BIOLOGI • FASE F • KELAS XI

E-LKPD

ENZIM DAN METABOLISME

Berbasis *Problem Based Learning* (PBL)

BELAJAR • BERPIKIR KRITIS • MEMECAHKAN MASALAH



Atlet kelelahan


Sel & mitokondria


Enzim + substrat

IDENTITAS PESERTA DIDIK

Nama : _____

Kelas : XI _____

Kelompok : _____

Tanggal : _____

"Memahami proses kecil di dalam sel,
untuk menjelaskan kehidupan yang lebih besar."

MATA PELAJARAN BIOLOGI • FASE F • SMA/MA

LIVEWORKSHEETS

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena E-LKPD Biologi berbasis Problem Based Learning (PBL) pada materi Enzim dan Metabolisme ini dapat disusun sebagai salah satu bahan pendukung pembelajaran Biologi Fase F kelas XI.

E-LKPD ini dirancang untuk membantu peserta didik memahami peran enzim dalam proses metabolisme sel, mekanisme kerja enzim, faktor-faktor yang memengaruhi aktivitas enzim, serta hubungan metabolisme dan respirasi sel dengan pembentukan energi. Kegiatan disusun mengikuti lima tahapan PBL, mulai dari orientasi terhadap masalah, pengorganisasian kegiatan belajar, penyelidikan, penyajian hasil, hingga analisis dan evaluasi pemecahan masalah.

Melalui kasus atlet pelajar yang kehabisan tenaga di tengah perlombaan, peserta didik diajak untuk mengidentifikasi masalah dari sebuah peristiwa nyata dan menghubungkannya dengan konsep Biologi. Peserta didik diharapkan aktif berdiskusi, mencari informasi dari sumber belajar, melakukan penyelidikan, menyampaikan hasil, dan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti.

E-LKPD ini juga menyediakan ruang video pembelajaran pada bagian materi. Guru atau penyusun dapat menambahkan video yang relevan untuk membantu peserta didik mengamati proses yang sulit dipahami hanya melalui teks atau gambar. Semoga E-LKPD ini dapat digunakan dengan baik dan mendukung pembelajaran yang aktif, bermakna, serta berpusat pada peserta didik.

Gorontalo, 05 November 2026

Kelompok 4

LIVEWORKSHEETS

DAFTAR ISI

Kata Pengantar i

Daftar Isi ii

Petunjuk Penggunaan E-LKPD 1

Alur Pembelajaran PBL 1

Capaian Pembelajaran (CP) 1

Tujuan Pembelajaran 2

Tahap 1 • Orientasi Peserta Didik Pada Masalah 6

Tahap 2 • Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk Belajar 8

Tahap 3 • Membimbing Penyelidikan Individu Maupun Kelompok 9

Tahap 4 • Mengembangkan Dan Menyajikan Hasil 14

Tahap 5 • Menganalisis Dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah 16

Refleksi Diri 17

Kesimpulan 17

LIVEWORKSHEETS

Petunjuk Penggunaan E-LKPD

1	Bacalah setiap petunjuk dan permasalahan dengan teliti.
2	Kerjakan kegiatan secara berkelompok sesuai pembagian peran.
3	Gunakan sumber belajar yang diberikan guru, buku Biologi, atau tautan/QR pembelajaran jika tersedia.
4	Tuliskan jawaban pada kolom yang disediakan. Untuk versi Liveworksheets, kolom ini dapat diubah menjadi kotak jawaban interaktif.
5	Diskusikan hasil penyelidikan dan siapkan presentasi kelompok.
6	Kerjakan refleksi secara jujur setelah seluruh kegiatan selesai.

Alur Pembelajaran PBL

1	2	3	4	5
Orientasi pada masalah	**Mengorganisasikan peserta didik**	**Membimbing penyelidikan**	**Mengembangkan dan menyajikan hasil**	**Menganalisis dan mengevaluasi**

Capaian Pembelajaran (CP)

Biologi Fase F – Elemen Pemahaman Biologi

Pada akhir Fase F, peserta didik mampu menerapkan prinsip-prinsip bioproses yang terjadi di dalam sel.

Tujuan Pembelajaran

1	Menjelaskan pengertian dan fungsi enzim dalam proses metabolisme sel.
2	Mengidentifikasi komponen dan mekanisme kerja enzim, meliputi substrat, sisi aktif, dan kompleks enzim-substrat.
3	Menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi aktivitas enzim, seperti suhu, pH, konsentrasi substrat, dan inhibitor.
4	Menjelaskan pengertian metabolisme serta membedakan proses anabolisme dan katabolisme.
5	Menguraikan tahapan respirasi sel, meliputi glikolisis, siklus Krebs, dan transpor elektron.
6	Menghubungkan peran enzim dengan proses metabolisme yang berlangsung di dalam sel.
7	Mengomunikasikan pemahaman tentang konsep enzim dan metabolisme melalui diskusi dan kegiatan permainan.

Hasil Akhir yang Diharapkan

Kelompok mampu mengidentifikasi masalah pada kasus, menjelaskan bagaimana enzim membantu reaksi metabolisme, menafsirkan pengaruh faktor lingkungan terhadap aktivitas enzim, serta menghubungkan proses respirasi sel dengan kebutuhan energi.

LIVEWORKSHEETS

Tahap 1 • Orientasi Peserta Didik Pada Masalah

Masalah Awal

KASUS: ATLET PELAJAR KEHABISAN TENAGA DI TENGAH LOMBA

Raka, siswa kelas XI, terpilih mewakili sekolahnya dalam lomba lari jarak jauh pada ajang olahraga antarpelajar. Pada pagi hari sebelum lomba, ia hanya minum segelas teh manis dan makan sedikit karena takut perutnya terasa tidak nyaman saat berlari. Jadwal lomba mundur sehingga Raka harus menunggu sekitar lima jam di lapangan terbuka. Selama menunggu, ia lebih banyak duduk di bawah cuaca panas, jarang minum air, dan tidak sempat makan lagi. Ketika lomba dimulai, suhu udara mencapai sekitar 34°C. Raka langsung berlari dengan cepat karena ingin memperoleh hasil terbaik.



Raka kelelahan di lintasan lari

Memasuki putaran keenam, langkah Raka mulai melambat. Ia berkeringat banyak, napasnya tersengal-sengal, otot pahanya terasa kram dan nyeri, serta kepalanya pusing. Raka mencoba melanjutkan lari, tetapi tubuhnya terasa semakin lemas dan sangat panas. Setelah dihentikan oleh guru pendamping, pemeriksaan awal di ruang kesehatan sekolah menunjukkan suhu tubuhnya sekitar 39°C. Raka kemudian dibawa ke tempat yang lebih sejuk untuk mendapatkan pertolongan. Pelatih merasa heran karena Raka rutin berlatih. Guru Biologi mengajak siswa menyelidiki hubungan kebiasaan Raka, kondisi lingkungan, kerja enzim, dan proses pembentukan energi di dalam sel otot.

Pertanyaan Utama

Berdasarkan narasi kasus Raka, identifikasilah masalah-masalah yang muncul sebelum dan selama perlombaan. Informasi apa dalam narasi yang menjadi bukti setiap masalah tersebut?

LIVEWORKSHEETS

Ayo, Diskusikan!

1 Tandai informasi penting dari narasi, kemudian kelompokkan ke dalam tabel: kebiasaan Raka sebelum lomba, kondisi lingkungan, dan gejala yang dialami.

Kebiasaan sebelum lomba	Kondisi lingkungan	Gejala yang dialami Raka

2 Berdasarkan informasi tersebut, identifikasi minimal tiga masalah yang mungkin menyebabkan Raka tidak mampu menyelesaikan perlombaan. Sertakan bukti dari narasi.

3 Dari kebiasaan makan dan minum Raka serta aktivitas larinya, masalah apa yang mungkin terjadi pada ketersediaan bahan bakar dan pembentukan ATP di dalam sel otot?

4 Bagaimana cuaca panas dan banyaknya keringat yang dialami Raka dapat berkaitan dengan suhu tubuh serta kerja enzim dalam sel?

5 Informasi apa yang masih perlu diketahui untuk memastikan penyebab Raka kelelahan? Jelaskan mengapa informasi tersebut diperlukan.

Dugaan Sementara Kelompok (Hipotesis)

Berdasarkan masalah dan bukti yang telah kelompokmu temukan, tuliskan dugaan sementara tentang penyebab Raka kelelahan. Gunakan pola: "Kami menduga Raka mengalami ... karena ..., yang dapat memengaruhi ...".

LIVEWORKSHEETS

Tahap 2 • Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk Belajar

Pembagian Peran Kelompok

Bentuk kelompok yang terdiri atas 4–5 orang. Bagilah peran untuk mengatur jalannya diskusi dan penyelidikan. Tuliskan nama setiap anggota pada tabel. Semua anggota tetap ikut berpikir, berdiskusi, dan bertanggung jawab terhadap hasil kelompok.

No	Peran	Tugas Utama	Nama Anggota
1	**Ketua**	Memimpin diskusi, membagi tugas, dan memastikan semua anggota berpartisipasi.	
2	**Anggota 1**	Membantu mencari dan memilih informasi dari buku, video, atau sumber tepercaya.	
3	**Anggota 2**	Mencermati narasi, menemukan bukti, dan menghubungkan informasi dengan masalah Raka.	
4	**Anggota 3**	Mencatat hasil diskusi dan merangkum jawaban kelompok.	
5	**Anggota 4**	Menyampaikan hasil diskusi dan membantu menanggapi pertanyaan saat presentasi.	

Rencana Kerja Kelompok

Berdasarkan masalah yang kelompokmu temukan pada Tahap 1, susunlah rencana penyelidikan berikut.

Masalah yang Ingin Dijawab	Informasi yang Perlu Dicari	Penanggung Jawab	Sumber Belajar

LIVEWORKSHEETS

Tahap 3 • Membimbing Penyelidikan Individu Maupun Kelompok

Pelajari materi enzim dan metabolisme melalui buku, bahan ajar, video, atau sumber belajar yang diberikan guru. Jawablah pertanyaan berikut untuk menyelidiki masalah yang ditemukan pada kasus Raka. Gunakan konsep Biologi dan bukti dari narasi untuk menjelaskan jawabanmu.

A. Mengenal Enzim

1. **Jelaskan pengertian enzim dan perannya dalam mempercepat reaksi metabolisme yang menghasilkan energi bagi sel otot Raka saat berlari.**

2. **Lengkapi hubungan komponen dalam mekanisme kerja enzim berikut, lalu jelaskan bagaimana proses tersebut berperan dalam penguraian glukosa di sel otot Raka.**

Enzim + Substrat → Kompleks enzim-substrat → Enzim + Produk

Komponen	Penjelasan	Contoh pada sel otot Raka
Enzim		
Substrat		
Sisi aktif		
Kompleks enzim-substrat		
Produk		

3. **Raka membutuhkan ATP untuk menggerakkan otot selama berlari. Mengapa penguraian glukosa memerlukan enzim agar berlangsung lebih cepat? Jelaskan menggunakan konsep energi aktivasi dan hubungkan dengan kebutuhan energi Raka.**

LIVEWORKSHEETS

RUANG VIDEO • A. Mengenal Enzim dan Mekanismenya

Judul video: Peran enzim dalam menghasilkan energi dan pengertian fungsi enzim
Sumber/tautan: https://youtu.be/MriGdzO5OSY?si=YFqJNMmEaxeM5gcEBI

B. Faktor yang Memengaruhi Aktivitas Enzim

4. Bagaimana perubahan suhu dan pH dapat memengaruhi aktivitas enzim? Lengkapi tabel berdasarkan konsep yang kamu pelajari, lalu analisis petunjuk pada kasus Raka. Bedakan informasi yang tersedia dan informasi yang masih perlu dicari.

Faktor	Pengaruh terhadap aktivitas enzim	Temuan pada kasus Raka
Suhu		*Perhatikan suhu udara 34°C dan suhu tubuh Raka sekitar 39°C. Apa yang dapat dan tidak dapat disimpulkan dari informasi ini?*
pH (asam 0 – 7 – 14 basa)		*Kasus tidak mencantumkan nilai pH otot Raka. Apakah nyeri otot saja cukup untuk menentukan pH? Informasi apa yang diperlukan?*
Konsentrasi substrat		*Perhatikan Raka yang hanya makan sedikit sebelum lomba. Apa kemungkinan kaitannya dengan ketersediaan substrat? Data apa yang masih diperlukan?*
Inhibitor		*Narasi tidak menyebutkan adanya inhibitor. Jelaskan apa itu inhibitor dan apakah ada bukti dalam kasus yang menunjukkan keberadaannya.*

LIVEWORKSHEETS

5. Analisis suhu, ketersediaan glukosa, dan pembentukan ATP

Berdasarkan suhu tubuh Raka sekitar 39°C, cuaca panas, serta kebiasaan makan dan minumnya, jelaskan bagaimana kondisi tersebut dapat memengaruhi aktivitas enzim dan ketersediaan glukosa untuk pembentukan ATP. Informasi tambahan apa yang diperlukan untuk memastikan penyebab kelelahan Raka?

Tahap 4 • Mengembangkan Dan Menyajikan Hasil

hanya berdasarkan narasi.

Berdasarkan hasil penyelidikan, rumuskan solusi atau jawaban kelompok terhadap masalah Raka yang kehabisan tenaga di tengah lomba. Jelaskan apa yang sebaiknya dilakukan Raka sebelum, saat, dan sesudah lomba, serta hubungkan dengan peran enzim, metabolisme, dan pembentukan energi.

Persiapan Presentasi

1. Masalah pada kasus Raka dan dugaan kelompok
2. Konsep enzim dan mekanisme kerjanya
3. Faktor yang memengaruhi aktivitas enzim
4. Perbedaan anabolisme dan katabolisme
5. Tahapan respirasi sel
6. Hubungan enzim dengan pembentukan energi dan solusi untuk Raka



LIVEWORKSHEETS

C. Metabolisme dan Respirasi Sel

7. **Jelaskan perbedaan anabolisme dan katabolisme, kemudian uraikan tahapan utama respirasi sel. Tandai proses yang berperan langsung dalam penguraian zat makanan untuk menghasilkan ATP.**

Aspek	▲ Anabolisme (menyusun)	▼ Katabolisme (menguraikan)
Pengertian		
Tujuan		
Contoh proses		

Tuliskan urutan tahapan respirasi sel dan ringkasan prosesnya:

GLIKOLISIS	SIKLUS KREBS	TRANSPOR ELEKTRON
Ringkasan proses:	Ringkasan proses:	Ringkasan proses:

8. **Ketika berlari jarak jauh, sel otot Raka memerlukan energi. Proses metabolisme mana yang lebih dominan untuk menyediakan energi, anabolisme atau katabolisme? Jelaskan kaitannya dengan kebutuhan ATP.**

9. **Saat putaran keenam, napas Raka tersengal-sengal. Jika pasokan oksigen ke sel otot tidak mencukupi, bagaimana proses respirasi aerob dan jumlah ATP yang dihasilkan dapat terpengaruh? Hubungkan jawabanmu dengan kondisi Raka.**

LIVEWORKSHEETS

RUANG VIDEO • B. Faktor Aktivitas Enzim dan C. Metabolisme

Judul video: Cara kerja enzim & faktor yang memengaruhi aktivitas enzim
Sumber/tautan: https://youtu.be/Nl1C9ydOx5M?si=1vEH9qh5BmX4o_yR

RUANG VIDEO • Tahapan Respirasi Sel

Judul video: Metabolisme: Katabolisme dan Anabolisme
Sumber/tautan: https://youtu.be/qw_ye7dHQt0?si=uYEgDhWie5A_JSD1

D. Menghubungkan Temuan dengan Kasus Raka

10. Gunakan minimal tiga masalah yang telah kamu identifikasi pada Tahap 1. Hubungkan setiap masalah dengan konsep enzim atau metabolisme yang telah dipelajari, lalu lengkapi tabel berikut berdasarkan bukti dan hasil penyelidikan.

No	Masalah yang Ditemukan pada Kasus	Konsep Biologi yang Menjelaskan	Dampak pada Enzim / Metabolisme	Usulan Solusi untuk Raka
1				
2				
3				
4				

LIVEWORKSHEETS

Tahap 5 • Menganalisis Dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

Catatan atau Pertanyaan dari Kelompok Lain

Tuliskan catatan atau pertanyaan dari kelompok lain:

Evaluasi Hasil Pemecahan Masalah

1	**Apakah solusi kelompok sudah menjawab masalah pada kasus Raka? Jelaskan alasanmu.**
2	**Bagaimana hubungan kerja enzim dengan proses respirasi sel dalam menghasilkan energi?**
3	**Informasi atau bukti apa yang paling mendukung kesimpulan kelompok?**
4	**Bandingkan dugaan sementara kelompok pada Tahap 1 dengan hasil penyelidikan. Apakah dugaan tersebut terbukti? Bagian mana yang perlu diperbaiki?**

LIVEWORKSHEETS

Refleksi Diri

1	Apa hal paling penting yang kamu pelajari hari ini?
2	Bagian mana yang paling sulit? Mengapa?
3	Bagaimana penerapan materi enzim dan metabolisme dalam kehidupan sehari-hari?

Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan umum tentang peran enzim dalam metabolisme sel dan proses pembentukan energi.

LIVEWORKSHEETS

Game Word Search: Misi Detektif Biokimia

Temukan 8 Istilah Enzim dan Metabolisme!

Petunjuk: Carilah 8 kata tersembunyi di dalam kotak huruf. Kata dapat ditemukan secara horizontal, vertikal, maupun diagonal. Setelah menemukan kata, berilah tanda (lingkari/warnai) pada kata tersebut, lalu tuliskan kata yang kamu temukan pada kolom jawaban.

O	A	K	E	A	K	T	I	N	I	T	K	M	M
A	T	R	O	R	N	A	P	E	O	Z	R	I	T
I	S	G	R	N	A	A	O	S	O	A	E	I	I
E	A	L	E	G	G	S	B	R	E	M	B	M	T
P	O	I	E	B	L	B	E	O	A	A	S	R	E
U	E	K	S	I	I	U	A	K	L	I	L	U	K
G	N	O	K	B	S	E	K	A	O	I	S	P	G
U	S	L	K	A	T	A	B	O	L	I	S	M	E
U	E	I	B	E	U	U	A	S	S	I	M	M	A
E	I	S	E	S	U	B	S	T	R	A	T	T	E
M	E	I	B	A	N	P	E	N	Z	I	M	U	U
B	T	S	E	B	A	K	I	K	A	E	A	U	S
B	A	A	S	N	M	U	M	U	I	Z	T	K	S
U	B	T	U	K	Z	U	K	B	I	S	P	E	S

Daftar Petunjuk Kata

No	Petunjuk	Kata yang ditemukan
1	Zat yang berfungsi mempercepat reaksi kimia dalam sel.	
2	Zat yang berikatan dengan enzim sebelum diubah menjadi produk.	
3	Molekul yang menjadi sumber energi bagi aktivitas sel.	
4	Gula sederhana yang digunakan sebagai bahan dalam respirasi sel.	
5	Tahap awal pemecahan glukosa dalam respirasi sel.	
6	Tahapan respirasi sel yang berlangsung setelah glikolisis.	
7	Proses penyusunan molekul sederhana menjadi molekul yang lebih kompleks.	
8	Proses penguraian molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana.	



Enzim membantu sel menghasilkan energi untuk aktivitas tubuh!

LIVEWORKSHEETS