E-LKM I

(LEMBAR KERJA MURID ELEKTRONIK)

BERBASIS PBL (*PROBLEM BASED LEARNING*) MATERI PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK DENGAN KONTEKS ECO-ENZYME UNTUK MENINGKATKAN KESADARAN LINGKUNGAN MURID



Disusun Oleh :

Neta Nurul Nurinsia (23030204028)

Dosen Pembimbing : Dr.H. Sunu Kuntjoro, S.Si.,M.Si

ILMU PENGETAHUAN ALAM KELAS X SMA/MA

LIVEWORKSHEETS

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Lembar Kerja Murid Elektronik (E-LKM) berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi Pengelolaan Limbah Organik dengan konteks *Eco-Enzyme* ini dapat diselesaikan dengan baik.

E-LKM ini disusun khusus bagi murid kelas X SMAN 13 Surabaya untuk menghubungkan konsep Biologi dengan permasalahan pengelolaan limbah organik yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, seperti sisa makanan, kulit buah, dan sisa sayuran di lingkungan sekolah maupun rumah. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan selama tiga pertemuan mengikuti lima sintaks PBL, mulai dari orientasi masalah, pengorganisasian belajar, penyelidikan melalui observasi lapangan dan telaah literatur *eco-enzyme*, pembuatan infografis serta penyajian hasil karya, hingga analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah.

Melalui rangkaian kegiatan penyelidikan tanpa praktikum laboratorium ini, murid diharapkan mampu mengidentifikasi masalah limbah organik secara objektif, menilai potensi serta keterbatasan *eco-enzyme* berdasarkan bukti ilmiah, dan menumbuhkan kesadaran untuk bertindak bertanggung jawab terhadap kelestarian lingkungan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing, Bapak/Ibu Guru Biologi SMAN 13 Surabaya, serta semua pihak yang telah membantu penyusunan E-LKM ini.

Surabaya, ... 2026

Penyusun,

Neta Nurul Nurinsia



LIVEWORKSHEETS

DAFTAR ISI

Kata Pengantar 2
Daftar Isi..... 3
Petunjuk Penggunaan E-LKM.....5
Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran.....6
Sintaks PBL dan Indikator Kesadaran Lingkungan.....7
Fitur E-LKM.....8
Tes Pengetahuan: Pre-Test.....9
Pertemuan 1: Orientasi Masalah dan Organisasi Belajar.....10
Pertemuan 2: Membimbing Penyelidikan (Observasi Sekolah & Telaah *Eco-Enzyme*).....14
Pertemuan 3: Pembuatan Infografis, Penyajian Hasil, Analisis, dan Evaluasi 20
Tes Pengetahuan: Post-Test.....23



LIVEWORKSHEETS

E-LKM I

(LEMBAR KERJA MURID ELEKTRONIK)

BERBASIS PBL (*PROBLEM BASED LEARNING*) MATERI PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK DENGAN KONTEKS ECO-ENZYME UNTUK MENINGKATKAN KESADARAN LINGKUNGAN MURID



Nama Anggota Kelompok :

Kelompok _____

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____

Disusun Oleh :

Neta Nurul Nurinsia (23030204028)

Dosen Pembimbing : Dr.H. Sunu Kuntjoro, S.Si.,M.Si

ILMU PENGETAHUAN ALAM KELAS X SMA/MA

LIVEWORKSHEETS

PETUNJUK PENGGUNAAN E-LKM

1. Berdoalah terlebih dahulu sebelum memulai kegiatan pembelajaran Biologi.
2. E-LKM ini digunakan selama 3 kali pertemuan pada materi Pengelolaan Limbah Organik dengan konteks *Eco-Enzyme*.
3. Bentuklah kelompok yang terdiri atas 5 hingga 6 orang, lalu tuliskan identitas lengkap seluruh anggota pada tabel di halaman awal.
4. Bacalah setiap uraian pada fitur Bio-INFO dan Bio-CASE secara cermat sebelum menjawab pertanyaan diskusi.
5. Kerjakan setiap kegiatan secara berurutan mengikuti tahapan *Problem Based Learning* (PBL).
6. Ketikkan atau tuliskan jawaban kelompok pada kotak putih yang tersedia di bawah setiap pertanyaan.
7. Pada kegiatan penyelidikan (Pertemuan 2), lakukan pengamatan kondisi sampah organik di lingkungan SMAN 13 Surabaya dengan izin guru, tanpa membongkar tempat sampah, dan tanpa menyentuh limbah secara langsung.
8. Gunakan buku Biologi kelas X serta sumber ilmiah tepercaya (artikel jurnal, publikasi pemerintah/DLH, atau berita kredibel) untuk memperkuat analisis kelompok.



LIVEWORKSHEETS

CAPAIAN PEMBELAJARAN DAN TUJUAN PEMBELAJARAN

A. Capaian Pembelajaran (Kurikulum Merdeka – Fase E)

Capaian Pembelajaran Biologi Kelas X (Fase E), Pada akhir Fase E murid mampu menerapkan pemahamannya tentang isu-isu lingkungan, khususnya perubahan lingkungan dan pengelolaan limbah organik, untuk merancang langkah nyata dalam pelestarian lingkungan di sekitarnya. Murid juga mampu melakukan penyelidikan ilmiah secara sistematis mulai dari mengamati dan mempertanyakan fenomena, merencanakan penyelidikan, mengumpulkan dan menganalisis data, hingga merumuskan simpulan dan solusi terhadap persoalan yang dihadapi (Kemendikbudristek, 2022).

B. Tujuan Pembelajaran

1. Mengidentifikasi permasalahan pengelolaan limbah organik di lingkungan sekolah dan sekitarnya melalui data, studi kasus, dan tayangan video, serta menganalisis faktor penyebab dan dampaknya.
2. Merumuskan masalah penyelidikan, menyusun dugaan sementara (hipotesis), dan membagi peran kerja kelompok secara efektif.
3. Melakukan penyelidikan melalui observasi kondisi limbah organik di lingkungan sekolah dan telaah literatur ilmiah mengenai potensi serta keterbatasan *eco-enzyme* sebagai salah satu alternatif pengelolaan limbah organik.
4. Mengembangkan dan menyajikan hasil penyelidikan dalam bentuk infografis digital serta menyusun komitmen perilaku ramah lingkungan.
5. Menganalisis keterkaitan temuan lapangan dengan konsep Biologi, menyusun simpulan, serta mengevaluasi kelayakan *eco-enzyme* dibandingkan alternatif pengelolaan limbah organik lainnya.



LIVEWORKSHEETS

SINTAKS PBL

1. Orientasi Murid Pada Masalah: Mengamati Data Timbulan Sampah, Studi Kasus Sisa Makanan Di Sekolah Surabaya, Serta Video; Mengidentifikasi Penyebab Dan Dampaknya.
2. Mengorganisasikan Murid Untuk Belajar: Memahami Konsep Dasar *Eco-Enzyme*, Merumuskan Masalah Penyelidikan, Membuat Dugaan Sementara, Dan Membagi Peran Kelompok.
3. Membimbing Penyelidikan: Mengamati Kondisi Sampah Organik Di Lingkungan SMAN 13 Surabaya Dan Menelaah Literatur Tentang Proses, Manfaat, Dan Keterbatasan *Eco-Enzyme*.
4. Mengembangkan Dan Menyajikan Hasil Karya: Merancang Infografis Hasil Penyelidikan, Mempresentasikannya Di Kelas, Dan Menyusun Tabel Komitmen Perilaku Ramah Lingkungan.
5. Menganalisis Dan Mengevaluasi Proses: Menganalisis Data Lapangan Dengan Konsep Biologi, Menarik Simpulan Uji Hipotesis, Dan Mengevaluasi Kelebihan/Kekurangan *Eco-Enzyme.*

INDIKATOR KESADARAN LINGKUNGAN

1. Pengetahuan / Kesadaran Masalah: Mengenali sumber limbah organik dan dampak penumpukannya bagi lingkungan.
2. Pengetahuan & Sikap Kepedulian: Menumbuhkan rasa ingin tahu dan tanggung jawab merencanakan solusi masalah limbah.
3. Pengetahuan & Sikap Kepedulian: Memahami prinsip pengurangan, pemilahan, serta menilai alternatif solusi berbasis bukti ilmiah.
4. Kecenderungan Perilaku Ramah Lingkungan: Merumuskan niat dan kesiapan bertindak mengurangi sisa makanan serta memilah sampah.
5. Integrasi Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku: Merefleksikan pilihan pengelolaan limbah organik yang paling bertanggung jawab.



LIVEWORKSHEETS

FITUR-FITUR DALAM E-LKM

BIO-ACTIVITY Memuat panduan kegiatan utama yang dilakukan murid sesuai tahapan sintaks *Problem Based Learning* (PBL) pada setiap pertemuan.

BIO-INFO Menyajikan uraian konsep Biologi, data faktual timbulan sampah, serta prinsip dasar fermentasi dan pemanfaatan *eco-enzyme*.

BIO-CASE Menyajikan studi kasus nyata dan kasus pembanding mengenai pengelolaan sisa makanan dan limbah organik di sekolah sebagai pemicu masalah.

BIO-THINK Memuat instruksi untuk merumuskan masalah penyelidikan dan menyusun dugaan sementara (hipotesis) berdasarkan fenomena yang diamati.

BIO-INVESTIGATE Menggantikan kegiatan praktikum laboratorium dengan penyelidikan lapangan (observasi kondisi sampah sekolah) dan telaah literatur ilmiah secara objektif.

BIO-ANAEVA Memuat perintah untuk menganalisis keterkaitan temuan dengan konsep Biologi, menyusun simpulan, dan mengevaluasi kelayakan solusi *eco-enzyme*.



LIVEWORKSHEETS

TES PENGETAHUAN: PRE-TEST

SCAN ME!

SEBELUM MASUK KE E-LKM
SCAN BARCODE DI ATAS DAN
KERJAKAN SOAL PRE-TEST YAA!



LIVEWORKSHEETS



KEGIATAN 1 ORIENTASI MASALAH

BIO-ACTIVITY SINTAKS 1 : ORIENTASI MURID PADA MASALAH

Pada kegiatan ini, kalian akan mengamati data timbulan sampah nasional dan Kota Surabaya, membaca studi kasus sisa makanan di sekolah, serta menyimak tayangan video. Identifikasilah aktivitas manusia yang memicu timbulan sampah organik serta dampaknya!

BIO-INFO: FAKTA TIMBULAN SAMPAH DAN PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK

Sampah yang dihasilkan dari aktivitas sehari-hari terdiri atas limbah organik dan anorganik. Limbah organik merupakan sisa bahan yang berasal dari makhluk hidup atau pengolahan bahan hayati dan dapat mengalami penguraian biologis, seperti sisa makanan, kulit buah, sisa sayuran, dan dedaunan (Fariz *et al.,* 2025). Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) dalam Surat Edaran Menteri Lingkungan Hidup/Kepala BPLH Nomor 1 Tahun 2025, timbulan sampah nasional tahun 2023 mencapai 56,63 juta ton per tahun, dengan 39,01% telah dikelola dan 60,99% belum terkelola (Kementerian LH/BPLH, 2025). Di Kota Surabaya, timbulan sampah diperkirakan mencapai sekitar 1.800 ton per hari (Pemerintah Kota Surabaya, 2026).

Apabila limbah organik menumpuk tanpa pemilahan dan penanganan yang memadai, proses pembusukan akan menimbulkan bau tidak sedap, menghasilkan cairan lindi yang berpotensi mencemari tanah dan air, menarik vektor penyakit, serta melepaskan gas metana (CH_4) pada kondisi penguraian anaerob yang berkontribusi terhadap perubahan iklim (Siddiqua *et al.,* 2022; Pasalari *et al.*, 2024). Oleh karena itu, pengelolaan limbah organik harus dimulai dari pencegahan timbulan dan pemilahan sejak dari sumbernya.



LIVEWORKSHEETS

BIO-CASE: STUDI KASUS: TIMBULAN SISA MAKANAN SEKOLAH DAN LIMBAH ORGANIK RUMAH TANGGA

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) yang diujicobakan di sejumlah sekolah di Surabaya sejak Januari 2025 turut memunculkan tantangan lingkungan baru berupa meningkatnya volume sisa makanan di sekolah. Kepala Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Surabaya menekankan bahwa sisa makanan dan limbah organik dari aktivitas harian harus dipilah sejak dari sumbernya agar tidak langsung dibuang ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dan memperberat beban sampah kota yang mencapai sekitar 1.800 ton per hari (Elaine, 2025; Pemerintah Kota Surabaya, 2026).

Laporan Project Multatuli (2026) dari salah satu SMP negeri di Surabaya mencatat bahwa sisa makanan dari sekitar 1.180 murid setiap hari cukup melimpah. Pihak sekolah berupaya memilah sisa makanan tersebut berdasarkan jenisnya: sisa nasi dan lauk dimanfaatkan sebagai pakan maggot serta unggas, sedangkan sisa buah segar dilarutkan bersama molase untuk difermentasi menjadi eco-enzyme. Namun, pada kenyataannya baru sebagian kecil sekolah maupun rumah tangga yang melakukan pemilahan dan pengolahan limbah organik secara konsisten. Di banyak sekolah, sisa makanan, kulit buah, dan dedaunan masih dibuang bercampur dengan kemasan plastik ke dalam satu tempat sampah yang sama sehingga membusuk lebih cepat, mengundang lalat, dan menimbulkan bau menyengat. Bagaimana kondisi pemilahan dan pengelolaan sampah organik di lingkungan SMAN 13 Surabaya saat ini?



LIVEWORKSHEETS

SIMAKLAH VIDEO BERIKUT!

Scan untuk membuka

Tautan Video:
https://www.youtube.com/watch?v=apXr38BqpGw

Panduan Mengamati Video:

1. Perhatikan jenis sampah organik apa saja yang dihasilkan dari aktivitas makan di sekolah.
2. Amati kendala pemilahan sampah yang sering terjadi di lingkungan sekolah.
3. Catat langkah-langkah yang dilakukan warga sekolah untuk meminimalkan sampah organik.

1. Berdasarkan Bio-INFO, Bio-CASE, dan video yang telah kalian amati, identifikasilah aktivitas manusia yang menyebabkan sisa makanan dan sampah organik menumpuk di lingkungan sekolah maupun rumah tangga!

2. Analisislah dampak negatif sampah organik yang tidak dikelola dengan baik ditinjau dari aspek lingkungan, kesehatan, dan sosial ekonomi!



LIVEWORKSHEETS

3. Mengapa limbah organik yang sebenarnya dapat terurai secara alami tetap menimbulkan pencemaran air tanah (lindi) dan emisi gas rumah kaca (metana) apabila dibiarkan menumpuk bersama sampah anorganik di TPA?

4. Bandingkan upaya pemilahan dan pengolahan sisa makanan yang diceritakan pada Bio CASE dengan kebiasaan pengelolaan sampah yang kalian temui sehari-hari di sekolah! Apa kendala utama yang membuat pemilahan sampah dari sumbernya sulit diterapkan?

5. Menurut kelompok kalian, mengapa langkah pencegahan (menghabiskan makanan) dan pemilahan awal harus didahulukan sebelum menerapkan teknologi pengolahan sampah seperti kompos atau eco-enzyme?



LIVEWORKSHEETS



KEGIATAN 2: ORGANISASI BELAJAR

BIO-ACTIVITY SINTAKS 2: MENGORGANISASIKAN MURID UNTUK BELAJAR

Pelajari konsep dasar *eco-enzyme* pada Bio-INFO di bawah ini. Selanjutnya, rumuskan masalah penyelidikan, susun dugaan sementara, dan bagilah tugas anggota kelompok untuk kegiatan penyelidikan pada Pertemuan 2

BIO-INFO: MENGENAL *ECO-ENZYME* SEBAGAI ALTERNATIF PEMANFAATAN LIMBAH ORGANIK

Salah satu alternatif pemanfaatan limbah organik berupa sisa buah dan sayuran segar adalah fermentasi menjadi *eco-enzyme* (*garbage enzyme*). *Eco-enzyme* merupakan cairan hasil fermentasi bahan organik (terutama kulit buah dan sisa sayuran), sumber gula (seperti molase atau gula merah), dan air dengan bantuan mikroorganisme selama kurang lebih 3 bulan atau 90 hari (Gumilar *et al.,* 2023; Sadh *et al.,* 2018).

Formulasi perbandingan berat yang sering dirujuk dalam literatur adalah 1 : 3 : 10 untuk gula, bahan organik, dan air (atau 3 : 1 : 10 untuk bahan organik, gula, dan air). Namun, perbandingan tersebut merupakan formulasi acuan dari sumber tertentu, bukan standar mutlak karena jenis bahan baku dan kondisi wadah memengaruhi karakteristik produk akhir (Gumilar *et al.,* 2023).

Penting dipahami secara ilmiah: *Eco-enzyme* memiliki potensi pemanfaatan dalam proses lingkungan (seperti membantu pengomposan atau pengolahan air limbah/lindi), tetapi efektivitasnya bergantung pada bahan, proses pembuatan, dan parameter pengujian. Parameter fisik seperti warna, aroma asam, atau nilai pH saja belum cukup untuk membuktikan klaim sebagai disinfektan atau pembersih serbaguna tanpa uji laboratorium (Pasalari *et al.,* 2024). Selain itu, tidak semua sampah organik cocok dijadikan *eco-enzyme* (sisa nasi berminyak, daging, atau tulang tidak dapat digunakan). Oleh karena itu, *eco-enzyme* diposisikan sebagai salah satu alternatif yang perlu dikaji kesesuaiannya, bukan satu-satunya solusi bagi seluruh sampah organik.



LIVEWORKSHEETS

BIO-THINK: MERUMUSKAN MASALAH DAN DUGAAN SEMENTARA

1. Buatlah rumusan masalah penyelidikan kelompok kalian untuk Pertemuan 2!

2. Buatlah dugaan sementara (hipotesis awal) atas rumusan masalah tersebut!

3. Tuliskan pembagian peran dan tugas anggota kelompok kalian untuk persiapan penyelidikan pada Pertemuan 2!

Peran dalam Kelompok	Nama Anggota	Tugas Penyelidikan
Koordinator Kelompok		Memimpin diskusi, memantau waktu, dan memastikan seluruh tahapan berjalan sesuai rencana.
Observer Lapangan 1		Mengamati jenis dan perkiraan kondisi sampah organik di area kantin/tempat makan sekolah.
Observer Lapangan 2		Mengamati kondisi sampah organik di area depan kelas/taman sekolah dan mengambil dokumentasi foto.
Penelaah Literatur 1		Mencari dan mencatat sumber ilmiah mengenai bahan baku, perbandingan, dan fermentasi eco enzyme.
Penelaah Literatur 2		Mencari dan mencatat sumber ilmiah mengenai potensi manfaat serta keterbatasan eco-enzyme.
Notulis & Desainer Infografis		Mencatat seluruh hasil penyelidikan dan mengoordinasikan penyusunan infografis pada Pertemuan 3.

LIVEWORKSHEETS