



E-LKPD

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

ELEKTRONIK BERBASIS STEM

(Science, Technology, Engineering, Mathematics)

PENCEMARAN TANAH

NAMA PENYUSUN:
WIWIN PURNAMI

FASE E SMA/MA

E-LKPD ini dirancang sebagai satu kesatuan pembelajaran berbasis STEM dengan model *Problem Based Learning* untuk melatih keterampilan berpikir kritis yang dilaksanakan dalam 2 x pertemuan (180 menit) sesuai hasil simulasi waktu praktikum



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas karunia dan hidayah-Nya sehingga dapat menyusun E-LKPD pembelajaran Biologi untuk tingkat SMA/MA pada materi ekosistem dengan sub materi pencemaran tanah ini dengan tepat waktu. E-LKPD ini disusun dengan tujuan membantu peserta didik agar mudah memahami materi Biologi khususnya pada materi Pencemaran Tanah. Tentunya E-LKPD ini bisa menjadi sumber referensi belajar yang praktis, efektif, dan efisien.

Tujuan E-LKPD pembelajaran Biologi untuk tingkat SMA/MA pada materi Pencemaran Tanah adalah untuk memudahkan peserta didik dalam proses pembelajaran di dalam maupun di luar kelas. Setelah mempelajari E-LKPD ini diharapkan peserta didik mampu mencapai tujuan pembelajaran yang ada dan menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu Dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyempurnaan pengembangan E-LKPD ini. Akhir kata, semoga E-LKPD ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat menambah pengetahuan dan wawasan keilmuan khususnya bagi peserta didik fase E SMA/MA.

Surabaya, 04 November 2025

Penulis

STEM merupakan singkatan dari *Science, Technology, Engineering, Mathematics*, salah satu multidisiplin ilmu dalam pendekatan pembelajaran. Dalam penerapannya, pendekatan STEM mengintegrasikan kelima unsur yakni konsep, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika

S (Science) - Ilmu Pengetahuan

- Memahami materi pencemaran lingkungan khususnya pada pencemaran tanah, yakni pengaruh pencemaran tanah (Limbah B3) terhadap kesehatan manusia dan lingkungan serta faktor penyebab pencemaran tanah.
- Memahami jenis-jenis polutan tanah.
- Memahami kadar polutan yang aman (ppm) dan yang berbahaya.
- Memahami fenomena pencemaran tanah di Sidoarjo dan di Indonesia serta terdapat gambar perbandingan tanah subur dan tanah tercemar kemudian terdapat beberapa pertanyaan untuk mengarahkan siswa menanamkan sikap ilmiah dari fenomena yg ada

T (Technology) - Teknologi

- Memanfaatkan Arduino untuk memproses data sensor
- Menggunakan sensor DHT-11 untuk mengukur kadar polutan, yakni suhu, kelembaban, pH

E (Engineering) - Rekayasa

- Merancang rangkaian listrik yang menghubungkan sensor dan output.
- Menguji alat di berbagai lokasi (taman sekolah, parkir sekolah, kantin) untuk membandingkan kualitas tanah

M (Mathematics) - Matematika

- Menghitung rata-rata perbedaan kadar polutan berbagai lokasi.
- Menganalisis data pengukuran polutan dari berbagai lokasi.
- Pembuatan infografis tentang pentingnya alat pendeteksi kualitas tanah dan peran vegetasi tanaman dalam menjaga kebersihan tanah.

1

- **Pentingnya Keterampilan Berpikir Kritis**

Berisi indikator-indikator yang mendorong peserta didik untuk menganalisis, mengevaluasi, menarik kesimpulan, dan memecahkan masalah, sehingga pembelajaran tidak hanya berfokus pada menghafal konsep.

2

- **Peta Konsep**

Menggambarkan keterkaitan konsep materi yang dipelajari

3

- **Glosarium**

Berisi istilah-istilah penting dalam E-LKPD

4

- **Pre Test dan Post Test**

Berupa soal yang harus dikerjakan oleh siswa sebelum melakukan kegiatan pembelajaran untuk mengukur kemampuan awal siswa.

5

- **Kegiatan Pembelajaran Sesuai Elemen STEM**

Berisi kegiatan pembelajaran dengan unsur STEM di setiap prosesnya.

6

- **Ringkasan Materi**

Berupa ringkasan materi terkait pencemaran lingkungan khususnya pencemaran tanah

7

- **Gambar, Video, dan Link Website Pendukung**

Berupa gambar, video, dan link website terkait permasalahan yang disajikan dalam sintaks PBL (orientasi permasalahan) sebagai stimulus kemampuan berpikir siswa dan memperjelas pemahaman siswa terhadap materi.

8

- **Teka-teki Berdampak**

Berisi fitur mini games teka-teki untuk mengasah pengetahuan peserta didik tentang materi pencemaran tanah

9

- **Lembar Refleksi Diri**

Berupa daftar indikator-indikator ketercapaian peningkatan kemampuan berpikir kritis dan pemahaman siswa terhadap materi sebagai refleksi diri setelah dilakukannya proses pembelajaran.

1

• STEM-Initiate

Peserta didik dihadapkan pada permasalahan pencemaran tanah melalui berita atau video. Pada tahap ini, mereka diarahkan untuk mengenali situasi masalah, memahami konteks, serta merumuskan masalah yang akan diselidiki.

Sejalan dengan sintaks ke-1 PBL yaitu orientasi masalah

2

• STEM-Connect

Peserta didik mengorganisasi pengetahuan awal dan informasi yang diperoleh untuk merumuskan dugaan sementara (hipotesis) serta menentukan langkah-langkah yang diperlukan dalam penyelidikan.

Sejalan dengan sintaks ke-2 PBL yaitu mengorganisasikan peserta didik

3

• STEM-Explore

Peserta didik melakukan penyelidikan untuk mengumpulkan data melalui kegiatan praktikum. Mereka menguji hipotesis dengan mengamati dan mencatat hasil pengukuran sebagai dasar analisis.

Sejalan dengan sintaks ke-3 PBL yaitu membimbing penyelidikan

4

• STEM-Create

Peserta didik mengolah dan menganalisis data hasil penyelidikan untuk memperoleh solusi, kemudian menyusun dan menyajikannya dalam bentuk karya yang sistematis.

Sejalan dengan sintaks ke-4 PBL yaitu mengembangkan dan menyajikan hasil

5

• STEM-Evaluate

Peserta didik mengevaluasi proses pemecahan masalah, menilai ketepatan solusi yang dihasilkan, serta merefleksikan kekuatan dan kelemahan selama kegiatan pembelajaran.

Sejalan dengan sintaks ke-5 PBL yaitu menganalisis dan mengevaluasi



PENTINGNYA BERPIKIR KRITIS

Pernahkah Anda menyadari mengapa seseorang mampu memahami masalah lingkungan dan memberikan solusi yang konkret berdasarkan fakta (empiris) serta alasan yang logis?

Kemampuan menghubungkan berbagai informasi, menganalisis fakta secara empiris, dan menarik kesimpulan secara logis dari sudut pandang yang lebih luas merupakan keterampilan yang disebut berpikir kritis.

MENGAPA PERLU MEMILIKI KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS?

Membantu menilai pilihan secara logis, mengurangi risiko kesalahan.

Memupuk rasa ingin tahu dan kemampuan mengevaluasi pengetahuan secara berkelanjutan.



Memungkinkan kita membedakan antara informasi yang terbukti dan sekadar dugaan.

Dengan mempertanyakan “mengapa”, kita menemukan solusi baru dan inovatif.

Memungkinkan kita menilai argumen atau berita dengan kritis, menghindari hoaks.

Capaian Pembelajaran

Pada akhir Fase E, peserta didik diharapkan mampu memahami konsep-konsep biologi mulai dari organisasi kehidupan, keanekaragaman hayati, virus, ekosistem, perubahan lingkungan, hingga isu-isu biologi yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Peserta didik juga diharapkan mampu menerapkan konsep tersebut untuk menjelaskan fenomena alam, memecahkan masalah secara ilmiah, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah. Selain itu, peserta didik mampu melakukan penyelidikan ilmiah dan mengomunikasikan hasilnya.

Pemahaman Biologi

Peserta didik mampu memahami hakikat biologi sebagai ilmu, organisasi kehidupan, struktur dan fungsi makhluk hidup, keanekaragaman hayati, virus, ekosistem, perubahan lingkungan, hubungan antarkomponen kehidupan, menerapkan konsep biologi dalam kehidupan sehari-hari.

Keterampilan Proses

Peserta didik mampu:

- mengamati fenomena biologi;
- mempertanyakan fenomena secara ilmiah;
- merancang penyelidikan;
- melakukan eksperimen atau observasi;
- mengumpulkan data;
- mengolah dan menganalisis data;
- mengevaluasi hasil penyelidikan;
- menyimpulkan berdasarkan bukti;
- mengomunikasikan hasil penyelidikan secara lisan maupun tulisan.

Tujuan Pembelajaran

1. Peserta didik mampu mengidentifikasi fakta, jenis, dan faktor penyebab pencemaran tanah berdasarkan hasil pengamatan terhadap fenomena lingkungan sebagai dasar memahami permasalahan.
2. Peserta didik mampu menganalisis hubungan antara penyebab, dampak pencemaran tanah terhadap keseimbangan ekosistem dan kesehatan lingkungan, serta merumuskan permasalahan berdasarkan bukti yang diperoleh.
3. Peserta didik mampu merencanakan solusi terhadap permasalahan pencemaran tanah dengan menyusun hipotesis dan menentukan alternatif penyelesaian berdasarkan hasil analisis.
4. Peserta didik mampu menyajikan solusi terhadap permasalahan pencemaran tanah melalui hasil penyelidikan, analisis data, dan komunikasi hasil secara ilmiah.

Indikator Tujuan Pembelajaran

1. Melalui pengamatan gambar dan video studi kasus pencemaran tanah, peserta didik mampu mengidentifikasi jenis, faktor penyebab, dan dampak pencemaran tanah terhadap keseimbangan ekosistem dan kesehatan lingkungan.
2. Melalui pengamatan atau simulasi sederhana menggunakan alat dan teknologi, peserta didik mampu mengumpulkan dan menganalisis data mengenai indikator pencemaran tanah (misalnya pH, warna, dan kelembapan tanah) sebagai dasar merumuskan permasalahan.
3. Melalui diskusi kelompok dan analisis studi kasus, peserta didik mampu menyusun hipotesis serta mengevaluasi pengaruh aktivitas manusia terhadap pencemaran tanah dan menentukan alternatif solusi yang tepat berdasarkan bukti.
4. Melalui presentasi dan penyusunan laporan hasil penyelidikan, peserta didik mampu mengomunikasikan hasil analisis

Pemahaman Bermakna

Dengan mempelajari tentang pencemaran lingkungan, diharapkan peserta didik mampu memahami tentang fenomena-fenomena yang terjadi di lingkungannya terkait dengan pencemaran tanah

LKPD Petunjuk Penggunaan E-LKPD

1. Peserta didik membaca isu sosio-saintifik tentang pencemaran tanah. 
2. Peserta didik mengakses AhaSlides melalui tautan atau QR Code yang tersedia, kemudian mengisi pertanyaan awal dan memberikan tanggapan terhadap isu yang disajikan.
3. Peserta didik mengkaji materi melalui studi literatur dari materi ajar yang diberikan guru, video pembelajaran, Web AR, dan sumber lain yang kredibel serta relevan.
4. Peserta didik mengakses Web AR melalui tautan atau QR Code, kemudian mengaktifkan kamera perangkat dan mengarahkan kamera ke marker yang tersedia untuk mengamati objek 3D.
5. Peserta didik melakukan eksplorasi nilai etika secara personal (mengkaji isu yang terjadi berdasarkan etika personal).
6. Peserta didik membuat pernyataan dengan kalimat sendiri terkait isu sosio-saintifik yang terjadi dengan bantuan beberapa pertanyaan yang ada pada E-LKPD.
7. Peserta didik melakukan kajian etik/moral dengan memverifikasi nilai etika personal berdasarkan berbagai sumber lain yang kredibel dan relevan.
8. Peserta didik membuka Arduino IDE, memilih jenis board dan port yang digunakan, mengunggah (upload) program ke mikrokontroler, kemudian mengamati hasil pembacaan sensor sebagai data analisis pencemaran tanah.
9. Peserta didik membuat keputusan terkait hal-hal yang dapat dilakukan sebagai solusi atas isu sosio-saintifik yang terjadi.
10. Peserta didik menyampaikan hasil analisis dan solusi, kemudian mengisi refleksi atau evaluasi akhir melalui AhaSlides.



E-LKPD

LEMBAR KERJA PESERTA

DIDIK ELEKTRONIK

PENCEMARAN TANAH



KEGIATAN 1

(90 menit)



Nama :

Kelas :

FASE E SMA/MA

KELAS

X

E-LKPD BERBASIS STEM

Kegiatan	Waktu
Apersepsi, doa, presensi, penyampaian tujuan pembelajaran	5 menit
Mengerjakan pretest melalui Google Form	10 menit
Mengamati gambar, Web AR, dan mengisi AhaSlides (orientasi masalah)	10 menit
Membaca materi pencemaran udara, air, dan tanah	15 menit
Menonton video pencemaran tanah	10 menit
Diskusi kelompok mengidentifikasi penyebab, ciri, dan dampak pencemaran tanah	20 menit
Menjawab pertanyaan STEM-Connect pada E-LKPD	15 menit
Penguatan materi dan penarikan kesimpulan sementara	5 menit
Total	90 menit

Pencemaran dibagi menjadi 3 yaitu:**Pencemaran Air**

Air adalah sumber daya vital bagi semua makhluk hidup, namun sayangnya, aktivitas manusia sering kali mengancam keberadaannya. Ketika zat berbahaya seperti bahan kimia, limbah industri, dan sampah rumah tangga masuk ke dalam badan air, kondisi ini kita sebut pencemaran air. Dampak dari pencemaran ini sangat luas, mulai dari merusak ekosistem akuatik hingga membahayakan kesehatan manusia (Dewi & Putra, 2021). Polutan dapat masuk ke sungai, danau, dan laut melalui berbagai sumber, seperti limpasan pertanian yang membawa pestisida dan pupuk, serta pembuangan limbah domestik yang tidak terkelola dengan baik.

Pencemaran air memiliki keterkaitan yang erat dengan pencemaran tanah dan udara. Bahan kimia berbahaya yang mencemari tanah dapat meresap dan mengalir ke dalam sumber air tanah, sementara polutan udara seperti sulfur dioksida dan nitrogen dioksida dapat larut dalam air hujan dan jatuh ke perairan sebagai hujan asam. Fenomena ini tidak hanya menurunkan kualitas air, tetapi juga mengganggu keseimbangan pH yang vital bagi kehidupan akuatik. Keterkaitan ini menunjukkan bahwa permasalahan lingkungan merupakan sebuah sistem yang saling berhubungan, di mana polusi pada satu medium dapat memperparah kondisi pada medium lainnya (Kementerian Lingkungan Hidup, 2022).

Dampak dari pencemaran air sangatlah serius. Bagi manusia, mengonsumsi air yang tercemar dapat menyebabkan penyakit menular seperti diare dan kolera, serta paparan terhadap zat kimia beracun yang dapat memicu kanker dan masalah kesehatan jangka panjang lainnya (WHO, 2023). Bagi lingkungan, pencemaran air dapat menyebabkan kematian massal pada ikan dan organisme air lainnya, merusak terumbu karang, dan mengganggu rantai makanan. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan tindakan pencegahan yang holistik, mulai dari pengelolaan limbah yang lebih baik, regulasi industri yang lebih ketat, hingga edukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan sumber air. Memahami bahwa air adalah bagian tak terpisahkan dari ekosistem global akan mendorong kita untuk bertindak secara bertanggung jawab demi keberlanjutan.

Pencemaran Udara

Udara adalah lapisan gas yang menyelimuti Bumi dan sangat vital bagi kehidupan. Namun, aktivitas manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil, seringkali melepaskan zat-zat berbahaya ke atmosfer. Kondisi ini kita sebut pencemaran udara. Pencemaran udara terjadi ketika partikel-partikel kecil, gas beracun, dan zat kimia lainnya mencemari atmosfer hingga level yang membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem (Badan Perlindungan Lingkungan, 2020). Berbagai sumber pencemaran, mulai dari asap kendaraan hingga emisi industri, berkontribusi pada peningkatan konsentrasi polutan seperti karbon monoksida dan ozon di lapisan troposfer, yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem global.

Pencemaran Udara

Pencemaran udara dan pencemaran tanah memiliki hubungan yang saling terkait. Partikel-partikel polutan dari udara, seperti abu dan debu, dapat jatuh ke permukaan tanah. Selain itu, polutan gas seperti sulfur dioksida dan nitrogen dioksida dapat bereaksi dengan uap air di awan dan jatuh ke Bumi sebagai hujan asam (Utomo & Lestari, 2021). Hujan asam inilah yang secara langsung merusak tanah, menurunkan tingkat pH-nya (menjadi lebih asam), dan membunuh mikroorganisme yang penting untuk kesuburan tanah. Proses ini menunjukkan bahwa dampak polusi tidak terbatas pada satu medium lingkungan saja, melainkan menyebar dan mempengaruhi seluruh komponen ekosistem secara sinergis.

Dampak dari pencemaran udara sangatlah luas. Bagi manusia, polusi udara bisa menyebabkan masalah pernapasan, penyakit jantung, dan kanker (WHO, 2022). Sementara itu, bagi lingkungan, pencemaran udara dapat merusak tanaman, mencemari air, dan mempercepat perubahan iklim. Dengan memahami bahwa udara yang kita hirup, tanah yang kita pijak, dan air yang kita minum adalah satu kesatuan ekosistem, kita akan menyadari pentingnya menjaga lingkungan secara menyeluruh, bukan hanya fokus pada satu masalah saja. Keterkaitan antara polusi udara dan kesehatan ekosistem adalah bukti nyata bahwa tindakan pencegahan harus bersifat holistik dan melibatkan berbagai sektor untuk mencapai keberlanjutan lingkungan yang efektif

Pencemaran Tanah

Tanah adalah lapisan teratas kerak Bumi yang menjadi fondasi bagi kehidupan di darat. Namun, aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah industri dan penggunaan pestisida yang berlebihan, dapat merusak kualitasnya. Kondisi ini kita sebut pencemaran tanah. Pencemaran tanah terjadi ketika zat-zat berbahaya seperti bahan kimia, logam berat, dan limbah padat mencemari tanah hingga level yang mengganggu keseimbangan ekosistem dan membahayakan kesehatan manusia (Susanto, 2021). Polutan ini bisa masuk ke tanah melalui berbagai cara, termasuk tumpahan minyak dan rembesan dari tempat pembuangan sampah.

Pencemaran tanah memiliki hubungan yang erat dengan pencemaran air dan udara. Polutan dari tanah dapat meresap ke dalam air tanah, mencemari sumur dan sumber air minum. Selain itu, beberapa zat kimia yang menguap dari tanah yang tercemar dapat mencemari udara, menimbulkan bahaya pernapasan. Sebaliknya, seperti yang kita lihat pada pencemaran udara, hujan asam akibat polusi udara juga dapat merusak kualitas tanah. Hubungan timbal balik ini menunjukkan bahwa polusi lingkungan adalah masalah yang saling terhubung dan tidak bisa ditangani secara terpisah (Wibowo & Handayani, 2022).

Pencemaran Tanah

Dampak dari pencemaran tanah sangatlah serius dan meluas. Bagi manusia, konsumsi tanaman atau air yang tumbuh di tanah tercemar dapat menyebabkan keracunan, penyakit saraf, dan bahkan kanker (WHO, 2020). Sementara itu, bagi lingkungan, pencemaran tanah dapat membunuh mikroorganisme yang vital untuk kesuburan tanah, merusak akar tanaman, dan menyebabkan erosi. Dengan memahami bahwa tanah, air, dan udara adalah satu kesatuan ekosistem yang rapuh, kita akan menyadari pentingnya menjaga lingkungan secara menyeluruh, bukan hanya fokus pada satu masalah saja. Upaya pencegahan, seperti pengelolaan limbah yang lebih baik dan penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan, adalah kunci untuk melindungi planet kita.

Peranan Vegetasi

Vegetasi, atau tumbuhan, memegang peranan krusial dalam mengatasi pencemaran tanah melalui berbagai mekanisme alami. Salah satu peran utamanya adalah sebagai filter biologi. Akar tumbuhan dapat menyerap polutan dari tanah, mencegahnya menyebar ke lapisan tanah yang lebih dalam atau mencemari air tanah. Proses ini disebut fitoremediasi, di mana tumbuhan, dibantu oleh mikroorganisme di sekitar akarnya, mampu mendegradasi, menguapkan, atau menstabilkan zat-zat berbahaya seperti logam berat, pestisida, dan senyawa kimia organik dari tanah (Ali et al., 2021). Peran ini menjadikan vegetasi sebagai solusi yang efektif dan ramah lingkungan untuk restorasi lahan yang tercemar.

Selain menyerap polutan, vegetasi juga berperan dalam stabilisasi tanah dan mengurangi erosi. Sistem perakaran yang kuat dari tumbuhan, terutama tanaman penutup tanah dan pohon, mampu mengikat partikel-partikel tanah. Hal ini mencegah tanah terbawa oleh angin atau air hujan, sehingga mengurangi penyebaran polutan di permukaan. Lebih dari itu, vegetasi juga menciptakan lingkungan yang sehat bagi mikroorganisme tanah yang berperan dalam mengurai polutan. Dengan menyediakan habitat yang ideal, tumbuhan secara tidak langsung meningkatkan efektivitas mikroorganisme dalam membersihkan tanah (Pang et al., 2023).

Beberapa jenis tumbuhan bahkan memiliki kemampuan luar biasa untuk mengakumulasi polutan dalam jumlah besar di dalam jaringannya, sebuah proses yang dikenal sebagai fitoekstraksi. Tumbuhan seperti eceng gondok atau bunga matahari telah terbukti efektif dalam menyerap logam berat dari tanah yang tercemar (Zheng et al., 2022). Setelah tumbuhan ini tumbuh, mereka dapat dipanen dan dibuang dengan aman, sehingga polutan secara efektif dihilangkan dari lokasi yang tercemar. Kemampuan ini menunjukkan bahwa vegetasi bukan hanya sebagai penopang ekosistem, tetapi juga sebagai alat bantu yang strategis dalam upaya restorasi lingkungan (Khan et al., 2024).