



Kurikulum
Merdeka

**MERDEKA
BELAJAR**

Merdeka
Mengajar

LKPD



ENERGI TERBARUKAN

= FISIKA SMA/SMK =

FASEE



RATNA YUNINGSIH 🔍

LIVEWORKSHEETS



Lembar Kerja Peserta Didik

ENERGI TERBARUKAN

FASE E



Kelompok :

NAMA ANGGOTA :

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)



Satuan Pendidikan	: SMKS TUNAS WIYATA
Mata Pelajaran	: Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)
Kelas/Semester	: X/Ganjil
Tahun	: 2025/2026
Materi Pembelajaran	: Energi Terbarukan
Alokasi Waktu	: 5 minggu

Capaian Pembelajaran :

Peserta didik diharapkan dapat memahami pengetahuan ilmiah dan menerapkannya; atau membuat prediksi sederhana disertai dengan pembuktiannya. Peserta didik menjelaskan fenomena-fenomena yang terjadi di lingkungan sekitarnya dilihat dari berbagai aspek seperti energi dan perubahannya; serta perilaku ekonomi dan kesejahteraan. Peserta didik juga mengaitkan fenomena-fenomena tersebut dengan keterampilan teknis pada bidang keahliannya.

Tujuan Pembelajaran :

Peserta didik diharapkan mampu menganalisis dan menjelaskan konsep ilmiah terkait fenomena di lingkungan sekitar, membuat prediksi sederhana beserta pembuktiannya, serta mengaitkan fenomena tersebut dengan aspek energi, perilaku ekonomi, dan keterampilan teknis sesuai bidang keahliannya.

Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

1. Mengidentifikasi sedikitnya tiga permasalahan yang muncul dari wacana yang diberikan.
2. Menuliskan informasi awal yang terdapat dalam wacana sebagai dasar analisis.
3. Menentukan informasi tambahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah yang terdapat pada wacana.
4. Mengumpulkan informasi relevan dari sumber-sumber yang kredibel untuk menemukan solusi pengolahan sampah organik.
5. Merumuskan masalah yang akan menjadi acuan dalam pelaksanaan proyek pengolahan sampah organik.
6. Menentukan tujuan yang jelas dari proyek pengolahan sampah organik yang akan dilaksanakan.

7. Menetapkan variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol dalam rancangan proyek pengolahan sampah organik.
8. Menyusun prosedur pelaksanaan proyek pengolahan sampah organik berdasarkan informasi yang telah diperoleh.
9. Menyusun daftar alat dan bahan yang diperlukan untuk melaksanakan proyek pengolahan sampah organik.
10. Membuat rancangan desain/diagram alir produk beserta fungsi dan kegunaan setiap komponen produk olahan sampah organik.
11. Menyusun jadwal pelaksanaan proyek dengan menjelaskan waktu, tempat, serta jenis kegiatan yang dilakukan.
12. Menyusun pembagian tugas dalam kelompok dengan deskripsi tanggung jawab masing-masing anggota.
13. Menggunakan alat dan bahan sesuai dengan prosedur yang telah disusun dalam pelaksanaan proyek.
14. Menuliskan hasil uji coba produk secara berkala
15. Mengidentifikasi kendala yang muncul selama proses pelaksanaan proyek pengolahan sampah organik.
16. Memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan keterbatasan atau hambatan yang ditemukan dalam proyek.
17. Mendokumentasikan seluruh rangkaian kegiatan proyek pengolahan sampah organik.
18. Menyusun laporan proyek secara sistematis berdasarkan kegiatan yang telah dilaksanakan.
19. Menganalisis biaya produksi dari proyek pengolahan sampah organik, meliputi kebutuhan alat, bahan, serta tenaga kerja.
20. Menentukan harga jual produk olahan sampah organik berdasarkan perhitungan biaya produksi dan keuntungan yang diharapkan.
21. Mengidentifikasi potensi pasar dan peluang usaha dari produk olahan sampah organik.
22. Menyusun strategi pemasaran sederhana untuk memperkenalkan produk hasil pengolahan sampah organik.
23. Mengevaluasi keberlanjutan proyek dari sisi ekonomi, termasuk perbandingan biaya, manfaat, serta dampaknya terhadap lingkungan.

Petunjuk Belajar

1. Bacalah doa sebelum mengerjakan.
2. Setiap siswa harus menggunakan *e-LKPD* ini dengan teliti.
3. Diskusikan setiap pertanyaan dan permasalahan yang ada dalam *e-LKPD* ini dengan teman kelompok.
4. Jika ada pertanyaan atau hal yang tidak dimengerti, mintalah bantuan guru untuk menjelaskannya.
5. Ikuti setiap langkah dalam *e-LKPD* secara bertanggung jawab dan tepat waktu.

Petunjuk Penggunaan *e-LKPD*

1. Isilah identitas kelompok dan nama anggota pada kolom yang disediakan.
2. Baca dan pahami pertanyaan dan perintah yang ada dalam *e-LKPD*.
3. Diskusikan setiap pertanyaan perencanaan, dan pengerjaan proyek yang ada dalam *e-LKPD* dengan teman kelompok, lalu ketikkan jawabannya pada kolom yang disediakan.
4. Tugas dikerjakan secara bertahap sesuai arahan guru dan batas waktu yang tercantum.
- 5.. Setiap kelompok akan mempresentasikan hasil proyek yang dikerjakan di depan kelas.

REFLECTION

(Kegiatan tatap muka, waktu pengerjaan: 120 menit)

Simaklah wacana permasalahan sampah organik pada aktivitas A sampai D berikut.

A. Simak wacana masalah sampah organik berikut.



Sumber gambar : google

Di Indonesia, industri kelapa sawit menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah sangat besar, dan salah satu jenis limbah utama adalah TKKS (tandan kosong kelapa sawit). Setiap pabrik pengolahan sawit menghasilkan antara **28–35 ton TKKS** untuk setiap kapasitas pengolahan 30 ton CPO, yang menunjukkan jumlah limbah yang signifikan setiap harinya (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2024) [Kemenperin BBS](#). Limbah TKKS ini sering dibiarkan menumpuk atau dibakar secara terbuka, yang berpotensi mencemari lingkungan, menimbulkan bau tidak sedap, serta melepaskan gas rumah kaca selama proses pembusukan anaerob.

Meskipun demikian, TKKS memiliki potensi besar sebagai bahan baku untuk produk bernilai tambah. Penelitian “Studi Kualitas Briket dari Tandan Kosong Kelapa Sawit” menunjukkan bahwa briket TKKS dengan kadar perekat 60 % menghasilkan nilai kalor tertinggi (sekitar 5914,81 kal/g), meskipun kadar abu yang dihasilkan masih lebih tinggi dari standar SNI 01-6235-2000 (12,36 %) [Jurnal UII](#). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa walau nilai kalor briket TKKS cukup menjanjikan, aspek mutu seperti kadar abu dan volatile matter masih perlu optimalisasi agar memenuhi standar nasional.

Selain itu, penelitian tentang pemanfaatan arang TKKS sebagai bahan bakar briket juga menemukan bahwa TKKS sebagai biomassa memiliki kandungan selulosa tinggi yang mendukung potensinya sebagai energi alternatif (Nur Amalia et al., 2020) [Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta](#). Bahkan pemerintah pun mulai mendorong pemanfaatan TKKS tidak hanya menjadi briket, tetapi juga sebagai bahan baku bioetanol—sebagai bagian dari strategi energi hijau nasional (Kemenperin, 2025) [InfoSAWIT](#). Inovasi riset juga semakin berkembang; misalnya institusi riset nasional (BRIN) mengembangkan material berbasis karbon dari TKKS untuk aplikasi perangkat penyimpan energi (superkapasitor) guna mendukung transisi energi bersih (Rike Yudianti, 2025) [Haisawit](#).

Secara keseluruhan, limbah TKKS di Indonesia adalah sumber yang sangat melimpah dan berpotensi menjadi bahan bakar padat (briket), bahan baku bioetanol, maupun komponen material karbon canggih. Namun, tantangan teknis seperti pengeringan, mutu abu, volatile matter, dan regulasi mutu untuk menjadikan produk TKKS layak pakai harus diatasi agar potensi ini benar-benar dapat diimplementasikan secara skala industri dan memberi manfaat lingkungan serta ekonomi yang nyata di masyarakat.

B. Simak video berikut dengan saksama!

<https://youtu.be/tKBLIOMywHY?si=ZU4wRfILUKLG7QQU>

C. Untuk melengkapi pengalaman kalian, kunjungi dan observasi kebun sawit terdekat dari sekolah selama 40 menit. Catat dan dokumentasikan selama kunjungan.

Jawablah pertanyaan berikut berdasarkan wacana:

1. Apa dampak lingkungan jika TKKS tidak dikelola dan hanya ditumpuk di kebun?
2. Mengapa TKKS dapat dijadikan bahan pembuatan briket?
3. Bagaimana peluang usaha briket TKKS dibandingkan dengan briket arang kayu?

Kolom Jawaban:

- Buat laporan kelompok (pendahuluan, tujuan, metode, hasil, kesimpulan).
- Presentasikan produk briket TKKS di kelas.
- Refleksi: manfaat sosial, lingkungan, dan ekonomi dari proyek.

Kolom Jawaban: ...

Tuliskanlah minimal 3 informasi yang dapat dikemukakan dari wacana tentang limbah tkks di atas.

Tuliskanlah informasi yang perlu kalian cari untuk menyelesaikan masalah sampah tkks yang ada dalam wacana teks, video, dan observasi di atas.

RESEARCH

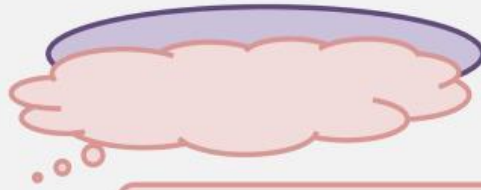
Lakukan pengumpulan informasi tentang TKKS dan briket dari berbagai sumber (artikel, internet, wawancara).

Tuliskan hasil pencarian informasi pada tabel berikut:

Informasi Awal dari Wacana	Informasi Tambahan yang Dibutuhkan	Sumber Informasi

Konsultasikanlah hasil pekerjaan telah kalian kerjakan kepada guru, lalu perbaiki hasil pekerjaan kalian sesuai dengan masukan dari guru.

(Kegiatan tatap muka, waktu pengerjaan: 3 hari)



Judul Proyek:

Tanggal Periode Proyek:

Rumusan Masalah:

Tujuan Proyek:

Tuliskanlah variabel-variabel penelitian yang akan kalian lakukan!

Variabel bebas:

Variabel kontrol:

Variabel terikat:

Prosedur/urutan langkah-langkah proyek pengolahan limbah tandan kosong kelapa sawit yang akan dilakukan:

Tuliskan rincian Alat dan Bahan yang akan digunakan beserta fungsinya:

No	Alat / Bahan	Fungsi

Buat Desain atau Diagram Alir Proyek Pengolahan limbah tandan kosong kelapa sawit sesuai minat kelompok kalian kemudian diunggah pada link di bawah ini:

<https://drive.google.com/drive/folders/16jPVpi42nSsje8YLOYHuzTLMzt5OsaeT?usp=sharing>

DISCOVERY

Diskusikanlah rencana proyek pengolahan limbah tandan kosong kelapa sawit berdasar temuan permasalahan pada aktivitas A sampai C bersama anggota kelompok dengan menggunakan informasi yang telah dikumpulkan, dengan format rencana proyek sebagai berikut. (Waktu Pengerjaan : 1 minggu)

Jadwal Proyek

“Tuliskanlah waktu pelaksanaan kapan dimulai dan kapan selesai baik kegiatan proyek harian maupun mingguan beserta penanggung jawabnya.” **(Waktu pengerjaan proyek: 2 minggu).**

No	Waktu Pelaksanaan	Tempat Pelaksanaan	Kegiatan	Penanggung Jawab

Selanjutnya konsultasikan rencana proyek yang telah kalian buat kepada guru. Setelah mengonsultasikan rencana proyek, selanjutnya perbaiki rencana proyek kalian sesuai dengan saran/masukan dari guru dan kemudian konsultasikan kembali kepada guru.

Pembagian Tugas

“Tuliskanlah pembagian tugas dalam kelompok proyek pengolahan sampah limbah tandan kosong kelapa sawit disertai deskripsi tugas setiap individu.”

No	Nama Anggota	Tugas	Deskripsi Tugas

APPLICATION

Kegiatan yang dilakukan:

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Lakukan tahapan proyek berdasar hasil rancangan proyek yang telah kalian buat.
3. Dokumentasikan setiap tahapan yang kalian lakukan.
4. Catat setiap perlakuan atau perubahan yang terjadi pada proyek produk olahan limbah tandan kosong kelapa sawit secara berkala.
5. Tuliskan kendala-kendala yang ditemukan selama uji coba, kemudian laporkan ke guru.
6. Konsultasikan pelaksanaan proyek kalian kepada guru.

Tuliskan hasil uji coba pada produk kalian secara berkala sesuai dengan tabel di bawah ini.

Parameter yang di uji	Hasil Pengamatan	Catatan/Analisis
Kerapatan dan kekerasan		
Lama waktu menyala		
Kestabilan nyala api		
Asap dan bau		
Efisiensi panas		

Pertanyaan Analisis:

1. Bagaimana kualitas briket TKKS yang kelompokmu hasilkan dibandingkan dengan briket kayu atau arang?
2. Apakah briket TKKS sudah layak digunakan sebagai energi alternatif?
3. Apa yang bisa diperbaiki agar kualitas briket TKKS meningkat?

Tuliskan kendala-kendala yang kalian hadapi selama mengerjakan proyek.

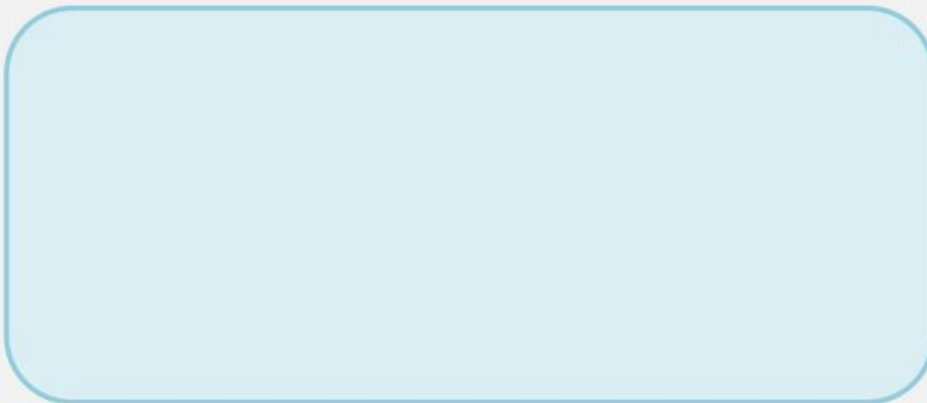
No	Waktu Pelaksanaan	Kegiatan	Kendala

COMMUNICATION

Sematkan link video dokumentasi kalian selama mengerjakan proyek pengolahan sampah limbah tandan kosong kelapa sawit pada kolom ini:



Berikan saran untuk perbaikan berdasarkan keterbatasan/kendala dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek dalam kolom berikut!



Setelah kegiatan proyek selesai, komunikasikanlah hasil proyek kelompokmu ke teman sekelas dan guru dengan media yang kalian minati, serta buatlah laporan sesuai dengan ketentuan yang sistematis.

Tuliskan perhitungan biaya produksi proyek pengolahan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), meliputi kebutuhan alat, bahan, dan tenaga kerja. Sajikan dalam bentuk tabel rincian biaya.

No	Komponen Biaya	Rincian/Deskripsi	Jumlah/Volume	Harga Satuan (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Alat				
2	Bahan				
3	Tenaga Kerja				
	Total				

Hitung harga jual produk olahan TKKS berdasarkan total biaya produksi yang sudah dianalisis, ditambah keuntungan yang wajar. Tuliskan rumus sederhana yang digunakan !

Jelaskan siapa saja target konsumen dari produk olahan TKKS, potensi pasarnya, serta peluang usaha yang mungkin dikembangkan!

Buatlah strategi pemasaran sederhana untuk memperkenalkan produk olahan TKKS (misalnya melalui media sosial, pameran sekolah, atau penjualan langsung). Kumpulkan dokumentasi dilink dibawah ini!

LINK