

MODUL

**PRAKTIKUM
POLUSI TANAH DAN AIR**

PENYUSUN

Dr. Nurul Puspita Palupi, S.P., M.Si

Dr. Hamsyin, M.P

Rahadian Adi Prasetyo, S.P., M.Si

Titin Eka Setianingsih, S.P., M.P

**FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS
MULAWARMAN**

2025

ABSTRAK

Modul praktikum ini disusun sebagai panduan pelaksanaan kegiatan laboratorium dalam mata kuliah *Polusi Tanah dan Air* di Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Praktikum ini bertujuan untuk memberikan pemahaman aplikatif kepada mahasiswa mengenai jenis, sumber, dampak, serta metode identifikasi dan penanggulangan pencemaran pada media tanah dan air. Kegiatan praktikum mencakup analisis parameter fisik, kimia, dan biologis sebagai indikator pencemaran, seperti pH, konduktivitas, logam berat, BOD, COD, serta identifikasi mikroorganisme indikator. Selain itu, mahasiswa juga diperkenalkan pada teknik remediasi sederhana, seperti fitoremediasi dan bioremediasi. Dengan pendekatan eksperimen langsung, modul ini diharapkan mampu meningkatkan keterampilan analisis lingkungan mahasiswa dan membentuk kesadaran kritis terhadap pentingnya pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

TATA TERTIB PRAKTIKUM

1. Praktikum diikuti oleh mahasiswa Program Studi S1 Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman, peserta tambahan dalam praktikum diberikan izin sesuai dengan persetujuan dan kebijakan dosen pengampu praktikum serta sepenuhnya berada di bawah arahan asisten praktikum yang ditunjuk
2. Mahasiswa mengikuti praktikum berpakaian rapi dan santun, serta diwajibkan menggunakan sepatu. Tambahan aksesoris untuk kepentingan perlindungan akan disampaikan sesuai dengan kegiatan praktikum
3. Mahasiswa diwajibkan untuk hadir tepat pada waktunya (sesuai jadwal praktikum maupun jadwal perubahan yang telah disampaikan dan disetujui sebelumnya) dan mengisi lembar absen yang telah disediakan
4. Praktikum diawali dengan arahan singkat mengenai pelaksanaan praktikum dari dosen pengampu praktikum atau diwakili oleh asisten praktikum
5. Mahasiswa diwajibkan untuk mematuhi arahan dan instruksi dari dosen pembimbing maupun asisten praktikum
6. Mahasiswa diwajibkan untuk berperilaku sopan dan menjunjung tinggi norma, etika dan peraturan hukum yang berlaku selama berada di lokasi kegiatan maupun pada tahapan pelaksanaan kegiatan
7. Mahasiswa diwajibkan untuk menghadiri keseluruhan acara praktikum dan menyampaikan izin tertulis apabila terpaksa tidak dapat menghadiri kegiatan. Syarat dan ketentuan minimum kehadiran mengacu aturan yang berlaku pada Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman.
8. Mahasiswa dilarang untuk meninggalkan lokasi praktikum tanpa seizin dari dosen pengampu dan selama tidak berada pada lokasi tidak menjadi tanggung jawab asisten maupun dosen praktikum
9. Mahasiswa wajib menyelesaikan penugasan praktikum sesuai dengan format yang telah ditentukan

DAFTAR ISI

MODUL.....	i
ABSTRAK.....	ii
TATA TERTIB PRAKTIKUM.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Deskripsi Singkat.....	2
BAB II BAKU MUTU TANAH.....	12
A. Pemilihan Indikator Baku Mutu Tanah.....	19
B. Jenis Tanah Untuk Pertanian dan Perkebunan.....	23
C. Ciri Ciri Tanah Subur Dan Tidak Subur.....	24
D. Pengertian dan Karakteristik Air Tercemar.....	25
E. Prinsip Pemeriksaan BOD dan COD.....	29
Praktikum 1. Pengukuran pH Tanah menggunakan Kertas	
Lakmus.....	32
A. Alat dan Bahan.....	32
B. Tujuan.....	32
C. Cara Kerja.....	32
D. Lembar Observasi.....	33
E. Analisis Data.....	33
Soal Responsi Praktikum.....	35
Praktikum 2 . Pengukuran Logam Berat Kadmium (Cd).....	37
A. Definisi.....	37
B. Dampak Kadmium (Cd).....	38
C. Alat dan Bahan.....	39
D. Cara Pengukuran.....	40
Praktikum 3. Pengukuran <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	42
A. <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	42

B. Alat dan Bahan.....	42
Praktikum 4. Analisis BOD dan COD.....	44
A. BOD.....	44
B. Alat dan Bahan.....	45
C. Prosedur Kerja BOD dan COD.....	46
SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah.....
Tabel 2 Batas Kandungan Logam Berat yang Tidak Tercemar.....
Tabel 3 Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Kering Akibat Erosi.....
Tabel 5 Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Basah.....
Tabel 6 Kisaran Nilai Ambang Logam Berat dalam Tanah.....
Tabel 7 Standar Nilai Ambang Logam Berat Untuk Industri menurut USDA.....
Tabel 8 Baku Mutu Logam Berat Limbah Lumpur.....

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Segitiga Tekstur.....	
Gambar 2 Cacing Tanah.....	

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kalimantan Timur sebagai salah satu provinsi dengan kekayaan sumber daya alam yang melimpah menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan hidup, terutama dalam hal pencemaran tanah dan air. Aktivitas pertambangan, perkebunan skala besar, pertanian intensif, dan pertumbuhan permukiman telah memicu peningkatan beban pencemar di berbagai wilayah, termasuk cemaran logam berat, residu pestisida, dan limbah cair domestik maupun industri. Sejumlah studi menunjukkan bahwa beberapa daerah aliran sungai (DAS) utama di Kalimantan Timur telah mengalami penurunan kualitas air, serta degradasi fungsi tanah akibat akumulasi polutan dan perubahan tata guna lahan yang tidak berkelanjutan.

Dalam menjawab tantangan tersebut, mahasiswa Fakultas Pertanian dituntut tidak hanya memahami konsep dasar pencemaran, tetapi juga mampu menerapkan ilmu secara praktis dan solutif dalam konteks lokal. Sejalan dengan semangat **Kurikulum Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM)**, pembelajaran di perguruan tinggi diarahkan untuk membentuk lulusan yang adaptif, kritis, dan berorientasi pada penyelesaian masalah nyata di masyarakat. Salah satu bentuk implementasi MBKM adalah dengan memperkuat kegiatan praktikum berbasis masalah (*problem-based learning*) yang relevan dengan isu lingkungan lokal.

Penyusunan **Modul Praktikum Polusi Tanah dan Air** ini merupakan bagian dari upaya mendukung proses pembelajaran aktif, kontekstual, dan aplikatif di Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Modul ini tidak hanya menjadi sarana pembelajaran laboratorium, tetapi juga sebagai media pembentukan karakter peduli lingkungan, sesuai dengan visi **Green Campus** yang tengah dikembangkan oleh Universitas Mulawarman. Praktikum yang termuat dalam modul ini memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa dalam mengidentifikasi jenis polutan, menganalisis parameter pencemaran tanah dan air, serta menerapkan teknik remediasi sederhana seperti fitoremediasi dan bioremediasi.

Dengan latar belakang tersebut, modul ini diharapkan dapat menjadi panduan strategis dalam pengembangan kompetensi mahasiswa, mendukung penerapan ilmu secara lintas bidang, dan turut berkontribusi dalam upaya pelestarian lingkungan serta pertanian berkelanjutan di Kalimantan Timur.

B. Deskripsi Singkat

Polusi tanah dan air merupakan kondisi tercemarnya media lingkungan oleh bahan kimia berbahaya, limbah organik, logam berat, pestisida, maupun senyawa lainnya yang berdampak negatif terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Dalam konteks ilmu pertanian, pencemaran tanah dan air sangat berpengaruh terhadap produktivitas lahan, kualitas hasil pertanian, serta keberlanjutan sumber daya alam.

Tanah yang tercemar dapat mengalami penurunan kesuburan, gangguan aktivitas mikroorganisme tanah, serta akumulasi racun dalam tanaman. Sementara itu, air yang tercemar—baik sebagai sumber irigasi maupun konsumsi—dapat menyebabkan kerusakan fisiologis tanaman, kontaminasi hasil panen, dan berisiko tinggi bagi kesehatan manusia serta hewan ternak. Oleh karena itu, pengendalian dan pemulihan kualitas tanah dan air menjadi bagian penting dalam sistem pertanian berkelanjutan. Melalui pendekatan ilmiah dan teknologi pertanian, seperti analisis pencemaran, bioremediasi, serta penggunaan pupuk dan pestisida yang bijak, ilmu pertanian berperan sentral dalam mitigasi dampak polusi dan menjaga keseimbangan lingkungan.

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 150 tahun 2000 tentang Pengendalian kerusakan tanah untuk produksi biomassa: Tanah adalah salah satu komponen lahan berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi, dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Tetapi apa yang terjadi, akibat kegiatan manusia, banyak terjadi kerusakan tanah. Di dalam PP No. 150 tahun disebutkan bahwa Kerusakan tanah untuk produksi biomassa adalah berubahnya sifat dasar tanah yang melampaui kriteria baku kerusakan tanah. Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat

menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Pencemaran lingkungan dapat dikategorikan menjadi: polusi air, polusi udara, polusi tanah, dan polusi suara.

Untuk mengetahui tanah maka harus diketahui sifat-sifat dari tanah, sifat tanah dapat dibagi menjadi tiga bagian besar yaitu sifat fisik tanah, sifat kimia tanah dan sifat biologi tanah.

1. Sifat Fisik Tanah

Kualitas tanah dapat dilihat secara sifat fisik dari tanah. Sifat fisik tanah merupakan sifat tanah yang dilihat dari tekstur, struktur, konsistensi tanah, warna tanah, temperatur tanah. Untuk menetapkan tekstur tanah dapat dilakukan secara kualitatif dengan melihat langsung lapangan dan secara kuantitatif dengan melakukan pemeriksaan di laboratorium. Sifat fisik tanah dapat dilihat dari :

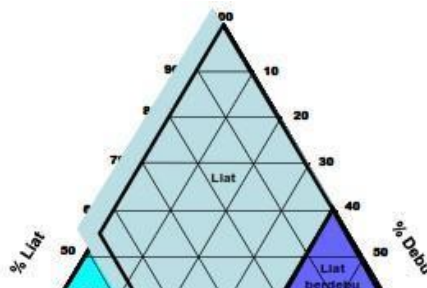
a. Tekstur Tanah

Salah satu sifat fisik tanah adalah tekstur tanah, dimana tekstur tanah tersusun dari tiga golongan besar partikel tanah dalam suatu massa tanah, terutama perbandingan antar fraksi-fraksi lempung (clay) dan fraksi pasir (sand) dan debu (dust). Ukuran relatif partikel tanah dinyatakan dalam istilah tekstur, yang mengacu pada kehalusan atau kekasaran tanah. Lebih khasnya tekstur adalah perbandingan relatif pasir, debu dan tanah liat. Tanah terdiri dari butir-butir tanah berbagai ukuran. Bagian tanah yang berukuran lebih dari 2 mm sampai lebih kecil dari pedon disebut fragmen batuan (rock fragment) atau bahan kasar (kerikil sampai batu). Bahan-bahan tanah yang lebih halus ($< 2 \text{ mm}$) disebut fraksi tanah halus (fine earth fraction) dan dapat dibedakan menjadi:

Pasir : $2 \text{ mm} - 50\mu$

Debu : $50\mu - 2\mu$

Liat : kurang dari 2μ



Gambar 1. Segitiga Tekstur

Sumber: Modul Penuntun Praktikum Tanah dan Pemupukan

b. Struktur Tanah

Struktur tanah adalah susunan atau tata letak partikel tanah (pasir, debu, dan liat) yang membentuk agregat atau gumpalan-gumpalan kecil. Struktur ini menentukan bagaimana ruang pori terbentuk di antara partikel-partikel tersebut, sehingga memengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan air, sirkulasi udara, penetrasi akar, dan aktivitas organisme tanah.

c. Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah adalah sifat fisik tanah yang menunjukkan tingkat kohesi (daya lekat antar partikel) dan adhesi (daya lekat partikel tanah terhadap benda lain) dalam kondisi kelembapan tertentu. Sederhananya, konsistensi menggambarkan bagaimana tanah "berperilaku" saat ditekan, diremas, atau dibentuk, tergantung dari kadar airnya.

d. Warna Tanah

Warna tanah adalah karakteristik visual tanah yang sering digunakan sebagai indikator awal untuk menilai kandungan bahan organik, tingkat drainase, kondisi aerasi, serta keberadaan mineral tertentu. Warna tanah dipengaruhi oleh komposisi kimia, kondisi lingkungan, dan proses pembentukan tanah (pedogenesis).

Di lapisan bawah dimana kandungan bahan organik umumnya rendah, warna tanah banyak dipengaruhi oleh bentuk dan banyaknya senyawa Fe yang didapat. Di daerah berdrainase buruk yaitu daerah yang selalu tergenang air, seluruh tanah berwarna abu-abu karena senyawa Fe terdapat dalam keadaan reduksi (Fe^{2+}). Pada tanah yang berdrainase baik, yaitu tanah yang tidak pernah terendam air, Fe terdapat dalam keadaan oksidasi (Fe^{3+}) misalnya dalam senyawa Fe_2O_3 (Hematit) yang berwarna merah atau $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (limonit) yang berwarna Kuning cokelat. Bila tanah kadang-kadang basah dan kadang-kadang kering maka di samping warna abu-abu (daerah yang tereduksi) didapat pula bercak-bercak karatan merah atau kuning yaitu ditempat-tempat dimana udara dapat masuk sehingga terjadi oksidasi besi di tempat tersebut. Beberapa jenis mineral seperti kuarsa dapat

menyebabkan warna tanah menjadi lebih terang.

e. Suhu

Suhu tanah adalah ukuran panas atau dinginnya tanah pada suatu waktu tertentu. Suhu ini berperan penting dalam berbagai proses biologis, kimia, dan fisik yang terjadi di dalam tanah, serta sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Suhu tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang mempengaruhi proses-proses yang terjadi di dalam tanah seperti pelapukan, penguraian bahan tanah, reaksi-reaksi kimia dan lain-lain dan dapat mempengaruhi langsung pada pertumbuhan tanaman melalui percobaan kelembaban tanah, aerasi, aktivitas mikroba, ketersediaan unsur hara tanaman, dan lain-lain.

2. Sifat Kimia Tanah

Sifat kimia tanah mengacu pada karakteristik tanah yang berkaitan dengan komposisi kimia dan reaksi kimia yang terjadi di dalam tanah, yang memengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman, kestabilan struktur tanah, serta interaksi antara mineral, air, udara, dan organisme tanah. Sifat kimia tanah sangat menentukan kesuburan tanah, dan oleh karena itu menjadi fokus utama dalam pengelolaan pertanian berkelanjutan. Sifat kimia tanah dapat dilihat dari:

a. Derajat Keasaman (pH)

Reaksi yang menunjukkan sifat kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam tanah. Makin tinggi kadar ion H^+ didalam tanah, semakin masam tanah tersebut. Di dalam tanah selain H^+ dan ion-ion lain ditemukan pula ion OH^- , yang jumlahnya berbanding terbalik dengan banyaknya H^+ . Pada tanah-tanah asam jumlah ion H^+ lebih tinggi daripada OH^- , sedang pada tanah alkalis kandungan OH^- lebih banyak daripada H^+ . Bila kandungan H^+ sama dengan OH^- , maka tanah bereaksi netral yaitu mempunyai $pH = 7$. pH tanah adalah indikator utama dalam manajemen kesuburan tanah. Menjaga pH tanah dalam kisaran optimal (sekitar 5,5–7) sangat penting untuk: menjamin ketersediaan unsur hara, menjaga

kesehatan mikroorganisme tanah, dan mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman secara maksimal.

b. C-Organik

C-organik tanah (karbon organik tanah) adalah bagian dari bahan organik tanah yang berasal dari sisa-sisa organisme hidup seperti tumbuhan, hewan, mikroorganisme, atau bahan-bahan hasil dekomposisi yang mengandung karbon (C). C-organik merupakan komponen utama bahan organik tanah dan menjadi indikator penting kualitas tanah karena berperan langsung dalam proses biologi, fisik, dan kimia tanah. Kandungan bahan organik dalam bentuk C-organik di tanah harus dipertahankan tidak kurang dari 2 persen, agar kandungan bahan organik dalam tanah tidak menurun dengan waktu akibat proses dekomposisi mineralisasi maka sewaktu pengolahan tanah penambahan bahan organik mutlak harus diberikan setiap tahun.

c. Fosfor

Unsur Fosfor (P) dalam tanah berasal dari bahan organik, pupuk buatan dan mineral-mineral didalam tanah. Fosfor (P) adalah salah satu unsur hara makro esensial yang sangat dibutuhkan tanaman, terutama untuk pertumbuhan akar, pembentukan bunga dan buah, proses fotosintesis dan respirasi dan transfer energi (dalam bentuk ATP dan ADP). Fosfor paling mudah diserap oleh tanaman pada pH sekitar 6-7. Di dalam tanah terdapat dua jenis fosfor yaitu fosfor organik dan fosfor anorganik. Bentuk fosfor organik biasanya terdapat banyak di lapisan atas yang lebih kaya akan bahan organik. Kadar P organik dalam bahan organik kurang lebih sama kadarnya dalam tanaman yaitu 0,2 – 0,5 %. Jika kekurangan fosfor, pembelahan sel pada tanaman terhambat dan pertumbuhannya kerdil.

d. Kalium (K)

Kalium merupakan unsur hara diserap oleh tanaman dalam bentuk ion K^+ . Muatan positif dari Kalium akan membantu menetralkan muatan listrik yang disebabkan oleh muatan negatif Nitrat, Fosfat, atau unsur lainnya.

e. Natrium (Na)

Natrium merupakan unsur penyusun litosfer yaitu 2,75% yang berperan penting dalam menentukan karakteristik tanah dan pertumbuhan tanaman terutama di daerah kering dan agak kering yang berdekatan dengan pantai, karena tingginya kadar Na di laut, suatu tanah disebut tanah alkali jika KTK atau muatan negatif koloid- koloidnya dijenuhi oleh $\geq 15\%$ Na, yang mencerminkan unsur ini merupakan komponen dominan dari garam-garam larut yang ada. Natrium (Na) adalah unsur kimia alkali yang secara teknis bukan unsur hara esensial bagi sebagian besar tanaman. Artinya, tanaman tidak mutlak membutuhkan natrium untuk tumbuh, meskipun beberapa tanaman (seperti bit, seledri, dan beberapa rumput) mungkin memanfaatkannya dalam jumlah kecil.

f. N-Total

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro esensial, menyusun sekitar 1,5 % bobot tanaman dan berfungsi terutama dalam pembentukan protein. N-total (Nitrogen total) adalah jumlah keseluruhan nitrogen yang terdapat dalam tanah, baik dalam bentuk organik maupun anorganik. Nilai ini mencerminkan total cadangan nitrogen yang ada di tanah, meskipun tidak semuanya tersedia langsung bagi tanaman. Sumber primer N berasal dari atmosfer dan lainnya berasal dari aktivitas di dalam tanah sebagai sumber sekunder. Kandungan N total umumnya berkisar antara 2000 – 4000 kg/ha pada lapisan 0 – 20 cm tetapi tersedia bagi tanaman hanya kurang 3 % dari jumlah tersebut. Manfaat dari Nitrogen adalah untuk memacu pertumbuhan tanaman pada fase vegetatif, serta berperan dalam pembentukan klorofil, asam amino, lemak, enzim, dan persenyawaan lain. Nitrogen terdapat di dalam tanah dalam bentuk organik dan anorganik. Bentuk-bentuk organik meliputi NH_4 , NO_3 , NO_2 , N_2O dan unsur N. Tanaman menyerap unsur ini terutama dalam bentuk NO_3 , namun bentuk lain yang juga dapat menyerap adalah NH_4 , dan urea ($\text{CO}(\text{N}_2))_2$ dalam bentuk NO_3 .

g. Kalsium (Ca)

Kalsium (Ca) adalah salah satu unsur hara makro sekunder yang

esensial bagi tanaman, meskipun dibutuhkan dalam jumlah lebih sedikit dibanding nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Kalsium juga sangat penting bagi kesuburan tanah dan struktur tanah yang baik. Adapun manfaat dari kalsium adalah mengaktifkan pembentukan bulu-bulu akar dan biji serta menguatkan batang dan membantu keberhasilan penyerbukan, membantu pemecahan sel, membantu aktivitas beberapa enzim.

h. Magnesium (Mg)

Magnesium (Mg) adalah unsur hara makro sekunder yang esensial bagi tanaman, meskipun dibutuhkan dalam jumlah lebih sedikit dibanding unsur makro primer seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Dalam tanah, magnesium berperan baik sebagai unsur hara maupun dalam menjaga keseimbangan kation tanah. Seperti halnya dengan beberapa unsur hara lainnya, kekurangan magnesium mengakibatkan perubahan warna yang khas pada daun. Kadang-kadang pengguguran daun sebelum waktunya merupakan akibat dari kekurangan magnesium.

i. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas Tukar Kation (KTK) adalah ukuran kemampuan tanah untuk menyimpan dan menukar kation-kation (ion bermuatan positif) yang dibutuhkan oleh tanaman. Kapasitas tukar kation (KTK) 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-tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah-tanah berpasir. Semakin tinggi KTK, semakin tinggi kemampuan tanah menyimpan unsur hara, menentukan efisiensi pemupukan, mempengaruhi kebutuhan pengapuran dan amendemen tanah, dan berkaitan dengan kemampuan tanah menahan pencucian hara

j. Kejenuhan Basa

Kejenuhan basa dan pH terdapat hubungan yang positif. Kejenuhan basa adalah perbandingan dari jumlah kation basa yang ditukarkan dengan kapasitas tukar kation yang dinyatakan dalam persen. Kejenuhan basa rendah berarti tanah kemasaman tinggi dan

kejenuhan basa mendekati 100% tanah bersifat alkalis. Kejenuhan basa (Base Saturation) adalah salah satu parameter penting dalam ilmu tanah yang menggambarkan persentase dari Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang ditempati oleh kation basa seperti Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Kalium (K^+), Natrium (Na^+).

Kejenuhan basa selalu dihubungkan sebagai petunjuk mengenai kesuburan sesuatu tanah. Tanah sangat subur bila kejenuhan basa > 80%, berkesuburan sedang jika kejenuhan basa antara 50-80% dan tidak subur jika kejenuhan basa < 50 %. Hal ini didasarkan pada sifat tanah dengan kejenuhan basa 80% akan membebaskan kation basa dapat dipertukarkan lebih mudah dari tanah dengan kejenuhan basa 50%.

3. Sifat Biologi Tanah

Sifat biologi tanah adalah aspek yang berkaitan dengan kehidupan organisme yang terdapat di dalam tanah dan peranannya dalam mendukung fungsi ekosistem tanah, kesuburan tanah, dan pertumbuhan tanaman. Organisme tanah sangat beragam, mulai dari yang mikroskopis hingga yang makroskopis, yang berperan dalam dekomposisi bahan organik, siklus hara, pembentukan struktur tanah, dan pengendalian penyakit tanah. Sifat biologi tanah adalah indikator penting dari kesehatan dan kesuburan tanah. Tanah yang aktif secara biologis akan lebih mampu menyediakan hara, menekan penyakit, memperbaiki struktur tanah, dan mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan.

a. Total Mikroorganisme Tanah

Jumlah total mikroorganisme yang terdapat didalam tanah digunakan sebagai indeks kesuburan tanah (fertility indeks), tanpa mempertimbangkan hal-hal lain. Tanah yang subur mengandung sejumlah mikroorganisme, populasi yang tinggi ini menggambarkan adanya suplai makanan atau energi yang cukup ditambah lagi dengan temperatur yang sesuai, ketersediaan air yang cukup, kondisi ekologi lain yang mendukung perkembangan mikroorganisme pada tanah tersebut.

b. Jumlah Fungi Tanah

Fungi berperan dalam perubahan susunan tanah. Fungi tidak berklorofil sehingga mereka menggantungkan kebutuhan akan energi dan karbon dari bahan organik. Fungi dibedakan dalam tiga golongan yaitu ragi, kapang, dan jamur. Kapang dan jamur mempunyai arti penting bagi pertanian.

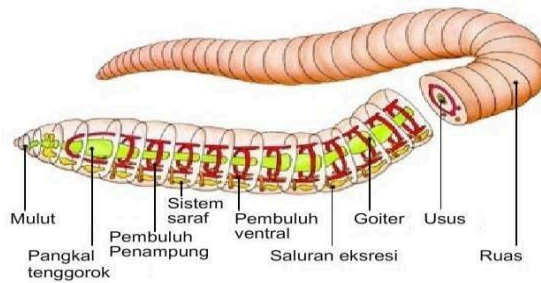
c. Jumlah Bakteri Pelarut Fosfat

Bakteri pelarut fosfat pada umumnya dalam tanah ditemukan di sekitar perakaran yang jumlahnya berkisar 103 – 106 sel/g tanah. Bakteri ini dapat menghasilkan enzim Phosphatase maupun asam-asam organik yang dapat melarutkan fosfat tanah maupun sumber fosfat yang diberikan. Fungsi bakteri tanah yaitu turut serta dalam semua perubahan bahan organik, memegang monopoli dalam reaksi enzimatik yaitu nitrifikasi dan pelarut fosfat. Jumlah bakteri dalam tanah bervariasi karena perkembangan mereka sangat bergantung dari keadaan tanah. Pada umumnya jumlah terbanyak dijumpai di lapisan atas. Jumlah yang biasa dijumpai dalam tanah berkisar antara 3 – 4 miliar tiap gram tanah kering dan berubah dengan musim.

d. Cacing Tanah

Cacing Tanah merupakan makrofauna tanah yang berperan penting sebagai penyelaras dan keberlangsungan ekosistem yang sehat, baik bagi biota tanah lainnya maupun bagi hewan dan manusia.

CACING TANAH



Gambar 2 Cacing Tanah

(<https://penjaskes.co.id/cacing-tanah-morfologi-anatomi-dan-perannya-terhadap-kehidupan-terlengkap/>)

Secara umum peran cacing tanah telah terbukti sebagai bioamelioran (jasad hayati penyubur dan penyehat) tanah terutama melalui kemampuannya dalam memperbaiki sifat-sifat tanah, seperti ketersediaan hara, dekomposisi bahan organik, pelapukan mineral, struktur, aerasi, formasi agregat drainase, dan lain-lain sehingga mampu meningkatkan produktivitas tanah.

BAB II BAKU MUTU TANAH

Baku mutu tanah adalah nilai ambang batas atau standar kualitas tanah yang ditetapkan oleh pemerintah atau lembaga tertentu, yang digunakan untuk menilai apakah suatu lahan masih dalam kondisi aman dan layak untuk fungsi tertentu (misalnya pertanian, permukiman, atau konservasi), mendeteksi pencemaran atau perubahan kualitas tanah akibat aktivitas manusia (misalnya limbah industri, pertanian, pertambangan) dan menjadi acuan hukum dalam pengelolaan lingkungan dan penegakan aturan pencemaran tanah. Tujuan penetapan baku mutu tanah adalah untuk melindungi produktivitas tanah untuk pertanian, menjaga kesehatan manusia dan ekosistem, menjadi dasar evaluasi dalam studi Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dan mencegah akumulasi bahan berbahaya di dalam tanah (Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, 2024).

Walaupun rancangan baku mutu tanah telah diatur dalam rancangan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tahun 1994. Rancangan Kepmen ini menyebutkan bahwa baku mutu tanah ditetapkan oleh masing-masing Gubernur dengan berpedoman pada Baku Mutu Nasional. Penentuan baku mutu dilakukan berdasarkan penelitian dan tetap menampung aspirasi dari masyarakat, pengusaha dan pihak yang berkepentingan.

Pusat Penelitian Tanah dari Departemen Pertanian (1983) telah mengajukan kriteria penilaian sifat kimia tanah berdasarkan sifat umum tanah yang didapat secara empiris. Kriteria penilaian sifat kimia tanah tersebut disajikan pada gambar tabel berikut:

Tabel 1. Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C-organik (%)	< 1,0	2,0	3,3	0,5	> 5,0
N Total (%)	< 0,1	0,2	0,5	0,75	> 0,75
P2O5 HCl 25% (ppm)	< 10	20	40	60	> 60
K2O 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	> 1,0
Kejenuhan Basa (%)	< 20	35	50	70	> 1,0
Kejenuhan Aluminium (%)	< 10	20	30	60	> 1,0
Cadangan Mineral (%)	< 5	10	20	40	> 1,0
pH sangat asam < 4,5	Asam 5,5	Agak Asam 6,5	Netral 7,5	Agak Basa 8,5	Basa > 8,5

Sedangkan kriteria umum untuk kandungan logam berat yang terdapat di dalam tanah telah diteliti oleh Ferguson (1990) mengemukakan batas beberapa kandungan logam berat yang tidak tercemar di dalam tanah.

Tabel 2 Batas Kandungan Logam Berat yang Tidak Tercemar

No.	Logam Berat	Rerata Tanah yang Tidak Terkontaminasi	Batas Minimum	Batas Maksimum
1.	<i>Cadmium</i> (Cd)	0,62 µg/g	0,1 µg/g	1,0 µg/g
2.	<i>Mercury</i> (Hg)	0,098 µg/g	0,01 µg/g	0,06 µg/g
3.	<i>Arsenic</i> (As)	6,03 µg/g	5 µg/g	10 µg/g
4.	<i>Lead</i> (Pb)	29,2 µg/g	10 µg/g	20 – 50 µg/g
5.	<i>Selenium</i> (Se)	0,4 µg/g	Angka ini akan meningkat pada daerah asam dan semi asam	

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 150 tahun 2000, tanah didefinisikan sebagai salah satu sumber daya alam, wilayah hidup, media lingkungan, dan faktor produksi termasuk produksi biomassa yang mendukung kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya harus dijaga dan dipelihara kelestarian fungsinya. Seiring meningkatnya kegiatan produksi biomassa yang memanfaatkan tanah maupun sumber daya alam lainnya yang tidak terkendali dapat mengakibatkan kerusakan tanah untuk produksi biomassa, sehingga menurunkan mutu serta fungsi tanah yang pada akhirnya dapat mengancam kelangsungan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Berdasarkan pertimbangan untuk melaksanakan pengelolaan lingkungan hidup, ditetapkan peraturan pemerintah untuk mengendalikan kerusakan tanah untuk produksi biomassa. Kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Kering Akibat Erosi

Tebal Tanah	Ambang Kritis Erosi		Metode Pengukuran	Peralatan
	Ton/ha/ta hun	mm/10 tahun		
< 20 cm	> 0,1 - < 1	> 0,2 - < 1,3	1. Gravimetrik 2. Pengukuran langsung	1. Timbangan, tabung ukur, penetrometer debit (discharge) sungai dan peta daerah tangkapan air (catchment area)
20 - <50 cm	1 - < 3	1,3 - < 4		2. Patok erosi
50 - < 100 cm	3 - < 7	4,0 - < 9,0		
100-150 cm	7 - 9	9,0 - 12		
>150 cm	> 9	> 12		

Sumber: PPRI 150 tahun 2000

Tabel 4 Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Kering

No.	Parameter	Ambang Kritis	Metode Pengukuran	Peralatan
1.	Ketebalan Solum	< 20 cm	Pengukuran Langsung	Meteran
2.	Kebatuan Permukaan	> 40 %	Pengukuran langsung imbalan batu dan tanah dalam unit luasan	Meteran; <i>counter</i> (<i>line</i> atau total)
3.	Komposisi Fraksi	<18% koloid; >80% pasir kuarsitik	Warna pasir, Gravimetrik	Tabung ukur, timbangan
4.	Berat isi	>1,4gram/cm ³	Gravimetrik pada satuan volume	Lilin, tabung ukur, <i>ring sample</i>
5.	Porositas Total	<30%; >70%	Perhitungan berat isi (BI) dan berat jenis (BJ)	Piknometer, timbangan analitik
6.	Derajat Pelulusan Air	<0,7 cm/jam; >8,0 cm/jam	Permeabilitas	<i>Ring sampler</i> , <i>double ring</i>

				<i>permeameter</i>
7.	pH (H ₂ O) 1 : 2,5	< 4,5 ; > 8,5	Potensiometr ik	pH meter, pH <i>stick</i> skala 0,5 satuan
8.	Daya Hantar Listrik (DHL)	> 4,0 mS/cm	Tahanan Listrik	EC meter
9.	Redoks	< 200 mV	Tegangan Listrik	pH meter, elektroda platina
10.	Jumlah Mikroba	< 10 ² cfu/g tanah	<i>Plating Technique</i>	Cawan petri, <i>colony counter</i>

Sumber: peraturan pemerintahan RI Nomor 150 tahun 2000

Tabel 5 Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Basah

N o.	Parameter	Ambang Kritis	Metode Pengukuran	Peralatan
1.	Subsistensi gambut di atas pasir kuarsa	> 35 cm/5 tahun untuk ketebalan gambut $\geq$ 3 m atau 10%/5 tahun untuk ketebalan gambut < 3 m	Pengukuran Langsung	Patok Subsistensi
2.	Kedalaman lapisan berpirit dari permukaan tanah	< 25 cm dengan pH $\leq$ 2,5	Reaksi Oksidasi dan Pengukuran Langsung	Cepuk plastic, H ₂ O ₂ , pH <i>stick</i> skala 0,5 satuan, meteran
3.	Kedalaman air tanah dangkal	> 25 cm	Pengukuran Langsung	Meteran
4.	Redoks untuk tanah berpirit	> -100 mV	Tegangan Listrik	pH meter, elektroda platina
5.	Redoks untuk gambut	> 200 mV	Tegangan Listrik	pH meter, elektroda platina
6.	pH (H ₂ O) 1 : 2,5	< 4,0 ; > 7,0	Potensiometr ik	pH meter, pH <i>stick</i> skala 0,5 satuan
7.	Daya Hantar	> 4,0 mS/cm	Tahanan listrik	EC meter

	Listrik (DHL)			
8.	Jumlah mikroba	< 102 cfu/g tanah	<i>Plating Techniqu</i>	Cawan petri, <i>Colony counter</i>

Sumber: peraturan pemerintahan RI Nomor 150 tahun 2000

Catatan :

- Untuk lahan basah yang tidak bergambut dan kedalaman pirit > 100 cm, ketentuan kedalaman air tanah dan nilai redoks tidak berlaku.
- Ketentuan-ketentuan subsidensi gambut dan kedalaman lapisan berpirit tidak berlaku jika lahan belum terusik/masih dalam kondisi asli/alami/hutan alam.

Berdasarkan pengetahuan saat ini, data minimum indikator mutu tanah terdiri atas tekstur tanah, kedalaman tanah, infiltrasi, berat jenis, kemampuan tanah memegang air, C organik, pH, daya hantar listrik, N, P, K, biomassa mikroba, potensi N dapat dimineralisasi, dan respirasi tanah. Logam berat perlu juga dijadikan indikator karena dapat mempengaruhi produksi tanaman, kesehatan hewan dan manusia, serta aktivitas mikroba tanah. Tiga besar logam berat beracun adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), dan cadmium (Cd).

Untuk mengetahui pencegahan dan penanggulangan polusi logam berat yang mencemari lingkungan sangat penting diketahui batas/nilai ambang logam. Nilai ambang batas logam berat tiap negara berbeda-beda, karena adanya perbedaan kemampuan sifat tanah untuk menyangga logam berat. Di Inggris dan Belanda, nilai ambang batas untuk Pb 5-6 kali lebih besar dari negara industri lainnya. Untuk Indonesia dengan tingkat pelapukan tanah yang intensif, kemungkinan daya sangga tanah terhadap logam berat lebih rendah sehingga nilai ambang batasnya akan lebih rendah dari negara industri tersebut. Ada beberapa hasil penelitian yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk tindakan reklamasi lahan. Pada tabel berikut dicantumkan data kisaran nilai ambang logam berat dalam tanah (Pickering 1980).

Tabel 6 Kisaran Nilai Ambang Logam Berat dalam Tanah

Logam Berat	Nilai Ambang dalam Tanah (ppm)
As	0,1-4,0
B	2-100

F	30-300
Cd	0,1-7,0
Mn	100-4000
Ni	10-1000
Zn	10-300
Cu	2-100
Pb	2-200

USDA membuat standar nilai ambang untuk industri yang limbahnya akan dibuang ke lahan pertanian. Limbah tersebut dibuang dalam bentuk padatan (sludge), karena lebih mudah dalam pencegahan dan membersihkan lahan dari kontaminasi logam berat. Ambang batas logam berat yang diterapkan pada tanah disajikan pada tabel berikut.

Tabel 7 Standar Nilai Ambang Logam Berat Untuk Industri menurut USDA

Logam Berat	Konsentrasi Maksimum bahan Pencemar (Ppm)	Rata-rata tahunan bahan pencemar (kg/ha/th)	Kumulatif bahan pencemar (kg/ha)
Arsenic	75	2	41
Cadmium	85	1,9	39
Copper	3000	150	3000
Lead	4300	75	1500
Mercury	420	21	420
Molybdenum	840	15	300
Nickel	57	0,85	17
Selenium	75	0,90	18
Zinc	100	5	100

Kementerian ESDM Republik Indonesia mengeluarkan peraturan No. 045 tahun 2006 tentang limbah lumpur pada kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi. Tabel baku mutu logam berat limbah lumpur ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 8 Baku Mutu Logam Berat Limbah Lumpur

Logam Berat	Baku Mutu (mg/L)
Arsen	5,0
Barium	100,0

Cadmium	1,0
Chromium	5,0
Copper	10,0
Lead	5,0
Mercury	0,2
Selenium	1,0
Silver	5,0
Zinc	50,0

Baku mutu produk atau hasil pertanian dari lahan pertanian yang tercemar sangat diperlukan, agar aman bagi konsumen. Oleh karena batas kritis/ambang batas polusi pada tanah, air, tanaman, dan produk pertanian belum ada atau belum ditetapkan untuk kondisi Indonesia.

A. Pemilihan Indikator Baku Mutu Tanah

1. Batas dan Lingkup Mutu Tanah

Mutu tanah tidak dapat diukur, tetapi indikatornya dapat diukur secara kuantitatif. Berbagai definisi indikator yang ditemukan dalam literatur intinya menekankan pada sifat tanah yang dapat diukur dan dipantau yang mempengaruhi kemampuan tanah untuk memperagakan fungsinya. Departemen Pertanian Amerika Serikat mendefinisikan indikator mutu tanah sebagai sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi serta proses dan karakteristik yang dapat diukur untuk memantau berbagai perubahan dalam tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai indikator mutu tanah akan menentukan kemampuan tanah untuk memenuhi fungsinya. **Mutu tanah** adalah ukuran atau derajat kemampuan tanah untuk **mendukung fungsi-fungsi penting** dalam ekosistem, terutama dalam **menunjang pertumbuhan tanaman, menyimpan dan menyaring air, mendukung keanekaragaman hayati, menyediakan unsur hara, dan mendukung keberlanjutan lingkungan dan produksi pertanian**. Mutu tanah juga sering disebut sebagai **kesehatan tanah** atau **soil quality** dalam konteks keberlanjutan.

Penetapan baku mutu tanah tanpa mempertimbangkan semua

fungsi tanah, manfaatnya hanya akan bersifat parsial sehingga hilang keandalannya. Oleh karena itu, perlu merenungkan dan mencermati penetapan baku mutu tanah sebagai tantangan utama. Kalau tidak, maka penggunaan dan pengelolaan tanah kehilangan kendali. Pemantauan dan pemulihan mutu tanah tidak menyelesaikan masalah karena tidak ada ukuran baku yang digunakan.

Terdapat konsensus umum bahwa ruang lingkup mutu tanah mencakup tiga komponen pokok. Pertama, produksi berkelanjutan yaitu kemampuan tanah untuk meningkatkan produksi dan tahan terhadap erosi. Kedua, mutu lingkungan yaitu mutu air, tanah, dan udara di mana tanah diharapkan mampu mengurangi polusi lingkungan, penyakit, dan kerusakan sekitarnya. Ketiga, kesehatan makhluk hidup, yaitu mutu makanan sebagai produk yang dihasilkan dari tanah harus memenuhi faktor keamanan (safety) dan komposisi gizi. Tanah bermutu tinggi jika efektif untuk menahan, menerima, dan melepas air dan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman; mendorong dan mendukung produksi tanaman; menjadi habitat mikroorganisme; mengameliiorasi lingkungan tercemar, tahan terhadap degradasi; mempertahankan atau memperbaiki kesehatan fauna dan manusia.

2. Kriteria Indikator Mutu Tanah

Banyak indikator potensial yang dapat digunakan untuk menetapkan mutu tanah. Namun, perlu dipilih indikator utama sehingga dapat diaplikasikan pada pola monitoring baik pada tingkat nasional, propinsi atau kawasan DAS. Indikator mutu tanah harus memenuhi kriteria: (1) berkorelasi baik dengan berbagai proses ekosistem dan berorientasi pemodelan, (2) mengintegrasikan berbagai sifat dan proses kimia, fisika, dan biologi tanah; (3) mudah diaplikasikan pada berbagai kondisi lapang dan diakses oleh para pengguna; (4) peka terhadap variasi pengelolaan dan iklim; dan (5) sedapat mungkin merupakan komponen dari basis data.

Ada formula pendekatan dengan cara pemberian skor untuk menentukan apakah suatu indikator potensial dipilih atau tidak untuk tanah terdegradasi atau terpolusi. Formula yang diusulkan adalah:

$$A = \text{Jumlah (S, U, M, I, R)}$$

A = nilai skor yang dapat diterima untuk suatu indikator

S = kepekaan suatu indikator terhadap proses degradasi atau pemulihan

U = kemudahan pemahaman pada suatu nilai indikator

M = mudah dan atau murah untuk diukur

I = pengaruh indikator dapat diprediksi pada tanah, kesehatan tanaman, hewan, dan produktivitas

R = mempunyai hubungan dengan proses ekosistem (khususnya yang menunjukkan aspek lingkungan dan keberlanjutan).

Tiap parameter dalam persamaan di atas diberikan skor (1 sampai 5) berdasarkan pengetahuan dan pengalaman pengguna terhadap parameter tersebut. Jumlah nilai dari tiap indikator tersebut memberikan tingkat penerimaan skor yang dapat diurut dan dibandingkan dengan indikator potensial yang lain, sehingga memudahkan pemilihan indikator pada suatu lokasi. Contoh, berat jenis tanah (BD) dapat diberikan skor sebagai berikut (S= 4, U= 4, M= 5, I= 3, R= 2) sehingga diperoleh skor 18/25 (72%). Di pihak lain, ukuran butir (UK) hanya mendapatkan nilai skor 10/25 (40%) yang diperoleh dari (S = 1, U = 3, M = 2, I = 2, R = 2). Pada kasus ini kita akan memilih BD sebagai salah satu indikator dalam pengkajian mutu tanah.

3. Indikator dan Indeks Mutu Tanah

Berdasarkan pengetahuan saat ini maka minimum data indikator mutu tanah terdiri atas tekstur tanah, kedalaman tanah, infiltrasi, berat jenis, kemampuan tanah memegang air, C organik, pH, daya hantar listrik, N, P, K, biomassa mikroba, potensi N dapat dimineralisasi, dan respirasi tanah. Logam berat perlu juga dijadikan indikator karena dapat mempengaruhi produksi tanaman, kesehatan hewan dan manusia, serta aktivitas mikroba tanah. Tiga besar logam berat beracun adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), dan cadmium (Cd).

Nilai ambang batas logam berat tiap negara berbeda-beda, karena adanya perbedaan kemampuan sifat tanah untuk menyangga logam berat. Di Inggris dan Belanda, nilai ambang batas untuk Pb 5-6 kali lebih besar dari negara industri lainnya. Untuk Indonesia

dengan tingkat pelapukan tanah yang intensif, kemungkinan daya sangga tanah terhadap logam berat lebih rendah sehingga nilai ambang batasnya akan lebih rendah dari negara industri tersebut.

Masalah utama yang dihadapi sekarang adalah belum ada nilai ambang batas dari tiap indikator baku mutu tanah, kecuali logam berat. Secara operasional hasil penilaian dari berbagai indikator yaitu fisik, kimia, dan biologi masih berdiri sendiri, sehingga perlu dipadukan untuk mendapatkan hasil evaluasi secara menyeluruh. Hal ini dapat dilakukan dengan menyusun indeks mutu tanah, sebagai berikut:

$$SQ = f(SQE1, SQE2, SQE3, SQE4, SQE5, SQE6)$$

SQ = indeks mutu tanah

SQE1 = produksi makanan dan serat SQE2 = erosivitas

SQE3 = mutu air bawah tanah

SQE4 = mutu aliran air permukaan tanah SQE5 = mutu udara

SQE6 = mutu makanan

Penetapan indeks mutu tanah dari fungsi di atas dilakukan dengan memberikan pembobotan pada tiap fungsi mutu tanah. Setelah pembobotan kemudian dilakukan perkalian biasa sebagai berikut:

$$SQ = (K1SQE1) (K2SQE2) (K3SQE3) (K4SQE4) (K5SQE5) (K6SQE6)$$

K = koefisien pembobotan

Cara lain adalah dengan menggunakan fungsi skor menurut kerangka kerja. Untuk menghitung mutu tanah secara keseluruhan, semua fungsi kritis tanah seperti untuk mendukung produksi tanaman dan ternak, melindungi mutu air dan udara, dan meningkatkan kesehatan manusia harus dipertimbangkan. Kerangka kerja tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$IMT = f(y \text{ produksi} + y \text{ air dan udara} + y \text{ keamanan dan kesehatan})$

IMT = indeks mutu tanah

y = faktor pembobotan dari masing-masing fungsi

Indeks mutu tiap fungsi tanah tersebut dapat ditentukan dengan melakukan pembobotan terhadap semua indikator yang mempengaruhi fungsi tersebut. Selanjutnya dilakukan penggabungan tiap fungsi tadi menjadi indeks mutu tanah secara terpadu.

Masalah lain yang mungkin dihadapi adalah terbatasnya data hasil analisis tanah. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan fungsi pedotransfer. Pada fungsi pedotransfer, suatu nilai indikator dapat diestimasi dari beberapa indikator lainnya karena sifat tanah mempunyai hubungan satu sama lain. Contoh berat jenis tanah sangat ditentukan oleh kadar C organik dan liat.

4. Sasaran Baku Mutu Tanah

Mutu tanah mempunyai peran kunci dalam pengelolaan tanah, dan merupakan bagian integral dari pengelolaan lahan untuk mewujudkan cita-cita pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Mutu tanah menjadi isu utama ketika membuat hubungan antara ketahanan pangan, lingkungan berkelanjutan, dan makanan yang aman dan bergizi. Untuk mengimplementasikannya, mutu tanah perlu dikaji dan dievaluasi dengan indikator, kriteria, dan ambang batas (Markus Anda).⁵

B. Jenis Tanah Untuk Pertanian dan Perkebunan

Tanah (soil) merupakan lapisan teratas dari bumi. Tanah sangat penting bagi manusia karena kehidupan manusia berada di atasnya. Tanah terbentuk dari bebatuan yang mengalami pelapukan. Proses pelapukan ini terjadi dalam waktu yang lama bahkan hingga ratusan tahun. Pelapukan batuan menjadi tanah juga dibantu dengan beberapa mikroorganisme, perubahan suhu dan air. Jenis tanah dari satu daerah dengan daerah lainnya berbeda tergantung dari komponen yang ada di dalam daerah tersebut. Komponen yang ada di dalam tanah yang baik untuk tanaman adalah tanah yang mengandung mineral 50%, bahan organik 5% dan air 25%. Pengaruh

letak astronomis dan geografis di Indonesia sangat penting dalam membentuk berbagai macam tanah.⁶

Tanah tersusun dari mineral dan batuan organik yang terbentuk dari proses pelapukan bebatuan yang berlangsung sangat lama. Tanah berperan sangat penting dalam siklus hidup di bumi. Karena tanah mengandung unsur hara yang menjadi sumber kehidupan tanaman. Sebagaimana diketahui tanaman adalah bagian pertama dari rantai makanan.

C. Ciri Ciri Tanah Subur Dan Tidak Subur

Dalam bidang pertanian, peranan tanah sangatlah penting untuk menentukan keberhasilan budidaya tanaman. Hal tersebut terjadi karena tanah sebagai media tumbuh, penyimpan unsur hara, udara, cadangan jenis-jenis air dan sebagai rumah bagi mikroorganisme yang bertugas menguraikan sisa-sisa bagian tumbuhan yang telah mati untuk kembali menjadi unsur hara. Pada intinya dalam tanah terjadi berbagai proses biologis dan kimiawi yang terikat dalam satu siklus perputaran.

Berawal dari sisa tumbuhan seperti daun, ranting, akar yang membusuk terurai berkat bantuan mikroorganisme menjadi bahan organik yang akan diserap oleh tanaman untuk proses pertumbuhan. Dari sana tumbuh ranting dan daun baru, seiring berjalannya waktu mengalami penuaan kembali jatuh ke permukaan tanah begitu seterusnya sehingga membentuk sebuah siklus.

1. Pengertian Kesuburan Tanah

Secara umum yang dimaksud dengan kesuburan tanah adalah kondisi atau keadaan dan kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman dengan berbagai komponen yang ada didalamnya seperti biologi, kimiawi dan fisika. Banyak yang menduga bahwa kesuburan tanah sama dengan kesehatan tanah, pada kenyataannya tidaklah selalu demikian, karena kesehatan tanah sudah berbeda lagi cakupan pembahasannya. Kesehatan tanah lebih diartikan sebagai suatu kondisi atau keadaan tanah yang mendukung dan menjamin tanaman dapat tumbuh dan berkembang secara optimal tanpa adanya gangguan dari berbagai aspek.

Namun secara keseluruhan antara kesuburan dan kesehatan tanah sulit dibedakan karena biasanya jenis jenis tanah yang subur tentu akan membuat tanaman tumbuh sehat terlepas dari faktor bibit penyakit yang dapat saja menyerang suatu tumbuhan atau tanaman. Supaya tanaman dapat memanfaatkan fungsi dan peran tanah diperlukan keadaan tanah yang subur sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Karena peranan kesuburan tanah yang sangat penting tersebut sehingga sebelum memulai program tanam pada lahan baru hendaknya dilakukan observasi untuk mengetahui tingkat kesuburan suatu tanah.

D. Pengertian dan Karakteristik Air Tercemar

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 173/Menkes/VII/77: Pencemaran air adalah suatu peristiwa masuknya zat kedalam air yang mengakibatkan kualitas (mutu) air tersebut menurun sehingga dapat mengganggu atau membahayakan kesehatan masyarakat.

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 20 Tahun 1990: Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang membahayakan yang mengakibatkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Mukono, 2006. 18).

Menurut Mukono (2006. 19-20) beberapa faktor yang mempengaruhi pencemaran air, meliputi:

a. Mikroorganisme

Salah satu indikator bahwa air tercemar adalah adanya mikroorganisme patogen dan non patogen didalamnya. Danau atau sungai yang terkontaminasi/ tercemar mempunyai spesies mikroorganisme yang berlainan dari air yang bersih. Air yang tercemar umumnya mempunyai kadar bahan organik yang tinggi sehingga pada umumnya banyak mengandung mikroorganisme heterotropik yang akan menggunakan bahan organik tersebut untuk metabolisme, misalnya bakteri coliform.

b. Curah Hujan:

Curah hujan di suatu daerah akan menentukan volume dari badan air dalam rangka mempertahankan efek pencemaran terhadap

setiap bahan buangan didalam-nya (deluting effects). Curah hujan yang cukup tinggi sepanjang musim dapat lebih mengencerkan (mendispresikan) air yang tercemar.

c. Kecepatan Aliran air (*Stream Flow*)

Bila suatu badan air memiliki aliran yang cepat, maka keadaan itu dapat memperkecil kemungkinan timbulnya pencemaran air karena bahan polutan dalam air akan lebih cepat terdispersi.

d. Kualitas Tanah

Kualitas tanah (pasir atau lempung) juga mempengaruhi pencemaran air, ini berkaitan dengan pencemaran tanah yang terjadi di dekat sumber air. Beberapa sumber pencemaran tanah dapat berupa bahan beracun seperti pestisida, herbisida, logam berat dan sejenisnya serta penimbunan sampah secara besar-besaran.

Ciri-ciri air yang mengalami pencemaran sangat bervariasi tergantung dari jenis air dan polutannya atau komponen yang mengakibatkan polusi. Sebagai contoh air minum yang terpcemar mungkin rasanya akan berubah meskipun perubahan baunya mungkin sukar dideteksi, bau yang menyengat mungkin akan timbul pada pantai laut, sungai dan danau yang terpolusi, kehidupan hewan air akan berkurang pada air sungai yang terpolusi berat, atau minyak yang terlihat terapung pada permukaan air laut menunjukkan adanya polusi. Tanda-tanda polusi air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis polutan yang berbeda-beda pula (Faisal.2010).

Menurut Effendi (2003), air yang dikatakan tercemar dapat dilihat dari beberapa aspek karakteristik air itu sendiri, yang mana karakteristik itu pula dibagi dalam 2 karakter yaitu:

1. Karakteristik fisik meliputi :

a. Suhu : Secara umum, kenaikan suhu perairan akan mengakibatkan kenaikan aktifitas biologi sehingga akan membentuk O₂ lebih banyak lagi. Kenaikan suhu perairan secara alamiah biasanya disebabkan oleh aktifitas penebangan vegetasi disekitar sumber air tersebut, sehingga menyebabkan banyaknya cahaya matahari yang masuk tersebut mempengaruhi akuifer yang ada secara langsung atau tidak langsung.

b. Kekeruhan : Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya

bahan-bahan organik dan anorganik, kekeruhan juga dapat mewakili warna. Sedang dari segi estetika kekeruhan air dihubungkan dengan kemungkinan hadirnya pencemaran melalui buangan dan warna air tergantung pada warna air yang memasuki badan air. Kekeruhan dengan kadar semua jenis zat suspensi tidak dapat dihubungkan secara langsung, karena tergantung juga kepada ukuran dan bentuk butiran.

c. Bau dan rasa : Air yang baik idealnya tidak berbau dan tidak berasa. Bau air dapat ditimbulkan oleh pembusukan zat organik seperti bakteri serta kemungkinan akibat tidak langsung terutama sistim sanitasi, sedangkan rasa asin disebabkan adanya garam-garam tertentu larut dalam air, dan rasa asam diakibatkan adanya asam organik maupun asam anorganik.

d. Warna : Dalam proses pengolahan air warna merupakan salah satu parameter fisika yang digunakan sebagai persyaratan kualitas air baik untuk air bersih maupun untuk air minum. Perinsip yang berlaku dalam penentuan parameter warna adalah memisahkan terlebih dahulu zat atau bahan-bahan yang terlarut yang menyebabkan kekeruhan.

2. Dan untuk Karakteristik Kimia Menurut Mestati (2007) meliputi :

a. Derajat Keasaman (pH air) : Penting dalam proses penjernihan air karena keasaman air pada umumnya disebabkan gas oksida yang larut dalam air terutama karbondioksida. Pengaruh yang menyangkut aspek kesehatan dari pada penyimpangan standar kualitas air minum dalam hal pH yang lebih kecil 6,5 dan lebih besar dari 9,2 akan tetapi dapat menyebabkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang sangat mengganggu kesehatan

b. Kesadahan : Kesadahan air adalah kandungan mineral-mineral tertentu di dalam air, umumnya Ion Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat. Air sadah juga merupakan air yang memiliki kadar mineral yang tinggi. Air dengan kesadahan yang tinggi memerlukan sabun lebih banyak sebelum terbentuk busa

B. Pengertian DO, BOD dan COD

Kehidupan mikroorganisme, seperti ikan dan hewan air lainnya, tidak terlepas dari kandungan oksigen yang terlarut di dalam air, tidak berbeda dengan manusia dan makhluk hidup lainnya yang ada di darat yang juga memerlukan oksigen dari udara agar tetap dapat bertahan hidup, karena air yang tidak mengandung oksigen tidak dapat memberikan kehidupan bagi mikroorganisme, ikan dan hewan air lainnya.

Untuk memenuhi kehidupannya, manusia tidak hanya tergantung pada makanan yang berasal dari daratan saja (beras, gandum, sayuran, buah dan daging), akan tetapi juga tergantung pada makanan yang berasal dari air (ikan, kerang, cumi-cumi dan rumput laut).

Tanaman yang ada di dalam air, dengan bantuan sinar matahari melakukan fotosintesis yang menghasilkan oksigen dimana oksigen yang dihasilkan dari akan larut di dalam air. Selain itu, oksigen yang ada di udara dapat masuk pula ke dalam air melalui proses difusi yang secara lambat menembus permukaan air. Konsentrasi oksigen yang terlarut di dalam air tergantung pada tingkat kejenuhan air itu sendiri, kejenuhan air dapat disebabkan oleh koloidal yang melayang di dalam air oleh jumlah larutan limbah yang terlarut di dalam air, selain itu suhu air dan tekanan udara juga dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen yang terlarut di dalam air dikarenakan tekanan udara mempengaruhi kecepatan difusi oksigen dari udara ke dalam air (Rezki. 2010).

Kemajuan industri dan teknologi seringkali berdampak pula terhadap keadaan air lingkungan, baik air sungai, air laut, air danau maupun air tanah. Dampak ini disebabkan oleh adanya pencemaran air yang disebabkan oleh berbagai faktor. Pada umumnya air lingkungan yang telah tercemar kandungan oksigennya sangat rendah, hal dikarenakan oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk memecah/ mendegradasi bahan buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap (yang ditandai dengan bau busuk).

Pada umumnya air lingkungan yang telah tercemar kandungan

oksigenya sangat rendah. Hal itu karena oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk memecah/mendegradasi bahan buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap (yang ditandai dengan bau busuk). Selain dari itu, bahan buangan organik juga dapat bereaksi dengan oksigen yang terlarut di dalam air organik yang ada di dalam air, makin sedikit sisa kandungan oksigen yang terlarut di dalamnya. Bahan buangan organik biasanya berasal dari industri kertas, industri penyamakan kulit, industri pengolahan bahan makanan (seperti industri pemotongan daging, industri pengalengan ikan, industri pembekuan udang, industri roti, industri susu, industri keju dan mentega), bahan buangan limbah rumah tangga, bahan buangan limbah pertanian, kotoran hewan dan kotoran manusia dan lain sebagainya (Habib. 2011).

Oksigen terlarut (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesa dan absorpsi atmosfer/udara. Oksigen terlarut di suatu perairan sangat berperan dalam proses penyerapan makanan oleh makhluk hidup dalam air. Oksigen terlarut (dissolved oxygen, disingkat DO) atau sering juga disebut dengan kebutuhan oksigen (Oxygen demand) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air (Ficca. 2009).

Dengan melihat kandungan oksigen yang terlarut di dalam air dapat ditentukan seberapa jauh tingkat pencemaran air lingkungan telah terjadi. Dapat diketahui dengan menggunakan uji COD dan BOD.

BOD singkatan dari Biochemical Oxygen Demand, atau kebutuhan oksigen biologi untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan didalam air limbah oleh mikroorganisme. Dalam hal ini buangan organik akan dioksidasi oleh mikroorganisme didalam air limbah, proses ini adalah alamiah yang mudah terjadi apabila air lingkungan mengandung oksigen yang cukup.

Sedangkan COD (Chemical Oxygen Demand) atau oksigen kimia untuk reaksi oksidasi terhadap bahan buangan didalam air, dalam hal ini bahan buangan organik akan dioksidasi oleh bahan kimia yang digunakan sebagai sumber oksigen oxidizing agent (Habib. 2011).

E. Prinsip Pemeriksaan BOD dan COD

COD (Chemical Oxygen Demand = Kebutuhan Oksigen Kimia) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Anonim, 2011).

Oksidi-reduktometri merupakan salah satu macam titrasi. Oksidi-reduktometri adalah metode titrimetri berdasarkan reaksi reduksi dan oksidasi dari titran dan titrat. Oksidi-reduktometri digunakan untuk analisis logam dalam suatu persenyawaan dan analisis senyawa organik. Oksidimetri adalah teknik titrasi yang menggunakan titran sebagai suatu oksidator. Salah satu teknik ini adalah permanganometri. Pada metode ini, titran yang digunakan adalah ion permanganat, khususnya dalam bentuk garam kalium permanganat. Ion permanganat bertindak sebagai oksidator dengan hasil reaksi berupa ion Mn^{2+} (Rezki, 2010).

Biological Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Sedangkan angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Melalui kedua cara tersebut dapat ditentukan tingkat pencemaran air lingkungan (Habib, 2011).

Pada titrasi iodometri, analit yang dipakai adalah oksidator yang dapat bereaksi dengan I^- (iodide) untuk menghasilkan iod, iod yang terbentuk secara kuantitatif dapat dititrasi dengan larutan tiosulfat. Dari pengertian diatas maka titrasi iodometri adalah dapat dikategorikan sebagai titrasi kembali. Metode titrasi iodometri langsung (kadang-kadang dinamakan iodimetri) mengacu kepada titrasi dengan suatu larutan iod standar. Metode titrasi iodometri tak langsung (kadang-kadang dinamakan iodometri), adalah berkenaan

dengan titrasi dari iod yang dibebaskan dalam reaksi kimia (Dinda, 2010).

Perbedaan dari kedua cara uji oksigen terlarut di dalam air secara garis besar yaitu chemical oxygen demand adalah kapasitas air untuk menggunakan oksigen selama peruraian senyawa organik terlarut dan mengoksidasi senyawa anorganik seperti amonia dan nitrit. Sedangkan biological (biochemical) oxygen demand adalah kuantitas oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme aerob dalam menguraikan senyawa organik terlarut. Jika BOD suatu air tinggi maka dissolved oxygen (DO) menurun karena oksigen yang terlarut tersebut digunakan oleh bakteri.

Selain itu kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air. Oleh sebab pengukuran parameter ini sangat dianjurkan disamping paramter lain seperti BOD dan COD. Di dalam air, oksigen memainkan peranan dalam menguraikan komponen-komponen kimia menjadi komponen yang lebih sederhana. Oksigen memiliki kemampuan untuk beroksidasi dengan zat pencemar seperti komponen organik sehinggazat pencemar tersebut tidak membahayakan. Oksigen juga diperlukan oleh mikroorganisme, baik yang bersifat aerob serta anaerob, dalam proses metabolisme. Dengan adanya oksigen dalam air, mikroorganisme semakin giat dalam menguraikan kandungan dalam air (Rizki, 2010).

Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia seperti aksigen terlarut (DO). Semakin banyak jumlah DO (dissolved oxygen) maka kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin saja terjadi.

Satuan DO dinyatakan dalam persentase saturasi. Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan $\pm$ bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen. dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil

fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2000).

Praktikum 1. Pengukuran pH Tanah menggunakan Kertas Lakmus

A. Alat dan Bahan

1. Alat
Kertas lakmus, gelas, sendok teh.
2. Bahan
Sampel tanah, air destilasi (air bening)

B. Tujuan

Untuk mengetahui kualitas pH tanah

C. Cara Kerja

1. Ambil sedikit sampel tanah dari 5 titik yang berbeda, yaitu 4 titik pada ujung lahan dan 1 titik di tengah-tengah lahan
2. Semua sampel tanah dijadikan satu dalam wadah dan dibasahi dengan air dengan perbandingan 1:1, kemudian diaduk hingga tercampur merata
3. Biarkan beberapa menit hingga campuran air dan tanah tadi terpisah (tanah mengendap)
4. Celupkan ujung kertas lakmus pada air selama 1 menit dan jangan sampai menyentuh tanah
5. Segera angkat jika warna kertas lakmus stabil.
6. Cocokkan warna kertas lakmus tersebut dengan bagan warna
7. Lihat warna tersebut pada skala berapa

D. Lembar Observasi

Pengukuran pH Meter Tanah Menggunakan Kertas Lakmus

Nama :

NIM :

Kelompok :

Hasil Pengamatan

Sampel	Gambar	Kertas Lakmus		Keterangan
		Merah	Biru	
Lokasi A	Tanah liat	Tetap Merah	Tetap Biru	Netral
Lokasi B				

Keterangan:

Merah – Berubah biru : Asam

Berubah biru – Merah : Basa

Biru – Merah : Netral

E. Analisis Data

Pengukuran pH Meter Tanah Menggunakan Kertas Lakmus

Nama :

NIM :

Kelompok :

Hasil Pengamatan

Sampel	Gambar	Kertas Lakmus		Keterangan
		Merah	Biru	

Soal Responsi Praktikum

Topik: Pengukuran pH Tanah Menggunakan Kertas Lakmus
Mata Kuliah: Polusi Tanah dan Air
Fakultas Pertanian – Universitas Mulawarman

I. Soal Pilihan Ganda

1. Tujuan dari pengukuran pH tanah adalah untuk:
 - A. Menentukan kadar logam berat dalam tanah
 - B. Mengetahui kandungan bahan organik tanah
 - C. Menentukan tingkat kemasaman atau kebasaan tanah
 - D. Mengetahui kelembaban tanah
2. Kertas lakmus biru akan berubah menjadi merah jika:
 - A. Larutan bersifat basa
 - B. Larutan bersifat netral
 - C. Larutan bersifat asam
 - D. Larutan bersifat alkalis kuat
3. Dalam pengukuran pH tanah menggunakan kertas lakmus, larutan ekstrak tanah yang biasa digunakan adalah:
 - A. Air murni (akuades)
 - B. Alkohol
 - C. Air hujan
 - D. Air laut
4. pH tanah yang optimal untuk sebagian besar tanaman pertanian berada pada kisaran:
 - A. 3,5 – 4,5
 - B. 4,5 – 5,5
 - C. 5,5 – 7,0
 - D. 8,0 – 9,5
5. Warna kertas lakmus merah yang tidak berubah saat dicelupkan dalam ekstrak tanah menunjukkan bahwa tanah tersebut bersifat:
 - A. Basa

- B. Asam
- C. Netral
- D. Jenuh air

II. Soal Isian Singkat

6. Sebutkan dua faktor yang dapat memengaruhi pH tanah secara alami!
7. Apa fungsi utama dari air destilasi dalam proses pengukuran pH menggunakan kertas lakmus?
8. Jelaskan prosedur praktikum pengukuran pH tanah menggunakan kertas lakmus!
9. Jelaskan kelemahan dan kelebihan penggunaan kertas lakmus dibandingkan dengan pH meter digital dalam pengukuran pH tanah!

Praktikum 2 . Pengukuran Logam Berat Kadmium (Cd)

A. Definisi

Logam berat merupakan unsur alam yang diperoleh dari laut, erosi batuan, vulkanisme dan sebagainya (Carlk, 1986). Logam berat tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan (Darmono, 1995). Logam berat menjadi berbahaya karena tidak dapat didegradasi oleh tubuh, memiliki sifat toksisitas (racun) pada makhluk hidup walaupun pada konsentrasi yang rendah dan dapat terakumulasi dalam jangka waktu tertentu (Buhani, 2009). Menurut Khasanah (2009), logam berat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial adalah logam yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup tapi dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Cu, Zn, Fe, CO, Mn, dan lain sebagainya. Sedangkan logam berat non esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), khrom (Cr), dan lain-lain.

Logam kadmium (Cd) memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas, tahan terhadap korosi. Kadmium (Cd) digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik. Logam kadmium (Cd) biasanya selalu dalam bentuk campuran dengan logam lain terutama dalam pertambangan timah hitam dan seng (Darmono 1995).

Unsur kadmium (Cd) dalam Sistem Periodik Unsur (SPU) terletak dalam golongan IIB dengan nomor atom 48, jari-jari ion 0,97 Å dan konfigurasi elektron $[\text{Kr}]4d^{10}5s^2$. Kadmium (Cd) hampir selalu ditemukan pada tingkat valensi 2+. Kadmium (Cd) merupakan logam yang di alam biasanya bersama-sama dengan logam seng (Zn). Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang paling banyak ditemukan pada lingkungan, khususnya lingkungan perairan, serta memiliki efek toksik yang tinggi, bahkan pada konsentrasi yang rendah (Almeida *et al.*, 2009).

Logam kadmium (Cd) digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik. Logam kadmium (Cd)

masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa cara seperti pernafasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit (Krisnawati dkk, 2013).

Kadmium (Cd) diketahui memiliki waktu paruh yang panjang dalam tubuh organisme hidup dan umumnya terakumulasi di dalam hepar dan ginjal (Flora, 2009). Pada manusia, kadmium (Cd) dapat bersifat karsinogenik, merusak kelenjar endokrin, sistem kardiovaskular dan juga terdapat pada sistem saraf yang memicu kerusakan neurologis dan berasosiasi dengan kanker, paru-paru, prostat, pankreas dan ginjal (Boboccea et al., 2008 & Flora, 2009). Pal (2006) menjelaskan bahwa pada konsentrasi yang tinggi, kadmium merupakan logam berat yang bersifat karsinogen, mutagenik dan teratogenik pada beberapa jenis hewan. Hal ini menunjukkan bahwa logam berat kadmium memberikan efek terhadap proses genomic dan postgenomic pada liver, ginjal, paru-paru, dan otak. Sifat karsinogenik kadmium menyebabkan logam berat tersebut diurutkan sebagai peringkat pertama (Class 1) agen mutagenik bagi organisme hidup (Nordic, 2003 dan Flora et al., 2008).

Kadmium (Cd) memiliki sifat reaktif yang sangat tinggi dan dapat menginaktivkan berbagai macam aktivitas enzim yang diperlukan oleh sel. Setelah adsorpsi, logam berat kadmium (Cd) akan terakumulasi di dalam organ target yang utamanya adalah ginjal kemudian menimbulkan toksisitas. Di dalam ginjal, akumulasi kadmium (Cd) terjadi umumnya di dalam tubulus proximal serta segmen-segmen nefron lainnya yang hanya terjadi pada akhir tahap intoksifikasi (Yokouchi et al., 2007). Selain itu, Ohta et al. (2000) melaporkan bahwa pemberian logam berat kadmium (Cd) terhadap tikus putih jantan (Male Wistar Rats) dapat menyebabkan osteoporosis serta umumnya terdeposit di dalam organ liver dan ginjal.

B. Dampak Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) masuk dalam tubuh manusia dan hewan melalui makanan, minuman dan pernapasan. Dalam tubuh, kadmium (Cd) dapat mengganti ion Ca^{2+} dalam tulang, sehingga tulang menjadi keropos. Kadmium (Cd) mempunyai waktu paruh 30 tahun

sehingga dapat terakumulasi pada ginjal dan dapat menyebabkan disfungsi ginjal. Kadmium (Cd) juga dapat menyebabkan tekanan darah tinggi dan menimbulkan penyakit anemia karena kadmium (Cd) dapat menghambat kerja enzim $-SH$ dalam protein (Darmono, 1995). Menurut badan dunia FAO/WHO, konsumsi per minggu yang ditoleransikan bagi manusia adalah 400 – 500 gram per orang atau 7 mg per kilogram berat badan. Kadmium (Cd) dalam tubuh manusia diperoleh melalui makanan, tembakau, air minum dan udara.

Keracunan oleh kadmium (Cd) menunjukkan gejala yang mirip dengan gejala penyakit akibat keracunan senyawa merkuri (Hg) atau penyakit Minamata. Berdasarkan baku mutu air minum yang dikeluarkan oleh WHO (1971), kadar kadmium maksimum dalam air minum yang dibolehkan yakni 0,01 mg/l sedangkan menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 492 Tahun 2010, kadar maksimum kadmium dalam air minum yang dibolehkan yakni 0,003 mg/l. Kadmium (Cd) juga dapat menginduksi kerusakan pada fungsi membran dengan merusak komposisi lipid pada membran sel.

C. Alat dan Bahan

Bahan :

1. Air bebas mineral
2. Asam nitrat (HNO_3) pekat p.a.
3. Logam kadmium (Cd) dengan kemurnian minimum 99,5 %
4. Gas asetilen (C_2H_2) HP dengan tekanan minimum 100 psi.
5. Larutan pengencer HNO_3 0,05 M. Larutkan 3,5 mL HNO_3 pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
6. Larutan pencuci HNO_3 5% (v/v). Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral ke dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan. g) Udara tekan HP atau udara tekan dari kompresor

Peralatan :

1. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala.
2. Lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp /HCL) kadmium.

3. Gelas piala 100 mL dan 250 mL.
4. Pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL.
5. Labu ukur 50,0 mL; 100,0 mL; dan 1000,0 mL.
6. Erlenmeyer 100 mL
7. Corong gelas.
8. Kaca arloji.
9. Pemanas listrik.
10. Seperangkat alat saring vakum
11. Saringan membran dengan ukuran pori 0,45 μm .
12. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 gram
13. Labu semprot

D. Cara Pengukuran

1. Persiapan contoh uji kadmium total. Siapkan contoh uji untuk pengujian kadmium total, dengan tahapan sebagai berikut:
 - a. Homogenkan contoh uji, pipet 50,0 mL contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL atau Erlenmeyer 100 mL.
 - b. Tambahkan 5 mL HNO_3 pekat, bila menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan bila dengan Erlenmeyer gunakan corong sebagai penutup.
 - c. Panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 mL sampai dengan 20 mL.
 - d. Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL HNO_3 pekat, kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji atau tutup Erlenmeyer dengan
 - e. corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Lakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih.. CATATAN Jika destruksi tidak sempurna, lihat Lampiran B.
 - f. Bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala
 - g. Pindahkan contoh uji ke dalam labu ukur 50,0 mL (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan.
 - h. Contoh uji siap diukur serapannya.

2. Pembuatan larutan induk logam kadmium 100 mg Cd/L
 - a. Timbang $\pm 0,100$ g logam kadmium, masukkan ke dalam labu ukur 1000,0 mL. Tambahkan 4 mL HNO₃ pekat sampai larut (≈ 100 mg Cd/L).
 - b. Tambahkan 8 mL HNO₃ pekat dan air bebas mineral hingga tepat tanda tera dan homogenkan.
 - c. Hitung kadar kadmium berdasarkan hasil penimbangan. CATATAN Larutan ini dapat dibuat dari larutan standar 1000 mg Cd/L siap pakai
3. Pembuatan larutan baku logam kadmium 10 mg Cd/L
 - a. Pipet 10,0 mL larutan induk 100 mg Cd/L, masukkan ke dalam labu ukur 100,0 mL.
 - b. Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera dan homogenkan.
4. Pembuatan larutan kerja logam kadmium (Cd)
 - a. Buat deret larutan kerja dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 (tiga) kadar yang berbeda secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran

E. Cara uji

Uji kadar kadmium dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Aspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala dan ukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran.
- b. Catat hasil pengukuran.

F. Perhitungan

Kadar logam kadmium (Cd) dihitung sebagai berikut:

$$\text{Cd (mg/L)} = C \times \text{fp}$$

Keterangan:

C adalah kadar yang didapat hasil pengukuran (mg/L).

fp adalah faktor pengenceran

Praktikum 3. Pengukuran *Dissolved Oxygen* (DO)

A. *Dissolved Oxygen* (DO)

Dissolved Oxygen atau oksigen terlarut adalah parameter kimiawi perairan yang menunjukkan banyaknya oksigen yang terlarut dalam suatu ekosistem perairan. Kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (*altitude*) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian dan musiman tergantung pada pencampuran dan pergerakan (turbulensi) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk ke badan air. Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sekitar 10%. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob). Alat yang digunakan untuk mengukur DO ialah DO meter (Gb. 3.10).

B. Alat dan Bahan

Pengambilan data DO dengan menggunakan DO meter dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Siapkan alat DO-meter sedemikian rupa sehingga alat tersebut siap digunakan.
2. Celupkan elemen pengukur pada air.
3. Tunggu hingga muncul angka pada layar untuk setiap parameter yang diamati.
4. Catat angka yang tertera pada layar.

C. Cara uji

Disamping menggunakan DO meter, penentuan kadar DO dapat dilakukan secara kimiawi di laboratorium dengan cara sebagai berikut:

1. Ambil sampel air dengan menggunakan botol Winkler, kemudian tutup botol tersebut dengan hati-hati jangan sampai terjadi gelembung udara.
2. Tambahkan 1 mL larutan MnSO₄ 50%.
3. Tambahkan 1 mL larutan reagen O₂.
4. Tutup hati-hati, kemudian kocok. Biarkan mengendap selama

15 menit.

5. Larutkan endapan dengan cara menambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 2 mL, kocok sampai larut.

6. Titrasi :

- Ambil 50 mL larutan dari botol Winkler dengan menggunakan vol-pipet, masukkan ke dalam Erlenmeyer.
- Titrasi dengan larutan standar Na-tiosulfat 0,01N sampai berwarna kuning muda.
- Tambahkan larutan amilum 1% sebagai indikator.
- Titrasi dilanjutkan dengan hati-hati sampai terjadi perubahan warna dari biru menjadi jernih.
- Catat berapa mL larutan Na-tiosulfat yang digunakan.

Rumus perhitungan konsentrasi DO ialah sebagai berikut:

$$\text{DO (mg/L)} = [(V * N * 8000) / \text{mL sampel}]$$

Catatan :

V : Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang digunakan untuk titrasi (mL)

N : Normalitas larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

8000 : Berat molekul ekuivalen O_2 (mg/L)

mL sampel: Volume sampel air yang diuji (mL)

Post Test Praktikum: Pengukuran DO (Dissolved Oxygen)

Petunjuk: Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

Pilihan Ganda (Pilih satu jawaban yang paling tepat)

1. Apa fungsi utama pengukuran DO dalam analisis kualitas air?

- A. Menentukan kadar pH
 - B. Mengukur suhu air
 - C. Mengetahui kandungan oksigen terlarut
 - D. Menentukan kandungan mineral
2. Alat yang umum digunakan untuk mengukur DO secara digital adalah:
- A. pH meter
 - B. DO meter
 - C. TDS meter
 - D. Spektrofotometer
3. Salah satu faktor yang mempengaruhi kadar DO dalam air adalah:
- A. Warna air
 - B. Jumlah cahaya
 - C. Suhu air
 - D. Bau air
4. Nilai DO yang sangat rendah dalam air dapat mengindikasikan:
- A. Kondisi air sangat jernih
 - B. Tingkat fotosintesis tinggi
 - C. Adanya pencemaran organik tinggi
 - D. Kadar garam tinggi
5. Prosedur kalibrasi DO meter sebaiknya dilakukan:
- A. Setelah pengukuran
 - B. Setiap akhir minggu
 - C. Sebelum pengukuran
 - D. Tidak perlu dilakukan

Isian Singkat

6. Sebutkan dua metode yang dapat digunakan untuk mengukur DO selain dengan DO meter!
7. Jelaskan hubungan antara suhu air dengan kadar DO!
8. Mengapa penting menjaga kebersihan elektroda pada DO meter?
9. Apa tujuan menutup botol sampel DO rapat-rapat setelah diisi air?
10. Bagaimana pengaruh aktivitas biologis seperti respirasi dan fotosintesis terhadap kadar DO?

Praktikum 4. Analisis BOD dan COD

A. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Biochemical Oxygen Demand merupakan parameter kimiawi yang menunjukkan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik. Dekomposisi bahan organik pada dasarnya terjadi melalui dua tahap. Pada tahap pertama, bahan oorganik diuraikan menjadi bahan

anorganik. Pada tahap kedua, bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang lebih stabil. Pada penentuan nilai BOD, hanya dekomposisi tahap pertama yang berperan, sedangkan oksidasi bahan anorganik dianggap sebagai pengganggu. BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol BOD yang diinkubasi pada suhu sekitar 20°C selama 5 hari dalam keadaan tanpa cahaya.

Pada dasarnya, proses oksidasi bahan organik berlangsung lama. Namun, penentuan nilai BOD didasarkan pada 5 hari inkubasi. Selain memperpendek waktu yang diperlukan, juga dimaksudkan untuk meminimumkan pengaruh oksidasi amonia yang juga menggunakan oksigen. Pada penentuan nilai BOD, selama waktu 5 hari diperkirakan oksidasi bahan organik sederhana, seperti glukosa, berlangsung sempurna. Oksidasi amonia dapat direduksi dengan penambahan agen penghambat pertumbuhan bakteri nitrifikasi, misalnya biru metilen atau alkil tiourea sebagai perlakuan awal terhadap air sampel.

Nilai BOD perairan dipengaruhi oleh suhu, densitas plankton, keberadaan mikroba, serta jenis dan kandungan bahan organik. Penentuan kadar BOD ialah sebagai berikut:

1. Ambil dan masukkan sampel air ke dalam 2 botol Winkler. Tutup botol Winkler dan hindari adanya gelembung.
2. Tentukan kadar oksigen pada botol yang pertama.
3. Simpan botol kedua di tempat gelap dan tentukan kadar oksigennya 5 hari kemudian.

Catatan:

Apabila diperkirakan bahan organik yang terdapat dalam sampel air cukup tinggi, maka dilakukan pengenceran. Contoh pengenceran 4 kali: ambil sebanyak 75 mL, kemudian diencerkan dengan akuades menjadi 376 mL. Akuades yang digunakan untuk mengencerkan adalah akuades yang sudah diaerasi sebelumnya kurang lebih selama 2 jam.

Rumus untuk menghitung nilai BOD ialah sebagai berikut:

$$\text{BOD} = (\text{DO1} - \text{DO2}) / \text{Volume Sampel}$$

- DO1 (mg/L) : Kadar oksigen terlarut dalam sampel sebelum inkubasi (atau pada hari ke-0). Ini diukur segera setelah sampel diambil.
- DO2 (mg/L) : Kadar oksigen terlarut dalam sampel setelah periode inkubasi (biasanya 5 hari). Ini menunjukkan kadar oksigen yang tersisa setelah mikroorganisme mengonsumsi zat organik dalam sampel.
- Volume Sampel (L): Volume sampel yang digunakan dalam pengujian BOD

B. Alat dan Bahan

1. Alat

- a. Botol winkler
- b. Botol aqua sedang
- c. Buret dan statif
- d. Botol semprot
- e. Erlenmeyer
- f. Kaki tiga
- g. Batang pengaduk
- h. Gelas kimia
- i. Spritus
- j. Sunlight
- k. Pipet sedot
- l. Pipet skala 1ml dan 10ml

2. Bahan

- a. Air limbah (sampel)
- b. Aquades
- c. Larutan alkali iodida azida
- d. Larutan H₂SO₄ pekat
- e. Larutan H₂SO₄ 4N
- f. Larutan KMnO₄ 0,05N
- g. Larutan H₂C₂O₄ 0,05 N
- h. Larutan MnSO₄ 40%
- i. Larutan Na₂S₂O₃ 0,025 N

j. Tissue

C. Prosedur Kerja BOD dan COD

1. BOD

- a. Pengambilan sampel air limbah di Fakultas Sains dan Teknologi menggunakan botol winkler tanpa gelembung
- b. Menambahkan 2 mL larutan MnSO_4 40%, dan mendiamkan larutan selama beberapa menit untuk menghomogenkan
- c. Menambahkan 2 mL alkali iodida azida, kemudian mendiamkan hingga muncul endapan berwarna coklat dan memindahkan larutan ke gelas kimia kemudian dikocok
- d. menambahkan 2 mL H_2SO_4 pekat hingga endapan larut, lalu mengambil 100 mL dan memindahkan larutan kedalam erlenmeyer
- e. Larutan yang berada di dalam erlenmeyer siap untuk dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025N
- f. Menambahkan indikator amilum dan melanjutkan kembali dengan titrasi hingga warna biru hilang, kemudian catat volume titrasi.

2. COD

- a. Memasukkan 100 mL sampel tanpa gelembung kedalam erlenmeyer
- b. Menambahkan 5 mL H_2SO_4 4N dan menambahkan lagi dengan 10 mL larutan KMnO_4 lalu memanaskannya hingga mendidih kurang lebih 5 menit
- c. Menambahkan 10 mL $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,05N kemudian menitrasi selagi panas dengan larutan KMnO_4 0,05N hingga larutan berwarna merah muda. Dan catat hasil volume.

Post Test Praktikum: Pengukuran BOD dan COD

Petunjuk: Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jelas dan tepat.

A. Pilihan Ganda

1. BOD adalah ukuran dari:
 - A. Kadar logam berat dalam air
 - B. Jumlah bahan organik yang dapat teroksidasi secara kimia
 - C. Jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik
 - D. Jumlah oksigen yang larut secara alami di dalam air
2. COD berbeda dengan BOD karena:
 - A. COD hanya mengukur bahan organik biologis
 - B. COD tidak memerlukan reagen kimia
 - C. COD dilakukan dalam waktu lebih lama
 - D. COD mengukur kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia
3. Reagen utama yang digunakan dalam pengukuran COD adalah:
 - A. Asam klorida dan indikator fenolftalein
 - B. Kalium dikromat dan asam sulfat pekat
 - C. Natrium hidroksida dan etanol
 - D. Amonium sulfat dan magnesium sulfat
4. Waktu inkubasi standar untuk pengukuran BOD adalah:
 - A. 1 jam
 - B. 12 jam
 - C. 24 jam
 - D. 5 hari
5. Nilai BOD dan COD yang tinggi pada sampel air menunjukkan:
 - A. Air memiliki kandungan mineral tinggi
 - B. Air memiliki kadar oksigen terlarut tinggi
 - C. Adanya pencemaran bahan organik

D. Air sangat jernih dan layak konsumsi

B. Isian Singkat

6. Jelaskan perbedaan prinsip kerja antara analisis BOD dan COD!
7. Mengapa inkubasi dilakukan dalam kondisi gelap saat pengukuran BOD?
8. Sebutkan dua kemungkinan penyebab nilai BOD pada air limbah sangat tinggi!
9. Apa fungsi larutan indikator ferroin dalam titrasi COD?
10. Mengapa penting melakukan blanko pada pengukuran COD?

SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN

Komponen utama dan sistematika laporan Praktikum adalah sebagai berikut:

SAMPUL DEPAN DAN HALAMAN JUDUL

Baris Pertama	:	Tulisan “Laporan Praktikum” diletakkan 4 cm dari tepi atas
Baris Kedua	:	Judul Laporan Praktikum, diketik dengan huruf kapital, mulai dari kurang lebih 5,5 cm tepi atas
Baris Ketiga	:	Lambang Universitas Mulawarman ukuran diameter 5 cm, titik tengahnya berjarak 12 cm dari tepi atas
Baris Keempat	:	Nama Mahasiswa/Kelompok dengan NIM, 18 cm dari tepi atas
Baris Kelima	:	Program Sarjana (sesuai jurusan), 24 cm dari tepi atas
Baris Keenam	:	FMIPA Universitas Sebelas Maret
Baris Ketujuh	:	Prodi Agroekoteknologi Universitas Mulawarman
Baris Kedelapan	:	Tahun Praktikum diselesaikan

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN

Merupakan halaman yang menegaskan bahwa telah memperoleh pengesahan dengan ditandatangani oleh Dosen Pengampu dan Pembimbing Praktikum

DAFTAR ISI

memuat isi laporan secara menyeluruh :

- Bab : dengan angka romawi besar (I, II, III, dst)

- Pasal : dengan huruf besar (A, B, C,..... dst)
- Ayat : dengan angka (1, 2, 3,..... dst)
- Pembagian lebih lanjut dengan : a, b, c, ...dst dan 1), 2), 3),..... dst
- Nomor halaman pada bagian awal (halaman judul sampai dengan daftar isi) ditulis menggunakan angka romawi kecil (i, ii, iii, iv,..... dst).
- Nomor halaman pada bagian utama (Pendahuluan sampai dengan Simpulan/Saran) ditulis menggunakan angka (1, 2, 3,..... dst). **daftar isi boleh diketik 1 spasi.**

BAB I PENDAHULUAN

- a. Latar Belakang (Hal-hal yang melatarbelakangi sesuai topik Praktikum)
- b. Tujuan
- c. Manfaat (Bagi Praktikan dan Bagi Program Diploma sesuai jurusan)

BAB II LANDASAN TEORI

Tinjauan Pustaka (Menjelaskan teori-teori/standar/perundangan-undangan yang jelas sesuai dengan topik praktikum dengan sumber referensi yang jelas)

BAB III HASIL

- a. Gambar Alat, Cara Kerja, Prosedur Pengukuran
 1. Gambar Alat: Gambar semua peralatan yang digunakan dalam praktikum dengan menjelaskan keterangan gambar dan fungsinya
 2. Cara Kerja : Menjelaskan cara kerja alat dalam praktikum
 3. Prosedur pengukuran: Hasil praktikum dan perhitungan

BAB IV PEMBAHASAN

Merupakan bab yang menjelaskan tentang analisis terhadap

hasil yaitu dengan membandingkan hasil yang diperoleh dengan peraturan perundangan dari Undang- undang sampai peraturan daerah yang sesuai, Standar-standar baik standar internasional maupun standar nasional, buku-buku dan literatur lain yang dapat dipertanggungjawabkan secara akademik.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

a. Simpulan :

Rumusan jawaban terhadap pertanyaan/masalah/temuan baik positif maupun negatif berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada bab pembahasan dan mempunyai keruntutan dengan tujuan dan hasil.

b. Saran :

Usulan langkah operasional sebagai tindak lanjut dari temuan negatif yang telah disimpulkan dan bisa berdasar pada hirarki pengendalian.

Daftar Pustaka

Menggunakan sistem **Harvard**

a. Diurutkan berdasarkan abjad, Spasi 1

b. Untuk Buku. Urutan penulisannya :

- 1) Nama pengarang (Penanggung Jawab/Penerbit).
- 2) Tahun penerbitan.
- 3) Judul buku (digaris bawah/miring/tebal).
- 4) Nama kota penerbit.
- 5) Nama Penerbit.
- 6) Halaman Buku (p untuk satu halaman dan pp untuk lebih dari satu halaman)

Contoh :

Guyton A.C. 1971. *Textbook of Medical Phycology*. 5th ed.
Philadelphia : WB Sauders, pp:25-9.

c. Untuk Jurnal, Majalah atau Gambar. Urutan penulisannya :

- 1) Nama Pengarang (Penanggung jawab/Penerbit). (Ditulis tanpa gelar).
- 2) Tahun penerbitan, tanggal dan bulan penerbitan (Jika ada).

- 3) Judul tulisan diletakkan diantara tanda petik.
- 4) Nama Jurnal/Majalah digaris bawah.
- 5) Nomor penerbitan (Jika ada).
- 6) Nomor halaman.
- 7) Nama kota penerbit.
- 8) Nama penerbit.

Contoh :

Baldwin K.M, Winder W.W, Terjung RI. 1973. Glycotic enzyme in defferent types of skeletal musde : adaptasi to exercise. Am J physiol. 255:962- 6

d. Dari Internet, Contoh :

Blackmore N.J. 2001. Young Children and Complementary Feeding in the USA. <http://www.fao.org/nutr/paper002341.htm>. (12 Februari 2006)

e. Nama Pengarang tanpa gelar

Indonesia : apa adanya

Asing : nama keluarga (*family name*).

Penggunaan Bahasa

- a. Bahasa Ejaan Yang Disempurnakan (EYD).
- b. Asing / selain bahasa Indonesia cetak miring.

Format

· Diketik pada :

- a) Kertas HVS : 80 gr
- b) Ukuran : A4S
- c) Tinta Hitam yang jelas.

- Tabel, grafik juga gambar bila mungkin 1 halaman.

Penyajian Naskah

a. Pengetikan :

1. 1,5 spasi
2. Huruf : Time New Roman (font 12)
3. Pencetakan naskah dengan mesin/printer yang sama.
4. Lambang, huruf yang tidak ada di mesin/komputer ditulis rapi (hitam).
5. Sub BAB Anak dan Sub BAB dicetak tebal (Bold)
6. Penulisan awal kata pada BAB dan Sub BAB huruf kapital, selanjutnya ditulis huruf kecil semua
7. Pengetikan setelah tanda baca, di spasi 1 (Contoh : dalam hal ini, dapat disimpulkan)

b. Jarak tepi :

- 1) Atas : 4 cm
- 2) Bawah : 3 cm
- 3) kiri : 4 cm
- 4) kanan : 3 cm

c. Nomor halaman :

- 1) Halaman BAB di bawah, 2 cm dari bawah, tengah
- 2) Halaman lain 3 cm dari kanan, 2 cm dari atas, kanan.

d. Tabel dan gambar

1. ·Nama tabel : nomor urut (di atas sebelah kiri tabel).
2. ·Nama gambar : nomor urut (di bawah gambar, cetak tengah).

DAFTAR PUSTAKA

- Admin, “Jenis Tanah”, Fakultas Pertanian Universitas Medan Area, 22 february 2021, <https://pertanian.uma.ac.id/jenis-tanah/>
- Asnur, Paranita, Ratih Kurniasih, *Dasar Ilmu Tanah Modul Praktikum*. Jakarta Barat: Universitas Gunadarma
- Devy Lestari, 2017, *Baku Mutu Tanah*, Semarang: Pendidikan Kimia S2 Program Pasca Sarjana UNES.
- Catur Puspawati, P. Haryono, 20018. *Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan Penyehatan Tanah*, Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan, 2018.h.22-33
- Nora, Silvia, 2018, Penuntun praktikum tanah dan pemupukan, jurusan perkebunan politeknik pembangunan pertanian (POLBANGTAN), medan
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. 2004. *Pemilihan Indikator Baku Mutu Tanah*,
- Puspawati, Catur, P. Haryono, 2018, *Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan Penyehatan Tanah*, Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan,
- Ramadhan, Sofyan,Vanny M.A. Tiwow, dan Irwan Said, 2016, “Analisis Kadar Unsur Nitrogen (N) Dan Posforus (P) dalam Lamun (Enhalus Acoroides) Di Wilayah Perairan Pesisir Kabonga Besar Kecamatan Banawa Kabupaten Donggala”, Jurnal Akademika Kimia, Vol 5 No1: 37-43, Februari 2016, ISSN 2302-6030 (p), 2477-5185 (e)
- Reda Rizal 2017, Analisis kualitas lingkungan, jakarta: penerbit

lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat universitas pembangunan nasional “veteran”

Rizal, Reda, 2017, *Analisis kualitas lingkungan*, Jakarta: penerbit lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat universitas pembangunan nasional “veteran” Site Default, “10 Jenis Tanah Untuk Pertanian dan Perkebunan”, *Ilmugeografi.com*, 28 Oktober 2018,

<https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/tanah/jenis-tanah-untuk-pertanian>

_____, “Ciri Ciri Tanah Subur dan Tidak Subur”, 14 November 2015,

<https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/tanah/ciri-ciri-tanah-subur-dan-tidak-subur>.https://www.academia.edu/19554465/2_laporan_tekstur_tanah