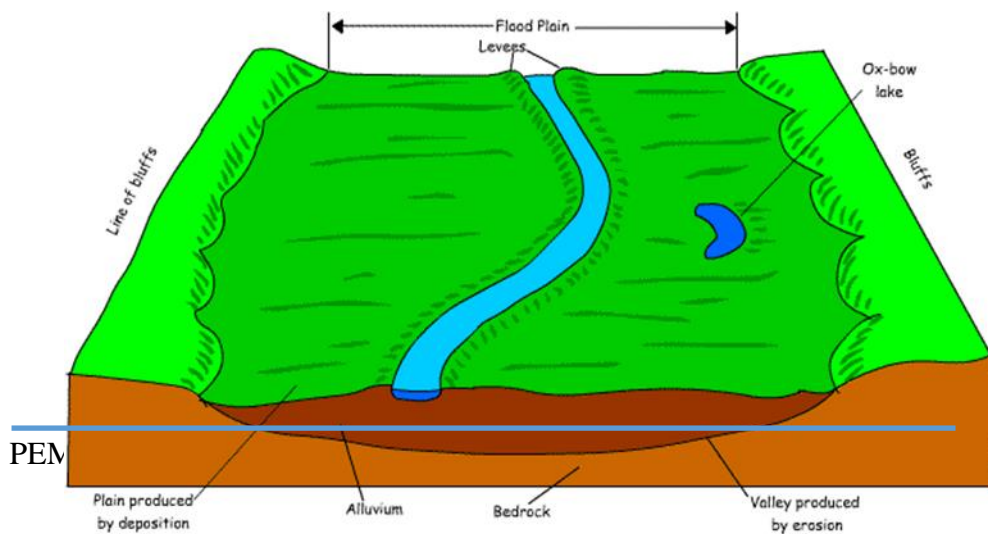
1. Bahan induk setempat (*sedentary*), yaitu bahan induk yang terbentuk dan berkembang menjadi tanah hanya di tempatnya.
2. Bahan induk yang berasal dari tempat lain (*transported*), yaitu bahan induk yang terbentuk dan berkembang menjadi tanah pada dua tempat yang berbeda. Bahan induk ini dibedakan menjadi **koluvial** (terangkut oleh gaya gravitasi), **aluvial** (terangkut oleh sungai), **marin** (terangkut oleh laut), **lakustrin** (terangkut oleh danau), **glasial** (terangkut oleh es), dan **olian** (terangkut oleh angin).
3. Dari semua jenis bahan induk yang ada, bahan induk yang terangkut oleh sungai atau aluvial adalah yang paling penting di Kalimantan Selatan. Mengapa bisa demikian? Karena hampir seluruh warga Suku Banjar menempati dataran yang terbentuk dari sedimentasi bahan-bahan aluvial

#### PEMBENTUKAN TANAH DAN ENDAPAN

4. Wilayah ini dinamakan **Hulu Sungai**. Bahkan istilah ini digunakan untuk nama tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Hulu Sungai Utara, Hulu Sungai Tengah, dan Hulu Sungai Selatan. Tidak mengherankan kalau Suku Banjar

piawai dalam mengelola rawa lebak, dataran banjir, dan lahan pasang surut. Kalimantan Selatan dengan lahan basahnya adalah lumbung padi bagi dua provinsi tetangga, terutama Kalimantan Tengah dan Timur.

5. Lingkungan, nama, dan istilah yang mendeskripsikan dataran banjir dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.** berikut ini.
6. Selain dari tanah aluvial di pinggir-pinggir sungai (dataran banjir dan levee sungai), tanah aluvial juga bisa terbentuk di muara-muara sungai, seperti yang terlihat pada **Error! Reference source not found.** di halaman berikut. Bentuk aluvial di muara sungai disebut dengan **delta**. Bentuk delta bisa bermacam-macam. Ada yang memang berbentuk segitiga (delta =  $\Delta$  atau  $\delta$  dalam abjad Yunani), ada pula yang lain.



Gambar 12. Penampang lintang dari sebuah sungai dan dataran banjir yang terbentuk serta istilah-istilah yang sering dipakai.



Gambar 13. Delta, bentukan aluvial yang berada di muara sungai besar, menjadi daerah pertanian yang sudah dikenal subur sejak dahulu kala.

Bagi warga Suku Banjar, delta juga menjadi salah satu primadona lahan pertanian dengan segala penguasaan teknik budidaya tanaman padi. Salah satu daerah penghasil padi yang terkenal di Kalimantan Selatan adalah Delta Pulau Petak (**Error! Reference source not found.**). Pada gambar terlihat saluran-saluran air (**anjir** dan **handil** dalam Bahasa Banjar) yang memang sengaja dibuat berdasarkan kearifan lokal masyarakat Suku Banjar.

---

## PEMBENTUKAN TANAH DAN ENDAPAN



Gambar 14. Delta Pulau Petak, salah satu wilayah lumbung padi di Kalimantan Selatan.

**Error! Reference source not found.** memperlihatkan pembagian delta berdasarkan tipologi lahan, yaitu lahan Tipe A yang dipengaruhi pasang surut air Laut Jawa secara langsung, lahan Tipe B yang dipengaruhi pasang surut tidak langsung, lahan Tipe C yang tidak terlihat adanya air pasang di permukaan tanahnya, dan lahan Tipe D yang air tanahnya tidak dipengaruhi fluktuasi pasang surut air laut dan air tanah tersebut hanya akan turun pada waktu musim kemarau.

#### 4.6. Latihan

1. Secara garis besar hanya ada tiga perbedaan mendasar pada batu dan batuan?
2. Mengapa manusia tidak termasuk dalam kategori organisme jika dipandang dari faktor pembentuk tanah?

3. Kalau tanah terra preta bisa tercipta karena campur tangan manusia (anthropogenic), bagaimana kira-kira hasil peranan manusia sekarang ini terhadap perkembangan tanah pada masa yang akan datang?

#### 4.7. Pustaka

1. Brady, Nyle C. and Ray R. Well. 2007. The Nature and Properties of Soils. 14 edition. Macmillan Publishing Company, New York, USA.
2. Gobat, Jean-Michel, M. Aragno, W. Matthey, and V.A.K Sarma. 2004. The Living Soil: Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. Science Publishers, Enfield. USA.
3. Wikipedia. 2009. Soil Horizons. [http://en.wikipedia.org/wiki/Soil\\_horizon#Main\\_Horizons](http://en.wikipedia.org/wiki/Soil_horizon#Main_Horizons). Diakses tanggal 22 Agustus 2009.
4. Wikipedia. 2009. Terra Preta. [http://en.wikipedia.org/wiki/Terra\\_preta](http://en.wikipedia.org/wiki/Terra_preta). Diakses tanggal 31 Juli 2009.
5. Peck, D. 2009. The Rock Identification Key. <http://www.rockhounds.com/rockshop/rockkey/index.html>. Diakses tanggal 21 Agustus 2009.



# BAB V

## POLUSI DAN SUMBERNYA

### 5.1. Pendahuluan

Polusi seringkali hanya membuat kita membayangkan sesuatu benda yang sudah tidak baik dan kotor sekali. Bisa berarti kalau polusi itu adalah udara yang kotor, air yang kotor, atau keadaan alam yang berantakan. Barangkali kita sudah sepakat kalau polusi bisa berarti tercemar atau terkontaminasi. Substansi atau unsur yang menyebabkan polusi disebut dengan pencemar atau kontaminan.

Apa pun alasannya, polusi adalah suatu hal yang harus kita hindari kalau kita ingin tempat kita tinggal ini akan memberikan keadaan yang setimpal kepada kita dan anak-cucu kita nantinya, yaitu alam yang ramah dan melimpah sumberdayanya. Bab ini akan menjelaskan definisi polusi secara umum, sejarah, pembagian, serta pengelolaan limbah.

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa diharapkan mampu:

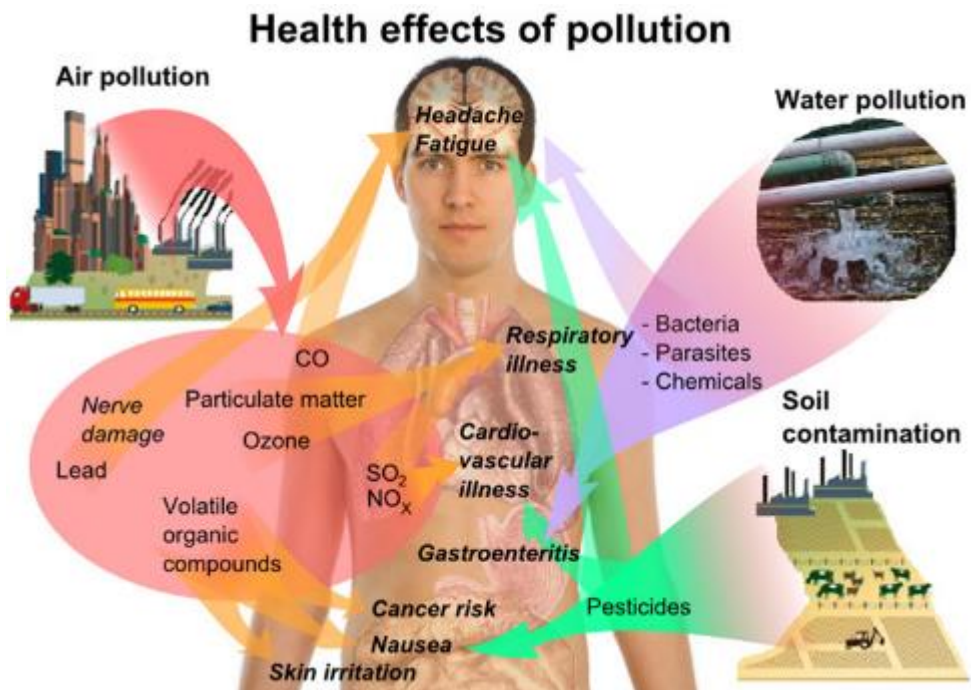
1. Mampu mendefinisikan polusi yang berhubungan dengan topik matakuliah yang sedang diikuti, dalam hal ini adalah Rekayasa Geoteknik Lingkungan.
2. Menyebutkan penyebab polusi dan cara efektif untuk mengontrol atau menghilangkannya dari alam.
3. Menyebutkan pembagian polusi yang ada di alam berdasarkan jenisnya.
4. Menyimpulkan proses-proses pengelolaan limbah penyebab polusi.

### 5.2. Pengertian dan definisi POLUSI DAN SUMBERDAYA

Polusi adalah masuknya zat atau benda asing ke dalam satu sistem

lingkungan yang bisa menyebabkan terjadinya ketidak-stabilan, kerusakan, bahaya, atau hanya ketidak-nyamanan di dalam sistem tersebut. Sementara itu, zat atau benda asing tersebut dikenal dengan istilah kontaminan atau polutan. Bisa pula berbentuk energi yang kehadirannya mengubah keseimbangan alam atau melebihi batas alaminya.

Mengapa polusi menjadi sangat penting di alam ini? Hal ini disebabkan oleh terganggunya fungsi metabolisme manusia atau makhluk hidup lainnya yang ada di dalam sistem lingkungan tersebut. Gambar berikut memberikan ringkasan pengaruh negatif polusi bagi manusia.



Gambar 15. Pengaruh negatif polusi bagi kesehatan manusia yang berasal dari polusi.

### 5.3 Sejarah Polusi

#### POLUSI DAN SUMBERDAYA

Polusi ada sejak manusia ada. Orang bilang polusi berteman dengan peradaban manusia. Rekaman berupa naskah tua dan bukti fosil yang

ditemukan membuktikan hal itu. Berdasarkan rentang sejarah, polusi sudah terekam sejak zaman prasejarah, zaman batu, dan zaman logam.

Jelaga yang ditemukan pada gua-gua prasejarah menunjukkan bahwa manusia menggunakan api sebagai pemanas dan untuk memasak di dalamnya. Begitu juga sejak kepandaian manusia melebur logam, sejak itu pula polusi udara mulai terjadi. Sampel es abadi di Greenland merekam adanya polusi udara yang berasal dari peradaban Yunani, Romawi, dan China yang sudah pandai melebur besi untuk senjata perang.

PO



Gambar 16. Gambaran kemajuan industri seperti di atas sekarang tidak lagi menjadi kebanggaan suatu negara.

Peradaban Mesir kuno, Mesopotamia, India, dan Persia sudah menghasilkan polusi dari cara hidup mereka, terutama dalam hal mandi dan pemanas. Pada abad pertengahan, populasi manusia yang mulai meningkat menimbulkan masalah karena jenis penyakit yang berasal dari kotoran manusia yang tidak dikelola dengan baik. Ilmuwan Islam pada masa keemasan juga sudah mencatat berbagai macam bentuk polusi yang ada pada zaman mereka (abad IX-XIII). Al Kindi, Ibnu Sina (Avicenna), dan

Muhammad ibnu Zakariya Razi (Rhazes), dan lain-lainnya mempunyai catatan dan teori mereka masing-masing tentang polusi yang terjadi di sekitar mereka.

---

## POLUSI DAN SUMBERDAYA



Gambar 17. Mausoleum Ibnu Sina di kota Hamadan, Iran.

## 5.4. Polusi Masa Kini

Jenis polusi yang ada pada zaman sekarang berbeda dari apa yang pernah tercatat dalam sejarah polusi sebelumnya. Jenis polusi modern itu antara lain:

1. Revolusi industri. Polusi yang berasal dari revolusi ini kebanyakan berasal dari penggunaan fossil fuels. Bahan bakar fosil ini baik

POLUSI DAN SUMBERDAYA

berbentuk cair (minyak) maupun padat, seperti batubara dan gambut. Polusi ini diperkirakan masih akan terjadi walaupun nantinya akan ada kesepakatan untuk tidak menggunakannya lagi. Sisa hasil pembakaran dari bahan bakar fosil ada yang masih akan bereaksi dengan alam karena mempunyai half life yang lama. Ada yang memperkirakan bahwa dunia akan meninggalkan bahan bakar fosil pada tahun 2035.

2. Great Smog of London (1952). Peristiwa ini mulai membuka kesadaran para ilmuwan bahwa revolusi industri yang terjadi di Eropa mempunyai akibat yang mengerikan.
3. Perang dingin antara Amerika Serikat dengan USSR menghasilkan banyak sekali sampah nuklir yang sangat berbahaya. Walaupun sampah nuklir sekarang masih tersimpan baik di dasar laut atau gurun yang tidak berpenghuni.
4. Lahirnya negara kaya dan miskin yang masih ada hubungannya dengan perang dingin. Akibat yang sangat mencolok adalah dijadikannya negara miskin sebagai tempat pembuangan sampah nuklir. Walaupun dengan imbalan yang mahal, tapi risiko radiasi yang dihadapi rakyat kecil bila terjadi kecelakaan akan sangat besar.
5. Pemanasan global. Gejala ini sekarang makin dirasakan di beberapa bagian bumi. Ada yang mengatakan kalau pemanasan global merupakan resultan dari bermacam-macam polusi yang dilakukan manusia.

Berdasarkan bentuknya, polusi bisa dibedakan menjadi tujuh macam, yaitu:

1. Polusi udara. Polusi ini mencakup semua gas yang teremisikan ke atmosfer. Yang paling terkenal adalah kelompok gas yang mengakibatkan efek rumah kaca. Gas ini antara lain adalah CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CFCs (Clorofluorocarbons).
2. Polusi air. Polusi ini meliputi polusi semua badan air, baik air tanah, air larian, lubeiran limbah rumah-tangga, dan eutrofikasi.
3. Polusi tanah, meliputi kontaminasi hidrokarbon, logam berat, herbisida, pestisida, dan lain-lain.
4. Kontaminasi radioaktif, baik yang berasal dari sampah nuklir atau kebocoran pembangkit nuklir seperti yang terjadi di Chernobyl dan Pulau Fukushima.
5. Polusi suara. Polusi ini sering tidak diperhitungkan karena ketidaktahuan masyarakat akan bahayanya dalam jangka panjang. Contoh sederhana adalah diizinkaninya knalpot sepeda motor yang memekakkan telinga. Contoh lainnya adalah musik di pesta perkawinan dan head set dengan kemampuan besar.
6. Polusi pandangan. Seperti halnya polusi suara, polusi pandangan ini pun sering luput dari perhatian masyarakat.

## **5.5. Penyebab polusi dalam konsep limbah**

Limbah bisa diartikan sebagai bahan buangan yang sudah tidak berguna dan diinginkan lagi, sehingga perlu dibuang. Limbah ini bisa dalam bentuk padat ataupun cairan (effluent). Tempat pembuangan yang seringkali digunakan adalah permukaan tanah, karena tanah bisa menetralkan kontaminan. Tempat pembuangan yang lebih canggih adalah TPA (tempat pembuangan akhir) bawah tanah atau laut, atau dengan proses insinerasi. Yang terakhir adalah pembakaran dengan suhu tinggi menggunakan insinerator (incenerator).

Jenis limbah bisa dibedakan menjadi:

### **5.5.1. Limbah pertanian.**

Limbah ini bisa berasal dari pupuk yang bisa mendatangkan kemasaman, racun nitrit, blue baby syndrome, dan eutrofikasi. Adapun yang bersumber dari pestisida adalah DDT (Dichlorodiphenyl-trichloroethane), triazin, dan 2,4-D yang mempunyai paruh hidup (half life) yang lebih baik daripada DDT. Sisa tanaman juga bisa berarti limbah (walaupun pada saat yang sama adalah bahan organik) karena bisa mendatangkan penyakit kuku fescue dan bermuda grass stagger pada hewan ternak. Kotoran ternak ayam dipandang sebagai limbah karena bisa mendatangkan organisme parasit seperti Salmonella sp. Demikian pula kotoran babi yang bisa mendatangkan Mycobacterium tuberculosis. Kompos pun bisa menjadi limbah apabila proses dekomposisinya tidak sempurna dan menghasilkan kandungan C dan N yang tidak berimbang. Praktik slash and burn skala besar yang semestinya bisa dipandang sebagai penambahan mineral ke dalam tanah malah hanya menghasilkan polusi asap lintas negara.

Limbah pertanian lainnya adalah sisa industri kehutanan seperti serbuk



gergaji dan kulit kayu yang tidak dimanfaatkan lebih jauh, kecuali kalau dijadikan particle board.

### **5.5.2. Limbah industri**

Limbah yang paling terkenal adalah CO<sub>2</sub>. Dihasilkan dari berbagai mesin berbahan-bakar fosil, terutama pada proses pembakaran yang tidak sempurna. Gas ini tidak berbau dan tidak berasa. Kebanyakan menghirup gas ini dalam dosis tinggi bisa mengakibatkan kematian karena lemas (suffocation). Sementara dalam jumlah kecil dan terpapar lama akan mengakibatkan linglung (dizzy), karena otak tidak bekerja dengan normal. Gas lain yang dihasilkan dari pembakaran minyak fosil adalah CO dan NO<sub>x</sub> yang merupakan gas rumah kaca. Bayangkan berapa banyak mesin yang hidup setiap hari di seluruh dunia mengemisi gas-gas tersebut.

### **5.5.3. Limbah hasil olahan**

Limbah ini berasal dari industri di mana bahan, komoditas, atau produk mengalami perubahan akibat pengolahan. Prosesnya mungkin termasuk pencampuran, pengemasan, mengubah, atau mengubah bahan asli dengan cara tertentu untuk menghasilkan bahan baru.

Limbah yang dihasilkan bisa berbentuk padat atau cair.

### **5.5.4. Limbah rumah-tangga**

Contoh yang paling gampang di sini adalah limbah rumah-tangga. Limbah ini bisa berupa sampah dapur dan bisa berupa limbah toilet (sewage sludge). Baik sampah dapur maupun limbah toilet sama-sama memerlukan proses sanitasi.

Pengelolaan sampah dapur bisa dilakukan dengan pengomposan untuk  
POLUSI DAN SUMBERDAYA  
substansi organik seperti sisa sayur, kulit buah, dan limbah organik lainnya.

Sementara untuk yang anorganik (kaca, kayu, logam, dan kertas) bisa didaur-ulang dengan memperhatikan hierarki pengelolaan sampah seperti di bawah ini.



Gambar 18. Hierarki pengelolaan sampah yang ramah terhadap lingkungan.

### 5.5.5. Limbah Hasil Pengolahan

Limbah jenis ini merupakan hasil pengolahan dari limbah sebelumnya. Contohnya adalah limbah dari IPAL (instalasi pengolahan air limbah, WWTP = waste water treatment plant) yang bertujuan untuk mengolah limbah pertanian dari kotoran hewan dan sisa pestisida. Ada pula pengolahan limbah perkotaan (rumah-tangga) yang bertujuan untuk mengolah limbah kotoran manusia dan sampah rumah-tangga yang lainnya. IPAL lainnya adalah pengolahan limbah industri seperti pengolahan limbah cair dari aktivitas

manufaktur (pabrik) komersial. Termasuk di dalamnya adalah industri pertambangan.



Gambar 19. Contoh IPAL perkotaan yang menggunakan aerator untuk memisahkan padatan dan cairan.

Limbah dari IPAL bisa berupa padatan dan cairan (effluent). Padatan bisa dijadikan sebagai pupuk organik dan cairan bisa digunakan sebagai air daur-ulang (second atau non-potable water).

#### **5.5.6. Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)**

Limbah ini merupakan sisa suatu usaha/kegiatan yang mengandung B3 sesuai dengan definisi pada Undang-undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.



Gambar 20. Gambar dan tanda limbah B3 yang harus dikenal masyarakat.

Adapun definisi dari limbah B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan, merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Dari Gambar 20 dapat disimpulkan kalau limbah B3 bisa bersifat beracun, mudah terbakar, mudah meledak, menyebabkan infeksi, korosif, reaktif, dan berbahaya bagi lingkungan. Adapun menurut jenisnya, limbah ini bisa berupa padatan, cairan, gas, dan partikel, baik yang terdefinisi maupun yang tidak terdefinisi.

Contoh limbah B3 yang paling umum adalah baterai mati yang pada akhirnya akan menghasilkan methylmercury.

## **5.6. Pengelolaan Limbah**

### **5.6.1. Kompos**

Pengelolaan limbah yang paling sederhana adalah dengan mengimplementasikan konsep 3-R, yaitu: Reduce, Reuse, and Recycle. Sangat relevan untuk diimplementasikan dalam skala rumah-tangga, desa, atau kecamatan yang masih sedikit penduduknya. Dengan kata lain, bisa digunakan oleh komunitas yang tidak punya TPA (tempat pembuangan akhir) sampah sendiri.

Pengomposan adalah bentuk samping dari konsep di atas dan bisa dilakukan pada skala rumah tangga. Pada prinsipnya, pengomposan adalah proses mineralisasi dari substansi organik menjadi anorganik.

### **5.6.2. Bank Sampah**

Bentuk pengelolaan sampah yang akhir-akhir ini mendapatkan perhatian adalah bank sampah. Seperti halnya bank, anggota dari komunitas bank sampah harus membuka akun untuk bisa menabung sampahnya yang dinilai dengan uang. Penilaian dilakukan oleh pengepul sampah yang mempunyai sarana daur ulang. Dengan prinsip kerja bank tradisional setiap customer bisa melakukan kegiatan menabung, menarik uangnya, dan menikmati lingkungan yang bersih.

### **5.6.3. Sampah untuk Energi**

Sampah untuk Energi (Waste to Energy-WtE) atau Energi untuk Sampah (Energy from Waste-EfW) adalah proses untuk menciptakan energi dalam bentuk listrik atau panas dari sampah.

Produk dari pembakaran sampah ini bisa juga berupa komoditas bahan bakar seperti metana, metanol, etanol, atau bahan bakar sintetis lainnya. Teknologi ini berkembang dari proses insinerasi (thermal technologies) seperti:

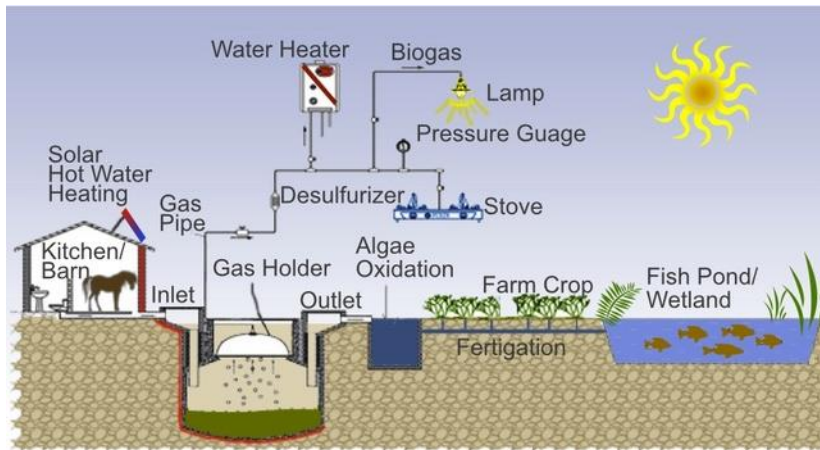
1. Gasification, yaitu proses pembuatan gas seperti H<sub>2</sub> dan bahan bakar sintetik.
2. Thermal depolymerization, yaitu proses pembuatan bahan bakar mentah (crude oil) sampai kepada proses rafinasinya.
3. Pyrolysis, yaitu proses pembuatan arang, ter, dan bio-oil.
4. Plasma arc gasification atau plasma gasification process (PGP) , yaitu proses pembuatan gas sintetik (syngas) termasuk H<sub>2</sub> dan CO sebagai bahan bakar. Proses pembakaran ini mencapai panas sampai 14.000 °C.

Dalam perkembangannya, teknologi ini sudah dipakai di Eropa dan USA. Demikian pula China dan Jepang. Di China sendiri sudah ada sekitar 50 pengolahan sampah untuk energi. Di Indonesia sendiri pun sudah kita dengar ada beberapa provinsi yang akan memanfaatkan teknologi ini untuk mengatasi masalah sampah.

Teknologi ini juga bisa dilakukan dengan proses non-thermal technologies. Teknologi ini antara lain:

1. Anaerobic digestion, yaitu proses dekomposisi materi organik dalam kondisi tanpa O<sub>2</sub>. Proses ini kebalikan dari fermentasi yang justru terjadi karena adanya O<sub>2</sub>. Secara alami, proses ini terjadi di daerah rawa dan persawahan menghasilkan gas metana yang juga merupakan gas rumah-kaca.

- Secara keseluruhan, proses ini merupakan urutan dari hidrolisis, acidogenesis, acetogenesis, dan methanogenesis yang bisa ditulis dengan persamaan kimia  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CO_2 + 3CH_4$ . Teknologi ini pula yang digunakan untuk menghasilkan biogas skala kecil yang bisa dibangun di lahan pertanian dan peternakan desa.



Gambar 21. Skema lingkungan pemanfaatan teknologi anaerobic digestion.

- Fermentasi, yaitu proses metabolisme yang mengubah karbohidrat menjadi gula, gas, dan alkohol. Biasanya dilakukan oleh mikroorganisme bakteri dan ragi. Proses ini sudah dikenal sejak zaman batu untuk membuat minuman penghangat badan (anggur, bir, vodka, sake, arak, dan lain-lain). Begitu juga untuk makanan seperti acar, kimchi, dan yogurt.
- Mechanical biological treatment (MBT), yaitu proses yang menggabungkan pemilahan dan pemilihan secara fisik dan pengomposan dengan mikroorganisme. Biasanya mekanisme ini memanfaatkan limbah rumah-tangga dan limbah industri secara bersamaan.

## 5.7. Pustaka

1. Kilu Berkat Karunia. 2016. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). <http://www.kiluberkatkarunia.com/2016/04/ipal.html>. Diakses tanggal 22 Oktober 2016.
2. Living Art System. 2016. Anaerobic Digestion. <http://www.livingartsystems.com/anaerobic-digestion.html>. Diakses tanggal 9 November 2016.
3. Salim, R. 2013. Waste Not, Want Not: Waste Banks in Indonesia. East Asia and Pacific on the rise. Making development work for all. <http://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/waste-not-want-not-waste-banks-indonesia>.  
Wikipedia. 2016. Waste to Energy. <https://en.wikipedia.org/wiki/Waste-to-energy>. Diakses tanggal 7 November 2016.
4. Wikipedia. 2016. Limbah. <https://id.wikipedia.org/wiki/Limbah>. Diakses tanggal 19 Desember 2016.

## BAB VI

## TEKNOLOGI REMEDIASI DAN

## POLUSI DAN SUMBERDAYA



# REMEDIASI HIJAU

## 6.1. Pendahuluan

Mendengar kata remediasi kita menjadi teringat kata ‘remed’ yang sering diucapkan anak-anak sekolah karena harus mengulang hasil ulangan/ujian yang bernilai buruk. Pengertiannya lebih banyak menjadi ‘mengulangi’, padahal yang betul adalah ‘memperbaiki’. Dalam konteks mata kuliah ini, remediasi adalah teknik pengelolaan sumberdaya alam yang tercemar atau terkontaminasi.

Di dalam bab ini mahasiswa akan mempelajari cabang ilmu remediasi lingkungan untuk mencapai tujuannya

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. Mampu mendefinisikan remediasi sumberdaya lahan, utamanya tanah dalam hubungannya dengan matakuliah Rekayasa Geoteknik Lingkungan.
2. Menyebutkan cabang ilmu remediasi yang dikenal beserta contoh kasus yang pernah terjadi.
3. Menyimpulkan proses umum (fisika, kimia, dan biologi) yang terjadi dalam proses remediasi.

## 6.2. Pengertian dan Definisi

Menurut definisinya, Remediasi adalah teknik pengelolaan limbah yang menggunakan organisme untuk menghilangkan atau menetralkan polutan dari tempat yang terkontaminasi. Definisi mengartikan remediasi sebagai perlakuan yang menggunakan organisme alami untuk mengurai unsur beracun menjadi lebih aman atau malah hilang sama sekali.

Dari dua definisi di atas ada beberapa fungsi fisiologis utama yang harus kita ingat kembali tentang kemampuan tanaman secara umum, yaitu:

1. Tanaman melakukan proses serapan hara dan air untuk mekanisme fotosintesis.
2. Tanaman mampu mengubah lingkungan di sekitarnya seperti pH dan kandungan bahan organik yang pada akhirnya akan mampu mengubah tingkat penguraian bahan organik itu sendiri.
3. Tanaman, terutama pohon, mampu mengubah iklim mikro yang ada di sekelilingnya.
4. Tanaman juga bisa mengubah fungsi fisiologisnya menjadi lebih kompleks lagi dalam rangka penyesuaian diri. Contohnya adalah kemampuan phytochelation, yaitu kemampuan untuk mengikat unsur logam tanah yang bersifat racun bagi tanaman seperti Fe dan Al.

### 6.3. Bio-remediasi

Berdasarkan katanya, bio-remediasi adalah proses remediasi yang menggunakan agen biologi seperti jamur, bakteri, dan tanaman (fito-remediasi). Biasanya proses bio-remediasi digunakan bersamaan dengan teknik remediasi lainnya.

Contohnya adalah usaha remediasi air tanah yang terkontaminasi. Air tanah tersebut sebelumnya dipompa keluar dari dalam tanah ke dalam penampungan. Kemudian diberi bakteri tertentu yang bisa menetralkan polutan dan kontaminan yang ada. Contoh kasus yang lain adalah penggunaan jamur (miko-remediasi) untuk menghilangkan unsur berbahaya yang ada pada tanah. Pada suatu penelitian yang menggunakan miselia jamur kerang, dalam waktu empat minggu, bisa menguraikan 95% polycyclic aromatic

hydrocarbon menjadi CO<sub>2</sub> dan air. Secara umum, jamur yang biasa tumbuh pada kayu mati bisa menetralkan senyawa aromatik yang berbahaya.

## 6.4. Fito-remediasi

Mekanisme fito-remediasi dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip dasar proses yang dilakukan oleh tanamannya. Tabel di bawah ini membaginya menjadi tiga klasifikasi besar.

Tabel 3. Fito-remediasi

Pembagian fito-remediasi		
Fisika	Kimia	Biologi
Sedimentasi	Presipitasi	Metabolisme bakteri
Filtrasi	Adsorpsi	Metabolisme tanaman
Adsorpsi	Hidrolisis	Adsorpsi tanaman
Penguapan	Oksidasi	Pewarnaan alami

Di antara fito-remediasi yang banyak dilakukan, berikut ini adalah contoh kasus yang lebih populer, antara lain:

#### **6.4.1. Volatilisasi**

Fito-remediasi ini mengutamakan proses penguapan yang dilakukan oleh tanaman. Kontaminan yang diuapkan adalah senyawa organik beracun, sisa herbisida, dan limbah organik lainnya. Tanaman menyerap air beserta kontaminan dan mengangkutnya sampai ke ujung kanopi dan menguapkannya dalam bentuk uap air yang sudah tidak berbahaya.

Tanaman yang dikenal bisa melakukan proses penguapan ini antara lain willow, poplars, cottonwood, rerumputan, dan kacang-kacangan.

#### **6.4.2. Stimulasi**

Fito-remediasi ini melakukan prosesnya secara tidak langsung. Pertama, tanaman akan mengeluarkan eksudat enzim atau substansi organik dari akarnya yang akan merangsang pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme (jamur dan bakteri) inilah nanti yang akan melakukan metabolisme penetralan kontaminan (pestisida dan senyawa hidrokarbon).

Tanaman yang dikenal bisa melakukan proses penguapan ini antara lain murbei, apel, jeruk osage (phenolic releasers), rerumputan dengan akar serabut yang banyak.