



E-LKPD

(Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik)

ENERGI TERBARUKAN

Manfaat Limbah Kelapa Sawit sebagai Energi Alternatif Ramah Lingkungan



Untuk
SMA/MA

Kelas X
FASE E

Oleh: *Nidia Andika*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-LKPD) berbasis STEM pada materi energi terbarukan ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. E-LKPD ini dirancang sebagai salah satu sumber belajar yang bertujuan untuk membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep fisika secara kontekstual, khususnya pada pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif berupa briket yang ramah lingkungan.

E-LKPD ini disusun untuk memenuhi kebutuhan akan bahan ajar yang mampu mengintegrasikan aspek sains, teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM), serta menumbuhkan literasi energi dan kepedulian terhadap isu lingkungan. Melalui kegiatan pembelajaran, peserta didik diharapkan tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan permasalahan nyata di lingkungan sekitar.

Penyusunan E-LKPD ini tidak terlepas dari berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang membangun demi penyempurnaan E-LKPD ini di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga E-LKPD ini dapat memberikan manfaat bagi peserta didik, guru, serta pihak lain yang terlibat dalam mendukung tercapainya tujuan pembelajaran.

Indralaya, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Capaian Pembelajaran	iii
Tujuan Pembelajaran	iii
Profil Pelajar Pancasila	iv
Petunjuk Penggunaan	v
Identitas Kelompok	vi
Materi	1
Aktivitas STEM	4
Science - Ayo Mengamati	4
Science - Ayo Mengumpulkan Informasi	7
Technology - Ayo Bereksperimen	9
Engineering - Ayo Bereksperimen	9
Mathematics - Ayo Menghitung	13
Evaluasi	20
Daftar Pustaka	23

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan untuk responsif terhadap isu-isu global dan berperan aktif dalam memberikan penyelesaian masalah. Kemampuan tersebut antara lain mengamati, mempertanyakan dan memprediksi, merencanakan dan melakukan penyelidikan, memproses dan menganalisis data dan informasi, mengevaluasi dan refleksi, mengkomunikasikan hasil dalam bentuk proyek sederhana atau simulasi visual menggunakan aplikasi teknologi yang tersedia terkait dengan energi alternatif, pemanasan global, pencemaran lingkungan, nano teknologi, bioteknologi, kimia dalam kehidupan sehari-hari, pemanfaatan limbah dan bahan alam, pandemi akibat infeksi virus. Semua upaya tersebut diarahkan pada pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*). Melalui pengembangan sejumlah pengetahuan tersebut dibangun pula berakhlak mulia dan sikap ilmiah seperti jujur, obyektif, bernalar kritis, kreatif, mandiri, inovatif, bergotong royong dan berkebhinekaan global.

TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Melalui kegiatan diskusi, peserta didik mampu menganalisis permasalahan lingkungan akibat penumpukan limbah kelapa sawit serta dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan dengan tepat.
2. Peserta didik mampu mengidentifikasi potensi limbah kelapa sawit sebagai sumber energi biomassa yang ramah lingkungan dengan benar.
3. Melalui kegiatan praktikum, peserta didik mampu merancang percobaan pembuatan briket dari limbah kelapa sawit sebagai bentuk penerapan energi terbarukan dengan prosedur yang benar.
4. Berdasarkan hasil percobaan, peserta didik mampu menganalisis kualitas briket dan membandingkannya dengan standar (SNI) dengan tepat.
5. Setelah pembelajaran, peserta didik mampu menunjukkan sikap peduli dan bertanggung jawab dalam penggunaan energi alternatif secara konsisten.

PROFIL PELAJAR PANCASILA

1 Beriman, Bertakwa Kepada Tuhan Yang Maha Esa, dan Berakhlak Mulia

Menunjukkan sikap bersyukur atas sumber daya alam yang dimiliki serta menjaga lingkungan sebagai bentuk tanggung jawab moral dalam pemanfaatan energi terbarukan.

2 Berkebinekaan Global

Menghargai perbedaan pendapat dalam diskusi kelompok serta terbuka terhadap berbagai solusi dalam pengembangan energi alternatif.

3 Gotong Royong

Bekerja sama secara aktif dalam kelompok, berbagi tugas, dan saling membantu dalam menyelesaikan kegiatan pembelajaran.

4 Mandiri

Mampu merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi kegiatan praktikum secara bertanggung jawab tanpa bergantung penuh pada guru.

5 Bernalar Kritis

Menganalisis hasil percobaan, membandingkan data uji, dan mengevaluasi hasil percobaan, serta menarik kesimpulan yang didukung oleh data yang diperoleh.

6 Kreatif

Menghasilkan ide atau rancangan sederhana dalam pembuatan produk, serta menemukan solusi yang bermanfaat dalam menyelesaikan permasalahan.

PETUNJUK PENGGUNAAN



1

Akseslah E-LKPD melalui tautan/*QR Code* yang diberikan guru menggunakan *Smartphone/Laptop* dengan koneksi internet yang stabil.

2

Bacalah petunjuk penggunaan dan tujuan pembelajaran dengan cermat sebelum memulai kegiatan.

3

Isilah identitas diri/kelompok pada kolom yang tersedia sesuai format yang diminta.

4

Bacalah materi dan amatilah wacana serta bahan pendukung (video/gambar) pada E-LKPD, lalu catatlah informasi penting untuk menjawab pertanyaan.

5

Kerjakanlah setiap tugas dan jawablah pertanyaan secara berurutan sesuai petunjuk, baik secara mandiri maupun berkelompok.

6

Apabila terdapat bagian yang belum dimengerti, tanyakanlah kepada guru untuk mendapatkan penjelasan.

IDENTITAS KELOMPOK



Kelas

:

Nama Kelompok

:

Nama Anggota Kelompok:



MATERI

A. PENGERTIAN ENERGI



Apa itu Energi?

Energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja atau menimbulkan perubahan. Energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya (Hukum Kekekalan Energi). Berdasarkan ketersediaannya di alam, sumber energi terbagi menjadi dua, yaitu:

ENERGI TIDAK TERBARUKAN

Energi yang berasal dari sumber daya yang ketersediaannya terbatas di bumi dan tidak dapat diperbarui secara alami dalam waktu singkat. Sumber energi ini pada akhirnya akan habis serta berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.



ENERGI TERBARUKAN

Sumber energi yang dapat diperbarui secara alami dalam waktu relatif singkat sehingga tidak akan habis apabila digunakan secara bijak dan berkelanjutan.



AKTIVITAS

Membandingkan sumber energi

Petunjuk: Lengkapilah tabel perbedaan berikut dengan jawaban yang tepat!

Tabel 1. Perbandingan sumber energi

Aspek	Energi Tidak Terbarukan	Energi Terbarukan
Ketersediaan		
Waktu terbentuk		
Dampak lingkungan		

B. JENIS-JENIS SUMBER ENERGI

1 Jenis-Jenis Energi Tidak Terbarukan

Berikut adalah jenis-jenis energi tidak terbarukan beserta penjelasan singkatnya:



1. Batu Bara

Bahan bakar fosil padat yang terbentuk dari sisa tumbuhan purba dan banyak digunakan di pembangkit listrik dan industri.



2. Minyak Bumi

Bahan bakar yang berupa cairan kental dan terbentuk jutaan tahun lalu. Digunakan sebagai bahan bakar kendaraan, seperti bensin serta solar.



3. Gas Alam

Gas fosil yang tersimpan dalam perut bumi. Digunakan untuk pembangkit listrik, bahan bakar, dan industri.



4. Nuklir

Memanfaatkan reaksi fisi uranium untuk menghasilkan energi listrik. Ketersediannya terbatas dan dapat menimbulkan limbah radioaktif.

2 Jenis-Jenis Energi Terbarukan

Berikut adalah jenis-jenis energi terbarukan beserta penjelasan singkatnya:



1. Energi Matahari (Surya)

Memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi listrik melalui panel surya atau sebagai pemanas air.



2. Energi Angin (Bayu)

Memanfaatkan hembusan angin untuk memutar turbin angin sehingga dapat menghasilkan energi listrik.



3. Energi Air (Hidro)

Memanfaatkan aliran atau jatuhnya air untuk memutar turbin dan dapat menghasilkan energi listrik.



4. Energi Panas Bumi (Geotermal)

Memanfaatkan panas yang berasal dari dalam bumi untuk menghasilkan energi listrik.



5. Energi Biomassa

Memanfaatkan bahan organik dari makhluk hidup (seperti tanaman dan limbah organik) sebagai sumber energi.



INFO PENTING

Energi biomassa memiliki keunikan karena bisa berasal dari berbagai sumber organik di sekitar kita, baik dari alam maupun dari aktivitas manusia. Pemanfaatannya tidak hanya menghasilkan energi, tetapi juga dapat mendukung pengolahan limbah dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Contoh Pemanfaatan Biomassa menjadi Energi



Biogas



Briket



Biodiesel



Pembangkit Listrik Biomassa

Sumber Biomassa



Tanaman & Kayu



Limbah Organik



Limbah Peternakan



Limbah Industri Organik

Ayo Pikirkan!

Menurutmu, bahan organik apa saja yang ada di daerahmu dan berpotensi dapat dijadikan energi biomassa? Bagaimana jika limbah tersebut tidak dikelola dengan baik?



Energi Terbarukan dan Tidak Terbarukan



Scan Me

Klik video atau scan barcode untuk mengetahui lebih lanjut mengenai materi energi terbarukan!

AKTIVITAS STEM

SCIENCE

Ayo Mengamati



Melimpahnya Limbah Padat Kelapa Sawit di Musi Banyuasin



Gambar 1. Perkebunan kelapa sawit di daerah MUBA
(Sumber: <https://shorturl.at/BmY5R>)

Tahukah kamu, Indonesia memiliki potensi biomassa yang sangat besar, terutama dari limbah pertanian dan perkebunan. Salah satunya adalah limbah kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah, di mana kabupaten Musi Banyuasin (MUBA) merupakan salah satu daerah penghasil terbesar di Sumatera Selatan. Dengan puluhan ribu hektar perkebunan sawit yang tersebar di berbagai kecamatan, daerah ini juga didukung oleh banyak pabrik pengolahan minyak sawit yang menghasilkan limbah padat kelapa sawit dalam jumlah besar setiap harinya.



Gambar 2. Tumpukan limbah kelapa sawit di daerah MUBA
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Setiap ton tandan buah segar (TBS) yang diolah di pabrik kelapa sawit (PKS) menghasilkan limbah padat berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sekitar 21-23% dari total berat TBS.

Sampai saat ini, melimpahnya limbah TKKS di MUBA sebagian besar masih ditangani secara konvensional dan kurang optimal. Pabrik kelapa sawit umumnya mengembalikan TKKS ke lahan perkebunan untuk dijadikan pupuk, namun karena volumenya yang besar dan biaya transportasinya yang mahal serta tidak sebanding dengan pemenuhan kebutuhan pupuk, akhirnya TKKS hanya ditumpuk begitu saja di lahan terbuka.

Kondisi tersebut dapat ditemukan di berbagai sudut perkebunan di MUBA, dimana tumpukan TKKS membusuk tanpa pengolahan lanjutan. Penumpukan TKKS ini berpotensi menghasilkan gas metana yang terlepas ke udara dan menyebabkan pemanasan global apabila tetap dibiarkan tanpa penanganan.

Sehingga, kondisi menumpuknya limbah biomassa ini menimbulkan pertanyaan: **Bagaimana cara mengoptimalkan pemanfaatan limbah padat kelapa sawit agar tidak hanya menjadi beban lingkungan, tetapi dapat diolah menjadi sumber energi alternatif yang bermanfaat bagi masyarakat di Kabupaten Musi Banyuasin dan sekitarnya?**



Mari Menjawab

Petunjuk: Setelah mengamati permasalahan pada wacana tersebut, jawablah beberapa pertanyaan berikut ini dengan menuliskan jawaban pada kolom yang telah disediakan!

1. Berdasarkan informasi yang kalian dapatkan, mengapa Kabupaten Musi Banyuasin menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit dalam jumlah yang sangat besar setiap harinya? Jelaskan faktor yang menyebabkannya.

2. Berdasarkan wacana, bagaimana kondisi pengelolaan limbah tandan kosong kelapa sawit di kabupaten Musi Banyuasin sampai saat ini? Jelaskan permasalahan yang terjadi.

3. Selain berpotensi dapat menghasilkan gas metana, menurut kalian apa dampak lain yang dapat terjadi terhadap lingkungan jika limbah tandan kosong kelapa sawit tidak dikelola dengan baik dan dibiarkan menumpuk?

4. Jika kalian merupakan bagian dari masyarakat di daerah penghasil kelapa sawit seperti Musi Banyuasin, solusi apa yang dapat diusulkan untuk memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit agar menjadi sumber energi yang bermanfaat bagi masyarakat? Jelaskan alasannya.

Ayo Mengumpulkan Informasi



Tonton dan simaklah video berikut ini dengan cara klik video atau scan barcode yang tersedia!

Potensi Limbah Kelapa Sawit



Scan barcode untuk menonton video



Mari Menjawab

Petunjuk: Setelah menonton video, jawablah beberapa pertanyaan berikut ini dengan menuliskan jawaban pada kolom yang telah disediakan berdasarkan informasi yang telah diperoleh!

1. Berdasarkan informasi dalam video, apa ide utama yang disampaikan terkait pemanfaatan limbah kelapa sawit?

2. Mengapa limbah tandan kosong kelapa sawit dapat diolah menjadi briket yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif?

3. Apa keuntungan penggunaan briket dari limbah tandan kosong kelapa sawit jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam?

4. Bagaimana pengolahan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi briket dapat membantu mengatasi permasalahan lingkungan di sekitar?

5. Jika teknologi pengolahan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi briket diterapkan di daerah penghasil sawit seperti Musi Banyuasin, menurut kalian apa dampaknya bagi masyarakat?