



ILMU TANAH

Muhammad Asril • Yogi Nirwanto • Tioner Purba • La Mpia
Hanif Fatur Rohman • Adriani S.A Siahaan • Efbertias Sitorus
Junairiah • Tatuk Tojibatus Sa'adah • Triastuti
Nurtania Sudarmi • Mahyati • Mazlina



ILMU TANAH

UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelaksanaan Pasal 20

Konten sebagaimana dimaksud dalam Pasal 21, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- a. penggunaan tulisan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk keperluan penelitian aktual yang dilakukan hanya untuk keperluan penyebaran informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, tutorial, pertunjukan dan Forum yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Perwujudan, Produser Forum, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan sengaja hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf e, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan sengaja hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Ilmu Tanah

Muhammad Asril, Yogi Nirwanto, Tioner Purba, La Mpia
Hanif Fatur Rohman, Adriani S A Siahaan, Efbertias Sitorus
Junairiah, Tatuk Tojibatus Sa'adah, Triastuti
Nurtania Sudarmi, Mahyati, Mazlina



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Ilmu Tanah

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2022

Penulis:

Muhammad Asril, Yogi Nirwanto, Tioner Purba, La Mpia
Hanif Fatur Rohman, Adriani S.A Siahaan, Efbertias Sitorus
Junairiah, Tatuk Tojibatus Sa'adah, Triastuti
Nurtania Sudarmi, Mahyati, Mazlina

Editor: Matias Julyus Fika Sirait

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Muhammad Asril., dkk.

Ilmu Tanah

Yayasan Kita Menulis, 2022

xiv; 184 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-602-2

Cetakan 1, Oktober 2022

- I. Ilmu Tanah
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa

Izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada para penulis sehingga dapat berhasil menyelesaikan buku yang berjudul "Ilmu Tanah". Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Untuk produksi tanaman yang efisien, penting untuk memahami lingkungan tanah agar dapat mengidentifikasi keterbatasan lingkungan dan memperbaiki kemungkinan tanpa merusak kualitas tanah. Tanah menjadi penyedia nutrisi, air agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Selain itu, tanah memfasilitasi tumbuhnya akar agar dapat menyerap nutrisi dan air sehingga mampu menopang tumbuhnya tanaman. Tanah juga menjadi tempat interaksi antar organisme misalnya mikroba dan serangga tanah yang memiliki kaitan yang sangat erat dengan faktor fisik, kimia dan biologi serta kesuburan tanah.

Buku ini ditulis secara bersinergi yang bertujuan untuk mempermudah mahasiswa dan praktisi yang bergerak di bidang pertanian dalam memahami hal yang berhubungan dengan ilmu tanah. Selain itu, juga membantu mahasiswa dalam menguasai materi dasar ilmu tanah terutama hal yang berkaitan dengan peranan tanah bagi pertumbuhan tanaman, sejarah dan peranan tanah sebagai media pertumbuhan, bahan penyusun tanah, pembentukan dan perkembangan tanah, sifat dasar tanah, fisika, kimia dan biologi tanah, kesuburan tanah, faktor yang mempengaruhi penurunan dan kerusakan tanah serta bahan-bahan organik dan biota tanah.

Buku ini terdiri dari 13 Bab yang menguraikan tentang:

Bab 1 Pendahuluan, Peranan Tanah Bagi Pertumbuhan

Bab 2 Sejarah Perkembangan dan Peranan Tanah sebagai Media Pertumbuhan

Bab 3 Profil Tanah dan Bahan Penyusun Tanah

Bab 4 Pembentukan dan Perkembangan Tanah

Bab 5 Sifat-Sifat Dasar Tanah

Bab 6 Fisika Tanah

Bab 7 Kimia Tanah

- Bab 8 Biologi Tanah
- Bab 9 Kesuburan Tanah
- Bab 10 Kerusakan dan Penurunan Tanah
- Bab 11 Tanah dan Lingkungan Hidup
- Bab 12 Sifat – Sifat Kimia Tanah
- Bab 13 Bahan Organik dan Biota Tanah

Dalam penyusunan buku ini, penulis mendapatkan informasi dan data dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, laporan ilmiah yang mendukung penyampaian materi secara faktual sehingga buku ini dapat terjamin kesahihan informasi yang disampaikan. Akhir kata, penulis sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan buku ini dari awal hingga akhir. Semoga Allah SWT senantiasa meridhai usaha ini dan menjadi ladang pahala bagi penulis dalam menyampaikan ilmu yang dimiliki. Aamiin.

Medan, September 2022

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Bab 1 Pendahuluan, Peranan Tanah Bagi Pertumbuhan	
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Peranan Tanah Bagi Pertumbuhan.....	3
1.3 Umpan Balik Tanah dan Tanaman.....	10
Bab 2 Sejarah Perkembangan dan Peranan Tanah sebagai Media Pertumbuhan	
2.1 Pendahuluan.....	13
2.2 Sejarah Perkembangan Tanah.....	14
2.3 Metode Penentuan Perkembangan Tanah.....	17
2.4 Faktor yang Memengaruhi Perkembangan Tanah.....	19
2.5 Peranan Tanah Sebagai Media Pertumbuhan.....	21
Bab 3 Profil Tanah dan Bahan Penyusun Tanah	
3.1 Pendahuluan.....	25
3.2 Profil Tanah.....	26
3.2.1 Profil dan Solum Tanah.....	27
3.2.2 Pedon dan Polipedon.....	29
3.3 Bahan Penyusun Tanah.....	31
3.3.1 Bahan Mineral Tanah.....	32
3.3.2 Bahan Cairan Tanah (Larutan Tanah).....	33
3.3.3 Bahan Gas Tanah (Udara Tanah).....	35
3.3.4 Bahan Organik Tanah.....	35
Bab 4 Pembentukan dan Perkembangan Tanah	
4.1 Faktor-Faktor Pembentuk Tanah.....	39
4.1.1 Iklim.....	40
4.1.2 Organisme.....	41
4.1.3 Bahan Induk.....	41

4.1.4 Topografi	42
4.1.5 Waktu.....	43
4.2 Proses Pembentukan dan Perkembangan Tanah.....	44
Bab 5 Sifat-Sifat Dasar Tanah	
5.1 Eksistensi Tanah	51
5.2 Penentu Sifat Dasar Tanah.....	53
5.2.1 Solum	53
5.2.2 Tekstur	54
5.2.3 Warna	54
5.2.4 Struktur	54
5.2.5 Kandungan air	55
5.2.6 Drainase	56
5.2.7 Porositas	56
Bab 6 Fisika Tanah	
6.1 Sifat Fisik Tanah.....	61
6.1.1 Tekstur Tanah.....	62
6.1.2 Struktur	64
6.1.3 Konsistensi	68
6.1.4 Bobot Tanah.....	68
6.1.5 Porositas.....	69
6.1.6 Aerasi Tanah	70
6.1.7 Temperatur Tanah.....	73
6.1.8 Warna Tanah	73
6.2 Bahan Organik dengan Fisik Tanah.....	74
Bab 7 Kimia Tanah	
7.1 Pendahuluan.....	77
7.2 Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan Kejenuhan Basa (KB).....	78
7.3 Sifat – sifat Kimia Tanah	80
7.4 Faktor yang memengaruhi Ketersediaan Unsur Hara.....	86
Bab 8 Biologi Tanah	
8.1 Pendahuluan.....	89
8.2 Peran Organisme Tanah.....	90
8.3 Bakteri	91
8.3.1 Pseudomonas.....	93
8.3.2 Agrobacterium	93

8.3.3 Flavobacterium.....	94
8.3.4 Bacillus.....	94
8.3.5 Rhizobium.....	94
8.3.6 Clostridium.....	95
8.4 Fungi.....	96
8.5 Actinomycetes.....	96
8.6 Alga.....	96
8.7 Protozoa.....	97
8.8 Fauna.....	97
Bab 9 Kesuburan Tanah	
9.1 Pendahuluan.....	101
9.2 Pengertian Kesuburan Tanah dan Ruang Lingkupnya.....	103
9.3 Urgensi Menjaga Kesuburan Tanah.....	105
9.4 Evaluasi Kesuburan Tanah.....	107
Bab 10 Kerusakan dan Penurunan Tanah	
10.1 Pengelolaan dan Pemanfaatan Tanah.....	111
10.2 Bentuk Kerusakan dan Penurunan Kualitas Tanah.....	113
10.3 Dampak Kerusakan dan Penurunan Tanah.....	116
10.4 Usaha Penyelamatan dan Tindakan Konservasi Tanah.....	117
10.5 Metode Konservasi Tanah.....	118
10.5.1 Metode Vegetatif.....	118
10.5.2 Metode Mekanik.....	120
10.5.3 Metode Kimiawi.....	120
10.6 Peranan Vegetasi sebagai Penutup Tanah.....	121
10.7 Agroforestry dan Konservasi Tanah.....	122
Bab 11 Tanah dan Lingkungan Hidup	
11.1 Pendahuluan.....	125
11.2 Tanah sebagai Ujud.....	127
11.2.1 Bahan Induk Tanah.....	127
11.2.2 Iklim.....	127
11.2.3 Organisme Hidup.....	128
11.2.4 Permukaan Tanah.....	129
11.2.5 Waktu Pembentukan Tanah.....	129
11.3 Tanah sebagai Ekosistem.....	130
11.3.1 Medium bagi Tanaman.....	130
11.3.2 Pengendali Pasokan Air.....	131

11.3.3 Pendaur Ulang Alami	131
11.3.4 Pengatur Komposisi Atmosfer.....	131
11.3.5 Medium untuk Kebutuhan Teknik	132
11.4 Tanah dalam Lingkungan Hidup	132
Bab 12 Sifat – Sifat Kimia Tanah	
12.1 Pendahuluan.....	135
12.2 Karakteristik Kimia Tanah	136
12.3 Tanah Gambut	138
12.4 Keasaman Tanah	139
12.4.1 pH Tanah	140
12.4.2 Air Hujan.....	141
12.5 Kapasitas Tukar Kation (KTK).....	141
12.6 Kemampuan Tukar Anion (KTA).....	143
Bab 13 Bahan Organik dan Biota Tanah	
13.1 Pendahuluan.....	145
13.2 Bahan Organik Tanah	146
13.3 Biota Tanah.....	156
Daftar Pustaka	161
Biodata Penulis	177

Bab 12

Sifat – Sifat Kimia Tanah

12.1 Pendahuluan

Tanah sebagai bagian dari alam bebas menduduki sebagian besar permukaan planet bumi yang mampu menumbuhkan tanaman dan memiliki sifat sebagai akibat pengaruh iklim dan jasad hidup yang bertindak terhadap bahan induk dalam keadaan relief tertentu selama jangka waktu tertentu (Darmawijaya, 1990). Menurut Ramman Jermana, 1917 bahwa tanah merupakan bahan batuan yang sudah dirombak menjadi partikel-partikel kecil yang telah berubah secara kimiawi bersama-sama dengan sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang hidup.

Proses perombakan bahan batuan menjadi partikel dapat merubah karakteristik tanah baik secara kimia maupun fisik, serta menyebabkan sifat-sifat tanah berubah. Butiran partikel yang terbentuk memiliki luas permukaan yang sangat kecil, pori-pori partikel akan terbuka sehingga terjadi proses pertukaran mineral di dalam tanah dapat terjadi.

Adapun kandungan mineral dalam tanah dapat memengaruhi sifat tanah yang berbeda-beda. Sifat tanah yang berbeda tersebut mengakibatkan respon pada perkembangan dan pertumbuhan setiap tanaman dapat berbeda. Berdasarkan peranan tanah terhadap tanaman, sifat tanah yang berkaitan dengan tanaman

yaitu sifat fisik dan sifat kimia tanah sehingga sangat menentukan tingkat pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Adapun sifat fisik tanah antara lain kedalaman efektif, tekstur, struktur, kelembaban dan tata udara tanah. Selanjutnya beberapa sifat kimia tanah dapat dibagi yaitu:

1. pH tanah,
2. Kandungan Karbon Organik,
3. Kandungan Nitrogen,
4. Rasio Karbon Dan Nitrogen (C/N),
5. Kandungan fosfor tanah, terdiri dari: P-tersedia dan P-total tanah,
6. Kandungan Kation Basa Dapat Dipertukarkan,
7. Kandungan Kation Asam,
8. Kejenuhan Basa (Kb), Dan
9. Kapasitas Tukar Kation (KTK), mencakup: KTK liat, KTK tanah, KTK efektif, KTK muatan permanen dan KTK muatan tergantung pH tanah, serta
10. Kejenuhan aluminium. misalnya kandungan nitrogen, fospor, kalium dan bahan organik.

12.2 Karakteristik Kimia Tanah

Indikator penting lainnya dalam menentukan kesuburan tanah adalah sifat kimia yang terdiri atas derajat kemasaman tanah (pH), kandungan unsur hara dan kandungan bahan organik (BO). Tingkat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap kandungan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air dan mikroorganisme dapat berkembang dengan baik.

Tanah yang subur adalah tanah yang mempunyai profil yang dalam (kedalaman yang sangat dalam) melebihi 150 cm, strukturnya gembur remah, pH 6 - 6,5 mempunyai aktivitas jasad renik yang tinggi (maksimum).

Parameter kimia tanah dibutuhkan oleh tanaman antara lain: pH, kapasitas tukar kation, unsur makro (N, P, K, Ca, Mg, S, C,H,O, dan unsur mikro (Fe,

Mn, Mo, B, Zn, Cu, Cl, Na, Co, Ni, Sr, dan Sn adalah unsur-unsur yang berasal dari proses abrasi tanah yang terbawa debu terbang ke udara (Hardjowigeno, 2007). Secara umum kandungan mineral dapat dilihat pada Tabel 12.1 berdasarkan data dari Departemen Pertanian (1983).

Tabel 12.1: Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah (Departemen Pertanian, 1983)

Sifat Tanah	Sangat rendah	rendah	sedang	tinggi	Sangat tinggi
C-Organik (%)	<1,0	2,0	3,0	5,0	>5,0
N Total (%)	<0,1	0,2	0,5	0,75	>0,75
P.O.HCl 25%(ppm)	<10	20	40	60	>60
K.O.HCl 25%(ppm)	<10	20	40	60	>60
K(%)	<0,1	0,2	0,5	1,0	>1,0
Na(%)	<0,1	0,4	0,7	1,0	>1,0
Ca(%)	<2	5	10	20	>20
Mg(%)	<0,4	1,0	2,0	8,0	>8,0
Kejenuhan Basa (%)	<20	35	50	70	>70
Kejenuhan Aluminium (%)	<10	20	30	60	>60
Cadangan Mineral (%)	<5	10	20	40	>40
pH sangat asam <4,5	Asam 5,5	Agak Asam 6,5	Netral 7,5	Agak Basa 8,5	Basa > 8,5

Jenis-jenis tanah dapat memengaruhi tingkat kesuburan tanah, selain kandungan unsur kimia tanah yang selama ini telah dibahas, antara lain:

1. Jenis tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah yaitu Kambisol Eutrik (Typic Eutrudepts), Podsolik Haplik (Typic Hapludults), Kambisol Distrik (Typic Dystrudepts), Litosol

2. Jenis tanah dengan tingkat kesuburan yang sedang yaitu Andosol Umbrik (Typic Hapludands), dan
3. Jenis tanah dengan tingkat kesuburan yang tinggi yaitu Alluvial Eutrik dll.

Perbedaan jenis tanah disebabkan kandungan mineral tanah sebagai penyusun terbentuknya tanah berasal dari sedimen atau metamorf / pelapukan batuan beku. Mineral tanah terdiri dari mineral primer dan sekunder. Primer yaitu mineral *feldspar*, *ortoklas*, *oligoklas*, *plagioklas*, *biotit*, *hornblende*, dan *apatit*. Sedangkan sekunder terdiri dari *clay* dan oksida / hidroksida besi / aluminium. Mekanisme ketersediaan mineral dalam tanah terdiri dari proses pertukaran, penyerapan, dan pergerakan ion. Pertukaran ion terjadi melalui proses adsorpsi, absorpsi dan fiksasi ion koloid tanah. (Riwandi. dkk, 2017).

12.3 Tanah Gambut

Jenis tanah gambut banyak di Indonesia yang secara umum memiliki keasaman tanah (pH) rendah berkisar 3.0 – 5.0 (Hardjowigeno, 1996). Hasil analisis di berbagai wilayah di Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya, memperlihatkan bahwa histosol menunjukkan reaksi tanah masam ekstrim (pH 3,5 atau kurang) sampai sangat masam sekali (pH 3,6-4,5).

pH tanah umumnya berkisar 3-9 tetapi untuk daerah rawa seperti tanah gambut ditemukan pH dibawah 3 karena banyak mengandung asam sulfat sedangkan didaerah kering atau daerah dekat pantai pH tanah dapat mencapai di atas 9 karena banyak mengandung garam natrium.

Secara umum sifat kimia pada tanah gambut menunjukkan sifat kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Kadar ion H^+ di dalam tanah makin tinggi, maka semakin masam tanah tersebut. Di dalam tanah selain H^+ dan ion-ion lain ditemukan pula ion OH^- , yang jumlahnya sebanding dengan banyaknya H^+ . Pada tanah alkali memiliki kandungan OH^- lebih banyak daripada H^+ . Bila kandungan H^+ sama dengan OH^- maka tanah bereaksi netral yaitu mempunyai pH 7 (Suhardjo & Widjaja-Adhi, 1976).

Adanya pH tanah pada tanah gambut dapat disebabkan adanya pembakaran yang dilakukan diatas tanah. Secara umum kemasaman tanah gambut akan

semakin masam karena banyak tebal bahan organik yang banyak, misalnya kadar hara yaitu N, P, K, Ca, Mg (Mutalib, dkk, 1991).

Kadar kemasaman tanah gambut disebabkan ketersediaan unsur dan larutan ion Al dan ion Fe. Pada pH asam, kelarutan Al dan Fe tinggi akibatnya pada pH sangat rendah pertumbuhan tanaman tidak normal karena suasana pH tidak sesuai, sehingga kelarutan beberapa unsur menurun dan adanya keracunan Al dan Fe (Rosmarkam & Yuwono, 2002).

Keasaman tanah penting dalam menentukan kelarutan mineral di dalam tanah yang memengaruhi berbagai proses pada mikroorganisme misalnya proses dekomposisi bahan organik dan fiksasi nitrogen. Beberapa mineral tanah mengandung unsur hara, dan hara ini mungkin tersedia bagi pertumbuhan tanaman bila pH-nya dalam range yang sesuai.

Beberapa asam organik yang mampu mengikat ion Al untuk menurunkan kelarutan Al di dalam tanah dengan membentuk senyawa kompleks (organo-metalic complex) yang sukar larut. Gugus yang berperan dalam pembentukan kompleks tersebut adalah gugus fungsional seperti karboksil, hidroksil, dan fenol dari asam organik (Hue dan Adams, 1986).

12.4 Keasaman Tanah

Di Indonesia memiliki kondisi tanah dapat bersifat asam karena beriklim basah dengan curah hujan yang tinggi mengakibatkan tingginya pencucian basa-basa dari kompleks jerapan dan hilang melalui air drainase sehingga menurunkan kesuburan tanah. Kesuburan tanah dapat dipengaruhi oleh keadaan basa-basa yang habis tercuci, menyebabkan kation Al dan H sebagai kation dominant dan menyebabkan tanah bereaksi masam (Coleman dan Thomas, 1970).

Keadaan ini menyebabkan kation-kation basa pada tanah menurun dan meningkatkan keasaman tanah atau pH tanah rendah, dan terjadi kompleks pertukaran pada permukaan koloid dan larutan tanah yang didominasi oleh kation asam terutama kation Al^{3+} dan menyebabkan kejenuhan ion Al yang semakin tinggi. Ion Al menjadi sangat larut dan penyebab kemasaman atau penyumbang ion H^+ . Ion H^+ yang dibebaskan tersebut menimbulkan pH tanah rendah sehingga menurunkan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara tersedia pada tanah.

12.4.1 pH Tanah

Salah satu sifat kimia tanah adalah keasaman atau pH (potensial of hidrogen), yang berarti besaran ion H⁺ terhadap ion OH⁻ di dalam larutan tanah. Larutan tanah disebut asam jika nilai pH berada pada kisaran 0 - 6, artinya larutan tanah mengandung ion H⁺ lebih besar daripada ion OH⁻, sebaliknya jika jumlah ion H⁺ dalam larutan tanah lebih kecil dari pada ion OH⁻ larutan tanah disebut basa (alkali) dengan pH berkisar 8 - 14.

Selain itu, pH tanah juga berpengaruh pada kehidupan mikroorganisme di dalam tanah seperti bakteri dan jamur. Bakteri berkembang baik pada pH 5.5 - 7 dan pH < 5,5 merupakan kondisi terbaik untuk berkembang biakan jamur. Secara umum pH yang ideal bagi pertumbuhan tanaman adalah sekitar 6,5 - 7 karena pada pH tersebut sebagian besar unsur hara mudah larut dalam air.

Beberapa unsur mikro di dalam tanah yang memiliki konsentrasi dan daya kelarutan terhadap pH tanah yang tinggi dapat bersifat toksik pada tanaman misalnya unsur Mo, B, Fe, Zn, Mn dan Cu. Pada tanah asam terdapat kadar Al yang besar dan bersifat racun pada tanaman karena ion Al dapat mengikat unsur P untuk membentuk senyawa Al - P, sehingga beberapa unsur tidak dapat diserap oleh tanaman. Pelepasan Al dari kristal tanah liat menjadi hidroksida melalui pertukaran kation terjadi pada proses penghancuran montmorillonit dalam larutan tanah. Kondisi tersebut akan menyebabkan kompleks jerapan lebih banyak dari ion Al³⁺ dan H⁺ atau kation asam. (Sembiring, dkk, 2015)

Pada pH rendah, muatan positifnya meningkat (protonisasi), dan sebaliknya pada pH tinggi muatan negatif meningkat (deprotonisasi), seperti dibawah ini menunjukkan adanya reaksi-reaksi pada pH rendah dan pH Tinggi (Munawar, 2011):

1. Protonisasi (pH rendah)

Pinggiran mineral silikat: $---Al - OH + H^+ \rightleftharpoons ---AlOH_2^+$

Permukaan mineral hidroksida: $-Fe - OH + H^+ \rightleftharpoons FeOH_2^+$

Gugus karboksil: $-COOH + H^+ \rightleftharpoons -COOH_2^+$

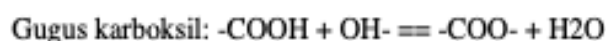
2. Deprotonisasi (pH tinggi):

Pinggiran mineral silikat:

$---Al - OH + OH^- \rightleftharpoons ---Al - O^- + H_2O$

Permukaan mineral hidroksida:

$-Fe - OH + OH^- \rightleftharpoons -Fe - O^- + H_2O$



12.4.2 Air Hujan

Air hujan secara umum di Indonesia dikenal dengan hujan asam karena memiliki pH rendah (asam). Air hujan ini yang dalam kesetimbangan dengan atmosfer akan memiliki pH sekitar 5,6 karena pelarutan CO_2 di dalam air menyebabkan konsentrasi ion hidrogen meningkat atau pH air menjadi turun. pH air hujan berkontribusi dalam proses pengasaman tanah yang dikenal dengan hujan asam.

Beberapa senyawa yang dapat memengaruhi terjadinya hujan asam yaitu:

1. Karbondioksida (CO_2) dan karbon monoksida (CO). Karbondioksida dan karbon monoksida ini merupakan suatu gas hasil proses pembakaran yang bertemu dengan uap air atau H_2O . kedua gas ini apabila bertemu akan membentuk asam karbonat atau H_2CO_3 yang termasuk ke dalam kategori asam lemah.
2. Hidrogen sulfida atau H_2S , sulfur oksida atau SO_2 yang bertemu dengan uap air atau H_2O akan membentuk asam sulfat atau H_2SO_4 yang merupakan kategori asam yang kuat.
3. Beberapa aktivitas manusia misalnya pembakaran hutan, tumpukan sampah, polusi kendaraan bermotor, aktivitas industri dan pembangkit listrik.
4. Fenomena alam yang dapat menimbulkan terjadinya hujan asam adalah pembakaran BBF, letusan gunung berapi dll.
5. Intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan unsur hara di dalam tanah tercuci, kemudian menyebabkan tanah menjadi lebih masam. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kadar Al, Cu dan Fe.

12.5 Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Pertukaran ion merupakan suatu proses di mana satu bentuk ion dalam senyawa dipertukarkan untuk beberapa bentuk dengan jumlah total kation pada permukaan koloid yang bermuatan negatif. Kapasitas Tukar Kation

(KTK) yakni kemampuan tanah mengikat, melepaskan kation. Bila kapasitas tukar kation tanah rendah maka kemampuan tanah untuk mengikat kation juga rendah. Nilai KTK dipengaruhi oleh ciri dan sifat tanah. Nilai KTK dipengaruhi oleh tekstur atau jumlah clay, reaksi tanah, jenis mineral clay, pengapuran atau pemupukan dan BO. Tingginya nilai KTK tanah bisa jadi dikarenakan tingginya kandungan bahan organik tanah yang dipengaruhi kondisi fisik tanah.

Pertukaran ion dapat terjadi karena pencucian pada musim hujan dan penyerapan hara oleh tanaman. Proses penyerapan unsur hara yang maksimal karena adanya jumlah bahan organik yang diserap meningkatkan muatan negatif sehingga akan meningkatkan kapasitas tukar kation unsur hara dalam tanah akan menjadi optimal. Komposisi dan konsentrasi jenis ion di dalam larutan tanah sangat beragam, tergantung pada sifat-sifat tanah. Jumlah kebanyakan unsur hara di dalam larutan tanah hanya merupakan sebagian kecil dari total hara di dalam tanah.

Adanya kemampuan tanah dapat mengikat atau menyerap ion-ion bermuatan positif (kation), seperti Ca, Mg, K, dan unsur-unsur hara logam yang lain. Sebaliknya, koloid silikat tipe 1:1 seperti kaolinit mempunyai kemampuan mengikat kation yang lebih rendah. (Utomo, 2016). Kapasitas tukar kation merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi daripada tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah berpasir. Nilai KTK tanah sangat beragam dan tergantung pada sifat dan ciri tanah itu sendiri. Besar kecilnya KTK tanah dipengaruhi oleh reaksi tanah, tekstur atau jumlah liat, jenis mineral liat, bahan organik dan pengapuran serta pemupukan (Hardjowigeno, 2003). Semakin tinggi kadar liat atau tekstur semakin halus maka KTK tanah akan semakin besar. Demikian pula pada kandungan bahan organik tanah, semakin tinggi bahan organik tanah maka KTK tanah akan semakin tinggi (Mukhlis, 2007).

KTK yang memiliki banyak muatan tergantung pH dapat berubah-ubah dengan perubahan pH. Keadaan tanah yang sangat masam menyebabkan tanah kehilangan KTK dan kemampuan menyimpan hara kation dalam bentuk dapat tukar karena perkembangan muatan positif. KTK menjadi sangat berkurang karena perubahan pH. KTK yang dapat diserap tanah pada pH 7. Perbandingan antara kation basa dengan kation hidrogen dan aluminium merupakan pengertian dari kejenuhan basa atau yang kita kenal dengan KB tanah. Semakin kecil KB maka kondisi pH tanah semakin masam. Kapasitas tukar

kation hara Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} , dan Mn^{2+} . Semakin besar kation terhidrasi semakin sulit mendekati permukaan jerapan, sehingga kekuatan terikatnya rendah. Sebaliknya, semakin kecil diameter ion terhidrasi, maka ion tersebut semakin dapat mendekati permukaan jerapan, sehingga terikat lebih kuat. (Mukhlis, 2007).

Pengaruh secara kimia:

1. Menaikkan KTK (humus mempunyai $\text{KTK} > 200 \text{ me}/100 \text{ gr}$).
2. Merupakan salah satu sumber unsur hara (penting dalam daur/siklus unsur hara)
3. Merupakan cadangan unsur hara utama N,P, S dalam bentuk organik dan unsur hara mikro (Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo, Ca) dalam bentuk khelat (chelate) dan akan dilepaskan secara perlahan-lahan.
4. Meningkatkan aktivitas, jumlah dan populasi mikro dan makro organisme tanah (bakteri, fungi, actinomycetes, cacing, serangga dan lain-lain)

12.6 Kemampuan Tukar Anion (KTA).

Kemampuan tanah menyerap anion disebut dengan Kapasitas Tukar Anion (KTA) (Munawar, 2018). Nilai KTA dinyatakan dalam mol (-) kg^{-1} . Pada umumnya, nilai KTA lebih rendah daripada KTK. Tanah-tanah tertentu mempunyai KTA cukup tinggi untuk menyerap hara dalam bentuk anion, seperti H_2PO_4^- dan SO_4^{2-} . Secara bersama-sama, KTK dan KTA dinyatakan dalam sentimol muatan (charge) per kilogram.

KTK dan KTA masing-masing diukur menurut jumlah maksimum kation dan anion yang dapat dijerap tanah dinyatakan dengan (mol (+) kg^{-1}) dan (mol (-) kg^{-1}). Daya serap tanah berada pada koloid tanah atau disebut juga kompleks serapan yang terdiri atas mineral lempung, bahan humik, dan oksida serta hidroksida Fe dan Al. Muatan bersih kompleks serapan diimbangi oleh muatan ion berlawanan yang terserap sehingga sistem dipertahankan pada keadaan elektronetral (Notohadiprawiro, dkk, 2006).

Valensi merupakan faktor utama yang memengaruhi kekuatan jerapan kation oleh koloid tanah. Ion bervalensi 3 seperti Al^{3+} diserap lebih kuat daripada Ca^{2+} ,

dan Ca^{2+} dijerap lebih kuat daripada Na^+ . Dibutuhkan dua ion Na^+ untuk menggantikan satu ion Ca^{2+} pada permukaan jerapan. Pada kation-kation dengan valensi sama, kation yang berukuran lebih kecil akan mempunyai kepadatan muatan yang lebih besar persatuan volume, dan daya mengikat molekul air yang lebih banyak dan membentuk lapisan air (hidrasi) yang lebih besar. Molekul-molekul air ini menyebabkan jari-jari terhidrasi kation tersebut lebih besar daripada jari-jari kation berukuran besar terhidrasi.

Oleh karena itu, Ca^{2+} dijerap lebih kuat daripada Mg^{2+} , dan K^+ diserap lebih kuat daripada Na^+ . Urutan kekuatan jerapan (lyotropic series) atau selektivitas beberapa kation dapat ditukar adalah $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ = \text{NH}_4^+ > \text{Na}^+$. Ion H^+ tidak dimasukkan ke dalam urutan ini karena ia terikat lemah pada permukaan jerapan pada liat silikat, tetapi ia mampu mendegradasi mineralnya, melepaskan Al^{3+} . Di samping itu, H^+ itu diserap secara non spesifik ke liat, dan terjerap lebih spesifik ke bahan organik tanah.