

BIODATA SINGKAT PENULIS



DEDIK BUDIANTA, Profesor bidang Kimia dan Kesuburan Tanah, lahir di Kulon Progo, Yogyakarta 14 Juni 1963. Pendidikan S1 dan S2 diselesaikan di UGM lulus 1988 (S1) dan kerjasama UGM dan RUG Belgia (S2) 1992. Program Doktor di RUG Belgia diselesaikan 1999. Saintifik program yang pernah diikuti adalah Recharging di University of South Australia Mawson Lake, Adelaide 2009, visiting professor 2017 di School of Agricultural Technology, Walailak University, Thailand dan visiting pakar 2019 di Fak. Pertanian dan Peternakan UIN Sultan Syarif Khasim Pekanbaru. Sejak 1989, penulis sebagai dosen jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya (UNSRI). Penulis juga aktif menyampaikan gagasan ilmiahnya di seminar nasional dan internasional. Dia juga aktif menulis artikel di jurnal ilmiah terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi. Sampai sekarang penulis masih aktif mengajar di program S1, S2 dan S3 di bidang pertanian maupun ilmu lingkungan Universitas Sriwijaya.



M. EDI ARMANTO, Profesor bidang Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, lahir di Palembang, 02 September 1959. Pendidikan S1 Pertanian di UNSRI 1985, Dipl.Ing.Agr. 1989 dan Dr. Sc.Agr. di Christian Albrecht University of Kiel (CAU), Germany 1992. Sejak 01 Maret 1986, menjadi Dosen Jurusan Tanah di UNSRI. Sejak April 2004 Gol IV/e, Post-Doctorate Program di Kiel University dan Bonn University Germany 1998 & 2005 di Freiburg University, Germany. 1992-2006 menjadi peneliti PPLH UNSRI, 1996-1998 Kepala Bidang Penyajian Data dan Informasi Lingkungan BAPEDAL Jakarta dan 1999-2000 sebagai Management Training Specialist di Badan Litbang Pertanian. Sejak 2001 sebagai dosen di Program Pascasarjana UNSRI, 2009-2015 University Professor di UMT Malaysia. Bidang kajian Ilmu Tanah yang diminati adalah Soil Variability Analyses dan Tanah sebagai Natural Body. Aktif melakukan penelitian tentang Soil Variability Analyses dan Soil Productivity. Penulis telah mempublikasikan 215 paper di jurnal internasional dan internasional bereputasi, sebagian besar publikasi bertemakan Soil Variability Analyses, Soil Productivity and Sustainable Development Planning. Penulis juga aktif menulis berbagai buku referensi dan buku ajar.



SAKIAH, Lahir di Maga Dolok, 5 Maret 1979. Menempuh pendidikan S1 dan S2 di Universitas Sumatera Utara, Fakultas Pertanian, Jurusan Ilmu Tanah (S1) tahun 1998-2003 dan Program Studi Agroekoteknologi (S2) tahun 2009-2012. Penulis mengawali karir Dosen pada tahun 2007 di Institut Teknologi Sawit Indonesia (transformasi STIPER Agrobisnis Perkebunan, STIP - AP) hingga saat ini. Penulis aktif meneliti dalam bidang kesuburan dan kesehatan tanah serta pupuk dan pembenah tanah. Hasil-hasil penelitian penulis dituangkan dan dipublikasikan pada jurnal dan prosiding nasional maupun internasional. Mata Kuliah yang diampu : Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Kesuburan Tanah, Pupuk dan Pemupukan, Agroklimatologi serta Pengelolaan Lingkungan. Buku Dasar-Dasar Ilmu Tanah ini merupakan buku kelima yang ditulisnya.



HARI GUNAWAN, Lahir di Tembung, 24 September 1986. Menempuh pendidikan D-IV di STIP-AP, Prodi Budidaya Perkebunan tahun 2005-2009 dan S2 di Universitas Sumatera Utara, Fakultas Pertanian, Prodi Agroteknologi tahun 2014-2018. Penulis mengawali karir dosen pada tahun 2013 di STIP - AP (ITSI). Penulis aktif meneliti bidang agronomi tanaman, media tanam dan pembenah tanah. Mata kuliah yang diampu Botani dan Morfologi Tanaman, Mekanisasi Pertanian, Pembibitan Tanaman, dan Bioteknologi Perkebunan.

DASAR-DASAR ILMU TANAH Sebagai fundamental ekosistem dan sumberdaya alam berkelanjutan

Dedik Budianta, dkk

DASAR-DASAR ILMU TANAH

Sebagai fundamental ekosistem dan sumberdaya alam berkelanjutan

Penulis :
Dedik Budianta
Mustika Edi Armanto
Sakiah
Hari Gunawan



9

786233

992510

DASAR-DASAR ILMU TANAH

**Sebagai fundamental ekosistem dan
sumberdaya alam berkelanjutan**

Dedik Budianta
Mustika Edi Armanto
Sakiah
Hari Gunawan

Editor :
Sakiah



DASAR-DASAR ILMU TANAH

**Sebagai fundamental ekosistem dan sumberdaya alam
berkelanjutan**

Dedik Budianta
Mustika Edi Armanto
Sakiah
Hari Gunawan

Editor :Sakiah
Design Cover : Sakiah

UPT. Penerbit dan Percetakan
Universitas Sriwijaya 2025
Kampus Unsri Palembang
Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30139
Telp. 0711-360969
email : unsri.press@yahoo.com, penerbitunsri@gmail.com
website : www.unsri.unsripress.ac.id

Anggota APPTI No. 005.140.1.6.2021
Anggota IKAPI No. 001/SMS/96 4 105

151 hal ; 16 x 24 cm

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Hak Terbit Pada Unsri Press

ISBN : 978-623-399-251-0

KATA PENGANTAR

Landasan teori tentang ilmu fundamental ekosistem sangat dibutuhkan dalam mempelajari dan mengkaji bidang pertanian, kehutanan dan bidang agrokomples lainnya. Fundamental ekosistem yang dimaksud adalah Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Dasar-dasar ilmu tanah merupakan ilmu dasar untuk membekali para mahasiswa atau para peneliti dalam menggali ilmu tentang kimia tanah, fisika tanah, biologi tanah dan kesuburan tanah guna mensukseskan pertumbuhan tanaman dan memperoleh hasil yang optimum.

Dasar-dasar Ilmu Tanah sebagai pustaka dalam bahasa Indonesia sangat diperlukan oleh mahasiswa, peneliti maupun praktisi dibidang agrokomples. Untuk mendapatkan pustaka dalam bentuk buku cetak yang berbahasa Indonesia masih sulit diperoleh, lebih-lebih pustaka tentang Dasar-dasar Ilmu Tanah yang ada kaitannya dengan daerah tropika basah seperti Indonesia. Untuk memenuhi maksud tersebut, maka penulis berusaha untuk menyajikan bahan pustaka dalam bentuk buku cetak ini secara lengkap dan mudah dipahami. Mudah-mudahan buku yang penulis sajikan ini dapat memenuhi kebutuhan buku referensi atau buku ajar untuk para pengajar, peneliti maupun mahasiswa yang sedang membahas tentang pemanfaatan sumberdaya lahan untuk mendukung ketahanan pangan dan pertanian berkelanjutan di Indonesia.

Dalam penulisan buku ini, Penulis telah berusaha menyajikan dalam bahasa yang mudah dimengerti oleh mahasiswa. Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kawan sejawat serta mahasiswa yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan publikasi di masa yang akan datang.

Februari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Pengertian Tanah Sebagai Media Tumbuh	1
1.2. Komponen Penyusun Tanah	4
1.3. Faktor-faktor Pembentuk Tanah	6
1.4. Profil Tanah	12
II. DASAR-DASAR KIMIA TANAH	14
2.1. Kemasaman Tanah	14
2.1.1. Proses Alami	18
2.1.2. Proses Anthropogenik	21
2.2. Kejenuhan Basa	22
2.3. Kapasitas Tukar Kation dan Anion	24
2.4. Karbon Organik Tanah	28
III. DASAR-DASAR FISIKA TANAH	31
3.1. Warna Tanah	32
3.2. Struktur Tanah	36
3.3. Tekstur Tanah	44
3.4. Konsistensi Tanah	46
3.5. Kerapatan Massa dan Volume Tanah	48
3.6. Pori-pori Tanah	51
3.7. Kadar Air Tanah	52
IV. DASAR-DASAR BIOLOGI TANAH	56
4.1. Manfaat Biologi Tanah	58
4.2. Faktor-faktor yang Memengaruhi Biologi Tanah	61
4.3. Pembagian Biologi Tanah	62
4.3.1. Flora Tanah	63
4.3.2. Fauna Tanah	67

V. MORFOLOGI TANAH	78
5.1. Pengertian Morfologi Tanah	78
5.2. Horizon dan Lapisan	79
5.3. Batas-batas Horizon	83
VI. KLASIFIKASI TANAH	84
6.1. Sejarah Klasifikasi Tanah	84
6.2. Tanah yang Kita Klasifikasikan	85
6.3. Tujuan Klasifikasi Tanah	86
6.4. Struktur Taksonomi Tanah	89
6.5. Nomenklatur	90
6.6. Cara Melakukan Klasifikasi Tanah	96
6.7. Horizon dan Sifat Penciri	97
6.8. Regim Suhu dan Regim Kelembaban	101
6.9. Unsur-unsur Pembeda Dalam Taksonomi Tanah	102
6.9.1. Kunci Ordo Tanah	103
6.9.2. Kunci Subordo Tanah	104
6.9.3. Kunci Great Group	109
6.9.4. Kunci Sub Group	109
6.9.5. Kunci Famili	110
6.9.6. Kunci Seri	111
6.10. Klasifikasi Tanah di Indonesia	112
DAFTAR PUSTAKA	118
GLOSSARY	128
LAMPIRAN	137

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Besarnya kejenuhan basa tanah pada keadaan pH tanah tertentu	23
Tabel 2.2.	Besarnya nilai KTK dalam tanah	25
Tabel 2.3.	Besarnya KTK berdasarkan tekstur tanah	26
Tabel 3.1.	Mineral, ukuran dan warna tanah	35
Tabel 3.2.	Ukuran partikel tanah	46
Tabel 3.3.	Hubungan umum antara <i>bulk density</i> (BD) tanah dengan pertumbuhan akar berdasarkan tekstur tanah	50
Tabel 3.4.	Kadar bahan organik tanah, tekstur tanah dan BD tanah pada topografi dan penutup tanah yang berbeda	51
Tabel 3.5.	Kadar air tersedia untuk berbagai tekstur tanah	54
Tabel 4.1.	Respirasi tanah pada beberapa tipe pengelolaan lahan kelapa sawit	77
Tabel 5.1.	Simbol-simbol horizon utama	80
Tabel 5.2.	Simbol horizon peralihan dan horizon kombinasi	81
Tabel 5.3.	Simbol tambahan dan penjelasannya	82
Tabel 5.4.	Batas-batas horizon	83
Tabel 6.1.	Kategori yang membedakan Sistem Taksonomi Tanah	90
Tabel 6.2.	Makna Ordo tanah dan akhiran untuk jenis tanah lainnya	91
Tabel 6.3.	Kata awal dan suku kata yang digunakan untuk menamakan subordo	92
Tabel 6.4.	Kata awal dan suku kata yang digunakan untuk menamakan Great Group	93
Tabel 6.5.	Suku kata yang digunakan untuk penamaan sub grup	95
Tabel 6.6.	Tingkatan taksa dalam klasifikasi tanah	96

Tabel 6.7.	Epipedon penting dalam klasifikasi tanah	99
Tabel 6.8.	Horizon bawah penciri dalam klasifikasi tanah	100
Tabel 6.9.	Horizon penciri untuk tanah Histosols (gambut)	101
Tabel 6.10.	Regim suhu dalam klasifikasi tanah	102
Tabel 6.11.	Regim kelembaban dalam klasifikasi tanah	102
Tabel 6.12.	Penyederhanaan kunci Ordo tanah	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Komponen Penyusun Tanah Mineral yang Ideal	5
Gambar 1.2.	Contoh profil tanah mineral yang lengkap terdiri dari 4 lapisan/horizon	12
Gambar 2.1.	Hubungan ketersediaan unsur hara dengan reaksi tanah (USDA, 2006)	16
Gambar 2.2.	Kisaran nilai pH pada tanah	17
Gambar 2.3.	Muatan permukaan tanah pada pH yang berbeda	26
Gambar 2.4.	Diagram pertukaran kation antara koloid tanah dengan larutan tanah	27
Gambar 3.1.	Problematika tanah dan sifat-sifat fisik tanah terkait	31
Gambar 3.2.	Munsell Soil Color Charts	34
Gambar 3.3.	Struktur tanah	37
Gambar 3.4.	Struktur remah di permukaan tanah berkaitan dengan kadar bahan organik yang memadai	38
Gambar 3.5.	Tipe struktur butiran	40
Gambar 3.6.	Tipe struktur gumpal dan gumpal bersudut	40
Gambar 3.7.	Tipe struktur tiang dan prismatik	41
Gambar 3.8.	Tipe struktur lempeng	41
Gambar 3.9.	Hirarki struktur tanah	43
Gambar 3.10.	Segitiga tekstur untuk plotting penamaan jenis tekstur tanah	45
Gambar 3.11.	Poro-pori makro dan mikro agregat tanah	52
Gambar 3.12.	Visualisasi status kadar air (<i>moisture</i>) tanah	55
Gambar 4.1.	Struktur organisme fauna tanah	67
Gambar 4.2.	Protozoa dan Amuba	70
Gambar 4.3.	Nematoda mikroskopis	71
Gambar 4.4.	Ekor pegas	71
Gambar 4.5.	Acarina	72
Gambar 4.6.	Cacing tanah	73

Gambar 4.7.	Rotifera	74
Gambar 4.8.	Makrofauna	75
Gambar 5.1.	Lapisan/horizon tanah pada lapis A dan B	83
Gambar 6.1.	Keterkaitan ordo tanah satu dengan lainnya	89
Gambar 6.2.	Hubungan epipedon Mollik dengan epipedon lainnya	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kriteria penilaian sifat kimia tanah	137
Lampiran 2. Kartu profil tanah	139

I. PENDAHULUAN

1.1. Pengertian Tanah Sebagai Media Tumbuh

Setiap makhluk hidup memerlukan tanah, baik tanah sebagai tempat pijakan manusia dan hewan, tanah sebagai tempat tinggal untuk hidup dan berkembang. Tumbuhan memerlukan tanah sebagai tempat media tumbuh untuk berjangkar dan memproduksi, sehingga tanah sebagai lapisan paling atas kerak bumi yang mengandung sejumlah hara atau makanan dan mineral yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup. Pandangan tentang tanah berbeda-beda setiap manusia dan tergantung dari latar belakang mereka. Asal mula pembentukan tanah telah diketahui sejak 350 juta tahun yang lalu dimana organisme lahir dan tumbuh di atas tanah (Minami, 2020).

Orang yang berlatar belakang teknik sipil memandang bahwa tanah tidak boleh lembek, harus kuat untuk menopang bangunan di atasnya, sedangkan orang ekonomi bahwa tanah harus strategis dan dapat digunakan untuk tempat bisnis. Lain halnya untuk orang yang berlatar belakang pertanian, memandang bahwa tanah harus subur, gembur dan dapat untuk menanam tanaman yang diinginkan. Pada dasarnya, ada dua pandangan definisi tanah yaitu pandangan ilmu tanah murni atau pedologi bahwa tanah merupakan hasil pelapukan secara alami dari batuan alam yang menghasilkan berbagai jenis tanah, tergantung jenis batuan yang melapuk dan lingkungan yang memengaruhinya, sehingga dimuka bumi ini terbentuk berbagai jenis tanah karena batuan yang menjadi dasar pembentukan tanah sangat beraneka. Dari hasil pelapukan tanah tersebut juga akan mempengaruhi kualitas tanah yang dihasilkan, dan secara langsung

mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Carter *et al.*, 1997). Sedangkan pandangan ilmu tanah terapan atau edafologi yaitu tanah sebagai tempat media tumbuh tanaman karena dalam tanah terdapat berbagai jenis makanan atau unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk hidup dan berkembang. Dari dua pandangan tersebut menunjukkan bahwa tanah sangat dinamis artinya tanah sangat beragam jenis dan berbeda sifat kimia serta kesuburannya tergantung pada lingkungan dan lokasi.

Menurut Nortclif *et al* (2006), ilmuwan dari Eropa bahwa tanah umumnya dianggap sebagai bahan yang halus yang menutupi permukaan tanah sebagai hasil dari pelapukan batuan *in situ* atau akumulasi bahan mineral yang diangkut oleh air, angin, atau es. Ciri khas terbentuknya tanah adalah adanya bahan mineral yang lapuk bercampur dengan bahan organik. Bahan organik dalam hal ini termasuk yang masih hidup maupun yang telah mati. Bahan organik yang telah mati seperti akar tanaman, daun, atau seresah tanaman maupun fauna akan mengalami proses dekomposisi kemudian bercampur dengan tanah dan dapat mempercepat pelapukan batuan serta menambah berbagai senyawa organik. Tanah-tanah yang terbentuk tersebut merupakan hasil campuran bahan anorganik dan organik yang mempunyai sifat dan ciri khas tanah. Hasil akhirnya akan membentuk berbagai jenis tanah di permukaan bumi, yang awalnya hanya berupa campuran bahan anorganik dan organik yang saling berinteraksi dengan memberikan tanggapan yang tidak sama pada lingkungan yang berbeda atau beragam.

Menuut Van Es (2017), tanah adalah lapisan mineral/anorganik dan organik yang umumnya lepas-lepas atau tidak padu akibat proses

fisika, kimia, dan/atau biologi yang terjadi di atau dekat permukaan bumi sebagai tempat air, gas, dan biota serta hidup tanaman. Ini menunjukkan bahwa tanah itu bukan merupakan bahan yang padat seperti batu tetapi bahan yang sudah rapuh atau gembur untuk media tumbuh tanaman. Proses penggemburan tanah tersebut akibat dari tiga proses yang berlangsung secara simultan yaitu proses fisika, kimia dan biologi. Ketiga proses ini tidak berjalan secara sendiri-sendiri tetapi dapat berlangsung secara bersama-sama dalam lingkungan yang mendukung. Sedangkan menurut Minami (2020), Tanah adalah tubuh alam yang terbentuk sebagai respons terhadap faktor-faktor seperti iklim, makhluk hidup, bahan induk, topografi, dan waktu. Dalam hal ini, batuan yang ada di permukaan bumi tidak akan menjadi tanah apabila tidak ada faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Untuk itu tanah dipandang seperti organisme yang hidup dan selalu mengalami perkembangan dan perubahan.

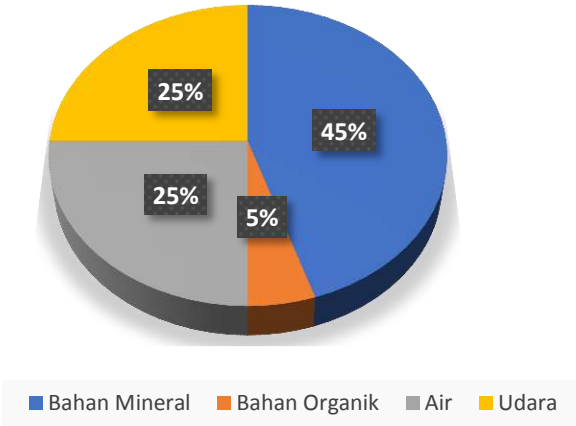
McBratney dan Hartemink (2024), memberikan dua definisi tentang tanah yaitu definisi pendek dan definisi panjang. Definisi tanah yang pertama bahwa tanah adalah bahan berlapis-lapis pada permukaan bumi yang dihasilkan dari proses kimia, biologi dan fisika dari bahan-bahan minareal dan organik yang mendukung ekosistem daratan dan kehidupan manusia. Sedangkan definisi yang kedua, bahwa tanah adalah campuran bahan padat, cair dan gas yang berlapis-lapis di permukaan bumi, yang dihasilkan dari proses kimia dan biologi dan fisika dari bahan-bahan mineral dan bahan organik yang bersinggungan dengan atmosfer, litosfer, dan hidrosfer, serta yang terjadi di dalam dan mendukung ekosistem daratan termasuk keanekaragaman hayati, tumbuhan, hewan, dan manusia. Kedua

definisi tersebut menunjukkan bahwa tanah sebagai tubuh alam sebagai bagian dari ekosistem dan fungsi dari sistem bumi, bukan hanya sekedar suatu bahan material. Kedua definisi ini menyoroti lokasi, komposisi, dan proses di dalam tanah, dan peran tanah dalam fungsi planet, yaitu ekosistem dan keberadaan manusia.

1.2. Komponen Penyusun Tanah

Tanah merupakan tubuh alam yang sangat kompleks dan dinamis. Dengan demikian, tanah tidak hanya disusun oleh satu komponen saja, melainkan ada beberapa komponen yang menyusun tanah. Komponen penyusun tanah ini akan menampilkan keanekaragaman sifat-sifat dan ciri tanah yang dikehendaki. Secara umum, komponen tanah dibagi menjadi tiga yaitu padat, cair dan gas. Berdasarkan adanya berbagai komponen penyusun tanah, menjadikan tanah bertanggung jawab terhadap reaksi-reaksi fisikokimia, daur hara, pertumbuhan tanaman, pertukaran gas, gudang karbon, dan tempat pembuangan berbagai limbah. Telah diketahui bahwa tanah terdiri dari campuran batuan alam yang telah lapuk, sebagai pemasok hara, tempat organisme hidup, tempat air dan udara. Secara umum komponen tanah mineral yang ideal terdiri dari 4 jenis bahan yaitu bahan mineral (45%), organik (5%), udara (25%) dan air (25%) (Kalev dan Toor, 2018, Gambar 1.1). Perbandingan jumlah keempat fase penyusun tanah tersebut akan memberikan jenis dan sifat tanah yang beragam. Bahan mineral dan organik merupakan bahan padatan yang sangat penting untuk menyusun fraksi tanah dan sebagai tempat terjadinya reaksi biofisikokimia yang penting dalam tanah. Perubahan jumlah dan kualitas bahan mineral dan organik sangat mempengaruhi

sifat-sifat fisik maupun kimia tanah. Bahan organik menduduki tempat yang paling sedikit sekitar 5% (umumnya berkisar 1-3%) dibanding bahan penyusun lainnya tetapi peranan bahan organik sangat penting dalam tanah (Toor dan Shober, 2014). Umumnya sumber bahan organik tanah dapat berasal dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang telah mati maupun limbah/sampah organik. Peran utama bahan organik tanah adalah sebagai daur hara, sumber energi organisme tanah, walaupun masih banyak peran lain dari bahan organik.



Gambar 1.1. Komponen penyusun tanah mineral yang ideal
(Klev dan Toor, 2018)

Apabila komponen tanah tersebut didominasi oleh bahan organik, maka akan membentuk tanah organik atau tanah gambut yang umumnya bersifat masam sehingga tidak subur untuk pertumbuhan tanaman. Tanah gambut dapat dikatakan juga tanah yang tidak normal karena kandungan bahan organik tanah dapat mencapai 100%, sehingga tidak ideal sebagai media tumbuh tanaman pangan dan hortikultura. Dikatakan tidak normal, karena kandungan mineral

hampir tidak ada dan kandungan airnya sangat tinggi karena sifat hidrofilik (suka mengikat air) yang dimiliki oleh bahan organik. Kandungan air yang tinggi dikarenakan bahan organik yang mempunyai sifat seperti spon (suka menyerap air), sehingga gambut dapat menjadi tempat untuk konservasi air atau menyimpan air dalam waktu yang lama. Terbentuknya tanah gambut akibat proses akumulasi bahan organik dan dekomposisi tidak seimbang, dimana proses akumulasi lebih cepat dari pada proses dekomposisi dikarenakan kondisi lingkungan yang anaerob didukung dengan suhu yang rendah atau dingin. Gambut banyak dijumpai di tempat-tempat cekungan air atau lembah atau rawa yang disebut gambut rawa dan ada juga karena suhu rendah di pegunungan sehingga disebut gambut pegunungan.

1.3. Faktor-Faktor Pembentuk Tanah

Pembentukan tanah membutuhkan proses yang lama, bisa membutuhkan jutaan tahun untuk membentuk lapisan tanah yang tipis (Balasubramanian, 2017). Untuk menjadikan suatu batuan alami menjadi tanah, ada sejumlah faktor yang memengaruhinya. Secara umum faktor tersebut dibedakan menjadi dua yaitu faktor pasif dan faktor aktif (Joffe, 1936), kedua faktor tersebut tidak bekerja sendiri-sendiri atau mandiri melainkan bekerja bersama-sama saling mempengaruhi satu sama lainnya. Faktor pasif artinya bahwa sesuatu akan terjadi bila ada yang memberi energi untuk melakukan dan menghasilkan sesuatu. Diantara yang termasuk faktor pasif adalah bahan induk, topografi dan waktu. Sedangkan faktor yang lain adalah faktor aktif, artinya faktor ini sangat dinamis dan memberikan energi untuk melakukan dan menghasilkan sesuatu. Yang termasuk faktor

aktif adalah iklim dan organisme. Dengan demikian faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan tanah ada 5 faktor yaitu bahan induk, topografi, waktu, iklim dan organisme (termasuk manusia) seperti yang telah diungkapkan oleh Hans Jenny bahwa pembentukan tanah merupakan hasil dari fungsi faktor-faktor pembentuknya yaitu $T = f(B, R, W, I, O)$ dimana T = tanah, B = bahan induk, R = Relief/topografi, W = waktu, I = Iklim dan O = organisme (Balasubramanian, 2017, Matchavariani, 2019). Di bawah ini akan dibahas faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan tanah.

Bahan Induk

Bahan induk adalah suatu bahan atau substrat dimana tanah akan dibentuk. Bahan induk ini merupakan bahan atau materi utama untuk awal proses pembentukan tanah. Bahan induk dapat berupa bahan mineral dan/atau bahan organik yang menjadi cikal bakal terbentuknya tanah. Subur tidaknya suatu tanah tergantung dari kualitas bahan induk. Bahan induk akan berpengaruh pada sifat-sifat tanah yang terbentuk. Bahan induk yang berupa bahan mineral akan menghasilkan sejumlah tanah-tanah mineral (misal ultisol, oxisol, vertisol, dll), sedangkan bahan induk yang berupa bahan organik akan menghasilkan suatu jenis tanah organik yang dikenal dengan nama tanah gambut (histosol atau organosol). Kandungan mineral dan sifat-sifat kimia tanah yang muncul pada suatu tanah sangat tergantung dari bahan induk. Bahan induk untuk tanah mineral asal usulnya berasal dari sejumlah batuan alam (*natural rock*). Batuan agar dapat menjadi tanah harus mengalami sederet proses pelapukan misal pelapukan fisika, pelapukan kimia dan pelapukan biologi. Dari proses pelapukan

ini selanjutnya akan melepaskan berbagai mineral yang akan menyusun tanah. Sifat-sifat tanah yang ditampilkan tergantung dari jenis batuan yang melapuk. Secara umum, batuan dibagi menjadi batuan beku masam (misal andesit, diorite, dll) dan batuan beku basa (misal basalt dan gabro). Bahan induk yang berasal dari batuan beku masam akan menghasilkan tanah-tanah yang bersifat masam (misal ultisol, oxisol, spodosol, dll), sebaliknya bahan induk yang berasal dari batuan beku basa akan menghasilkan tanah-tanah yang bersifat alkalis (misal vertisol dan molisol). Jadi, batuan yang menjadi bahan induk akan menentukan sifat dan ciri khas suatu tanah yang akan dibentuk. Pelapukan secara fisik seperti pemecahan batuan (disintegrasi), air dan suhu (panas dinginnya udara) menjadi awal terbentuknya bahan induk.

Topografi atau Relief

Topografi adalah bentuk permukaan atau lanskap suatu tempat. Topografi erat kaitannya dengan proses hidrologi seperti munculnya erosi dan sedimentasi yang penyebab utamanya adalah karena ada perbedaan topografi (Mo *et al.*, 2017). Perbedaan permukaan lanskap berupa perbedaan ketinggian tempat dan kemiringan akan mempengaruhi kondisi suatu tempat karena ada yang tinggi, ada yang rendah atau lembah yang menyebabkan akan mempengaruhi suatu proses pelapukan dan akan menghasilkan perbedaan ketebalan lapisan tanah. Perbedaan ketebalan ini berpengaruh pada kuantitas air yang bisa diserap beserta kemampuan untuk mempertahankan air di dalamnya. Demikian juga keadaan topografi akan mempengaruhi suhu dan penyinaran matahari yang

menyentuh sampai ke bahan induk. Puncak topografi yang tinggi, suhunya akan lebih rendah daripada di lembah atau di dataran paling bawah. Perbedaan suhu dan penyinaran juga akan memengaruhi pelapukan fisika dan kehidupan organisme. Orang dapat mempelajari toposekuen untuk mempelajari proses pelapukan dan jenis tanah yang terbentuk.

Waktu

Waktu untuk pembentukan tanah ada kaitannya dengan bahan induk yang merupakan dasar pembentukan tanah. Jenis batuan akan mempengaruhi lamanya pembentukan bahan induk dan akhirnya menjadi lapisan tanah. Waktu bersifat pasif, hanya menunggu terjadinya proses fisikokimia yang terjadi pada bahan induk menjadi tanah. Dengan demikian lamanya waktu pelapukan batuan akan berpengaruh pada sifat-sifat tanah yang dihasilkan. Semakin lama proses terbentuknya tanah, menunjukkan lingkungan yang mempengaruhi pelapukan kurang sesuai. Batuan-batuan yang berada di daerah tropika akan lebih cepat dilapukkan dibandingkan dengan batuan yang berada di sub tropika, apalagi berada di daerah kutub. Hal ini dikarenakan di daerah tropika mempunyai suhu yang lebih panas dan juga lebih lembab. Suhu dan kelembaban yang tinggi akan mempengaruhi proses pelapukan. Untuk terbentuknya tanah satu sentimeter memerlukan waktu ratusan tahun, sehingga tanah yang sudah terbentuk harus dijaga jangan sampai mengalami degradasi. Potensi untuk degradasi di daerah tropika lebih tinggi, karena erosi tanah akibat curah hujan yang tinggi sangat intensif.

Iklim

Iklim merupakan unsur yang aktif untuk proses pembentukan tanah. Hal itu karena iklim berkaitan langsung dengan penyinaran, suhu, kelembapan, dan curah hujan di suatu tempat. Secara langsung unsur iklim terutama curah hujan sangat erat dengan tumbuhan vegetasi. Vegetasi yang tumbuh, akarnya mampu memecah batuan menjadi fragmen yang lebih kecil dan menghasilkan bahan induk, selain itu daun yang berguguran yang mengalami dekomposisi dapat menghasilkan berbagai jenis senyawa organik yang dapat membantu disintegrasi batuan menjadi ukuran yang lebih kecil untuk menjadi bahan induk. Vegetasi juga dapat menyumbang hara yang dibutuhkan oleh tanaman lain maupun fauna tanah. Vegetasi yang tumbuh di daerah tropika lebih beragam dibanding di daerah sub tropika maupun kutub.

Secara grafitasi, air mampu turun ke lapisan yang lebih dalam dan menembus celah-celah bebatuan dan membantu melunakkan bebatuan tersebut. Selain itu air juga sebagai pelarut yang paling baik dan dapat mempercepat proses oksidasi reduksi yang dapat memacu pecahnya bebatuan. Akhirnya terbentuklah bahan induk yang berkembang menjadi lapisan tanah.

Organisme

Organisme merupakan sesuatu yang hidup yang meliputi tanaman, hewan dan manusia. Organisme ini merupakan faktor pembentuk tanah yang paling aktif yang mempunyai peranan paling besar dan paling cepat dalam proses pembentukan tanah. Secara garis besar, organisme dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu flora dan

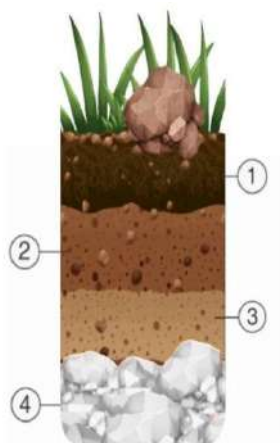
fauna. Flora dapat berupa tumbuhan tingkat tinggi juga dapat berupa tumbuhan bersel tunggal atau bakteri. Mereka mempunyai fungsi dan peranan masing-masing. Tumbuhan tingkat tinggi seperti pohon melalui akarnya mampu membelah batuan alam menjadi fragmen yang lebih kecil kemudian melalui ekskresi akarnya berupa senyawa-senyawa organik dapat melunakkan bebatuan tersebut yang akhirnya batuan akan rapuh dan membentuk tanah.

Mikroorganisme seperti bakteri dan jamur juga sangat besar peranannya terutama sebagai agen dekomposer. Mikroorganisme bekerja sama dengan bahan organik sebagai sumber energi dapat mempercepat perkembangbiakan mikroorganisme tersebut. Melalui proses pernafasan mikroorganisme dapat menghasilkan senyawa karboksilat yang merupakan senyawa yang dapat melunakkan bebatuan yang terkena senyawa tersebut. Mikroorganisme ada yang bersifat aktif artinya mampu memecah bebatuan secara langsung menjadi fragmen yang berukuran kecil dan rapuh, selanjutnya dapat menjadi tanah. Mikroorganisme ada yang bersifat pasif yaitu melalui pelapukan secara tidak langsung, mereka menempel pada bebatuan seperti jamur, jamur dapat mengeluarkan senyawa organik yang mampu melunakkan bebatuan. Sedangkan hewan yang lebih besar termasuk hewan penggali tanah dan cacing tanah dapat mencampurkan tanah dan mengubah karakteristik fisik dan kimia tanah melalui peningkatan aerasi dan permeabilitas tanah sehingga atmosfer tanah menjadi lebih baik dengan peningkatan kadar oksigen dan air dalam tanah, akibatnya proses oksidasi dan reduksi dalam tanah dapat berjalan dengan lancar sesuai kadar mana yang dominan. Aktivitas manusia juga telah menyebabkan perubahan besar pada

perubahan sifat-sifat dan karakteristik tanah alami. Melalui budidaya tanaman, konstruksi, dan penambahan pupuk, bahan organik dan kapur telah mengubah sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Penimbunan, penambangan, dan drainase buatan telah mengubah lingkungan mikro alami tanah sehingga berdampak negatif dan positif terhadap proses pembentukan tanah (Balasubramanian, 2017).

1.4. Profil Tanah

Untuk mempelajari suatu jenis tanah dapat menggunakan dengan profil tanah. Profil tanah adalah irisan penampang tanah utuh dari atas tanah sampai bahan induk, tetapi umumnya sampai kedalaman lapisan 120 cm. Profil tanah memiliki lapisan atau horizon yang lengkap mulai dari lapisan O, A, B dan C. Ketebalan dari setiap lapisan tanah tidak sama, jika tanah sudah mengalami erosi, maka lapisan O dan A dapat hilang dan tinggal lapisan B dan C (Gambar 1.2)



Gambar 1.2. Contoh profil tanah mineral yang lengkap yang terdiri dari 4 lapisan atau horizon.

Penjelasan:

1. Lapisan O = lapisan organik tipis yang tebalnya kurang dari 10 cm, merupakan kumpulan bahan organik yang berupa seresah, ranting-ranting tanaman
2. Lapisan A = lapisan olah yang subur kaya akan bahan organik dan tempat akar tanaman tumbuh
3. Lapisan B = lapisan di bawah lapisan olah, sedikit kandungan bahan organik
4. Lapisan C = bahan induk yang impermeabel

Pembuatan profil tanah yang baik apabila tidak terkena sinar hari matahari langsung agar tidak menyulitkan pengamatan pada setiap lapisan. Ukuran profil yang baik yaitu 2 m x 2 meter dengan kedalaman 120 cm, dimana peneliti dapat leluasa masuk dalam profil tersebut, atau profil dapat diamati juga melalui irisan pada tebing landscape dengan cara membersihkan tebing-tebing tersebut untuk memunculkan perbedaan lapisan-lapisannya.

II. DASAR-DASAR KIMIA TANAH

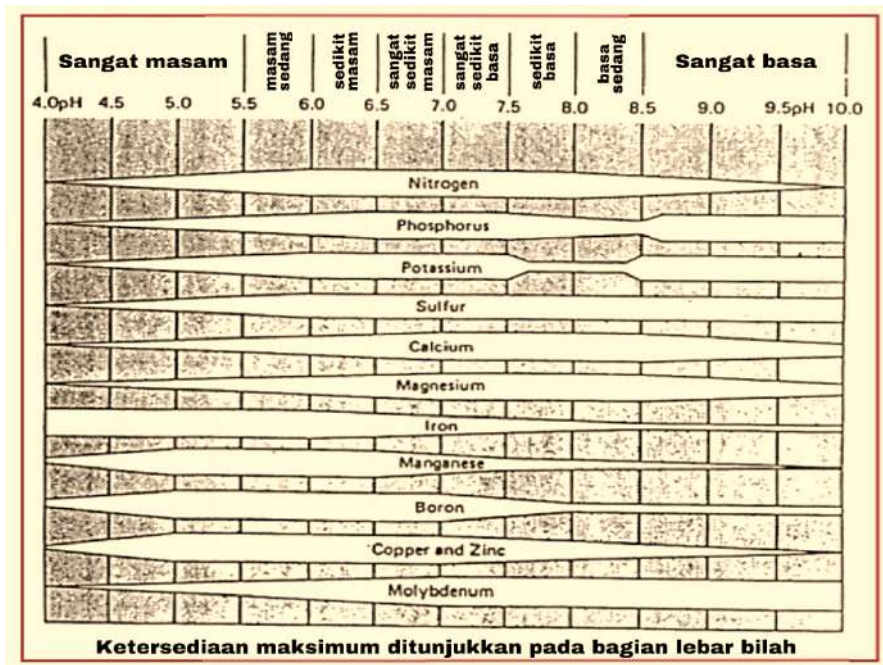
Tanah merupakan tubuh alam yang berada pada permukaan bumi yang merupakan hasil pelapukan dari berbagai jenis batuan yang sangat kompleks, dinamis dan sangat beragam di suatu tempat. Tanah juga merupakan habitat untuk ekosistem daratan. Adanya interaksi antara tanah dengan lingkungan, akan memunculkan berbagai sifat-sifat kimia tanah yang beragam untuk mencirikan karakteristik suatu tanah. Sifat-sifat kimia tanah yang muncul antara lain kemasaman tanah, kejenuhan basa tanah, kapasitas tukar kation dan karbon organik tanah. Sifat-sifat kimia tanah tersebut juga ikut mempengaruhi jenis-jenis tanah yang ada di bumi ini. Selain itu, sifat-sifat kimia tanah ini ikut menentukan dan mempengaruhi status kesuburan tanah untuk media tumbuh tanaman.

2.1. Kemasaman tanah

Kemasaman tanah merupakan sifat dasar tanah yang sangat penting dan sangat mempengaruhi ketersediaan hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman dan organisme tanah. Kemasaman tanah menjadi masalah utama yang dihadapi oleh petani di seluruh dunia untuk produksi tanaman, karena tanah di dunia didominasi oleh tanah-tanah masam yang mempunyai kesuburan rendah sampai sangat rendah (Fageria dan Nascente, 2014). Dengan demikian, kemasaman tanah ikut menentukan produktivitas lahan pertanian untuk keberlanjutan pemanfaatan dimasa yang akan datang. Kemasaman tanah yang tinggi tanpa dilakukan intervensi oleh manusia dalam

bentuk pemberian kapur atau kompos, tanah tersebut tidak cocok sebagai media tumbuh yang baik.

Kemasaman tanah merupakan faktor pemicu kekahatan N, P, K, Ca, Mg, dan Mo, sebaliknya terjadi toksisitas H, Al, dan Mn (Gambar 2.1). Selain itu, kemasaman tanah dapat menyebabkan menurunnya fiksasi nitrogen secara biologis, dan juga tanah masam rentan terhadap erosi dan pemadatan. Di Oxisols dan Ultisols Brazil, kekahatan Zn sangat umum terjadi, sedangkan di Indonesia kedua jenis tanah tersebut sangat kahat terhadap hara P dan kation-kation basa. Kemasaman tanah dapat disebabkan oleh bahan induk yang bersifat masam dan rendahnya kation-kation basa atau karena unsur-unsur ini telah terlindi dari profil tanah akibat pencucian. Siklus N yang tidak sempurna pada tanah di bawah pengelolaan pertanian telah diidentifikasi sebagai penyebab utama adalah kemasaman tanah, khususnya, N yang terfiksasi secara simbiosis, pupuk amonium, dan hilangnya hasil mineralisasi bahan organik melalui penghilangan dan nitrat melalui pencucian terlibat dalam percepatan pengasaman tanah pertanian (Fageria dan Nascente, 2014).

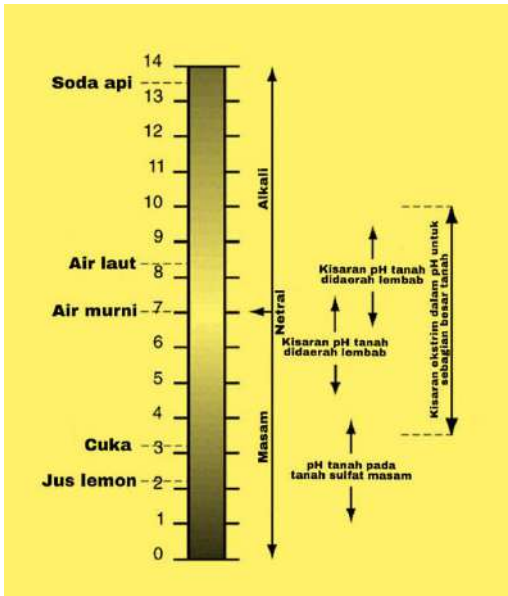


Gambar 2.1. Hubungan ketersediaan unsur hara dengan reaksi tanah (USDA, 2006)

Dalam praktek, kemasaman tanah diukur melalui nilai pH. Nilai pH berkisar antara 0-14 (Gambar 2.2). Apabila pH tanah di bawah 7, tanah tersebut bersifat masam (misal tanah Ultisol, Oxisol, Spodosol, Histosol, dll), sebaliknya apabila pH tanah di atas 7, tanah bersifat basa atau alkalis (misal tanah Vertisol dan Mollisol). Nilai pH ini merupakan representatif banyaknya ion H^+ dalam larutan tanah. Kalau dalam larutan tanah banyak mengandung ion H^+ , maka tanah akan menjadi masam bahkan sangat masam. Nilai pH tanah diukur melalui campuran tanah dan air dengan perbandingan 1:1, atau 1:2,5 atau 1:5, yang paling umum dilakukan adalah 1:2,5, tanah tersebut dicampur dengan air sampai menjadi suspensi. Nilai pH tanah yang optimal untuk ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman antara 6-7 (Arnall, 2024). Pengukuran pH di lapangan dapat dilakukan

dengan cara sederhana yaitu dengan menggunakan kertas lakmus. Caranya dengan membandingkan warna larutan dengan warna standar kertas lakmus sebagai indikator universal. Selain itu, dapat menggunakan *pH meter pocket*, hasil pengukuran dapat dilihat pada display pH meter.

Kekahatan zat besi sering terjadi pada tanah-tanah yang bersifat basa (pH tinggi), sedangkan kekahatan molibdenum paling umum terjadi pada tanah-tanah masam dan dapat diperbaiki dengan pengapuran. Molibdenum sangat penting untuk fiksasi nitrogen pada tanaman kacang-kacangan. Menurut Shaahan (2024), penyebab tanah menjadi masam antara lain karena proses alami (pengaruh alam secara *in situ* maupun *ex situ*) dan antropogenik (pengaruh aktifitas manusia dalam mengelola tanah dan penggunaan pupuk berfisiologis masam).



Gambar 2.2. Kisaran nilai pH pada tanah
(<https://www.qld.gov.au/environment/land/management/soil/soil-properties/pH-levels>)

2.1.1. Proses Alami

Proses alami merupakan penyebab kemasaman tanah yang tidak dikehendaki karena terjadi oleh faktor alam. Adapun faktor alam yang menyebabkan kemasaman tanah adalah:

a. Bahan induk

Bahan induk dan proses pelapukan merupakan *real* penyebab kemasaman tanah. Bahan induk mempunyai pengaruh yang besar terhadap kemasaman tanah (Gruba dan Socha, 2016). Bahan induk yang berasal dari batuan beku masam akan menghasilkan bahan induk yang bersifat masam, tanah-tanah yang berkembang dari bahan induk kaya kuarsa, seperti batu pasir, secara alami menghasilkan kemasaman tanah karena rendahnya ketersediaan kation basa (misalnya Ca dan Mg). Sebaliknya, tanah terbentuk dari batuan beku basalt atau batu kapur akan menghasilkan tanah-tanah basa atau alkalis karena kelimpahan kation-kation basa (Weil dan Brady, 2017).

Pengasaman dapat terjadi akibat proses pelapukan yang membebaskan ion hidrogen (H^+) sehingga menurunkan pH. Dekomposisi batuan berlangsung secara bertahap sehingga lebih banyak kation basa hilang daripada yang digantikan, proses ini menyebabkan pengasaman tanah. Bahan induk menyebabkan pembentukan tanah masam dikarenakan perbedaan komposisi batuan yang menyusun bahan induk. Misal, tanah yang berkembang dari batuan granit cenderung membentuk tanah masam dibandingkan tanah yang berasal dari tanah berkapur serpih atau batu kapur (Arnall, 2024). Kenyataan di lapangan, tanah-tanah di Sumatera atau

Kalimantan banyak yang bersifat masam dikarenakan tanahnya berkembang dari batuan induk yang bersifat masam.

Selain itu secara alami, tanah menjadi masam disebabkan oleh kandungan pirit pada tanah-tanah sulfat masam yang terbentuk di daerah rawa pasang surut. Tanah sulfat masam ini mempunyai bahan induk yang kaya bahan sulfidik. Tanah sulfat masam aktual di Sumatera Selatan yang sudah dibuka lebih dari 40 tahun untuk budidaya tanaman pangan mempunyai pH sekitar 4,49-4,55 (Budianta *et al.*, 2019; Budianta *et al.*, 2021).

b. Iklim

Unsur iklim yang sangat berperan pada proses kemasaman tanah adalah curah hujan. Curah hujan yang tinggi akan jatuh pada permukaan tanah dan akan mencuci kation-kation basa seperti Na, K, Ca dan Mg dari profil tanah. Unsur yang paling tahan terhadap pencucian adalah Al, Fe dan Mn atau dikatakan sebagai kation-kation masam. Kation-kation masam tersebut akan menghasilkan ion H^+ pada lapisan olah tanah yang akhirnya dapat menurunkan pH tanah. Faktor curah hujan ini dikatakan sebagai faktor pembentuk tanah yang bersifat aktif.

Curah hujan yang berlebihan (lebih dari 762 mm/tahun) adalah cara yang efektif untuk menghilangkan kation basa dalam jangka waktu yang lama (ribuan tahun) (Arnall, 2024), sedangkan di Indonesia rata-rata curah hujan setiap tahun lebih dari 2.000 mm, sehingga sangat intensif mencuci kation-kation basa. Untuk itu, di Indonesia didominasi tanah-tanah yang bersifat masam dan merupakan tanah marjinal. Curah hujan paling efektif menyebabkan tanah menjadi masam jika banyak air bergerak melalui permukaan

tanah dengan cepat (atau disebut aliran limpas = *run off*). Tanah berpasir seringkali menjadi yang pertama menjadi masam karena air meresap dengan cepat (*percolatioan*), apalagi tanah berpasir sedikit menyimpan kation-kation basa karena rendahnya kandungan tanah liat dan bahan organik. Sejak efeknya curah hujan pada tanah masam perkembangannya sangat lambat, mungkin diperlukan waktu ratusan tahun hingga bahan induk baru menjadi masam di bawah curah hujan yang tinggi.

c. Biologi

Proses biologi yang menyebabkan kemasaman tanah adalah dekomposisi bahan organik dan aktifitas akar (Shaaban, 2024). Penguraian bahan organik oleh organisme tanah dapat melepaskan berbagai jenis asam organik dan karbon dioksida (CO_2). Ketika CO_2 larut dalam air tanah, membentuk asam karbonat, yang berdisosiasi melepaskan ion H^+ , sehingga meningkatkan kemasaman tanah. Sedangkan aktifitas akar tanaman melepaskan CO_2 selama respirasi dan dapat mengeluarkan asam organik sebagai produk samping metabolisme, maka asam organik yang dihasilkan akan menyebabkan proses pemasaman tanah.

Arnall (2024) juga telah mengemukakan bahwa bahan organik yang membusuk menghasilkan H^+ yang bertanggung jawab untuk menghasilkan kemasaman. Karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan dari proses pembusukan bahan organik bereaksi dengan air dalam tanah membentuk larutan asam lemah yang disebut asam karbonat. Ini adalah asam yang sama yang berkembang ketika CO_2 di atmosfer bereaksi dengan hujan membentuk hujan asam secara alami. Beberapa asam organik juga diproduksi oleh bahan organik yang

membusuk, tetapi merupakan asam lemah. Seperti curah hujan, kontribusi terhadap perkembangan tanah masam melalui pembusukan bahan organik umumnya sangat kecil, dan hanya akumulasi efek bertahun-tahun yang terjadi dalam tanah karena adanya seresah atau bahan organik dari akar tanaman.

2.1.2. Proses Anthropogenik

Proses anthropogenik yang berkontribusi terhadap pemasaman tanah adalah aktifitas pertanian seperti pemupukan, emisi cerobong industri dan kendaraan bermotor serta perubahan tataguna lahan (deforestasi).

a. Aktifitas Pertanian

Pertanian adalah kegiatan budidaya pertanian yang menggunakan berbagai jenis input produksi. Input yang umum digunakan untuk menaikkan hasil budidaya adalah pemupukan. Pemupukan yang menyebabkan proses kemasaman tanah adalah pupuk nitrogen terutama pupuk nitrogen yang bergabung dengan sulfur yang dikenal dengan nama pupuk ZA/ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). Pupuk *ammonium sulfat* ini kalau terus menerus digunakan untuk kegiatan budidaya pertanian akan meninggalkan residu sulfat dan bereaksi dengan air kemudian akan menjadi asam sulfat. Asam sulfat merupakan asam kuat yang dengan cepat menurunkan pH tanah. Pupuk *ammonium sulfat* (ZA) ini dikenal dengan pupuk nitrogen yang berfisiologis masam.

b. Aktifitas industri dan kendaraan bermotor

Aktifitas industri dan kendaraan bermotor akan mengeluarkan emisi berbagai gas. Tiga gas yang umum diemisikan oleh kedua

aktifitas tersebut yaitu CO_x , NO_x dan SO_x . Ketiga gas ini mempunyai potensi yang sangat besar memasamkan tanah yaitu melalui hujan asam. Indikator lapangan terjadinya hujan asam yaitu ditemukannya banyak ikan-ikan yang mati di sungai-sungai atau di kolam-kolam piaraan. Senyawa gas yang terbentuk pada hujan asam tersebut adalah H_2CO_3 (asam karbonat), HNO_3 (asam nitrat) dan H_2SO_4 (asam sulfat).

c. Deforestasi

Deforestasi adalah suatu proses hilangnya tanaman penutup tanah terutama tanaman-tanaman besar (tahunan) akibat ditebang oleh manusia. Oleh karena tidak ada tanaman lagi di permukaan tanah, maka apabila hujan turun tidak ada lagi yang menghalangi aliran limpas (*run off*). Aliran limpas ini akan membawa larutan tanah atau kation-kation basa akan hilang, akibatnya tanah menjadi masam.

2.2. Kejenuhan Basa

Kejenuhan basa sangat erat kaitannya dengan kemasaman tanah (Kabala dan Labaz, 2018). Tanah yang memiliki kemasaman tinggi akan memiliki kejenuhan basa rendah, sebaliknya tanah dengan kemasaman tanah rendah memiliki kejenuhan basa tinggi. Dengan demikian kejenuhan basa bersifat antagonis dengan kemasaman tanah (Tabel 2.1). Kejenuhan basa mewakili persentase.

Tabel 2.1. Besarnya kejenuhan basa tanah pada keadaan pH tanah tertentu (Clemson University, 2024)

pH Tanah	Persentase Kejenuhan Basa (%)
3,9	0
4,5	0
5,3	25
6,2	50
7,1	75
7,5	90
8,0	100

Kation-kation basa yang menempati kompleks jerapan tanah adalah Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+ . Kejenuhan basa akan meningkat seiring dengan meningkatnya pH tanah. Demikian juga ketersediaan Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan K^+ meningkat seiring dengan peningkatan kejenuhan basa. Misalnya tanah mempunyai kejenuhan 80%, menyediakan kation-kation basa ke tanaman lebih mudah daripada kejenuhan basa 40%. Pada pH 5,5 sebagian besar tanah memiliki 45–55% kejenuhan basa, sedangkan pada pH 7 kejenuhan basa adalah 90% (Havlin, 2005). Kejenuhan basa telah dianggap sebagai peubah fisikokimia kompleks dan penting yang mendekatkan hubungan antara kation-kation basa yang dapat dipertukarkan dan kation masam yang berkaitan dengan sifat-sifat tanah dan faktor eksternal, seperti pelapukan, asal bahan induk, tekstur, kandungan bahan organik, iklim, vegetasi, pemupukan, kontaminan dan lain-lain.

Tanah-tanah di daerah tropika basah seperti Indonesia misal tanah Ultisol, Oxisol, Spodosol dan lain-lain umumnya mempunyai kejenuhan basa yang rendah, hal ini dikarenakan di daerah topika

basah mempunyai curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah kering dan *temperate*. Bahkan kejenuhan basa digunakan untuk membedakan jenis tanah Ultisol dan Alfisol dengan batas 35%. Karena kedua jenis tanah tersebut memiliki kemiripan sifat-sifat kimia dan warna tanah. Tanah Alfisol mempunyai kejenuhan basa melebihi 35%, sedangkan Ultisol di bawah 35%. Akan tetapi kejenuhan basa sulit diduga dilapangan secara kualitatif, karena kejenuhan basa harus ditentukan dengan analisis di laboratorium. Sehingga kejenuhan basa dapat digunakan untuk membantu klasifikasi taksonomi tanah dan menentukan tingkat kesuburan tanah. Tanah-tanah yang memiliki kejenuhan basa tinggi relatif mempunyai kesuburan yang lebih baik dibanding dengan tanah-tanah dengan kejenuhan basa rendah.

Kejenuhan basa juga erat kaitannya dengan batuan yang membentuk tanah. Tanah-tanah yang berkembang dari batuan beku basa (misal dari basalt dan gabro) umumnya mempunyai kejenuhan basa yang relatif tinggi, contoh tanah yang memiliki kejenuhan basa yang relatif tinggi yaitu Vertisol dan Mollisol. Kedua tanah ini memiliki bahan induk yang berasal dari batuan beku basa, sehingga membentuk bahan induk yang bersifat basa.

2.3. Kapasitas Tukar Kation dan Anion

Kapasitas tukar kation tanah (KTK) adalah ukuran kapasitas total tanah untuk menahan kation yang dapat ditukar dan menunjukkan muatan negatif per satuan massa tanah. Kapasitas Tukar Kation (KTK) merupakan salah satu dari sekian banyak sifat yang dimiliki oleh tanah, namun peranannya bagi tanah sangat besar, terutama tercermin pada kemampuannya menjaga kesuburan tanah

melalui pengikatan dan pencegahan hilangnya kation dari dalam tanah akibat adanya aliran limpas (*run off*) karena diikat oleh koloid tanah (Ćirić et al., 2023). Tanah yang bertekstur halus memiliki nilai KTK yang lebih besar daripada tanah yang bertekstur pasir, misal tanah bertekstur klei (*clay*) mempunyai nilai KTK 24-65 cmol(+)/kg, tanah bertekstur debu mempunyai nilai KTK 11-57 Cmol(+)/kg dan tanah bertekstur pasir mempunyai nilai KTK 1-36 Cmol(+)/kg (Wilson dan Logan, 1976). Nilai kisaran KTK dalam tanah telah dijelaskan oleh Hazelton et al., 2007) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Besarnya nilai KTK dalam tanah (Hazelton, *et al.*, 2007)

Nilai	KTK (Cmol(+)/kg)
Sangat rendah	< 6
Rendah	6-12
Medium	12-25
Tinggi	25-40
Sangat tinggi	>40

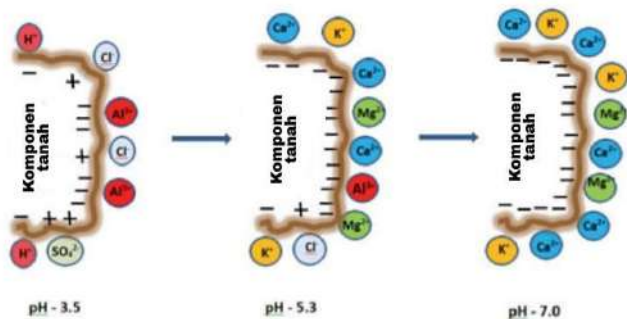
Pertukaran kation dan anion merupakan sifat-sifat kimia tanah yang penting untuk mengetahui tingkat keberadaan kation dan anion dalam tanah. Pertukaran kation dan anion pada permukaan tanah mineral, senyawa anorganik, bahan organik , dan akar merupakan salah satu sifat kimia tanah yang paling penting untuk mempengaruhi ketersediaan unsur hara dalam tanah. Kapasitas pertukaran kation (KTK) mewakili jumlah muatan negatif yang tersedia untuk menarik kation (Gambar 2.4). Sedangkan kapasitas pertukaran anion (KTA) mewakili muatan positif yang tersedia menarik anion dalam larutan.

Di sebagian besar tanah mineral, KTK lebih besar daripada KTA. KTK dihasilkan melalui substitusi isomorfik yang merupakan muatan permanen yang tidak dipengaruhi oleh pH larutan. Baik KTK maupun KTA juga terjadi pada tepi mineral dan permukaan bahan organik dan bervariasi dengan pH. Tanah dengan kandungan klei dan bahan organik yang lebih besar mempunyai KTK maupun KTA yang lebih tinggi dibandingkan tanah berpasir dengan kandungan bahan organik rendah (Tabel 2.3).

Table 2.3. Besarnya KTK berdasarkan tekstur tanah (Havlin, 2005)

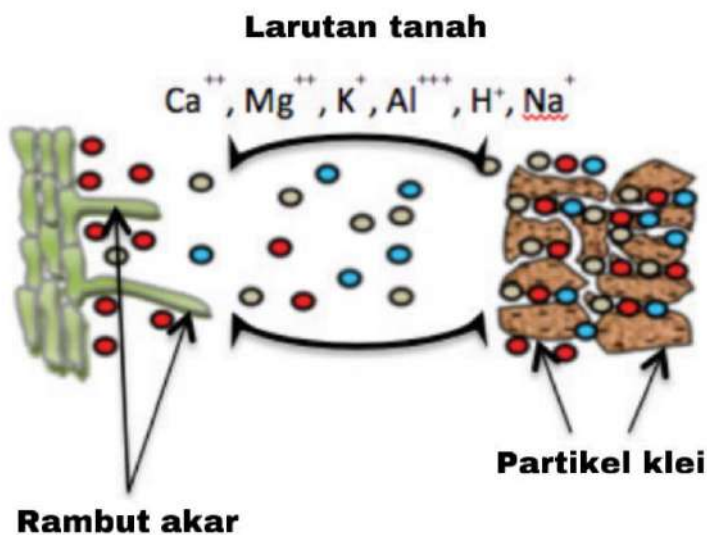
Kelas tekstur tanah	KTK (Cmol kg ⁻¹)
Pasiran (rendah bahan organik)	3-5
Pasiran (tinggi bahan organik)	10-20
Lempung	10-15
Lempung debuan	15-25
Liat dan lempung liat	20-50
Tanah Gambut	50-100

Ilustrasi muatan permukaan tanah pada pH yang berbeda tercantum pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Muatan permukaan tanah pada pH yang berbeda (Sonon *et al* , 2017)

Nilai KTK sangat mempengaruhi ketersediaan unsur hara, karena sebagian besar kation yang dijerap tanah adalah unsur hara tanaman, kecuali Al^{3+} . Pada tanah masam, kation utamanya adalah Al^{3+} dan H^+ . Apabila tanah $\text{pH} > 6,5$ kation utama yang dapat ditukar adalah Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+ . Kekuatan urutan kation yang dijerap dalam tanah adalah $\text{Al}^{3+} > \text{H}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ = \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$. Kation yang memiliki muatan lebih besar lebih banyak dijerap dengan kuat. Untuk kation dengan muatan sama, kekuatan adsorpsi ditentukan oleh ukuran kation terhidrasi. Untuk anion, kekuatan relatif jerapan adalah $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- = \text{Cl}^-$. Di sebagian besar tanah masam $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ merupakan anion yang paling banyak dijerap pada tanah masam oleh kation-kation masam (Havlin, 2005).



Gambar 2.4. Diagram skema yang menunjukkan pertukaran kation (Sonon *et al.*, 2017)

2.4. Karbon Organik Tanah

Karbon organik tanah merupakan fase padatan sebagai penyusun tanah. Karbon organik juga digunakan untuk menduga kandungan bahan organik dalam tanah. Kandungan bahan organik dalam tanah sama dengan karbon organik total tanah dikalikan dengan 1.724. Bahan organik tanah sangat dinamis jumlahnya, tanah mineral idealnya memiliki kandungan bahan organik maksimal 5 persen. Berbeda dengan tanah gambut, kandungan bahan organiknya dapat mencapai 100%. Walaupun kandungan bahan organik hanya 5%, tetapi bahan organik tersebut mempunyai banyak sekali fungsi dan manfaatnya. Manfaat bahan organik dalam tanah antara lain adalah sebagai sumber unsur hara untuk tanaman, sumber energi untuk jasad-jasad hidup dalam tanah, penjaga kelembaban tanah karena bahan organik mempunyai sifat hidrofilik, amelioran tanah karena bahan organik banyak mengandung berbagai jenis gugus fungsional, pemantap agregat tanah, perekat partikel tanah, dan lain-lain. Penambahan bahan organik dalam bentuk mulsa dapat mempengaruhi sifat-sifat kimia tanah (Budianta *et al.*, 2010).

Karbon organik tanah adalah karbon yang menyusun bahan organik tanah. Bahan organik tanah merupakan fraksi organik yang disusun oleh bahan yang berasal dari tanaman dan binatang yang telah terdekomposisi termasuk juga biomassa mikroorganisme yang sudah bercampur dengan tanah. Menurut Blanco-Canqui *et al.*, (2013), seberapa cepat bahan-bahan tersebut terurai bergantung pada kualitas residu, pengelolaan (residu, tanah, dan air), jenis tanah, dan iklim. Sifat residu seperti rasio karbon terhadap nitrogen (C:N), dan kandungan selulosa, lignin, dan polifenol mempengaruhi tingkat

dekomposisi residu. Residu dengan rasio C:N lebih tinggi (yaitu jagung [*Zea mays* L.] dan gandum [*Triticum aestivum* L.]) dapat terurai lebih lambat dibandingkan residu dengan rasio C:N yang lebih rendah (misalnya kacang-kacangan). Di alam juga ditemukan karbon berbentuk anorganik seperti kapur dan karbonat (Chan, 2008). Bahan organik tanah ini sangat mempengaruhi sifat-sifat fisika, kimia dan biologi tanah.

Mengelola bahan organik tanah (BOT) sangat diperlukan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Peningkatan BOT dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah, kapasitas menahan air, infiltrasi air, ketersediaan air tanaman, aktivitas dan kelimpahan fauna tanah, serta kation tertukarkan. Oleh karena bahan organik tanah dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah, akibatnya BOT dapat menurunkan pemadatan tanah. Dalam hal ini BOT dapat berfungsi sebagai lem alami (*cementing agent*) untuk memperbaiki granulasi tanah. Perbaikan sifat-sifat tanah akibat pemberian BOT dapat menyebabkan peningkatan produktivitas tanah, meningkatkan ketahanan tanah terhadap fluktuasi iklim (misalnya kekeringan, banjir), dan peningkatan kualitas lingkungan hidup. Penyimpanan C organik tanah dapat mengatasi polusi air dengan meningkatkan penyaringan dan menyerap polutan yang diakibatkan oleh logam-logam beracun seperti Pb dan Cd. Budianta *et al* (2022) telah melaporkan bahwa pemberian berbagai jenis bahan organik dalam tanah dapat menurunkan logam berat Cd dan Pb tanah,

Diantara kegiatan praktis yang dapat menjaga atau mempertahankan BOT adalah tanpa pengolahan tanah, penanaman penutup tanah, rotasi berbasis hijauan tanaman, adanya tanaman

rumput, amandemen organik, dan tanaman penyangga konservasi tanah. Kinerja dari praktik-praktik ini bersifat spesifik lokasi, sangat menguntungkan untuk menjaga kandungan BOT. Misalnya tanaman penutup tanah atau sistem tanam berbasis hijauan dapat meningkatkan BOT. Sistem intensifikasi penanaman dan pengurangan periode bera (lahan dikosongkan tanpa ditanami dengan tujuan untuk mengistirahatkan tanah sehabis ditanami) dapat meningkatkan BOT. Secara keseluruhan, mempertahankan atau memperbaiki sifat-sifat tanah untuk memperbaiki produktivitas tanah adalah salah satu alasan utama untuk mempertahankan BOT dan mendorong untuk menjaga keberlanjutan kesuburan tanah.

III. DASAR-DASAR FISIKA TANAH

Fisika tanah adalah cabang dari ilmu tanah yang berhubungan dengan sifat-sifat fisik tanah. Seperti halnya fisika berhubungan dengan materi dan energi, fisika tanah umumnya berhubungan dengan keadaan dan pergerakan materi dan energi di dalam tanah (Schaetzl and Anderson, 2005). Sifat-sifat fisik tanah yang sangat penting untuk mencirikan jenis-jenis tanah diantaranya yaitu warna, tekstur, struktur, berat jenis, volume, pori-pori, air tanah dan lain-lain. Yang mana, sifat satu dan lainnya merupakan satu kesatuan yang tak terpisahkan dan saling memengaruhi. Sebagai contoh, di lapangan sering dijumpai tanah yang sangat keras pada saat kering dan sangat lekat saat basah, atau sebaliknya, sangat mudah diolah, ringan, tetapi tidak mampu menahan air. Problematika tanah tersebut merupakan manifestasi sifat-sifat tanah yang berkaitan dengan tekstur, struktur, kadar air, pori-pori, bahan organik tanah, infiltrasi, kadar air dan lain-lain (Gambar 3.1).



Gambar 3.1. Problematika tanah dan sifat-sifat fisik yang terkait

Sifat fisik tanah banyak digunakan dalam pengamatan profil tanah, baik dalam penggunaannya pada evaluasi kemampuan lahan, evaluasi kesesuaian lahan dan pengklasifikasian tanah serta pengelolaan tanah dan lahan. Oleh karena itu, sangat penting mengenali sifat-sifat fisik tanah.

3.1. Warna Tanah

Warna tanah merupakan salah satu sifat pertama yang diidentifikasi oleh banyak orang ketika diminta untuk mendiskripsikan tanah di lapangan. Warna tanah sering dikaitkan dengan kandungan bahan organik tanah yang dapat menggambarkan tingkat kesuburan tanah. Apabila tanah berwarna coklat kehitaman hingga hitam maka tanah tersebut diklaim sebagai tanah yang banyak mengandung bahan organik tanah dan merupakan tanah mineral yang subur, sedangkan tanah berwarna kuning dan merah diklaim sebagai tanah yang rendah kandungan bahan organiknya atau banyak mengandung logam besi, sehingga merupakan tanah yang kurang subur. Warna tanah tersusun dari pigmen-pigmen sebagaimana warna tubuh manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan. Menurut (Owens and Rutledge, 2005) agen pigmen utama di tanah adalah bahan organik, besi dan mangan. Ketika agen-agen ini tidak menutupi butiran mineral, warna alami tersebut terlihat, yang mana sebagian besar butiran mineral secara alami berwarna abu-abu. Sedangkan warna tanah ditentukan oleh komposisi mineral, konsentrasi unsur, bahan organik dan kadar air (Zhang *et al.*, 2023).

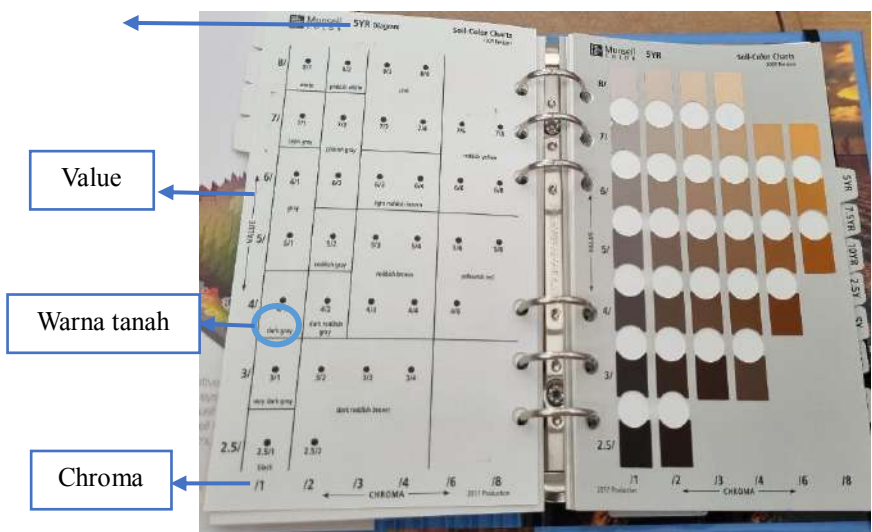
Warna dapat menjadi indikator yang berguna untuk beberapa sifat umum tanah. Warna tanah di permukaan berbeda-beda, demikian

juga pada lapisan-lapisannya, yang mana perbedaan ini terjadi akibat proses pedogenesis. Misalnya, tanah mineral berwarna coklat kehitaman pada permukaan (*top soil*) karena akumulasi bahan organik dari serasah vegetasi di atasnya, tetapi di bawah lapisan tersebut dimungkinkan ditemukan tanah berwarna kuning atau lebih pucat dari lapisan di atasnya, bahkan dapat ditemukan bercak-bercak merah besi atau lapisan berwarna kelabu.

Umumnya, tanah lapisan atas memiliki warna yang cenderung gelap dibandingkan lapisan dibawahnya, warna gelap pada tanah dipengaruhi oleh bahan organik tanah. Semakin gelap warna tanah, mengindikasikan semakin tinggi kadar bahan organik di dalamnya. Sebaliknya, semakin terang warna tanah, mengindikasikan semakin rendah kadar bahan organiknya. Meskipun demikian, terang gelapnya warna tanah belum menunjukkan secara akurat kadar bahan organik di dalamnya.

Warna tanah tidak termasuk dalam instrumen penilaian kesuburan tanah, tetapi warna tanah digunakan ketika mendiskripsikan profil tanah. Warna tanah sering dideskripsikan berwarna merah, hitam, coklat, kuning, merah kekuningan, coklat keabu-abuan, dan merah pucat, tetapi penyebutan ini belum terlalu tepat. Para ahli tanah menggunakan buku warna tanah (*Munsell Soil Color Book*) yang mengikuti *Munsell System* (sistem Munsell). Sistem *Munsell* dapat digunakan untuk mengetahui warna tanah di mana saja di seluruh dunia. Sistem ini memiliki tiga komponen, yaitu *Hue* (rona = warna dasar) misalnya 5 YR, *value* (nilai = terang dan gelap = kecerahan) berkisar dari 0 (hitam) hingga 10 (putih), dan *chroma* (kroma =

intensitas warna) berkisar dari 0 (abu-abu) hingga 12 (warna murni) (Zhang et al, 2023). Cara menggunakan *Munsell* sangat sederhana, tanah dipegang di samping kepingan warna untuk menemukan kecocokan visual dan diberi notasi *Munsell* yang sesuai. Contohnya, tanah berwarna abu-abu gelap (dark gray) dapat dicatat sebagai *hue value/chroma* 5YR 4/1. Pembacaan warna tanah menggunakan *Munsell* bersifat subjektif, dan pembacaannya dipengaruhi oleh kondisi cahaya dan persepsi manusia, serta hasil pembacaannya bersifat kualitatif.



Gambar 3.2 *Munsell Soil Color Charts*

Batuan sebagai bahan induk pembentuk tanah berkontribusi terhadap warna tanah dan memiliki ciri yang dominan. Beberapa jenis mineral serta sifat dan warnanya tercantum pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Mineral, ukuran dan warna tanah
(<https://www.nrcs.usda.gov>)

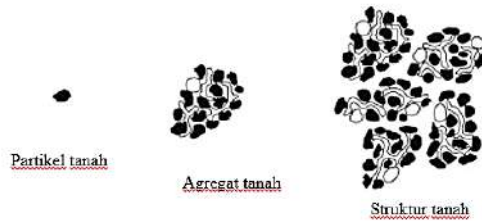
No	Mineral	Formula	Size	Munsell	Warna
1	Geotit	FeOOH	1-2 μm	10YR 8/6	Kuning
2	Geotit		$\sim 0.2 \mu\text{m}$	7.5YR 5/6	Coklat tua
3	Hematit	Fe ₂ O ₃	$\sim 0.4 \mu\text{m}$	5R 3/6	Merah
4	Hematit		$\sim 0.1 \mu\text{m}$	10R 4/8	Merah
5	Lepidokrosit	FeOOH	$\sim 0.5 \mu\text{m}$	5YR 6/8	Kuning kemerahan
6	Lepidokrosif		$\sim 0.1 \mu\text{m}$	2.5YR 4/6	Merah
7	Ferihidrit	Fe(OH) ₃		2.5YR 3/6	Merah gelap
8	Glaukonit	K(Si _x Al _{4-x})(Al,Fe,Mg) O ₁₀ (OH) ₂		5Y 5/1	Abu-abu gelap
9	Besi sulfida	FeS		10YR 2/1	Hitam
10	Pirit	FeS ₂		10 YR 2/1	Hitam (metalik)
11	Jarosit	K Fe ₃ (OH) ₆ (SO ₄) ₂		5Y 6/4	Kuning pucat
12	Todorokit	MnO ₄		10YR 2/1	Hitam
13	Humus			10YR 2/1	Hitam
14	Kalsit	CaCO ₃		10YR 8/2	Putih
15	Dolomit	CaMg(CO ₃) ₂		10YR 8/2	Putih
16	Gypsum	CaSO ₄ × 2H ₂ O		10YR 8/3	Coklat sangat pucat
17	Kuarsa	SiO ₂		10YR 6/1	Abu-abu muda

Warna tanah juga dipengaruhi oleh drainase dan aerasi. Mineral besi merupakan mineral yang paling banyak membentuk variasi pigmen di tanah. Ketika batuan yang mengandung besi atau mangan mengalami pelapukan, unsur-unsurnya akan teroksidasi. Apabila tanah teroksidasi, maka warna tanah menjadi hitam kemerahan, warna kuning mengindikasikan oksida Fe bebas (iklim lembab). Warna abu-abu kebiruan menunjukkan kondisi tereduksi; ini dapat berasal dari bahan seperti kuarsa, kaolin, karbonat, gipsum, dan berbagai garam. Adanya *gleisasi* yang umumnya dijumpai pada tanah-tanah sawah dan

rawa dimana besi berbentuk *ferro* menunjukkan warna yang sangat kelabu yang dapat dideteksi dengan *alfa-alfa dipiridil*. Bercak-bercak kelabu, coklat, merah, atau kuning selalu muncul di tanah yang kurang drainase. Tanah kelabu sangat cerah selalu ada di tanah basah tanpa bahan organik; jika ada bahan organik, warnanya menjadi lebih gelap.

3.2. Struktur Tanah

Struktur tanah merupakan kumpulan partikel tanah (pasir, debu, liat, partikel organik dan anorganik) membentuk agregat yang dapat bervariasi dalam ukuran dan bentuknya. Struktur tanah juga dapat diartikan sebagai susunan agregat yang dipisahkan oleh pori-pori dan retakan (Rai dan Singh, 2017b). Stabilitas agregat digunakan sebagai indikator struktur tanah. Struktur tanah yang baik dan stabilitas agregat yang tinggi, penting untuk meningkatkan kesuburan tanah, sebab struktur tanah memengaruhi pergerakan dan retensi air tanah, erosi, pengerasan tanah, daur ulang unsur hara, penetrasi akar dan hasil panen (Bronick, 2005). Agregasi dimediasi oleh karbon organik tanah, biota, liat dan karbonat. Penurunan struktur tanah semakin dilihat sebagai bentuk degradasi tanah dan sering dikaitkan dengan penggunaan lahan dan praktik pengelolaan tanah/tanaman.



Gambar 3.3 Struktur tanah

(Sumber: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128117484000170>)

Struktur tanah dapat diubah secara alami oleh pelapukan, penetrasi akar, maupun kegiatan budidaya. Misalnya struktur tanah gumpal berubah menjadi remah akibat pembasahan dan pengeringan secara bergantian. Tanah dengan kandungan liat atau bahan organik yang tinggi cenderung memiliki struktur tanah yang lebih stabil dan lebih kuat dari pada tanah yang sebagian besar mengandung pasir atau debu yang dikenal dengan nama strukturnya pejal. Akar tumbuh paling cepat di tanah yang sangat gembur, tetapi penyerapan air dan nutrisi oleh akar mungkin terbatas karena kontak yang tidak memadai dengan fase padat dan cair tanah. Kontak ini jauh lebih erat di tanah keras, tetapi pertumbuhan akar sangat terhambat, sehingga kemampuan mencari makannya buruk, dan tanaman akhirnya dapat kekurangan air atau nutrisi (Passioura, 1991)



Gambar 3.4 Struktur remah di permukaan tanah berkaitan dengan bahan organik yang memadai (USDA, 2008b)

Tingkat struktur adalah tingkat agregasi, yang menyatakan perbedaan antara kohesi (di dalam agregat) dan adhesi (di antara agregat), sifat-sifat ini bervariasi karena kadar air tanah, maka tingkat struktur harus ditentukan ketika tanah tidak terlalu lembab atau terlalu kering. Terdapat empat kelas utama struktur yang diberi nilai dari 0 hingga 3, sebagai berikut:

0 = Tidak berstruktur : tidak memiliki agregasi yang dapat diamati atau tidak memiliki susunan yang teratur dari garis-garis lemah alami, seperti:

- Struktur masif (koheren) di mana seluruh horizon tanah tampak disemen dalam satu massa yang besar;
- Struktur butiran tunggal (non-koheren) di mana partikel-partikel tanah tidak menunjukkan kecenderungan untuk saling melekat, seperti pasir murni;

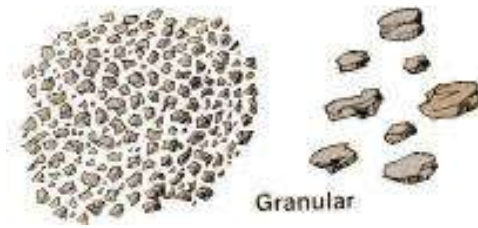
1 = Struktur lemah : terbentuk dengan buruk dari agregat yang tidak jelas yang hampir tidak dapat diamati pada tempatnya. Ketika dikeluarkan dari profil, material tanah terurai menjadi campuran dari sedikit agregat utuh, banyak agregat yang pecah, dan banyak material yang tidak terurai;

2 = Struktur sedang : terbentuk dengan baik dari agregat yang berbeda yang cukup tahan lama dan terlihat jelas tetapi tidak berbeda pada tanah yang tidak terganggu. Ketika dikeluarkan dari profil, material tanah terurai menjadi campuran dari banyak agregat utuh yang berbeda, beberapa agregat yang pecah dan sedikit material yang tidak teragregasi;

3 = Struktur yang kuat : terbentuk dengan baik dari agregat yang berbeda yang tahan lama dan cukup jelas pada tanah yang tidak terganggu. Ketika dikeluarkan dari profil, material tanah sebagian besar terdiri dari agregat utuh dan mencakup beberapa agregat yang pecah dan sedikit atau tidak ada material yang tidak teragregasi.

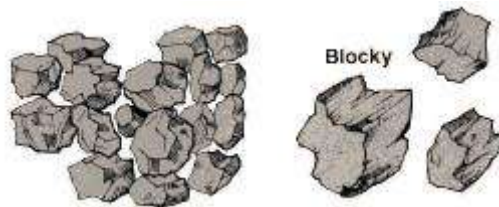
Tipe struktur tanah dapat dibedakan, yaitu (A) Butiran/*granular*; (B) Gumpal/*blocky*; (C) Prismatic/*prismatic*; (D) Lempeng/*platy*

Struktur butiran dan remah adalah partikel-partikel pasir, debu, dan liat yang dikelompokkan menjadi butiran-butiran kecil yang hampir berbentuk bola. Air bersirkulasi dengan sangat mudah melalui tanah seperti ini. Struktur ini umumnya ditemukan di horizon A dari profil tanah.



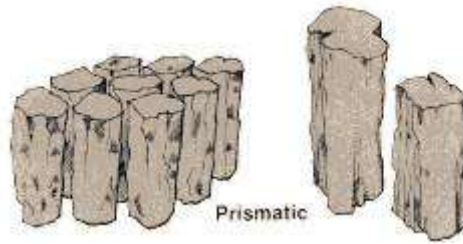
Gambar 3.5 Tipe struktur butiran

Struktur gumpal dan gumpal bersudut adalah partikel-partikel tanah yang saling menempel dalam bentuk hampir persegi atau blok-blok bersudut yang memiliki ujung-ujung yang kurang lebih tajam. Blok-blok yang relatif besar mengindikasikan bahwa tanah menahan penetrasi dan pergerakan air. Struktur ini umumnya ditemukan di horizon-B di mana tanah liat telah terakumulasi.



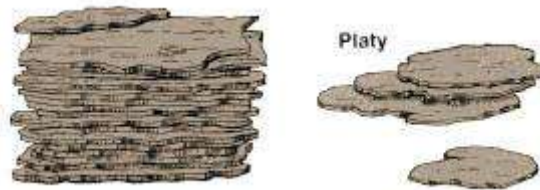
Gambar 3.6 Tipe struktur gumpal dan gumpal bersudut

Struktur prismatic dan columnar adalah partikel tanah yang terbentuk menjadi kolom atau pilar vertikal yang dipisahkan oleh retakan vertikal yang mini, namun pasti. Air bersirkulasi dengan kesulitan yang lebih besar dan drainasinya buruk. Struktur ini umumnya ditemukan di horizon-B di mana tanah liat telah terakumulasi.



Gambar 3.7 Tipe struktur tiang dan prismatic

Struktur lempeng terdiri dari partikel-partikel tanah yang dikumpulkan dalam lempengan atau lembaran tipis yang ditumpuk secara horizontal. Lempeng-lempeng tersebut sering kali saling tumpang tindih, sehingga mengganggu sirkulasi air



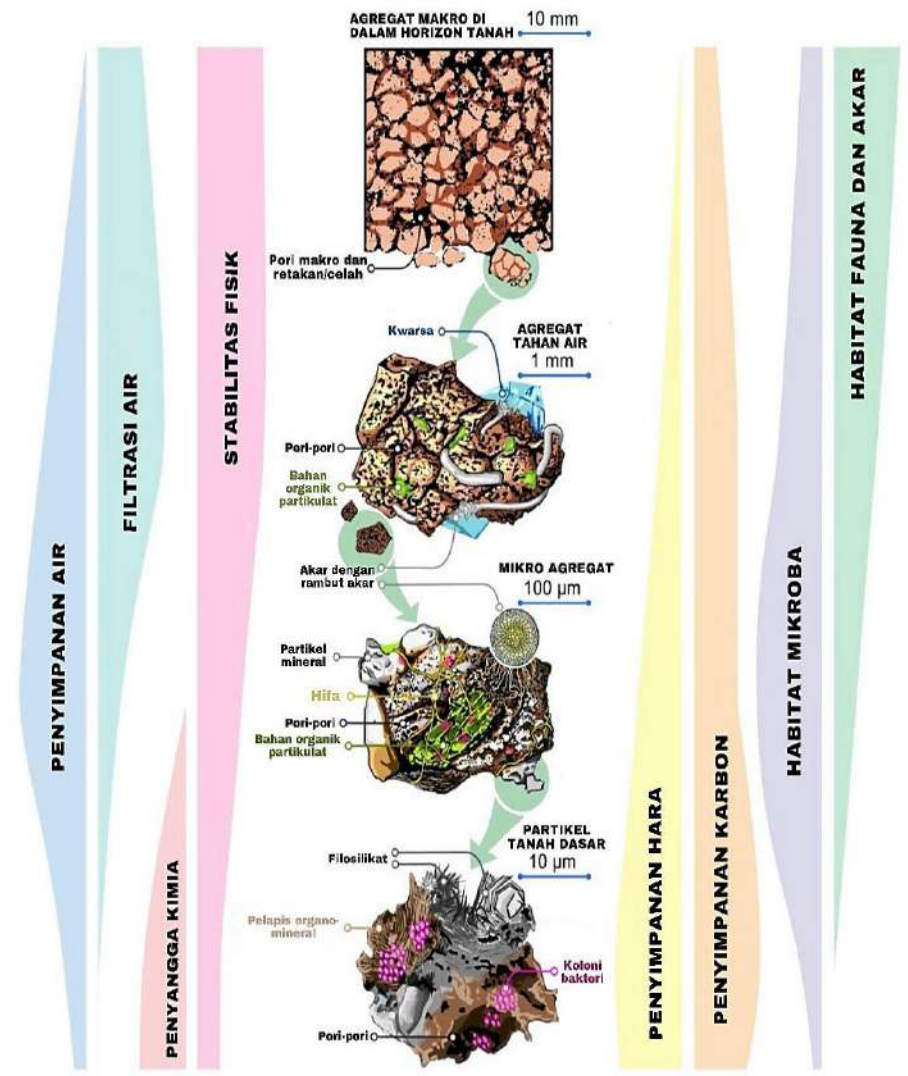
Gambar 3.8 Tipe struktur lempeng

Tanah yang tidak memiliki peds dikatakan sebagai butiran masif atau butiran tunggal. “Masif” dan “butiran tunggal” tidak mengacu pada struktur, keduanya merupakan istilah yang digunakan jika tanah tidak berstruktur.

Agregasi adalah kelompok proses yang terjadi di dalam tanah dan mengarah pada pembentukan ikatan antar partikel padat atau menghasilkan gaya yang menyatukan padatan secara bersama-sama, sedangkan sekelompok proses yang melemahkan dan memutus ikatan yang mengikat padatan menjadi satu, atau menonaktifkan kekuatan

pengikat tersebut disebut disagregasi. Meskipun disagregasi merupakan kebalikan dari agregasi, mekanisme yang bertanggung jawab atas hal tersebut bisa sangat berbeda.

Agregat (atau unit struktur tanah) adalah produk pedogenik fase padat yang dicirikan dengan adanya porositas internal yang terjadi sebagai hasil dari berbagai proses (dis)agregasi. Agregat terdiri dari mineral, dengan atau tanpa bahan organik. Ikatan antara struktur agregat lebih kuat daripada ikatan antara padatan yang berdekatan. Berbeda dengan partikel tanah primer, agregat bersifat heterogeny dan memiliki ruang pori internal yang lebih besar daripada ruang basal antara lapisan mineral lempung ($>1-2$ nm). Oleh karena itu, ruang pori di dalam agregat menyediakan habitat bagi mikrobiota tanah dan tempat penyimpanan air dengan unsur hara. Dengan demikian, pori-pori merupakan bagian integral dari agregat tanah, dan keduanya tidak dapat berdiri sendiri-sendiri. Agregat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis (partikel tanah dasar, agregat mikro, agregat yang tahan air, dan agregat makro) yang sesuai dengan tingkat hirarki tertentu dari organisasi struktur tanah dan ditentukan oleh energi spesifiknya (Gambar 3.9).



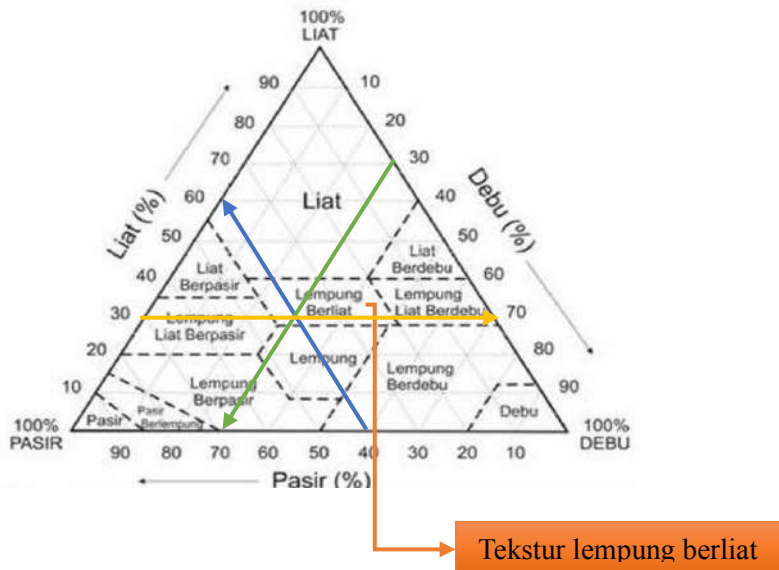
Gambar 3.9. Hirarki struktur tanah (Sumber : Yudina et al., 2023)

Gambar 3.9. menjelaskan tentang 4 (empat) tingkat hirarki struktur tanah yang terdiri dari agregat dan pengelompokan fungsi agregat dan pori-pori: 1) partikel tanah dasar dan mikropori, 2) agregat mikro dan mesopori, 3) agregat makro yang stabil terhadap air dengan meso dan makro yang sesuai, dan 4) agregat makro di dalam horizon tanah dan

pori-pori makro dan ekstra besar. Akar, hifa jamur, dan koloni bakteri. *Partikulat Organic Matter* (POM) adalah bahan organik partikulat. Area yang diarsir vertikal menunjukkan kontribusi tingkat struktur tanah terhadap fungsi utama tanah (kiri ke kanan). Kiri - fungsi fisik dan kimia: penyimpanan dan penyaringan air, penyangga kimiawi, stabilitas fisik. Kanan - fungsi ekologis dan biologis: penyimpanan nutrisi, penyimpanan karbon, habitat mikrobiota, fauna dan akar.

3.3. Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah perbandingan tiga fraksi penyusun tanah dan merupakan komponen penting yang banyak digunakan dalam memprediksi potensi dan keterbatasan penggunaan lahan. Tekstur tanah adalah perbandingan relatif antara pasir (berdiameter 2,0-0,05 mm), debu (berdiameter 0,05-0,002 mm) dan liat (<0.002 mm) yang dinyatakan dalam persen. Berdasarkan perbandingan banyaknya fraksi pasir, debu dan liat, tanah dikelompokkan ke dalam 12 (dua belas) kelas tekstur, pengelompokan ini mengacu pada Segitiga USDA (*United States Department of Agriculture*) yang ditunjukkan pada Gambar 3.10. Untuk memperoleh komposisi ketiga fraksi tanah dilakukan analisis di laboratorium menggunakan metode Hydrometer maupun Pipet, hasil pengukuran tersebut kemudian digambarkan pada Segitiga USDA dengan cara menarik garis sejajar pada ketiga fraksi. Sebagai contoh, fraksi pasir 40%, debu 30% dan liat 30% maka tekstur tanahnya lempung berliat (Gambar 3.10).



Gambar 3.10. Setiga tekstur untuk plotting penamaan jenis tekstur tanah

Berdasarkan kehalusannya, tekstur tanah dikelompokkan kedalam 6 (enam) kelas yaitu :

- Halus (h) : Liat berpasir, liat, liat berdebu;
- Agak halus (ah) : Lempung berliat, lempung liat berpasir, lempung liat berdebu;
- Sedang (s) : Lempung berpasir sangat halus, lempung, lempung berdebu, debu;
- Agak kasar (ak) : Lempung berpasir;
- Kasar (k) : Pasir, pasir berlempung;
- Sangat halus (sh): Liat (tipe mineral liat 2:1)

Kasar atau halusnya tekstur tanah berimplikasi terhadap kemampuan tanah menahan air (*water holding capacity*), pori-pori tanah, infiltrasi, permeabilitas, aerasi dan drainase, mudah tidaknya

akar berpenetrasi dan ketersediaan unsur hara. Semakin kasar tekstur tanah, semakin mudah dilalui air dan udara, tetapi semakin kecil kemampuannya menahan air dan menyediakan unsur hara. Tekstur tanah bersifat permanen, petani tidak dapat mengubahnya. Berbeda hal dengan struktur, petani dapat mengubah struktur tanah lapisan atas melalui pengolahan tanah (Brouwer et al., 1985).

The British Standards Institution and the Massachusetts Institute of Technology mengelompokkan ukuran fraksi tanah ke dalam beberapa kelas (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Ukuran Partikel Tanah
(<https://publications.naturalengland.org.uk/publication/32016>)

Kelas partikel	Subkelas partikel	Ukuran partikel (mm)
Liat		< 0,002
Debu		0,002-0,06
Pasir		0,06-2,0
Pasir	Halus	0,06-0,2
	Sedang	0,2-0,6
	Kasar	0,6-2,0

Metode lain yang digunakan dalam menentukan tekstur tanah adalah metode *by feeling* (dengan perasaan). Metode ini cenderung bersifat subjektif dalam perolehan hasil pengamatan karena bergantung pada sensitifitas pelaksananya.

3.4. Konsistensi

Konsistensi tanah merupakan tingkat keeratan kohesi dan adhesi partikel-partikel tanah dan daya tahan massa tanah terhadap tekanan mekanik yang merubah bentuk tanah secara fisik. Konsistensi tanah

sangat ditentukan oleh tekstur dan struktur tanah, konsistensi tanah sangat berperan untuk keperluan pengolahan tanah dan kemampuan perakaran tanaman untuk menembus (penetrasi) tanah. Cara menentukan konsistensi tanah dengan memijat tanah menggunakan ibu jari dan telunjuk pada kondisi kering, lembab dan basah.

Tanah Kering

Dengan kata "tanah kering" dimaksudkan kondisi tanah yang disebabkan oleh angin yang dibagi menjadi tiga kategori: (1) lepas, jika partikel tanah tidak lekat satu dengan lainnya, misalnya tanah berpasir atau pasir, (2) lunak jika gumpalan tanah mudah hancur pada dilakukan peremasan, (3) agak keras hingga sangat keras, untuk menghancurkan tanah ini memerlukan tekanan yang semakin besar karena tanah tidak dapat dihancurkan hanya dengan peremasan menggunakan kedua tangan.

Tanah Lembab

Kandungan air dalam tanah mendekati kapasitas lapang membuat tanah lembab dikategorikan menjadi: (1) lepas, jika partikel tanah tidak lekat satu dengan lainnya, misalnya tanah berpasir atau pasir, (2) sangat gembur jika gumpalan tanah mudah hancur pada dilakukan peremasan, (3) gembur apabila gumpalan tanah dilakukan sedikit tekanan untuk dapat menghancurkannya, (4) teguh memerlukan tekanan sedang untuk menghancurkannya, dan (5) sangat teguh diperlukan tekanan extra untuk menghancurkannya. Untuk komponen 3-5 menunjukkan bahwa tekanan yang lebih besar diperlukan untuk menghancurkan gumpalan tanah.

Tanah Basah

Tanah basah dimaksudkan apabila kandungan air tanah melebihi kapasitas lapang. Ada dua karakter penting yang perlu diamati, yaitu kelekatan dan plastisitas. Ketika sesuatu melekat pada jari atau benda lain, istilah "kelekatan" digunakan untuk menggambarkan seberapa kuat itu melekat. Kategori ini terdiri dari: (1) tidak melekat apabila tidak melekat sama sekali, (2) agak melekat apabila sedikit melekat, (3) sangat melekat apabila sangat melekat, dan (4) sangat melekat apabila sangat melekat.

Faktor plastisitas menunjukkan kemampuan tanah untuk membentuk gulungan, yaitu: (1) tidak plastis jika tidak dapat membentuk gulungan, (2) agak plastis jika dapat membentuk gulungan kurang dari 1 cm, (3) plastis jika dapat membentuk gulungan lebih dari 1 cm, dan (4) sangat plastis jika diperlukan tekanan besar untuk merusaknya,

3.5. Kerapatan Massa dan Volume Tanah

Kerapatan massa atau lebih dikenal dengan *Bulk Density* (BD) adalah indikator pemadatan tanah dan kesehatan tanah. Kerapatan massa salah satu faktor penting ketika menilai perilaku sifat fisik tanah karena hal ini memengaruhi infiltrasi, kedalaman dan batasan akar, kapasitas air yang tersedia, dan porositas tanah. Porositas tanah mengontrol sifat-sifat tanah dan layanan ekosistem dan karenanya merupakan salah satu karakteristik tanah yang paling penting (FAO, 2023).

Kerapatan massa tanah sangat erat kaitannya dengan distribusi akar tanaman dalam tanah. Tanah yang memiliki kerapatan massa yang lebih rendah akan lebih mudah ditembus akar tanaman. Dalamnya tanah yang dapat ditembus akar tanaman disebut dengan solum. Untuk melihat sistem perakaran dalam tanah, maka perlu dilakukan perbandingan jumlah dan ukuran akar dalam satuan luasan horizon dalam profil tanah. Perakaran tanaman dalam profil tanah dapat dikelompokkan menjadi, yaitu; (1) banyak sekali, apabila seluruh horizon didominasi ($> 75\%$) oleh perakaran tanaman, (2) banyak, apabila $> 35\%$ luas horizon dipenuhi oleh perakaran, (3) sedang, apabila banyak akar menjalar di hampir semua horizon, (4) sedikit, apabila $< 20\%$ horizon dipenuhi akar, dan (5) tanpa, jika tidak ditemukan perakaran sama sekali dalam profil tanah. Agar lebih lengkap perlu dilakukan pengamatan vegetasi yang tumbuh di atasnya.

Tekstur tanah dan BD tanah sangat erat kaitannya, tanah dapat mengalami pemadatan yang berimplikasi terhadap perakaran tanaman. *United States of Agriculture* (USDA) mengemukakan hubungan BD tanah dengan pertumbuhan akar dan tekstur tanah, tercantum pada Tabel 3.3

Tabel 3.3. Hubungan umum antara bulk density (BD) tanah dengan pertumbuhan akar berdasarkan tekstur tanah* (USDA, 2019)

Tekstur tanah	BD yang ideal untuk pertumbuhan tanaman (gram/cm ³)	BD yang memengaruhi pertumbuhan akar (gram/cm ³)	BD yang membatasi pertumbuhan akar (gram/cm ³)
Pasir, pasir berlempung	<1,60	1,69	>1,80
Lempung berpasir, lempung	<1,40	1,63	>1,80
Lempung liat berpasir, lempung liat	<1,40	1,60	>1,75
Debu, lempung berdebu	<1,40	1,60	>1,75
Lempung berdebu, lempung liat berdebu	<1,40	1,55	>1,65
Liat berpasir, liat berdebu, lempung liat	<1,10	1,49	>1,58
Liat (liat >45%)	<1,10	1,39	>1,47

*Tidak berlaku untuk tanah liat merah dan tanah abu vulkanik

Sedikit yang mengungkapkan bahwa masalah tanah atau lahan yang diusahakannya terletak pada BD tanah, tetapi sangat banyak yang mengatakan tanahnya kurang subur karena unsur hara yang rendah, sehingga dilakukan pemupukan. Pupuk yang diberikan ke dalam tanah tentu menggunakan dasar perhitungan yang jelas, salah satu data yang diperlukan adalah berat tanah (Budianta, 2022), yang mana untuk memperoleh data tersebut dapat diturunkan dari nilai BD tanah. Untuk mengetahui nilai BD suatu tanah, dihitung dengan rumus $BD = \frac{\text{Berat tanah (gram)}}{\text{Volume tanah (cm}^3\text{)}}$. Berat Tanah = BD x volume tanah; sedangkan volume tanah = luas lahan x kedalaman olah.

Penelitian yang dilaporkan Sakiah *et al*, (2018), pada lahan perkebunan karet jenis tanah entisol memperlihatkan BD tanah

permukaan berada pada kisaran 1,16-1,30 gram/cm³ yang menandakan ideal untuk pertumbuhan tanaman.

Tabel 3.4 Kadar bahan organik tanah, tekstur tanah dan BD tanah pada topografi dan penutup tanah yang berbeda (Sakiah *et al*, 2018)

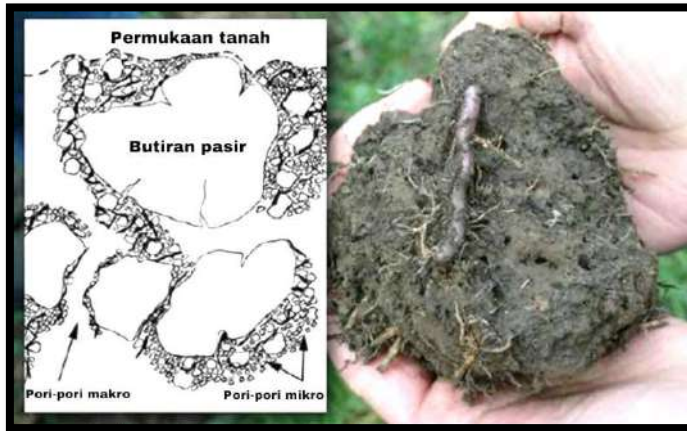
No	Topografi dan tutupan lahan	Bahan organik tanah (%)	Tekstur tanah	Bulk density (gr cm ⁻³)
1	Datar tanpa MB TBM 1	2.08	Lempung liat berpasir	1.30
2	Datar tanpa MB TBM 2	2.08	Lempung liat berpasir	1.27
3	Datar tanpa MB TBM 3	1.77	Lempung liat berpasir	1.21
4	Datar dengan MB TBM 1	2.58	Lempung liat berpasir	1.27
5	Datar dengan MB TBM 2	2.82	Lempung liat berpasir	1.20
6	Datar dengan MB TBM 3	2.35	Lempung liat berpasir	1.17
7	Berlereng tanpa MB TBM 1	0.97	Lempung liat berpasir	1.25
8	Berlerang tanpa MB TBM 2	1.94	Lempung liat berpasir	1.19
9	Berlereng tanpa MB TBM 3	1.41	Lempung liat berpasir	1.25
10	Berlereng dengan MB TBM 1	1.98	Lempung berpasir	1.27
11	Berlereng dengan MB TBM 2	1.98	Lempung liat berpasir	1.25
12	Berlereng dengan MB TBM 3	2.68	Pasir berlempung	1.16

Keterangan : MB (Mucuna bracteate); TBM (Tanaman Belum Menghasilkan)

3.6 Pori-pori Tanah

Tanah terdiri dari bahan padatan, diantara bahan tersebut terdapat ruang yang diisi oleh udara dan air, yang disebut dengan pori-pori. Fase padat tanah adalah totalitas semua partikel tanah yang ada dalam bentuk padat (padatan), terlepas dari komposisinya, dan termasuk mineral (primer dan sekunder) dan bahan organik mati. Sedangkan pori-pori tanah adalah celah di dalam tanah yang disebabkan oleh pedogenesis atau diwarisi dari bahan induk (Yudina dan Kuzyakov, 2023). Pori-pori tanah dapat berada di antara dan di

dalam agregat. Pori-pori yang terbentuk di antara agregat berukuran lebih besar (makropori), umumnya berdiameter lebih dari 0,08 mm. Mikropori adalah pori-pori kecil yang biasanya ditemukan di dalam agregat tanah (Gambar 3.11).



Gambar 3.11. Agregat dan pori-pori tanah (USDA, 2008b)

Volume pori dapat menampung udara dan air secara bersamaan. Air dapat ditransfer ke lapisan dalam dan dengan demikian mengisi ulang permukaan air tanah, atau dapat ditahan di lapisan yang dekat dengan permukaan oleh gaya kapiler, sehingga lebih banyak tersedia untuk tanaman. Udara yang terkandung dalam volume pori-pori diperlukan untuk berfungsinya sistem akar tanaman (USDA, 2008a).

3.7. Kadar Air Tanah

Kadar air tanah menunjukkan jumlah air yang terdapat dalam tanah. Umumnya dinyatakan sebagai jumlah air yang ada di

kedalaman satu meter tanah. Misalnya, bila jumlah air sebesar 150 mm ada di kedalaman satu meter tanah, kadar air tanah adalah 150 mm/m. Kadar air tanah juga dapat dinyatakan dalam persen volume. Misalnya, luas permukaan tanah 1 m^2 , kedalaman 1 m mengandung $0,15\text{ m}^3$ air. Dalam persen volume diperoleh : $0,15\text{ m}^3/1\text{ m}^3 \times 100\% = 15\%$.

Ketika hujan turun hingga menggenangi tanah, pori-pori tanah akan terisi air. Jika semua pori tanah terisi air, tanah dikatakan jenuh. Dalam kondisi jenuh, tidak ada udara yang tersisa di dalam tanah. Setelah hujan berhenti, sebagian air yang ada di pori-pori yang lebih besar akan bergerak ke bawah. Proses ini disebut drainase atau perkolasi. Pada tanah bertekstur kasar (pasir), drainase selesai dalam waktu beberapa jam, namun pada tanah bertekstur halus (liat) memakan waktu lebih lama. Setelah drainase berhenti, pori-pori makro terisi dengan udara dan air, sementara pori-pori mikro masih terisi air. Pada tahap ini tanah dikatakan berada pada kapasitas lapang. Pada kapasitas lapang, kandungan air dan udara dalam tanah dianggap ideal untuk pertumbuhan tanaman. Sedikit demi sedikit, air yang tersimpan di dalam tanah diserap oleh akar tanaman atau menguap ke atmosfer, jika tidak ada air tambahan yang disuplai ke tanah, tanah akan mengering secara bertahap. Semakin kering tanah, semakin kuat air yang tersisa bertahan dan semakin sulit akar tanaman untuk menyerapnya. Pada tahap tertentu, penyerapan air tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman, tanaman kehilangan kesegarannya dan layu, daun berubah warna dari hijau menjadi kuning kemudian tanaman mati. Kandungan air tanah pada tahap saat tanaman mati disebut titik layu permanen.

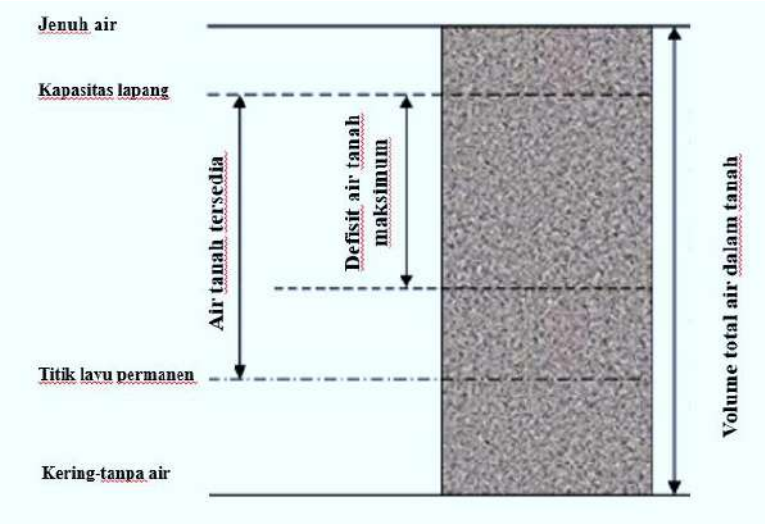
Tanah dapat diibaratkan sebagai reservoir air bagi tanaman. Ketika tanah jenuh, reservoir tersebut akan penuh. Akan tetapi, sebagian air akan terkuras dengan cepat di bawah zona akar sebelum tanaman dapat menggunakannya. Ketika hal ini terjadi, air telah terkuras habis, tanah berada pada kapasitas lapang. Akar tanaman mengambil air dari air yang tersisa di reservoir. Ketika tanah mencapai titik layu permanen, air yang tersisa tidak lagi tersedia bagi tanaman.

Jumlah air yang sebenarnya tersedia bagi tanaman adalah jumlah air yang tersimpan dalam tanah pada kapasitas lapang dikurangi air yang akan tetap berada di dalam tanah pada titik layu permanen. Kadar air yang tersedia sangat bergantung pada tekstur dan struktur tanah (Rai dan Singh, 2017a).

Tabel 3.5 Kadar air tersedia untuk berbagai tekstur tanah (Rai *et al.*, 2017a)

Tekstur	Kapasitas air tersedia (cm/m)	
	Rentang	Rata-rata
Pasir kasar	2,08-6,25	4,17
Pasir halus	6,25-8,33	7,29
Pasir berlempung	9,17-10,00	9,58
Lempung berpasir	10,42-11,67	11,04
Lempung berpasir halus	12,50-16,67	14,58
Lempung berdebu	16,67-20,83	18,75
Lempung liat berdebu	15,00-16,67	15,83
Liat berdebu	12,50-14,47	13,33
Liat	10,00-12,50	11,25

Interpretasi fisik dari status kadar air tanah divisualisasikan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Visualisasi status kadar air (*moisture*) tanah (Rai dan Singh, 2017a)

IV. DASAR- DASAR BIOLOGI TANAH

Mengapa kedudukan tanah begitu penting dalam menopang kehidupan? Ini tidak lain karena seluruh makhluk hidup ternyata tersusun oleh anasir-anasir yang sebagian besar berasal dari tanah. Anasir-anasir ini diserap oleh makhluk hidup melalui Rantai Makanan dengan tanaman berada di garda terdepan. Tanaman melalui akarnya menyerap anasir-anasir tanah yang disebut Unsur Hara dan kemudian memanfaatkannya untuk menyimpan energi yang berasal dari matahari dalam bentuk senyawa-senyawa kimia. Senyawa-senyawa kimia ini, di antaranya dalam bentuk gula, protein, dan lemak, kemudian dimanfaatkan oleh hewan dan manusia melalui rantai makanan. Selain memanfaatkan energi matahari yang sudah diubah dalam bentuk senyawa kimia, hewan dan manusia juga memanfaatkan unsur hara penyusun senyawa kimia tersebut, yang asal usulnya adalah dari dalam tanah. Dengan cara seperti ini, kehidupan di atas tanah dapat berlangsung ribuan bahkan jutaan tahun, dengan matahari sebagai Sumber Energi, tanaman sebagai penangkap dan penerus energi sekaligus sebagai Produsen kemasakan energi matahari dalam bentuk makanan serta hewan dan manusia sebagai Konsumer. Akibatnya, hewan dan manusia sangat tergantung pada tanaman, sedangkan tanaman sangat tergantung pada tanah (Salam, 2020).

Di dalam tanah, unsur hara kebutuhan tanaman berada dalam berbagai bentuk. Sebagian unsur hara terdapat di dalam Air Tanah. Sebagian lagi terdapat di dalam Padatan Tanah, baik sebagai bagian struktural dari maupun terikat pada bahan mineral (bahan nir-organik) maupun bahan nir-mineral (bahan organik). Melalui akarnya, tanaman

menyerap unsur hara dari air tanah, yang berbatasan langsung dengan padatan tanah. Unsur hara di dalam air tanah bersifat sangat dinamis; dapat meningkat dan menurun tergantung pada faktor masukan dari padatan tanah dan faktor keluaran akibat penyerapan oleh akar tanaman dan mekanisme-mekanisme lain. Selain dapat diserap oleh akar tanaman, unsur hara di dalam air tanah dapat pula mengalami pencucian (*leaching*) oleh air perkolasi yang bergerak di dalam tubuh tanah akibat gaya gravitasi bumi. Kehilangan melalui proses Penyerapan oleh akar tanaman maupun melalui proses Pencucian dapat menurunkan konsentrasi unsur hara di dalam air tanah. Dalam keadaan ideal, penurunan konsentrasi ini akan disangga oleh unsur hara yang berasal dari padatan tanah, sehingga konsentrasi unsur hara di dalam air tanah akan terjaga dengan baik (Firmansyah, 2009).

Penyanggaan konsentrasi unsur hara di dalam air tanah dilakukan oleh unsur hara yang dibebaskan dari padatan tanah melalui berbagai proses kimia tanah. Proses pembebasan unsur hara dari padatan tanah terdiri atas:

- 1) Desorpsi Ion yang terikat pada padatan tanah (organik dan nir-organik)
- 2) Pelapukan padatan mineral (nir-organik), dan
- 3) Dekomposisi padatan nir-mineral (organik).

Proses pembebasan akan berlangsung selama konsentrasi unsur hara di dalam air tanah relatif rendah dan kondisi kesetimbangan belum tercapai. Bila konsentrasi unsur hara di dalam air tanah terlalu tinggi, proses pembebasan unsur hara dengan sendirinya akan terhenti atau terhambat. Dalam keadaan demikian, sebagian unsur hara yang larut dalam air tanah bahkan akan terikat

oleh atau mengendap menjadi padatan tanah melalui reaksi Adsorpsi dan/atau Pengendapan. Hubungan fisika-kimia antara air tanah dan padatan tanah merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan peranan tanah sebagai sokoguru kehidupan. Semakin tinggi kandungan unsur hara di dalam padatan tanah (Tanah Subur) dan semakin cepat pembebasannya ke dalam air tanah akan semakin baik pula peranan tanah dalam menunjang kehidupan. Sebaliknya, semakin miskin tanah (Tanah Miskin) akan semakin rendah jumlah dan kecepatan pasokan unsur haranya ke dalam air tanah, sehingga akan semakin lemah peranan tanah dalam menopang kehidupan. Tanah seperti ini biasanya memerlukan pemupukan untuk meningkatkan kesuburannya sehingga dapat memasok unsur hara dalam jumlah dan kecepatan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (Dani dan Prima, 2022).

4.1. Manfaat Biologi Tanah

Peranan populasi biologi tanah terhadap pertumbuhan tanaman dapat berlangsung melalui peningkatan daur dan ketersediaan hara tanaman, tanaman, memperbaiki sifat fisik tanah, sebagai predator ataupun sebagai hama-penyakit tanaman. Aktivitas organisme tanah yang merupakan organisme heterotrof akan berlangsung apabila tersedia bahan organik sebagai sumber energi. Pemberian bahan organik ke dalam tanah meningkatkan aktivitas biologi tanah, selanjutnya mengurangi erosi, memper- tahankan kelembaban tanah, mengendalikan pH tanah, memperbaiki drainase, mencegah pengerasan dan retakan, dan meningkatkan kapasitas pertukaran ion. Tanpa adanya aktivitas organisme tanah, bahan organik tersebut akan

tetap utuh di dalam tanah dan bahkan dapat mengganggu sistem produksi tanaman. Penurunan jumlah dan kualitas bahan organik serta aktivitas biologi maupun keanekaragaman spesies fauna tanah merupakan bentuk degradasi tanah yang penting untuk tanah tropika basah. Fauna tanah adalah hewan yang secara permanen merupakan komponen ekosistem tanah yang salah satu atau lebih phase dalam siklus hidupnya berada dalam tanah atau serasah tanah. Peranan penting organisme tanah untuk diperhatikan dalam evaluasi kesesuaian lahan pertanian agar sistem produksi efektif dan aman bagi lingkungan menurut Subowo et al (1907) sebagai berikut:

1. Peranan organisme tanah mengendalikan daur energi dan hara di dalam tanah

Tanah di kawasan tropika basah didominasi oleh tanah-tanah tua yang memiliki kondisi fisika cukup baik: stabilitas, struktur, hidrolik konduktivitas, dan aerasi. Namun kondisi kimia kurang baik: kekahatan hara, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kapasitas tanah menahan air rendah, sematan P tinggi, dan Al/Fe dapat meracun tanaman. Perpanjangan daur energi dan hara merupakan langkah yang penting untuk mengurangi laju penyusutan bahan organik tanah dan juga menahan kehilangan hara/pupuk dalam ekosistem tanah

2. Organisme tanah autotrof seperti alga

Sebagian bakteri tanah dapat memanfaatkan hara bebas yang tidak dimanfaatkan oleh akar tanaman, sehingga dapat terhindar dari pencucian. Demikian pula organisme tanah heterotrof seperti fauna, fungi dan sebagian bakteri tanah dapat memperpanjang daur energi dan hara dari bahan organik, sehingga dapat secara bertahap

dilepaskan kembali ke dalam tanah untuk dimanfaatkan oleh organisme lainnya. Ketersediaan hara P dalam tanah tanpa dukungan organisme tanah akan sangat sulit untuk dapat tersedia bagi tanaman.

3. Peranan organisme tanah meningkatkan ketersediaan hara tanaman.

Pelepasan hara tanaman yang berasal dari bahan induk tanah ataupun dari bahan organik diawali oleh proses mineralisasi. Proses mineralisasi ini berlangsung secara fisiko-kimia ataupun oleh aktivitas biologis yang dalam kenyataan di lapangan kedua proses ini selalu berlangsung bersama-sama saling melengkapi satu dengan yang lain.

Tanpa adanya peran organisme tanah mineralisasi/dekomposisi mineral ataupun bahan organik tanah berlangsung lambat. Adanya aktivitas perombakan bahan organik, hara-hara yang terkandung di dalamnya dilepaskan dalam bentuk tersedia bagi tanaman, baik hara makro maupun mikro. Selain itu beberapa organisme tanah mampu memanfaatkan hara dari udara seperti N_2 -bebas yang hidup bebas ataupun bersimbiose dengan tanaman dan selanjutnya dapat tersedia bagi tanaman.

4. Peranan organisme tanah terhadap sifat fisik tanah untuk tanaman

Tanpa adanya perlakuan pemupukan yang cukup jelajah akar tanaman semusim yang berakar dangkal akan banyak mengalami hambatan dan pertumbuhan tanaman menjadi merana. Demikian juga jelajah akar tanaman tahunan yang berakar dalam pada tahap awal pertumbuhan mengalami hambatan akibat tertahan oleh lapisan padat di subsoil. Untuk memperbaiki kondisi fisik tanah ini dapat diupayakan dengan perbaikan stabilitas agregat tanah,

perbaikan aerasi tanah di lapisan argilik dan pencampuran kembali tanah lapisan bawah dengan lapisan atas. Perbaikan sifat fisik secara mekanik bersamaan adanya tanaman akan merusak perakaran tanam.

5. Peranan organisme tanah sebagai predator hama- penyakit bawaan tanah

Kasus peledakan hama-penyakit bawaan tanah belakangan ini sering terjadi sebagai akibat parameter populasi organisme hama-penyakit tanah belum digunakan sebagai parameter dalam kriteria evaluasi kesesuaian lahan untuk pertanian. Pada kondisi ekosistem klimaks, populasi masing-masing komunitas pada prinsipnya berada pada posisi saling mengendalikan dan berada pada keseimbangan (stabil). Namun apabila terjadi goncangan/ perubahan lingkungan akan mengalami perubahan untuk menuju kesetimbangan baru.

4.2. Faktor- Faktor Yang Memengaruhi Biologi Tanah

Bahan organik tanah memengaruhi kesuburan tanah. Bahan organik merupakan sumber unsur hara dalam tanah. Bahan organik memengaruhi kesuburan tanah secara tidak langsung. Bahan organik berperan penting dalam memperbaiki kesuburan fisik tanah. Bahan organik memengaruhi agregasi tanah yang berpengaruh terhadap infiltrasi, pergerakan dan retensi air tanah, aerasi tanah dan penetrasi akar. Bahan organik juga memengaruhi sifat biologi tanah. Bahan organik juga meningkatkan aktivitas mikroba dalam proses dekomposisi bahan organik. Tanah yang kaya bahan organik adalah tanah yang sangat subur (Kriswanto, Safriyanti and Bahri, 2016).

Kandungan bahan organik merupakan indikator penting dalam kesuburan tanah. Bahan organik bersifat multifungsi dalam tanah. Bahan organik mampu merubah sifat-sifat tanah, baik sifat fisik, kimia maupun sifat biologi tanah. Bahan organik mempunyai peran multifungsi, yaitu mampu merubah sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologi tanah. Selain itu bahan organik juga mampu berperan mengaktifkan persenyawaan yang ditimbulkan dari dinamikanya sebagai ZPT (zat pengatur tumbuh), sumber Enzim (katalisator reaksi-reaksi persenyawaan dalam metabolisme kehidupan) dan Biocide (obat pembasmi penyakit dan hama dari bahan organik). Bahan organik dikatakan mampu merubah sifat fisik tanah, karena kondisi fisik tanah yang keras/liat (pejal) akan dapat berubah menjadi tanah yang gembur oleh adanya bahan organik. Akibatnya porositas dan permeabilitas tanah semakin baik sehingga aerasi udara meningkat, ini bermanfaat untuk menghindari kejenuhan air yang menyebabkan kebusukan akar (Purba *et al.*, 2021).

4.3. Pembagian Biologi Tanah

Tanah merupakan suatu komponen penting dalam modal dasar pertanian. Sifat, ciri dan tingkat kesuburan (produktivitas) nya, tanah sangat di pengaruhi oleh sifat kimia, fisika dan biologi tanah. Biologi tanah adalah ilmu yang mempelajari makhluk-makhluk hidup di dalam tanah. Karena ada bagian-bagian hidup di dalam tanah, maka tanah itu disebut sebagai "Living System" contohnya akar tanaman dan organisme lainnya di dalam tanah.

4.3.1. Flora Tanah

Makro flora adalah akar dari tumbuhan tingkat tinggi yang berada dalam tanah. Makro flora tanah diklasifikasikan menjadi 3 yaitu:

Ganggang

Ganggang merupakan protista yang bersifat *fotoautotrof* atau yang dapat membuat makanannya sendiri dengan cara berfotosintesis. Ganggang dapat dengan mudah ditemukan di air tawar maupun air laut. Ada yang hidup dengan cara menempel di suatu tempat atau melayang-layang di air. Alga merupakan tumbuhan nonvascular yang memiliki bentuk thalli beragam, yaitu uniseluler atau *multiseluler*, dan berpigmen fotosintetik. Dalam dunia tumbuhan alga (ganggang) termasuk kedalam dunia *tallophyta* (tumbuhan talus), karena belum mempunyai akar, batang dan daun secara jelas (Rahayu, 2021).

Alga (ganggang) bersifat *autotrof* (dapat menyusun makanannya sendiri). Hampir semua alga bersifat eukaryotik. Habitat hidupnya di air tawar, laut dan tempat-tempat yang lembab. Alga (ganggang) terbagi menjadi beberapa kelas yaitu *Cyanophyta* (ganggang biru), masih *prokaryotic*, *Chlorophyta* (ganggang hijau), *Chrysophyta* (ganggang keemasan), *Phaeophyta* (ganggang coklat) dan *Rhodophyta* (ganggang merah). Pada tubuh ganggang sendiri terdapat zat warna (pigmen), diantaranya:

- Fikosianin : Warna biru
- Klorofil : Warna hijau
- Fikosantin : Warna perang atau coklat
- Fikoeritrin : Warna merah karoten atau warna keemasan

- Xantofil : Warna kuning

Cendawan

Jamur dalam bahasa Indonesia disebut “Cendawan” dan dalam istilah botani disebut “*Fungi*” termasuk golongan tumbuhan sederhana karena tidak berklorofil. Tumbuhan sederhana, berinti, berspora, tidak berklorofil, berupa sel atau sejumlah sel dalam bentuk benang-benang (*misella*) yang bercabang-cabang. Tubuh jamur terdiri satu atau beberapa sel yang berbentuk tabung bersekat-sekat atau tidak bersekat, hidup pada bahan atau media tumbuh yang telah mengandung nutrisi yang dibutuhkannya (*Autotropik*).

Jamur terdiri dari khamir dan kapang. Khamir merupakan fungi yang tidak dilengkapi flagelum atau organ-organ penggerak lainnya, kapang terdiri dari dua bagian: miselium dan spora. Khamir merupakan flora alami pada bahan makanan dan pada kondisi lingkungan yang mendukung khamir dapat tumbuh dan merusak bahan pangan. Kerusakan produk pangan oleh khamir dapat menyebabkan kerugian dan memengaruhi penerimaan oleh konsumen. Beberapa khamir memiliki kemampuan untuk tumbuh dan menyebabkan kerusakan produk dengan kandungan gula tinggi dan memiliki pH rendah (Rofiqoh dan Martuti, 2015).

Bakteri aerob dan anaerob

Bakteri Anaerob dan Aerob, keduanya memiliki kemampuan pengurai yang baik satu dengan yang lain. Keduanya dibedakan berdasarkan cara hidup mereka terhadap suplai oksigen. Bakteri Aerob merupakan mikroba yang tak bisa hidup tanpa Oksigen atau O_2 . Bagi bakteri Aerob, kelangsungan hidup mereka tergantung pada oksigen. O_2 dimanfaatkan sebagai proses berkembang biak, pertumbuhan

dan kelangsungan hidup salah satu jenis bakteri pengurai ini untuk mendapat suplai oksigen cukup. Sementara bakteri Anaerob merupakan mikroba yang dapat hidup meski di lingkungan sekitar tidak terkandung oksigen. Dengan kata lain, jenis bakteri ini pada dasarnya bisa hidup tanpa udara di sekitar. Bakteri aerobik hidup dalam koloni untuk membentuk flok berenang bersama di air dan kolam limbah. Bakteri juga suka menempel pada media untuk membentuk biofilm. Biofilm membuat bakteri lebih tahan terhadap gangguan eksternal. Selain itu, koloni dapat membentuk nutrisi sendiri, karena bakteri mati dapat melengkapi bakteri hidup (Zuhriah, Sennang and ER, 2016).

Fungsi dan kegunaan bakteri Aerob menurut Zuhriah et al. (2016) yakni:

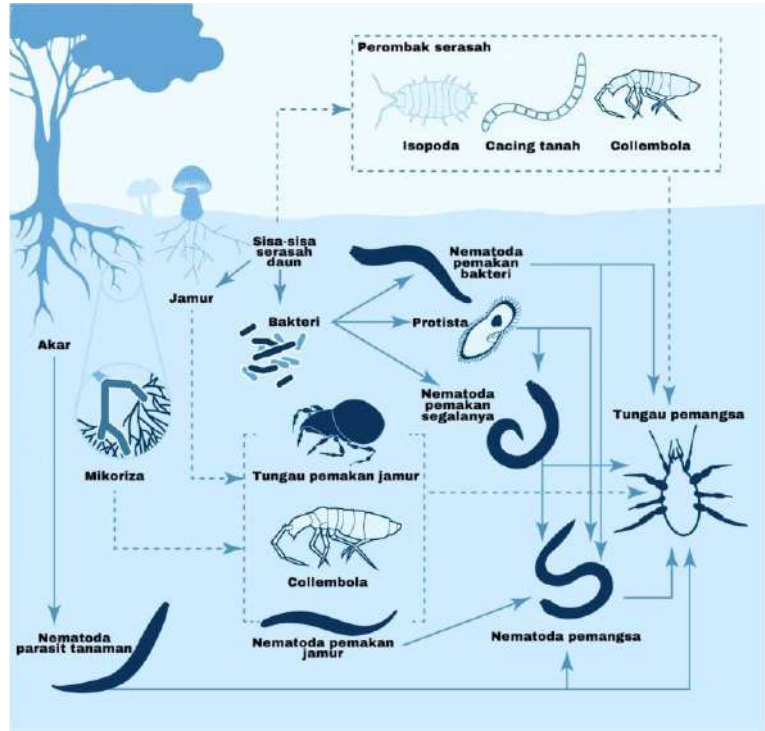
- Mempercepat pertumbuhan mikroorganisme sistem pengolahan air limbah (WWT) selama start-up.
- Mempercepat pemulihan sistem WWT dari kondisi beban kejut.
- Mengoptimalkan kinerja bakteri pada parameter organik rendah dalam air limbah.
- Reaksi cepat untuk mengurangi bau air limbah.
- Mengurangi / menghancurkan senyawa amonia, COD, BOD, fosfat.
- Memecah minyak/pelumas, protein, lumpur & lumpur terapung.
- Meningkatkan dominasi populasi bakteri positif di kolam limbah.
- Menjaga stabilitas pH & memurnikan air limbah.
- Mengurai lumpur septic tank hingga 50-70%.
- Mengurangi polusi air tanah.

Bakteri juga berperan dalam proses penguraian bahan berbahaya di dalam tanah, atau mengurangi resiko bahaya tersebut. Proses ini disebut dengan bioremediasi. Bakteri yang dapat melakukan bioremediasi tanah yang tercemar diantaranya adalah *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Klebsiella*, *Microbacterium*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* dan *Vibro*. Pada lokasi yang tercemar minyak bumi dengan hidrokarbon, bakteri tersebut dapat tumbuh dan memanfaatkan hidrokarbon sebagai karbon. Namun pada beberapa lokasi tercemar minyak bumi, bakteri tidak mampu melakukan bioremediasi karena populasinya yang kurang, sehingga diperlukan adanya inokulasi untuk mengoptimalkan proses bioremediasi.

Mikro flora merupakan organism autotrof berperan mengikat hara bebas dan menghasilkan senyawa organik, dan bersama mikrofauna memperkuat pembentukan agregat tanah. Mikroflora yang tergolong fototrof meliputi alga, sianobakter, bakteri lembayung dan hijau. yang tergolong fotoheterotrof adalah bakteri lembayung non sulfur, dan heliobakteri (bakteri pembentuk endospora, *Bacillus* dan *Clostridium*). Mikroflora yang tergolong kemotrof antara lain bakteri pengoksidasi NH_4^+ (*Nitrobacter*), dan pengoksidasi nitrit. Kelompok mikroflora kemototrof dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu: kelompok yang menggunakan CO_2 antara lain bakteri *Nitrosomonas*, bakteri pengoksidasi sulfur (*Thiobacillus thiooxidans*), bakteri pengoksidasi Fe (*Thiobacillus ferrooxidans*) kelompok yang menggunakan H_2CO_3 , contoh *Pseudomonas* sp. Mikroflora yang termasuk kelompok kemoheterotrof adalah bakteri perombak selulosa (Dani dan Prima, 2022).

4.3.2. Fauna Tanah

Tanah merupakan sumber daya alam yang penting bagi sejumlah ekosistem dan proses biosfer seperti produksi tanaman, siklus bahan organik dan nutrisi, penyimpanan C dan air, dan pelepasan N₂O, CO₂ dan metana. Tanah adalah sistem hidup yang mengandung berbagai jenis organisme dengan fungsi berbeda. Setiap jenis tanah mempunyai sifat kimia, fisika maupun biologi yang berbeda-beda. Komponen biologi tanah meliputi bagian yang berperan dalam proses biologi baik itu organisme tanah (mikroorganisme dan fauna tanah) maupun lingkungan yang memengaruhinya. Fauna tanah keberadaannya tergantung pada faktor biotik dan abiotik, di antaranya kondisi ekosistem, jenis tanah dan tingkat pengelolaannya (Purba *et al.*, 2021)



Gambar 4.1. Struktur organisme fauna tanah (Dani dan Prima, 2022)

Fauna tanah adalah salah satu organisme tanah baik yang ada di permukaan maupun di dalam tanah, yang sebagian dan/atau seluruh siklus hidupnya di dalam tanah berperan penting dalam proses perombakan bahan organik, agregasi, ketersediaan, dan siklus hara, sehingga memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah dan pada akhirnya dapat meningkatkan produktivitas lahan. Fauna tanah merupakan salah satu kelompok heterotrof utama di dalam tanah yang berperan dalam proses dekomposisi dan siklus karbon. Faktor lingkungan seperti bahan organik sebagai sumber ketersediaan karbon dan nutrisi sangat memengaruhi keberadaan fauna tanah. Keberadaan, kelimpahan, dan keanekaragaman fauna tanah tergantung pada tipologi lahan, penggunaan lahan dan pengelolaan. Pengelolaan tanah sulfat masam memberikan dampak secara ekologis, sehingga perlu upaya meminimalkan atau mengurangi dampak ekologis tersebut (Puspitorini dan Iqbal, 2015).

Ekologi

Istilah ekologi pertama kali disampaikan oleh Ernst Haeckel pada tahun 1866 yaitu ilmu yang mempelajari hubungan antarorganisme dengan lingkungannya. Selanjutnya Burdon-Sanderson tahun 1893 menyatakan ekologi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara tanaman dan hewan, serta keberadaannya pada masa lampau dan masa kini.

Keberadaan fauna tanah sangat dipengaruhi oleh faktor abiotik antara lain 1). Kelembapan tanah, kelembapan mengontrol aktivitas bergerak dan makan. 2). Suhu tanah 3). pH tanah, akan menentukan jenis hewan yang bisa hidup dan beradaptasi 4. Kadar bahan organik,

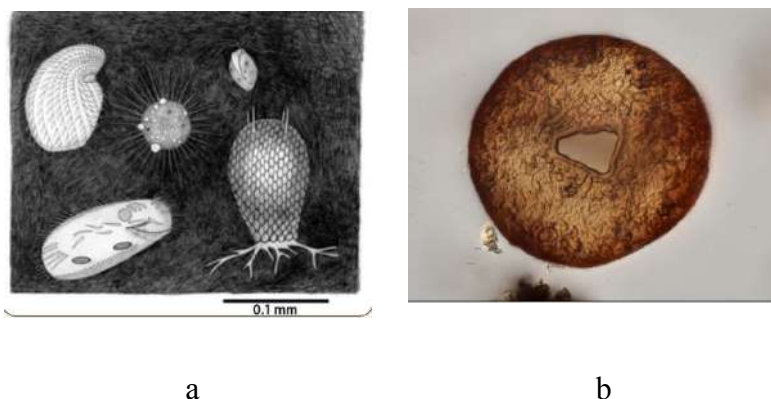
fauna sangat dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik tanah sebagai sumber energi. Penggunaan lahan memengaruhi diversitas dan populasi makrofauna tanah. Status bahan organik tanah memengaruhi jumlah fauna tanah yang ada di lahan rehabilitasi pasca-tambang (Ritonga and Rauf, 2016).

Keanekaragaman

Berdasarkan ukuran tubuhnya, fauna tanah dibedakan menjadi empat kelompok yaitu mikrofauna, mesofauna, makrofauna, dan megafauna.

A. Mikrofauna

Mikrofauna adalah fauna tanah yang memiliki ukuran diameter tubuh antara 0,02-0,2 Peranan dari mikrofauna tanah pada sifat fisik dan kimia memerankan mikroba (fungi, bakteri, protozoa dan lain-lain) dalam proses perombakan bahan-bahan di dalam tanah. Di dalam tanah mikrofauna berinteraksi dengan makrofauna yang berperan dalam menjaga kesuburan tanah dengan cara menyediakan unsur hara bagi tanaman. Mikrofauna mengendalikan populasi organisme patogen/ racun, memperbaiki struktur tanah, mineralisasi dan pelepasan unsur hara, mencampur bahan organik dengan tanah, dan membantu pendistribusian mikroba. Mikrofauna dapat dibagi menjadi 2 kelompok besar yaitu nematoda dan protozoa.



Gambar 4.2 (a) Protozoa (b) Amuba (Sumber : (Potapov *et al.*, 2020))

Nematoda adalah cacing gelang tidak bersegmen. Nematoda menjadi mikrofauna penting selain protozoa yang memiliki keragaman tinggi dan merupakan hewan mikroskopik dengan panjang tubuh $< 2\text{mm}$ dengan diameter $0,05\text{ mm}$. Nematoda sangat sering digunakan menjadi bioindikator karena informasi taksonomi dan peranan makanannya yang cukup tersedia. Nematoda juga menempati posisi sentral pada jaringan makanan seresah. Hewan yang termasuk nematoda adalah *Ominvorious* dan *Perdaceus*. Nematoda tanah dikelompokkan berdasarkan kebutuhan makanan seperti pemakan akar, pemakan rambut akar, pemakan hifa fungi, pemakan bakteri, omnivora, dan juga predator. Kelompok lain dari mikrofauna adalah protozoa yang mempunyai ciri bersel tunggal, memiliki membran nukleas, dapat hidup sendiri ataupun berkelompok, merupakan parasit, dan bergerak menggunakan kaki semua, silia, atau flagella. Jenis protozoa yang banyak dijumpai di tanah basah adalah flagellata. Flagellata bergerak menggunakan flagel yang digunakan juga sebagai alat indra dan alat bantu menangkap makanan. Peran protozoa dalam tanah yaitu dapat menjaga kesuburan tanah dengan menyediakan

suplai nitrogen, mengendalikan populasi bakteri, dan sebagai indikator keberadaan sumber minyak, gas, dan mineral.



Gambar 4.3. Nematoda mikroskopis (Potapov *et al.*, 2020)

B. Mesofauna

Mesofauna tanah merupakan hewan yang hidup baik di permukaan maupun di dalam tanah dengan ukuran tubuh $100\ \mu - < 2\ \text{mm}$. Contoh mesofauna tanah menurut Dani dan Prima (2022), diantaranya yaitu :

I. *Collembola*

Collembola disebut juga sebagai ekor pegas yang merupakan binatang renik karena berukuran $0,1 - 0,9\ \text{mm}$ dan memiliki tubuh yang lunak. Habitat utama dari *Collembola* adalah permukaan tanah yang banyak mengandung humus dan seresah. Peran dari hewan ini adalah sebagai perombak bahan organik, pemakan jamur dan indikator perubahan keadaan tanah.



Gambar 4.4. Ekor pegas (*Springtails*)

II. *Acarina*

Acarina merupakan salah satu fauna tanah yang termasuk pada fillum *Arthropoda* dan kelas *Arthropoda* yang memiliki 3 pasang kaki, tubuh berukuran pendek, tidak memiliki segmen yang jelas dan tidak bersayap. *Acarina* banyak ditemukan pada akar – akar pohon, humus, dan banyak hidup pada tumpukan kayu yang telah membusuk. *Acarina* berperan untuk dekomposisi seresah, berpengaruh dalam dinamika populasi jamur, dan sebagai kontrol biologi atau predator terhadap telur dan larva nematoda lainnya.



Gambar 4.5. *Acarina* (Hopwood *et al.*, 2021; Potapov *et al.*, 2020)

III. *Enchytraeidae*

Enchytraeidae merupakan salah satu jensi cacing tanah yang termasuk ke dalam fillum *Annelida* karena tubuhnya tersusun atas segmen – segmen cincin. Peran dari *Enchytraeidae* adalah untuk menyediakan nutrisi yang mudah dimanfaatkan tanaman dari proses

metabolismenya, memperbaiki aerasi dan drainase tanah, serta dapat memperbaiki struktur tanah.

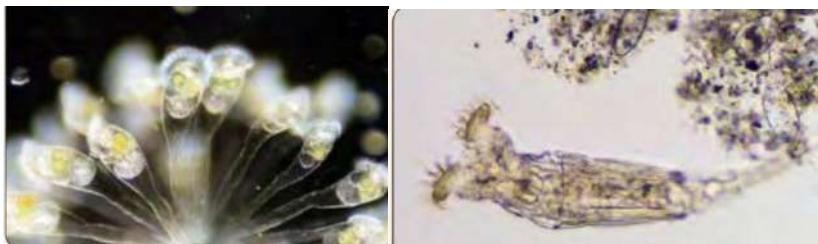


Gambar 4.6. Cacing tanah (cacing pot/potworms)
(Hopwood *et al.*, 2021)

IV. Rotifera

Rotifera merupakan salah satu dari *fillum Pseudoselomata* dengan panjang sekitar 0,1 0,5 mm. Ciri khusus dari *Rotifera* adalah memiliki *cillia* / bulu getar pada bagian kepalanya. Secara umum, mesofauna tanah ini berperan sebagai dekomposer yang mampu mengubah bahan – bahan organik menjadi unsur hara tertentu yang dapat meningkatkan kesuburan tanah. Mesofauna tanah juga dapat mempertahankan dan mengendalikan produktivitas tanah dengan meningkatkan aerasi tanah, infiltrasi air, agregasi tanah, serta mendistribusikan bahan organik tanah. Mesofauna tanah dapat menjadi indikator kesuburan tanah dan memiliki peran penting dalam proses dekomposisi bahan organik di lantai hutan karena bahan organik tanah merupakan sumber energi yang dibutuhkan mesofauna tanah untuk beraktivitas dan melanjutkan hidupnya. Semakin besar kandungan bahan organik di lantai hutan,

maka jumlah individu, jumlah jenis dan tingkat keanekaragaman jenis mesofauna tanah akan semakin tinggi



4.7. Rotifera (Hopwood *et al.*, 2021)

C. Makrofauna

Makrofauna merupakan fauna tanah yang memiliki diameter tubuh antara 2-20 mm. Secara umum makrofauna berperan besar dalam proses dekomposisi, aliran karbon, redistribusi unsur hara, siklus unsur hara, bioturbasi, dan pembentukan tanah. Peran aktif makrofauna tanah tersebut dapat mempertahankan serta meningkatkan produktivitas tanah dengan dukungan faktor lingkungan disekitarnya. Makrofauna juga berperan besar memperbaiki sifat-sifat fungsional tanah. Oleh karena itu, fauna tanah dapat dijadikan bioindikator. Contoh fauna tanah yang termasuk makrofauna adalah cacing, semut, dan rayap. Secara spesifik, makrofauna memiliki peran masing masing dalam tanah. Biomassa cacing tanah dapat menjadi bioindikator yang baik untuk mendeteksi perubahan pH, keberadaan horison organik, kelembaban tanah, dan kualitas humus. Rayap berperan dalam pembentukan struktur tanah dan dekomposisi bahan organik (Puspitorini dan Iqbal, 2015).



Gambar 4.8 Makrofauna (Hopwood *et al.*, 2021; Potapov *et al.*, 2020)

D. Megafauna

Megafauna tanah merupakan hewan yang hidup di permukaan tanah dengan ukuran tubuh berkisar antara 20-200 mm, contohnya adalah *Megascolicidae*, *Insectivore* atau Invertebrata besar lainnya yang dapat mengubah struktur tanah akibat pergerakan dan perilaku makan. Pada umumnya, megafauna tanah banyak dijumpai di permukaan tanah, seperti bekicot, serangga, cacing tanah, tikus kecil, reptil, dan amfibi. Peran megafauna tanah adalah untuk mengatur komposisi tanah, mengatur proses pelepasan unsur – unsur hara pada tanah dan pelepasannya, mengatur kompetisi antara satu tumbuhan

dengan tumbuhan lainnya, dan membantu mendistribusikan ulang bahan organik tanah serta unsur hara (Salam, 2020)

Fauna tanah memainkan peranan yang sangat vital bagi kesuburan tanah. Segala proses yang ada di dalam tanah sangat bergantung pada keberadaan fauna dalam tanah. Peranan dari fauna tanah antara lain dapat memperbaiki kesuburan tanah dengan menghancurkannya secara fisik, memecah bahan menjadi humus, menggabungkan bahan yang membusuk pada lapisan tanah bagian atas, sebagai parameter kualitas tanah dan membentuk kemantapan agregat antara bahan organik dan bahan mineral tanah. Selain itu fauna tanah berperan juga pada aliran karbon, redistribusi unsur hara, siklus unsur hara, dan pembentukan struktur tanah.

Keseluruhan peranan yang dimainkan flora dan fauna tanah ini tergambar dalam suatu aktivitas yang mengindikasikan kehidupan mereka di dalam tanah, yaitu respirasi tanah. Respirasi tanah adalah ukuran karbon dioksida (CO_2) yang dilepaskan dari tanah. Karbon dioksida dilepaskan sebagai hasil penguraian bahan organik tanah (BOT) dan serasah tanaman oleh mikroba tanah dan melalui akar tanaman serta fauna tanah. Ini adalah indikator penting dari kesehatan tanah karena mengukur tingkat aktivitas mikroba dan kandungan serta penguraian BOT. Hal ini juga mencerminkan kondisi lingkungan fisik dan kimiawi tanah. Dalam jangka pendek, tingkat respirasi tanah yang tinggi belum tentu diinginkan; hal ini dapat mengindikasikan sistem tanah yang tidak stabil dan hilangnya BOT akibat pengolahan tanah yang berlebihan atau faktor lainnya. Laju respirasi tanah juga bergantung pada faktor-faktor tanah yang dinamis, termasuk kandungan BOT, suhu, kelembaban, salinitas, pH, dan aerasi.

Aktivitas biologis organisme tanah bervariasi setiap hari dan setiap musim. Respirasi mikroba meningkat lebih dari dua kali lipat untuk setiap kenaikan suhu tanah sebesar 10°C (18°F), hingga maksimum 35-40°C (95-104°F) (USDA, 2014). Respirasi tanah pada beberapa tipe pengelolaan lahan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Respirasi tanah pada beberapa tipe pengelolaan lahan kelapa sawit

Pengelolaan lahan	Tanah pada kedalaman				Rataan
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	
	mg CO ₂				
Tanpa aplikasi tandan kosong kelapa sawit di kebun A	1.60	1.26	1.31	0.71	1.22
Aplikasi tandan kosong kelapa sawit di kebun A	2.79	2.57	2.06	1.60	2.26
(Sakiah, 2019)	Jarak dari pohon kelapa sawit ke titik sampel				
	100 cm	200 cm	300 cm	400 cm	
Lahan tanpa aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit di kebun B	0,61	0,66	0,34	0,26	0,47
Lahan aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit di kebun B	1,49	1,43	1,29	0,83	1,26
(Siahaan <i>et al.</i> , 2021)					

Sifat fauna tanah yang sensitif terhadap perubahan kondisi lahan banyak menyebabkan hilangnya fauna tanah. Oleh karena itu perlu dikurangi atau dihindarkan dari kemerosotan biodiversitas fauna tanah diantaranya penggunaan herbisida atau bahan kimia lainnya sehingga diharapkan ekosistem lahan tersebut terjaga dengan baik. Sebegitu pentingnya peran fauna dalam kesuburan tanah menjadikan perlunya cara untuk mempertahankan keberadaan fauna dalam tanah. Tanpa bantuan fauna tanah, “sang pahlawan mini” nan jauh di dalam tanah hutan, maka ekosistem akan tidak baik-baik saja (Ritonga dan Rauf, 2016).

V. MORFOLOGI TANAH

5.1. Pengertian Morfologi Tanah

Morfologi tanah menjelaskan tentang deskripsi penampakan, ciri, karakter, dan sifat umum yang ditampilkan oleh penampang tegak tanah. Ciri dan karakter ini dapat digunakan sebagai penjejak (petunjuk) dari semua pedogenesis tanah secara keseluruhan hingga kondisi tanah saat ini. Oleh karena itu, morfologi tanah mampu menjelaskan masalah genesis dan perkembangan tanah secara menyeluruh. Deskripsi morfologi tanah ini dapat dilakukan di dalam profil tanah, yang merupakan susunan horizon yang terlihat dalam anatomi tubuh tanah. Profil tanah yang akan dideskripsikan harus memenuhi tiga persyaratan utama, meliputi: (1) tegak atau vertikal, (2) baru dibangun, yang berarti tidak dipengaruhi oleh lingkungan luar, dan (3) tidak merefleksikan cahaya, yang berarti saat dilkauan deskripsi tidak langsung terkena sinar matahari.

Deskripsi morfologi tanah di lapang sangat diperlukan dalam setiap melakukan klasifikasi tanah termasuk aspek perencanaan, penggunaan, evaluasi dan pengelolaan tanah. Deskripsi morfologi tanah di lapang merupakan prasyarat utama untuk melakukan klasifikasi tanah. Pengamatan lapang yang dapat diamati dan atau terukur merupakan akibat dari proses pembentukan dan perkembangan tanah. Dengan kata lain, kita melakukan klasifikasi tanah atas dasar kemiripan morfologi dan ciri-ciri tanah yang nampak nyata. Apabila tanah memiliki kemiripan morfologi dan ciri-ciri tertentu dapat dimasukkan dalam satu kelompok. Secara garis besar,

tahap-tahapan deskripsi profil dimulai dengan kegiatan lapang sebagai berikut:

- 1) Membuat profil tanah berukuran 100 cm x 100 cm dengan kedalaman 200 cm dan profil tersebut sebaiknya pada lokasi yang mewakili bentang lahan dominan setempat.
- 2) Ukur kedalaman profil dan tentukan ketebalan dan batas-batas horizon.
- 3) Lakukan pengamatan ciri-ciri morfologi tanah yang nampak jelas dan dapat diukur, antara lain: horizon dan lapisan, batas-batas horizon, warna dan karatan, klas tekstur, struktur, konsistensi, perakaran, dan pH tanah.

5.2. Horizon dan Lapisan

Horizon tanah adalah kumpulan lapisan tanah yang muncul ketika tubuh tanah dipotong tegak (vertikal). Horizon genetik, yang terdiri dari lapisan-lapisan tanah yang sejajar dengan permukaan tanah yang mencerminkan jejak hasil proses pembentukan dan perkembangan tanah, atau perubahan sifat tanah, yang disebabkan oleh proses pedogenesis tanah. Horizon genetik jelas tidak identik dengan horizon penciri.

Simbol Horizon Utama serta Horizon Peralihan

Terdapat 6 jenis horizon genetik yang diberi simbol dengan satu huruf besar dari atas ke bawah, yaitu horizon O, A, E, B, C, dan R. Simbol-simbol horizon tersebut disimpulkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1. Simbol-simbol horizon utama

Simbol	Uraian
Horizon O	Didominasi oleh bahan organik baik dalam keadaan jenuh atau tidak jenuh air dengan kandungan bahan organik > 30 %.
Horizon A	Tanah mineral yang memiliki salah satu atau kedua sifat berikut: (1) terdiri dari akumulasi bahan organik halus dan mineral yang tidak didominasi oleh horizon E dan B; atau (2) menunjukkan sifat yang dihasilkan dari pengolahan tanah.
Horizon E	Horizon eluviasi terjadi pada tanah mineral dan menyebabkan pencucian liat silika, besi, alumina, atau kombinasi dari mereka bersama dengan bahan organik. Akibatnya, pasir dan debu tertinggal dan tanah umumnya berwarna pucat. Horizon A dan B di bawahnya memiliki warna yang lebih terang.
Horizon B	Terletak di bawah horizon O, A, atau E dan memiliki salah satu karakteristik berikut: (1) Terdapat penimbunan liat, besi, aluminium, humus, CaCO_3 , atau Si (salah satu atau kombinasinya); (2) Tempat penimbunan Fe_2O_3 dan Al_2O_3 karena pencucian Si; (3) Memiliki warna kroma tinggi dan nilai rendah atau HUE lebih merah daripada horizon di atas atau di bawahnya; dan atau (4) Memiliki struktur granular, gumpal, atau prismatik.
Horizon C	Tidak termasuk batuan keras yang sedikit dipengaruhi oleh proses pedogenik dan memiliki sifat horizon O, A, E, atau B. Sifat-sifat ini termasuk bahan endapan, batuan yang tidak terkonsolidasi, dan bahan geologi yang dapat digali dengan cangkul ketika lembab, dan dapat hancur ketika direndam air selama 24 jam.
Horizon R	Batuan padat, masif (keras), tidak dapat digali dengan cangkul, tidak larut bila direndam dengan air selama 24 jam.

Horizon peralihan adalah horizon utama yang beralih, dan diberi simbol dengan dua huruf besar, dimana horizon utama selalu ditulis lebih dahulu daripada horizon lainnya. Meskipun tidak ada horizon utama, horizon peralihan masih digunakan. Misalnya, horizon AB tetap dipakai walaupun horizon A telah mengalami kerusakan, dan horizon BC masih dipakai walaupun horizon C telah musnah atau telah berubah jadi horizon B. Mungkin saja terjadi horizon peralihan terdiri dari dua horizon utama, misalnya satu horizon berbaur dan masuk ke horizon lainnya, jenis horizon ini digambarkan tulisan garis miring antara kedua horizon itu, misalnya horizon A/B. Secara

lengkap horizon peralihan dan horizon kombinasi disimpulkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Simbol horizon peralihan dan horizon kombinasi	
Simbol horizon	Uraian
AB	Horizon berubah dari A ke B, tetapi lebih mirip dengan A
EB	Horizon berubah dari E ke B, tetapi lebih mirip dengan E
BA	Horizon berubah dari A ke B, tetapi lebih mirip dengan B
BE	Horizon berubah dari E ke B, tetapi lebih mirip dengan B
BC	Horizon berubah dari B ke C, tetapi lebih mirip dengan B
E/B	Horizon E dan B adalah horizon kombinasi, volume horizon E lebih besar daripada horizon B.
B/E	Horizon E dan B adalah horizon kombinasi, volume horizon B lebih besar daripada horizon E.
B/C	Horizon B dan C adalah bagian dari horizon kombinasi, volume horizon B lebih besar daripada horizon C.

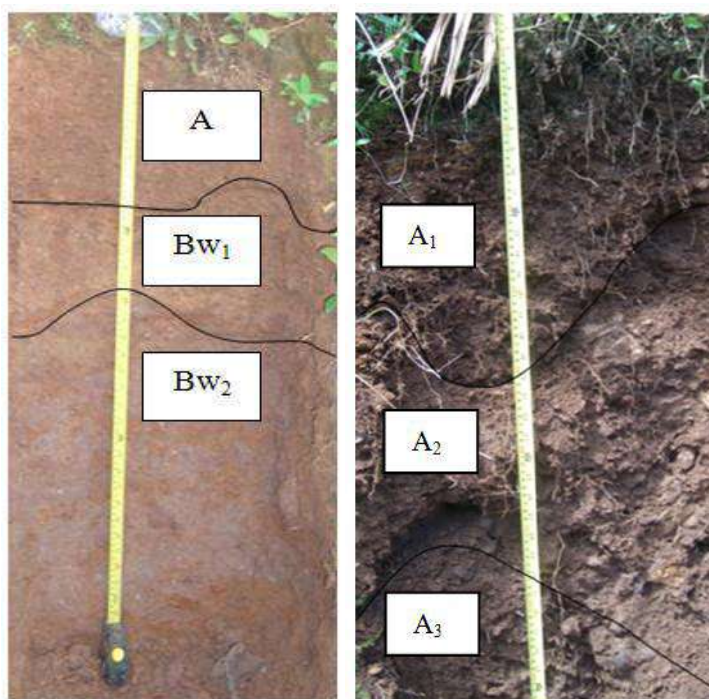
Simbol Tambahan

Simbol ini berguna untuk menunjukkan adanya karakter khusus pada horizon utama, yang dinyatakan dengan huruf kecil dan ditulis dibelakang simbol horizon utama yang bersangkutan. Berbagai contoh simbol tambahan ini disajikan pada Tabel 5.3. Sedangkan aturan penulisan simbol tambahan, yaitu:

- 1) Ditulis tepat di belakang simbol horizon utama, bersama dengan tiga simbol tambahan hingga batas tertentu.
- 2) Horizon A yang mengalami proses pengolahan tanah disimbolkan dengan Ap, apabila terdapat akumulasi karbonat disimbolkan dengan Akp, jika ada kalsium sulfat ditulis Apy.
- 3) Simbol terimbun (b) hanya diperuntukan pada tanah mineral.
- 4) Keberadaan simbol w, h, dan s tidak dibenarkan untuk digunakan bersama simbol o, k, g, n, q, y, dan z.

Tabel 5.3. Simbol tambahan dan penjelasannya

Simbol	Penjelasannya
a	Bahan organik (saprik) dengan pelapukan lanjut untuk horizon O
b	Horizon mineral tertimbun terbatas pada horizon genetik
c	Konkresi besi, mangan, atau alumina tidak digunakan untuk dolomit, kalsit, atau garam yang mudah larut lainnya.
d	Lapisan memadat sehingga akar tanaman tidak dapat menembusnya, seperti tapal bajak di sawah.
e	Bahan organik dengan pelapukan sedang, juga dikenal sebagai saprik, hanya digunakan untuk horizon organik.
g	Warna tanah dengan kroma rendah dan banyak berkarat menunjukkan gleisasi yang kuat. Horizon B dan C biasanya menggunakannya.
h	Untuk horizon B, mengumpulkan iluviasi bahan organik dan menggunakannya. Jika horizon B seskuioksida dan bahan organik yang tinggi dengan value dan kroma <3, maka simbol Bhs diberikan.
i	Fikbrik, yang merupakan bahan organik kasar, digunakan untuk horizon O.
k	
m	Akumulasi karbon dioksida, umumnya CaCO_3 . Memadas lebih dari 90 persen secara konsisten tidak dapat ditembus oleh akar kecuali pada bidang patahan. Ditulis memadas dengan perekat karbonat (km), perekat silika (qm), perekat besi (sm), perekat gipsum (ym), perekat kapur dan silika (kqm), dan perekat garam (zm)
n	ketika digabungkan dengan bahan perekatnya.
o	Terjadi akumulasi Na yang dapat dipertukarkan
p	Jumlah residual seskuioksida yang terkumpul setelah pencucian Si.
r	Proses pengolahan tanah untuk setiap horizon tanah, dengan simbol
s	Ap.
t	Batuan yang lunak atau melapuk yang digunakan untuk horizon C.
v	Penyebaran seskuioksida dan bahan organik untuk horizon B. Penimbunan liat silika.
w	Plintit adalah bahan berwarna merah, kaya besi, kurang humus dan
y	teguh atau sangat teguh saat lembab dan tidak balik saat teroksidasi.
z	Horizon B mengalami perkembangan struktur atau warna. Terjadi penimbunan gipsum (CaSO_4) Terjadi penimbunan garam yang mudah larut dari gipsum.



Gambar 5.1. Lapisan/horizon tanah pada lapis A dan B

5.3. Batas-Batas Horizon

Terdapat dua hal penting yang dibahas dalam batas-batas horizon, meliputi ketajaman batas horizon dan bentuk topografi dari peralihan horizon, yang disimpulkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Batas-batas horizon

Komponen batas	Uraian
Ketajaman batas	Nyata (tebal peralihan kurang dari 2,5 cm); Jelas (tebal peralihan antara 2,5 dan 6,5 cm); Berangsur (tebal peralihan antara 6,5 dan 12,5 cm); Baur (tebal peralihan lebih dari 12,5 cm).
Bentuk topografi	Rata adalah batas horizon datar; bergelombang adalah batas horizon bergelombang; tidak teratur adalah batas horizon tidak teratur, naik turun; dan terputus adalah batas horizon tidak menyambung.

VI. KLASIFIKASI TANAH

Sistem klasifikasi tanah terus berkembang seiring dengan perkembangan iptek tanah, ini jelas akan terus berkembang di masa mendatang. Sistem klasifikasi tanah yang baik harus memenuhi persyaratan: (1) memungkinkan dilakukan reevaluasi secara terus menerus, dan (2) mempunyai sistem terbuka dalam artian menghindari batasan-batasan yang kaku.

6.1. Sejarah Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah yang berkembang saat ini berdasarkan pemikiran ahli tanah Rusia (Dokutschajew, 1883-1990). Ia menganggap bahwa tanah dapat dilihat sebagai suatu tubuh alam (natural body), sebagai akibat aktivitas kegiatan iklim, vegetasi dan organisme lainnya. Demikian juga ahli tanah bangsa Amerika (Hilgard, 1882) dan ahli tanah Jerman (Ramann, 1918) mempunyai pemikiran atau berkembang sama dengan pemikiran Dokutschajew. Sedangkan Stremme (1926) dan Glinka (1915) lebih menekankan pada faktor-faktor pembentukan tanah lainnya disamping iklim dan vegetasi. Aarnio (1926) dan Gredoi (1931) menggunakan sifat-sifat koloid sebagai prinsip penyusunan klasifikasi tanah. Pada akhirnya sangat banyak ahli ilmu tanah mengembangkan klasifikasi tanah atas dasar proses perkembangan tanah sebagai dasar pemikiran, misalnya Stebutt (1930), Pallmann (1947) dan Kubiena (1953). Di Amerika berhasil dikembangkan dasar Seventh Approximation (1960) yang melahirkan Sistem Taksonomi Tanah tahun 1975 (Soil Taxonomy). Pendekatan ini lebih menekankan pada pedogenesis dan bersama-sama

dengan kuantifikasi sifat-sifat tanah di dalam horizon diagnostik dan morfologi tanah.

Sampai saat sekarang di seluruh dunia menggunakan sistem klasifikasi tanah yang berbeda-beda, baik dalam hal prinsip penyusunan maupun sistem penamaan masing-masing tanah. Suatu usaha untuk mengklasifikasikan peta tanah dunia telah dicoba oleh FAO-UNESCO yang telah berhasil membuat peta tanah dunia. Sistem FAO disusun berdasarkan horizon diagnostik, dimana definisinya sebagian besar diambil dari Sistem Taksonomi Tanah, sedangkan penamaan tanah diambil dari berbagai macam bahasa. Pada tahun 1994 telah disusun oleh IBG, FAO dan ISRIC suatu sistem Referensi Dunia khusus untuk tanah. Sistem referensi dunia ini merupakan kelanjutan dari perkembangan peta tanah dunia FAO-UNESCO dan merupakan kemufakatan international dalam bidang sistematika tanah. Disamping itu, ada usaha untuk mengklasifikasikan tanah atas bantuan komputer untuk mengelompokan sifat-sifat tanah yang sama dan selanjutnya secara numeris diklasifikasikan. Tetapi pendekatan ini sampai sekarang belum dapat dilaksanakan dengan baik.

6.2. Tanah yang Kita Klasifikasikan

Tanah yang kita klasifikasikan berdasarkan pendekatan pemikiran ahli tanah Rusia (Dokutschajew, 1883-1990) yang melihat tanah sebagai tubuh alam. Tanah didefinisikan sebagai tubuh alam yang terdiri dari padatan (bahan mineral dan bahan organik), cairan, dan gas. Tanah menempati permukaan bumi dan memiliki lapisan atau horizon. Dalam lingkungan alami, tanah dapat membantu pertumbuhan tumbuhan.

Perbatasan antara udara, tanah, air dangkal, vegetasi, dan tumpukan vegetasi disebut sebagai batas tanah. Ini berarti tanah rawa (digenangi air dangkal) termasuk pengertian definisi di atas, sedangkan tanah di dasar danau atau sungai yang dalam tidak termasuk dalam pengertian ini, akan tetapi sampai seberapa kedalaman air yang menggenang, belum ada kesepakatan secara kuantitatif.

Batas bawah adalah batas yang membedakan tanah dari bahan bukan tanah di bawahnya. Penentuan batas bawah ini sulit ditentukan, khususnya di daerah tropis karena di daerah tropis pelapukan berlangsung sangat intensif sampai pada kedalaman > 250 m atau sampai ditemukan bahan induk tanah yang berbeda kontras dengan tanah di atasnya. Atas kesepakatan bersama untuk tujuan klasifikasi tanah ditetapkan batas bawah hanya sampai kedalaman 200 cm saja. Untuk tanah tertimbun (*buried soils*), batas bawah disepakati bersama bila tebal timbunan sama atau lebih 50 cm mulai dari permukaan tanah tertimbun.

Batas tanah kesamping adalah air yang dalam, batuan alami, atau tumpukan es. Penyebarannya sangat luas, dan hanya ketika bertemu dengan batuan alami, air dalam, tumpukan es (contoh di kawasan kutub) bahwa penyebarannya terputus.

6.3. Tujuan Klasifikasi Tanah

Untuk mempermudah pemikiran, klasifikasi tanah adalah suatu struktur untuk mencapai tujuan. Tujuan klasifikasi tanah tidak boleh statis, tetapi dinamis sesuai dengan perkembangan iptek. Tujuan klasifikasi tanah yang benar dan ilmiah baru dapat diketahui dan dibuat apabila manusia telah mengetahui segala sesuatu tentang tanah

yang akan diklasifikasikan. Makin paham kita soal tanah, maka makin sempurna tujuan klasifikasi yang akan dicapai dan sistem klasifikasi tanah makin sempurna.

Pengetahuan kita tentang tanah sampai saat ini belumlah banyak yang terungkap. Oleh karena itu, tujuan klasifikasi tanah hanya dibuat berdasarkan batas kemampuan pengetahuan manusia tentang tanah sampai saat ini saja, yaitu untuk:

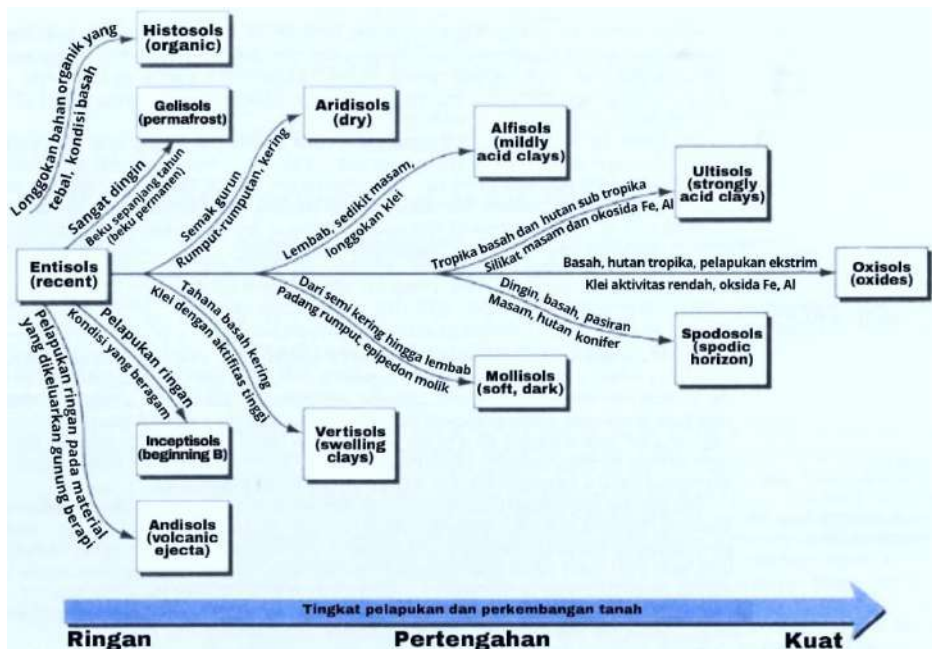
- 1) Penataan pengetahuan tentang tanah secara menyeluruh, komprehensif dan terintegrasi dan hubungannya dengan tanaman.
- 2) Memahami dan mengerti bagaimana bagian-bagian tanah berhubungan satu dengan yang lainnya.
- 3) Mempermudah memahami sifat dan karakter tanah serta pengelompokannya untuk tujuan tindakan lapangan, seperti memprediksi produktivitas, evaluasi, kapabilitas, menentukan area penelitian, dan kemungkinan ekstrapolasi hasil penelitian dari satu tempat ke tempat lain.
- 4) Mempelajari hubungan antara sifat tanah dengan bahan induk, pembentukan, dan perkemban.
- 5) Memprediksi sifat, karakter, kemampuan, dan keadaan tanah di masa depan.

Di dunia pengetahuan ilmu tanah, sistem klasifikasi tanah yang paling terkenal adalah sistem taksonomi tanah. Meskipun banyak negara menggunakan sistem klasifikasi tanah mereka sendiri, mereka tetap mempelajari sistem lain sebagai pembanding untuk mengkorelasikan sistem yang mereka gunakan.

Keindahan Sistem Taksonomi ini terletak pada keluwesan cara berfikir ilmiah, tetapi kategorinya relatif sulit dipahami karena bersifat sangat kompleks. Oleh karena itu, keindahan ini baru terasa apabila Sistem Taksonomi dipahami dan dapat digunakan oleh kalangan ilmu tanah dan ahli pertanian lainnya.

Taksonomi Tanah didasarkan pada pengetahuan dan pengalaman survei tanah selama lebih dari tujuh puluh tahun di Amerika Serikat, yang merupakan sistem yang jelas, sistematis, dan logis. Konsep pedon dan horizon penciri, juga dikenal sebagai horizon diagnosis, muncul. Dengan pengecualian nama seri tanah, definisi dari berbagai kategori (kelas) tanah didasarkan pada sifat-sifat tanah yang diukur daripada faktor pembentuk atau proses pembentukan tanah. Karena kedua bahasa itu merupakan bahasa baku untuk membuat nama, hampir semua nama dibuat dengan menggunakan kata Yunani atau Latin.

Sistem terbaik saat ini yang definisi-definisinya dibuat dengan pasti, diklasifikasikan secara sistematis, dan tatanamanya sangat informatif (nama-nama menunjukkan sifat tanah dari masing-masing kategori). Dengan definisi yang jelas, tidak ada kemungkinan bahwa tanah yang sama dimasukkan ke dalam kelas yang berbeda atau bahwa tanah yang berbeda dimasukkan ke dalam kelas yang sama. Gambar 6.1 menunjukkan hubungan antara ordo tanah satu dengan lainnya.



Gambar 6.1. Keterkaitan ordo tanah satu dengan lainnya

6.4. Struktur Taksonomi Tanah

Ada enam tingkatan taksa dalam sistem taksonomi tanah yang masing-masing memiliki karakteristik faktor pembeda yang berbeda, diurutkan dari kategori tertinggi ke kategori terendah (Tabel 6.1). Kategori tinggi adalah tingkatan Subgroup sampai Ordo, sedangkan Seri dan Famili dikatakan sebagai kategori rendah. Setiap tingkatan taksa memiliki karakteristik pembeda unik yang membedakan mereka satu sama lain.

Tabel 6.1. Kategori yang membedakan Sistem Taksonomi Tanah

Kategori	Faktor dan sifat pembeda
Ordo (12 taksa)	Ada tidaknya horizon penciri, serta jenisnya
Subordo (> 53 taksa)	Keseragaman genetik, contohnya, dipengaruhi oleh air, regim kelembaban, bahan induk utama, pengaruh vegetasi, dan tingkat pelapukan bahan organik.
Great group (> 250 taksa)	Ada tidaknya lapisan penciri tambahan seperti plintit, fragipan, dan duripan; kesamaan jenis, tingkat perkembangan, dan susunan horizon; dan kejenuhan basa, regim suhu dan kelembaban.
Sub group	Sifat-sifat inti dari great group (kelompok sub tipikal), sifat-sifat tanah yang berasal dari kelompok besar lain, subordo atau ordo, dan sifat-sifat tanah yang berasal dari kelompok bukan tanah.
Famili	Parameter tanah yang penting untuk pertanian atau keteknikan termasuk sebaran butir yang besar, jenis mineral liat, dan suhu pada kedalaman 50 cm.
Seri	Jenis, susunan, warna, tekstur, struktur, konsistensi, reaksi tanah, dan sifat kimia dan mineral dari horizon masing-masing.

6.5. Nomenklatur

Nama-nama tanah biasanya memiliki arti yang mampu menggambarkan dan menunjukkan karakteristik penting atau karakteristik utama tanah.

Nama-nama Ordo

Ordo tanah biasanya diakhiri dengan sol (solum = tanah), yang menggambarkan sifat utama tanah. Untuk kategori yang lebih rendah, akhiran sol tidak dipakai lagi; sebaliknya, akhiran menunjukkan singkatan dari Ordo digunakan untuk menunjukkan hubungan antara sifat tanah dari Ordo yang lebih tinggi dengan yang lebih rendah (Tabel 6.2)

Tabel 6.2. Makna Ordo tanah dan akhiran untuk jenis tanah lainnya

Ordo dan akhiran utk kategori lainnya	Makna kata
Alfisol (ALF)	Dari Alumina dan besi (Pedalfer)
Andisol (AND)	Berasal dari Ando (tanah hitam)
Aridisol (ID)	Dari Aridus (sangat kering)
Entisol (ENT)	Berasal dari recent (baru)
Gelisol (GEL)	Berasal dari Gelid (sangat dingin)
Histosol (IST)	Dari Histos (jaringan)
Inceptisol (EPT)	Berasal dari Inceptum (permulaan)
Mollisol (OLL)	Berasal dari Mollis (lunak)
Oxisol (OX)	Berasal dari Oxide (oksidasi)
Spodosol (OD)	Dari Spodos (abu)
Ultisol (ULT)	Berasal dari Ultimus (akhir)
Vertisol (ERT)	Berasal dari verto (membalikkan)

Nama-nama Subordo

Tabel 6.3. menunjukkan semua suku kata yang digunakan untuk menamai suatu Subordo, bersama dengan arti masing-masing kata aslinya. Suku kata pertama menggambarkan sifat Subordo, sedangkan suku kata kedua menampilkan Ordo yang dimaksud, seperti Ordo Inceptisol, yang mengalami gleisasi berat.

Tabel 6.3. Kata awal dan suku kata yang digunakan untuk menamakan subordo

Elemen pembentuk dan kata asal	Makna
Alb (Albus, putih)	Terdapat horizon Albik
And (Ando, tanah hitam)	Seperti Ando
Aqu (Aqua, air)	Selalu basah
Ar (Arare, mengolah tanah)	Horizon campuran
Arg (Argilla, liat putih)	Terdapat horizon Argillic
Bor (Boreas, kutub utara)	Dingin
Ferr (Ferrum, besi)	Terdapat besi
Fibr (Fibra, serat tanaman)	Sedikit sekali lapuk
Fluv (Fluvius, sungai)	Dataran banjir
Fol (Folio, daun)	Terdiri dari daun-daun
Hem (Hemi, setengah)	Dekomposisi sedang
Hum (Humus, bahan organik halus)	Terdapat bahan organik
Ochr (Ochros, pucat)	Terdapat epipedon Ochric
Orth (Orthos, sesungguhnya)	Yang biasa terdapat
Plagg (Plaggen, rumput penutup tanah)	Terdapat epipedon Plaggen
Psamm (Psammos, pasir)	Bertekstur pasir
Rend (Rendzina, nama tanah)	Seperti tanah Rendzina
Sapr (Sapros, busuk)	Dekomposisi lanjut
Torr (Torridus, panas dan kering)	Biasanya kering
Trop (Tropikos, daerah tropika)	Terus menerus panas
Ud (Udus, humid)	Ada di daerah humid
Umbr (Umbra, bayangan)	Terdapat epipedon Umbrik
Ust (Ustus, terbakar)	Di daerah iklim kering
Xer (Xeros, kering)	Terdapat musim kering

Nama-nama Great group

Great group dinamakan atas dasar minimal tiga suku kata dan boleh lebih tanpa akhiran sol. Nama subordo terdiri dari dua suku kata terakhir, dan suku kata di depannya menunjukkan faktor-faktor yang membedakan kelompok tersebut. Salah satu contoh Subordo Aquept adalah Sulfaquept, yang memiliki horizon sulfurik 50 cm di atas permukaan tanah mineral. Tabel 6.4. menunjukkan kesimpulan suku kata yang digunakan pada menamakan Great group.

Tabel 6.4. Kata awal dan suku kata yang digunakan untuk menamakan Great Group

Elemen Pembentuk	Kata asal	
Acr	Akros, terakhir	Pelapukan sangat lanjut
Agr	Ager, field	Terdapat horizon Agrik
Alb	Albus, putih	Terdapat horizon Albik
And	Ando, tanah hitam	Seperti Ando
Anthe	Antheropos, manusia	Terdapat horizon Antropik
Aqu	Aqua, air	Selalu basah
Arg	Argilla, liat putih	Terdapat horizon Argillic
Bor	Boreas, kutub utara	Dingin
Cak	Cakie, kapur	Terdapat horizon Kalsik
Camb	Cambiare, bertukar	Terdapat horizon Kambik
Chrcen	Chrcena, warna	Dengan chroma tinggi
Cry	Kryos, dingin	Dingin
Dur	Durus, keras	Terdapat duripan
Dystr, Dys	Dystrophie, tidak subur	Kejenuhan basa rendah
Eutr, Eu	Eutrophie, subur	Kejenuhan basa tinggi
Ferr	Ferrum, besi	Terdapat Fei
Fluv	Fluvius, sungai	Dataran banjir
Frag	Fragilis, rapuh	Terdapat fragipan
Fraglos	Frag dan Gloss	Lihat arti Frag dan Gloss
Gibbs	Gibbsite	Terdapat gibbsit
Gloss	Glossa, lidah	Lidah-lidah horizon Eluviasi
Gyps	Gypsum, dolomit	Terdapat horizon Gipsik
Hal	Hals, garam	Bergaram
Halp	Haplous, sederhana	Minimum horizon
Hum	Humus, bahan organik	Terdapat humus
Hydr	Hydor, air	Terdapat air
Hyp	Hypocen, lumut	Terdapat Hypnum moss
Luv	Lovo, mencuci	Terdapat Iluviasi
Med	Media, persengahan	Iklim sedang
Moll	Mollis, lunak	Terdapat epipedon Mollik
Nadur	Na = di bawah, Dur = di atas	Lihat Natr dan Dur
Natr	Natrium, Na	Terdapat horizon Natrik
Ochr	Ochros, pucat	Terdapat epipedon Ochric
Pale	Paleos, tua	Perkembangan lanjut
Pell	Pellos, kehitam-hitaman	Kroma rendah
Plae	Palx, batu yang rata	Terdapat padas yang tipis
Plagg	Plaggea, rumput penutup tanah	Terdapat epipedon Planggea
Plinth	Plinthos, batu bara	Terdapat plinthit
Psamm	Psammos, pasir	Bertekstur pasir
Quartz	Quartz, kuarsa	Kandungan kuarsa tinggi
Read	Readzina, nama tanah	Seperti tanah Rendzina
Rhod	Rhodon, merah	Warna merah tua
Sal	Sal, garam	Terdapat horizon Salik

Sider	Sideros, besi	Terdapat oksida Fe bebas
Sombr	Sombre, gelap	Horizon berwarna gelap
Sphagno	Sphagnos, rawa	Terdapat lumut Sphagnum
Sulf	Sulfur, belerang	Terdapat sulfida
Toer	Toeridus, panas dan kering	Biasanya kering
Trop	Tropikos, daerah tropika	Terus menerus panas
Ud	Udus, buenid	Ada di daerah humid
Umbr	Umbra, bayangan	Terdapat epipedon Umbrik
Ust	Ustus, terbakar	Di daerah iklim kering
Verm	Vermes, cacing	Banyak/diaduk oleh cacing
Vitr	Vitrum, glass	Terdapat glas volkan
Xer	Xeros, kering	Terdapat musim kering

Nama-nama Sub group

Nama Subgroup terdiri dari dua suku kata, diambil dari Great Group dilengkapi dengan kata sifat yang menjelaskan sifat utama Subgroup. Sifat-sifat ini biasanya berasal dari sifat-sifat Ordo, Subordo, atau Great Group yang sudah dikenal atau baru. Kata "Typic" digunakan untuk subgroup yang hanya memiliki karakteristik utama dari Great groupnya. Misalnya, Typic Kanhapludult adalah subgroup Kanhapludult yang memiliki karakteristik yang mirip dengan Great Group Kanhapludult, dan Cumulic Kanhapludult adalah subgroup Kanhapludult yang memiliki humus yang terakumulasi di permukaan tanah (Tabel 6.5).

Tabel 6.5. Suku kata yang digunakan untuk penamaan sub grup

Elemen pembentuk	Kata asal	Makna
Abruptic	Abruptum, terputus (tiba-tiba)	Perubahan tekstur jelas
Aeric	Aerios, udara	Aerasi udara tanah lebih ba
Allic	Modifikasi Al	Al tertukar tinggi
Anthropic	Anthropos, manusia	Terdapat horizon Antropik
Arenic	Arena, pasir	Tekstur berpasir
Clastic	Klastos, pecah	Kand. Tanah mineral tingg
Cumulic	Cumulus, timbunan	Epipedon yang dipertebal
Epiaquic	Epi = diatas, Aquic = air	Berari di permukaan
Glossic	Glossa, lidah	Terdapat lidah-lidah
Grossarenic	Grossus = tebal, arena = pasir	Lapisan berpasir tebal
Hydric	Hydor, air	Berair
Limnic	Modifikasi Limm = danau	Terdapat lapisan Limnik
Lithic	Lithos, batu	Ada kontak Lithic dangkal
Leptic	Leptos, tipis	Bersolum tipis
Pachic	Pachys, tebal	Epipedon tebal
Paralithic	Para = disamping, Lithos = batu	Kontak Paralithic dangkal
Pergelic	Per = Terus, Gelare = beku	Selalu membeku
Petrocalcic	Petro = batu, calcic = kapur	Horizon petrokalsik
Petroferric	Petro = batu, ferrum = besi	Kotak petroferrik
Plinthic	Plinthos, batu bara	Terdapat plinthit
Ruptic	Ruptim, terputus	Horizon yang terputus
Stratic	Stratum, lapisan	Berlapis-lapis
Superic	Superare, menumpuk	Ada plinthit di permukaan
Terric	Terra, tanah mineral	Lapisan tanah mineral
Thapto	Thapto, tertimbun	Tanah tertimbun

Nama-nama Famili

Nama famili terdiri dari nama sub kelompok serta karakteristik teknik tanah. Klasifikasi tekstur, kandungan mineral, dan suhu tanah adalah beberapa sifat tanah yang dapat digunakan untuk menamai famili. Untuk menjaga konsistensi penamaan, urutan penamaan harus diikuti: mineralogi, besar butir, kapur, reaksi tanah, suhu, kedalaman, lereng, konsistensi, pelapis, dan cracking. Susunan besar butir, mineralogi, dan suhu adalah penamaan famili yang paling umum. Misal nama Famili: Cumulic Kanhapludult, sandy loam, kaolinitic, udik.

Nama-nama Seri

Nama seri tanah terdiri dari nama famili dan nama lokasi, tanah, dan sifat alam yang dekat dengan lokasi pertama kali ditemukan seri tanah. Tabel 6.6 menunjukkan contoh lengkap tingkatan taksa dalam klasifikasi tanah menurut Sistem Taksonomi Tanah dari Ordo hingga Seri.

Tabel 6.6. Tingkatan taksa dalam klasifikasi tanah

Taksa	Uraian
Ordo	ULTISOL (Ultimus, akhir) merupakan Ordo tanah di tingkat akhir perkembangan tanah.
Sub ordo	UDULT (udus, basah (humid), dan tidak pernah kering) adalah tanah yang terbentuk dan berkembang di daerah iklim tropis basah, lembab dan tidak pernah kekeringan (regim kelembaban udik)
Great group	KANHAPLUDULT (Memiliki horizon Kandik) adalah tanah mineral di daerah tropis dengan sifat terjadi peningkatan liat > 20 % relatif dari horizon di atasnya, bertekstur pasir halus berlempung atau lebih halus, KTK kurang dari 16 cmol (+) per kilogram liat, dan secara konsisten penurunan kandungan C organik dalam profil.
Sub Group	AQUIC KANHAPLUDULT (Aqua, air) adalah Kanhapludult yang memiliki kedalaman 75 cm atau lebih memiliki warna value (lembab) empat atau lebih dan kroma dua atau kurang.
Famili	AQUIC KANHAPLUDULT, liat berlempung, kaolinitik adalah Aquic Kanhapludult dengan klas tekstur liat berlempung dan jenis mineral dominan kaolinit
Seri	AQUIC KANHAPLUDULT, liat berlempung, kaolinitik, Indralaya adalah seri tanah yang ditemukan di Indralaya

6.6. Cara Melakukan Klasifikasi Tanah

Cara melakukan klasifikasi tanah dengan menggunakan kunci-kunci Taksonomi Tanah. Pembaca dianggap terbiasa dengan definisi horizon dan fitur diagnostik. Pertama kali lakukanlah deskripsi profil menurut FAO (1990) atau Soil Survey Manual (2015) dengan bantuan kartu profil. Selanjutnya lakukan urutan pekerjaan sebagai berikut:

- 1) Anggap tanah sebagai suatu populasi yang luas. Ikuti kunci klasifikasi tanah mulai dari Ordo sampai Seri secara sistematis karena kunci taksonomi disusun sedemikian rupa agar dapat digunakan dengan mudah walaupun belum ada data laboratorium.
- 2) Pengklasifikasian tanah dimulai dengan Ordo sebagai kategori tertinggi dan Seri sebagai kategori terendah. Untuk mencapai "Kunci Ordo Tanah", semua Ordo yang memiliki kriteria yang tidak sesuai dengan tanah yang diklasifikasikan dihapus.
- 3) Langkah selanjutnya mencari halaman yang telah ditunjuk untuk memperoleh "Kunci Subordo" dari Ordo yang bersangkutan. Secara sistematis pelajari kunci secara keseluruhan untuk klasifikasi Subordo dari tanah yang diklasifikasikan.
- 4) Prosedur yang sama dilakukan juga untuk masuk ke dalam "Kunci Great group" dari Subordo yang telah ditentukan, dilanjutkan ke Subgroup, dengan memilih Subgroup yang paling tepat. Dengan cara seperti di atas, maka Famili tanah dapat teridentifikasi sesuai dengan kriteria Famili
- 5) Atas dasar unsur pembeda Seri, maka dapat ditentukan Seri tanah. Hasil klasifikasi tanah di lapangan ini bersifat sementara dan akan dikaji ulang setelah diperoleh data laboratorium untuk mendapatkan hasil yang tepat keilmuan.

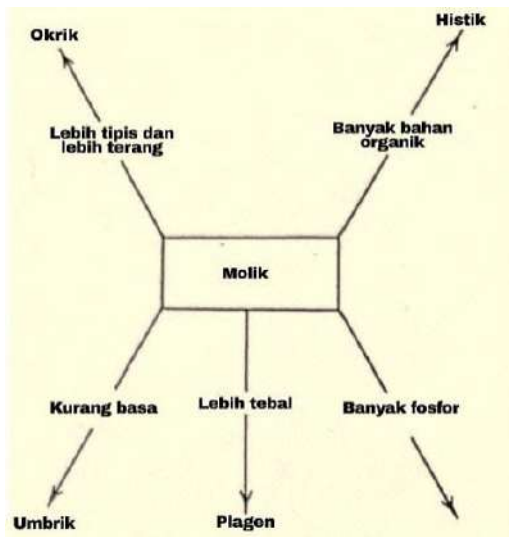
6.7. Horizon dan Sifat Penciri

Soil Survey Staff (2022) telah membuat berbagai horizon penciri lengkap dengan definisinya yang bersifat kuantitatif. Penjelasan berikut ini hanya merupakan ringkasan dari buku tersebut, yaitu

epipedon, horizon bawah penciri dan horizon penciri untuk tanah organik.

Epipedon

Epipedon diartikan sebagai horizon penciri yang terbentuk dekat permukaan tanah, atau horizon permukaan. Horizon apa pun dapat berada di permukaan tanah karena terpotong oleh erosi; oleh karena itu, Epipedon tidak identik dengan horizon A, mungkin lebih tebal atau tipis dari horizon A, dapat juga termasuk sebagian dari horizon B. Epipedon penciri tersebut disimpulkan pada Tabel 6.7. Selain itu, Epipedon tersebut satu dengan lainnya memperlihatkan hubungan dengan epipedon Mollik yang secara diagramatik disajikan pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2. Hubungan epipedon Mollik dengan epipedon lainnya

Tabel 6.7. Epipedon penting dalam klasifikasi tanah

Epipedon	Definisi dan uraian
Antropik	Anthropo (manusia). Seperti horizon Mollik, mengandung lebih dari 250 ppm P ₂ O ₅ dalam asam sitrat yang larut.
Histik	Histos (jaringan), mengandung lebih dari 20 persen bahan organik (tanah pasir) atau lebih dari 30 persen bahan organik pada tanah liat dengan ketebalan antara 20 dan 60 cm.
Mollik	Mollify (melunakan). Tebal horizon > 18 cm, bahan organik > 1 %, warna value dan kroma < 3 (lembab), KB > 50 %, tidak pernah kering > 3 bulan, tidak keras dan tidak masif bila kering
Okhrik	Ochros (pucat). Warna terang (warna value > 3,5 lembab), bahan organik < 1 %, kering > 3 bulan, keras dan masif bila kering
Melanik	Sifat andik, tebal lebih dari 30 cm, warna gelap (nilai dan kroma < 2), dan mengandung lebih dari 12 % bahan organik.
Plaggen	Plaggen (rumput untuk pupuk). Warna gelap, tebal > 50 cm akibat pemupukan organik terus menerus dan bertahun-tahun, biasa terdapat bekas campur tangan manusia
Umbrik	Umbric (naungan teduh). Seperti Mollik, tapi KB < 50 %
Arenik	Di atas horizon Argillic, banyak pasir berlempung atau lebih kasar, dengan ketebalan lebih dari 50 cm.
Grossarenik	Tebalnya lebih dari 100 cm, seperti Arenik.

Horizon Bawah Penciri

Horizon ini merupakan horizon bawah permukaan yang diagnostik. Terdapat paling tidak 16 horizon bawah penciri. Secara umum horizon bawah penciri tersebut disimpulkan pada Tabel 6.8. Khusus untuk tanah organik, paling tidak terdapat 5 horizon penciri penting yang perlu diketahui dan disimpulkan pada Tabel 6.9.

Tabel 6.8. Horizon bawah penciri dalam klasifikasi tanah

Horizon	Definisi dan uraian
Agrik	Kultivasi, atau pengolahan. Di bawah lapisan olah terdapat campuran liat, debu, dan humus yang terkumpul dari tanah yang diolah.
Albik	Horizon eluvial (E) adalah horizon yang berwarna pucat dengan warna value sama atau lebih dari 4.
Argilik	Argillic, atau lempung. Horizon iluviasi liat (Bt), yang tebalnya minimal sepersepuluh dari tebal horizon di atasnya dan mengandung liat lebih dari 8% dari horizon iluviasi.
Kalsik	Mengandung tebal lebih dari 15 cm dan mengandung lebih dari 15 % CaCO_3 setara.
Kandik	CTK < 16 me/g liat, seperti horizon Argilik.
Kambik	Cambiare adalah mengubah. Tekstur pasir sangat halus atau lebih halus; ada tanda-tanda halus dari horizon Argillik atau Spodik, tetapi tidak memenuhi syarat untuk kedua horizon; warnanya lebih merah daripada horizon di bawahnya; atau struktur telah terbentuk.
Gipsik	Kandungan $\text{CaSO}_4 > 5\%$ dari horizon di bawahnya dan tebal > 15 cm
Natrik	Horizon Argillik dengan struktur prismatik atau tiang > 15 % CTK, didominasi Na
Oksik	Kandungan liat lebih dari 15 %, ketebalan lebih dari 30 cm, CTK sama atau kurang dari 16 me/kg liat, tidak memenuhi syarat untuk horizon Argillik, dan kandungan mineral mudah lapuk kurang dari 10 %.
Petrokalsik	Horizon Kalsik yang memadat dan memadas
Petrogipsik	Horizon Gipsik yang memadat dan memadas
Plakik	Horizont tipis dan padat (2-10 mm), berwarna coklat kemerahan sampai hitam, dengan padas tipis besi dan mangan pada kedalaman kurang dari 50 cm.
Salik	Horizon mengandung garam mudah larut dengan ketebalan lebih dari 15 cm.

Sombrik	Warna gelap, KB memenuhi syarat untuk Umbrik, tidak ada Albik di atasnya, terbentuk dari iluviasi humus tanpa Al atau Na
Spodik	Spodos (abu kayu). Horizon iluviasi (penimbunan) seskuioxida bebas dan bahan organik (> 85 %)
Sulfurik	Karatan kuning dari jarositatau organik, yang merupakan horizon mineral atau organik dengan pH di bawah 3,5, berbahaya bagi tanaman.

Tabel 6.9. Horizon penciri untuk tanah Histosols (gambut)

Horizon	Definisi dan penjelasan
Fibrik	Fibrik, bahan organik kasar, mengandung lebih dari 2/3 bagian.
Hemik	Fibrik, bahan organik kasar, mengandung 1/3 sampai 2/3 bagian.
Saprik	Kandungan fibrik, bahan organik kasar, kurang dari 1/3 bagian
Limnik	Bahan organik atau anorganik diendapkan dalam air karena kegiatan organisme air atau berasal dari organisme dalam air, misal napal (mengandung kapur), diatome dan lain-lain
Humilluvik	Akumulasi humus sebagai hasil iluviasi akibat penggunaan tanah organik masam untuk pertanian untuk jangka waktu lama

6.8. Regim Suhu dan Regim Kelembaban

Kondisi (regim) suhu dan kelembaban tanah rata-rata tahunan dikenal sebagai regim suhu dan kelembaban tanah. Nilai tahunan ini dihitung dari kedalaman 50 cm, yang merupakan nilai rata-rata selama musim panas dan musim hujan. Kedua komponen ini merupakan kelemahan untuk penerapan Taksonomi Tanah di Indonesia karena kita sangat minim mempunyai data regim suhu dan regim kelembaban tanah, padahal data yang dibutuhkan untuk kisaran waktu > 10 tahun. Regim suhu dan regim kelembaban yang diperlukan dalam klasifikasi tanah disajikan pada Tabel 6.10. dan Tabel 6.11.

Tabel 6.10. Regim suhu dalam klasifikasi tanah

Regim	Definisi dan uraian
Pergilik	Selama setiap tahun, suhu tanah rata-rata kurang dari 0 °C (frost permanen)
Kriik	Suhu tanah rata-rata kurang dari 0-8 °C dan suhu musim panas rata-rata kurang dari 15 °C.
Frigid	Rata-rata suhu tanah < 0-8 °C dan suhu musim panas rata-rata lebih dari 15 °C.
Mesik	Rata-rata suhu tanah < 8-15 °C.
Thermik	Rata-rata suhu tanah < 15-22 °C.
Hipertermik	Rata-rata suhu tanah > 22 °C.
Iso	Suhu tanah antara musim panas dan musim dingin rata-rata kurang dari 5 derajat Celcius, apakah itu frigid, mesik, panas, atau hiperpanas.
Tropik	Rata-rata suhu tanah > 8 °C dengan sifat Iso

Tabel 6.11. Regim kelembaban dalam klasifikasi tanah

Regim	Definisi dan uraian
Akuik	Tanah sawah, yang sering jenuh air, dicirikan dengan karatan dengan kroma rendah.
Aridik/ Torrik	Torric dan Adidus (kering dan panas). 90 hari berturut-turut setiap tahun di wilayah gurun dan arid yang sangat kering dan tidak pernah lembab.
Perudik	Setiap bulan, jumlah hujan selalu lebih besar daripada evapotranspirasi.
Udik	Udus (lembab): Tanah tidak pernah kering selama sembilan puluh hari setahun.
Ustik	Ustus, atau kekeringan tanah, terjadi setiap tahun selama lebih dari sembilan puluh hari (secara keseluruhan), tetapi tidak lebih dari 180 hari selama peralihan Aridik dan Udik.
Xerik	Xeric (kering). Hanya ada di iklim Mediteran. Setiap tahun kering lebih dari empat puluh lima hari berturut-turut di musim panas dan lembab lebih dari empat puluh lima hari berturut-turut di musim dingin.

6.9. Unsur-Unsur Pembeda Dalam Taksonomi Tanah

Dalam Sistem Taksonomi Tanah, setiap taksa memiliki unsur-unsur pembeda yang berbeda satu sama lain. Misalnya, kunci

pembeda untuk Ordo sangat berbeda dari kunci pembeda untuk Seri tanah.

6.9.1. Kunci Ordo Tanah

Sifat tanah merupakan hasil dan refleksi proses pembentukan serta perkembangan tanah. Setiap Ordo tanah mempunyai sifat yang merupakan hasil dari proses konsep yang memengaruhi perkembangan horizon. Misalnya Ordo Histosol menggambarkan akumulasi bahan organik. Ordo Oxisol melukiskan tanah tua yang memiliki kapasitas terbatas untuk berkembang lebih lanjut. Berikut diberikan “Kunci Ordo Tanah” yang sangat disederhanakan dari Soil Survey Staff (2022) dan ditampilkan pada Tabel 6.12.

Tabel 6.12. Penyederhanaan kunci Ordo tanah

Ordo	Kunci Ordo Tanah
Gelisol	Terdapat lapisan tanah gelik atau permafrost (tanah beku) di bawah 100 cm dari permukaan.
Histosol	Dengan ketebalan lebih dari 40 cm dan kandungan bahan organik lebih dari 30%.
Spodosol	Mempunyai horizon Spodik berada di bawah 200 cm.
Andisol	Memiliki lapisan andik dengan ketebalan lebih dari 35 cm dan kedalaman kurang dari 60 cm.
Oxisol	Tidak memiliki horizon Argillik dan horizon Oksik hanya ada pada kedalaman kurang dari 150 cm atau kandungan liat lebih dari 40%.
Vertisol	Pecah-pecah secara berkala sampai kedalaman 50 cm, ada kandungan liat lebih dari 30% di semua horizon.
Aridisol	Tanah yang tidak memiliki epipedon Molik, horizon Salik, dan kekeringan lebih dari enam bulan setiap tahun.
Ultisol	Memiliki horizon Argillik dengan KB kurang dari 35 % pada kedalaman 180 cm dari permukaan.
Mollisol	Memiliki epipedon Mollik dan KB secara keseluruhan dalam solum lebih dari 50%.
Alfisol	Horizon Argillik memiliki KB lebih dari 35 % pada kedalaman 180 cm dari permukaan.
Inceptisol	Memiliki epipedon terdiri dari Umbrik, Molik, Plaggen, atau horizon Kambik, tidak ada bahan sulfidik di bawah 50 cm dari permukaan.
Entisol	Memiliki epipedon Okhrik, Histik, atau Albik, tetapi tidak memiliki horizon penciri lainnya.

Karena Ordo Histosol paling mudah dibedakan di lapang, sifat-sifat tanah harus dilihat terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam kategori Ordo. Jika tidak dapat dimasukkan sebagai Ordo Histosol, coba lagi dengan Ordo Andisol. Jika juga tidak dapat masuk ke Ordo Andisol, coba lagi dengan Ordo lain sampai menemukan satu yang memenuhi kriteria. Apabila klasifikasi ke dalam Ordo telah ditemukan, tanah kemudian dibagi ke dalam Subordo dan Great Group sesuai dengan prosedur yang disebutkan di atas.

6.9.2. Kunci Sub Ordo Tanah

Dimana sifat-sifat tanah merefleksikan pengontrol utama pada proses pembentukan tanah saat ini. Pengertian ini merupakan tambahan terhadap kategori Ordo, sehingga pengertian di atas mencerminkan sifat-sifat tanah saat ini dan masa lampau. Kunci Subordo hanya dibahas untuk tanah-tanah utama yang mungkin ditemukan di Indonesia saja, sedangkan untuk tanah lainnya akan dibahas dalam kuliah teori klasifikasi tanah.

Andisol

Andisol adalah tanah tertimbun yang memiliki karakteristik tanah Andik setebal lebih dari 35 cm (total) pada kedalaman 60 cm di atas tanah mineral. Subordo yang mungkin ditemukan termasuk:

- 1) Aquand. Memiliki epipedon histik atau mengalami periode jenuh air dan tereduksi; kroma sama atau kurang dari 2, dan nilai warna sama atau kurang dari 3.
- 2) Cryand. Andisol lainnya dengan regim suhu tanah Kriik.
- 3) Torrand. Andisol lainnya dengan sistem kelembaban Aridik.

- 4) Xerand: Andisol lainnya dengan sistem kelembaban Xerik.
- 5) Ustand. Andisol lainnya dengan sistem kelembaban organik.
- 6) Udand. Andisol lainnya

Entisol

Ada 5 (lima) Subordo yang mungkin ditemukan, yaitu: Aquent, Arent, Psamment, Fluvent dan Orthent.

- 1) Aquent. Warna tanah berubah karena teroksidasi jika ada bahan sulfidik pada kedalaman kurang dari 50 cm atau selalu jenuh air pada semua horizon di bawah 25 cm. Tanah ini selalu lembap.
- 2) Arent. Mengandung $> 3 \%$ (volume) sisa horizon penciri antara 25-100 cm, sisa horizon penciri tersebut tidak disusun menurut aturan yang dikenal. Mencakup tanah lereng yang tererosi
- 3) Psamment. Di bawah horizon Ap (< 25 cm) bertekstur pasir halus berlempung atau lebih kasar, dan pecahan batuan kurang dari 35 persen dari volumenya. Merupakan tanah pasir baik yang lama maupun hasil endapan baru.
- 4) Fluvent. Tidak memiliki sentuh sela pada kedalaman < 25 cm dan kadar bahan organik menurun tidak teratur, suhu tanah tahunan > 0 oC dan pada kedalaman 125 cm, ada kandungan bahan organik lebih dari 0,2 % dan tanah yang terbentuk dari aluvium baru
- 5) Orthent. Entisol lainnya. Misalnya tanah yang tercampur hasil pengolahan tanah yang dalam.

Gelisol

Terdapat paling tidak 3 (tiga) Subordo yang mungkin ditemukan, yaitu: Histel, Turbel dan Orthel.

- 1) Histel. Gelisol yang mempunyai > 80 % bahan organik (volume) sampai kedalaman 50 cm atau memiliki sifat jenuh air > 30 hari kumulatif dalam setahun
- 2) Turbel. Gelisol yang mempunyai 1 atau lebih horizon yang dominan dengan gejala kryoturbasi, permafrost. Umumnya tanah di Kutub atau iklim humid (Eropa dan Amerika)
- 3) Orthel. Gelisol lainnya.

Histosol

Tiga faktor yang harus diperhatikan dalam klasifikasi tanah Histosol, yaitu (1) kandungan minimum bahan organik, (2) ketebalan lapisan bahan organik, dan (3) kemungkinan terjadi penurunan (subsidence) bila drainase diperbaiki. Ini penting untuk mencegah dilakukan klasifikasi kembali setelah tanah diusahakan.

- 1) Folist, merupakan Histosol yang tidak didrainase dan jenuh air selama kurang dari tiga puluh hari setahun, terdiri dari sisa-sisa vegetasi.
- 2) Fibrist adalah Histosols membentuk hampir 75 persen ketebalan bahan organik. Histosol yang terdiri dari bahan organik Fibrist lebih tebal daripada bahan organik lainnya. Pada kedalaman kurang dari 50 cm dari permukaan

- 3) Saprist adalah Histosols yang tidak ada horizon sulfurik. Histosol yang terdiri dari bahan organik Saprist lebih tebal daripada bahan organik lainnya.
- 4) Hemist adalah Histosols dengan bahan organik Hemist lebih tebal dari bahan organik lainnya dalam histosol.

Inceptisol

Subordo yang mungkin ditemukan, yaitu: Aquept, Anthrept, Cryept, Ustept, Xerept, dan Undept.

- 1) Aquept. Regim kelembaban Akuik. Mempunyai SAR > 13 % atau rasio Na dapat ditukar > 15 % pada kedalaman 50 cm. Memiliki salah satu sifat: epipedon Histik, horizon Sulfurik, epipedon Umbrik atau Mollik.
- 2) Anthrept. Inceptisol lain dengan epipedon Plaggen atau Anthropik.
- 3) Cryept. Inceptisol lain dengan regim suhu tanah Kriik.
- 4) Ustept. Inceptisol lain dengan regim kelembaban Ustik.
- 5) Xerept, jenis inhibitor sel lain yang memiliki mekanisme kelembaban Xerik.
- 6) Undept. Inceptisol lain yang mengandung sistem kelembaban Udik.

Oxisol

Ada 5 (lima) Subordo yang mungkin ditemukan, yaitu: Aquox, Torrox, Ustox, Perox, dan Udox.

- 1) Aquox adalah Oxisol jenuh air pada kedalaman kurang dari tiga puluh sentimeter dari permukaan selama lebih dari 30 hari setahun atau drainase telah diperbaiki.
- 2) Torrox adalah Oxisol lainnya yang mengandung regim kelembaban tanah Aridik.
- 3) Ustox adalah Oxisol lainnya yang mengandung regim kelembaban tanah Ustik.
- 4) Perox adalah Oxisol lainnya yang mengandung sistem kelembaban tanah Perudik.
- 5) Udox adalah Oxisol lainnya.

Ultisol

Ordo Ultisol paling sering ditemukan di Indonesia, paling tidak ada 5 (lima) Subordo yang mungkin ditemukan, yaitu: Aquult, Humult, Udult, Ustult dan Xerult.

- 1) Aquult adalah Ultisol dengan jenuh air atau didrainase secara buatan dengan ciri kebasahan berupa bercak-bercak, konkresi Fe, Mn diameter > 2 mm, kroma sama atau < 2 dengan value $< 3,5$
- 2) Humult adalah Ultisol yang mempunyai C organik $> 0,9$ % pada 15 cm teratas horizon Argilik atau Kandik
- 3) Udult adalah Ultisol yang memiliki regim kelembaban Udik.
- 4) Ustult adalah Ultisol yang memiliki regim kelembaban Ustik.
- 5) Xerult adalah Ultisol lainnya.

6.9.3. Kunci Great Group

Sifat-sifat tanah merefleksikan kontrol tambahan pada proses pembentukan tanah saat ini, misalnya ada lapisan padas, regim suhu tanah dan lingkungan. Regim kelembaban dan regim suhu merupakan penyebab utama pembeda Great group. Pada tingkat Great group dicoba untuk dipertimbangkan keseluruhan profil tanah sebagai gabungan horizon-horizon yang saling memengaruhi dalam membentuk karakteristik tanah secara keseluruhan.

6.9.4. Kunci Sub Group

Sub group tanah dapat dikelompokkan kedalam tiga kelompok, yaitu (1) Typic Sub group, (2) Intergrade Sub group, dan (3) Extragrade Sub group.

Typic Sub group

Tidak menunjukkan adanya sifat tambahan yang nyata selain dari sifat dasar yang dimiliki oleh kelompok besarnya, atau dengan kata lain, memiliki sifat yang tidak menyimpang dari kelompok besarnya, misalnya Typic Kanhapludult.

Intergrade Sub group

Sub group ini tidak hanya memiliki karakteristik dasar dari Kelompok Besar, tetapi juga memiliki karakteristik yang sama dengan Ordo, Subordo, atau Great Group dari kelompok lain atau kelompoknya sendiri. Sifat-sifat ini mungkin berasal dari proses yang membuat suatu jenis tanah berubah menjadi atau berasal dari jenis

tanah yang berbeda, sehingga merupakan sifat-sifat peralihan dari jenis tanah tersebut. Sifat-sifat ini termasuk jenis horizon atau sifat tanah yang digunakan sebagai penciri jenis tanah lain, seperti Plinthic Kanhapludult (Kanhapludult yang banyak mengandung plintit). Ustic Dystropept (Dystropept dengan regim kelembaban Ustik).

Extragrade Sub group.

Tanah kadang-kadang memiliki karakteristik khusus yang tidak dimiliki oleh jenis tanah lain selain karakteristik dasar yang dimiliki oleh Great group, contohnya Cumulic Humaquept (Humaquept dengan epipedon yang tebal).

6.9.5. Kunci Famili

Famili tanah memenuhi tujuan yang sebagian besar pragmatis. Pembeda Famili adalah sifat-sifat tanah yang sebagian besar pengaruhnya di bidang pertanian dan keteknikan dan juga merupakan sifat khas bagi suatu jenis tanah. Misalnya sifat kelas lereng sangat berpengaruh dalam bidang pertanian, tapi lereng bukan sifat khas bagi kebanyakan jenis tanah lainnya. Pada umumnya kombinasi tiga sifat tanah pembeda Famili sudah cukup untuk klasifikasi tanah sampai tingkat Famili.

Famili tanah mineral dipisahkan menggunakan metode berikut di dalam suatu subgrup. Ini membedakan keluarga dari lapisan mineral dari sebagian tanah organik. Komponen yang digunakan untuk membentuk nama Famili, antara lain sebagai berikut:

- 1) Kelas besar butir

- 2) Kelas mineralogi
- 3) Kelas aktivitas pertukaran kation
- 4) Kelas reaksi dan berkapur tanah
- 5) Kelas suhu tanah
- 6) Kelas kedalaman tanah
- 7) Klasifikasi lereng tanah
- 8) Konsistensi kelas
- 9) Kelas selaput pasir
- 10) Lubang atau retakan

6.9.6. Kunci Seri

Kumpulan tanah yang memiliki bahan induk sama, karakteristik dan horizon sama, khususnya di bagian lapisan permukaan tanah, dikenal sebagai seri tanah. Seri tanah juga memenuhi sebagian besar tujuan pragmatis. Nama untuk setiap seri tanah berbeda.

Dalam klasifikasi seri tanah, perbedaan-perbedaan dalam keluarga yang memengaruhi penggunaan tanah harus dipertimbangkan. Setiap sifat yang digunakan sebagai kriteria pada tingkat-tingkat yang lebih tinggi dalam Sistem Taksonomi Tanah dapat digunakan untuk memilih tanah pada tingkat seri dalam Taksonomi Tanah. Kriteria yang umum digunakan, antara lain:

- 1) Profil memiliki sesuatu yang unik
- 2) Ketebalan dan perwujudan horizon
- 3) Karakteristik diagnostik untuk kategori tinggi
- 4) Tekstur, struktur, konsistensi, dan kemasman tanah yang berbeda
- 5) Kimia Mineral

- 6) Tingkat kelembaban tanah
- 7) Suhu lapisan tanah
- 8) Mengandung komponen organik

Sifat-sifat yang digunakan dalam seri tanah harus didefinisikan dalam batasan yang lebih luas daripada batasan yang berlaku untuk keluarga. Namun demikian, sifat-sifat ini harus: (1) dapat diamati, dapat dipercaya, atau dapat ditaksir dari sifat-sifat tanah lainnya untuk menjamin keberadaannya, (2) kisaran sifat nyata lebih besar dari kesalahan normal pengukuran, pengamatan, atau perkiraan ahlinya, dan (3) pembeda harus memiliki hubungan yang signifikan dengan perbedaan horizon atau ditaksir dari tata letak, posisi, atau vegetasi.

6.10. Klasifikasi Tanah Di Indonesia

Seiring dengan kemajuan dalam bidang ilmu tanah, sistem klasifikasi tanah yang digunakan di Indonesia telah berkembang beberapa kali. Pada awalnya, sistem klasifikasi Dudal dan Soepraptohardjo (disebut Sistem DS) digunakan (1955–1980). Kemudian, Satuan Tanah digunakan pada Peta Tanah Dunia FAO-UNESCO (1972–1985) dan Sistem Taksonomi Tanah (1975–kini).

Pada tahun 1981, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat telah memutuskan bahwa Sistem Taksonomi Tanah akan digunakan sebagai sistem klasifikasi utama untuk tanah di Indonesia. Selain itu, sistem DS dan Satuan Tanah FAO-UNESCO akan digunakan sebagai pendamping. Ini karena Sistem Taksonomi Tanah sangat komprehensif dan berdasarkan perkembangan internasional. Sistem Taksonomi Tanah terus berkembang sampai sekarang dan telah mengalami lebih

dari 10 kali revisi dan revisi terakhir pada tahun 2023 yang melahirkan Key to Soil Taxonomy (2022) sebagai patokan dasar untuk melakukan klasifikasi tanah di Indonesia.

Klasifikasi Tanah Yang Berlaku di Indonesia

Di Indonesia, sistem klasifikasi tanah yang berlaku saat ini adalah kombinasi dari dua sistem internasional. Sistem internasional digunakan dalam penelitian ilmiah, pengembangan sumberdaya lahan dan menunjang perkembangan teknologi, yaitu:

- 1) **Soil Taxonomy** (2022), yaitu memberikan pengelompokan berdasarkan hierarki taksa seperti ordo, subordo, grat group, subgroup, famili dan seri tanah (12 ordo tanah).
- 2) **WRB (World Reference Base) FAO**, klasifikasi ini berdasarkan horizon dan sifat tanah, misalnya Acrisols, Ferralsols, Histosols dan lainnya.
- 3) **Klasifikasi Berdasarkan Pemanfaatan**. Pemanfaatan tanah di Indonesia berdasarkan karakteristiknya mencakup: Tanah sangat subur, yaitu tanah vulkanik (Andosol), tanah aluvial (sawah irigasi); Tanah subur sedang, yaitu Latosol (kebun kopi, teh), dan Inceptisols (sistem ladang); dan Tanah marginal, yaitu Podsolik, dan tanah gambut (perkebunan kelapa sawit).

Tanah di Indonesia diklasifikasikan menjadi 10 ordo tanah, berdasarkan fisiografi, dan klimatologi. Klasifikasi tanah lokal ini dipengaruhi oleh Iklim Tropis (Curah hujan tinggi mempercepat pelapukan); Batuan Induk (Batuan vulkanik, sedimen, atau organik); dan Topografi: Lembah, dataran rendah, atau pegunungan. Sistem

nasional diadopsi untuk mempermudah perencanaan pembangunan, menentukan tanaman yang sesuai, untuk konservasi, menghindari kerusakan lahan., dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Andosol

Tanah ini terbentuk dari material vulkanik, khususnya abu gunung berapi yang telah mengalami pelapukan. Memiliki kandungan mineral amorf (seperti allofan dan imogolit) yang tinggi. Andosol adalah sangat subur, dicirikan oleh warna hitam hingga cokelat tua, struktur tanah gembur, tekstur halus, kapasitas retensi air tinggi, drainase baik, dan pH netral hingga sedikit masam. Tanah ini banyak ditemukan di daerah sekitar gunung berapi aktif seperti Jawa, Bali, Sulawesi, dan Nusa Tenggara. Tanah ini digunakan untuk pertanian hortikultura, padi, sayuran, kopi, dan teh.

Aluvial

Tanah ini tergolong tanah muda hasil endapan sungai yang dibawa oleh aliran sungai dan terakumulasi di dataran rendah atau delta. Tanah ini memiliki kesuburan tinggi dengan warna tanah bervariasi, tergantung material asal (abu-abu, cokelat, atau kuning), tekstur halus hingga sedang, kaya bahan organik, bersifat muda, horizon tanah belum berkembang. Tanah ini ditemukan di dataran rendah sekitar sungai besar seperti Sungai Musi (Sumatra), Kapuas (Kalimantan), dan Bengawan Solo (Jawa), yang digunakan untuk sawah irigasi, kebun, dan tanaman pangan. Tantangan yang dihadapi adalah rentan erosi jika tidak ada vegetasi pelindung.

Latosol

Tanah ini terbentuk di daerah tropis dengan curah hujan tinggi, menyebabkan pencucian mineral intensif sehingga kandungan besi dan aluminium tinggi. Warna tanah merah, kuning, hingga cokelat kemerahan, struktur tanah granular, pH masam, dan kandungan basa rendah. Tanah ini ditemukan di Sumatra, Kalimantan, Papua, dan sebagian Jawa Barat, yang digunakan untuk perkebunan kopi, karet, kakao, dan kelapa sawit setelah pemupukan intensif.

Podsolik

Tanah ini terbentuk di daerah dengan curah hujan tinggi dan drainase baik, mengalami pencucian basa dan akumulasi oksida besi. Tanah berwarna kuning kemerahan hingga merah bata, dengan pH rendah, kesuburan rendah, dan kandungan bahan organik minim di lapisan bawah. Tanah ini tersebar di Kalimantan, Papua, Sumatra, dan daerah dataran tinggi, dan digunakan untuk perkebunan kelapa sawit, hutan produksi, dan tanaman keras.

Organosol

Tanah ini terbentuk dari akumulasi bahan organik di daerah rawa dengan kondisi anaerob, berwarna hitam hingga cokelat tua, kandungan bahan organik tinggi (>30%), drainase buruk, dan cenderung tergenang, serta ditemukan di Kalimantan, Sumatra, dan Papua (daerah gambut). Tanah digunakan untuk budidaya Sagu rawa, tanaman rawa, tetapi sering dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit atau sawah. Tantangan yang dihadapi, yaitu rentan terhadap subsiden (penurunan tanah).

Vertisol

Tanah ini terbentuk dari batuan induk kaya mineral liat (montmorillonit), memiliki retensi air tinggi, memiliki sifat mengembang saat basah dan menyusut saat kering, berwarna coklat hingga kehitaman, tekstur lempung, dan terjadi retakan besar di musim kering. Tanah ini ditemukan di Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, dan Lombok. Penggunaan tanah ini untuk padi sawah dan tebu, tetapi memerlukan manajemen irigasi yang baik.

Regosol

Tanah muda berpasir yang terbentuk dari material lepas seperti pasir vulkanik atau endapan angin, berwarna coklat terang hingga abu-abu, tekstur berpasir, drainase baik dengan kandungan organik rendah. Tanah ditemukan di pesisir pantai, lereng gunung vulkanik seperti Merapi dan Semeru dan cocok untuk tanaman tahan kering seperti jagung, sayuran dan tembakau.

Gleisol

Tanah yang sering tergenang air, sehingga proses oksidasi terbatas, berwarna abu-abu hingga kebiruan (karena reduksi zat besi), drainase buruk, aerasi rendah, dan pH masam. Tanah ditemukan di rawa pasang surut di Kalimantan, Sumatra, dan pantai utara Jawa, dan digunakan untuk sawah pasang surut, dan tambak ikan.

Litosol

Tanah ini tergolong dangkal dan terbentuk di daerah berbatu dengan lapisan tanah yang tipis, berwarna coklat hingga abu-abu, lapisan batu induk dekat permukaan, drainase baik, dan kesuburan

rendah. Tanah ini ditemukan di lereng curam dan daerah pegunungan dan digunakan terbatas untuk konservasi dan penanaman pohon keras.

Oxisol

Tanah ini tergolong tanah tua yang sangat lapuk, terbentuk di iklim tropis lembap, berwarna merah tua hingga kuning, kandungan mineral rendah, sangat masam, dan kesuburan rendah. Tanah ini ditemukan di Papua, Sumatra, dan Kalimantan dan digunakan untuk perkebunan dengan intensifikasi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzemi, M.A., M.E. Armanto and E. Wildayana. 2017. BRIS Soil Improvement for Sustainable Crop Production. LAP LAMBERT Academic Publishing. <https://www.lap-publishing.com> 76 pages. ISBN-13: 978-620-2-01853-1 ISBN-10: 6202018534 EAN: 9786202018531 <https://www.amazon.com/Bris-Soil-Improvement-Sustainable-Production/dp/6202018534>
- Armanto M.E., E. Wildayana, M.S. Imanudin, H. Junedi and Mohd. Zuhdi. 2017. Selected Properties of Peat Degradation on Different Land Uses and the Sustainable Management. Journal of Wetlands Environmental Management, Vol 5(2); 14-22. <http://ijwem.unlam.ac.id/index.php/ijwem>
- Armanto, M. E. and Wildayana, E. 2023. Predictive Mapping for Soil pH and Phosphate Based on Kriging Interpolation. International Conference on Sustainable Environment, Agriculture and Tourism (ICOSEAT), Advances in Biological Sciences Research 26, pp. 254–262. **SCOPUS**. Doi 10.2991/978-94-6463-086-2_33
- Armanto, M.E. 1992. Soil Variability as an Indicator of Soil Erosion in Sloping Landscapes - Comparative Investigations in Eastern Holstein and South Sumatra. Ph.D. Thesis. Institute for Plant Nutrition and Soil Science, Kiel University, Germany. ISSN 0933-680X. 202 pages. https://digilib.unsri.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=132089&keywords=Armanto
- Armanto, M.E. 2003. Agrogeology and Soil Parent Materials. Unsri Publisher. ISBN 979-587-000-0. 136 pages. https://digilib.unsri.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=131493&keywords=Armanto
- Armanto, M.E. 2013. Thematic Mapping of Land Resources. Unsri Publisher. ISBN 979-587-468-3. 180 pages. https://digilib.unsri.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=130104&keywords=pemetaan+tematik+sumberdaya+lahan
- Armanto, M.E. 2019. Comparison of Chemical Properties of Peats under Different Land Uses in South Sumatra, Indonesia. Journal of Ecological Engineering, Vol 20(5); 184-192.

SCOPUS Q3, IF: 0.22. <https://doi.org/10.12911/22998993/105440>

Armanto, M.E. 2019. Improving Rice Yield and Income of Farmers by Managing the Soil Organic Carbon in South Sumatra Landscape, Indonesia. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, Vol 50(2); 653-661. **SCOPUS Q3**, IF: 0.19. <https://jcoagri.uobaghdad.edu.iq/index.php/intro/article/view/665>

Armanto, M.E. 2019. Soil Variability and Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Biomass along Ultisol Toposequences. *Journal of Ecological Engineering*, Vol 20(7); 196-204, July 2019. **SCOPUS Q3**, IF: 0.22. <https://doi.org/10.12911/22998993/109856>

Armanto, M.E. 2020. Land Resources Information System. Unsri Publisher. ISBN 978-979-587-822-3. 272 pages. <https://siepub.unsri.dev/programstudi/detailbook/95129>

Armanto, M.E. and E. Wildayana. 2023. Peatland Uniqueness and Capability. Unsri Publisher. ISBN 978-623-399-120-9. 310 pages. <https://unsripress.unsri.ac.id/index.php/2023/03/21/keunikan-dan-kemampuan-lahan-gambut/>

Armanto, M.E., A. Hermawan, M.S. Imanudin, E. Wildayana, Sukardi and A.N. Triana. 2023. Biomass and Soil Nutrients Turnover Affected by Different Peat Vegetation. *Journal of Balasubramanian, A. 2017. Soil Forming Process. Technical Report. Centre for Advanced Studies in Earth Science, University of Mysore, Mysore. DOI: 10.13140/RG.2.2.34636.00644.*

Armanto, M.E., D. Fardiaz, Z. Idrus, S.A. Umar and E. Wildayana. 2022. Regional Development Approach with SWOT and Logical Framework. Unsri Publisher. ISBN 978-979-587-987-9. 274 pages. <https://siepub.unsri.dev/programstudi/detailbook/95129>

Armanto, M.E., E. Wildayana and A. Syazili. 2024. Agrogeology and Soil Productivity. Unsri Publisher. ISBN 978-623-399-153-7. 300 pages. <https://unsripress.unsri.ac.id/index.php/2023/10/25/agrogeologi-dan-produktivitas-tanah/>

Armanto, M.E., E. Wildayana and B. Syakina. 2023. Deciphering the anthropogenic challenges of peat swamp forest degradation to improve awareness and emphasis on restoration in South Sumatra. *Forestry Ideas*, Vol. 29(2); 207–215. **SCOPUS Q4**,

- IF 0.17. https://forestry-ideas.info/issues/issues_Index.php?journalFilter=73
- Armanto, M.E., E. Wildayana and B. Syakina. 2024. Emphasizing Local Wisdom in Peatland Restoration in South Sumatra Indonesia. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 33(6). **SCOPUS Q3**. <http://www.pjoes.com/> DOI 10.15244/pjoes/187124
- Armanto, M.E., M.A. Adzemi, E. Wildayana and M.S. Imanudin. 2013. Land Evaluation for Paddy Cultivation in the Reclaimed Tidal Lowland in Delta Saleh, South Sumatra, Indonesia. Journal of Sustainability Science and Management, Vol 8(1); 32-42. June 2013. **SCOPUS Q3**, IF: 0.32. <http://jssm.umt.edu.my/files/2013/07/4w.pdf>
- Armanto, M.E., Mohd Zuhdi, D. Setiabudidaya, Ngudiantoro, E. Wildayana. 2024. Mapping and analysing spatial variability of peat depths by using Geostatistics. Journal of Smart Agriculture and Environmental Technology. Vol. 2(3), 100-106. <https://doi.org/10.60105/josaet.2024.2.3.100-106>
- Armanto, M.E., Mohd Zuhdi, D. Setiabudidaya, Ngudiantoro, E. Wildayana, A. Hermawan and M.S. Imanudin. 2022. Deciphering Spatial Variability and Kriging Mapping for Soil pH and Groundwater Levels. Journal of Suboptimal Lands, Vol 11(2): 187-196. <https://jlsuboptimal.unsri.ac.id/index.php/jlso/article/view/577>
- Armanto, M.E., Z. Idrus, S.A. Umar and E. Wildayana. 2021. Regional Planning and Development. Unsri Publisher. ISBN 978-979-587-933-6. 266 pages. <https://siepub.unsri.dev/programstudi/detailbook/95129>
- Arnall, B. 2024. Cause and Effects of Soil Acidity. Oklahoma Cooperative Extension Service PSS-2239.
- Blanco-Canqui, H., Charles A. Shapiro, Charles S. Wortmann, Rhae A. Drijber, Martha
- Budianta, D. (2022) *Pengelolaan Kesuburan Tanah: Mendukung Pelestarian Sumberdaya Lahan dan Lingkungan*. Palembang: UNSRI Press.
- Budianta, D., A. Y. A. Wiralaga dan W. Lestari. 2010. Changes in Some Soil Chemical Properties of Ultisol Applied by Mulch from Empty Fruit Bunches in an Oil Palm Plantation. J Trop Soils, 15(2): 111-118. DOI: 10.5400/jts.2010.15.2.111.
- Budianta, D., A. Napoleon dan A. Paripurna, 2019. Growth and production of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) with

- different fertilizer strategies in a tidal soil from South Sumatra, Indonesia. *Spanish Journal of Soil Science* 9 (1): 54-62.
- Budianta, D., J. A. L. P. Bessy dan A. Hermawan. 2021. Growth and Yield of Rice Planted in a Tidal Soil Under NPK in situ and Cow Manure Application. *J Trop Soils*, 26(2): 51-62
- Budianta. D., A. Napoleon, Merismon dan M. L. Habi. 2022. Save our soil from heavy metals (Pb and Cd) accumulation for rice growth. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1005 (2022) 012001. doi:10.1088/1755-1315/1005/1/01200.
- Carter, M. R., E.G. Gregorich, D.W. Anderson, J.W. Doran, H.H. Janzen dan E.J. Pierce. 1997. Chapter 1 Concepts of soil quality and their significance. *Developments in Soil Science*, 1–19. doi:10.1016/s0166-2481(97)80028-1.
- C. Brouwer, Goffeau, A. and Heibloem, M. (1985) *Irrigation Water Management: Training Manual No. 1 - Introduction to Irrigation*, Training Manual No. 1 - Introduction to Irrigation. Available at: <https://www.fao.org/4/r4082e/r4082e00.htm#Contents>.
- C.J. Bronick, R. L. (2005) 'Soil structure and Management : a review', *Geoderma*, 124(1–2), pp. 3–22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>.
- Chan, Y. 2008. Increasing soil organic carbon of agricultural land. *PRIMEFACT* 735. Pp. 1-5.
- Clemson University. 2024. Regulatory Service. 511 Westinghouse Road, Pendleton, SC 29670 864-646-2120
- Dani and Prima, F. (2022) 'Keanekaragaman Makrofauna Tanah', *Jurnal Agroekoteknologi*, pp. 6–27.
- FAO (2023) *Standard operating procedure for soil bulk density*. Rome. Available at: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/deed7688-a43e-4532-962f-d48768bd61c4/content>.
- FAO. 1977. Guidelines for soil profile description. Second ed. FAO of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO. 1990. Guidelines for soil description. 3th Edition. FAO of the United Nations, Rome, Italy.
- Firmansyah (2009) 'Ilmu Biologi', pp. 1–6.
- G. S. Toor dan A. L. Shober. 2014. *Soils & Fertilizers for Master Gardeners: Soil Organic*

- Gruba, P dan J. Socha. 2016. Effect of parent material on soil acidity and carbon content in soils under silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in Poland. *Catena* 140: 90–95.
- Hartmann, K.J., A. Bauriegel, U. Dehner, E. Eberhardt, S. Hesse, D. Kühn, W. Martin, and F. Waldmann. 2024. German Soil Survey Guidelines. The 6th completely revised and extended edition. AG Boden, BGR Hannover, Germany. ISBN 978-3-510-96869-5.
- Hausfather, Z., Marvel, K., Schmidt, G. A., Nielsen-Gammon, J. W., and Zelinka, M. 2022. Climate simulations: Recognize the ‘hot model’ problem. *Nature*, 605(7908), 26–29. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01192-2>
- Havlin, J.L. 2005. Fertility. North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. Pp. 10-19.
- Hazelton P. A., Murphy, B. W., (2007). ‘Interpreting Soil Test Results What Do All The Numbers Mean’ CSIRO Publishing: Melbourne.
- Hijmans, R. J., Bivand, R., Pebesma, E., and Sumner, M. D. 2023. Terra: Spatial data analysis. <https://cran.r-project.org/web/packages/terra/index.html>
- Holidi, M.E. Armanto, N. Damiri and D.D.A. Putranto. 2019. Characteristics of Selected Peatland Uses and Soil Moistures based on TVDI. *Journal of Ecological Engineering*, Vol 20(4); 194-200. **SCOPUS Q3**, IF: 0.22. <https://doi.org/10.12911/22998993/102987>
- Hopwood, J. *et al.* (2021) *Farming with Soil Life and Soil Health on Farms*. Portland, Orlando: The Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) Program. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icoseat-22/125981503> <https://www.qld.gov.au/environment/land/management/soil/soil-properties/ph-levels>
- IUSS Working Group WRB, 2022. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports, fourth ed. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
- Joffe, J.S. (1936) *Pedology*. Rutgers University Press, New Brunswick
- Kabafa, C dan B. Labaz. 2018. Relationships between soil pH and base saturation –conclusions for Polish and international soil classifications. *SOIL SCIENCE ANNUAL* Vol. 69 No. 4/2018: 206–214. DOI: 10.2478/ssa-2018-0021.

- Kalev, S.D., dan G. S. Toor. 2018. The Composition of Soils and Sediments. GREEN CHEMISTRY IN PRACTICE. Chapter 3.9. Elsevier Inc. All rights reserved. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00014-5>.
- Knight, J. 2022. Scientists' warning of the impacts of climate change on mountains. Peer J, 10(October), e14253. <https://doi.org/10.7717/peerj.14253>
- Kriswanto, H., Safriyanti, E. and Bahri, S. (2016) 'Pemberian Pupuk Organik Dan Pupuk NPK Pada Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata*, Sturt)', *Klorofil: Jurnal Ilmu-Ilmu Agroteknologi*, 11(1), p. 1.
- Li, X., Jin, H., Wang, H., Jin, X., Bense, V. F., Marchenko, S. S., He, R., Huang, Y., and Luo, D. 2022. Effects of fire history on thermal regimes of permafrost in the Northern Da Xing'anling Mountains, NE China. *Geoderma*, 410(March), 115670. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115670>
- Mo, Y., D. K. Lee, K. Song, H. G. Kim dan S.J. Park. 2017. Applying Topographic lassification, Based on the Hydrological Process, to Design Habitat Linkages for Climate Change. *Forests* 8, 466; doi:10.3390/f8120466.
- Mamo, Tim M. Shaver, and Richard B. Ferguson. 2013. Soil organic carbon: The value to soil properties. *Journal of Soil and Water Conservation* 68(5): 129-134. doi:10.2489/jswc.68.5.129A
- Matter and Organic Amendments. University of Florida, IFAS Extension.
- McBratney, A. B. and A. E. Hartemink. 2024. Define soil. *Soil Security* 14 (2024) 100135. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100135>
- Minami, K. 2020. Soil is a living substance. *Soil Science and Plant Nutrition*, 67(1), 26-30, DOI: 10.1080/00380768.2020.1827939
- Nortcliff, S., H. Hulpke, C. G. Bannick, K Terytze, G. Knoop, M. Bredemeier, H. Schulte-bisping. 2006. Soil, 1. Definition, Function, and Utilization of Soil. *Ullmann's* 33:399-420. DOI: 10.1002/14356007.b07_613.pub2.
- Owens, P. R. and Rutledge, E. M. (2005) 'Morphology', in Daniel Hillel (ed.) *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Elsevier, pp. 511–520. doi: <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00002-3>.
- Passioura, J. (1991) 'Soil Structure and Plant Growth', *Soil Research*,

- 29, pp. 717–728. doi: <https://doi.org/10.1071/SR9910717>.
- Poggio, L., Sousa, L. M. D., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B. M., Kempen, B., Ribeiro, E., and Rossiter, D. 2021. SoilGrids 2.0: Producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *Soilless*, 7(1), 217–240. <https://doi.org/10.5194/soil-7-217-2021>
- Poppiel, R.R., Lacerda, M.P.C., Rizzo, R., Safanelli, J.L., Bonfatti, B.R., Silvero, N.E.Q., and Demattê, J.A.M. 2020. Soil color and mineralogy mapping using proximal and remote sensing in midwest Brazil. *Remote Sens.* 12 (7), 1197.
- Potapov, A. *et al.* (2020) ‘Aboveground soil supports high levels of biological activity in oil palm plantations’, pp. 181–187. doi: 10.1002/fee.2174.
- Prout, J.M., Shepherd, K.D., McGrath, S.P., Kirk, G.J.D., Haefele, S.M., 2021. What is a good level of soil organic matter? An index based on organic carbon to clay ratio. *Eur. J. Soil Sci.* 72 (6), 2493–2503.
- Purba, T. *et al.* (2021) *Tanah Dan Nutrisi Tanaman*. Penerbit Yayasan Kita Menulis.
- Puspitorini, P. and Iqbal, G. (2015) *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. CV. Mitra Cendekia Media.
- Rahayu, A. P. (2021) ‘Komunitas Makrofauna Tanah’, *FKIP UMP*, pp. 6–23.
- Raveendra Kumar Rai, Vijay P. Singh, A. U. (2017a) ‘Chapter 17 - Soil Analysis’, in *Planning and Evaluation of Irrigation Projects*. Academic Press, pp. 505–523. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811748-4.00017-0>.
- Raveendra Kumar Rai, Vijay P. Singh, A. U. (2017b) ‘Soil Analysis’, in Raveendra Kumar Rai, Vijay P. Singh, A. U. (ed.) *Planning and Evaluation of Irrigation Projects*. Academic Press, pp. 505–523. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811748-4.00017-0>.
- Ritonga, A. G. and Rauf, A. (2016) ‘Karakteristik Biologi Tanah pada Berbagai Penggunaan Lahan di Sub DAS Petani Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara’, *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(3), pp. 1983–1988.
- Rofiqoh, W. E. Y. and Martuti, N. K. T. (2015) ‘Pengaruh Praktikum Jamur Berbasis Keterampilan Proses Sains terhadap Hasil Belajar Biologi Materi Jamur’, *Unnes Journal of Biology Education*, 4(1), pp. 9–15.
- Sakiah (2019) ‘Total microbes and soil respiration on land without

- applications and with the application of oil palm empty fruit bunches in different depths', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science PAPER, p. 012008. doi: 10.1088/1755-1315/393/1/012008.
- Sakiah, Sembiring, M. and Hasibuan, J. (2018) 'Entisol land characteristics with and without cover crop (*Mucuna bracteata*) on rubber plantation', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Medan, Indonesia: Institute of Physics Publishing. doi: 10.1088/1755-1315/122/1/012043.
- Salam, A. K. (2020) *Ilmu Tanah*. Global Madani Press Bandar Lampung.
- Schaetzl, R. J. and Anderson, S. (2005) 'Basic concepts: soil physics', in *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 82–92. Available at: <https://www.cambridge.org/core/books/abs/soils/basic-concepts-soil-physics/D3E2392D3271BF78A7B79EC43930C0B5#access-block>.
- Šeremešić, S., B. Vojnov, B. Pejić, D. Radovanović, D. Marinković. 2023. the implication of cation exchange capacity (cec) assessment for soil quality management and improvement. *Agriculture & Forestry*, Vol. 69 Issue 4: 113-133.
- Siahaan, M., Sakiah, S., A. Sutanto, A. Lawary, R. Mahmuda. (2021) 'The study of soil biological and chemical properties on palm oil plant rhizosphere with and without palm oil mill effluent applications', in *2nd International Conference Earth Science And Energy*. Kuala Lumpur, Malaysia: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science PAPER. doi: 10.1088/1755-1315/819/1/012003.
- Soil Survey Staff. 2015. Illustrated guide to soil taxonomy. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.
- Soil Survey Staff. 2022a. Keys to soil taxonomy (13th ed.). USDA-Natural Resources Conservation Service. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/keys-to-soil-taxonomy>
- Soil Survey Staff. 2022b. State soil geographic database (Statsgo2) for Alaska. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/data-and-reports/description-of-statsgo2-database>

- Soil Survey Staff. 2022c. The Gridded National Soil Survey Geographic (gNATSGO) Database for Alaska. <https://nrcs.app.box.com/v/soils>
- Sonon, L. S., Kissel, D. E. and Saha, U. (2017) 'Exchange Capacity'. United State of America: University of Georgia, pp. 1–4.
- Subowo, Santoso, E. and Anas (1907) 'Peranan biologi tanah dalam evaluasi kesesuaian lahan pertanian kawasan', *Balai Penelitian Tanah*.
- USDA-NRCS. 2022. Major land resource area (MLRA). NRCS Soils. https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/geo/?cid=nrcs142p2_053624
- USDA-NRCS. 2023. Soil interpretations. In National soil survey handbook. USDA-NRCS. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/national-soil-survey-handbook>
- U.S Department of Agriculture (2006) 'Soil pH-Soil quality kit', *U.S Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service*. United States Department of Agriculture, pp. 1–7.
- USDA (2008a) *Soil Quality Indicators; Bulk Density*. United States of America.
- USDA (2008b) *Soil Quality Indicators; Soil Structure and Macropores*.
- USDA (2014) *Soil Respiration*. Available at: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/>
- USDA (2019) *Soil bulk density/Moisture/Aeration*. United States of America.
- van Es, H. 2017. A New Definition of Soil. *CSA News* · October 2017. p. 21. doi:10.2134/csa2017.62.1016.
- Vladimir ĆIRIĆ1, Nenad PREKOP*1,
- Wadoux, A.M.J.-C., Heuvelink, G.B.M., Lark, R.M., Lagacherie, P., Bouma, J., Mulder, V.L., Libohova, Z., Yang, L., McBratney, A.B., 2021. Ten challenges for the future of pedometrics. *Geoderma* 401, 115155
- Weil, R.R., dan Brady, N.C. (2017). *The nature and properties of soils* (15 Ed.). Pearson Education
- Wetlands Environmental Management, Vol 11(1), 31-42. <http://dx.doi.org/10.20527/jwem.v11.i1.292>
- Wilson, M.J. dan J. Logan. 1976. Exchange properties and mineralogy of some soils derived from lavas of lower old red sandstone (devonian) age. i. exchangeable cations. *Geoderma*, 15 (1976) 273—288.

- WRB, IUSS Working Group. 2022. World reference base for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps (4th ed.). International Union of Soil Sciences (IUSS).
- Yakun Zhang, Alfred E. Hartemink, Jingyi Huang, B. M. (2023) 'Digital Soil Morphometrics', in Michael J. Goss, M. O. (ed.) *Encyclopedia of Soils in the Environment (Second Edition)*. Academic Press, pp. 568–579. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00008-2>.
- Yudina, A., Yudina, A. and Kuzyakov, Y. (2023) 'Dual nature of soil structure: The unity of aggregates and pores', *Geoderma*, 434(April), p. 116478. doi: 10.1016/j.geoderma.2023.116478.
- Zuhriah, E., Sennang, N. and ER, D. (2016) 'Bakteri Aerob Dan Uji Kepekaan Antimikroba', *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*, 19(1). doi: 10.24293/ijcpml.v19i1.385.
- Zuhdi, Mohd., M.E. Armanto, D. Setiabudidaya, Ngudianoro and Sungkono. 2019. Exploring Peat Thickness Variability Using VLF Method. *Journal of Ecological Engineering*, Vol 20(5); 142-148. **SCOPUS Q3**, IF: 0.22. <https://doi.org/10.12911/22998993/105361>

GLOSSARY

ISTILAH-ISTILAH DALAM DASAR-DASAR ILMU TANAH

- Aerasi tanah: proses yang dapat menyebabkan udara dalam tanah ditukar dengan udara dari atmosfer. Pada tanah yang aerasinya baik, udara tanah susunannya hampir sama dengan atmosfer di atas tanah tersebut
- Air limpasan = *run off* : air yang mengalir di atas permukaan tanah dan umumnya menyebabkan erosi tanah
- Air: senyawa yang terdiri dari ion hydrogen dan oksigen
- Alfisol: tanah mineral yang tidak mempunyai epipedon molik atau horizon spodik atau oksik, tetapi dapat mempunyai horizon natrik atau argilik yang kejenuhan basanya paling sedikit 35 %
- Aluminium (Al) : merupakan unsur hara pada tabel periodic unsur kimia termasuk golongan IIIA dengan nomor atom 13 dan mempunyai berat atom 27, termasuk dalam kation asam dan logam amfoter
- Amelioran: suatu bahan yang dimasukkan dalam tanah sebagai bahan pembenah tanah, perbaikan sifat-sifat tanah
- Ammonium sulfat: bahan tambahan berupa pupuk (ZA) yang mengandung unsur hara nitrogen, bersifat non higroskopis dan berbentuk kristal dengan rumus kimia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- Ammonium: bentuk nitrogen di dalam tanah dengan rumus kimia NH_4^+ , hasil pembentukan dari senyawa amino
- Ammonum nitrat: bahan tambahan berupa pupuk yang mengandung unsur hara nitrogen bersifat higroskopis dan berbentuk kristal dengan rumus kimia NH_4NO_3
- Amoniak: senyawa hasil pembentukan dari asam amino dan air, dengan rumus kimia NH_3
- Andisol: tanah yang umumnya berwarna hitam mempunyai epipedon mollik atau umbrik, banyak mengandung bahan amorf, lebih dari 60% terdiri dari abu vulkan atau bahan piroklastik lain
- Anion: ion yang bermuatan negatif
- Antagonis: sifat yang berlawanan, dalam ilmu kimia digambarkan sebagai ion atau molekul yang menolak atau berlawanan dengan ion lainnya
- Antropik: lapisan tanah yang berwarna gelap yang terbentuk akibat aktifitas manusia dalam jangka waktu yang lama

Aspergillus awamori: jenis Aspergillus hitam (kōji hitam) yang digunakan untuk membuat awamori dan shōchū

Azolla: tanaman paku air yang sangat bermanfaat sebagai sumber nitrogen. Azolla mampu bersimbiosis dengan jenis ganggang hijau biru memfiksasi nitrogen dari udara

Bakteri: mikroorganisme bersel satu yang termasuk dalam domain Bacteria

Bacillus: genus bakteri Gram-positif berbentuk batang yang anggota dari filum Firmicutes

Bahan organik: sisa tanaman atau hewan yang telah mati dan mengaami dekomposisi menghasilkan hara yang dibutuhkan tanaman.

Basa: suatu kondisi dimana kosentrasi ion OH^- terdapat berlebihan, jika dinyatakan dengan kemasaman ber pH di atas 7

Besi (Fe) : merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan VIIIB dengan nomor atom 26 dan mempunyai berat atom 55

Cacing tanah: sejenis cacing yang termasuk dalam kelompok Annelida (cacing yang bersegmen)

Dekomposisi: pembusukan, biasanya berkaitan dengan pembusukan bahan organik

Dolomit: merupakan salah satu bentuk kapur pertanian yang berfungsi menaikkan kemasaman tanah dan menyumbangkan unsur hara Ca dan Mg, dengan rumus kimia $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Erosi: hilangnya partikel tanah akibat oleh aliran limpas untuk di daerah tropika

Fosfor (P): merupakan unsur hara makro yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak dalam bentuk fosfat tersedia. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan VA dengan nomor atom 15 dan mempunyai berat atom 31

Fotosintesis: proses tumbuhan yang membuat makanan sendiri dengan menggunakan air, karbondioksida dan energi cahaya matahari

Gambut: bahan tanah yang tidak tahan lapuk, terdiri dari bahan organik yang sebagian besar belum terdekomposisi atau sedikit terdekomposisi yang terakumulasi pada keadaan kelembaban yang berlebihan

Hemiselulosa: polisakarida yang mengisi ruang antara serat-serat selulosa dalam dinding sel tumbuhan. Secara biokimiawi, hemiselulosa adalah semua polisakarida yang dapat diekstraksi dalam larutan basa (alkalis).

Hidrogen: ion yang bermuatan positif dan bervaleksi 1. Di dalam tanah banyaknya konsentrasi ion ini menunjukkan kemasaman tanah

Histik: lapisan tanah yang kaya bahan organik

Humus: fraksi stabil dari bahan organik tanah, yang tetap ada setelah bagian terbesar dari sisa tumbuhan dan hewan yang terdekomposisi

Isopoda: ordo krustasea yang memiliki tubuh pipih dan bersegmen dengan tujuh pasang kaki yang sama ukurannya

Jamur: organisme yang termasuk dalam kelompok fungi

Kalium (K) : merupakan unsur hara makro yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan IA dengan nomor atom 19 dan mempunyai berat atom 39

Kalsium (Ca): merupakan unsur hara makro yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan IIA dengan nomor atom 20 dan mempunyai berat atom 40

Kapur : bahan tambahan yang mengandung unsur hara Ca, dan berfungsi menaikkan kemasaman tanah

Karbohidrat: polihidroksil-aldehida atau polihidroksil-keton, atau senyawa yang menghasilkan senyawa-senyawa ini bila dihidrolisis. Karbohidrat mengandung gugus fungsi karbonil (sebagai aldehida atau keton) dan banyak gugus hidroksil.

Karbon: salah satu unsur hara makro (C) yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak, terutama terkandung dalam bahan organik, dan merupakan unsur hara utama yang diambil tanaman dari udara sebagai CO₂ melalui stomata daun

Kation: ion yang bermuatan positif

Kekahatan: kondisi dimana tanaman mengalami kekurangan unsur hara tertentu

Kemasaman tanah: aktivitas ion hydrogen (H⁺) dan ditandai dengan nilai pH tanah

Kesehatan tanaman: tanaman yang tidak mengalami atau menderita akibat adanya hama dan penyakit atau tanaman yang tumbuh dengan normal

Kesuburan biologi: usaha untuk menyuburkan tanah dengan cara memperbaiki kondisi biologi tanah misalnya pemberian bahan organik untuk memberi makanan jasad hidup tanah.

- Kesuburan fisika: usaha untuk menyuburkan tanah dengan cara memperbaiki sifat-sifat fisik tanah, misalnya pengolahan tanah untuk perbaikan aerasi tanah, struktur tanah, pemberian bahan organik untuk memperbaiki agregat tanah, kelembaban tanah, dll.
- Kesuburan kimia: usaha untuk menyuburkan tanah dengan cara memperbaiki sifat-sifat kimia tanah misalnya pemberian kapur untuk menaikkan pH, pemberian pupuk Urea, KCl, TSP dll untuk menambah unsur hara, dll
- Kesuburan tanah: kemampuan suatu tanah sebagai media tanaman dalam menyediakan hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman
- Khelasi: terikatnya dengan kuat senyawa kimia yang mempunyai ion logam pada molekul oleh ikatan kimia rangkap yang berikatan dengan gugus fungsional yang dilepaskan oleh bahan organik.
- Klor (Cl) : merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan VIIA dengan nomor atom 17 dan mempunyai berat atom 35
- Klorofil: zat hijau daun, atau pigmen hijau yang menangkap energy cahaya matahari
- Koloid organik: bahan organik (humus) dengan ukuran butir yang sangat kecil dan menyebabkan luas bidang permukaannya besar untuk setiap satuan massa, tersusun oleh C, H dan O
- Kompos: bahan organik yang dibusukkan melalui proses dekomposisi, digunakan sebagai bahan tambahan sebagai pupuk organik
- Kompos: bahan organik yang telah mengalami pembusukan (dekomposisi)
- KTK: banyaknya kation dalam miliekivalen yang dapat diserap oleh tanah per satuan berat tanah
- Lahan: Suatu daerah dipermukaan bumi dengan sifat-sifat tertentu yang meliputi biosfer, atmosfer, tanah, lapisan geologi, hidrologi, populasi tanaman dan hewan serta hasil kegiatan manusia masa lalu dan sekarang, sampai pada tingkat tertentu dengan sifat-sifat tersebut mempunyai pengaruh yang berarti terhadap fungsi lahan oleh manusia pada masa sekarang dan masa yang akan datang
- Leguminosa: tanaman kekacangan yang bermanfaat sebagai penutup tanah dan sumber nitrogen tanah
- Magnesium (Mg) : merupakan unsur hara makro yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak. Pada tabel periodik unsur kimia

termasuk golongan IIA dengan nomor atom 12 dan mempunyai berat atom 24

Mangan (Mn): merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan VIIB dengan nomor atom 25 dan mempunyai berat atom 55

Masam: kondisi tanah dimana pH tanahnya di bawah 6.

Metabolisme: Mekanisme perubahan unsur hara menjadi senyawa organik atau energi atau semua reaksi kimia yang terjadi di dalam organisme, termasuk yang terjadi di tingkat selular

Mikorisa: hubungan simbiotis antara jamur dan akar tanaman

Mikrofauna: hewan-hewan berukuran kecil kurang dari 1 mikron dan harus dilihat di bawah mikroskop

Mineral hara: bahan yang menghasilkan hara-hara yang dibutuhkan tanaman.

Mineral primer: mineral yg belum mengalami perubahan kimia sejak pengendapan dan kristalisasinya dari lava cair

Mineral sekunder: Mineral yg dihasilkan dari dekomposisi mineral primer

Mineral: padatan senyawa kimia homogen, non-organik, yang memiliki bentuk teratur (sistem kristal) dan terbentuk secara alami

Mineralisasi: perubahan unsur dari bentuk organik ke bentuk anorganik akibat proses dekomposisi oleh mikroba

Mikroflora: tumbuhan berukuran kecil kurang dari 1 mikron dan harus dilihat di bawah mikroskop

Molibdenum (Mo): merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan VIB dengan nomor atom 42 dan mempunyai berat atom 96

Molik: lapisan tanah bagian atas yang berwarna gelap kaya bahan organik dan subur

Nematoda: filum hewan yang berbentuk cacing gilig

Nitrifikasi: perubahan senyawa ammonium menjadi nitrit, kemudian menjadi nitrat

Nitrobackter: bakteri yang membantu pembentukan nitrat dari nitrit

Nitrogen (N): merupakan unsur hara makro yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak dalam bentuk ammonium dan nitrat.

Nitrosomas: bakteri yang membantu pembentukan nitrit dari amonium

Nutrisi: bahan atau zat makanan yang diperlukan oleh makhluk hidup

Nutrisi tanaman: unsur hara yang terkandung di dalam tanah atau pupuk dan dibutuhkan oleh tanaman untuk mensukseskan daur hidupnya

Okrik: horizon permukaan tanah yang berwarna terang (putih) dengan kandungan bahan organik yang rendah dan bertekstur ringan

Oksigen: merupakan unsur hara utama yang diambil tanaman dari udara sebagai CO_2 melalui stomata daun

Organik: lawannya anorganik yang berkaitan dengan zat yang berasal dari makhluk hidup (hewan atau tumbuhan, seperti minyak dan batu bara)

Organisme tanah: dikhususkan pada organism/mikroorganisme penghuni tanah, yang berhubungan dengan pertanian atau kesuburan tanah ataupun pertumbuhan tanaman

Organosol: tanah organik (gambut) yang ketebalannya lebih dari 50 cm

Patogen: agen biologis yang menyebabkan penyakit pada inangnya. Sebutan lain dari patogen adalah mikroorganisme parasit. Umumnya istilah ini diberikan untuk agen yang mengacaukan fisiologi normal hewan atau tumbuhan multiseluler

Pelindian: gerakan bahan tanah yang tersuspensi (terlarut) dari lapisan satu ke lapisan lain di dalam tanah

Pemupukan: usaha untuk menyuburkan tanah dengan memasukan sejumlah hara yang diperlukan tanaman.

Pengasaman tanah: aktifitas yang menyebabkan pH tanah menurun atau kemasaman tanah meningkat

Permeabilitas: (permeabilitas tanah) mudah tidaknya gas, atau cairan atau akar tanaman menembus atau melalui seongkah tanah atau lapisan tanah

Pertanian: kegiatan hayati pada suatu lahan dengan memanfaatkan anasir-anasir iklim dan teknologi budidaya serta input produksi

Pertanian berkelanjutan: pengelolaan sumber daya yang berhasil untuk usaha pertanian guna membantu kebutuhan manusia yang berubah sekaligus mempertahankan atau meningkatkan kualitas lingkungan dan melestarikan sumber daya alam

Pertanian intensif: pertanian yang dilakukan dengan input produksi yang secara teratur dan terus menerus.

Pertanian intensif: pertanian yang dilakukan dengan input produksi yang secara teratur dan terus menerus.

Pestisida: bahan yang digunakan untuk mengendalikan, menolak, atau membasmi organisme pengganggu

Pestisida sintetik: pestisida non organik: pestisida yang bahannya berasal dari bahan kimia sintetik

Pirit : merupakan hasil endapan marin, terbentuk melalui serangkaian proses kimia, geokimia dan biokimia secara bertahap, terbentuk menjadi persenyawaan antara sulfat dan besi

Plagen: lapisan tanah buatan yang berwarna gelap hasil dari aktifitas manusia terutama akibat pemupukan yang terus menerus dengan bahan organik

Podsolik merah kuning: tanah dengan horizon penimbunan liat (argilik) dan kejenuhan basa kurang dari 50%, dicirikan dengan warna tanah merah kekuningan, mempunyai kandungan P yang rendah

Pola tanam: usaha penanaman pada sebidang lahan dengan mengatur susunan tata letak dan urutan tanaman selama periode waktu tertentu termasuk masa pengolahan tanah dan masa tidak ditanami selama periode tertentu

Protein: beberapa senyawa yang berisi nitrogen yang menghasilkan asam amino pada hidrolisanya dan mempunyai berat molekul yang besar, merupakan bagian utama bahan hidup dan merupakan salah satu bahan makanan utama hewan

Protisata: kelompok organisme eukariotik yang tidak termasuk dalam kategori hewan, tumbuhan atau jamur biasanya bersel satu

Pseudomonas: salah satu jenis kuman yang dapat menyebabkan infeksi pada manusia, terutama pada pasien rumah sakit

Pupuk anorganik: pupuk yang dibuat dari bahan-bahan non organik (bahan kimia) yang digunakan sebagai sumber hara untuk tanaman (misal pupuk Urea, KCl, TSP dan lain sebagainya).

Pupuk: bahan yang dapat menyuburkan tanah dan diperkukan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya serta produksi

Reduksi: merupakan penambahan electron oleh sebuah molekul, atom atau ion

Remah (*crumb*): mudah hancur, gembur

Rhizobium: bakteri yang secara simbiotik mampu menangkap nitrogen dari udara

Rizosfer: Zone dalam tanah dimana mikroorganisme dan akar tanaman hidup secara efektif berinteraksi

Selulosa: komponen struktural utama dinding sel dari tanaman hijau, merupakan senyawa organik dengan rumus $(C_6H_{10}O_5)_n$, sebuah polisakarida yang terdiri dari rantai linier dari beberapa

ratus hingga lebih dari sepuluh ribu ikatan $\beta(1\rightarrow4)$ unit D-glukosa

Seng (Zn) : merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan IIB dengan nomor atom 30 dan mempunyai berat atom 65

Senyawa anorganik : didefinisikan sebagai senyawa pada alam (di tabel periodik) yang pada umumnya menyusun material/benda tak hidup

Senyawa organik: adalah golongan besar senyawa kimia yang molekulnya mengandung karbon, kecuali karbida, karbonat, dan oksida karbon.

Seresah: tumpukan dedaunan kering, rerantingan, dan berbagai sisa vegetasi lainnya di atas lantai hutan atau kebun. Serasah yang telah membusuk (mengalami dekomposisi) berubah menjadi humus (bunga tanah), dan akhirnya menjadi tanah.

Sulfur (S): merupakan unsur hara makro yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak. Pada tabel periodik unsur kimia termasuk golongan VIA dengan nomor atom 16 dan mempunyai berat atom 32

Tanah (edafologi): merupakan salah satu komponen sistem produksi tanaman yang sangat penting untuk diperhatikan dan tanah sebagai sumberdaya lahan utama untuk produksi pangan.

Tanah masam: Tanah yang diperkaya oleh ion hydrogen dan aluminium sebagai bagian dari ion hidroksil, mempunyai pH kurang dari 7

Tropika: suatu daerah di permukaan bumi, yang secara geografis berada di sekitar ekuator, yaitu yang terletak di antara garis lintang 23.5 derajat LS dan 23.5 derajat LU

Tungau: arthropoda kecil dari kelompok Acarina yang termasuk kelas Arachnida

Udara: senyawa oksigen

Ultisol: tanah di daerah humid, dicirikan oleh adanya horizon argilik yang mempunyai kejenuhan basa kurang dari 35 %, tidak mempunyai horizon spodik, oksik atau natrik

Umbrik: lapisan tanah bagian atas yang berwarna coklat tua sampai hitam yang kaya bahan organik tetapi memiliki kejenuhan basah yang rendah

Unsur hara makro: unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak

Unsur hara mikro: unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit

Unsur hara: senyawa organik maupun anorganik yang terdapat di dalam tanah atau yang merupakan unsur pupuk yang diperlukan tanaman

Urea: bahan tambahan berupa pupuk yang mengandung unsur hara nitrogen 45%, bersifat higroskopis dan berbentuk kristal dengan rumus kimia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Lampiran 1. Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah (LPT, 1983)

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi		Satuan
pH H ₂ O	<4.5 sangat masam	4.5 – 5.5 masam	5.5 – 6.5 agak masam	6.6 – 7.5 netral	7.6-8.5 agak alkalis	>8.5 alkalis	Rasio 1:1
C-org	<1.00	1.00 – 2.00	2.01 –3.00	3.01 – 5.00	>5.00		%
N-Total	<0.10	0.10 – 0.20	0.21 –0.50	0.51 – 0.75	>0.75		%
C/N	<5	5 - 10	11 – 15	16 - 25	>25		---
P-Total (25% HCl)	<10 <4.4	10 – 20 4.4 – 8.8	21 – 40 9.2 – 17.5	41 – 60 17.9 – 26.2	>60 >26.2		mg.kg ⁻¹ P ₂ O ₅ mg.kg ⁻¹ P
P-Bray-I	<10 <4.4	10 – 15 4.4 - 6.6	16 – 25 7.0 – 11.0	26 – 35 11.4 – 15.3	>35 >15.3		mg.kg ⁻¹ P ₂ O ₅ mg.kg ⁻¹ P
P-Olsen	<10 <4.4	10 – 25 4.4 - 11.0	26 – 45 11.4-19.6	46 – 60 20.1- 26.2	>60 >26.2		mg.kg ⁻¹ P ₂ O ₅ mg.kg ⁻¹ P
K-Total	<10 <8	10 – 20 8 - 17	21 – 40 18 - 33	41 – 60 34 - 50	>60 >50		mg.kg ⁻¹ K ₂ O mg.kg ⁻¹ K
Kation-Kation Basa tertukar :							
• K	<0.1	0.1 – 0.2	0.3 – 0.5	0.6 – 1.0	>1.0		Cmol.Kg ⁻¹

• Na	<0.1	0.1 – 0.3	0.4 – 0.7	0.8 – 1.0	>1.0	Cmol.Kg ⁻¹
• Ca	<2	2 - 5	6 - 10	11 - 20	>20	Cmol.Kg ⁻¹
• Mg	<0.4	0.4 – 1.0	1.1 – 2.0	2.1 – 8.0	>8.0	Cmol.Kg ⁻¹
KTK	<5	5 - 16	17 - 24	25 - 40	>40	Cmol.Kg ⁻¹
Kej. Al	<10	10 - 20	21 - 30	31 - 60	>60	%
KB	<20	20 - 35	36 – 50	51 - 70	>70	%
EC*)	---	<8	8 - 15	>15	---	MmHos.Cm ⁻² MS.Cm ⁻¹
Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	Satuan

*) Tambahan

Lampiran 2. Kartu profil tanah

Pemeta : Nomor lapangan: Nomor LPT: Tanggal : / /	SERI: FASE:	TANDA SATUAN PETA TANAH:
Lembaran Peta Potret udara Kabupaten: Kecamatan: Desa: Tempat: Tinggi: m dpl	Fisiografi: Bahan induk: Formasi geologi: RELIEF Makro LERENG Tunggal Bentuk	 Bukit rayap/longsoran Akibat erosi/gilgai/mounds Ganda Panjang
Cuaca: Sekarang Kemarin	Eksposisi	Letak di lereng
Iklim Tipe (Koppen) Curah hujan:	DRAINASE Permukaan	 Di dalam

mm/thn		
Bulan kering: bulan	Permeabilitas	Glei
Tipe (Schmidt Fergusson)	Air tanah/seepage	Kelembaban
VEGETASI: asli / tidak asli	KEADAAN BATU: permukaan/lapisan ke /seluruh penampang	
Dominan	<u>Kecil</u>	<u>Besar</u>
	Ukuran:	Ukuran:
	Bentuk:	Bentuk:
Spesifik	Sifat: homogen/heterogen homogen/heterogen	Sifat:
	Jumlah: sedikit/sedang/banyak	Jumlah: sedikit/sedang/banyak
	EROSI/GENANGAN/BANJIR: ringan/sedang/berat/permanen/ insidentil	
	Pasang surut Bulan/thn	
	Usaha pencegahan	

PENGUNAAN TANAH:

Lama penggunaan:

Tanaman lain:

Tanaman utama:
primitif/tradisional/intensif

Pengelolaan:

Sistem: rotasi/tumpangsari/multiple cropping
pukan/kompos/urea/ZA/TS/DS

Pupuk:

Sumber air: curah hujan/

irigasi (teknis/setengah teknis)

Hasil:

Waduk/pompa/sumur/

Pasang surut

CATATAN LAIN

Kemampuan wilayah

Penyakit/hama

Posisi penampang bagan