MODUL AJAR DEEP LEARNING
MATA PELAJARAN : IPA (BIOLOGI)
BAB 1: ENZIM DAN METABOLISME

A. IDENTITAS MODUL

Nama Sekolah	**:**	**.....**
Nama Penyusun	**:**	**.....**
Mata Pelajaran	**:**	**IPA (Biologi)**
Kelas / Fase /Semester	**:**	**XII/ F / Ganjil**
Alokasi Waktu	**:**	**8 Jam Pelajaran (4 pertemuan x 2 JP)**
Tahun Pelajaran	**:**	**2025 / 2026**

B. IDENTIFIKASI KESIAPAN PESERTA DIDIK

Sebelum memulai pembelajaran Bab 1: Enzim dan Metabolisme, peserta didik diharapkan telah memiliki pengetahuan dasar mengenai konsep-konsep biologi sel, termasuk struktur dan fungsi organel sel, serta proses dasar pembentukan dan penggunaan energi dalam sel (respirasi seluler dan fotosintesis) dari pembelajaran di kelas sebelumnya. Keterampilan yang sudah dimiliki meliputi kemampuan mengidentifikasi dan menjelaskan konsep dasar, serta sedikit kemampuan dalam menafsirkan data sederhana. Pemahaman awal peserta didik akan bervariasi, ada yang sudah cukup familiar dengan konsep ini melalui bacaan atau media lain, ada pula yang hanya memiliki pemahaman tekstual.

C. KARAKTERISTIK MATERI PELAJARAN

Materi Enzim dan Metabolisme merupakan jenis pengetahuan konseptual dan prosedural. Konseptual karena melibatkan pemahaman tentang struktur, fungsi, dan karakteristik enzim, serta tahapan-tahapan metabolisme (katabolisme dan anabolisme). Prosedural karena peserta didik akan diajak memahami bagaimana proses-proses ini terjadi secara berurutan dan terintegrasi. Relevansi materi ini sangat tinggi dengan kehidupan nyata peserta didik, terutama dalam memahami proses-proses biologis dalam tubuh, pentingnya gizi, serta aplikasi bioteknologi. Tingkat kesulitan materi ini moderat, membutuhkan pemahaman alur dan keterkaitan antarkonsep. Struktur materi tersusun secara hierarkis, dimulai dari konsep enzim sebagai katalisator biologis, dilanjutkan dengan peran enzim dalam metabolisme, dan diakhiri dengan regulasi metabolisme. Integrasi nilai dan karakter akan ditekankan pada ketelitian, rasa ingin tahu, tanggung jawab, dan kemampuan bekerja sama.

D. DIMENSI PROFIL LULUSAN PEMBELAJARAN

Pembelajaran ini akan berfokus pada pencapaian dimensi profil lulusan berikut:

- **Penalaran Kritis:** Peserta didik akan menganalisis data, mengidentifikasi hubungan sebab-akibat dalam proses metabolisme, dan mengevaluasi informasi terkait peran enzim.

- **Kreativitas:** Peserta didik akan mengembangkan ide-ide untuk mempresentasikan konsep metabolisme dan merancang model sederhana.
- **Kolaborasi:** Peserta didik akan bekerja sama dalam kelompok untuk menyelesaikan proyek dan diskusi.
- **Kemandirian:** Peserta didik akan aktif mencari informasi dan bertanggung jawab atas proses belajarnya sendiri dalam menyelesaikan proyek.
- **Kesehatan:** Peserta didik akan memahami relevansi metabolisme dalam menjaga kesehatan tubuh dan pentingnya pola hidup sehat.
- **Komunikasi:** Peserta didik akan mempresentasikan hasil proyek dan berdiskusi secara efektif.

DESAIN PEMBELAJARAN

A. CAPAIAN PEMBELAJARAN (CP) NOMOR : 32 TAHUN 2024

Di akhir fase F, peserta didik mampu menganalisis struktur dan fungsi enzim, serta peranannya dalam proses metabolisme seluler (katabolisme dan anabolisme), serta keterkaitannya dengan kelangsungan hidup organisme. Peserta didik juga mampu mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kerja enzim dan proses metabolisme, serta menyajikan hasil analisis data dan informasi terkait fenomena metabolisme dalam kehidupan sehari-hari.

B. LINTAS DISIPLIN ILMU YANG RELEVAN

- **Kimia:** Memahami struktur molekul, reaksi kimia, energi aktivasi, dan konsep kesetimbangan kimia yang berkaitan dengan kerja enzim dan reaksi metabolisme.
- **Fisika:** Memahami konsep energi, perubahan energi dalam reaksi biokimia, dan hukum termodinamika sederhana.
- **Matematika:** Menganalisis data grafik laju reaksi enzim atau laju metabolisme.
- **Pendidikan Jasmani dan Kesehatan:** Memahami relevansi metabolisme dalam kinerja fisik, nutrisi, dan kesehatan tubuh.

C. TUJUAN PEMBELAJARAN

Pertemuan 1: Enzim

- Peserta didik mampu menjelaskan struktur dan komponen enzim dengan teliti setelah melakukan studi literatur.
- Peserta didik mampu menganalisis mekanisme kerja enzim (teori lock and key dan induced fit) melalui simulasi interaktif.
- Peserta didik mampu mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kerja enzim (suhu, pH, konsentrasi substrat, konsentrasi enzim, inhibitor, aktivator) dan dampaknya pada laju reaksi dengan tepat setelah melakukan eksplorasi data.

Pertemuan 2 & 3: Metabolisme (Katabolisme & Anabolisme)

- Peserta didik mampu menguraikan tahapan-tahapan respirasi seluler (glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, siklus Krebs, transpor elektron) beserta produk yang dihasilkan dengan benar setelah diskusi kelompok dan analisis diagram.
- Peserta didik mampu membandingkan proses respirasi aerob dan anaerob, serta relevansinya dalam kehidupan sehari-hari dengan jelas setelah menyajikan informasi dari berbagai sumber.
- Peserta didik mampu menjelaskan tahapan fotosintesis (reaksi terang dan reaksi gelap) dan faktor-faktor yang memengaruhinya dengan akurat setelah mengamati model dan video pembelajaran.
- Peserta didik mampu mengidentifikasi keterkaitan antara katabolisme dan anabolisme dalam menjaga keseimbangan energi dan materi pada organisme melalui studi kasus.

Pertemuan 4: Aplikasi dan Regulasi Metabolisme (Proyek)

- Peserta didik mampu merancang dan melaksanakan proyek sederhana tentang aplikasi prinsip enzim atau metabolisme dalam kehidupan sehari-hari (misalnya,

pembuatan tempe, yoghurt, atau pemanfaatan enzim dalam industri pangan) dengan mandiri dan kreatif.

- Peserta didik mampu mempresentasikan hasil proyek dengan percaya diri dan komunikatif, serta menjawab pertanyaan dari teman dan guru.

D. TOPIK PEMBELAJARAN KONTEKSTUAL

- Pemanfaatan enzim dalam proses pencernaan makanan dan dampaknya pada kesehatan.
- Peran enzim dalam industri makanan (misalnya, produksi keju, roti, atau minuman beralkohol).
- Keterkaitan antara metabolisme energi dengan aktivitas fisik dan pola makan (misalnya, mengapa kita merasa lemas saat kurang makan, atau mengapa olahraga membakar lemak).
- Proses fotosintesis pada tumbuhan dan dampaknya terhadap ketersediaan oksigen dan bahan pangan di bumi.
- Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan gangguan metabolisme (misalnya, diabetes, fenilketonuria).

E. KERANGKA PEMBELAJARAN

PRAKTIK PEDAGOGIK

- **Eksplorasi Lapangan (Opsional/Virtual):** Jika memungkinkan, kunjungan singkat ke pabrik tahu/tempe/yoghurt atau video kunjungan virtual untuk melihat aplikasi enzim dalam industri. Jika tidak, eksplorasi berbasis riset daring tentang aplikasi bioteknologi.
- **Wawancara (dengan narasumber yang relevan, jika memungkinkan):** Contohnya, wawancara dengan ahli gizi, dokter, atau pelaku UMKM yang memanfaatkan fermentasi. Jika tidak, wawancara daring dengan tokoh inspiratif yang relevan (misalnya, pengusaha kuliner sehat, atlet).
- **Diskusi Kelompok:** Menganalisis studi kasus, memecahkan masalah, dan merancang proyek.
- **Presentasi:** Menyajikan hasil eksplorasi, diskusi, dan proyek.

MITRA PEMBELAJARAN

- **Lingkungan Sekolah:** Guru Biologi, Guru Kimia, Laboran, Perpustakaan sekolah.
- **Lingkungan Luar Sekolah:** Lembaga penelitian (jika ada kerja sama), Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas), UMKM produk fermentasi, Komunitas peduli lingkungan/gizi.
- **Masyarakat:** Orang tua/wali (mendukung dalam penyediaan bahan proyek sederhana), masyarakat sekitar yang menjadi narasumber (jika relevan).

LINGKUNGAN BELAJAR

- **Ruang Fisik:** Ruang kelas yang fleksibel untuk diskusi dan kolaborasi, laboratorium biologi untuk praktikum (jika memungkinkan), perpustakaan sekolah.
- **Ruang Virtual:** Platform Google Classroom untuk berbagi materi, forum diskusi daring, mengumpulkan tugas; situs web edukasi (misalnya, Khan Academy, YouTube edukasi), simulasi interaktif (misalnya, PhET simulations), perpustakaan

digital sekolah.

- **Budaya Belajar:** Kolaboratif (mendorong kerja sama dan saling membantu), berpartisipasi aktif (mendorong semua siswa untuk berkontribusi), dan rasa ingin tahu (membangkitkan minat untuk mencari tahu lebih dalam).

PEMANFAATAN DIGITAL

- **Perpustakaan Digital:** Mengakses jurnal, e-book, artikel ilmiah terkait enzim dan metabolisme.
- **Forum Diskusi Daring:** Diskusi asinkronus di Google Classroom atau platform lain.
- **Penilaian Daring:** Menggunakan Google Forms untuk kuesioner awal, kuis, atau tes diagnostik.
- **Kahoot!/Mentimeter:** Kuis interaktif untuk memicu semangat dan menguji pemahaman singkat.
- **Google Classroom:** Sebagai pusat manajemen pembelajaran (materi, tugas, pengumuman).

F. LANGKAH-LANGKAH PEMBELAJARAN BERDIFERENSIASI

KEGIATAN PENDAHULUAN (15 MENIT)

Berkesadaran (Mindful Learning):

- Guru memulai pembelajaran dengan meminta peserta didik untuk melakukan peregangan ringan atau teknik pernapasan singkat (misalnya, 3-2-1 *breathing*) untuk menenangkan pikiran dan memusatkan perhatian.
- Guru memandu peserta didik untuk merenungkan pertanyaan pemantik: "Apa yang membuat tubuh kita memiliki energi untuk bergerak dan berpikir? Bagaimana makanan yang kita makan diubah menjadi energi?"

Bermakna (Meaningful Learning):

- Guru mengaitkan pertanyaan pemantik dengan konsep metabolisme yang akan dipelajari, menjelaskan bahwa proses ini sangat fundamental bagi kelangsungan hidup.
- Guru menunjukkan video pendek atau gambar yang relevan dengan aplikasi enzim atau metabolisme dalam kehidupan sehari-hari (misalnya, proses fermentasi makanan, atlet yang berenergi).

Menggembirakan (Joyful Learning):

- Guru menyajikan "fakta unik" terkait enzim atau metabolisme yang menarik perhatian (misalnya, kecepatan kerja enzim yang luar biasa, atau bagaimana tubuh kita dapat menghasilkan listrik).
- Guru melakukan kuis singkat menggunakan Kahoot! atau Mentimeter terkait pengetahuan prasyarat atau tebak gambar tentang konsep awal yang akan dipelajari.
- Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dengan semangat dan memotivasi peserta didik bahwa materi ini akan sangat berguna dalam kehidupan mereka.

KEGIATAN INTI (60-70 MENIT PER PERTEMUAN)

PERTEMUAN 1: ENZIM

Memahami (Understanding):

- **Diferensiasi Konten:** Guru menyediakan berbagai sumber belajar tentang enzim: buku teks, artikel daring (berbagai tingkat kompleksitas), video animasi. Peserta

didik memilih sumber yang paling sesuai dengan gaya belajarnya.

- **Kegiatan:** Peserta didik secara individu atau berpasangan melakukan studi literatur dan membuat catatan visual (peta konsep, *infographic*) tentang struktur, komponen, dan sifat enzim.
- **Berkesadaran:** Peserta didik diajak fokus pada detail-detail struktur enzim dan bagaimana hal itu memengaruhi fungsinya.

Mengaplikasi (Applying):

- **Diferensiasi Proses:** Guru menyediakan simulasi interaktif daring (misalnya, dari PhET simulations atau sejenisnya) tentang mekanisme kerja enzim (*lock and key*, *induced fit*) dan pengaruh faktor lingkungan. Peserta didik dapat memanipulasi variabel dan mengamati perubahan.
- **Kegiatan:** Diskusi kelompok kecil (3-4 orang) untuk menganalisis hasil simulasi, membahas studi kasus sederhana (misalnya, mengapa enzim pencernaan bekerja optimal pada pH tertentu), dan mempresentasikan temuan awal.
- **Bermakna:** Peserta didik mengaplikasikan pemahaman konsep ke dalam skenario nyata, melihat bagaimana teori bekerja dalam praktik.

Merefleksi (Reflecting):

- **Diferensiasi Produk:** Peserta didik menuliskan 3 hal baru yang mereka pelajari tentang enzim dan 1 pertanyaan yang masih mereka miliki. Atau, menggambar sketsa kreatif yang menggambarkan kerja enzim dan menjelaskan maknanya.
- **Kegiatan:** Peserta didik melakukan refleksi mandiri tentang pemahaman mereka.
- **Menggembirakan:** Guru memberikan pujian dan semangat atas partisipasi aktif peserta didik.

PERTEMUAN 2 & 3:

METABOLISME (KATABOLISME & ANABOLISME)

Memahami (Understanding):

- **Diferensiasi Konten:** Guru menyediakan diagram alur metabolisme yang bervariasi (sederhana hingga detail), video tutorial, dan narasi audio.
- **Kegiatan:** Peserta didik membentuk kelompok dan diberi tugas untuk memvisualisasikan satu tahapan metabolisme (misalnya, Glikolisis, Siklus Krebs, Reaksi Terang Fotosintesis) menggunakan media kreatif (poster, *mind map* digital, *storyboard*).
- **Berkesadaran:** Guru meminta peserta didik untuk fokus pada alur energi dan perubahan materi dalam setiap tahapan, menyadari kompleksitas proses ini.

Mengaplikasi (Applying):

- **Diferensiasi Proses:** Guru memberikan studi kasus nyata (misalnya, "Mengapa otot terasa pegal setelah olahraga berat?", "Bagaimana tumbuhan hijau dapat bertahan hidup di gurun?") dan meminta kelompok untuk menganalisisnya menggunakan pemahaman metabolisme.
- **Kegiatan:** Diskusi kelompok untuk memecahkan studi kasus. Setiap kelompok mempresentasikan analisis dan solusi mereka.
- **Bermakna:** Peserta didik melihat langsung bagaimana konsep metabolisme relevan dengan fenomena yang terjadi di sekitar mereka.

Merefleksi (Reflecting):

- **Diferensiasi Produk:** Peserta didik membuat jurnal reflektif singkat tentang tantangan dalam memahami metabolisme dan strategi mereka untuk mengatasinya. Atau, membuat analogi sederhana untuk menjelaskan konsep katabolisme atau anabolisme.
- **Kegiatan:** Curah pendapat singkat tentang "Apa yang paling menarik dari metabolisme?"
- **Menggembirakan:** Guru memberikan *feedback* positif dan mengapresiasi setiap usaha peserta didik.

PERTEMUAN 4:

APLIKASI DAN REGULASI METABOLISME (PROYEK)

Mengaplikasi (Applying) - Proyek:

- **Diferensiasi Proses & Produk:** Guru menjelaskan pilihan proyek yang dapat dilakukan (misalnya, membuat tempe/yoghurt, membuat model visual tentang siklus energi di bumi, membuat video edukasi tentang gangguan metabolisme). Peserta didik memilih proyek yang paling diminati dan sesuai dengan sumber daya yang tersedia.
- **Kegiatan:** Peserta didik bekerja dalam kelompok proyek (dapat berkelanjutan dari pertemuan sebelumnya atau kelompok baru) untuk merancang, melaksanakan, dan mendokumentasikan proyek mereka. Guru berperan sebagai fasilitator dan memberikan bimbingan. (Waktu pengerjaan proyek bisa sebagian di luar jam pelajaran).
- **Bermakna:** Peserta didik mengalami pembelajaran yang otentik dan langsung merasakan dampak aplikasi pengetahuan.

Merefleksi (Reflecting) - Presentasi & Umpan Balik:

- **Kegiatan:** Setiap kelompok mempresentasikan hasil proyeknya. Guru dan teman sejawat memberikan umpan balik konstruktif.
- **Berkesadaran:** Peserta didik menyadari proses belajar yang telah mereka lalui, tantangan yang dihadapi, dan keberhasilan yang dicapai.
- **Menggembirakan:** Suasana presentasi dibuat interaktif dan apresiatif.

KEGIATAN PENUTUP (15 MENIT)

Umpan Balik Konstruktif:

- Guru memberikan umpan balik secara keseluruhan atas proses pembelajaran yang telah berlangsung, mengapresiasi partisipasi, usaha, dan hasil belajar peserta didik.
- Peserta didik mengisi lembar refleksi diri tentang pengalaman belajar mereka (apa yang sudah dipelajari, apa yang masih perlu ditingkatkan, bagaimana perasaan mereka selama belajar).

Menyimpulkan Pembelajaran:

- Guru bersama peserta didik membuat rangkuman singkat (misalnya, dalam bentuk *mind map* bersama di papan tulis atau digital) mengenai konsep-konsep kunci tentang enzim dan metabolisme yang telah dipelajari.
- Guru menegaskan kembali keterkaitan antar konsep dan relevansinya dengan kehidupan sehari-hari.

Perencanaan Pembelajaran Selanjutnya:

- Guru menginformasikan topik pembelajaran selanjutnya.
- Peserta didik diberikan kesempatan untuk menyampaikan harapan atau ide-ide untuk pembelajaran selanjutnya, sehingga mereka merasa memiliki kontrol dan terlibat dalam perencanaan.
- Guru menutup pembelajaran dengan apresiasi dan motivasi.

G. ASESMEN PEMBELAJARAN

1. ASESMEN AWAL PEMBELAJARAN (DIAGNOSTIK)

- **Tujuan:** Mengidentifikasi pengetahuan prasyarat, kesiapan belajar, dan gaya belajar peserta didik.

Instrumen:

- **Kuesioner:** Pertanyaan singkat tentang pengalaman belajar sebelumnya, cara belajar yang disukai, dan topik-topik biologi yang menarik.
- **Tes Diagnostik (Google Forms):** 5 soal pilihan ganda atau isian singkat tentang konsep dasar sel, energi, dan reaksi kimia sederhana.
- **Observasi:** Mengamati partisipasi dan respon peserta didik saat diskusi awal atau kuis pendahuluan.
- **Wawancara (individual/kelompok kecil):** Untuk peserta didik yang teridentifikasi memerlukan perhatian lebih, wawancara singkat untuk menggali pemahaman mereka lebih dalam.

5 Soal Asesmen Awal:

1. Bagian sel manakah yang bertanggung jawab dalam menghasilkan energi untuk aktivitas seluler?
2. Apa yang Anda ketahui tentang "energi" dalam konteks makhluk hidup? Berikan satu contoh!
3. Mengapa suhu tubuh manusia cenderung stabil meskipun suhu lingkungan berubah?
4. Apakah Anda pernah mendengar tentang "enzim" sebelumnya? Jika ya, apa yang Anda ketahui tentangnya?
5. Jika Anda memiliki waktu luang, media belajar apa yang paling Anda sukai untuk belajar biologi (buku, video, simulasi, diskusi, dll.)?

2. ASESMEN PROSES PEMBELAJARAN (FORMATIF)

- **Tujuan:** Memantau kemajuan belajar, memberikan umpan balik berkelanjutan, dan menyesuaikan strategi pembelajaran.

Instrumen:

- **Tugas Harian:** Catatan visual (peta konsep, *infographic*), ringkasan materi, laporan hasil simulasi.
- **Diskusi Kelompok:** Penilaian partisipasi aktif, kualitas argumen, dan kemampuan kolaborasi.
- **Presentasi:** Penilaian kejelasan presentasi, penguasaan materi, dan kemampuan menjawab pertanyaan.
- **Observasi:** Mengamati keaktifan, interaksi, dan pemecahan masalah selama kegiatan inti.

5 Soal/Indikator Asesmen Proses:

1. *Pada diskusi kelompok:* Apakah setiap anggota kelompok berkontribusi aktif dalam menganalisis studi kasus tentang pengaruh suhu terhadap kerja enzim? (Observasi)
2. *Setelah simulasi enzim:* Jelaskan dengan kata-kata Anda sendiri bagaimana enzim mempermudah suatu reaksi! (Tugas Harian - Refleksi Tertulis)
3. *Saat presentasi kelompok:* Mampukah kelompok menjelaskan perbedaan utama antara respirasi aerob dan anaerob dengan jelas dan memberikan contoh nyata? (Penilaian Presentasi)
4. *Dalam jurnal reflektif singkat:* Identifikasi satu konsep metabolisme yang paling menantang bagi Anda dan mengapa, serta bagaimana Anda mengatasinya. (Tugas Harian - Jurnal)
5. *Dalam diskusi daring:* Berikan satu pertanyaan reflektif kepada kelompok lain mengenai presentasi mereka tentang tahapan fotosintesis. (Partisipasi Diskusi Daring)

3. ASESMEN AKHIR PEMBELAJARAN (SUMATIF)

- **Tujuan:** Mengukur pencapaian tujuan pembelajaran secara keseluruhan.

Instrumen:

- **Jurnal Reflektif Komprehensif:** Peserta didik menuliskan refleksi mendalam tentang seluruh pengalaman belajar (pengetahuan, keterampilan, sikap), tantangan, dan pembelajaran yang diperoleh.
- **Tes Tertulis:** Soal esai atau pilihan ganda kompleks yang menguji pemahaman konseptual dan kemampuan analisis.
- **Tugas Akhir/Proyek:** Penilaian produk proyek (kreativitas, relevansi, kualitas) dan presentasi proyek (komunikasi, penguasaan).

5 Soal Asesmen Akhir:

1. Jelaskan secara rinci bagaimana enzim bekerja sebagai biokatalisator dalam reaksi kimia, dan identifikasi minimal tiga faktor yang dapat memengaruhi aktivitasnya beserta dampaknya!
2. Analisislah perbedaan fundamental antara katabolisme dan anabolisme. Berikan masing-masing dua contoh proses dalam sel hidup dan jelaskan peranan pentingnya bagi kelangsungan hidup organisme!
3. Sebuah enzim diketahui bekerja optimal pada pH 7 dan suhu 37°C. Jika enzim tersebut ditempatkan pada lingkungan dengan pH 2 dan suhu 60°C, jelaskan apa yang mungkin terjadi pada enzim tersebut dan bagaimana dampaknya terhadap laju reaksi yang dikatalisisnya!
4. Bayangkan Anda adalah seorang ahli gizi yang ingin menjelaskan mengapa pola makan sehat dan seimbang sangat penting bagi metabolisme tubuh. Buatlah ringkasan penjelasan Anda, fokus pada bagaimana makanan memengaruhi proses katabolisme dan anabolisme!
5. (Soal Proyek) Berdasarkan proyek "Aplikasi Enzim/Metabolisme dalam Kehidupan Sehari-hari" yang telah Anda buat, jelaskan secara ilmiah bagaimana prinsip-prinsip enzim atau metabolisme bekerja dalam produk/proses yang Anda hasilkan. Sertakan juga tantangan yang Anda hadapi dan bagaimana Anda mengatasinya!