MODUL Eco-Enzyme dari Limbah Organik

- **Tema** : Kimia Hijau
- **Sasaran** : Fase E / F (SMA Kelas X - XII)
- **Alokasi Waktu** : ± 30 - 40 Jam Pelajaran (JP)
  — Catatan: Proses fermentasi membutuhkan waktu 3 bulan, namun tatap muka intensif dilakukan di awal dan akhir projek.
- **Prinsip Kimia Hijau Terkait:**
  - **Prinsip Kimia Hijau: Mencegah Limbah** dan **Mendesain Bahan Kimia yang Lebih Aman** .
  - **Aktivitas Siswa:** Siswa memanfaatkan kulit buah (terutama jeruk, lemon, nenas, atau apel) yang dicampur dengan gula merah/molase dan air dengan rumus perbandingan **1 (gula) : 3 (kulit buah) : 10 (air)**. Campuran ini difermentasi di dalam botol tertutup selama 3 bulan.
  - **Output:** Cairan *eco-enzyme* yang berfungsi sebagai pembersih lantai, sabun cuci piring alami, hingga pupuk cair organik tanpa kandungan bahan kimia sintetis berbahaya.
-

🎯 Target Capaian & Tujuan

1. **Dimensi Beriman & Bertakwa kepada Tuhan YME:** Memupuk rasa tanggung jawab siswa untuk menjaga bumi dari gas metana akibat penumpukan sampah organik.
2. **Dimensi Kreatif:** Memodifikasi dan menghasilkan sesuatu yang orisinal dari bahan sisa/limbah menjadi produk berdaya guna.

⏳ Cara kerja

- **Tahap Pengenalan (8 JP):**
  Edukasi tentang krisis sampah organik dan dampaknya (efek rumah kaca). Mengenalkan apa itu Eco-Enzyme sebagai larutan multifungsi.
- **Tahap Kontekstualisasi (8 JP):**
  Mempelajari biokimia fermentasi anaerob yang menghasilkan gas \(O_{3}\) (Ozon), asam asetat, dan alkohol alami. Menghitung formula rasio resep.
- **Tahap Aksi (16 JP):**
  Pengumpulan kulit buah/sayur segar dari kantin/rumah. Pembuatan Eco-Enzyme secara berkelompok dan penataan area penyimpanan wadah (inkubasi).
- **Tahap Tindak Lanjut (6 JP):**
  Pemanenan setelah 3 bulan, penyaringan, pengemasan, dan aplikasi pemanfaatan (sebagai karbol lantai kantin atau pupuk cair sekolah).

LIVEWORKSHEETS

📐 Tabel Kalkulator Resep Eco-Enzyme Presisi (Rasio 1 : 3 : 10)

Formula anti-gagal Eco-Enzyme menggunakan rasio baku **1 Bagian Gula : 3 Bagian Bahan Organik (BO) : 10 Bagian Air**.

Komponen Bahan	Rasio	Resep Wadah Kecil (Botol 1,5 L)	Resep Wadah Sedang (Toples 5 L)	Resep Wadah Besar (Ember 20 L)
Air Bersih	**10**	1.000 gram (1 Liter)	3.000 gram (3 Liter)	10.000 gram (10 Liter)
Bahan Organik (BO)	**3**	300 gram	900 gram	3.000 gram (3 kg)
Gula Merah / Molase	**1**	100 gram	300 gram	1.000 gram (1 kg)
Kapasitas Wadah Ideal	-	*Minimal 1,5 Liter*	*Minimal 4,5 - 5 Liter*	*Minimal 15 - 20 Liter*

Catatan : Gunakan kulit buah (jeruk, apel, mangga, nanas) atau sayuran yang **segar, belum busuk, tidak berjamur, dan tidak dimasak**. Minimal gunakan 3 jenis kulit buah yang berbeda agar menghasilkan aroma segar dan kandungan enzim yang kaya. Jangan gunakan gula pasir putih.

📝 LEMBAR KERJA SISWA (LKS): PEMBUATAN ECO-ENZYME

Nama Kelompok: _____
Anggota Kelompok:

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

📊 TABEL 1: Perencanaan Resep Kelompok

Petunjuk: Tentukan ukuran wadah kelompok Anda, lalu hitung kebutuhan bahan menggunakan asas rasio 1 : 3 : 10.

- Volume total wadah kelompok kami: _____ mL / Liter.
- Volume air yang digunakan (maksimal \(60\%\) dari volume wadah): _____ mL.

Nama Bahan Baku	Massa yang Ditimbang (Gram)	Detail Jenis Bahan yang Digunakan (Contoh: Kulit jeruk, kulit nanas, sawi)
Air Bersih		
Gula Merah / Molase		
Bahan Organik (BO)		

LIVEWORKSHEETS

📊 TABEL 2: Jurnal Pemantauan Proses Fermentasi (Selama 3 Bulan)

Petunjuk: Lakukan pengamatan secara berkala pada wadah Eco-Enzyme kelompok Anda.

Waktu Pengamatan	Kondisi Gas (Banyak/Sedikit)*	Warna Larutan	Aroma Wadah	Keberadaan Jamur (Ada/Tidak & Warna Jamur)
Minggu ke-1				
Minggu ke-2				
Bulan ke-1				
Bulan ke-2				
Bulan ke-3 (Panen)				

**Catatan K3: Pada minggu ke-1 dan ke-2, buka tutup wadah sedikit secara berkala (2 hari sekali) untuk membuang gas karbon dioksida (\(CO_{2}\)) agar wadah tidak menggembung atau meledak.*

📊 TABEL 3: Uji Hasil Kualitas Panen (Bulan ke-3)

Eco-Enzyme dikatakan berhasil/sukses dipanen jika memenuhi kriteria berikut:

Parameter Uji	Hasil Pengamatan Kelompok	Standar Keberhasilan	Kesimpulan (Berhasil/Gagal)
Tingkat pH	**pH: _____**	Di bawah 4,0 (Asam)	
Aroma		Aroma asam segar khas fermentasi (bukan bau busuk/got)	
Lapisan Atas		Tidak ada jamur hitam (Jamur putih halus/*pith* diperbolehkan)	

🧠 Pertanyaan Analisis & Diskusi (Bernalar Kritis)

1. Selama minggu-minggu pertama fermentasi, terbentuk gas yang sangat banyak di dalam wadah. Tuliskan reaksi kimia atau zat gas apa yang terbentuk dari proses fermentasi gula tersebut!
2. Jika hasil akhir Eco-Enzyme kelompok Anda berbau busuk seperti got dan memiliki pH di atas 5, kesalahan apa yang kemungkinan terjadi saat proses pembuatan? Bagaimana cara memperbaikinya menurut literatur?
3. Sebutkan minimal 3 aplikasi nyata pemanfaatan produk cairan Eco-Enzyme ini untuk mendukung kebersihan lingkungan sekolah Anda!

LIVEWORKSHEETS