

REPUBLIC INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202366112, 11 Agustus 2023

Pencipta

Nama : **Mifdhatul Cahya Ningrum, Dr. Ling. Maria Ulfah, S.Si., M.Pd. dkk**
Alamat : Jalan Dahlia No 120 RT 06/ RW 06 Perum Bomulyo Cepiring Indah Kec. Cepiring Kab. Kendal , Cepiring, Kendal, Jawa Tengah, 51352
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LPPM) UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**
Alamat : Universitas PGRI Semarang, Jl. Sidodadi Timur No. 24 - Dr. Cipto Semarang, Semarang, JAWA TENGAH 50232
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Buku**
Judul Ciptaan : **LKPD Perubahan Lingkungan Sub Materi: Pencemaran Air**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 11 Agustus 2023, di Semarang
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.
Nomor pencatatan : 000499059

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri



Anggoro Dasananto
NIP. 196412081991031002

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Mifdhatul Cahya Ningrum	Jalan Dahlia No 120 RT 06/ RW 06 Perum Bomulyo Cepiring Indah Kec. Cepiring Kab. Kendal
2	Dr. Ling. Maria Ulfah, S.Si., M.Pd.	Jl. Candi Kencana VII/C 37, RT 002/RW 008, Kelurahan Kalipancur, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang
3	Eko Retno Mulyaningrum S.Pd., M.Pd.	Madureso Indah No 101 RT 001/ RW 007 Kec. Temanggung Jawa Tengah





**PENDIDIKAN BIOLOGI
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

PERUBAHAN LINGKUNGAN

SUB TEMA PENCEMARAN AIR



**Kelas X
SMA/MA**

**Mifdhatul Cahya Ningrum
Dr. Ling. Maria Ulfah, S.Si., M.Pd.
Eko Retno Mulyaningrum, S.Pd., M.Pd**

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga modul pembelajaran biologi kelas X SMA/MA dapat diselesaikan. Shalawat serta salam penulis kirimkan kepada Rasulullah SAW berkat syafaatnya telah mengantarkan umatnya dari zaman jahiliyah menuju era revolusi industri seperti saat ini. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut mendukung dalam terselesainya LKPD pembelajaran ini. Rasa hormat dan terima kasih penulis haturkan kepada Ibu Dr. Ling. Maria Ulfah, S.Si., M.Pd dan Ibu Eko Retno Mulyaningrum S.Pd., M.Pd selaku dosen pembimbing I dan II.

Tuntutan pembelajaran kurikulum Merdeka Belajar yang menekankan pembelajaran berpusat pada siswa memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun pengetahuannya sendiri dengan difasilitasi oleh guru. LKPD berbasis problem solving ini menstimulasi perkembangan intelektual, moral, cara berpikir kritis dan berpikir kreatif siswa serta kesadaran siswa tentang sains khususnya pencemaran lingkungan.

Melalui LKPD ini diharapkan pembaca menyadari akan pentingnya menjaga lingkungan dan berkontribusi dalam upaya pelestarian lingkungan. Penulis menyadari LKPD ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu adanya saran yang membangun penulis harapkan demi perbaikan LKPD ini dikemudian hari.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	1
Analisis Program Pembelajaran.....	3
Petunjuk Pembelajaran.....	4
Perubahan Lingkungan	5
Pencemaran Air.....	7
Dampak Pencemaran Air	9
Fitoremediasi	11
Lembar Kerja Peserta Didik.....	15
Evaluasi	19
DAFTAR PUSTAKA	24

Analisis Program Pembelajaran

KOMPETENSI DASAR

- 3.11 Menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan.
- 4.11 Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di lingkungan sekitar

INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

- 3.11.1 Mengidentifikasi permasalahan perubahan lingkungan
- 3.11.2 Menganalisis penyebab permasalahan perubahan lingkungan meliputi faktor alam dan faktor manusia
- 3.11.3 Menganalisis dampak permasalahan perubahan lingkungan bagi kehidupan
- 3.11.4 Memberikan solusi permasalahan perubahan lingkungan
- 4.11.1 Membuat laporan ilmiah pemecahan masalah perubahan lingkungan

TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Mengidentifikasi masalah perubahan lingkungan
2. Menganalisis penyebab perubahan lingkungan meliputi faktor alam dan faktor manusia
3. Menganalisis dampak perubahan lingkungan bagi kehidupan
4. Memberikan solusi pemecahan masalah perubahan lingkungan
5. Membuat laporan ilmiah pemecahan masalah perubahan lingkungan



Untuk memperoleh hasil belajar secara maksimal dalam menggunakan LKPD ini, maka langkah-langkah yang perlu dilaksanakan antara lain:

- a. Membaca dan memahami secara seksama uraian materi yang ada pada LKPD ini.
- b. Melengkapi setiap bagian aktivitas dan tugas yang terdapat dalam lkpdi dengan semangat dan gembira. Jika mengalami kesulitan dalam melakukannya, mencatat kesulitan tersebut pada buku catatan untuk dapat mendiskusikannya bersama teman, menceritakannya kepada orang tua, atau dapat menanyakan langsung kepada bapak/ibu Guru pada saat jadwal kegiatan pembelajaran berlangsung.
- c. Melengkapi dan memahami setiap bagian dalam rangkuman sebagai bagiantahapan penguasaan materi ini.
- d. Mengerjakan semua tugas formatif (soal latihan) untuk mengetahui seberapa besar keahaman terhadap materi.
- e. Jika belum memahami materi yang disampaikan, bertanyalah kepada guru.
- f. Menggunakan daftar pustaka yang disiapkan dalam modul ini untuk membantu mempermudah proses belajar siswa.

PERUBAHAN LINGKUNGAN

Tujuan Pembelajaran



1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab perubahan lingkungan
2. Menganalisis dampak pencemaran air

Materi Singkat

1. Perubahan Lingkungan

Perubahan Lingkungan dapat diartikan sebagai lingkungan fisik yang mendukung kehidupan serta proses-proses yang terlibat dalam aliran energi dan siklus materi. Lingkungan hidup dapat diartikan sebagai lingkungan fisik yang mendukung kehidupan serta proses-proses yang terlibat dalam aliran energi dan siklus materi. Keseimbangan lingkungan dapat terganggu jika terjadi perubahan berupa pengurangan fungsi dari komponen atau hilangnya sebagian komponen yang dapat menyebabkan putus rantai makanan dalam ekosistem di lingkungan itu. Perubahan lingkungan dapat terjadi oleh beberapa faktor diantaranya: Faktor Alami yaitu perubahan lingkungan yang terjadi karena pengaruh proses alam misalnya bencana alam seperti gunung Meletus, tanah longsor, tsunami, gempa bumi, dll. Faktor buatan yaitu karena pengaruh kegiatan oleh manusia di berbagai bidang kehidupan, misalnya meluapnya lumpur Lapindo, pertambangan batu bara di Kalimantan, semakin banyaknya penggunaan kendaraan bermotor, dll. Faktor pencemaran lingkungan yang terjadi karena masuknya bahan pencemar di suatu tempat.



Pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam lingkungan oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu yang telah ditetapkan. Suatu dikatakan sebagai polutan (penyebab pencemaran lingkungan) jika

berada di tempat yang kurang tepat, dalam jumlah yang sangat banyak dan waktu yang kurang tepat. Polutan bisa dibedakan menjadi beberapa macam:

- a. Polutan biologis, jika bahan pencemar berupa makhluk hidup seperti bakteri, protista dan mikroorganisme lain yang masuk di suatu lingkungan yang kurang tepat.
- b. Polutan fisik jika bahan pencemar berupa energi yang disebabkan oleh faktor fisik seperti suhu, radiasi
- c. Polutan kimia jika bahan pencemar berupa zat kimia yang merupakan limbah dari kegiatan manusia seperti CO₂, CO, logam berat, CFC, SO₂, NO₂, dan lain-lain.

Upaya Penanggulangan Masalah Lingkungan

1. Mitigasi dan Adaptasi terhadap Perubahan Iklim

Mitigasi adalah tindakan untuk mencegah atau memperlambat terjadinya perubahan iklim dan pemanasan global. Mitigasi dilakukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan penyerapan gas rumah kaca.

2. 3R (Reduce, Reuse, Recycle)

Penyelesaian masalah pencemaran dapat dilakukan melalui pencegahan dan pengendalian. Misalnya dengan mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan (reduce) menggunakan kembali (reuse), dan daur ulang (recycle).

Berikut upaya penanggulangan masalah lingkungan:

1. Memanfaatkan sampah organik rumah tangga untuk pembuatan kompos dan *ecoenzyme* dimana proses ini terjadi karena bantuan dari bakteri pengurai melalui proses fermentasi.
2. Mendaur ulang sampah anorganik rumah tangga menjadi barang dengan nilai guna.
3. Menggunakan alat-alat rumah tangga dan bahan bakar kendaraan yang ramah lingkungan.



Pencemaran Air

Pencemaran air merupakan masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air menjadi kurang atau sudah tidak berfungsi lagi dengan peruntukannya (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Lingkungan).

Indikator atau benda bahwa air tercemar yaitu adanya perubahan karakteristik pada air yang dapat diamati sebagai berikut:

- a. Karakteristik fisik yaitu pada pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, bau, warna, rasa dan padatan. Perubahan suhu dapat mempengaruhi kadar *Dissolve Oxygen* (DO). Warna biasanya disebabkan oleh adanya materi *dissolved suspended*, dan senyawa-senyawa koloidal, yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi.
- b. Karakter kimiawi yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia terlarut seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH dan DO.
- c. Karakteristik biologis yaitu pengamatan air berdasarkan mikroorganisme dalam air, terutama mendeteksi ada atau tidaknya bakteri yang bersifat patogen.

Salah satu sumber polutan pencemaran air terbesar saat ini adalah air lindi, Meningkatnya jumlah penduduk didaerah perkotaan berbanding lurus dengan jumlah sampah yang dihasilkan. Meningkatnya jumlah sampah yang masuk ke TPA berakibat pada volume *Leachate* (air lindi). Air lindi mengandung senyawa organik (hidrokarbondan sulfat), anorganik (natrium, kalium, kalsium, magnesium, klor, ortofosfat, fenol, dan logam berat beracun), serta sejumlah bakteri patogen yang terkandung di dalamnya. Lindi juga mengandung mikrob parasit kutuair (*Sarcoptes sp*) yang menyebabkan gatal-gatal di kulit. Selain mengeluarkan bau busuk yang berasal dari hidrogen sulfida. Apabila air lindi meresap ke tanah dan mencemari air sungai dapat membahayakan kesehatan masyarakat dan merusak ekosistem tanah.

AYO BERDISKUSI

Perhatikan Gambar Berikut ini!

Identifikasi kedua gambar tersebut berdasarkan kondisi lingkungan!



A



B

Tuliskan Permasalahan kondisi lingkungan yang tercemar berdasarkan gambar!

Berdasarkan gambar, analisislah yang menjadi penyebab sehingga kondisi lingkungan tercemar!

Berikanlah solusi berdasarkan pendapatmu agar lingkungan tetap terjaga dengan baik sehingga tidak tercemar!

DAMPAK PENCEMARAN AIR



Gambar 1. Air Lindi TPA Jatibarang, Semarang

Sumber: Dokumen Pribadi, 2023

Cairan lindi yang terdapat pada TPA memiliki karakter dengan kebutuhan oksigen kimia dan biologis yang tinggi serta terdiri dari zat-zat yang tidak diinginkan seperti kontamina organik dan anorganik. Air lindi yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan air lindi akan berdampak pada lingkungan serta Kesehatan warga sekitar. Berikut merupakan dampak pencemaran air lindi diantaranya:

1. Dampak terhadap kehidupan biota air

Apabila terlalu banyak zat pencemar pada air limbah akan mengakibatkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air. Akibat matinya bakteri-bakteri, amak proses penjernihan air secara alamiah yang seharusnya terjadi pada air limbah juga terhambat.

2. Dampak terhadap kualitas air

Air yang baik memiliki logam yang kita butuhkan seperti magnesium, kalium dan kalsium. Apabila air sudah tercemar dengan air lindi logam yang terkandung justru membahayakan Kesehatan seperti timbal, merkuri dan kadmium (Ambarwat, 2022)

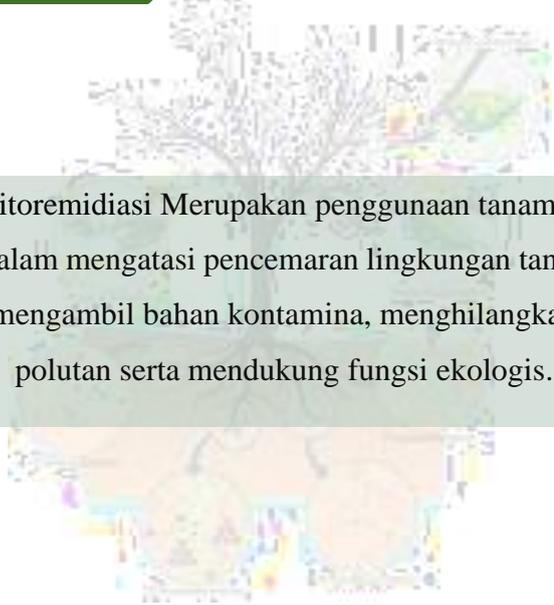
3. Dampak terhadap Kesehatan

Pencemaran air berdampak pada Kesehatan akan menularkan berbagai macam penyakit antara lain:

- a. Gangguan pada otal, ginjal dan hati karena air lindi mengandung timbal.
- b. Kandungan merkuri pada air lindi menyebabkan kanker, terganggu fungsi hati dan system saraf.
- c. Perut mual, muntah-muntah, diare diakibatkan kandungan kadmium pada lindi
- d. Gatal-gatal pada kulit disebabkan kandungan logam berbahaya pada lindi.
- e. Air sebagai sarang serangga dan menyebarkan penyakit
- f. Air sebagai media untuk hidup mikroba pathogen

4. Dampak terhadap estetika lingkungan

Banyaknya zat organik yang dibuang ke lingkungan perairan maka perairan tersebut akan semakin tercemar yang ditandai dengan bau yang menyengat dengan tumpukan yang dapat menurangi nilai estetika lingkungan.



Fitoremediasi Merupakan penggunaan tanaman dalam mengatasi pencemaran lingkungan tanpa mengambil bahan kontamina, menghilangkan polutan serta mendukung fungsi ekologis.

Lingkungan yang tercemar yang sudah terjadi tidak dapat dihindari, hal yang dapat dilakukan adalah mengurangi pencemaran, mengendalikan pencemaran dan meningkatkan kesadaran serta kepedulian masyarakat terhadap lingkungan. Salah satu upaya mengatasi pencemaran lingkungan dengan menggunakan fitoremediasi. Fitoremediasi berasal dari Yunani yaitu *phyto* yang berarti nabati atau tanaman dan *remedium* yaitu memulihkan keseimbangan atau perbaikan. Fitoremediasi memiliki keuntungan dari segi perawatan yang mudah, efektif dalam menghilangkan polutan serta mendukung fungsi ekologis.

Tanaman yang mampu meremediasi polutan adalah tanaman yang bersifat hiperakumulator, mampu meremediasi lebih dari satu polutan, serta toleran terhadap polutan yang diremediasi. Tanaman memanfaatkan bahan kimia dalam limbah untuk mencukupi kebutuhan nutrisinya. Tanaman meremediasi polutan dengan menyerap kontamina, mengakumulasi ke sel-sel tanaman melepaskan eksudat dan enzim yang dapat menstimulasi aktivitas mikroba, serta menyerap mineral pada daerah rhizosfer.

Salah satu tanaman yang berperan sebagai agen fitoremediasi adalah Lili Air (*Zantedeschia Aethiopica*).



Gambar 2. Lili Air

Kingdom	: Plantae
Devisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Arales
Famili	: Araceae
Genus	: Zantedeschia
Spesies	: Z. Aethiopica

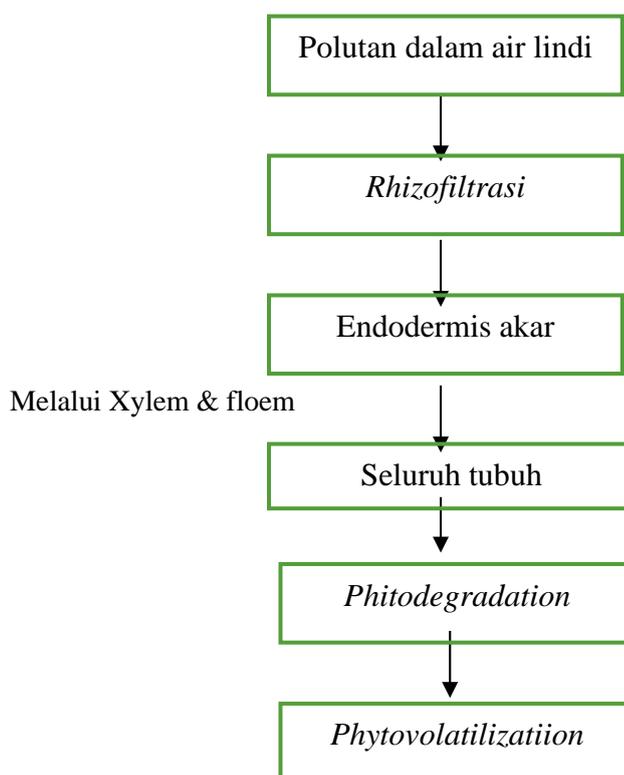
Potensi *Zantedeschia Aethiopica* sebagai fitoremediator:

1. Mampu tumbuh pada lingkungan tercemar / ekstrim
2. Batang berongga
3. Akar memiliki umbi yang dapat menyerap polutan

Zantedeschia Aethiopica selain sebagai tanaman hias tanaman ini mampu menunjukkan toleransi terhadap kadar tembaga (Cu) yang tinggi di dalam tanah. Pada penelitian Menegaes (2017) tanaman ini menyerap dan menahan Cu terutama didalam umbi menjadikannya sebagai fitoakumulator yang potensial. Selain itu tanaman Lili Air (*Zantedeschia Aethiopica*) mampu mengakumulasi logam kromium pada air limbah tekstil sebanyak 6,48 ppm (Rizal A, 2016).

Mekanisme fitoremediasi pada tanaman Lili Air (*Zantedeschia Aethiopica*) dimulai pada tahap *Rhizofiltrasi*, yaitu proses adsorpsi atau pengendapan kontamina air lindi berupa bahan organik yang menempel pada akar, setelah polutan menembus endodermis akar, polutan atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi kebagian atas tanaman melalui jaringan penangkut (xylem dan floem) kebagian tanaman lainnya. tanaman Lili air (*Zantedeschia Aethiopica*) menyerap zat polutan melalui akar dan didistribusikan ke seluruh bagian tanaman kemudian zat kontamina berupa zat organik yang mempunyai rantai molekul yang kompleks diurai menjadi bahan yang tidak berbahaya menjadi susunan molekul yang lebih

sederhana yang dapat berguna bagi tumbuhan itu sendiri (*phytodegradation*). Enzim yang berperan pada tahap *phytodegradation* biasanya adalah *dehaganase*, *oxyganase*, dan *reductase*. Proses terakhir yaitu proses menarik zat kontamina yang tidak berbahaya yang selanjuthnya akan diuapkan ke atmosfer (*phytovolatilization*) dalam bentuk senyawa volatile.



Gambar 3. Bagan Tahapan Fitoremediasi

Tanaman fitoremediator dalam menurunkan kadar lindi jika mengalami keracunan dapat mengalami klorosis, nekrosis dan pertumbuhan tanaman yang kerdil seperti halnya pada tanaman lili air (*Zantedeschia Aesthiopica*) mengalami klorosis yaitu daun yang kehilangan klorofil ditandai dengan menguningnya daun tanaman. Nekrosis yaitu gejala kematian pada sel tanaman yang di tandai dengan menggulungnya daun tanaman serta daun keriput. (Rizal A, 2016).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tanaman lili air (*Zantedeschia Aesthiopica*) dengan berat 200 gr mengalami kerusakan tanaman. Banyak daun-daun yang menguning dan terdapat beberapa tanaman yang rusak terendam air lindi sehingga tanaman membusuk. Hal ini menandakan bahwa tanaman lili air

mengalamu keracunan yang ditandai dengan gejala klorosis dan nekrosis. Kerusakan pada morfologi tanaman lili air mengakibatkan kurang maksimalnya tanaman tersebut menyerap polutan dalam jumlah yang besar.

Analisislah !

<p>Apakah air lindi yang mencemari sungai berdampak bagi Kesehatan masyarakat?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Apakah fitoremediasi Lili air (<i>Zantedeschia Aethiopica</i>) mampu mengatasi permasalahan sosial akibat pencemaran air lindi?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--	--



Bagaimana pemahaman anda tentang materi ini? Apabila sudah paham tentu anda dapat menjawab soal Latihan dengan tepat bukan? Jika anda berhasil menjawab semua soal dengan benar atau minimal 75% maka selanjutnya silahkan pelajari materi selanjutnya. Namun seandainya **BELUM**, cobalah pelajari ulang secara lebih cermat. Anda pasti berhasil!

Tindakan lanjut

Pelajari ulang bagian-bagian yang belum anda pahami dengan membaca buku, jurnal dan sumber lainnya untuk lebih memperdalam materi!

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

1. Materi : Perubahan Lingkungan
2. Tujuan Pembelajaran : Siswa dapat membuat gagasan tertulis mengenai dampak pencemaran air pada masyarakat serta tindakan represifnya

3. Kegiatan Belajar

A. Orientasi Masalah



Sumber HMI Cabangsemarang.com

Meningkatnya jumlah penduduk di daerah perkotaan berbanding lurus dengan jumlah sampah yang dihasilkan. Setiap hari jumlah sampah yang masuk ke TPA rata-rata sebanyak 350 ton/hari.

Akibatnya volume leachate (air lindi) yang dihasilkan juga meningkat. Apabila air lindi merembes ke aliran sungai atau tanah maka akan mencemari air atau tanah yang berada disekitar masyarakat dan mempengaruhi kualitas air tersebut. Dengan ini perlu dilakukan Bioremediasi menggunakan tanaman air sebagai salah satu solusi untuk mengurangi tingkat pencemaran air lindi. Bioremediasi merupakan proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme. Beberapa kondisi tanah dan air yang terkontamina telah memiliki mikroba yang berperan sebagai pengurainya. Namun, apabila mikroba yang berada dalam jumlah yang sedikit atau tidak ada sama sekali, maka bioremediasi akan berperan untuk menambah jumlah mikroba tersebut.

Tanaman air yang digunakan untuk meremediasi salah satunya ada tanaman lili air (*Zantedescia aethiopica*). Tanaman air memiliki mekanisme sendiri untuk menstimulasi ketersediaan ion-ion logam pada rhizosfer agar dapat diserap oleh akar (Rizal A, 2016) Tanaman Lili air dapat dijadikan sebagai

tanaman fitoremediasi karena batang yang berongga besar yang memiliki kemampuan menyuplai oksigen ke akar dalam jumlah yang besar sehingga Lili air memiliki kemampuan untuk mengolah kandungan pencemar dalam air. Rizal Awaludin Malik et al (2016) menyatakan bahwa tanaman *Zantedeschia aethiopica* digunakan dalam unit wetlands untuk mendegradasi nitrogen.

Mekanisme Fitoremediasi pada tanaman lili air pada tahap *Rhizofiltrasi*, yaitu proses absorpsi atau pengendapan kontamina air lindi berupa bahan organik yang menempel pada akar, setelah polutan menembus endodermis akar, polutan atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xylem dan floem) ke bagian tanaman lainnya. Kemudian zat kontamina berupa zat organik yang mempunyai rantai molekul yang kompleks diurai menjadi bahan yang tidak berbahaya menjadi susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi tumbuhan itu sendiri (*phytodegradation*). Enzim yang berperan pada tahap *phytodegradation* biasanya adalah *dehaganase*, *oxyganase*, dan *reductase*. Proses terakhir yaitu proses menarik zat kontamina yang tidak berbahaya yang selanjutnya akan diuapkan ke atmosfer (*phytovolatilization*) dalam bentuk senyawa volatil.

B. Alat dan Bahan

Alat

1. Baskom kapasitas 5 liter : 3 Buah
2. 1 Thermometer digital : 1 Buah
3. *Total Dissolve Solid* (TDS) : 1 Buah

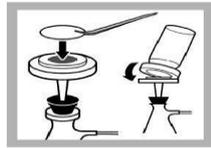
Cara menggunakan parameter TDS:

- a. Membuka tutup bawah dari TDS meter, TDS meter tidak boleh dicelupkan ke air melebihi garis tutup TDS meter.
- b. Menekan tombol ON / OFF sampai TDS menunjukkan angka 000 atau 0000 (TDS EC meter)
- c. Mencelupkan TDS meter sampai batas (lihat nomor 1 di atas)

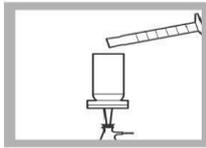
e. Untuk mempertahankan nilai penunjukan TDS meter, ketika TDS meter diangkat dari air, tekan tombol Hold.

4. *Total Suspended Solid (TSS)* : 1 Buah

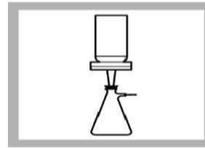
Cara menggunakan parameter TSS:



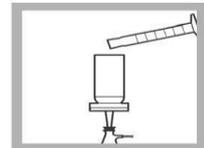
1. Lakukan penyaringan dengan peralatan penyaringan.



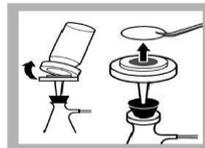
2. Basahi media penyaring dengan sedikit air bebas mineral.



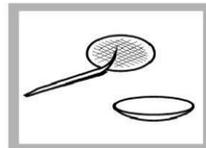
3. Aduk sampel uji hingga homogen, kemudian masukkan ke dalam media penyaring dan sistem vakum dinyalakan.



4. Bilas media penyaring sebanyak tiga kali dengan masing-masing 10 ml air bebas mineral dan lanjutkan penyaringan dengan sistem vakum hingga tiris.



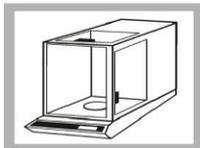
5. Pindahkan media penyaring (*glass-fiber filter*) secara hati-hati dengan menggunakan penjepit (*pinset*) dari peralatan penyaring ke media penimbang (*cawan petri/ cawan Gooch*)



6. Keringkan media penimbang atau *cawan Gooch* yang berisi media penyaring dengan menggunakan oven pada kisaran suhu 103 °C sampai 105 °C selama 1 jam.



7. Setelah dikeringkan, dinginkan di dalam desikator.



8. Setelah dingin, lakukan penimbangan. Ulangi Langkah 6 sampai 8 sampai diperoleh berat tetap dan dicatat hasil penimbangannya sebagai W_1 .

5. Sarung tangan karet : 3 Buah

6. Label : 1 Buah

7. Masker : 5 Buah

Bahan

1. Tanaman lili air (*Zantedeschia aethiopica*) : 6

2. Air Lindi : 50 Liter

D. Tabel Pengamatan

P0: tanpa tanaman lili air

P1: 1 tanaman lili air

P2: 2 tanaman lili air

Perlakuan	TDS (mg/L)			TSS (mg/L)		
	H1	H3	H7	H1	H3	H7
P0						
P1						
P2						

E. Pembahasan



Mari Kerjakan

A. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar dengan memberikan tanda silang pada huruf A, B, C, D atau E!

1. Berikut ini beberapa keuntungan menggunakan mikroba untuk mendegradasi senyawa pencemar organik, *kecuali*....
 - A. Melestarikan jenis mikroba tertentu
 - B. Jumlah banyak dan ada dimana-mana
 - C. Biaya paling murah dibandingkan dengan cara lain
 - D. Mengubah molekul senyawa pencemar organik, bukan hanya memindahkan
 - E. Mendegradasi polutan secara langsung
2. Bioremediasi secara ex situ melibatkan....
 - A. Degradasi polutan secara langsung
 - B. Memindahkan polutan dan mengumpulkan pada satu tempat untuk memfasilitasi pendegradasi oleh mikroba
 - C. Menambahkan bakteri ditempat terjadinya polutan
 - D. Degradasi dilakukan oleh mikroba yang telah dirubah struktur genetik
 - E. Mengubah molekul senyawa pencemar organik, bukan hanya memindahkan
3. Kelemahan proses bioremediasi secara anaerobic adalah.....
 1. Adanya oksigen
 2. Produk antara
 3. Produksi gas berbau
 - A. 1 dan 2
 - B. 1 dan 3
 - C. 2 dan 3

D. 1,2 dan 3

E. 2 dan 3

4. Hal – hal yang dapat dilakukan untuk dapat mengoptimalkan proses bioremediasi *kecuali*....
- A. Menambah enzim
 - B. Menambah surfaktan
 - C. Menambah nutrisi
 - D. Menambah air kapur agar lebih basa
 - E. Menam nutrisi
5. Akibat teralu banyak sampah disungai, sungai yang dulunya digunakan untuk kebutuhan sehari-hari kini tidak dapat lagi digunakan karena kualitas menurun.



Berdasarkan Informasi diatas, yang dimaksud dengan pencemaran air adalah...

- A. masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga air tercemar, kualitasnya turun dan mengganggu kehidupan disekitarnya.
- B. masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga air masih bisa berfungsi sesuai dengan peruntukannya.
- C. masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun ke tingkat tertentu yang menyebabkan air berfungsi sesuai dengan peruntukannya

- D. masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.
- E. Masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup zat energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia menyebabkan kualitas air menurun dan tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya
6. Mikroorganisme menghilangkan logam dengan cara..
- A. Adsorpsi dan koleksasi
 - B. Adsorpsi dan presipitasi
 - C. Adsorpsi dan volatilisasi
 - D. Semuanya benar
 - E. Koleksasi dan presipitasi
7. Yang termasuk parameter kualitas air limbah adalah...
- A. TSS
 - B. TDS
 - C. Flour
 - D. Salinitas
 - E. pH
8. Kekeruhan air biasanya menunjukkan adanya partikel....
- A. Terendap
 - B. Tersuspensi
 - C. Koloid
 - D. Terlarut
 - E. Tercemar
9. Limbah B3 adalah limbah mengandung zat-zat berikut, *Kecuali...*
- A. Mudah meledak
 - B. Mengoksidasi
 - C. Mudah terbakar
 - D. Bersifat infeksius
 - E. Mudah berubah

10. Pada air sungai yang telah tercemar akan terlihat tanda-tanda....

- A. Airnya jernih dan tidak berwarna
- B. Air sungai berbau busuk
- C. Terdapat berbagai jenis fauna
- D. Ditumbuhi eceng gondok yang subur
- E. Airnya tidak berbau busuk

B. Soal Uraian

Bacalah dengan cermat, dan isilah uraian dibawah ini dengan benar!

1. Jelaskan pengertian istilah-istilah berikut ini:

- a) Bioremediasi
- b) Fitoremediasi
- c) Landfarming

Jawab

2. Apakah proses boremediasi lebih mahal atau lebih murah jika dibandingkan dengan remediasi menggunakan bahan kimia?

Jawab

3. Mengapa tanaman lili air (*Zantedeschia Aesthipica*) dapat dijadikan sebagai agen fitoremdiasi dalam mengurangi tingkat beban pencemaran air pada lindi? Jelaskan!

Jawab



4. Mikroorganismenya apa saja yang dapat digunakan untuk melakukan bioremediasi?

Jawab



5. Bagaimana proses tanaman air dalam meremediasi polutan yang berada di dalam tanah menjadi senyawa non-toxic, jelaskan!

Jawab



DAFTAR PUSTAKA

- Akinbile, C. O. (2012). Soil and Water Research., *Environmental Impact of Landfill on Groundwater Quality and Agricultural Soils in Nigeria*, 18-26.
- Aniyah alfatihah, H. L. (2022). Jurnal of aquatic and fisheries sciences. *Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter Fisika dan Kimia di Perairan Sungai Patrean Kabupaten Sumenep*, 1 (2), 76-84.
- Annur, S. (2015). Jurnal Chemtech. *Karbon Aktif Dedak Padi Sebagai Adsorben Pengurang Kadar Besi DiTPAS Cilowong Kota Serang Provinsi Banten.*, 1.01.
- Arestu, O. O. (2018). Jurnal pendidikan dan Pembelajaran Biologi. *Peningkatan kemampuan Memecahkan masalah melalui lembar kegiatan Peserta Didik berbasis masalah*, 2(2), 58-66.
- Handayani, D. &. (2019). UPI Institutional Respository. *Penggunaan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Memecahkan Masalah dan Sikap peduli Lingkungan peserta didik.*
- Huda, M. (2015). Pustaka Pelajar. *Model-model Pengajaran dan Pembelajaran: Isu-Isu Metodis dan Paradigmatis.*
- Rizal awaludin malik, w. s. (2016). Teknologi pencegahan pencemaran. *potensi tanaman air sebagai fitoakumulator logam kromium dalam limbah cair tekstil*, 1.
- Saputro, D. p. (2016). Jurnal GeoEco. *Hubungan Pengetahuan Lingkungan Hidup , Tingkat Ekonomi dan Tingkat Pendidikan terhadap sikap peduli Lingkungan*, 2(2), pp. 128-136.
- Sidaruk, L. &. (2015). *Fitoremediasi Lahan Tercemar Di Kawasan Industri Medan dengan Tanaman Hias*, 2, 178-186.
- Suprihatin, &. S. (2013). *Teknologi Proses Pengolahan untuk Mahasiswa dan Praktisi industri.*