

RENCANA PEMBELAJARAN MENDALAM

Mata Pelajaran Biologi — Topik Metabolisme

Nama Satuan Pendidikan	SMAN 3 Langsa
Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XI / F
Penyusun	Muslim, S.Pd
Topik	Metabolisme
Tahun Pelajaran	2026 / 2027
Jumlah Pertemuan	10 x 45 menit (4 kali pertemuan)
Tujuan Pembelajaran	1. Peserta didik mampu menjelaskan proses pembentukan molekul kompleks dari molekul-molekul sederhana. 2. Peserta didik mampu menganalisis fotosintesis dan kemosintesis. 3. Peserta didik mampu mengetahui jaringan sel yang berperan dalam proses metabolisme.

A. Identifikasi

1. Kesiapan Peserta Didik

Aspek	Deskripsi
Pengetahuan Awal	Peserta didik telah memiliki pengetahuan dasar tentang struktur sel, organel sel (mitokondria dan kloroplas), enzim secara umum, serta konsep energi dari materi Biologi kelas X (struktur dan fungsi sel).
Minat	Sebagian besar peserta didik tertarik pada topik yang aplikatif dan dekat dengan kehidupan sehari-hari, misalnya kaitan metabolisme dengan pola makan, olahraga, fermentasi makanan, dan fotosintesis pada tumbuhan di sekitar sekolah.
Latar Belakang	Peserta didik berasal dari latar belakang sosial-ekonomi yang beragam dengan akses teknologi digital (gawai/laptop) yang bervariasi; sebagian besar tinggal di lingkungan agraris sehingga memiliki pengalaman kontekstual dengan tumbuhan dan proses fotosintesis.
Kebutuhan Belajar	Peserta didik membutuhkan variasi strategi pembelajaran: visual (diagram jalur metabolisme), auditori (diskusi dan presentasi), serta kinestetik (praktikum/eksperimen sederhana) untuk mengakomodasi gaya belajar yang berbeda-beda.

2. Analisis Materi Pelajaran

Aspek	Deskripsi
Jenis Pengetahuan	Faktual (jenis-jenis reaksi metabolisme, organel yang terlibat), Konseptual (anabolisme, katabolisme, enzim, fotosintesis, kemosintesis), Prosedural (langkah-langkah percobaan fotosintesis dan respirasi), dan Metakognitif (kemampuan menganalisis dan mengevaluasi proses metabolisme dalam konteks nyata).

Aspek	Deskripsi
Relevansi dengan Kehidupan Nyata	Metabolisme berkaitan langsung dengan proses pencernaan makanan, produksi energi tubuh, fermentasi (pembuatan tape, tempe, yoghurt), pertanian (fotosintesis pada tanaman pangan), serta isu kesehatan seperti gangguan metabolisme dan pola hidup sehat.
Tingkat Kesulitan	Sedang hingga tinggi, karena materi bersifat abstrak (reaksi biokimia pada tingkat molekuler) namun dapat dikonkretkan melalui diagram, animasi, dan praktikum sederhana.
Struktur Materi	Materi disusun secara hierarkis: (1) Konsep dasar metabolisme dan enzim, (2) Katabolisme (respirasi sel), (3) Anabolisme (fotosintesis), (4) Kemotaksis dan jaringan/organ yang berperan dalam metabolisme.
Integrasi Nilai dan Karakter	Rasa syukur atas keteraturan proses kehidupan ciptaan Tuhan, ketelitian dan kejujuran ilmiah dalam praktikum, kerja sama dalam kelompok, serta kepedulian terhadap pola hidup sehat dan pelestarian lingkungan (tumbuhan sebagai produsen).

3. Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan

Materi Metabolisme memiliki keterkaitan lintas disiplin ilmu berikut:

- Kimia — reaksi kimia, struktur molekul (glukosa, ATP, enzim), reaksi redoks pada respirasi dan fotosintesis.
- Fisika — konsep energi, perpindahan energi, dan hukum termodinamika dalam proses metabolisme.
- Matematika — perhitungan laju reaksi enzimatik dan analisis data hasil percobaan (grafik, tabel).
- Teknologi/Informatika — penggunaan simulasi digital dan aplikasi untuk memvisualisasikan jalur metabolisme.
- Pendidikan Jasmani dan Kesehatan — kaitan metabolisme dengan kebugaran, nutrisi, dan pola hidup sehat.

4. Dimensi Profil Lulusan: Penalaran Kritis

Elemen	Sub-elemen / Indikator yang Dikembangkan
Memperoleh dan Memproses Informasi serta Gagasan	Peserta didik mengumpulkan data dari observasi, literatur, dan hasil percobaan tentang metabolisme, kemudian mengolahnya menjadi kesimpulan yang logis.
Menganalisis dan Mengevaluasi Penalaran	Peserta didik mampu menganalisis hubungan sebab-akibat antara faktor lingkungan (cahaya, suhu, pH) dengan laju reaksi metabolisme, serta mengevaluasi validitas data percobaan.
Merefleksi Pemikiran dan Proses Berpikir	Peserta didik merefleksikan pemahamannya tentang proses metabolisme dan mengevaluasi kembali miskonsepsi yang mungkin muncul selama proses belajar.
Mengambil Keputusan	Peserta didik mampu menarik kesimpulan berbasis bukti mengenai perbedaan dan keterkaitan antara anabolisme, katabolisme, fotosintesis, dan kemotaksis.

B. Desain Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran	1. Peserta didik mampu menjelaskan proses pembentukan molekul kompleks dari molekul-molekul sederhana.
---------------------	--

	2. Peserta didik mampu menganalisis fotosintesis dan kemosintesis. 3. Peserta didik mampu mengetahui jaringan sel yang berperan dalam proses metabolisme.
Topik Pembelajaran	1. Konsep Dasar Metabolisme dan Enzim 2. Katabolisme: Respirasi Sel (Aerob dan Anaerob) 3. Anabolisme: Fotosintesis 4. Kemosintesis dan Jaringan/Organ yang Berperan dalam Metabolisme
Praktik Pedagogis	STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) — peserta didik melakukan penyelidikan ilmiah (Science), memanfaatkan aplikasi/simulasi digital (Technology), merancang percobaan sederhana seperti perangkat uji fotosintesis (Engineering), serta menganalisis data secara kuantitatif (Mathematics).
Lingkungan Pembelajaran	Budaya Belajar: dikembangkan iklim belajar yang aman, terbuka terhadap perbedaan pendapat, saling menghargai pertanyaan dan pendapat teman, serta menumbuhkan rasa ingin tahu tanpa takut salah. Ruang Fisik: laboratorium IPA (untuk praktikum fotosintesis dan respirasi), kebun sekolah/lingkungan luar kelas (untuk observasi tumbuhan), dan ruang kelas yang ditata berkelompok untuk mendukung diskusi. Ruang Virtual: pemanfaatan Google Classroom/LMS sekolah, simulasi interaktif (PhET Simulation), dan grup diskusi daring untuk kolaborasi di luar jam pelajaran.
Kemitraan atau Kolaborasi	Dalam sekolah: kolaborasi dengan guru mata pelajaran Kimia dan Fisika untuk memperkuat pemahaman lintas disiplin, serta dengan petugas laboratorium dalam persiapan alat dan bahan praktikum. Luar sekolah: kunjungan/wawancara dengan penyuluh pertanian atau pengrajin makanan fermentasi (tempe/tapai) setempat untuk memberikan konteks nyata penerapan konsep metabolisme (fermentasi dan fotosintesis).
Pemanfaatan Teknologi Digital	Simulasi interaktif PhET (Photosynthesis, Cellular Respiration) untuk memvisualisasikan proses pada tingkat molekuler. Video pembelajaran dan animasi jalur metabolisme (YouTube edukasi/Kemdikbud). Aplikasi kolaborasi daring (Google Docs/Jamboard) untuk diskusi kelompok dan penyusunan laporan. Google Form/Quizizz untuk asesmen formatif interaktif. Kamera gawai untuk mendokumentasikan hasil praktikum sebagai bahan laporan digital.

C. Pengalaman Belajar

Pengalaman belajar dirancang dengan Praktik Pedagogis STEM dan berlandaskan Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna, Menggembirakan) serta Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi, Merefleksi) pada setiap tahap kegiatan.

Pertemuan 1 (2 x 45 menit): Konsep Dasar Metabolisme dan Enzim

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Awal	Guru membuka kelas dengan salam, doa, dan menanyakan kabar peserta didik (menumbuhkan kesadaran diri). Guru mengajukan pertanyaan pemantik: 'Mengapa tubuh kita membutuhkan makanan?' dan mengaitkannya dengan pengalaman sehari-hari peserta didik.	Berkesadaran — peserta didik diajak menyadari relevansi topik dengan kehidupannya sendiri sebelum masuk ke materi.

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan alur kegiatan (STEM) hari ini.	
Inti	Memahami: Peserta didik menyimak penjelasan singkat dan menonton animasi tentang metabolisme, enzim, serta perbedaan anabolisme dan katabolisme. Mengaplikasi: Peserta didik dalam kelompok melakukan percobaan sederhana uji kerja enzim katalase menggunakan hati ayam dan H₂O₂, mengamati pengaruh suhu dan pH terhadap laju reaksi enzim (unsur Science & Engineering pada STEM). Peserta didik mencatat data hasil pengamatan dalam tabel dan menganalisisnya secara kuantitatif (unsur Mathematics). Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil percobaan dan berdiskusi kelas.	Bermakna — peserta didik membangun pemahaman melalui pengalaman langsung (hands-on) yang menghubungkan konsep abstrak dengan bukti nyata.
Penutup	Merefleksi: Peserta didik menuliskan satu hal baru yang dipelajari dan satu pertanyaan yang masih ingin diketahui (exit ticket). Guru memberikan penguatan konsep dan menyampaikan rencana pertemuan berikutnya. Doa penutup.	Menggembirakan — kegiatan refleksi ringan dan apresiasi terhadap partisipasi peserta didik menutup pembelajaran dengan suasana positif.

Pertemuan 2 (2 x 45 menit): Katabolisme — Respirasi Sel

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Awal	Guru membuka pelajaran dan melakukan apersepsi dengan mengaitkan hasil praktikum enzim pada pertemuan sebelumnya. Guru menayangkan video singkat tentang proses bernapas dan bertanya: 'Ke mana energi dari makanan yang kita makan pergi?'	Berkesadaran — mengaitkan pengalaman biologis sehari-hari (bernapas) dengan konsep yang akan dipelajari.
Inti	Memahami: Peserta didik mengkaji tahapan respirasi sel (glikolisis, siklus Krebs, transpor elektron) melalui diagram dan simulasi PhET Cellular Respiration. Mengaplikasi: Peserta didik melakukan percobaan fermentasi sederhana (respirasi anaerob) menggunakan ragi, gula, dan balon untuk mengamati produksi CO₂ sebagai indikator laju respirasi (Engineering: merancang alat sederhana). Peserta didik menghitung dan membandingkan laju pengembangan balon pada variasi konsentrasi gula (Mathematics), lalu menyusun grafik hasil pengamatan. Diskusi kelompok membandingkan respirasi aerob dan anaerob serta efisiensi energi (ATP) yang dihasilkan.	Bermakna — peserta didik mengonstruksi pemahaman konsep abstrak respirasi seluler melalui fenomena nyata yang dapat diamati langsung.
Penutup	Merefleksi: Peserta didik mengisi jurnal refleksi singkat tentang keterkaitan respirasi sel dengan aktivitas fisik sehari-hari (misalnya olahraga). Guru memberi umpan balik dan kuis singkat (Quizizz) sebagai penguatan.	Menggembirakan — kuis interaktif dikemas secara kompetitif namun santai untuk menjaga motivasi belajar.

Pertemuan 3 (2 x 45 menit): Anabolisme — Fotosintesis

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Awal	Guru mengajak peserta didik mengamati tanaman di lingkungan sekolah dan bertanya bagaimana tumbuhan memperoleh makanan tanpa memakan organisme lain. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran tentang fotosintesis.	Berkesadaran — mengamati langsung objek nyata (tumbuhan) untuk memancing rasa ingin tahu.
Inti	Memahami: Peserta didik mempelajari reaksi terang dan reaksi gelap (siklus Calvin) fotosintesis melalui simulasi PhET Photosynthesis dan diagram jalur reaksi. Mengaplikasi: Peserta didik melakukan percobaan Ingenhousz untuk membuktikan bahwa fotosintesis menghasilkan oksigen, dengan variasi perlakuan intensitas cahaya (Engineering: merangkai alat percobaan; Science: prosedur ilmiah). Peserta didik menghitung jumlah gelembung oksigen per menit pada tiap perlakuan dan membuat grafik hubungan intensitas cahaya dengan laju fotosintesis (Mathematics & Technology: pengolahan data digital). Kelompok mempresentasikan hasil dan menghubungkan dengan konsep faktor-faktor yang memengaruhi laju fotosintesis.	Bermakna — peserta didik membuktikan sendiri konsep fotosintesis melalui eksperimen, memperkuat pemahaman konseptual dengan bukti empiris.
Penutup	Merefleksi: Peserta didik menuliskan keterkaitan hasil percobaan dengan isu nyata, misalnya pentingnya tumbuhan bagi ketersediaan oksigen dan pangan. Guru memberi penguatan dan menyampaikan tugas proyek kelompok untuk pertemuan berikutnya (mini-riset kemosintesis atau poster jaringan yang berperan dalam metabolisme).	Menggembirakan — penutup dikaitkan dengan isu lingkungan yang membangkitkan rasa bangga dan peduli terhadap alam.

Pertemuan 4 (2 x 45 menit): Kemosintesis, Jaringan yang Berperan dalam Metabolisme, dan Presentasi Proyek

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Awal	Guru mengaitkan materi dengan pertanyaan: 'Bagaimana organisme di dasar laut yang gelap tanpa cahaya matahari dapat memperoleh energi?' Guru menyampaikan tujuan pembelajaran tentang kemosintesis dan jaringan sel yang berperan dalam metabolisme.	Berkesadaran — pertanyaan kontekstual memancing rasa ingin tahu terhadap fenomena yang belum pernah dialami langsung.
Inti	Memahami: Peserta didik mengkaji konsep kemosintesis pada bakteri kemoautotrof dan membandingkannya dengan fotosintesis melalui bahan bacaan dan video pendek. Peserta didik mempelajari jaringan/organ pada tumbuhan dan hewan yang berperan penting dalam metabolisme (misalnya jaringan mesofil daun pada fotosintesis, jaringan otot dan hati pada respirasi/metabolisme energi manusia). Mengaplikasi: Setiap kelompok mempresentasikan proyek mini-riset/poster digital yang membandingkan fotosintesis, kemosintesis, dan jaringan yang berperan dalam metabolisme, dilengkapi infografis (Technology & Engineering). Kelas melakukan sesi tanya jawab dan saling memberi umpan balik antar kelompok (peer feedback).	Bermakna — peserta didik mengaitkan seluruh konsep yang telah dipelajari (enzim, katabolisme, anabolisme, kemosintesis, jaringan) menjadi pemahaman yang utuh dan terintegrasi.

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Penutup	Merefleksi: Peserta didik mengisi lembar refleksi akhir topik (apa yang dipahami, apa yang masih sulit, bagaimana perasaan selama belajar topik metabolisme). Guru memberikan penguatan menyeluruh, mengumumkan hasil terbaik secara apresiatif, dan menyampaikan rencana asesmen sumatif.	Menggembirakan — apresiasi terhadap seluruh proses belajar menumbuhkan rasa bangga dan semangat menghadapi asesmen berikutnya.

D. Asesmen

1. Jenis dan Bentuk Asesmen

Jenis Asesmen	Fungsi	Bentuk / Waktu Pelaksanaan
Assessment for Learning	Memantau proses belajar dan memberikan umpan balik untuk perbaikan pembelajaran secara berkelanjutan.	Pertanyaan pemantik di awal pembelajaran, observasi selama praktikum, kuis interaktif (Quizizz) di setiap akhir pertemuan.
Assessment as Learning	Melibatkan peserta didik dalam memantau dan merefleksikan proses belajarnya sendiri.	Jurnal refleksi/exit ticket setiap pertemuan, penilaian diri (self-assessment) dan penilaian antarteman (peer-assessment) terhadap kerja kelompok.
Assessment of Learning	Mengukur pencapaian tujuan pembelajaran secara menyeluruh di akhir topik.	Tes tertulis (pilihan ganda dan uraian), penilaian produk/laporan praktikum, serta penilaian presentasi proyek pada pertemuan ke-4.

2. Contoh Soal Latihan

a. Assessment for Learning (Pertanyaan Pemantik / Formatif Lisan)

- Menurut kalian, dari mana asal energi yang digunakan tubuh untuk beraktivitas sepanjang hari?
- Apa yang akan terjadi pada tumbuhan jika diletakkan di tempat gelap selama beberapa hari? Mengapa demikian?
- Bagaimana bakteri di dasar laut yang gelap dapat memperoleh energi tanpa bantuan cahaya matahari?

b. Assessment as Learning (Refleksi Diri)

- Bagian materi metabolisme manakah yang menurutmu paling mudah dipahami? Jelaskan alasannya.
- Bagian materi manakah yang masih membingungkan bagimu? Apa rencanamu untuk memahaminya lebih lanjut?
- Bagaimana kontribusimu dalam kerja kelompok selama praktikum berlangsung?

c. Assessment of Learning (Tes Sumatif)

Pilihan Ganda:

- Proses pembentukan molekul kompleks dari molekul-molekul sederhana dengan memerlukan energi disebut
A. Katabolisme B. Anabolisme C. Hidrolisis D. Fermentasi E. Difusi
- Tahapan respirasi sel yang menghasilkan jumlah ATP terbanyak berlangsung pada
A. Glikolisis B. Siklus Krebs C. Transpor elektron D. Fermentasi E. Fotolisis
- Reaksi terang pada fotosintesis berlangsung di bagian kloroplas yang disebut
A. Stroma B. Membran luar C. Grana (tilakoid) D. Matriks E. Ruang antarmembran

Uraian:

4. Jelaskan perbedaan mendasar antara fotosintesis dan kemosintesis, disertai contoh organisme pelakunya!
5. Analisislah keterkaitan antara struktur jaringan mesofil daun dengan fungsinya dalam proses fotosintesis!
6. Berdasarkan hasil percobaan fermentasi ragi yang telah kalian lakukan, jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi laju respirasi anaerob dan berikan analisis data hasil pengamatan kalian!

3. Rubrik Penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran	Perlu Bimbingan (0-59)	Cukup (60-74)	Baik (75-89)	Sangat Baik (90-100)
TP 1: Menjelaskan proses pembentukan molekul kompleks dari molekul sederhana (anabolisme)	Belum mampu menjelaskan konsep anabolisme meski dengan bimbingan guru.	Mampu menyebutkan konsep anabolisme namun penjelasan kurang tepat atau kurang lengkap.	Mampu menjelaskan proses anabolisme dengan tepat disertai contoh yang relevan.	Mampu menjelaskan proses anabolisme secara rinci, tepat, dan mengaitkannya dengan contoh nyata secara kritis.
TP 2: Menganalisis fotosintesis dan kemosintesis	Belum mampu membedakan fotosintesis dan kemosintesis.	Mampu menyebutkan perbedaan dasar fotosintesis dan kemosintesis namun analisis masih dangkal.	Mampu menganalisis persamaan dan perbedaan fotosintesis serta kemosintesis dengan tepat dan didukung data.	Mampu menganalisis secara mendalam dan kritis, menghubungkan dengan data percobaan dan konteks ekologis secara logis.
TP 3: Mengetahui jaringan sel yang berperan dalam metabolisme	Belum mampu mengidentifikasi jaringan/organ yang berperan dalam metabolisme.	Mampu menyebutkan jaringan yang berperan namun belum menjelaskan fungsinya secara tepat.	Mampu mengidentifikasi jaringan yang berperan dan menjelaskan fungsinya dengan tepat.	Mampu mengidentifikasi, menjelaskan fungsi, serta mengaitkan struktur jaringan dengan proses metabolisme secara komprehensif.

4. Rubrik Penilaian Asesmen Karakter — Dimensi Profil Lulusan: Penalaran Kritis

Indikator	Perlu Bimbingan (0-59)	Cukup (60-74)	Baik (75-89)	Sangat Baik (90-100)
Memperoleh dan memproses informasi serta gagasan	Belum mampu mengumpulkan informasi yang relevan dari sumber belajar.	Mampu mengumpulkan informasi namun belum mampu mengolahnya menjadi gagasan yang jelas.	Mampu mengumpulkan dan mengolah informasi dari berbagai sumber menjadi gagasan yang jelas dan relevan.	Mampu mengumpulkan, mengolah, dan mensintesis informasi dari berbagai sumber secara kritis dan sistematis.
Menganalisis dan mengevaluasi penalaran	Belum mampu mengaitkan sebab-akibat antarvariabel dalam percobaan.	Mampu mengaitkan sebab-akibat secara sederhana namun belum didukung data yang memadai.	Mampu menganalisis hubungan sebab-akibat dengan tepat dan didukung data percobaan.	Mampu menganalisis dan mengevaluasi hubungan sebab-akibat secara mendalam serta menilai validitas data secara kritis.

Indikator	Perlu Bimbingan (0-59)	Cukup (60-74)	Baik (75-89)	Sangat Baik (90-100)
Merefleksi pemikiran dan proses berpikir	Belum menunjukkan kesadaran atas proses belajarnya sendiri.	Mampu merefleksikan proses belajar secara umum namun belum spesifik.	Mampu merefleksikan pemahaman dan mengidentifikasi kekeliruan berpikir secara spesifik.	Mampu merefleksikan secara mendalam serta merumuskan strategi perbaikan pemahaman secara mandiri.
Mengambil keputusan berbasis bukti	Belum mampu menarik kesimpulan dari data yang tersedia.	Mampu menarik kesimpulan sederhana namun kurang didukung bukti yang memadai.	Mampu menarik kesimpulan yang logis dan didukung bukti/data yang relevan.	Mampu menarik kesimpulan yang logis, kritis, dan mempertimbangkan berbagai sudut pandang berbasis bukti kuat.

Langsa, Juli 2026
Guru Mata Pelajaran Biologi,

Muslim, S.Pd

Rencana Pembelajaran Mendalam Mapel Biologi
Buat dalam Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL)

Tabel Identitas (Buatkan dalam Tabel)

Nama Satuan Pendidikan : SMA Negeri 1 Langsa

Mata Pelajaran : Biologi

Kelas / Fase : XII / F

Penyusun : Rianti Astelita

Topik : Pewarisan Sifat

Tahun Pelajaran : 2026 / 2027

Jumlah Pertemuan : 9 x 45 menit (3 kali pertemuan)

Tujuan Pembelajaran “Peserta didik mampu merumuskan Hukum Mendel I dan II berdasarkan pengamatan simulasi persilangan dan diskusi kelompok. Peserta didik mampu melakukan perhitungan probabilitas hasil persilangan monohibrid dan dihibrid pada berbagai organisme dengan menggunakan diagram Punnett. Peserta didik mampu menganalisis pola pewarisan sifat non-Mendel (dominansi tidak sempurna, kodominansi, alel ganda, pautan seks) melalui studi kasus dan diskusi. Peserta didik mampu menjelaskan konsep pautan gen dan pindah silang serta dampaknya pada pewarisan sifat setelah menyelesaikan tugas eksplorasi data. Peserta didik mampu mengidentifikasi beberapa jenis kelainan genetik pada manusia dan menjelaskan penyebabnya berdasarkan hasil penelusuran informasi. Peserta didik mampu menyajikan contoh aplikasi genetika dalam kehidupan sehari-hari (misalnya, pertanian, kedokteran) melalui presentasi kelompok.”

Hal yang perlu diperhatikan adalah :

A. Identifikasi (buatkan dalam Tabel)

- 1) "Kesiapan Peserta Didik". Fase sebelum belajar, seperti pengetahuan awal, minat, latar belakang, dan kebutuhan belajar
- 2) "Analisis Materi Pelajaran". Yaitu jenis pengetahuan yang akan dicapai, relevansi dengan kehidupan nyata peserta didik, tingkat kesulitan, struktur materi, serta integrasi nilai dan karakter
- 3) Tuliskan "Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan" (Jika ada)
- 4) Dimensi Profil Lulusan : Keimanan dan ketaqwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa, penalaran kritis dan kreativitas

B. Desain Pembelajaran (buatkan dalam Tabel)

1. Tuliskan Tujuan Pembelajaran yaitu : “Peserta didik mampu merumuskan Hukum Mendel I dan II berdasarkan pengamatan simulasi persilangan dan diskusi kelompok. Peserta didik mampu melakukan perhitungan probabilitas hasil persilangan monohibrid dan dihibrid pada berbagai organisme dengan menggunakan diagram Punnett. Peserta didik mampu menganalisis pola pewarisan sifat non-Mendel (dominansi tidak sempurna, kodominansi, alel ganda, pautan seks) melalui studi kasus dan diskusi. Peserta didik mampu menjelaskan konsep pautan gen dan pindah silang serta dampaknya pada pewarisan sifat setelah menyelesaikan tugas eksplorasi data. Peserta didik mampu mengidentifikasi beberapa jenis kelainan genetik pada manusia dan menjelaskan penyebabnya berdasarkan hasil penelusuran informasi. Peserta didik mampu menyajikan contoh aplikasi genetika dalam kehidupan sehari-hari (misalnya, pertanian, kedokteran) melalui presentasi kelompok.”
2. Tuliskan "Topik Pembelajaran" yang Relevan dengan capaian dan tujuan pembelajaran
3. Praktik Pedagogis : Pembelajaran Berbasis Masalah
4. Lingkungan Pembelajaran: Tuliskan lingkungan pembelajaran yang ingin dikembangkan dalam budaya belajar, ruang fisik dan/atau ruang virtual. Budaya belajar dikembangkan agar tercipta iklim belajar yang aman, nyaman, dan saling memuliakan
5. Tuliskan kegiatan "Kemitraan atau Kolaborasi" dalam dan/atau luar lingkup sekolah
6. Tuliskan "Pemanfaatan Teknologi Digital" untuk menciptakan pembelajaran yang interaktif, kolaboratif, dan kontekstual

C. Pengalaman Belajar (buatkan dalam Tabel)

Buatkan langkah pembelajaran mulai Awal Pembelajaran, Inti dan Penutup, sesuai dengan Praktik Pedagogis di atas dan buat keterkaitan dengan Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna dan Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi dan Merefleksi). Buat detail aktivitas pembelajaran per pertemuan sesuai dengan jumlah pertemuan.

D. Asesmen (buatkan dalam Tabel)

Buatkan Asesmen meliputi Assessment for Learning, Assessment as Learning dan Assessment of Learning,. Buat soal latihan sesuai dengan Asesmen di atas. Buat rubrik penilaian terhadap Asesmen tersebut dalam bentuk tabel rubrik penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran.

Buatkan Penilaian Asesmen Diri (Dalam bentuk tabel Rubrik Penilaian)

Buatkan Penilaian Asesmen Karakter. (Dalam bentuk tabel Rubrik Penilaian), sesuai dengan Dimensi Profil Lulusan

Buatkan juga LKPD untuk jumlah pertemuan yang ditetapkan

Rencana Pembelajaran Mendalam Mapel Biologi
Buat dalam Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) dan Diskusi Kelompok.

Tabel Identitas (Buatkan dalam Tabel)

Nama Satuan Pendidikan : SMA Negeri 1 Langsa

Mata Pelajaran : Biologi

Kelas / Fase : XII / F

Penyusun : Rianti Astelita

Topik : Pertumbuhan dan Perkembangan Pada Makhluk Hidup

Tahun Pelajaran : 2026 / 2027

Jumlah Pertemuan : 8 x 45 menit (4 kali pertemuan)

Tujuan Pembelajaran “Peserta didik mampu mengidentifikasi dan membedakan konsep pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup dengan tepat, setelah melakukan diskusi kelompok. Peserta didik mampu menganalisis pengaruh faktor genetik (internal) terhadap pola tumbuh kembang makhluk hidup, setelah melakukan studi kasus dan diskusi. Peserta didik mampu menjelaskan peran berbagai jenis hormon pada tumbuhan dan hewan dalam mengatur proses tumbuh kembang, setelah membaca dan mempresentasikan hasil kajian literatur. Peserta didik mampu mengidentifikasi berbagai faktor eksternal (lingkungan) yang memengaruhi tumbuh kembang tumbuhan dan hewan, setelah melakukan eksplorasi di lingkungan sekolah. Peserta didik mampu merancang prosedur percobaan sederhana untuk menguji pengaruh salah satu faktor eksternal (misalnya cahaya atau air) terhadap pertumbuhan tumbuhan, dengan panduan guru. Peserta didik mampu memprediksi hasil percobaan berdasarkan hipotesis awal dan pengetahuan konseptual yang relevan. Peserta didik mampu melaksanakan percobaan sesuai dengan prosedur yang telah dirancang dengan teliti dan cermat. Peserta didik mampu mengumpulkan data hasil pengamatan pertumbuhan dan perkembangan secara akurat dan sistematis. Peserta didik mampu menyajikan data pengamatan dalam bentuk tabel atau grafik yang sesuai. Peserta didik mampu menganalisis data hasil percobaan untuk menarik kesimpulan tentang pengaruh faktor eksternal terhadap tumbuh kembang tumbuhan. Peserta didik mampu menyajikan hasil proyek percobaan (laporan dan presentasi) secara jelas, komunikatif, dan menarik. Peserta didik mampu merefleksikan pengalaman belajar selama melaksanakan proyek, mengidentifikasi tantangan dan solusi yang ditemukan.”

Hal yang perlu diperhatikan adalah :

A. Identifikasi (buatkan dalam Tabel)

- 1) "Kesiapan Peserta Didik". Fase sebelum belajar, seperti pengetahuan awal, minat, latar belakang, dan kebutuhan belajar
- 2) "Analisis Materi Pelajaran". Yaitu jenis pengetahuan yang akan dicapai, relevansi dengan kehidupan nyata peserta didik, tingkat kesulitan, struktur materi, serta integrasi nilai dan karakter
- 3) Tuliskan "Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan" (Jika ada)
- 4) Dimensi Profil Lulusan : Keimanan dan ketaqwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa, penalaran kritis dan kreativitas

B. Desain Pembelajaran (buatkan dalam Tabel)

1. Tuliskan Tujuan Pembelajaran yaitu : “Peserta didik mampu mengidentifikasi dan membedakan konsep pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup dengan tepat, setelah melakukan diskusi kelompok. Peserta didik mampu menganalisis pengaruh faktor genetik (internal) terhadap pola tumbuh kembang makhluk hidup, setelah melakukan studi kasus dan diskusi. Peserta didik mampu menjelaskan peran berbagai jenis hormon pada tumbuhan dan hewan dalam mengatur proses tumbuh kembang, setelah membaca dan mempresentasikan hasil kajian literatur. Peserta didik mampu mengidentifikasi berbagai faktor eksternal (lingkungan) yang memengaruhi tumbuh kembang tumbuhan dan hewan, setelah melakukan eksplorasi di lingkungan sekolah. Peserta didik mampu merancang prosedur

percobaan sederhana untuk menguji pengaruh salah satu faktor eksternal (misalnya cahaya atau air) terhadap pertumbuhan tumbuhan, dengan panduan guru. Peserta didik mampu memprediksi hasil percobaan berdasarkan hipotesis awal dan pengetahuan konseptual yang relevan. Peserta didik mampu melaksanakan percobaan sesuai dengan prosedur yang telah dirancang dengan teliti dan cermat. Peserta didik mampu mengumpulkan data hasil pengamatan pertumbuhan dan perkembangan secara akurat dan sistematis. Peserta didik mampu menyajikan data pengamatan dalam bentuk tabel atau grafik yang sesuai. Peserta didik mampu menganalisis data hasil percobaan untuk menarik kesimpulan tentang pengaruh faktor eksternal terhadap tumbuh kembang tumbuhan. Peserta didik mampu menyajikan hasil proyek percobaan (laporan dan presentasi) secara jelas, komunikatif, dan menarik. Peserta didik mampu merefleksikan pengalaman belajar selama melaksanakan proyek, mengidentifikasi tantangan dan solusi yang ditemukan.”

2. Tuliskan "Topik Pembelajaran" yang Relevan dengan capaian dan tujuan pembelajaran

3. Praktik Pedagogis : Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) dan Diskusi Kelompok

4. Lingkungan Pembelajaran: Tuliskan lingkungan pembelajaran yang ingin dikembangkan dalam budaya belajar, ruang fisik dan/atau ruang virtual. Budaya belajar dikembangkan agar tercipta iklim belajar yang aman, nyaman, dan saling memuliakan

5. Tuliskan kegiatan "Kemitraan atau Kolaborasi" dalam dan/atau luar lingkup sekolah

6. Tuliskan "Pemanfaatan Teknologi Digital" untuk menciptakan pembelajaran yang interaktif, kolaboratif, dan kontekstual

C. Pengalaman Belajar (buatkan dalam Tabel)

Buatkan langkah pembelajaran mulai Awal Pembelajaran, Inti dan Penutup, sesuai dengan Praktik Pedagogis di atas dan buat keterkaitan dengan Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna dan Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi dan Merefeksi). Buatkan detail aktivitas pembelajaran per pertemuan sesuai dengan jumlah pertemuan.

D. Asesmen (buatkan dalam Tabel)

Buatkan Asesmen meliputi Assessment for Learning, Assessment as Learning dan Assessment of Learning. Buatkan soal latihan sesuai dengan Asesmen di atas. Buatkan rubrik penilaian terhadap Asesmen tersebut dalam bentuk tabel rubrik penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran.

Buatkan Penilaian Asesmen Diri (Dalam bentuk tabel Rubrik Penilaian)

Buatkan Penilaian Asesmen Karakter. (Dalam bentuk tabel Rubrik Penilaian), sesuai dengan Dimensi Profil Lulusan

Buatkan juga LKPD untuk jumlah pertemuan yang ditetapkan

RENCANA PEMBELAJARAN MENDALAM

Mata Pelajaran Biologi – Topik Inovasi Bioteknologi

Nama Satuan Pendidikan	SMAN 3 Langsa
Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XI / F
Penyusun	Muslim, S.Pd
Topik	Inovasi Bioteknologi
Tahun Pelajaran	2026 / 2027
Alokasi Waktu	12 x 45 menit (5 kali pertemuan)

A. Identifikasi

No	Aspek	Uraian
1	Kesiapan Peserta Didik	Fase sebelum belajar – kondisi awal peserta didik sebelum memasuki topik Inovasi Bioteknologi: • Pengetahuan awal: peserta didik telah mempelajari materi sel, struktur DNA, genetika Mendel, dan mikroorganisme pada kelas sebelumnya, sehingga memiliki modal konsep untuk memahami prinsip bioteknologi. • Minat: sebagian besar peserta didik tertarik pada isu pangan sehat, produk fermentasi (tempe, tape, yoghurt), serta topik kesehatan dan rekayasa genetika yang sering muncul di media sosial. • Latar belakang: peserta didik berasal dari lingkungan yang dekat dengan aktivitas pertanian dan pengolahan pangan tradisional (Aceh), sehingga banyak yang sudah mengenal proses fermentasi secara empiris. • Kebutuhan belajar: peserta didik memerlukan pengalaman belajar konkret (praktikum/proyek) untuk menghubungkan konsep abstrak bioteknologi dengan produk nyata, serta pendampingan dalam berpikir kritis menilai isu etika bioteknologi. • Kesiapan belajar bervariasi (readiness beragam), sehingga diperlukan diferensiasi melalui kelompok kolaboratif dan sumber belajar multimoda (teks, video, objek nyata).
2	Analisis Materi Pelajaran	• Jenis pengetahuan: konseptual (prinsip bioteknologi konvensional & modern), prosedural (tahapan fermentasi, kultur jaringan, rekayasa genetika), dan metakognitif (menilai dampak serta memecahkan masalah nyata dengan bioteknologi). • Relevansi dengan kehidupan nyata: berkaitan langsung dengan produk pangan sehari-hari (tempe, tape, yoghurt, keju), isu ketahanan pangan, kesehatan (insulin, vaksin, antibodi monoklonal), pertanian (tanaman transgenik), dan lingkungan (bioremediasi). • Tingkat kesulitan: sedang hingga tinggi, karena melibatkan konsep mikrobiologi, biokimia, dan genetika molekuler yang bersifat abstrak namun dapat dikonkretkan melalui praktikum dan simulasi. • Struktur materi: bersifat hierarkis – dimulai dari konsep dasar bioteknologi, kemudian bioteknologi konvensional, dilanjutkan

		bioteknologi modern, dan bermuara pada aplikasi/pemecahan masalah nyata (proyek STEM). ● Integrasi nilai dan karakter: kemandirian, gotong royong (kerja kelompok/proyek), berpikir kritis dalam menilai isu etika bioteknologi (rekayasa genetika, kloning), serta kepedulian terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.
3	Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan	● Kimia – reaksi biokimia dalam fermentasi dan enzim. ● Fisika – prinsip kerja alat (sentrifugasi, elektroforesis, bioreaktor sederhana). ● Matematika – pengolahan data hasil pengamatan/eksperimen (grafik pertumbuhan mikroorganisme, perhitungan rendemen produk). ● Teknik/Rekayasa (Engineering) – mendesain alat/prosedur produksi bioteknologi sederhana. ● Prakarya dan Kewirausahaan – pengemasan dan nilai jual produk bioteknologi konvensional. ● Pendidikan Pancasila – diskusi etika dan dampak sosial bioteknologi modern.
4	Dimensi Profil Lulusan	Penalaran Kritis Peserta didik dilatih untuk memperoleh dan memproses informasi serta gagasan tentang bioteknologi secara sistematis, mengevaluasi keakuratan, sudut pandang, serta kelebihan dan kelemahan suatu produk/aplikasi bioteknologi, merefleksikan dan mengevaluasi pemikirannya sendiri, serta mengambil keputusan yang tepat dan mampu menyelesaikan masalah nyata terkait pangan, kesehatan, pertanian, dan lingkungan menggunakan prinsip bioteknologi.

B. Desain Pembelajaran

Komponen	Uraian
Tujuan Pembelajaran	● Peserta didik mampu memahami konsep dasar Bioteknologi. ● Peserta didik mampu memahami prinsip, menganalisis perkembangan, serta menerapkan konsep bioteknologi konvensional dan modern dalam memecahkan masalah nyata.
Topik Pembelajaran	● Konsep dan prinsip dasar Bioteknologi (pengertian, sejarah singkat, ciri utama). ● Bioteknologi Konvensional: prinsip fermentasi dan pemanfaatan mikroorganisme dalam produksi pangan. ● Bioteknologi Modern: rekayasa genetika, kultur jaringan, dan teknologi DNA rekombinan. ● Penerapan Bioteknologi dalam bidang pangan, kesehatan, pertanian, dan lingkungan. ● Proyek STEM: merancang solusi berbasis bioteknologi untuk masalah nyata di lingkungan sekitar, serta dampak sosial-etika bioteknologi.
Praktik Pedagogis	Pembelajaran Terintegrasi STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Peserta didik mempelajari konsep sains (prinsip bioteknologi), memanfaatkan teknologi digital dan laboratorium, merancang/merekayasa produk atau solusi (engineering design process), serta menganalisis data secara matematis. Pendekatan dilakukan melalui kombinasi pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning) dan inkuiri terbimbing, diakhiri dengan produk nyata berupa laporan proyek dan purwarupa/sampel produk bioteknologi sederhana.

Lingkungan Pembelajaran	Budaya Belajar: • Menciptakan iklim belajar yang aman, terbuka, dan saling menghargai pendapat, terutama saat berdiskusi isu etika bioteknologi yang mungkin memunculkan pandangan berbeda. • Mendorong sikap kolaboratif, rasa ingin tahu, serta apresiasi terhadap kearifan lokal (produk fermentasi tradisional Aceh) sebagai bagian dari bioteknologi konvensional. • Guru berperan sebagai fasilitator yang memberi umpan balik membangun dan merayakan proses belajar, bukan hanya hasil akhir. Ruang Fisik: • Ruang kelas yang ditata fleksibel untuk diskusi kelompok. • Laboratorium IPA/Biologi untuk kegiatan praktikum fermentasi dan pengamatan mikroskopis. • Area presentasi/pameran hasil proyek (showcase produk bioteknologi konvensional). Ruang Virtual: • Google Classroom/LMS sekolah sebagai wadah berbagi materi, video, dan pengumpulan tugas. • Forum diskusi daring (Padlet/Google Jamboard) untuk kolaborasi dan curah gagasan proyek.
Kemitraan atau Kolaborasi	• Kolaborasi dengan guru Kimia dan guru Prakarya/Kewirausahaan dalam merancang dan menilai proyek produk fermentasi. • Kemitraan dengan pelaku UMKM produk fermentasi lokal (produsen tempe/tape/keripik) di sekitar Langsa sebagai narasumber tamu atau kunjungan lapangan. • Kolaborasi dengan laboratorium/instansi kesehatan atau perguruan tinggi setempat (jika memungkinkan) untuk sesi berbagi wawasan tentang bioteknologi modern (vaksin, terapi gen). • Kerja sama dengan orang tua/wali dalam mendukung ketersediaan bahan praktik sederhana di rumah. • Kolaborasi antar peserta didik dalam kelompok proyek STEM yang heterogen.
Pemanfaatan Teknologi Digital	• Video pembelajaran dan animasi proses rekayasa genetika/DNA rekombinan (YouTube edukasi, PhET Simulation). • Google Slides/Canva untuk menyusun laporan dan media presentasi proyek secara kolaboratif. • Google Form/Quizizz/Kahoot untuk asesmen formatif interaktif. • Google Classroom/WhatsApp Group sebagai kanal komunikasi dan pengumpulan tugas. • Aplikasi/website simulasi bioteknologi (misalnya Learn.Genetics University of Utah) untuk memvisualisasikan proses kultur jaringan dan rekayasa genetika secara interaktif. • QR Code pada pameran produk untuk menautkan pengunjung ke laporan digital proyek kelompok.

C. Pengalaman Belajar

Setiap pertemuan dirancang mengacu pada Praktik Pedagogis Pembelajaran Terintegrasi STEM, dengan memperhatikan Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna, Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi, Merefleksi) pada setiap tahap kegiatan.

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Awal	- Guru membuka dengan salam, doa, dan menyapa kondisi peserta didik (kesadaran diri). - Apersepsi: menunjukkan gambar/benda produk tempe, tape, dan yoghurt lalu bertanya “Apa persamaan ketiga produk ini?” - Menyampaikan tujuan pembelajaran dan alur kegiatan (STEM – tahap identifikasi masalah). - Kuis pemantik singkat (Assessment for Learning) untuk memetakan pengetahuan awal.	- Berkesadaran: peserta didik diajak menyadari bahwa bioteknologi sudah hadir dalam kehidupan sehari-hari. - Memahami: mengaitkan pengalaman konkret dengan konsep yang akan dipelajari.
Inti	- Peserta didik dalam kelompok kecil membaca/menymak video singkat tentang sejarah dan prinsip dasar bioteknologi. - Diskusi kelompok mengidentifikasi ciri-ciri bioteknologi serta membedakan bioteknologi konvensional dan modern (tahap Science pada STEM). - Setiap kelompok menyusun peta konsep (mind map) menggunakan kertas plano atau Canva. - Presentasi singkat tiap kelompok dan tanggapan dari kelompok lain, dipandu guru sebagai fasilitator. - Guru memberikan penguatan konsep dan meluruskan miskonsepsi.	- Bermakna: peserta didik mengaitkan konsep bioteknologi dengan produk yang mereka kenal. - Mengaplikasi: menyusun peta konsep sebagai representasi pemahaman. - Menggembirakan: diskusi kelompok aktif dan presentasi interaktif.
Penutup	- Peserta didik menyimpulkan bersama guru tentang konsep dasar bioteknologi. - Mengisi lembar refleksi diri singkat (Assessment as Learning). - Guru menyampaikan gambaran kegiatan praktikum fermentasi pada pertemuan berikutnya dan meminta peserta didik membawa bahan sederhana. - Doa penutup.	- Merefleksikan: peserta didik menuliskan hal baru yang dipahami dan pertanyaan yang masih muncul. - Menggembirakan: penutup dengan apresiasi partisipasi kelompok.

Pertemuan 2 (2 JP × 45 menit) – Bioteknologi Konvensional – Praktikum Fermentasi

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Awal	- Salam, doa, dan pengecekan kesiapan alat/bahan praktikum yang dibawa peserta didik. - Apersepsi: mengulas hasil diskusi pertemuan sebelumnya melalui kuis cepat (Quizizz/Kahoot). - Guru menjelaskan target hasil praktikum dan aspek keselamatan kerja di laboratorium.	- Berkesadaran: menumbuhkan kesiapan fisik dan mental sebelum praktikum. - Memahami: mengaitkan teori fermentasi dengan prosedur praktik yang akan dilakukan.

Inti	• Peserta didik dalam kelompok melakukan praktikum sederhana pembuatan produk fermentasi (misalnya tape singkong/yoghurt) mengikuti prosedur kerja (tahap Engineering/Technology pada STEM). • Peserta didik mencatat data pengamatan (waktu, suhu, perubahan tekstur/aroma) dalam lembar kerja – penerapan aspek Matematika (pengolahan data). • Diskusi kelompok menganalisis peran mikroorganisme (misalnya <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, <i>Lactobacillus</i>) dalam proses fermentasi berdasarkan hasil pengamatan dan sumber bacaan (aspek Science). • Guru berkeliling memfasilitasi dan memberikan umpan balik langsung ke tiap kelompok.	• Bermakna: peserta didik mengalami langsung proses bioteknologi konvensional. • Mengaplikasi: menerapkan prosedur ilmiah dan mencatat data secara sistematis. • Menggembirakan: pengalaman praktik langsung yang melibatkan indra dan kerja sama tim.
Penutup	• Kelompok menyampaikan simpulan sementara hasil praktikum (produk akan diamati kembali pada pertemuan berikutnya). • Peserta didik mengisi jurnal proyek dan lembar refleksi diri. • Guru memberikan penguatan tentang prinsip fermentasi dan mengaitkannya dengan kearifan lokal.	• Merefleksikan: menuliskan tantangan yang dihadapi saat praktikum dan cara mengatasinya.

Pertemuan 3 (2 JP × 45 menit) – Bioteknologi Modern – Rekayasa Genetika dan Kultur Jaringan

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Awal	• Salam, doa, dan tinjauan hasil produk fermentasi dari pertemuan sebelumnya. • Apersepsi: menonton cuplikan video singkat tentang produksi insulin menggunakan bakteri hasil rekayasa genetika. • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran tentang bioteknologi modern.	• Berkesadaran: menumbuhkan rasa ingin tahu terhadap teknologi mutakhir. • Memahami: membangun pemahaman awal tentang konsep DNA rekombinan.
Inti	• Peserta didik mengeksplorasi simulasi interaktif proses rekayasa genetika/DNA rekombinan dan kultur jaringan melalui perangkat digital (aspek Technology pada STEM). • Diskusi kelompok menyusun diagram alur (flowchart) tahapan teknologi DNA rekombinan dan kultur jaringan. • Kelompok menganalisis studi kasus penerapan bioteknologi modern (vaksin, tanaman transgenik, kloning) dan mengidentifikasi manfaat serta risikonya. • Presentasi hasil analisis dan diskusi kelas dipandu guru, menekankan penalaran kritis dalam menilai isu ilmiah dan etika.	• Bermakna: mengaitkan teknologi mutakhir dengan isu nyata di masyarakat. • Mengaplikasi: menyusun diagram alur sebagai representasi proses ilmiah yang kompleks. • Menggembirakan: eksplorasi simulasi digital yang interaktif dan menarik.

Penutup	• Peserta didik menyimpulkan perbedaan dan keterkaitan bioteknologi konvensional dan modern. • Mengisi lembar refleksi diri dan penilaian diri/teman sejawat terkait kontribusi dalam diskusi kelompok. • Guru menyampaikan pengantar tugas proyek STEM untuk pertemuan berikutnya.	• Merefleksikan: mengevaluasi pemahaman diri tentang isu etika bioteknologi modern.
----------------	---	---

Pertemuan 4 (3 JP × 45 menit) – Proyek STEM – Merancang Solusi Berbasis Bioteknologi

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
Awal	• Salam, doa, dan ice breaking singkat untuk membangun semangat kerja proyek. • Guru menyampaikan permasalahan nyata di bidang pangan, kesehatan, pertanian, atau lingkungan sebagai pemantik proyek. • Peserta didik dibagi ke dalam kelompok proyek (heterogen) dan menerima lembar kerja proyek (project brief).	• Berkesadaran: membangun kesiapan berpikir untuk memecahkan masalah nyata. • Memahami: mengidentifikasi akar masalah yang akan diselesaikan.
Inti	• Tahap Ask/Identify: kelompok mengidentifikasi dan merumuskan masalah nyata di lingkungan sekitar yang dapat diatasi dengan prinsip bioteknologi. • Tahap Imagine/Plan: kelompok melakukan curah gagasan (brainstorming) solusi menggunakan Google Jamboard/Padlet, lalu memilih satu solusi berbasis prinsip bioteknologi (konvensional/modern) yang paling relevan dan layak (aspek Engineering). • Tahap Create: kelompok merancang rencana kerja, alat, bahan, serta jadwal pelaksanaan proyek termasuk memperkirakan efisiensi/rendemen produk secara sederhana (aspek Matematika). • Guru membimbing tiap kelompok dengan pertanyaan pemandu untuk menajamkan penalaran kritis (menilai kelayakan, dampak, dan alternatif solusi).	• Bermakna: peserta didik merancang solusi untuk masalah otentik di lingkungannya sendiri. • Mengaplikasi: menerapkan proses rekayasa (engineering design process) secara nyata. • Menggembirakan: kebebasan berkreasi dan berkolaborasi dalam merancang solusi.
Penutup	• Setiap kelompok memaparkan rancangan awal proyek secara singkat untuk mendapat umpan balik dari guru dan kelompok lain. • Peserta didik mencatat masukan perbaikan dalam jurnal proyek. • Guru mengingatkan pembagian tugas untuk penyelesaian proyek di luar jam pelajaran serta persiapan presentasi akhir.	• Merefleksikan: mengevaluasi kelayakan rancangan solusi berdasarkan umpan balik yang diterima.

Pertemuan 5 (3 JP × 45 menit) – Presentasi Proyek, Evaluasi Dampak, dan Refleksi Akhir

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Prinsip & Pengalaman Belajar Mendalam
-------	------------------------	---------------------------------------

Awal	• Salam, doa, dan persiapan ruang pameran/presentasi proyek (galeri karya). • Guru menyampaikan mekanisme presentasi (gallery walk) dan kriteria penilaian (rubrik) kepada seluruh kelas.	• Berkesadaran: membangun kesiapan mental untuk tampil dan menerima umpan balik. • Memahami: mengingat kembali keterkaitan seluruh proses belajar dari pertemuan 1–4.
Inti	• Setiap kelompok mempresentasikan produk/rancangan solusi bioteknologi beserta laporan ilmiah (memuat latar belakang masalah, prinsip bioteknologi yang digunakan, prosedur, dan hasil/purwarupa). • Kelompok lain dan guru memberikan pertanyaan serta umpan balik menggunakan lembar penilaian antar-kelompok (peer assessment) – melatih penalaran kritis dalam mengevaluasi karya orang lain. • Diskusi kelas membahas dampak sosial, ekonomi, dan etika dari penerapan bioteknologi (misalnya isu tanaman transgenik, kloning, keamanan pangan) untuk memperdalam penalaran kritis. • Tes tertulis akhir topik (Assessment of Learning) dikerjakan secara individu.	• Bermakna: peserta didik melihat dampak nyata dari solusi yang mereka rancang. • Mengaplikasi: mengomunikasikan hasil kerja ilmiah secara runtut dan logis. • Menggembirakan: suasana pameran/gallery walk yang meriah dan apresiatif.
Penutup	• Guru dan peserta didik menyimpulkan keseluruhan topik Inovasi Bioteknologi serta relevansinya terhadap kehidupan dan masa depan. • Peserta didik mengisi lembar refleksi akhir topik (capaian belajar, tantangan, dan rencana tindak lanjut/pengembangan diri). • Guru memberikan apresiasi kepada seluruh kelompok dan menutup pembelajaran dengan doa.	• Merefleksikan: menyusun refleksi menyeluruh atas proses dan capaian belajar selama lima pertemuan.

D. Asesmen

1. Jenis dan Bentuk Asesmen

Jenis Asesmen	Bentuk	Deskripsi & Contoh Soal/Instrumen
Assessment for Learning (Asesmen untuk Belajar)	• Kuis lisan/tertulis awal • Pertanyaan pemantik • Observasi diskusi kelompok	Dilakukan guru selama proses pembelajaran untuk memantau pemahaman dan memberikan umpan balik segera. Contoh soal (Pertemuan 1, kuis awal): • Menurut pemahamanmu, apa yang dimaksud dengan bioteknologi? Berikan satu contoh produk bioteknologi yang kamu temui sehari-hari. • Apa perbedaan mendasar yang kamu ketahui antara bioteknologi konvensional dan modern?

Assessment as Learning (Asesmen sebagai Belajar)	• Lembar refleksi diri • Penilaian diri & teman sejawat (peer assessment) • Jurnal proyek	Peserta didik terlibat aktif memantau dan merefleksikan proses belajarnya sendiri. Contoh instrumen (Lembar Refleksi Diri – digunakan tiap akhir pertemuan): • Apa satu hal baru yang saya pahami hari ini tentang bioteknologi? • Bagian mana yang masih membingungkan bagi saya, dan apa rencana saya untuk memahaminya lebih baik? • Bagaimana kontribusi saya dalam kerja kelompok hari ini? (skala 1–4 disertai alasan)
Assessment of Learning (Asesmen hasil Belajar)	• Tes tertulis (uraian & pilihan ganda) • Produk & laporan proyek STEM • Presentasi hasil proyek	Dilakukan pada akhir topik untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran secara menyeluruh. Contoh soal tes tertulis: • Jelaskan prinsip dasar bioteknologi konvensional dan berikan dua contoh penerapannya dalam bidang pangan! • Uraikan tahapan utama dalam teknologi DNA rekombinan untuk menghasilkan insulin manusia menggunakan bakteri! • Analisislah satu permasalahan nyata di lingkunganmu (pangan/kesehatan/pertanian/lingkungan) dan rancanglah solusi berbasis prinsip bioteknologi untuk mengatasinya, lengkap dengan alasan ilmiah! • Bandingkan keunggulan dan risiko penerapan tanaman transgenik dari sudut pandang ilmiah, ekonomi, dan etika! Tugas Proyek: Rancang dan buat produk bioteknologi konvensional sederhana (misalnya tape, yoghurt, atau nata de coco) beserta laporan ilmiah dan presentasi hasil.

2. Rubrik Penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

Kriteria	Belum Berkembang (1)	Mulai Berkembang (2)	Berkembang Sesuai Harapan (3)	Sangat Berkembang (4)
Pemahaman Konsep Dasar Bioteknologi	Belum mampu menjelaskan pengertian dan ciri-ciri bioteknologi.	Mampu menjelaskan pengertian bioteknologi namun belum tepat membedakan konvensional dan modern.	Mampu menjelaskan pengertian, ciri, serta membedakan bioteknologi konvensional dan modern dengan tepat.	Mampu menjelaskan secara mendalam disertai contoh kontekstual dan mengaitkannya dengan perkembangan ilmu pengetahuan.
Analisis Prinsip & Perkembangan Bioteknologi	Belum mampu mengidentifikasi prinsip kerja bioteknologi konvensional maupun modern.	Mampu mengidentifikasi prinsip kerja namun analisis masih dangkal/kurang runtut.	Mampu menganalisis prinsip kerja dan perkembangan bioteknologi secara runtut dan logis.	Mampu menganalisis secara kritis dan komprehensif disertai perbandingan berbagai contoh penerapan.

Penerapan dalam Pemecahan Masalah Nyata (Proyek)	Belum mampu merancang solusi berbasis bioteknologi untuk masalah nyata.	Mampu merancang solusi namun kurang relevan/kurang layak diterapkan.	Mampu merancang dan menerapkan solusi berbasis bioteknologi yang relevan dan layak dengan prosedur yang tepat.	Mampu merancang solusi inovatif, layak, efisien, dan mempertimbangkan dampak lebih luas (sosial/ekonomi/lingkungan).
Komunikasi Hasil (Laporan & Presentasi)	Laporan/presentasi belum sistematis dan sulit dipahami.	Laporan/presentasi cukup sistematis namun penjelasan kurang lengkap.	Laporan/presentasi sistematis, jelas, dan didukung data yang memadai.	Laporan/presentasi sistematis, komunikatif, menarik, dan mampu menjawab pertanyaan dengan argumentasi ilmiah yang kuat.

3. Rubrik Penilaian Asesmen Karakter – Dimensi Profil Lulusan: Penalaran Kritis

Indikator Penalaran Kritis	Mulai Berkembang	Layak	Cakap	Mahir
Memperoleh & memproses informasi/gagasan	Menerima informasi apa adanya tanpa menelusuri sumber lain.	Mulai mencari lebih dari satu sumber informasi namun belum membandingkannya.	Mengumpulkan informasi dari beberapa sumber dan membandingkannya secara sederhana.	Mengumpulkan, membandingkan, dan mengorganisasikan informasi dari berbagai sumber secara sistematis dan mandiri.
Menganalisis dan mengevaluasi penalaran	Belum mampu menjelaskan alasan di balik suatu pendapat/data.	Mampu menjelaskan alasan sederhana namun belum menguji kebenarannya.	Mampu menganalisis kelebihan dan kelemahan suatu gagasan/produk bioteknologi secara logis.	Mampu menganalisis dan mengevaluasi secara kritis dengan mempertimbangkan berbagai sudut pandang (ilmiah, etika, sosial).
Merefleksikan pemikiran sendiri	Belum menyadari perlunya meninjau ulang pemikiran/pendapatnya.	Mulai menyadari namun jarang melakukan refleksi atas pemikirannya.	Secara rutin merefleksikan dan memperbaiki pemikirannya berdasarkan bukti/masukan baru.	Secara konsisten dan mendalam merefleksikan, mengoreksi, serta mengembangkan pemikirannya secara mandiri.
Mengambil keputusan & memecahkan masalah	Kesulitan menentukan keputusan/solusi atas suatu masalah bioteknologi.	Mampu menentukan satu solusi namun tanpa pertimbangan matang.	Mampu mengambil keputusan/solusi yang tepat berdasarkan pertimbangan data dan logika.	Mampu mengambil keputusan/solusi terbaik secara mandiri dengan mempertimbangkan berbagai konsekuensi dan alternatif secara matang.

Muslim, S.Pd

RENCANA PEMBELAJARAN MENDALAM

Mata Pelajaran Biologi — Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL)

Tabel Identitas

Nama Satuan Pendidikan	SMA Negeri 1 Langsa
Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Penyusun	Rianti Astelita
Topik	Pewarisan Sifat
Tahun Pelajaran	2026 / 2027
Jumlah Pertemuan	9 x 45 menit (3 kali pertemuan, masing-masing 3 JP)

A. Identifikasi

1. Kesiapan Peserta Didik

Aspek	Deskripsi
Pengetahuan Awal	Peserta didik telah mempelajari substansi genetika (gen, alel, kromosom, DNA, dan RNA) pada topik sebelumnya, sehingga memiliki dasar untuk memahami mekanisme pewarisan sifat dari induk kepada keturunannya.
Minat	Peserta didik umumnya tertarik mengaitkan materi dengan kemiripan sifat fisik dalam keluarga sendiri, kasus golongan darah, warna bunga, hingga isu kelainan genetik dan aplikasi bioteknologi yang sering diberitakan.
Latar Belakang	Kemampuan matematis (perhitungan probabilitas dan rasio) peserta didik bervariasi; sebagian memerlukan pendampingan lebih dalam menyusun dan membaca diagram Punnett.
Kebutuhan Belajar	Diperlukan studi kasus/masalah kontekstual yang autentik, media simulasi persilangan (manual maupun digital), serta pendampingan bertahap dalam analisis data persilangan dan penalaran probabilitas.

2. Analisis Materi Pelajaran

Aspek	Deskripsi
Jenis Pengetahuan	Pengetahuan konseptual (Hukum Mendel, pola pewarisan non-Mendel, pautan gen dan pindah silang) dan pengetahuan prosedural (menyusun diagram Punnett, menghitung probabilitas dan rasio hasil persilangan).
Relevansi dengan Kehidupan Nyata	Materi berkaitan langsung dengan pewarisan sifat dalam keluarga, pemuliaan tanaman dan hewan unggul, diagnosis dan konseling kelainan genetik, serta penerapan genetika dalam bidang kedokteran dan pertanian.

Aspek	Deskripsi
Tingkat Kesulitan	Sedang hingga tinggi, khususnya pada penalaran probabilitas persilangan dihibrid, pola pewarisan non-Mendel, serta konsep pautan gen dan pindah silang yang bersifat abstrak.
Struktur Materi	Materi tersusun secara berjenjang: Hukum Mendel I dan II → persilangan monohibrid dan dihibrid → pola pewarisan non-Mendel → pautan gen dan pindah silang → kelainan genetik → aplikasi genetika dalam kehidupan.
Integrasi Nilai dan Karakter	Ketelitian dan kejujuran ilmiah dalam mengolah data persilangan, empati terhadap individu dengan kelainan genetik, rasa syukur atas keteraturan hukum pewarisan sifat sebagai ciptaan Tuhan Yang Maha Esa, serta kerja sama dalam memecahkan masalah kelompok.

3. Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan

- Matematika — perhitungan probabilitas, rasio, dan statistika sederhana pada hasil persilangan.
- Kimia/Biologi Molekuler — dasar molekuler gen dan alel yang mendasari pola pewarisan sifat.
- Bahasa Indonesia — penyusunan laporan hasil penyelidikan dan penyajian presentasi kelompok.
- Ilmu Kesehatan — pemahaman kelainan genetik pada manusia dan penerapan genetika dalam bidang kedokteran.

4. Dimensi Profil Lulusan

Dimensi	Penjabaran dalam Pembelajaran
Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Menumbuhkan rasa syukur dan kekaguman terhadap keteraturan hukum pewarisan sifat yang mengatur kehidupan makhluk hidup sebagai bagian dari ciptaan Tuhan Yang Maha Esa, serta menumbuhkan empati terhadap individu dengan kelainan genetik.
Penalaran Kritis	Melatih peserta didik merumuskan masalah, menganalisis data persilangan, menghitung probabilitas secara logis, serta menarik kesimpulan berbasis bukti dalam memecahkan studi kasus pewarisan sifat.
Kreativitas	Mendorong peserta didik merancang alternatif solusi/simulasi persilangan serta menyajikan hasil penyelidikan dan aplikasi genetika secara kreatif dan komunikatif.

B. Desain Pembelajaran

1. Tujuan Pembelajaran	Peserta didik mampu merumuskan Hukum Mendel I dan II berdasarkan pengamatan simulasi persilangan dan diskusi kelompok. Peserta didik mampu melakukan perhitungan probabilitas hasil persilangan monohibrid dan dihibrid pada berbagai organisme dengan menggunakan diagram Punnett. Peserta didik mampu menganalisis pola pewarisan sifat non-Mendel (dominansi tidak sempurna, kodominansi, alel ganda, pautan seks) melalui studi kasus dan diskusi. Peserta didik mampu menjelaskan konsep pautan gen dan pindah silang serta dampaknya pada pewarisan sifat setelah menyelesaikan tugas eksplorasi data. Peserta didik mampu mengidentifikasi beberapa jenis kelainan genetik
-------------------------------	---

	pada manusia dan menjelaskan penyebabnya berdasarkan hasil penelusuran informasi. Peserta didik mampu menyajikan contoh aplikasi genetika dalam kehidupan sehari-hari (misalnya, pertanian, kedokteran) melalui presentasi kelompok.
2. Topik Pembelajaran	Pewarisan Sifat: Hukum Mendel, Persilangan Monohibrid-Dihibrid, Pola Pewarisan Non-Mendel, Pautan Gen dan Pindah Silang, Kelainan Genetik, serta Aplikasi Genetika dalam Kehidupan.
3. Praktik Pedagogis	Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem Based Learning), dengan sintaks: • Orientasi peserta didik pada masalah: penyajian studi kasus/fenomena nyata terkait pewarisan sifat. • Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar: pembagian kelompok dan perumusan pertanyaan/masalah penyelidikan. • Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok: pengumpulan data melalui simulasi persilangan, studi literatur, dan diskusi. • Mengembangkan dan menyajikan hasil karya: penyusunan laporan/diagram Punnett dan presentasi hasil penyelidikan. • Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah: refleksi bersama terhadap proses dan hasil pemecahan masalah.
4. Lingkungan Pembelajaran	Dikembangkan budaya belajar yang aman, nyaman, dan saling memuliakan melalui diskusi kelompok yang terbuka terhadap perbedaan pendapat serta empatik terhadap topik kelainan genetik. Pembelajaran berlangsung di ruang kelas (ruang fisik) serta memanfaatkan Google Classroom/Padlet dan aplikasi simulasi genetika daring (ruang virtual).
5. Kemitraan atau Kolaborasi	Kolaborasi antarpeserta didik dalam kelompok penyelidikan masalah, kolaborasi lintas mata pelajaran dengan guru Matematika terkait perhitungan probabilitas, serta pemanfaatan artikel/video edukasi dari sumber tepercaya (jurnal populer, kanal edukasi kesehatan) sebagai referensi studi kasus kelainan genetik dan aplikasi genetika.
6. Pemanfaatan Teknologi Digital	Video/animasi simulasi persilangan Mendel, aplikasi simulasi genetika daring (seperti PhET Interactive Simulations — Mendel's Peas), Google Form/Quizizz untuk asesmen interaktif, Canva/PowerPoint untuk presentasi hasil penyelidikan, serta Google Classroom/Padlet sebagai wadah kolaborasi dan berbagi sumber belajar.

C. Pengalaman Belajar

Pengalaman belajar dirancang mengacu pada Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna, Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi, Merefleksi) dengan praktik pedagogis Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL).

Pertemuan 1 (3 JP x 45 menit) — Hukum Mendel I dan II, Persilangan Monohibrid dan Dihibrid

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	- Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama. - Apersepsi: peserta didik diajak mengamati kemiripan dan perbedaan sifat dalam keluarga sendiri sebagai pemantik. - Orientasi pada masalah: guru menyajikan kasus persilangan tanaman ercis (kisah percobaan Mendel) beserta pertanyaan “Mengapa hasil persilangan generasi kedua menunjukkan perbandingan tertentu?” - Penyampaian tujuan pembelajaran dan alur kegiatan PBL.	Berkesadaran: peserta didik menyadari adanya pola tersembunyi di balik fenomena pewarisan sifat yang mereka alami sendiri.
Inti (105 menit)	Tahap Memahami — Mengorganisasikan untuk belajar: - Peserta didik dibagi ke dalam kelompok kecil dan merumuskan pertanyaan penyelidikan terkait Hukum Mendel I dan II. Tahap Mengaplikasi — Membimbing penyelidikan: - Setiap kelompok melakukan simulasi persilangan monohybrid dan dihibrid (secara manual dengan kartu genotipe atau aplikasi simulasi digital). - Kelompok menyusun diagram Punnett dan menghitung probabilitas serta rasio fenotipe/genotipe hasil persilangan. Mengembangkan dan menyajikan hasil karya: - Kelompok menyusun laporan singkat dan mempresentasikan hasil simulasi beserta simpulan Hukum Mendel I dan II. - Guru memfasilitasi diskusi kelas dan memberikan umpan balik terhadap tiap kelompok.	Bermakna: peserta didik mengaitkan hasil simulasi dengan rumusan hukum ilmiah, sehingga konsep abstrak menjadi konkret melalui data yang mereka olah sendiri.
Penutup (15 menit)	- Menganalisis dan mengevaluasi: peserta didik dan guru bersama-sama mengevaluasi proses penyelidikan dan ketepatan simpulan tiap kelompok. - Kuis singkat sebagai pengecekan pemahaman. - Refleksi: peserta didik menuliskan satu pemahaman baru dan satu kesulitan yang dihadapi. - Guru menyampaikan apresiasi dan menutup pembelajaran dengan doa.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik merayakan keberhasilan memecahkan masalah persilangan melalui apresiasi dan refleksi positif.

Pertemuan 2 (3 JP x 45 menit) — Pewarisan Non-Mendel, Pautan Gen, dan Pindah Silang

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	- Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama. - Apersepsi: mengulas hasil simulasi Pertemuan 1 dan mengaitkannya dengan kasus yang tidak sesuai rasio Mendel klasik (misalnya warna bunga Mirabilis jalapa atau golongan darah sistem ABO). - Orientasi pada masalah: guru menyajikan studi kasus pola pewarisan non-Mendel dan pautan gen sebagai masalah yang perlu dipecahkan kelompok.	Berkesadaran: peserta didik menyadari bahwa tidak semua pewarisan sifat mengikuti pola Mendel sederhana.
Inti (105 menit)	Tahap Memahami — Mengorganisasikan untuk belajar: - Kelompok memilih salah satu studi kasus (dominansi tidak sempurna, kodominansi, alel ganda, pautan seks, atau pautan gen-pindah silang) untuk diselidiki. Tahap Mengaplikasi — Membimbing penyelidikan: - Kelompok mengumpulkan data/informasi dari sumber belajar (artikel, buku, video) dan menyusun diagram persilangan sesuai kasus yang dipilih. - Kelompok menganalisis dampak pautan gen dan pindah silang terhadap variasi hasil persilangan menggunakan data contoh. Mengembangkan dan menyajikan hasil karya: - Kelompok menyusun poster/bagan sederhana dan mempresentasikan hasil penyelidikan kasus pewarisan non-Mendel di depan kelas.	Bermakna: peserta didik memecahkan masalah nyata yang bervariasi antarkelompok, sehingga memperkaya pemahaman kelas secara kolektif.
Penutup (15 menit)	- Menganalisis dan mengevaluasi: kelas menyusun rangkuman perbandingan pola pewarisan Mendel dan non-Mendel. - Kuis singkat/tanya jawab sebagai pengecekan pemahaman. - Refleksi: peserta didik menuliskan kasus pewarisan non-Mendel yang paling menarik dan alasannya. - Guru menyampaikan apresiasi dan menutup pembelajaran dengan doa.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik mensyukuri keragaman pola pewarisan sifat sebagai kekayaan pengetahuan yang menarik untuk dipelajari.

Pertemuan 3 (3 JP x 45 menit) — Kelainan Genetik dan Aplikasi Genetika dalam Kehidupan

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	- Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama. - Apersepsi: mengaitkan materi pautan seks pada Pertemuan 2 dengan contoh kelainan genetik	Berkesadaran: peserta didik menyadari dampak nyata pewarisan sifat terhadap kehidupan

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
	terkait kromosom seks (misalnya buta warna atau hemofilia). Orientasi pada masalah: guru menyajikan studi kasus kelainan genetik pada manusia dan tantangan penerapan genetika dalam bidang pertanian/kedokteran.	manusia, termasuk aspek kesehatan.
Inti (105 menit)	Tahap Memahami — Mengorganisasikan untuk belajar: - Kelompok memilih satu topik: jenis kelainan genetik pada manusia, atau aplikasi genetika dalam pertanian/kedokteran, sebagai fokus penyelidikan. Tahap Mengaplikasi — Membimbing penyelidikan: - Kelompok menelusuri informasi mengenai penyebab, pola pewarisan, dan dampak kelainan genetik yang dipilih, atau mengenai penerapan genetika (misalnya pemuliaan tanaman unggul, terapi gen, tes DNA). Mengembangkan dan menyajikan hasil karya: - Kelompok menyusun infografis/presentasi digital dan menyajikan hasil penyelidikan beserta rekomendasi/edukasi terkait topik yang dipilih. - Kelas memberikan tanggapan dan pertanyaan pada sesi presentasi antarkelompok.	Bermakna: peserta didik menghubungkan konsep genetika dengan isu kesehatan dan pangan yang relevan bagi masyarakat.
Penutup (15 menit)	- Menganalisis dan mengevaluasi: kelas dan guru menyimpulkan keterkaitan seluruh sub-topik pewarisan sifat yang telah dipelajari. - Peserta didik mengerjakan tes formatif akhir topik (post test). - Refleksi akhir topik: peserta didik mengisi lembar refleksi diri atas keseluruhan proses belajar. - Guru memberikan apresiasi, motivasi, dan menutup pembelajaran dengan doa syukur.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik mensyukuri manfaat ilmu genetika bagi kehidupan dan mengakhiri topik dengan suasana positif.

D. Asesmen

1. Jenis Asesmen

Jenis Asesmen	Bentuk	Waktu Pelaksanaan
Assessment for Learning (Asesmen untuk Pembelajaran)	Observasi diskusi dan penyelidikan kelompok, tanya jawab lisan, serta kuis singkat untuk memantau pemahaman peserta didik selama proses PBL.	Selama proses pembelajaran (Pertemuan 1–3)
Assessment as Learning (Asesmen sebagai Pembelajaran)	Penilaian diri (self-assessment) dan penilaian antarteman (peer-assessment) terhadap	Akhir tiap pertemuan

Jenis Asesmen	Bentuk	Waktu Pelaksanaan
	proses penyelidikan dan kontribusi dalam kelompok.	
Assessment of Learning (Asesmen hasil Pembelajaran)	Tes tertulis (pilihan ganda dan esai/soal hitungan probabilitas) serta penilaian produk laporan/presentasi hasil penyelidikan kelompok.	Akhir Pertemuan 3

2. Soal Latihan

A. Pilihan Ganda

- Persilangan antara tanaman ercis berbiji bulat-kuning (BbKk) dengan sesamanya menghasilkan keturunan dengan rasio fenotipe 9:3:3:1. Persilangan ini merupakan contoh penerapan (a. Hukum Mendel I b. Hukum Mendel II c. pautan gen d. kodominansi e. alel ganda)
- Peristiwa munculnya warna bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*) merah muda dari persilangan induk merah dan putih merupakan contoh (a. kodominansi b. dominansi tidak sempurna c. alel ganda d. pautan seks e. epistasis)
- Golongan darah sistem ABO pada manusia merupakan contoh pola pewarisan sifat yang melibatkan (a. pautan gen b. pindah silang c. alel ganda d. pautan seks e. dominansi tidak sempurna)

B. Esai / Hitungan

- Sebuah tanaman bergenotipe AaBb disilangkan dengan sesamanya. Buatlah diagram Punnett dan tentukan rasio genotipe serta fenotipe keturunannya (persilangan dihibrid).
- Jelaskan perbedaan antara pautan gen dan pindah silang, serta pengaruhnya terhadap variasi genetik keturunan.
- Pilih salah satu kelainan genetik pada manusia (misalnya buta warna, hemofilia, atau albinisme), lalu jelaskan penyebab dan pola pewarisannya.

3. Rubrik Penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

Kriteria	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Ketepatan merumuskan Hukum Mendel I dan II	Merumuskan kedua hukum secara tepat, lengkap, dan didukung data simulasi.	Merumuskan kedua hukum dengan tepat namun kurang didukung data.	Merumuskan sebagian hukum dengan tepat, sebagian masih keliru.	Belum mampu merumuskan Hukum Mendel dengan tepat.
Ketepatan perhitungan probabilitas persilangan (Punnett)	Diagram Punnett dan perhitungan probabilitas/rasio tepat dan lengkap untuk kasus monohibrid maupun dihibrid.	Diagram dan perhitungan tepat untuk sebagian besar kasus.	Diagram dan perhitungan tepat untuk kasus sederhana (monohibrid) saja.	Belum mampu menyusun diagram Punnett/perhitungan probabilitas dengan tepat.
Kedalaman analisis pewarisan non-	Menganalisis pola non-Mendel dan pautan gen secara tepat, kritis, dan	Menganalisis dengan tepat namun contoh kurang bervariasi.	Analisis masih dangkal, sebagian konsep belum tepat.	Belum mampu menganalisis pola non-Mendel/pautan gen dengan tepat.

Kriteria	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Mendel dan pautan gen	disertai contoh relevan.			
Kualitas produk dan presentasi hasil penyelidikan	Produk (laporan/infografis) informatif, akurat, dan dipresentasikan dengan jelas serta percaya diri.	Produk cukup informatif dan dipresentasikan dengan cukup jelas.	Produk kurang informatif atau presentasi kurang jelas.	Produk dan presentasi belum memenuhi kriteria yang diharapkan.

4. Penilaian Asesmen Diri

Peserta didik mengisi rubrik berikut secara jujur berdasarkan pemahaman dan sikap belajarnya.

Pernyataan	Sangat Setuju (4)	Setuju (3)	Kurang Setuju (2)	Tidak Setuju (1)
Saya memahami Hukum Mendel I dan II dengan baik.				
Saya mampu menyusun diagram Punnett dan menghitung probabilitas hasil persilangan.				
Saya memahami pola pewarisan non-Mendel dan konsep pautan gen/pindah silang.				
Saya berperan aktif dalam penyelidikan dan diskusi kelompok.				
Saya dapat merefleksikan proses belajar saya pada topik ini.				

5. Penilaian Asesmen Karakter

Rubrik ini digunakan guru untuk menilai perkembangan karakter peserta didik berdasarkan Dimensi Profil Lulusan yang menjadi fokus pembelajaran.

Dimensi Profil Lulusan	Sangat Berkembang (4)	Berkembang (3)	Mulai Berkembang (2)	Belum Berkembang (1)
Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Secara konsisten menunjukkan rasa syukur atas keteraturan hukum pewarisan sifat dan empati terhadap individu dengan kelainan genetik.	Menunjukkan rasa syukur dan empati pada beberapa kesempatan.	Menunjukkan rasa syukur/empati hanya ketika diarahkan guru.	Belum menunjukkan rasa syukur atau empati.
Penalaran Kritis	Secara konsisten merumuskan masalah, menganalisis data	Mampu merumuskan masalah dan menganalisis data	Menganalisis data secara sederhana, masih memerlukan banyak bimbingan.	Belum mampu merumuskan masalah atau

Dimensi Profil Lulusan	Sangat Berkembang (4)	Berkembang (3)	Mulai Berkembang (2)	Belum Berkembang (1)
	persilangan, dan menyimpulkan secara logis dan mandiri.	dengan cukup logis, sesekali memerlukan bimbingan.		menganalisis data dengan tepat.
Kreativitas	Menghasilkan solusi/penyajian hasil penyelidikan yang orisinal, inovatif, dan komunikatif.	Menghasilkan penyajian hasil penyelidikan yang cukup kreatif.	Menghasilkan penyajian hasil penyelidikan dengan kreativitas terbatas.	Belum menunjukkan kreativitas dalam menyajikan hasil penyelidikan.

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD 1: Hukum Mendel I dan II — Persilangan Monohibrid dan Dihibrid

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Hukum Mendel I dan II, Persilangan Monohibrid dan Dihibrid
Alokasi Waktu	3 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Orientasi Masalah

Seorang petani menyilangkan tanaman ercis berbiji bulat-kuning (BbKk) dengan sesamanya. Ia ingin mengetahui kombinasi sifat apa saja yang mungkin muncul pada keturunannya beserta perbandingan (rasio) masing-masing kombinasi tersebut.

B. Tujuan

- Peserta didik mampu merumuskan Hukum Mendel I dan II berdasarkan hasil simulasi persilangan.
- Peserta didik mampu menghitung probabilitas hasil persilangan monohibrid dan dihibrid menggunakan diagram Punnett.

C. Langkah Kegiatan

- 1. Rumuskan pertanyaan penyelidikan kelompok terkait masalah di atas.
- 2. Lakukan simulasi persilangan monohibrid (Bb x Bb) menggunakan kartu genotipe/aplikasi simulasi, catat hasilnya pada Tabel 1.
- 3. Lakukan simulasi persilangan dihibrid (BbKk x BbKk), susun diagram Punnett pada kolom yang tersedia.
- 4. Hitung rasio genotipe dan fenotipe hasil persilangan dihibrid pada Tabel 2.
- 5. Presentasikan hasil dan simpulan kelompok mengenai Hukum Mendel I dan II.

D. Tabel 1 — Hasil Persilangan Monohibrid (Bb x Bb)

Genotipe	Jumlah	Fenotipe	Rasio
BB			
Bb			
bb			

E. Diagram Punnett Persilangan Dihibrid (BbKk x BbKk)

Gambarkan/tempelkan diagram Punnett 4 x 4 hasil simulasi kelompok pada kolom di bawah ini:

F. Tabel 2 — Rasio Genotipe dan Fenotipe Persilangan Dihibrid

Kombinasi Fenotipe	Jumlah	Rasio
Bulat-Kuning		
Bulat-Hijau		
Kisut-Kuning		
Kisut-Hijau		

G. Pertanyaan Diskusi

- 1. Berdasarkan Tabel 1, bagaimana rasio genotipe dan fenotipe yang diperoleh? Bagaimana kaitannya dengan Hukum Mendel I (Hukum Segregasi)?
- 2. Berdasarkan Tabel 2, apakah rasio fenotipe yang diperoleh mendekati 9:3:3:1? Bagaimana kaitannya dengan Hukum Mendel II (Hukum Pemilihan Bebas)?
- 3. Apa kesulitan yang dialami kelompok Anda dalam menyusun diagram Punnett dihibrid?

H. Refleksi

- Satu hal baru yang saya pelajari hari ini:

LKPD 2: Pewarisan Non-Mendel, Pautan Gen, dan Pindah Silang

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Pewarisan Non-Mendel, Pautan Gen, dan Pindah Silang
Alokasi Waktu	3 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Orientasi Masalah

Pada beberapa kasus persilangan, hasil keturunan tidak menunjukkan rasio fenotipe sesuai Hukum Mendel klasik. Misalnya, persilangan bunga pukul empat merah dan putih menghasilkan keturunan berwarna merah muda, atau beberapa sifat pada manusia cenderung selalu diwariskan bersama-sama.

B. Tujuan

- Peserta didik mampu menganalisis pola pewarisan sifat non-Mendel (dominansi tidak sempurna, kodominansi, alel ganda, pautan seks) melalui studi kasus.
- Peserta didik mampu menjelaskan konsep pautan gen dan pindah silang serta dampaknya pada pewarisan sifat.

C. Langkah Kegiatan

- 1. Pilih salah satu studi kasus bersama kelompok: dominansi tidak sempurna, kodominansi, alel ganda, pautan seks, atau pautan gen-pindah silang.
- 2. Telusuri informasi terkait kasus tersebut dari sumber belajar yang tersedia (artikel, buku, video).
- 3. Susun diagram persilangan yang sesuai dengan kasus pada kolom yang tersedia.
- 4. Lengkapi Tabel Analisis Pola Pewarisan Non-Mendel.
- 5. Presentasikan hasil penyelidikan kelompok.

D. Tabel Analisis Pola Pewarisan Non-Mendel

Aspek	Hasil Penyelidikan Kelompok
Jenis pola pewarisan yang dipilih	
Contoh kasus/organisme	
Penjelasan mekanisme pewarisan	
Perbedaan dengan pola Mendel klasik	

E. Diagram Persilangan Kasus Terpilih

Gambarkan diagram persilangan sesuai kasus yang dipilih kelompok pada kolom berikut:

F. Pertanyaan Diskusi

- 1. Mengapa kasus yang kelompok Anda pilih tidak mengikuti rasio Mendel klasik (3:1 atau 9:3:3:1)?
- 2. Jelaskan bagaimana pautan gen dapat memengaruhi variasi genetik keturunan, dan bagaimana peristiwa pindah silang dapat menghasilkan kombinasi gen baru.
- 3. Sebutkan satu contoh penerapan pemahaman tentang pautan seks dalam kehidupan sehari-hari.

G. Refleksi

- Kasus pewarisan non-Mendel yang paling menarik bagi saya:

LKPD 3: Kelainan Genetik pada Manusia dan Aplikasi Genetika dalam Kehidupan

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Kelainan Genetik pada Manusia dan Aplikasi Genetika
Alokasi Waktu	3 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Orientasi Masalah

Beberapa keluarga memiliki riwayat kelainan genetik tertentu yang diturunkan lintas generasi, sementara di sisi lain, ilmu genetika kini banyak dimanfaatkan dalam bidang pertanian dan kedokteran untuk meningkatkan kualitas hidup manusia.

B. Tujuan

- Peserta didik mampu mengidentifikasi jenis kelainan genetik pada manusia dan menjelaskan penyebabnya.
- Peserta didik mampu menyajikan contoh aplikasi genetika dalam kehidupan sehari-hari (pertanian, kedokteran).

C. Langkah Kegiatan

1. Pilih salah satu fokus penyelidikan bersama kelompok: (a) satu jenis kelainan genetik pada manusia, atau (b) satu aplikasi genetika dalam pertanian/kedokteran.
2. Telusuri informasi terkait topik yang dipilih dari sumber belajar yang terpercaya.
3. Lengkapi Tabel Hasil Penyelidikan sesuai topik yang dipilih.
4. Susun infografis/presentasi digital sederhana.
5. Presentasikan hasil penyelidikan dan berikan rekomendasi/edukasi terkait topik tersebut kepada kelas.

D. Tabel Hasil Penyelidikan — Kelainan Genetik (jika dipilih)

Aspek	Hasil Penyelidikan
Nama kelainan genetik	
Penyebab (kromosom/gen yang terlibat)	
Pola pewarisan	
Gejala/dampak bagi penderita	
Upaya penanganan/pencegahan	

E. Tabel Hasil Penyelidikan — Aplikasi Genetika (jika dipilih)

Aspek	Hasil Penyelidikan
Bidang penerapan (pertanian/kedokteran)	
Nama teknik/produk genetika	
Prinsip genetika yang mendasari	
Manfaat bagi kehidupan manusia	

F. Pertanyaan Diskusi

- 1. Bagaimana pemahaman tentang pola pewarisan sifat dapat membantu upaya pencegahan atau penanganan kelainan genetik?
- 2. Bagaimana penerapan ilmu genetika dapat memberikan manfaat bagi ketahanan pangan atau bidang kesehatan masyarakat?

G. Kesimpulan Akhir Topik

- Tuliskan kesimpulan kelompok mengenai keterkaitan Hukum Mendel, pewarisan non-Mendel, pautan gen, kelainan genetik, dan aplikasi genetika sebagai satu kesatuan topik Pewarisan Sifat:

H. Refleksi Diri

- Bagian materi yang sudah saya pahami dengan baik:
- Bagian materi yang masih perlu saya pelajari lagi:
- Perasaan saya setelah mengikuti pembelajaran topik ini:

Rencana Pembelajaran Mendalam Mapel Biologi
Buat dalam Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) dan Diskusi Kelompok.

Tabel Identitas (Buatkan dalam Tabel)

Nama Satuan Pendidikan : SMA Negeri 1 Langsa

Mata Pelajaran : Biologi

Kelas / Fase : XII / F

Penyusun : Rianti Astelita

Topik : Evolusi

Tahun Pelajaran : 2026 / 2027

Jumlah Pertemuan : 8 x 45 menit (4 kali pertemuan)

Tujuan Pembelajaran "Peserta didik mampu menjelaskan pengertian evolusi dan konsep dasar yang meliputinya (variasi, pewarisan, seleksi). Peserta didik mampu mengidentifikasi dan membandingkan teori evolusi pra-Darwin (misalnya Lamarck) dengan teori Darwin-Wallace (seleksi alam) setelah melakukan diskusi kelompok. Peserta didik mampu menganalisis pentingnya variasi dalam populasi sebagai dasar terjadinya evolusi dengan memberikan contoh nyata. Peserta didik mampu mengidentifikasi berbagai mekanisme evolusi selain seleksi alam (mutasi, migrasi, hanyutan genetik, rekombinasi gen) melalui studi kasus. Peserta didik mampu menjelaskan bagaimana mekanisme-mekanisme tersebut berkontribusi pada perubahan frekuensi alel dalam populasi dengan contoh simulasi sederhana. Peserta didik mampu memprediksi arah perubahan genetik dalam suatu populasi jika terjadi perubahan lingkungan atau tekanan seleksi tertentu. Peserta didik mampu menganalisis berbagai bukti evolusi (fosil, anatomi perbandingan, embriologi perbandingan, biokimia, biogeografi) melalui eksplorasi berbagai sumber. Peserta didik mampu menjelaskan konsep spesiasi dan berbagai mekanisme yang mendasarinya (isolasi geografis, isolasi reproduksi) dengan memberikan contoh. Peserta didik mampu menghubungkan bukti-bukti evolusi dengan konsep spesiasi untuk memahami pembentukan spesies baru. Peserta didik mampu mengidentifikasi dampak evolusi dalam kehidupan modern (misalnya, resistensi antibiotik, perkembangan virus, pemuliaan). Peserta didik mampu merancang proyek sederhana untuk menginvestigasi salah satu isu terkini terkait evolusi yang relevan dengan lingkungan sekitar. Peserta didik mampu menyajikan hasil proyek mereka dan merefleksikan pentingnya memahami evolusi dalam menjaga keberlanjutan hidup di Bumi."

Hal yang perlu diperhatikan adalah :

A. Identifikasi (buatkan dalam Tabel)

- 1) "Kesiapan Peserta Didik". Fase sebelum belajar, seperti pengetahuan awal, minat, latar belakang, dan kebutuhan belajar
- 2) "Analisis Materi Pelajaran". Yaitu jenis pengetahuan yang akan dicapai, relevansi dengan kehidupan nyata peserta didik, tingkat kesulitan, struktur materi, serta integrasi nilai dan karakter
- 3) Tuliskan "Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan" (Jika ada)
- 4) Dimensi Profil Lulusan : Keimanan dan ketaqwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa, penalaran kritis dan kreativitas

B. Desain Pembelajaran (buatkan dalam Tabel)

1. Tuliskan Tujuan Pembelajaran yaitu : "Peserta didik mampu menjelaskan pengertian evolusi dan konsep dasar yang meliputinya (variasi, pewarisan, seleksi). Peserta didik mampu mengidentifikasi dan membandingkan teori evolusi pra-Darwin (misalnya Lamarck) dengan teori Darwin-Wallace (seleksi alam) setelah melakukan diskusi kelompok. Peserta didik mampu menganalisis pentingnya variasi dalam populasi sebagai dasar terjadinya evolusi dengan memberikan contoh nyata. Peserta didik mampu mengidentifikasi berbagai mekanisme evolusi selain seleksi alam (mutasi, migrasi, hanyutan genetik, rekombinasi gen) melalui studi kasus. Peserta didik mampu menjelaskan bagaimana mekanisme-mekanisme tersebut berkontribusi pada perubahan frekuensi alel dalam populasi dengan contoh simulasi sederhana. Peserta didik mampu memprediksi arah perubahan genetik dalam suatu populasi jika terjadi perubahan lingkungan atau tekanan seleksi tertentu. Peserta didik mampu menganalisis berbagai bukti evolusi (fosil, anatomi perbandingan, embriologi perbandingan, biokimia, biogeografi) melalui eksplorasi berbagai sumber. Peserta didik mampu menjelaskan konsep spesiasi dan berbagai mekanisme yang mendasarinya (isolasi geografis, isolasi reproduksi) dengan memberikan contoh. Peserta didik mampu menghubungkan bukti-bukti evolusi dengan konsep spesiasi untuk memahami pembentukan spesies baru. Peserta didik mampu mengidentifikasi dampak evolusi dalam kehidupan modern (misalnya, resistensi antibiotik, perkembangan virus, pemuliaan). Peserta didik mampu merancang proyek sederhana untuk menginvestigasi salah satu isu terkini terkait evolusi yang relevan dengan lingkungan sekitar. Peserta didik mampu menyajikan hasil proyek mereka dan merefleksikan pentingnya memahami evolusi dalam menjaga keberlanjutan hidup di Bumi."

2. Tuliskan "Topik Pembelajaran" yang Relevan dengan capaian dan tujuan pembelajaran

3. Praktik Pedagogis : Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) dan Diskusi Kelompok.

4. Lingkungan Pembelajaran: Tuliskan lingkungan pembelajaran yang ingin dikembangkan dalam budaya belajar, ruang fisik dan/atau ruang virtual. Budaya belajar dikembangkan agar tercipta iklim belajar yang aman, nyaman, dan saling memuliakan

5. Tuliskan kegiatan "Kemitraan atau Kolaborasi" dalam dan/atau luar lingkup sekolah

6. Tuliskan "Pemanfaatan Teknologi Digital" untuk menciptakan pembelajaran yang interaktif, kolaboratif, dan kontekstual

C. Pengalaman Belajar (buatkan dalam Tabel)

Buatkan langkah pembelajaran mulai Awal Pembelajaran, Inti dan Penutup, sesuai dengan Praktik Pedagogis di atas dan buat keterkaitan dengan Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna dan Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi dan Merefleksi). Buatkan detail aktivitas pembelajaran per pertemuan sesuai dengan jumlah pertemuan.

D. Asesmen (buatkan dalam Tabel)

Buatkan Asesmen meliputi Assessment for Learning, Assessment as Learning dan Assessment of Learning,. Buatkan soal latihan sesuai dengan Asesmen di atas. Buatkan rubrik penilaian terhadap Asesmen tersebut dalam bentuk tabel rubrik penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran.

Buatkan Penilaian Asesmen Diri (Dalam bentuk tabel Rubrik Penilaian)

Buatkan Penilaian Asesmen Karakter. (Dalam bentuk tabel Rubrik Penilaian), sesuai dengan Dimensi Profil Lulusan

Buatkan juga LKPD untuk jumlah pertemuan yang ditetapkan

MODUL AJAR

KEANEKARAGAMAN HAYATI

Pendekatan Understanding by Design (UbD) — SMA Jaya Langsa

A. IDENTITAS MODUL AJAR

Nama Penyusun	Guru Mata Pelajaran Biologi
Institusi	SMA Jaya Langsa
Tahun Penyusunan	2026
Jenjang Sekolah	Sekolah Menengah Atas (SMA)
Kelas / Fase	X (Sepuluh) / Fase E
Mata Pelajaran	Biologi
Materi Pokok	Keanekaragaman Hayati (Tingkat Gen, Jenis, dan Ekosistem)
Jumlah Pertemuan	1 (satu) kali pertemuan
Alokasi Waktu	2 x 45 menit (90 menit)
Model Pembelajaran	Problem Based Learning (PBL)
Pendekatan	Saintifik, berbasis pembelajaran mendalam (Mindful, Meaningful, Joyful)
Moda Pembelajaran	Tatap muka (Luring) dipadukan dengan media digital

B. IDENTIFIKASI

Murid

Pengetahuan Awal	Murid telah mengenal konsep makhluk hidup dan ciri-cirinya dari jenjang SMP. Murid telah mengenal secara sederhana pengelompokan hewan dan tumbuhan di lingkungan sekitar. Murid memiliki pengalaman visual terhadap berbagai jenis flora dan fauna melalui lingkungan sehari-hari maupun media digital.
Karakteristik Murid	Murid kelas X Fase E berusia sekitar 15–16 tahun dengan rasa ingin tahu tinggi. Gaya belajar bervariasi: visual, auditori, dan kinestetik sehingga media pembelajaran perlu bervariasi. Murid terbiasa dengan gawai/gadget sehingga pemanfaatan media digital dapat meningkatkan motivasi belajar. Murid reguler tanpa kebutuhan khusus yang dilaporkan; pembelajaran tetap dirancang inklusif dan berdiferensiasi.

Materi Pelajaran

Materi Pelajaran	Keanekaragaman Hayati (Biodiversitas): tingkat gen, tingkat jenis (spesies), dan tingkat ekosistem, serta upaya pelestariannya di Indonesia.
------------------	--

Dimensi Profil Lulusan

Dipilih 5 dari 8 dimensi Profil Lulusan yang relevan dengan capaian pembelajaran materi Keanekaragaman Hayati:

No	Dimensi Profil Lulusan	Bentuk Penerapan dalam Pembelajaran
1	Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Murid mensyukuri kekayaan keanekaragaman hayati sebagai ciptaan Tuhan Yang Maha Esa dan bertanggung jawab menjaganya.
2	Penalaran Kritis	Murid menganalisis faktor penyebab dan ancaman terhadap keanekaragaman hayati melalui pemecahan masalah kontekstual.
3	Kreativitas	Murid merancang produk/laporan hasil pengamatan keanekaragaman hayati secara kreatif dan inovatif.
4	Kolaborasi	Murid bekerja sama dalam kelompok untuk mengklasifikasi dan mendiskusikan hasil pengamatan.
5	Komunikasi	Murid mengomunikasikan hasil analisis dan simpulan secara lisan maupun tertulis di depan kelas.

C. DESAIN PEMBELAJARAN

Capaian Pembelajaran (CP)	Elemen Pemahaman Biologi: Pada akhir Fase E, murid memahami konsep keanekaragaman hayati pada tingkat gen, jenis, dan ekosistem, mendeskripsikan sebaran flora-fauna Indonesia, serta menjelaskan pentingnya pelestarian keanekaragaman hayati dalam mendukung keseimbangan lingkungan dan pembangunan berkelanjutan (SDGs). Elemen Keterampilan Proses: Murid mengamati, mengklasifikasikan, menganalisis, dan mengomunikasikan data keanekaragaman hayati di lingkungan sekitar melalui kerja ilmiah sederhana, sesuai Capaian Pembelajaran Biologi Fase E berdasarkan Keputusan Kepala BSKAP Kemendikdasmen Nomor 046/H/KR/2025.
Lintas Disiplin Ilmu	Geografi: persebaran flora, fauna, dan bioma di Indonesia (garis Wallace dan Weber). Kimia: peran unsur dan senyawa dalam mendukung kehidupan organisme pada suatu ekosistem. Pendidikan Pancasila/PPKn: kesadaran hukum dan tanggung jawab warga negara dalam pelestarian lingkungan. Seni Budaya: apresiasi keindahan keanekaragaman hayati melalui karya visual/poster.
Tujuan Pembelajaran (TP)	1. Murid mampu mengidentifikasi tingkat keanekaragaman hayati (gen, jenis, ekosistem) melalui pengamatan lingkungan sekitar dengan tepat. 2. Murid mampu menganalisis faktor penyebab dan ancaman terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia secara kritis. 3. Murid mampu mengklasifikasikan contoh flora dan fauna berdasarkan tingkat keanekaragaman hayati secara sistematis. 4. Murid mampu mengomunikasikan hasil analisis upaya pelestarian keanekaragaman hayati secara kreatif dan bertanggung jawab.
Topik Pembelajaran	Keanekaragaman Hayati: Tingkat Gen, Jenis, dan Ekosistem serta Upaya Pelestariannya
Praktik Pedagogis	Model Pembelajaran: Problem Based Learning (PBL). Pendekatan: Saintifik (mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, mengomunikasikan). Metode: Diskusi kelompok, pengamatan langsung/gambar, tanya jawab, dan presentasi. Pemilihan PBL didasarkan pada karakter materi yang kontekstual dan berorientasi masalah nyata, sehingga mendukung tercapainya dimensi Penalaran Kritis, Kreativitas, dan Kolaborasi.
Kemitraan Pembelajaran	Orang tua/wali murid: mendukung penugasan pengamatan lingkungan rumah. Petugas Taman/Kebun Sekolah atau Dinas Lingkungan Hidup setempat (jika memungkinkan): narasumber tamu. Komunitas pencinta alam/lingkungan sekolah sebagai mitra kegiatan literasi lingkungan. Perpustakaan sekolah sebagai penyedia sumber referensi tambahan.
Lingkungan Pembelajaran	Fisik: ruang kelas dan lingkungan sekolah (taman/kebun sekolah) sebagai objek pengamatan langsung. Virtual: platform digital (video, gambar, aplikasi identifikasi spesies) untuk memperluas wawasan. Budaya: kelas yang terbuka, kolaboratif, saling menghargai pendapat, dan mendukung eksplorasi rasa ingin tahu murid.

Pemanfaatan Digital	PPT interaktif materi Keanekaragaman Hayati. Video pembelajaran keanekaragaman hayati Indonesia (YouTube edukasi).
---------------------	--

D. PENGALAMAN BELAJAR

Langkah-langkah pembelajaran dirancang berbasis *Mindful (Berkesadaran)*, *Meaningful (Bermakna)*, dan *Joyful (Menyenangkan)* mengikuti sintaks model *Problem Based Learning (PBL)*.

1. Kegiatan Awal (Berkesan dan Bermakna) — ± 20 menit

Tahap	Deskripsi Kegiatan	Waktu
Pembukaan	Guru membuka pembelajaran dengan salam, menyapa, dan mengajak murid berdoa bersama sebagai wujud rasa syukur (Keimanan dan Ketakwaan). Guru dan murid menyanyikan lagu nasional 'Indonesia Raya' untuk menumbuhkan semangat cinta tanah air sekaligus mengaitkan dengan kekayaan alam Indonesia. Guru memeriksa kehadiran dan kesiapan belajar murid.	10 menit
Ice Breaking	Permainan 'Tebak Gambar Flora-Fauna Indonesia' — murid menebak nama hewan/tumbuhan khas Indonesia dari gambar yang ditampilkan secara cepat untuk membangkitkan semangat belajar.	
Apersepsi & Pertanyaan Pemantik	Guru mengaitkan materi dengan pengalaman murid melalui pertanyaan pemantik: 1) 'Pernahkah kalian memperhatikan bahwa tidak ada satu pun kucing atau daun yang persis sama? Mengapa demikian?' 2) 'Mengapa Indonesia disebut sebagai negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia?' Guru menampung jawaban murid sebagai asesmen awal pembelajaran (lisan).	
Orientasi Masalah & Tujuan	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan garis besar kegiatan yang akan dilakukan. Guru menampilkan gambar/video singkat fenomena hilangnya suatu spesies akibat kerusakan habitat sebagai pemantik masalah PBL.	

2. Kegiatan Inti (Memahami, Mengaplikasikan, Merefleksi) — ± 70 menit

Tahap	Deskripsi Kegiatan	Waktu
Orientasi Murid pada Masalah	Guru menayangkan PPT Murid diajak mengidentifikasi masalah: 'Mengapa hilangnya satu spesies dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem?'	10 menit
Mengorganisasi Murid untuk Belajar	Guru membagi murid ke dalam kelompok kecil (4–5 orang) secara heterogen. Guru membagi kelompok dengan menggunakan Team Picker Wheel Setiap kelompok menerima LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) yang berisi studi kasus keanekaragaman hayati tingkat gen, jenis, dan ekosistem.	10 menit
Membimbing Penyelidikan Individu/Kelompok	Murid mengumpulkan data dan mendiskusikan faktor penyebab keanekaragaman hayati serta ancaman kelestariannya bersama kelompok. Guru berkeliling membimbing, memberi scaffolding, dan memastikan keterlibatan aktif tiap anggota kelompok.	15 menit

Tahap	Deskripsi Kegiatan	Waktu
Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya	Setiap kelompok menyusun hasil diskusi dalam LKPD.pada Kelompok mempresentasikan hasil kerja di depan kelas secara bergantian Murid diajak melakukan refleksi berkesadaran (mindful reflection): menuliskan satu hal baru yang dipelajari dan satu perasaan yang dirasakan selama pembelajaran. Guru memberikan pertanyaan reflektif, misalnya: 'Apa aksi sederhana yang dapat kalian lakukan untuk menjaga keanekaragaman hayati di sekitar kalian?' Murid mengerjakan soal tes tertulis (pilihan ganda dan uraian) sebagai asesmen akhir pembelajaran (lihat Lampiran 1).dengan menggunakan wheels of name.	15 menit
Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah	Permainan 'Klasifikasi Cepat' — tiap kelompok mengurutkan kartu gambar makhluk hidup ke dalam kategori keanekaragaman gen/jenis/ekosistem dalam waktu terbatas sebagai selingan menyegarkan sekaligus penguatan konsep.	10 menit
	Guru memfasilitasi diskusi kelas, memberikan umpan balik, dan meluruskan miskonsepsi. Murid diajak melakukan refleksi berkesadaran (mindful reflection): menuliskan satu hal baru yang dipelajari dan satu perasaan yang dirasakan selama pembelajaran. Guru memberikan pertanyaan reflektif, misalnya: 'Apa aksi sederhana yang dapat kalian lakukan untuk menjaga keanekaragaman hayati di sekitar kalian?' Murid mengerjakan soal tes tertulis (pilihan ganda dan uraian) sebagai asesmen akhir pembelajaran (lihat Lampiran 1). Murid dan guru bersama-sama menyimpulkan konsep keanekaragaman hayati dan pentingnya pelestarian sebagai solusi atas masalah yang diorientasikan di awal.	10 menit

3. Kegiatan Penutup (Berkesadaran) — ± 20 menit

Tahap	Deskripsi Kegiatan	Waktu
Refleksi	Murid diajak melakukan refleksi berkesadaran (mindful reflection): menuliskan satu hal baru yang dipelajari dan satu perasaan yang dirasakan selama pembelajaran. Guru memberikan pertanyaan reflektif, misalnya: 'Apa aksi sederhana yang dapat kalian lakukan untuk menjaga keanekaragaman hayati di sekitar kalian?'	10 menit
Penguatan & Penutup	Guru memberikan penguatan nilai syukur atas anugerah keanekaragaman hayati dan pesan moral pelestarian lingkungan. Guru menyampaikan rencana tindak lanjut (remedial/pengayaan) dan menutup pembelajaran dengan doa serta salam.	

E. ASESMEN PEMBELAJARAN

Asesmen Awal Pembelajaran

Teknik	Instrumen	Waktu Pelaksanaan
Lisan (tanya jawab)	2 pertanyaan pemantik (lihat Lampiran 1.A) untuk mengecek kesiapan dan pengetahuan awal murid	Kegiatan Awal

Asesmen Proses Pembelajaran

Teknik	Instrumen	Aspek yang Dinilai
Observasi	Rubrik Sikap (skala 1–4)	Disiplin, Tanggung Jawab, Kerjasama, Toleransi
Unjuk Kerja/Diskusi	Rubrik Pengetahuan (skala 1–4)	Ketepatan konsep saat diskusi kelompok
Produk (Poster/Peta Konsep)	Rubrik Keterampilan (skala 1–4)	Kualitas produk hasil kerja kelompok

Asesmen Akhir Pembelajaran

Teknik	Instrumen	Bentuk
Tes Tertulis	Soal Pilihan Ganda dan Uraian (lihat Lampiran 1.C)	5 soal PG + 3 soal Uraian, dikerjakan pada akhir kegiatan penutup

F. REFLEKSI GURU DAN PESERTA DIDIK

Refleksi Guru

No	Pertanyaan Refleksi
1	Apakah tujuan pembelajaran pada pertemuan ini telah tercapai secara optimal?
2	Kesulitan apa yang dihadapi murid selama proses pembelajaran berlangsung?
3	Strategi apa yang perlu diperbaiki untuk pembelajaran berikutnya?
4	Apakah alokasi waktu setiap tahapan kegiatan sudah sesuai dan efektif?

Refleksi Peserta Didik (Murid)

No	Pertanyaan Refleksi
1	Apa hal baru dan menarik yang saya pelajari hari ini tentang keanekaragaman hayati?
2	Bagian mana dari pembelajaran yang menurut saya masih sulit dipahami?
3	Bagaimana perasaan saya selama mengikuti pembelajaran hari ini?
4	Aksi nyata apa yang akan saya lakukan untuk turut melestarikan keanekaragaman hayati?

G. GLOSARIUM

Istilah	Definisi
Keanekaragaman Hayati	Variasi atau keragaman yang terdapat pada makhluk hidup, meliputi tingkat gen, jenis, dan ekosistem.
Keanekaragaman Gen	Variasi susunan gen antarindividu dalam satu spesies yang sama sehingga menimbulkan perbedaan sifat/varietas.
Keanekaragaman Jenis	Variasi yang terjadi pada berbagai jenis/spesies makhluk hidup dalam genus atau famili yang sama.
Keanekaragaman Ekosistem	Variasi bentuk interaksi antara komunitas makhluk hidup dengan lingkungan fisiknya pada suatu wilayah.
Endemik	Spesies yang penyebarannya terbatas atau hanya ditemukan pada wilayah geografis tertentu.
Konservasi	Upaya pelestarian dan pemanfaatan sumber daya alam hayati secara bijaksana untuk menjamin keberlanjutannya.
Garis Wallace dan Weber	Garis khayal yang membagi persebaran fauna Indonesia menjadi wilayah Asiatis, peralihan, dan Australis.
Habitat	Tempat hidup alami suatu organisme di alam.

H. DAFTAR PUSTAKA

Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2018). Biology (11th ed.). Pearson Education.

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. (2025). Capaian Pembelajaran Mata Pelajaran Biologi Fase E, Keputusan Kepala BSKAP Nomor 046/H/KR/2025. Jakarta: Kemendikdasmen.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2023). Buku Informasi Keanekaragaman Hayati Indonesia. Jakarta: KLHK.

Pratiwi, D. A., dkk. (2021). Biologi untuk SMA/MA Kelas X. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Irnaningtyas. (2022). Biologi untuk SMA/MA Kelas X Kurikulum Merdeka. Jakarta: Penerbit Erlangga.

**Mengetahui,
Kepala Sekolah SMA JAYA LANGSA**



Esti Alemia Puspita, S.Pd, MS

**Langsa, 01 Agustus 2026
Guru Mata Pelajaran**

Siskawati, S.Pd

LAMPIRAN 1

ASESMEN PEMBELAJARAN

Keanekaragaman Hayati — Kelas X Fase E

A. Asesmen Awal Pembelajaran (Lisan)

Dilaksanakan secara lisan pada kegiatan pendahuluan untuk mengecek kesiapan dan pengetahuan awal murid. Pertanyaan berikut sama dengan pertanyaan pemantik pada tahap Kegiatan Awal.

No	Pertanyaan Pemantik	Kunci Jawaban / Acuan
1	Pernahkah kalian memperhatikan bahwa tidak ada satu pun kucing atau daun yang persis sama? Mengapa demikian?	Karena adanya variasi gen (susunan genetik) antarindividu dalam satu spesies yang menyebabkan perbedaan sifat/ciri fisik, sehingga terjadi keanekaragaman pada tingkat gen.
2	Mengapa Indonesia disebut sebagai negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia (megabiodiversitas)?	Karena letak geografis Indonesia yang berada di daerah tropis, beriklim tropis, terdiri dari ribuan pulau dengan berbagai ekosistem (hutan hujan tropis, terumbu karang, savana, dsb.) sehingga memiliki jumlah spesies flora dan fauna yang sangat tinggi, termasuk banyak spesies endemik.

B. Asesmen Proses Pembelajaran (Rubrik Skala 1–4)

1. Rubrik Penilaian Sikap

Aspek	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Perlu Bimbingan)
Disiplin	Selalu hadir tepat waktu dan mengikuti seluruh tahapan kegiatan tanpa diingatkan	Hadir tepat waktu dan mengikuti hampir seluruh kegiatan	Kadang perlu diingatkan untuk mengikuti kegiatan	Sering tidak disiplin mengikuti tahapan kegiatan
Tanggung Jawab	Menyelesaikan seluruh tugas kelompok dengan sangat baik dan tepat waktu	Menyelesaikan tugas kelompok dengan baik	Menyelesaikan sebagian tugas kelompok	Tidak menyelesaikan tugas yang menjadi tanggung jawabnya
Kerjasama	Aktif berkontribusi dan membantu seluruh anggota kelompok	Aktif berkontribusi dalam kelompok	Berkontribusi jika diminta	Tidak berkontribusi dalam kerja kelompok
Toleransi	Sangat menghargai pendapat teman berbeda dan aktif menengahi perbedaan	Menghargai pendapat teman yang berbeda	Kadang kurang menghargai pendapat teman	Sering tidak menghargai pendapat teman

2. Rubrik Penilaian Pengetahuan

Aspek	Skor 4	Skor 3	Skor 2	Skor 1
Ketepatan mengidentifikasi tingkat keanekaragaman hayati	Sangat tepat mengidentifikasi seluruh contoh tingkat gen, jenis, ekosistem	Tepat mengidentifikasi sebagian besar contoh	Cukup tepat mengidentifikasi sebagian contoh	Belum tepat mengidentifikasi contoh
Ketepatan menganalisis faktor penyebab keanekaragaman hayati	Analisis sangat lengkap dan logis	Analisis lengkap namun kurang mendalam	Analisis sebagian kurang tepat	Analisis tidak tepat/tidak lengkap
Ketepatan menjelaskan ancaman terhadap keanekaragaman hayati	Penjelasan sangat lengkap disertai contoh nyata	Penjelasan lengkap dengan contoh	Penjelasan kurang lengkap	Penjelasan tidak tepat
Ketepatan menjelaskan upaya pelestarian	Menjelaskan upaya pelestarian secara lengkap dan aplikatif	Menjelaskan upaya pelestarian dengan cukup baik	Menjelaskan upaya pelestarian secara terbatas	Belum mampu menjelaskan upaya pelestarian

3. Rubrik Penilaian Keterampilan

Aspek	Skor 4	Skor 3	Skor 2	Skor 1
Kemampuan mengamati	Pengamatan sangat teliti dan sistematis	Pengamatan teliti	Pengamatan cukup teliti	Pengamatan kurang teliti
Kemampuan mengklasifikasikan data	Mengklasifikasikan data dengan sangat tepat dan rapi	Mengklasifikasikan data dengan tepat	Klasifikasi data cukup tepat	Klasifikasi data belum tepat
Kualitas produk (poster/peta konsep)	Produk sangat kreatif, rapi, dan informatif	Produk kreatif dan informatif	Produk cukup informatif	Produk kurang informatif
Kemampuan mempresentasikan hasil	Presentasi sangat jelas, percaya diri, dan komunikatif	Presentasi jelas dan komunikatif	Presentasi cukup jelas	Presentasi kurang jelas

C. Asesmen Akhir Pembelajaran (Sumatif)

Kisi-Kisi Soal

No	Tujuan Pembelajaran	Indikator Soal	Bentuk Soal	No. Soal	Level Kognitif
1	Mengidentifikasi tingkat keanekaragaman hayati	Disajikan contoh, murid menentukan tingkat keanekaragaman hayati	PG	1, 2	C2
2	Menganalisis faktor penyebab keanekaragaman hayati	Murid menganalisis faktor penyebab keanekaragaman hayati di Indonesia	PG	3	C4
3	Mengklasifikasikan flora fauna	Murid mengklasifikasikan contoh organisme sesuai tingkat keanekaragaman	PG	4, 5	C3
4	Menjelaskan tingkat keanekaragaman hayati	Murid menjelaskan perbedaan keanekaragaman gen, jenis, ekosistem beserta contoh	Uraian	1	C2
5	Menganalisis ancaman kelestarian	Murid menganalisis dampak deforestasi terhadap keanekaragaman hayati	Uraian	2	C4
6	Mengomunikasikan upaya pelestarian	Murid merumuskan upaya pelestarian keanekaragaman hayati	Uraian	3	C5

Soal Pilihan Ganda

No	Soal & Pilihan Jawaban
1.	Perbedaan warna bulu pada kucing dalam satu spesies yang sama merupakan contoh keanekaragaman hayati tingkat A. Ekosistem B. Gen C. Jenis D. Populasi E. Komunitas
2.	Adanya berbagai jenis tumbuhan palem seperti kelapa, pinang, dan aren dalam satu famili Arecaceae merupakan contoh keanekaragaman hayati tingkat A. Gen B. Jenis C. Ekosistem D. Populasi E. Individu
3.	Berikut ini yang BUKAN merupakan faktor penyebab tingginya keanekaragaman hayati di Indonesia adalah A. Letak geografis tropis B. Iklim yang stabil sepanjang tahun C. Kondisi tanah yang seragam di seluruh wilayah D. Terdiri dari ribuan pulau dengan ekosistem berbeda E. Berada di antara dua zona biogeografi (Asiatis dan Australis)
4.	Harimau Sumatra, Badak Jawa, dan Komodo merupakan hewan yang termasuk dalam kategori A. Introduksi B. Endemik Indonesia C. Hama D. Predator asing E. Hewan peliharaan
5.	Kegiatan berikut yang merupakan upaya pelestarian keanekaragaman hayati secara in situ adalah A. Kebun binatang B. Kebun raya C. Taman Nasional D. Bank plasma nutfah E. Penangkaran di laboratorium

Kunci Jawaban Pilihan Ganda:

1. B 2. B 3. C 4. B 5. C

Soal Uraian

No	Soal
1	Jelaskan perbedaan keanekaragaman hayati tingkat gen, jenis, dan ekosistem! Berikan masing-masing satu contoh.
2	Analisislah dampak deforestasi (penebangan hutan) terhadap kelestarian keanekaragaman hayati di Indonesia!
3	Rumuskan tiga upaya pelestarian keanekaragaman hayati yang dapat dilakukan oleh murid di lingkungan sekolah!

Kunci Jawaban dan Pedoman Penskoran Soal Uraian:

No	Kunci Jawaban / Kriteria	Skor
1	Keanekaragaman gen: variasi susunan gen dalam satu spesies (contoh: varietas mangga). Keanekaragaman jenis: variasi antarspesies dalam satu famili/genus (contoh: kelapa dan pinang). Keanekaragaman ekosistem: variasi interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya (contoh: ekosistem hutan hujan tropis dan ekosistem terumbu karang). Skor maksimal jika ketiga tingkat dijelaskan lengkap beserta contoh yang tepat.	30
2	Deforestasi menyebabkan hilangnya habitat, menurunnya populasi flora-fauna, terputusnya rantai makanan, meningkatnya risiko kepunahan spesies endemik, serta menurunnya keseimbangan ekosistem secara keseluruhan. Skor maksimal jika analisis mencakup minimal tiga dampak yang logis dan relevan.	35
3	Contoh upaya: menanam tanaman lokal di lingkungan sekolah, tidak membuang sampah sembarangan, mengikuti kegiatan penghijauan, mengedukasi teman tentang pentingnya pelestarian, membuat kompos, dan sejenisnya. Skor maksimal jika mengajukan tiga upaya yang realistis dan aplikatif.	35

Total Skor Akhir = (Skor PG x 2) + Skor Uraian, dikonversi ke skala 100.

D. Lembar Penilaian**1. Lembar Penilaian Sikap (Proses)**

No	Nama Murid	Disiplin	Tanggung Jawab	Kerjasama	Toleransi	Jumlah Skor	Nilai Akhir
1							
2							
3							
4							
5							

Nilai Akhir = (Jumlah Skor / 16) x 100

2. Lembar Penilaian Pengetahuan dan Keterampilan (Proses)

No	Nama Murid	Skor Pengetahuan (maks 16)	Skor Keterampilan (maks 16)	Nilai Akhir
1				
2				
3				
4				
5				

$$\text{Nilai Akhir} = ((\text{Skor Pengetahuan} + \text{Skor Keterampilan}) / 32) \times 100$$

3. Lembar Penilaian Tes Tertulis (Sumatif)

No	Nama Murid	Skor PG (maks 50)	Skor Uraian (maks 100)	Nilai Akhir (Skala 100)
1				
2				
3				
4				
5				

$$\text{Nilai Akhir} = ((\text{Skor PG} \times 2) + \text{Skor Uraian}) / 2$$

LAMPIRAN 2

MATERI AJAR

Keanekaragaman Hayati — Bahan Bacaan Murid

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, murid diharapkan mampu mengidentifikasi tingkat keanekaragaman hayati, menganalisis faktor penyebab dan ancamannya, mengklasifikasikan contoh flora-fauna, serta merumuskan upaya pelestariannya.

1. Apa Itu Keanekaragaman Hayati?

Coba perhatikan teman-teman sekelasmu. Meskipun sama-sama manusia, tidak ada satupun yang memiliki wajah, warna kulit, atau tinggi badan yang benar-benar identik, bahkan pada anak kembar sekalipun. Fenomena inilah yang disebut keanekaragaman hayati (biodiversitas): keragaman yang terdapat pada makhluk hidup di bumi, baik pada tingkat gen, jenis (spesies), maupun ekosistem.

Indonesia dikenal sebagai negara megabiodiversitas, artinya negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia bersama Brasil dan Zaire (Kongo). Hal ini karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis, memiliki ribuan pulau, serta terletak di antara dua kawasan biogeografi besar dunia, yaitu Oriental (Asiatis) dan Australia (Australis).

2. Tingkat Keanekaragaman Hayati

a. Keanekaragaman Tingkat Gen

Gen adalah faktor pembawa sifat menurun yang terdapat pada kromosom. Variasi susunan gen antarindividu dalam satu spesies menyebabkan munculnya perbedaan sifat atau ciri, meskipun masih dalam spesies yang sama.

Contoh: berbagai varietas padi (IR64, Ciherang, Rojolele), variasi warna bulu pada kucing, atau perbedaan bentuk daun mangga (mangga golek, mangga manalagi, mangga arumanis).

b. Keanekaragaman Tingkat Jenis (Spesies)

Keanekaragaman ini muncul akibat adanya variasi antarspesies dalam satu famili atau genus yang sama. Perbedaan tingkat jenis lebih mencolok dibandingkan tingkat gen karena melibatkan perbedaan struktur tubuh yang lebih besar.

Contoh: dalam famili Fabaceae terdapat kacang tanah, kacang panjang, dan kacang kedelai; dalam famili Felidae terdapat kucing, harimau, dan singa yang memiliki ciri berbeda meski berkerabat dekat.

c. Keanekaragaman Tingkat Ekosistem

Ekosistem terbentuk dari interaksi antara komponen biotik (makhluk hidup) dan abiotik (lingkungan fisik) pada suatu wilayah. Perbedaan kondisi lingkungan seperti suhu, curah hujan, jenis tanah, dan ketinggian tempat menyebabkan terbentuknya berbagai tipe ekosistem yang berbeda.

Contoh: ekosistem hutan hujan tropis di Kalimantan, ekosistem savana di Nusa Tenggara, ekosistem terumbu karang di Raja Ampat, dan ekosistem mangrove di pesisir Aceh.

3. Aktivitas Singkat: Amati dan Temukan!

Amati lingkungan sekitar sekolahmu selama 5 menit. Catatlah minimal 3 contoh makhluk hidup yang kamu temukan, lalu tentukan tingkat keanekaragaman hayati apa yang tampak dari pengamatanmu (gen/jenis/ekosistem). Diskusikan hasil pengamatanmu dengan teman sebangkumu!

4. Persebaran Flora dan Fauna Indonesia

Persebaran fauna di Indonesia dibagi menjadi tiga wilayah oleh garis khayal Wallace dan Weber:

Wilayah	Contoh Fauna Khas	Ciri Umum
Asiatis (Indonesia Barat)	Gajah Sumatra, Harimau Sumatra, Badak Jawa, Orangutan	Mirip fauna Asia; banyak mamalia besar
Peralihan (Wallacea)	Komodo, Anoa, Babi Rusa, Burung Maleo	Fauna khas/endemik, campuran ciri Asiatis dan Australis
Australis (Indonesia Timur)	Cendrawasih, Kanguru Pohon, Kasuari	Mirip fauna Australia; banyak burung berwarna cerah dan hewan berkantung

5. Faktor Penyebab dan Ancaman terhadap Keanekaragaman Hayati

Faktor penyebab tingginya keanekaragaman hayati Indonesia antara lain letak geografis tropis, iklim yang mendukung, kondisi tanah yang subur, serta keberadaan ribuan pulau dengan ekosistem berbeda-beda.

Namun demikian, keanekaragaman hayati kini menghadapi berbagai ancaman, di antaranya:

- Deforestasi (penebangan hutan) untuk perluasan lahan pertanian dan permukiman.
- Perburuan liar dan perdagangan satwa secara ilegal.
- Pencemaran lingkungan (air, tanah, dan udara).
- Introduksi spesies asing yang mengganggu keseimbangan ekosistem lokal.
- Perubahan iklim global yang memengaruhi habitat alami organisme.

6. Upaya Pelestarian Keanekaragaman Hayati

Jenis Pelestarian	Penjelasan	Contoh
In Situ	Pelestarian yang dilakukan di habitat asli organisme tersebut	Taman Nasional Gunung Leuser, Taman Nasional Komodo, Cagar Alam
Ex Situ	Pelestarian yang dilakukan di luar habitat asli organisme	Kebun Raya Bogor, Kebun Binatang, Bank Plasma Nutfah

7. Rangkuman

- Keanekaragaman hayati terdiri atas tiga tingkat: gen, jenis, dan ekosistem.
- Indonesia merupakan negara megabiodiversitas karena letak geografis dan kondisi iklimnya.
- Persebaran fauna Indonesia dibagi menjadi wilayah Asiatis, Peralihan, dan Australis.
- Aktivitas manusia dapat menjadi ancaman sekaligus menjadi solusi bagi pelestarian keanekaragaman hayati.
- Pelestarian dapat dilakukan secara in situ maupun ex situ.

8. Refleksi

Setelah mempelajari materi ini, tuliskan dalam buku catatanmu: 'Menurutmu, mengapa penting bagi generasi muda seperti kita untuk turut menjaga keanekaragaman hayati Indonesia?' Sertakan minimal satu aksi nyata yang bisa kamu lakukan mulai hari ini.

LAMPIRAN 3

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Keanekaragaman Hayati — Pertemuan 1

Identitas

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	X / Fase E
Materi	Keanekaragaman Hayati
Alokasi Waktu	2 x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4. 5.

Tujuan Pembelajaran

1. Mengidentifikasi tingkat keanekaragaman hayati (gen, jenis, ekosistem) melalui pengamatan.
2. Menganalisis faktor penyebab dan ancaman terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia.
3. Mengklasifikasikan contoh flora dan fauna berdasarkan tingkat keanekaragaman hayati.
4. Mengomunikasikan hasil analisis upaya pelestarian keanekaragaman hayati.

Petunjuk Pengerjaan

1. Bacalah setiap instruksi dengan teliti sebelum mengerjakan.
2. Kerjakan setiap aktivitas secara berkelompok dan berdiskusi aktif dengan anggota kelompokmu.
3. Gunakan sumber belajar (bahan ajar, PPT, video) yang telah disediakan guru.
4. Tuliskan hasil diskusi pada kolom yang tersedia dengan rapi.
5. Presentasikan hasil kerja kelompokmu di depan kelas dengan percaya diri.

Apersepsi

Perhatikan gambar/tayangan yang ditampilkan gurumu mengenai berbagai jenis flora dan fauna Indonesia. Diskusikan bersama kelompokmu:

Mengapa terdapat begitu banyak jenis makhluk hidup yang berbeda-beda di Indonesia?

Jawaban sementara kelompok kami:

Aktivitas 1 — Mengamati (Orientasi Masalah)

Amati gambar/video kasus 'Populasi Badak Sumatra dan Orangutan yang terus menurun akibat deforestasi' yang ditampilkan guru. Tuliskan rumusan masalah yang muncul dari pengamatanmu!

Rumusan masalah:

Aktivitas 2 — Mengklasifikasi (Penyelidikan Kelompok)

Klasifikasikan contoh-contoh makhluk hidup berikut ke dalam tingkat keanekaragaman hayati yang sesuai (Gen/Jenis/Ekosistem)!

No	Contoh	Tingkat Keanekaragaman Hayati
1	Berbagai varietas mangga: arumanis, manalagi, golek	
2	Kelapa, pinang, dan aren dalam famili yang sama	
3	Ekosistem hutan hujan tropis dan ekosistem savana	
4	Variasi warna bulu pada kucing	
5	Harimau, kucing, dan singa dalam famili Felidae	

Aktivitas 3 — Menganalisis (Studi Kasus)

Diskusikan bersama kelompokmu, kemudian jawab pertanyaan berikut berdasarkan hasil pengamatan dan bahan ajar yang tersedia:

a. Sebutkan minimal 3 faktor yang menyebabkan tingginya keanekaragaman hayati di Indonesia!

Jawaban:

b. Sebutkan minimal 3 ancaman yang dapat menyebabkan menurunnya keanekaragaman hayati!

Jawaban:

Aktivitas 4 — Mengomunikasikan (Produk Kelompok)

Buatlah peta konsep atau poster sederhana pada kolom di bawah ini yang menggambarkan hubungan antara tingkat keanekaragaman hayati, ancaman, dan upaya pelestariannya. Gunakan kreativitasmu (boleh menambahkan gambar/warna)!

RUANG BERKARYA KELOMPOK**Refleksi Kelompok**

Setelah menyelesaikan seluruh aktivitas, tuliskan satu kesimpulan penting dan satu aksi nyata yang akan kelompokmu lakukan untuk melestarikan keanekaragaman hayati!

Kesimpulan kami:

PROGRAM REMEDIAL DAN PENGAYAAN*Keanekaragaman Hayati — Kelas X Fase E***A. Program Remedial**

Sekolah	SMA Jaya Langsa
Kelas / Semester	X / Ganjil
Mata Pelajaran	Biologi
Materi	Keanekaragaman Hayati
Bentuk Asesmen	Tes Tertulis (Pilihan Ganda dan Uraian)
Kriteria Ketuntasan (KKTP)	70

1. Tabel Hasil Analisis dan Pelaksanaan Remedial

No	Nama Murid	Nilai Awal	Indikator Belum dikuasai	Bentuk Pelaksanaan Remedial	No. Soal Remedial	Nilai Tes Remedial	Keterangan
1							
2							
3							
4							
5							

Keterangan bentuk pelaksanaan remedial dapat berupa: bimbingan individu (untuk murid dengan nilai jauh di bawah KKTP), latihan ulang soal-soal sejenis (untuk murid dengan sedikit kesalahan konsep), atau pemberian tugas sederhana terkait indikator yang belum dikuasai.

2. Kisi-Kisi Soal Remedial

No	Tujuan Pembelajaran	Materi	Bentuk Soal	No. Soal	Level Kognitif
1	Mengidentifikasi tingkat keanekaragaman hayati	Keanekaragaman gen, jenis, ekosistem	PG	1, 2, 3	C2
2	Menganalisis faktor penyebab keanekaragaman hayati	Faktor geografis dan iklim Indonesia	PG	4, 5	C3
3	Menjelaskan tingkat keanekaragaman hayati	Contoh keanekaragaman gen, jenis, ekosistem	Esai	1, 2	C2

No	Tujuan Pembelajaran	Materi	Bentuk Soal	No. Soal	Level Kognitif
4	Menganalisis ancaman dan upaya pelestarian	Ancaman dan pelestarian keanekaragaman hayati	Esai	3, 4, 5	C4

3. Soal Remedial — Pilihan Ganda (Mudah–Sulit)

No	Soal & Pilihan Jawaban
1.	Keanekaragaman hayati adalah keragaman yang terdapat pada makhluk hidup meliputi tingkat A. Gen, jenis, ekosistem B. Sel, jaringan, organ C. Individu, populasi, komunitas D. Kingdom, filum, kelas E. Akar, batang, daun
2.	Variasi warna bunga mawar (merah, putih, kuning) dalam satu spesies termasuk keanekaragaman tingkat A. Ekosistem B. Gen C. Jenis D. Populasi E. Famili
3.	Ekosistem sabana banyak ditemukan di wilayah Indonesia bagian A. Sumatra B. Kalimantan C. Jawa D. Nusa Tenggara E. Papua
4.	Berikut yang termasuk upaya pelestarian secara ex situ adalah A. Taman Nasional B. Cagar Alam C. Kebun Raya D. Suaka Margasatwa E. Hutan Lindung
5.	Salah satu penyebab utama menurunnya keanekaragaman hayati akibat aktivitas manusia adalah A. Fotosintesis B. Respirasi C. Deforestasi D. Simbiosis E. Migrasi alami

Kunci Jawaban: 1. A 2. B 3. D 4. C 5. C

4. Soal Remedial — Esai (Studi Kasus Kontekstual)

No	Soal & Kunci Jawaban
1	Soal: Jelaskan apa yang dimaksud dengan keanekaragaman hayati tingkat gen dan berikan satu contoh! Kunci: Variasi susunan gen antarindividu dalam satu spesies yang sama sehingga muncul perbedaan sifat. Contoh: variasi warna bulu kucing.
2	Soal: Jelaskan apa yang dimaksud dengan keanekaragaman hayati tingkat ekosistem dan berikan satu contoh! Kunci: Variasi interaksi makhluk hidup dengan lingkungan fisiknya di suatu wilayah. Contoh: ekosistem terumbu karang dan ekosistem hutan mangrove.
3	Soal: Sebuah desa di dekat hutan mengalami banjir dan longsor setelah hutan di sekitarnya ditebang untuk perkebunan. Jelaskan hubungan antara deforestasi tersebut dengan penurunan keanekaragaman hayati! Kunci: Deforestasi menghilangkan habitat berbagai flora-fauna, memutus rantai makanan, dan menurunkan populasi spesies sehingga keanekaragaman hayati menurun; selain itu hilangnya vegetasi juga mengurangi daya serap air yang memicu longsor dan banjir.
4	Soal: Mengapa Taman Nasional dianggap sebagai upaya pelestarian yang lebih baik dibanding kebun binatang untuk sebagian besar spesies? Kunci: Karena Taman Nasional (in situ) menjaga organisme tetap di habitat aslinya sehingga perilaku dan interaksi ekologisnya tetap alami, berbeda dengan kebun binatang (ex situ) yang membatasi ruang gerak dan interaksi alami organisme.
5	Soal: Berikan satu contoh kasus nyata di Indonesia terkait ancaman keanekaragaman hayati dan usulkan satu solusi konkret untuk mengatasinya!

No	Soal & Kunci Jawaban
	Kunci: Contoh: menurunnya populasi Orangutan Kalimantan akibat alih fungsi hutan menjadi perkebunan sawit. Solusi: penegakan hukum terhadap illegal logging, rehabilitasi habitat, dan edukasi masyarakat sekitar hutan.

B. Program Pengayaan

Sekolah	SMA Jaya Langsa
Kelas / Semester	X / Ganjil
Mata Pelajaran	Biologi
Materi	Keanekaragaman Hayati
Bentuk Asesmen	Produk/Proyek dan Soal HOTS
Kriteria	Diberikan kepada murid yang mencapai nilai ≥ 90 (di atas KKTP)

1. Tabel Hasil Analisis dan Pelaksanaan Pengayaan

No	Nama Murid	Nilai	Indikator yang Dikuasai dengan Baik	Bentuk Pelaksanaan Pengayaan	Produk/Proyek	Nilai Pengayaan	Keterangan
1							
2							
3							
4							
5							

Keterangan bentuk pelaksanaan pengayaan dapat berupa: proyek mini (misal membuat herbarium mini/laporan keanekaragaman hayati sekitar rumah), penelitian sederhana, eksperimen, atau pembuatan portofolio/infografis digital.

2. Soal Pengayaan — Esai HOTS (Analisis, Evaluasi, Kreasi)

No	Soal
1	Analisislah mengapa kepunahan satu spesies kunci (keystone species) dalam suatu ekosistem dapat memicu efek domino terhadap kelangsungan spesies lain di ekosistem tersebut! Berikan contoh kasus nyata.
2	Evaluasilah efektivitas kebijakan pembentukan Taman Nasional di Indonesia dalam menekan laju kepunahan spesies endemik. Menurutmu, faktor apa saja yang dapat menghambat keberhasilan kebijakan tersebut?
3	Rancanglah sebuah program edukasi sederhana untuk mengajak masyarakat di sekitar hutan agar tidak melakukan perburuan liar, lengkap dengan strategi dan target sasarannya!
4	Bandungkan strategi pelestarian in situ dan ex situ dari segi keunggulan dan kelemahannya, kemudian simpulkan strategi mana yang paling sesuai diterapkan untuk pelestarian Orangutan Kalimantan!

No	Soal
5	Ciptakan sebuah gagasan inovatif (produk, aplikasi, atau kampanye) yang dapat membantu meningkatkan kesadaran generasi muda terhadap pentingnya pelestarian keanekaragaman hayati di era digital!

Catatan: Soal pengayaan dinilai berdasarkan kedalaman analisis, orisinalitas gagasan, dan ketepatan argumentasi ilmiah, bukan sekadar jawaban benar/salah.

LAMPIRAN 5

MEDIA PEMBELAJARAN

Digital, Nondigital, dan Alat Peraga

A. Media Pembelajaran Digital

No	Jenis Media	Nama/Contoh	Fungsi dalam Pembelajaran
1	Presentasi	PPT Interaktif 'Keanekaragaman Hayati'	Menyampaikan materi secara visual dan sistematis, dilengkapi gambar dan animasi sederhana
2	Video Pembelajaran	Video edukasi keanekaragaman hayati Indonesia (YouTube)	Menampilkan fenomena nyata (deforestasi, satwa langka) untuk orientasi masalah PBL
3	Kuis Interaktif	Quizizz / Wordwall	Asesmen proses berupa kuis klasifikasi tingkat keanekaragaman hayati secara menyenangkan
4	Kolaborasi Digital	Padlet / Google Form	Wadah pengumpulan hasil diskusi kelompok secara daring
5	Identifikasi Spesies	Aplikasi pengenalan flora-fauna (mis. iNaturalist/PlantNet)	Membantu murid mengenali nama ilmiah spesies hasil pengamatan

B. Media Pembelajaran Nondigital

No	Jenis Media	Nama/Contoh	Fungsi dalam Pembelajaran
1	Kartu Bergambar	Kartu gambar flora-fauna Indonesia	Digunakan pada ice breaking 'Klasifikasi Cepat' untuk mengelompokkan tingkat keanekaragaman hayati
2	Poster/Carta	Poster persebaran flora-fauna Indonesia (Wallace-Weber)	Media visual pendukung penjelasan materi persebaran fauna
3	Lembar Kerja Cetak	LKPD (Lampiran 3)	Panduan aktivitas belajar kelompok secara terstruktur
4	Herbarium/Spesimen Sederhana	Contoh daun/bunga dari lingkungan sekolah	Objek pengamatan langsung untuk mengenali variasi gen dan jenis

C. Alat Peraga Sederhana (Mudah Dibuat)

No	Nama Alat Peraga	Bahan	Cara Penggunaan
1	Maket/Diorama Ekosistem Mini	Kardus bekas, kertas warna, ranting, kapas	Menampilkan miniatur ekosistem (hutan, sabana, terumbu karang) untuk memperjelas konsep keanekaragaman ekosistem
2	Kartu Domino Klasifikasi	Kertas karton dan gambar organisme	Murid mencocokkan pasangan organisme dengan tingkat keanekaragaman hayatinya sebagai permainan edukatif
3	Roda Putar Keanekaragaman Hayati	Piring kertas, penjepit kertas, spidol	Alat permainan undian pertanyaan kuis untuk kegiatan penutup/refleksi
4	Peta Timbul Sederhana Indonesia	Kertas koran bekas, lem, cat air	Menunjukkan letak garis Wallace-Weber dan sebaran fauna secara visual dan taktil

D. Catatan Pemanfaatan Media

1. Media digital digunakan pada tahap orientasi masalah dan asesmen proses untuk meningkatkan motivasi dan interaktivitas.
2. Media nondigital dan alat peraga digunakan pada tahap penyelidikan kelompok agar murid mendapat pengalaman belajar konkret (hands-on).
3. Seluruh media disesuaikan dengan ketersediaan sarana di SMA Jaya Langsa dan dapat dimodifikasi sesuai kondisi kelas.
4. Guru dianjurkan menyiapkan alternatif media nondigital sebagai cadangan apabila terjadi kendala teknis pada perangkat digital.

RENCANA PEMBELAJARAN MENDALAM

Mata Pelajaran Biologi — Pendekatan Integrasi STEM

Tabel Identitas

Nama Satuan Pendidikan	SMA Negeri 1 Langsa
Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Penyusun	Rianti Astelita
Topik	Substansi Genetika
Tahun Pelajaran	2026 / 2027
Jumlah Pertemuan	5 x 45 menit (2 kali pertemuan, masing-masing 2JP dan 3 JP)

A. Identifikasi

1. Kesiapan Peserta Didik

Aspek	Deskripsi
Pengetahuan Awal	Peserta didik telah mempelajari struktur sel, organel sel (khususnya inti sel/nukleus), serta pembelahan sel (mitosis dan meiosis) pada materi sebelumnya, sehingga memiliki dasar untuk memahami lokasi dan pewarisan materi genetik.
Minat	Sebagian besar peserta didik menunjukkan ketertarikan pada isu-isu populer terkait genetika, seperti tes DNA forensik, bioteknologi, kloning, dan penyakit keturunan yang sering muncul di media.
Latar Belakang	Kemampuan akademik dan gaya belajar peserta didik heterogen; sebagian sudah terbiasa mengakses sumber belajar digital, sebagian lain lebih nyaman dengan media cetak dan penjelasan langsung.
Kebutuhan Belajar	Diperlukan media visual (gambar, video, animasi) dan model konkret/manipulatif untuk membantu memahami struktur molekul yang bersifat abstrak, serta variasi aktivitas untuk mengakomodasi gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik.

2. Analisis Materi Pelajaran

Aspek	Deskripsi
Jenis Pengetahuan	Pengetahuan konseptual (definisi gen, alel, kromosom, DNA, RNA) dan pengetahuan prosedural (langkah mengidentifikasi struktur DNA/RNA serta merancang model).

Aspek	Deskripsi
Relevansi dengan Kehidupan Nyata	Materi berkaitan langsung dengan penerapan tes DNA forensik, diagnosis penyakit genetik/keturunan, pemuliaan tanaman dan hewan, serta perkembangan bioteknologi modern.
Tingkat Kesulitan	Sedang hingga tinggi, karena bersifat abstrak dan berskala molekuler sehingga memerlukan bantuan visualisasi dan model konkret.
Struktur Materi	Materi tersusun secara hierarkis dan berjenjang: gen → alel → kromosom → DNA → RNA, sehingga pemahaman satu konsep menjadi prasyarat bagi konsep berikutnya.
Integrasi Nilai dan Karakter	Ketelitian dan kejujuran ilmiah dalam mengamati data, rasa syukur atas kompleksitas dan keteraturan ciptaan Tuhan Yang Maha Esa pada tingkat molekuler, serta kerja sama dan tanggung jawab dalam kerja kelompok.

3. Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan

- Kimia — struktur molekul, ikatan hidrogen, dan ikatan fosfodiester penyusun DNA/RNA.
- Matematika — perhitungan perbandingan basa nitrogen (Aturan Chargaff) dan analisis data hasil pengamatan.
- Informatika/Teknologi — penggunaan simulasi digital dan aplikasi visualisasi struktur molekul.
- Fisika — pemahaman dasar bentuk geometris heliks ganda DNA.

4. Dimensi Profil Lulusan

Dimensi	Penjabaran dalam Pembelajaran
Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Menumbuhkan rasa kagum dan syukur atas kompleksitas serta keteraturan struktur gen, DNA, dan RNA sebagai bagian dari ciptaan Tuhan Yang Maha Esa yang mengatur kehidupan makhluk hidup.
Penalaran Kritis	Melatih peserta didik menganalisis hubungan gen-alel-kromosom-DNA-RNA, membandingkan struktur DNA dan RNA, serta menarik kesimpulan berdasarkan data dan fakta ilmiah.
Kreativitas	Mendorong peserta didik merancang dan membuat model struktur DNA/RNA menggunakan bahan sederhana secara inovatif melalui pendekatan engineering.

B. Desain Pembelajaran

1. Tujuan Pembelajaran	Peserta didik mampu menjelaskan konsep dasar gen, alel, kromosom, DNA, dan RNA dengan tepat setelah mengamati media visual dan berdiskusi. Peserta didik mampu mengidentifikasi struktur dan fungsi DNA serta RNA setelah melakukan eksplorasi informasi dari berbagai sumber belajar.
2. Topik Pembelajaran	Substansi Genetika: Gen, Alel, Kromosom, DNA, dan RNA sebagai dasar pewarisan sifat pada makhluk hidup.

3. Praktik Pedagogis	Pembelajaran Terintegrasi STEM, dengan penjabaran: ● Sains: mengkaji konsep gen, alel, kromosom, DNA, dan RNA melalui pengamatan dan diskusi. ● Teknologi: memanfaatkan video animasi dan aplikasi simulasi molekuler untuk memvisualisasikan struktur dan proses genetik. ● Enjinering: merancang dan membuat model struktur DNA/RNA tiga dimensi menggunakan bahan sederhana. ● Matematika: menghitung dan menganalisis perbandingan basa nitrogen (Aturan Chargaff) dari data yang disajikan.
4. Lingkungan Pembelajaran	Dikembangkan budaya belajar yang aman, nyaman, dan saling memuliakan melalui diskusi kelompok yang inklusif dan apresiatif. Pembelajaran berlangsung di ruang kelas dan laboratorium IPA (ruang fisik) serta memanfaatkan Google Classroom/Padlet sebagai ruang virtual untuk berbagi sumber belajar dan hasil karya.
5. Kemitraan atau Kolaborasi	Kolaborasi antarpeserta didik dalam kelompok kerja, kolaborasi lintas mata pelajaran dengan guru Kimia dan Informatika terkait struktur molekul dan simulasi digital, serta pemanfaatan video pembelajaran/webinar dari sumber tepercaya (misalnya kanal edukasi sains) sebagai narasumber pendukung.
6. Pemanfaatan Teknologi Digital	Video animasi proses replikasi DNA dan transkripsi, aplikasi simulasi molekuler (seperti PhET Interactive Simulations), presentasi digital (Canva/PowerPoint) untuk memaparkan hasil karya, Google Form/Quizizz untuk asesmen interaktif, serta Google Classroom/Padlet sebagai wadah kolaborasi dan berbagi sumber belajar.

C. Pengalaman Belajar

Pengalaman belajar dirancang mengacu pada Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna, Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi, Merefleksi) dengan praktik pedagogis Pembelajaran Terintegrasi STEM.

Pertemuan 1 (2 JP x 45 menit) — Gen, Alel, Kromosom, dan Struktur DNA

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	● Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama. ● Guru menyapa dan mengecek kehadiran serta kesiapan belajar peserta didik. ● Apersepsi: mengaitkan materi pembelahan sel dan struktur sel yang telah dipelajari dengan topik substansi genetika, dipandu pertanyaan pemantik “Mengapa anak memiliki sifat mirip orang tua?” ● Ice breaking singkat dan penyampaian tujuan pembelajaran serta alur kegiatan STEM hari ini.	Berkesadaran: peserta didik diajak menyadari keterkaitan materi baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki serta tujuan belajarnya.
Inti (60 menit)	Tahap Memahami:	Bermakna: aktivitas STEM menghubungkan konsep abstrak dengan produk

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
	- Peserta didik mengamati video/gambar mengenai gen, alel, dan kromosom, dilanjutkan diskusi kelompok menjelaskan hubungan ketiganya (Sains). - Peserta didik mengeksplorasi informasi struktur DNA dari berbagai sumber (buku, artikel digital). Tahap Mengaplikasi: - Secara berkelompok, peserta didik merancang dan membuat model struktur DNA sederhana menggunakan bahan seperti manik-manik, sedotan, kertas warna, atau bahan daur ulang (Enjineri). - Peserta didik menggunakan aplikasi simulasi digital untuk memvisualisasikan struktur heliks ganda DNA (Teknologi). - Peserta didik menghitung dan menganalisis perbandingan basa nitrogen pada data contoh menggunakan Aturan Chargaff (Matematika). - Guru berkeliling memfasilitasi, memberi umpan balik, dan mengajukan pertanyaan pemantik pada tiap kelompok.	nyata (model DNA) dan data konkret (perhitungan basa nitrogen), sehingga belajar terasa relevan dan bermakna.
Penutup (15 menit)	- Peserta didik menyampaikan simpulan sementara mengenai hubungan gen, alel, kromosom, dan DNA. - Kuis lisan/tertulis singkat sebagai pengecekan pemahaman. - Refleksi: peserta didik menuliskan satu hal baru yang dipelajari dan satu pertanyaan yang masih ingin digali. - Guru menyampaikan apresiasi dan menutup pembelajaran dengan doa.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik merefleksikan proses belajarnya dalam suasana yang positif dan penuh apresiasi.

Pertemuan 2 (3 JP x 45 menit) — Struktur, Fungsi, dan Perbedaan DNA-RNA

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	- Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama. - Apersepsi: mengulas kembali model DNA yang telah dibuat pada pertemuan sebelumnya dan mengaitkannya dengan fungsi DNA dalam pewarisan sifat. - Penyampaian tujuan pembelajaran hari ini, yaitu memahami struktur dan fungsi DNA serta RNA.	Berkesadaran: peserta didik disadarkan pada keterkaitan hasil karya sebelumnya dengan fungsi biologisnya.
Inti (105 menit)	Tahap Memahami: Peserta didik melakukan eksplorasi informasi dari berbagai sumber belajar (artikel, video, e-book)	Bermakna: presentasi dan simulasi menghubungkan pemahaman konsep

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
	mengenai struktur dan fungsi DNA serta RNA, termasuk jenis-jenis RNA (Sains). - Peserta didik mengidentifikasi perbedaan DNA dan RNA melalui tabel perbandingan yang disusun berkelompok. Tahap Mengaplikasi: - Setiap kelompok mempresentasikan model DNA yang telah dibuat serta memaparkan fungsi struktur yang ditunjukkan (Enjinering). - Peserta didik menjalankan simulasi digital proses replikasi DNA dan transkripsi RNA menggunakan aplikasi simulasi (Teknologi). - Peserta didik menganalisis dan membandingkan data komposisi basa nitrogen DNA dan RNA (Matematika). - Diskusi kelas dipandu guru untuk menyamakan pemahaman mengenai struktur dan fungsi DNA-RNA.	dengan proses biologis nyata di dalam sel.
Penutup (15 menit)	- Peserta didik dan guru menyusun simpulan bersama mengenai substansi genetika secara menyeluruh. - Peserta didik mengerjakan tes formatif singkat (post test) sebagai pengecekan pemahaman akhir. - Refleksi akhir topik: peserta didik mengisi lembar refleksi diri dan menyampaikan kesan pembelajaran. - Guru memberikan apresiasi, motivasi, dan menutup pembelajaran dengan doa syukur.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik mensyukuri proses belajar yang telah dilalui dan mengakhiri topik dengan suasana positif.

D. Asesmen

1. Jenis Asesmen

Jenis Asesmen	Bentuk	Waktu Pelaksanaan
Assessment for Learning (Asesmen untuk Pembelajaran)	Observasi diskusi kelompok, tanya jawab lisan, kuis singkat di awal dan sepanjang pembelajaran untuk memantau pemahaman peserta didik.	Selama proses pembelajaran (Pertemuan 1 dan 2)
Assessment as Learning (Asesmen sebagai Pembelajaran)	Penilaian diri (self-assessment) dan penilaian antarteman (peer-assessment) terhadap proses kerja kelompok dan pemahaman pribadi.	Akhir Pertemuan 1 dan akhir Pertemuan 2
Assessment of Learning (Asesmen hasil Pembelajaran)	Tes tertulis (pilihan ganda dan esai) serta penilaian produk model DNA/RNA.	Akhir Pertemuan 2

2. Soal Latihan

A. Pilihan Ganda

- Satuan unit pewaris sifat yang terletak pada lokus tertentu di dalam kromosom disebut (a. alel b. gen c. genom d. lokus e. nukleotida)
- Bentuk alternatif dari suatu gen yang menempati lokus yang sama pada kromosom homolog disebut (a. gen b. alel c. kromatid d. genotipe e. fenotipe)
- Ikatan yang menghubungkan basa nitrogen pada kedua rantai polinukleotida DNA adalah (a. ikatan fosfodiester b. ikatan hidrogen c. ikatan peptida d. ikatan glikosidik e. ikatan kovalen)

B. Esai

- Jelaskan hubungan hierarkis antara gen, alel, kromosom, dan DNA di dalam sel makhluk hidup.
- Bandingkan struktur DNA dan RNA berdasarkan bentuk rantai, jenis gula, dan jenis basa nitrogen penyusunnya.
- Jelaskan fungsi DNA dan RNA dalam proses pewarisan sifat dan sintesis protein.

3. Rubrik Penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

Kriteria	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Ketepatan menjelaskan konsep gen, alel, dan kromosom	Menjelaskan ketiga konsep secara tepat, lengkap, dan runtut disertai contoh.	Menjelaskan ketiga konsep dengan tepat namun kurang lengkap.	Menjelaskan sebagian konsep dengan tepat, sebagian masih keliru.	Belum mampu menjelaskan konsep dengan tepat.
Ketepatan menjelaskan konsep DNA dan RNA	Menjelaskan struktur dan fungsi DNA-RNA secara tepat dan lengkap disertai perbandingan.	Menjelaskan struktur dan fungsi DNA-RNA dengan tepat namun perbandingan kurang lengkap.	Menjelaskan sebagian struktur/fungsi DNA-RNA dengan tepat.	Belum mampu menjelaskan struktur/fungsi DNA-RNA dengan tepat.
Kualitas model/produk STEM	Model DNA/RNA akurat, rapi, kreatif, dan sesuai konsep ilmiah.	Model DNA/RNA cukup akurat dan sesuai konsep, kerapian cukup baik.	Model DNA/RNA kurang akurat namun menunjukkan usaha memahami konsep.	Model DNA/RNA belum sesuai konsep ilmiah.
Kemampuan komunikasi/presentasi	Menyampaikan hasil kerja dengan jelas, percaya diri, dan mampu menjawab pertanyaan dengan tepat.	Menyampaikan hasil kerja dengan cukup jelas dan cukup percaya diri.	Menyampaikan hasil kerja namun kurang jelas atau kurang percaya diri.	Belum mampu menyampaikan hasil kerja dengan baik.

4. Penilaian Asesmen Diri

Peserta didik mengisi rubrik berikut secara jujur berdasarkan pemahaman dan sikap belajarnya.

Pernyataan	Sangat Setuju (4)	Setuju (3)	Kurang Setuju (2)	Tidak Setuju (1)
Saya memahami konsep gen, alel, dan kromosom dengan baik.				
Saya mampu menjelaskan struktur dan fungsi DNA serta RNA.				
Saya berperan aktif dalam kegiatan diskusi dan pembuatan model kelompok.				
Saya bersungguh-sungguh mencari informasi dari berbagai sumber belajar.				
Saya dapat merefleksikan proses belajar saya pada topik ini.				

5. Penilaian Asesmen Karakter

Rubrik ini digunakan guru untuk menilai perkembangan karakter peserta didik berdasarkan Dimensi Profil Lulusan yang menjadi fokus pembelajaran.

Dimensi Profil Lulusan	Sangat Berkembang (4)	Berkembang (3)	Mulai Berkembang (2)	Belum Berkembang (1)
Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Secara konsisten menunjukkan rasa syukur dan kekaguman terhadap kompleksitas ciptaan Tuhan dalam struktur genetika, serta mengaitkannya secara reflektif.	Menunjukkan rasa syukur dan kekaguman pada beberapa kesempatan.	Menunjukkan rasa syukur hanya ketika diarahkan guru.	Belum menunjukkan rasa syukur atau kekaguman.
Penalaran Kritis	Secara konsisten menganalisis, membandingkan, dan menyimpulkan konsep genetika berdasarkan data dengan logis dan mandiri.	Mampu menganalisis dan menyimpulkan konsep dengan cukup logis, sesekali memerlukan bimbingan.	Menganalisis konsep secara sederhana, masih memerlukan banyak bimbingan.	Belum mampu menganalisis atau menyimpulkan konsep dengan tepat.
Kreativitas	Menghasilkan model DNA/RNA yang orisinal, inovatif, dan sesuai konsep ilmiah.	Menghasilkan model DNA/RNA yang cukup kreatif dan sesuai konsep.	Menghasilkan model DNA/RNA dengan kreativitas terbatas, meniru contoh yang ada.	Belum menunjukkan kreativitas dalam menghasilkan model.

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD 1: Mengenal Gen, Alel, Kromosom, dan Merancang Model Struktur DNA

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Gen, Alel, Kromosom, dan Struktur DNA
Alokasi Waktu	5 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Tujuan

- Peserta didik mampu menjelaskan konsep gen, alel, dan kromosom dengan tepat.
- Peserta didik mampu merancang model struktur DNA sederhana berdasarkan konsep ilmiah.

B. Alat dan Bahan

- Manik-manik/kancing baju 4 warna (mewakili basa A, T, G, C)
- Sedotan atau kawat lentur (mewakili tulang punggung gula-fosfat)
- Benang/kertas karton, gunting, lem, penggaris
- Gambar/video referensi struktur DNA

C. Langkah Kegiatan

1. Amati video/gambar mengenai gen, alel, dan kromosom yang ditayangkan guru.
2. Diskusikan bersama kelompok, lalu lengkapi Tabel 1 di bawah ini.
3. Rancang model struktur DNA menggunakan bahan yang tersedia, pastikan pasangan basa nitrogen sesuai kaidah pasangan basa (A-T dan G-C).
4. Hitung jumlah tiap jenis basa pada model yang dibuat kelompok, lalu lengkapi Tabel 2.
5. Presentasikan hasil kerja kelompok di depan kelas.

D. Tabel 1 — Perbandingan Konsep

Istilah	Pengertian (menurut hasil diskusi kelompok)	Contoh
Gen		
Alel		
Kromosom		

E. Tabel 2 — Data Model DNA Kelompok

Jenis Basa Nitrogen	Jumlah pada Model	Persentase (%)
Adenin (A)		
Timin (T)		
Guanin (G)		
Sitosin (S/C)		

F. Pertanyaan Diskusi

- 1. Apa hubungan antara gen, alel, dan kromosom berdasarkan hasil pengamatan kelompok Anda?
- 2. Berdasarkan Tabel 2, bagaimana perbandingan jumlah basa A dengan T, serta G dengan S? Apa yang dapat Anda simpulkan?
- 3. Kesulitan apa yang kelompok Anda alami saat merancang model DNA, dan bagaimana cara mengatasinya?

G. Refleksi

- Satu hal baru yang saya pelajari hari ini:
- Satu pertanyaan yang masih ingin saya ketahui:

LKPD 2: Eksplorasi Struktur, Fungsi, dan Perbedaan DNA-RNA

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Struktur, Fungsi, dan Perbedaan DNA-RNA
Alokasi Waktu	5 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Tujuan

- Peserta didik mampu mengidentifikasi struktur dan fungsi DNA serta RNA setelah melakukan eksplorasi informasi dari berbagai sumber belajar.
- Peserta didik mampu membandingkan karakteristik DNA dan RNA berdasarkan data hasil eksplorasi dan simulasi digital.

B. Alat dan Bahan

- Model DNA hasil karya pada Pertemuan 1
- Laptop/gawai dengan akses internet untuk simulasi digital dan studi literatur
- Lembar kerja ini dan alat tulis

C. Langkah Kegiatan

- 1. Bacalah artikel/sumber belajar digital mengenai struktur dan fungsi DNA serta RNA yang disediakan guru.
- 2. Jalankan simulasi digital proses replikasi DNA dan transkripsi RNA, amati tahapan yang terjadi.
- 3. Lengkapi Tabel Perbandingan DNA-RNA berdasarkan hasil eksplorasi kelompok.
- 4. Presentasikan model DNA kelompok pada Pertemuan 1 dan kaitkan dengan fungsinya dalam sintesis protein.
- 5. Jawablah pertanyaan diskusi secara berkelompok.

D. Tabel Perbandingan DNA dan RNA

Aspek Pembanding	DNA	RNA
Bentuk rantai		
Jenis gula		
Jenis basa nitrogen		
Lokasi dalam sel		
Fungsi utama		

E. Pertanyaan Diskusi

- 1. Berdasarkan hasil simulasi, jelaskan secara singkat tahapan proses replikasi DNA.
- 2. Mengapa RNA diperlukan dalam proses sintesis protein, padahal informasi genetik sudah tersimpan di DNA?
- 3. Sebutkan minimal dua penerapan pemahaman tentang DNA/RNA dalam kehidupan sehari-hari (misalnya bidang forensik, kesehatan, atau pertanian).

F. Kesimpulan

- Tuliskan kesimpulan kelompok mengenai keterkaitan gen, alel, kromosom, DNA, dan RNA sebagai satu kesatuan substansi genetika:

G. Refleksi Diri

- Bagian materi yang sudah saya pahami dengan baik:
- Bagian materi yang masih perlu saya pelajari lagi:
- Perasaan saya setelah mengikuti pembelajaran topik ini:

RENCANA PEMBELAJARAN MENDALAM

Mata Pelajaran Biologi — Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) dan Diskusi Kelompok

Tabel Identitas

Nama Satuan Pendidikan	SMA Negeri 1 Langsa
Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Penyusun	Rianti Astelita
Topik	Evolusi
Tahun Pelajaran	2026 / 2027
Jumlah Pertemuan	8 x 45 menit (4 kali pertemuan, masing-masing 2 JP)

A. Identifikasi

1. Kesiapan Peserta Didik

Aspek	Deskripsi
Pengetahuan Awal	Peserta didik telah mempelajari substansi genetika dan pewarisan sifat (gen, alel, kromosom, Hukum Mendel, mutasi) pada topik sebelumnya, sehingga memiliki dasar untuk memahami mekanisme terjadinya perubahan frekuensi alel dan variasi dalam populasi.
Minat	Peserta didik umumnya tertarik pada isu populer terkait evolusi, seperti asal-usul manusia, resistensi antibiotik, mutasi virus, hewan purba/fosil, serta perdebatan teori evolusi yang sering muncul di media.
Latar Belakang	Kemampuan berpikir abstrak dan analitis peserta didik bervariasi; sebagian memerlukan bantuan visual dan contoh konkret untuk memahami konsep waktu geologis dan perubahan populasi dalam skala besar.
Kebutuhan Belajar	Diperlukan studi kasus dan isu kontekstual yang dekat dengan lingkungan sekitar peserta didik, media visual/simulasi digital, serta pendampingan bertahap dalam merancang dan menyelesaikan proyek investigasi.

2. Analisis Materi Pelajaran

Aspek	Deskripsi
Jenis Pengetahuan	Pengetahuan konseptual (teori evolusi, mekanisme evolusi, bukti evolusi, konsep spesiasi) dan pengetahuan prosedural (menganalisis bukti evolusi, merancang dan melaksanakan proyek investigasi isu evolusi terkini).
Relevansi dengan Kehidupan Nyata	Materi berkaitan langsung dengan isu resistensi antibiotik, mutasi dan perkembangan virus, pemuliaan tanaman/hewan, keanekaragaman hayati di lingkungan sekitar, serta upaya pelestarian keberlanjutan hidup di Bumi.
Tingkat Kesulitan	Sedang hingga tinggi, karena mencakup konsep abstrak berskala populasi dan waktu geologis, serta memerlukan kemampuan menghubungkan

Aspek	Deskripsi
	berbagai bukti ilmiah lintas disiplin (fosil, anatomi, embriologi, biokimia, biogeografi).
Struktur Materi	Materi tersusun secara berjenjang: pengertian dan konsep dasar evolusi → teori evolusi (pra-Darwin dan Darwin-Wallace) → variasi dan mekanisme evolusi (seleksi alam, mutasi, migrasi, hanyutan genetik, rekombinasi gen) → bukti-bukti evolusi → konsep spesiasi → dampak evolusi dalam kehidupan modern → proyek investigasi isu evolusi terkini.
Integrasi Nilai dan Karakter	Ketelitian dan berpikir ilmiah dalam menganalisis bukti evolusi, keterbukaan terhadap perbedaan pendapat dalam diskusi ilmiah, rasa syukur dan tanggung jawab menjaga kelestarian keanekaragaman hayati sebagai ciptaan Tuhan Yang Maha Esa, serta kerja sama dalam menyelesaikan proyek kelompok.

3. Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan

- Geografi — konsep biogeografi, persebaran makhluk hidup, dan isolasi geografis dalam spesiasi.
- Matematika/Statistika — perhitungan frekuensi alel dan analisis data populasi sederhana.
- Kimia — dasar biokimia sebagai salah satu bukti evolusi (kemiripan struktur molekuler antarspesies).
- Ilmu Kesehatan — pemahaman resistensi antibiotik dan perkembangan virus sebagai dampak evolusi dalam kehidupan modern.

4. Dimensi Profil Lulusan

Dimensi	Penjabaran dalam Pembelajaran
Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Menumbuhkan rasa syukur atas keanekaragaman hayati sebagai ciptaan Tuhan Yang Maha Esa serta menumbuhkan kesadaran dan tanggung jawab untuk menjaga kelestariannya demi keberlanjutan hidup di Bumi.
Penalaran Kritis	Melatih peserta didik menganalisis dan membandingkan berbagai teori evolusi, mengevaluasi bukti-bukti ilmiah secara objektif, serta menarik kesimpulan berbasis data dalam proyek investigasi isu evolusi.
Kreativitas	Mendorong peserta didik merancang proyek investigasi yang orisinal dan relevan dengan lingkungan sekitar, serta menyajikan hasil proyek secara kreatif dan komunikatif.

B. Desain Pembelajaran

1. Tujuan Pembelajaran	Peserta didik mampu menjelaskan pengertian evolusi dan konsep dasar yang meliputinya (variasi, pewarisan, seleksi). Peserta didik mampu mengidentifikasi dan membandingkan teori evolusi pra-Darwin (misalnya Lamarck) dengan teori Darwin-Wallace (seleksi alam) setelah melakukan diskusi kelompok. Peserta didik mampu menganalisis pentingnya variasi dalam populasi sebagai dasar terjadinya evolusi dengan memberikan contoh nyata. Peserta didik mampu mengidentifikasi berbagai mekanisme evolusi selain seleksi alam (mutasi, migrasi, hanyutan genetik,
-------------------------------	---

	rekombinasi gen) melalui studi kasus. Peserta didik mampu menjelaskan bagaimana mekanisme-mekanisme tersebut berkontribusi pada perubahan frekuensi alel dalam populasi dengan contoh simulasi sederhana. Peserta didik mampu memprediksi arah perubahan genetik dalam suatu populasi jika terjadi perubahan lingkungan atau tekanan seleksi tertentu. Peserta didik mampu menganalisis berbagai bukti evolusi (fosil, anatomi perbandingan, embriologi perbandingan, biokimia, biogeografi) melalui eksplorasi berbagai sumber. Peserta didik mampu menjelaskan konsep spesiasi dan berbagai mekanisme yang mendasarinya (isolasi geografis, isolasi reproduksi) dengan memberikan contoh. Peserta didik mampu menghubungkan bukti-bukti evolusi dengan konsep spesiasi untuk memahami pembentukan spesies baru. Peserta didik mampu mengidentifikasi dampak evolusi dalam kehidupan modern (misalnya, resistensi antibiotik, perkembangan virus, pemuliaan). Peserta didik mampu merancang proyek sederhana untuk menginvestigasi salah satu isu terkini terkait evolusi yang relevan dengan lingkungan sekitar. Peserta didik mampu menyajikan hasil proyek mereka dan merefleksikan pentingnya memahami evolusi dalam menjaga keberlanjutan hidup di Bumi.
2. Topik Pembelajaran	Evolusi: Konsep Dasar dan Teori Evolusi, Variasi dan Mekanisme Evolusi, Bukti-Bukti Evolusi dan Spesiasi, serta Dampak Evolusi dalam Kehidupan Modern.
3. Praktik Pedagogis	Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) dipadukan dengan Diskusi Kelompok, dengan sintaks PjBL: • Penentuan pertanyaan mendasar (essential question) terkait isu evolusi yang relevan dengan lingkungan sekitar. • Mendesain perencanaan proyek investigasi secara berkelompok. • Menyusun jadwal pelaksanaan proyek. • Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek oleh guru selama proses berlangsung. • Menguji hasil proyek melalui presentasi dan diskusi kelas. • Mengevaluasi pengalaman belajar dan proses pengerjaan proyek bersama-sama. Diskusi kelompok digunakan pada setiap pertemuan untuk membangun dan memperdalam konsep sebelum diterapkan dalam proyek.
4. Lingkungan Pembelajaran	Dikembangkan budaya belajar yang aman, nyaman, dan saling memuliakan melalui diskusi kelompok yang terbuka terhadap berbagai sudut pandang ilmiah serta kerja proyek yang kolaboratif. Pembelajaran berlangsung di ruang kelas dan lingkungan sekitar sekolah (ruang fisik) untuk observasi keanekaragaman hayati, serta memanfaatkan Google Classroom/Padlet sebagai ruang virtual untuk berbagi sumber belajar dan perkembangan proyek.
5. Kemitraan atau Kolaborasi	Kolaborasi antarpeserta didik dalam kelompok proyek, kolaborasi lintas mata pelajaran dengan guru Geografi terkait biogeografi, serta pemanfaatan sumber belajar dari lingkungan sekitar (kebun sekolah, komunitas peduli lingkungan, atau narasumber setempat) sebagai objek investigasi proyek isu evolusi.
6. Pemanfaatan Teknologi Digital	Video/animasi proses seleksi alam dan spesiasi, aplikasi simulasi perubahan frekuensi alel (seperti PhET Interactive Simulations — Natural

	Selection), Google Form/Quizizz untuk asesmen interaktif, Canva/PowerPoint atau media digital lain untuk menyajikan hasil proyek, serta Google Classroom/Padlet sebagai wadah kolaborasi dan dokumentasi proyek.
--	--

C. Pengalaman Belajar

Pengalaman belajar dirancang mengacu pada Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna, Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi, Merefleksi) dengan praktik pedagogis Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) yang dipadukan dengan Diskusi Kelompok.

Pertemuan 1 (2 JP x 45 menit) — Konsep Dasar Evolusi dan Perbandingan Teori Evolusi

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	- Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama. - Apersepsi: peserta didik diajak mengamati gambar/contoh variasi bentuk paruh burung Finch di Kepulauan Galapagos sebagai pemantik diskusi. - Guru menyampaikan tujuan pembelajaran serta memperkenalkan pertanyaan mendasar (essential question) proyek: “Isu evolusi apa yang terjadi di lingkungan sekitar kita, dan bagaimana kita dapat menginvestigasinya?”	Berkesadaran: peserta didik menyadari bahwa perubahan makhluk hidup dari waktu ke waktu adalah fenomena yang dapat diamati dan dikaji secara ilmiah.
Inti (60 menit)	Tahap Memahami: - Peserta didik berdiskusi kelompok mengenai pengertian evolusi dan konsep dasarnya (variasi, pewarisan, seleksi) berdasarkan bacaan/video yang disediakan. - Kelompok membandingkan teori evolusi pra-Darwin (Lamarck) dengan teori Darwin-Wallace (seleksi alam) melalui tabel perbandingan. Tahap Mengaplikasi: - Kelompok menganalisis pentingnya variasi dalam populasi sebagai dasar terjadinya evolusi dengan mencari contoh nyata di lingkungan sekitar (misalnya variasi warna/ukuran pada tumbuhan atau hewan peliharaan). - Kelompok mulai mendiskusikan pertanyaan mendasar proyek dan mencatat gagasan awal isu evolusi yang ingin diinvestigasi. - Guru memfasilitasi diskusi dan memberikan umpan balik pada tiap kelompok.	Bermakna: peserta didik menghubungkan konsep teori evolusi dengan fenomena variasi yang benar-benar mereka temui di sekitar mereka.
Penutup (15 menit)	- Kelompok menyampaikan simpulan sementara mengenai perbandingan teori evolusi dan pentingnya variasi. - Kuis singkat sebagai pengecekan pemahaman.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik menikmati proses menemukan gagasan

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
	- Refleksi: peserta didik menuliskan gagasan awal isu evolusi yang menarik untuk proyek kelompok. - Guru menyampaikan apresiasi dan menutup pembelajaran dengan doa.	proyek dari fenomena yang mereka kenal.

Pertemuan 2 (2 JP x 45 menit) — Mekanisme Evolusi dan Perencanaan Proyek

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	- Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama. - Apersepsi: mengulas hasil diskusi Pertemuan 1 dan mengaitkannya dengan pertanyaan “Apakah seleksi alam satu-satunya penyebab perubahan suatu populasi?” - Penyampaian tujuan pembelajaran hari ini, yaitu memahami mekanisme evolusi selain seleksi alam.	Berkesadaran: peserta didik menyadari bahwa perubahan populasi dapat terjadi melalui berbagai mekanisme, tidak hanya seleksi alam.
Inti (60 menit)	Tahap Memahami: - Kelompok mempelajari studi kasus mengenai mutasi, migrasi, hanyutan genetik (genetic drift), dan rekombinasi gen sebagai mekanisme evolusi. - Kelompok mendiskusikan bagaimana tiap mekanisme berkontribusi terhadap perubahan frekuensi alel dalam populasi melalui simulasi sederhana (manual atau aplikasi digital). Tahap Mengaplikasi: - Kelompok memprediksi arah perubahan genetik suatu populasi jika terjadi perubahan lingkungan atau tekanan seleksi tertentu berdasarkan data simulasi. - Mendesain perencanaan proyek: kelompok menetapkan isu evolusi yang akan diinvestigasi, tujuan, dan metode pengumpulan data sederhana. - Menyusun jadwal: kelompok menyusun jadwal pelaksanaan proyek hingga presentasi akhir.	Bermakna: peserta didik mengalami sendiri bagaimana perubahan frekuensi alel dapat disimulasikan dan diprediksi, sekaligus mulai merancang investigasi nyata.
Penutup (15 menit)	- Kelompok menyampaikan rencana proyek dan jadwal kerja kepada guru untuk mendapat umpan balik awal. - Kuis singkat sebagai pengecekan pemahaman mekanisme evolusi. - Refleksi: peserta didik menuliskan mekanisme evolusi yang paling menarik untuk dipahami lebih lanjut. - Guru menyampaikan apresiasi dan menutup pembelajaran dengan doa.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik merasa memiliki arah yang jelas untuk proyek kelompoknya.

Pertemuan 3 (2 JP x 45 menit) — Bukti Evolusi, Spesiasi, dan Pelaksanaan Proyek

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	- Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama. - Apersepsi: mengaitkan mekanisme evolusi pada Pertemuan 2 dengan pertanyaan “Bagaimana kita bisa membuktikan bahwa evolusi benar-benar terjadi?” - Penyampaian tujuan pembelajaran hari ini, yaitu menganalisis bukti evolusi dan memahami konsep spesiasi.	Berkesadaran: peserta didik menyadari pentingnya bukti ilmiah dalam mendukung suatu teori.
Inti (60 menit)	Tahap Memahami: - Kelompok mengeksplorasi berbagai sumber belajar mengenai bukti-bukti evolusi (fosil, anatomi perbandingan, embriologi perbandingan, biokimia, biogeografi). - Kelompok mendiskusikan konsep spesiasi dan mekanismenya (isolasi geografis dan isolasi reproduksi) serta menghubungkannya dengan bukti-bukti evolusi yang telah dipelajari. - Kelompok mengidentifikasi dampak evolusi dalam kehidupan modern (resistensi antibiotik, perkembangan virus, pemuliaan tanaman/hewan). Tahap Mengaplikasi — Memonitor kemajuan proyek: - Kelompok melanjutkan pengumpulan data/informasi untuk proyek investigasi isu evolusi sesuai jadwal, didampingi guru yang memantau dan memberikan umpan balik terhadap kemajuan tiap kelompok.	Bermakna: peserta didik menghubungkan bukti ilmiah lintas disiplin dengan proses pembentukan spesies baru dan isu evolusi yang sedang mereka investigasi.
Penutup (15 menit)	- Kelompok melaporkan kemajuan proyek secara singkat kepada guru dan kelas. - Kuis singkat/tanya jawab sebagai pengecekan pemahaman bukti evolusi dan spesiasi. - Refleksi: peserta didik menuliskan tantangan yang dihadapi kelompok dalam mengerjakan proyek. - Guru menyampaikan apresiasi dan menutup pembelajaran dengan doa.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik mensyukuri kemajuan proyek yang telah dicapai bersama kelompok.

Pertemuan 4 (2 JP x 45 menit) — Presentasi Proyek dan Evaluasi Pengalaman Belajar

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal (15 menit)	Guru membuka pembelajaran dengan salam dan doa bersama.	Berkesadaran: peserta didik menyadari bahwa

Tahap	Kegiatan Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
	- Apersepsi: mengulas kembali perjalanan proyek investigasi isu evolusi dari Pertemuan 1 hingga 3. - Penyampaian tujuan pembelajaran hari ini, yaitu menyajikan hasil proyek dan merefleksikan pentingnya memahami evolusi.	hasil belajar mereka selama beberapa pertemuan bermuara pada produk nyata yang bermanfaat.
Inti (60 menit)	Tahap Mengaplikasi — Menguji hasil: - Setiap kelompok menyajikan hasil proyek investigasi isu evolusi yang relevan dengan lingkungan sekitar dalam bentuk presentasi/poster/media digital. - Kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan pada sesi presentasi. Mengevaluasi pengalaman: - Guru memfasilitasi diskusi kelas untuk mengevaluasi proses pengerjaan proyek: kesulitan, strategi, dan pembelajaran yang diperoleh tiap kelompok. - Kelas bersama-sama merumuskan keterkaitan antara pemahaman evolusi dengan pentingnya menjaga keberlanjutan hidup di Bumi.	Bermakna: peserta didik melihat manfaat nyata proyek mereka bagi pemahaman isu evolusi dan lingkungan sekitar.
Penutup (15 menit)	- Peserta didik mengerjakan tes formatif akhir topik (post test). - Refleksi akhir topik: peserta didik mengisi lembar refleksi diri atas keseluruhan proses belajar dan pengerjaan proyek. - Guru memberikan apresiasi terhadap seluruh hasil proyek dan menutup pembelajaran dengan doa syukur.	Merefleksi & Menggembirakan: peserta didik merayakan pencapaian proyek kelompok dan mensyukuri pemahaman baru mengenai evolusi dan keberlanjutan hidup.

D. Asesmen

1. Jenis Asesmen

Jenis Asesmen	Bentuk	Waktu Pelaksanaan
Assessment for Learning (Asesmen untuk Pembelajaran)	Observasi diskusi kelompok, tanya jawab lisan, serta kuis singkat untuk memantau pemahaman peserta didik selama proses pembelajaran.	Selama proses pembelajaran (Pertemuan 1–4)
Assessment as Learning (Asesmen sebagai Pembelajaran)	Penilaian diri (self-assessment) dan penilaian antarteman (peer-assessment) terhadap kontribusi dan proses kerja dalam kelompok proyek.	Akhir tiap pertemuan, khususnya Pertemuan 2 dan 3
Assessment of Learning (Asesmen hasil Pembelajaran)	Tes tertulis (pilihan ganda dan esai) serta penilaian produk dan presentasi hasil proyek investigasi isu evolusi.	Akhir Pertemuan 4

2. Soal Latihan

A. Pilihan Ganda

- Menurut teori Lamarck, perubahan sifat pada organisme terjadi karena (a. seleksi alam b. penggunaan dan tidak digunakannya organ tubuh yang diwariskan c. mutasi acak d. hanyutan genetik e. isolasi reproduksi)
- Perubahan frekuensi alel dalam populasi kecil yang terjadi secara acak, bukan karena seleksi, disebut (a. migrasi b. rekombinasi gen c. hanyutan genetik (genetic drift) d. mutasi e. seleksi alam)
- Kemiripan struktur tulang pada anggota gerak depan manusia, kucing, dan paus merupakan salah satu bukti evolusi berupa (a. fosil b. anatomi perbandingan c. embriologi perbandingan d. biokimia e. biogeografi)

B. Esai

- Bandingkan teori evolusi Lamarck dengan teori Darwin-Wallace, sertakan contoh kasus untuk masing-masing teori.
- Jelaskan bagaimana mutasi, migrasi, hanyutan genetik, dan rekombinasi gen dapat menyebabkan perubahan frekuensi alel dalam suatu populasi.
- Jelaskan konsep spesiasi melalui isolasi geografis dan isolasi reproduksi, serta kaitkan dengan salah satu bukti evolusi yang mendukungnya.

3. Rubrik Penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

Kriteria	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Pemahaman konsep dasar dan teori evolusi	Menjelaskan konsep dasar dan membandingkan teori evolusi secara tepat, lengkap, dan disertai contoh relevan.	Menjelaskan dan membandingkan teori evolusi dengan tepat namun contoh kurang lengkap.	Menjelaskan sebagian konsep/teori dengan tepat, sebagian masih keliru.	Belum mampu menjelaskan konsep dasar/teori evolusi dengan tepat.
Analisis mekanisme evolusi dan perubahan frekuensi alel	Menganalisis seluruh mekanisme evolusi dan dampaknya terhadap frekuensi alel secara tepat serta mampu memprediksi arah perubahan genetik dengan logis.	Menganalisis sebagian besar mekanisme dengan tepat, prediksi cukup logis.	Menganalisis mekanisme secara sederhana, prediksi masih kurang tepat.	Belum mampu menganalisis mekanisme evolusi/frekuensi alel dengan tepat.
Kedalaman analisis bukti evolusi dan konsep spesiasi	Menganalisis berbagai bukti evolusi dan menghubungkannya dengan konsep spesiasi secara tepat, kritis, dan komprehensif.	Menganalisis bukti evolusi dan konsep spesiasi dengan tepat namun kurang komprehensif.	Analisis masih dangkal, sebagian konsep belum tepat.	Belum mampu menganalisis bukti evolusi/konsep spesiasi dengan tepat.

Kriteria	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Kualitas proyek investigasi dan presentasi hasil	Proyek relevan, terencana dengan baik, data akurat, dan dipresentasikan secara jelas serta percaya diri.	Proyek cukup relevan dan terencana, dipresentasikan dengan cukup jelas.	Proyek kurang terencana atau presentasi kurang jelas.	Proyek dan presentasi belum memenuhi kriteria yang diharapkan.

4. Penilaian Asesmen Diri

Peserta didik mengisi rubrik berikut secara jujur berdasarkan pemahaman dan sikap belajarnya.

Pernyataan	Sangat Setuju (4)	Setuju (3)	Kurang Setuju (2)	Tidak Setuju (1)
Saya memahami konsep dasar evolusi dan mampu membandingkan teori evolusi.				
Saya memahami berbagai mekanisme evolusi dan pengaruhnya terhadap frekuensi alel.				
Saya mampu menganalisis bukti-bukti evolusi dan menghubungkannya dengan konsep spesiasi.				
Saya berperan aktif dalam merancang dan melaksanakan proyek investigasi kelompok.				
Saya dapat merefleksikan proses belajar dan pengerjaan proyek saya pada topik ini.				

5. Penilaian Asesmen Karakter

Rubrik ini digunakan guru untuk menilai perkembangan karakter peserta didik berdasarkan Dimensi Profil Lulusan yang menjadi fokus pembelajaran.

Dimensi Profil Lulusan	Sangat Berkembang (4)	Berkembang (3)	Mulai Berkembang (2)	Belum Berkembang (1)
Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Secara konsisten menunjukkan rasa syukur atas keanekaragaman hayati dan kesadaran menjaga keberlanjutan hidup sebagai wujud tanggung jawab terhadap ciptaan Tuhan Yang Maha Esa.	Menunjukkan rasa syukur dan kesadaran menjaga lingkungan pada beberapa kesempatan.	Menunjukkan rasa syukur/kesadaran hanya ketika diarahkan guru.	Belum menunjukkan rasa syukur atau kesadaran menjaga lingkungan.

Dimensi Profil Lulusan	Sangat Berkembang (4)	Berkembang (3)	Mulai Berkembang (2)	Belum Berkembang (1)
Penalaran Kritis	Secara konsisten menganalisis teori dan bukti evolusi secara objektif, serta merancang dan mengevaluasi proyek secara logis dan mandiri.	Mampu menganalisis dan mengevaluasi proyek dengan cukup logis, sesekali memerlukan bimbingan.	Menganalisis secara sederhana, masih memerlukan banyak bimbingan.	Belum mampu menganalisis atau mengevaluasi proyek dengan tepat.
Kreativitas	Merancang dan menyajikan proyek investigasi yang orisinal, inovatif, dan komunikatif.	Merancang dan menyajikan proyek yang cukup kreatif.	Merancang proyek dengan kreativitas terbatas, meniru contoh yang ada.	Belum menunjukkan kreativitas dalam merancang/menyajikan proyek.

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

LKPD 1: Konsep Dasar Evolusi dan Perbandingan Teori Evolusi

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Konsep Dasar Evolusi dan Perbandingan Teori Evolusi
Alokasi Waktu	2 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Pertanyaan Mendasar Proyek

Isu evolusi apa yang terjadi di lingkungan sekitar kita, dan bagaimana kita dapat menginvestigasinya?

B. Tujuan

- Peserta didik mampu menjelaskan pengertian evolusi dan konsep dasarnya (variasi, pewarisan, seleksi).
- Peserta didik mampu membandingkan teori evolusi pra-Darwin (Lamarck) dengan teori Darwin-Wallace.

C. Langkah Kegiatan

- 1. Bacalah artikel/tonton video mengenai pengertian evolusi dan teori evolusi yang disediakan guru.
- 2. Diskusikan bersama kelompok dan lengkapi Tabel Perbandingan Teori Evolusi.
- 3. Carilah satu contoh nyata variasi dalam populasi di lingkungan sekitar (tumbuhan/hewan) dan analisis pentingnya variasi tersebut.
- 4. Diskusikan gagasan awal isu evolusi di lingkungan sekitar yang menarik untuk diinvestigasi sebagai proyek kelompok.

D. Tabel Perbandingan Teori Evolusi

Aspek Pembanding	Teori Lamarck	Teori Darwin-Wallace
Gagasan utama		
Contoh kasus		
Kelemahan/kritik terhadap teori		

E. Analisis Variasi dalam Populasi

Aspek	Hasil Pengamatan Kelompok
Contoh organisme yang diamati	
Jenis variasi yang ditemukan	

Aspek	Hasil Pengamatan Kelompok
Mengapa variasi ini penting bagi kelangsungan populasi?	

F. Gagasan Awal Proyek Kelompok

- Isu evolusi di lingkungan sekitar yang ingin kami investigasi:
- Alasan memilih isu tersebut:

G. Refleksi

- Satu hal baru yang saya pelajari hari ini:

LKPD 2: Mekanisme Evolusi dan Perencanaan Proyek

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Mekanisme Evolusi dan Perencanaan Proyek
Alokasi Waktu	2 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Tujuan

- Peserta didik mampu mengidentifikasi mekanisme evolusi selain seleksi alam (mutasi, migrasi, hanyutan genetik, rekombinasi gen).
- Peserta didik mampu memprediksi arah perubahan genetik dalam populasi akibat perubahan lingkungan/tekanan seleksi.
- Peserta didik mampu menyusun rencana dan jadwal proyek investigasi isu evolusi.

B. Langkah Kegiatan

1. Pelajari studi kasus mekanisme evolusi (mutasi, migrasi, hanyutan genetik, rekombinasi gen) yang disediakan guru.
2. Lakukan simulasi sederhana perubahan frekuensi alel (manual/aplikasi digital) dan catat hasilnya pada Tabel 1.
3. Diskusikan prediksi arah perubahan genetik jika terjadi perubahan lingkungan tertentu.
4. Susun rencana proyek investigasi pada Tabel 2 dan jadwal pelaksanaan pada Tabel 3.

C. Tabel 1 — Hasil Simulasi Perubahan Frekuensi Alel

Kondisi Awal	Mekanisme yang Diterapkan	Frekuensi Alel Sebelum	Frekuensi Alel Sesudah

D. Tabel 2 — Rencana Proyek Investigasi

Aspek	Rencana Kelompok
Judul/isu proyek	
Tujuan investigasi	
Data/informasi yang akan dikumpulkan	
Metode pengumpulan data (observasi/wawancara/studi literatur)	

Aspek	Rencana Kelompok
Alat/bahan yang diperlukan	

E. Tabel 3 — Jadwal Pelaksanaan Proyek

Pertemuan	Kegiatan	Target Capaian
Pertemuan 3		
Pertemuan 4		

F. Pertanyaan Diskusi

- 1. Bagaimana perbedaan pengaruh hanyutan genetik pada populasi kecil dibandingkan populasi besar?
- 2. Jika suatu lingkungan mengalami perubahan suhu drastis, bagaimana prediksi Anda terhadap arah perubahan genetik populasi yang hidup di dalamnya?

G. Refleksi

- Mekanisme evolusi yang paling menarik bagi saya:

LKPD 3: Bukti Evolusi, Spesiasi, dan Kemajuan Proyek

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Bukti Evolusi, Spesiasi, dan Pelaksanaan Proyek
Alokasi Waktu	2 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Tujuan

- Peserta didik mampu menganalisis berbagai bukti evolusi (fosil, anatomi perbandingan, embriologi perbandingan, biokimia, biogeografi).
- Peserta didik mampu menjelaskan konsep spesiasi dan mekanismenya serta menghubungkannya dengan bukti evolusi.
- Peserta didik mampu mengidentifikasi dampak evolusi dalam kehidupan modern dan melanjutkan pelaksanaan proyek.

B. Langkah Kegiatan

1. Telusuri sumber belajar mengenai lima jenis bukti evolusi, lalu lengkapi Tabel 1.
2. Diskusikan konsep spesiasi (isolasi geografis dan isolasi reproduksi) dan kaitkan dengan bukti evolusi yang relevan pada Tabel 2.
3. Identifikasi dampak evolusi dalam kehidupan modern pada Tabel 3.
4. Lanjutkan pengumpulan data proyek investigasi kelompok sesuai jadwal, catat kemajuan pada bagian D.

C. Tabel 1 — Bukti-Bukti Evolusi

Jenis Bukti	Penjelasan Singkat	Contoh
Fosil		
Anatomi perbandingan		
Embriologi perbandingan		
Biokimia		
Biogeografi		

D. Tabel 2 — Konsep Spesiasi

Mekanisme Spesiasi	Penjelasan	Kaitan dengan Bukti Evolusi
Isolasi geografis		
Isolasi reproduksi		

E. Tabel 3 — Dampak Evolusi dalam Kehidupan Modern

Contoh Dampak	Penjelasan Singkat
Resistensi antibiotik	
Perkembangan/mutasi virus	
Pemuliaan tanaman/hewan	

F. Catatan Kemajuan Proyek

Aspek	Catatan
Data/informasi yang telah dikumpulkan	
Kendala yang dihadapi	
Rencana tindak lanjut sebelum presentasi	

G. Refleksi

- Tantangan yang saya/kelompok hadapi dalam mengerjakan proyek:

LKPD 4: Presentasi Proyek dan Evaluasi Pengalaman Belajar

Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Topik	Presentasi Hasil Proyek dan Refleksi Topik Evolusi
Alokasi Waktu	2 JP x 45 menit
Nama Kelompok	.....
Anggota Kelompok	1. 2. 3. 4.

A. Tujuan

- Peserta didik mampu menyajikan hasil proyek investigasi isu evolusi yang relevan dengan lingkungan sekitar.
- Peserta didik mampu merefleksikan pentingnya memahami evolusi dalam menjaga keberlanjutan hidup di Bumi.

B. Langkah Kegiatan

1. Siapkan media presentasi hasil proyek kelompok (poster/slide/media digital lain).
2. Sajikan hasil proyek secara bergantian di depan kelas, meliputi latar belakang isu, data yang diperoleh, dan kesimpulan.
3. Catat tanggapan/pertanyaan dari kelompok lain pada Tabel Umpan Balik.
4. Lengkapi Lembar Evaluasi Pengalaman Proyek dan Refleksi Akhir Topik.

C. Ringkasan Hasil Proyek Kelompok

Aspek	Hasil Proyek
Judul/isu proyek	
Data/temuan utama	
Kesimpulan	
Rekomendasi/tindak lanjut	

D. Tabel Umpan Balik dari Kelompok Lain

Kelompok Penanya	Pertanyaan/Tanggapan	Jawaban Kelompok

E. Lembar Evaluasi Pengalaman Proyek

Aspek Evaluasi	Catatan Kelompok
Hal yang berjalan baik selama proyek	
Kesulitan yang dihadapi dan cara mengatasinya	
Hal yang akan diperbaiki jika mengerjakan proyek serupa	

F. Refleksi Akhir Topik

- Bagian materi evolusi yang sudah saya pahami dengan baik:
- Bagian materi yang masih perlu saya pelajari lagi:
- Menurut saya, pentingnya memahami evolusi bagi keberlanjutan hidup di Bumi adalah:
- Perasaan saya setelah mengikuti pembelajaran dan menyelesaikan proyek topik ini:

RENCANA PEMBELAJARAN MENDALAM (RPM)

Mata Pelajaran Biologi

Nama Satuan Pendidikan	SMA Negeri 1 Langsa
Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Penyusun	Rianti Astelita
Topik	Pertumbuhan dan Perkembangan pada Makhluk Hidup
Tahun Pelajaran	2026 / 2027
Jumlah Pertemuan	8 x 45 menit (4 kali pertemuan)
Praktik Pedagogis	Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) dan Diskusi Kelompok

A. Identifikasi

Aspek	Uraian
Kesiapan Peserta Didik	Fase sebelum belajar (kondisi awal peserta didik): • Pengetahuan awal: peserta didik telah mengenal konsep pertumbuhan dan perkembangan secara umum dari jenjang sebelumnya (SMP), namun belum memahami secara mendalam perbedaan keduanya serta mekanisme hormonal dan genetiknya. • Minat: peserta didik kelas XII pada umumnya tertarik pada kegiatan praktik/eksperimen langsung dibanding hanya mendengarkan ceramah, sehingga pendekatan proyek dan eksplorasi lapangan relevan digunakan. • Latar belakang: peserta didik berasal dari lingkungan yang dekat dengan aktivitas bercocok tanam/berkebun di rumah atau lingkungan sekolah, sehingga memiliki pengalaman kontekstual yang dapat dikaitkan dengan materi. • Kebutuhan belajar: terdapat keragaman gaya belajar (visual, auditori, kinestetik) sehingga pembelajaran perlu memfasilitasi diskusi kelompok, kajian literatur, eksplorasi lapangan, dan kerja proyek untuk mengakomodasi keberagaman tersebut.
Analisis Materi Pelajaran	• Jenis pengetahuan: konseptual (konsep pertumbuhan-perkembangan, faktor internal-eksternal), prosedural (langkah

	merancang dan melaksanakan percobaan), serta metakognitif (merefleksikan proses belajar). ● Relevansi dengan kehidupan nyata: materi berkaitan langsung dengan aktivitas budidaya tanaman, peternakan, kesehatan, dan pertanian yang dekat dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. ● Tingkat kesulitan: sedang hingga tinggi, karena menuntut peserta didik memahami keterkaitan antara faktor genetik, hormonal, dan lingkungan secara terintegrasi, serta menerapkannya dalam rancangan percobaan ilmiah. ● Struktur materi: bersifat hierarkis, dimulai dari konsep dasar (pertumbuhan vs perkembangan), faktor internal (genetik dan hormon), faktor eksternal (lingkungan), hingga penerapan melalui percobaan dan analisis data. ● Integrasi nilai dan karakter: nilai ketelitian, kejujuran ilmiah, kerja sama, tanggung jawab, serta rasa syukur atas keteraturan proses kehidupan ciptaan Tuhan Yang Maha Esa.
Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan	● Kimia: kandungan unsur hara dan senyawa hormon sebagai zat kimia pengatur tumbuh. ● Matematika: pengukuran pertumbuhan (tinggi, jumlah daun) dan penyajian data dalam bentuk tabel/grafik. ● Bahasa Indonesia: penyusunan laporan ilmiah dan presentasi hasil proyek secara sistematis dan komunikatif. ● Pendidikan Agama dan Budi Pekerti: penghayatan terhadap keteraturan proses tumbuh kembang makhluk hidup sebagai bentuk kebesaran Tuhan Yang Maha Esa.
Dimensi Profil Lulusan	● Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa: mensyukuri keteraturan proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup sebagai ciptaan Tuhan. ● Penalaran Kritis: menganalisis pengaruh faktor internal dan eksternal terhadap tumbuh kembang makhluk hidup berdasarkan data hasil percobaan. ● Kreativitas: merancang prosedur percobaan sederhana serta menyajikan hasil proyek secara inovatif dan menarik.

B. Desain Pembelajaran

Komponen	Uraian
Tujuan Pembelajaran	● Peserta didik mampu mengidentifikasi dan membedakan konsep pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup dengan tepat, setelah melakukan diskusi kelompok. ● Peserta didik mampu menganalisis pengaruh faktor genetik (internal) terhadap pola tumbuh kembang makhluk hidup, setelah melakukan studi kasus dan diskusi.

	● Peserta didik mampu menjelaskan peran berbagai jenis hormon pada tumbuhan dan hewan dalam mengatur proses tumbuh kembang, setelah membaca dan mempresentasikan hasil kajian literatur. ● Peserta didik mampu mengidentifikasi berbagai faktor eksternal (lingkungan) yang memengaruhi tumbuh kembang tumbuhan dan hewan, setelah melakukan eksplorasi di lingkungan sekolah. ● Peserta didik mampu merancang prosedur percobaan sederhana untuk menguji pengaruh salah satu faktor eksternal (misalnya cahaya atau air) terhadap pertumbuhan tumbuhan, dengan panduan guru. ● Peserta didik mampu memprediksi hasil percobaan berdasarkan hipotesis awal dan pengetahuan konseptual yang relevan. ● Peserta didik mampu melaksanakan percobaan sesuai dengan prosedur yang telah dirancang dengan teliti dan cermat. ● Peserta didik mampu mengumpulkan data hasil pengamatan pertumbuhan dan perkembangan secara akurat dan sistematis. ● Peserta didik mampu menyajikan data pengamatan dalam bentuk tabel atau grafik yang sesuai. ● Peserta didik mampu menganalisis data hasil percobaan untuk menarik kesimpulan tentang pengaruh faktor eksternal terhadap tumbuh kembang tumbuhan. ● Peserta didik mampu menyajikan hasil proyek percobaan (laporan dan presentasi) secara jelas, komunikatif, dan menarik. ● Peserta didik mampu merefleksikan pengalaman belajar selama melaksanakan proyek, mengidentifikasi tantangan dan solusi yang ditemukan.
Topik Pembelajaran	Pertumbuhan dan Perkembangan pada Makhluk Hidup: konsep dasar, faktor internal (genetik dan hormon), faktor eksternal (lingkungan), serta perancangan dan pelaksanaan percobaan pengaruh faktor eksternal terhadap pertumbuhan tumbuhan.
Praktik Pedagogis	Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) dipadukan dengan Diskusi Kelompok, dimulai dari perumusan pertanyaan/hipotesis, perancangan percobaan, pelaksanaan, pengumpulan dan analisis data, hingga presentasi hasil proyek dan refleksi.
Lingkungan Pembelajaran	Budaya belajar: ● Membangun iklim belajar yang aman, nyaman, dan saling memuliakan melalui kesepakatan kelas, penghargaan terhadap pendapat teman, serta budaya bertanya dan berdiskusi secara terbuka. Ruang fisik: ● Ruang kelas untuk diskusi kelompok dan presentasi, serta kebun/taman/halaman sekolah sebagai ruang eksplorasi dan tempat pelaksanaan percobaan pertumbuhan tanaman. Ruang virtual:

	Grup kelas daring (WhatsApp/Google Classroom) untuk berbagi bahan bacaan, dokumentasi perkembangan proyek, dan konsultasi di luar jam pelajaran.
Kemitraan atau Kolaborasi	- Dalam sekolah: kolaborasi dengan guru mata pelajaran Kimia dan Matematika untuk memperkuat pemahaman lintas disiplin, serta dengan petugas kebun sekolah dalam penyediaan lahan/media tanam. - Luar sekolah: kolaborasi dengan orang tua dalam mendampingi peserta didik merawat tanaman percobaan di rumah (bagi yang melaksanakan sebagian proyek di rumah), serta narasumber/petani lokal jika memungkinkan untuk berbagi pengalaman praktis.
Pemanfaatan Teknologi Digital	- Pencarian dan kajian literatur digital (artikel/jurnal daring) mengenai hormon tumbuhan dan hewan. - Aplikasi pengolah data/spreadsheet (Ms. Excel/Google Sheets) untuk menyajikan data pengamatan dalam bentuk tabel dan grafik. - Kamera/gawai untuk dokumentasi foto perkembangan tanaman secara berkala. - Aplikasi presentasi (Ms. PowerPoint/Canva/Google Slides) untuk menyusun dan menyajikan laporan hasil proyek.

C. Pengalaman Belajar

Berikut disajikan rangkaian pengalaman belajar untuk 4 (empat) kali pertemuan (masing-masing 2 x 45 menit), dirancang mengacu pada Praktik Pedagogis Pembelajaran Berbasis Proyek dan Diskusi Kelompok, serta memuat keterkaitan dengan Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna, Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi, Merefleksi).

Pertemuan 1: Konsep Pertumbuhan, Perkembangan, dan Faktor Genetik

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal Pembelajaran	- Guru membuka pembelajaran dengan salam, doa, dan menanyakan kabar peserta didik (kesadaran diri/berkesadaran). - Guru mengajak peserta didik mengamati gambar/video singkat pertumbuhan biji menjadi tanaman dewasa. - Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan mengaitkannya dengan pengalaman sehari-hari peserta didik dalam merawat tanaman. - Apersepsi: tanya jawab tentang perbedaan pertumbuhan dan perkembangan yang pernah peserta didik amati.	- Berkesadaran: peserta didik menyadari fenomena tumbuh kembang di sekitarnya. - Bermakna: mengaitkan pengalaman nyata peserta didik.

Inti	● Peserta didik dibagi dalam kelompok kecil (4-5 orang) untuk mendiskusikan konsep pertumbuhan dan perkembangan berdasarkan lembar kerja (LKPD 1). ● Setiap kelompok menganalisis studi kasus mengenai pengaruh faktor genetik terhadap pola tumbuh kembang makhluk hidup (misalnya perbedaan tinggi tanaman dari varietas unggul vs varietas biasa, atau pertumbuhan hewan ternak berdasarkan keturunan). ● Kelompok merumuskan perbedaan konsep pertumbuhan dan perkembangan serta menjelaskan pengaruh faktor genetik berdasarkan studi kasus. ● Perwakilan kelompok mempresentasikan hasil diskusi secara bergantian, kelompok lain memberikan tanggapan. ● Guru memberikan penguatan konsep dan meluruskan miskonsepsi yang muncul.	● Memahami: peserta didik membangun konsep melalui diskusi. ● Mengaplikasi: menganalisis studi kasus nyata. ● Menggembirakan: suasana diskusi kelompok yang aktif dan kolaboratif.
Penutup	● Peserta didik bersama guru menyimpulkan konsep pertumbuhan, perkembangan, dan pengaruh faktor genetik. ● Peserta didik melakukan refleksi singkat secara lisan/tertulis mengenai pemahaman yang diperoleh. ● Guru menyampaikan rencana kegiatan pertemuan berikutnya (kajian literatur hormon). ● Menutup pembelajaran dengan rasa syukur atas keteraturan proses kehidupan ciptaan Tuhan Yang Maha Esa.	● Merefleksi: peserta didik menilai pemahaman diri. ● Berkesadaran: menumbuhkan rasa syukur.

Pertemuan 2: Peran Hormon dan Eksplorasi Faktor Eksternal

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal Pembelajaran	● Guru membuka pembelajaran dengan salam, doa, dan mengecek kehadiran. ● Guru mengulas singkat materi pertemuan sebelumnya melalui kuis lisan singkat. ● Guru menyampaikan tujuan pembelajaran hari ini: peran hormon dan faktor eksternal terhadap tumbuh kembang.	● Berkesadaran: mengaitkan dengan pengetahuan sebelumnya. ● Bermakna: menghubungkan konsep secara berkesinambungan.

Inti	● Peserta didik dalam kelompok melakukan kajian literatur (dari buku teks dan sumber digital) mengenai jenis-jenis hormon pada tumbuhan (auksin, giberelin, sitokinin, dsb.) dan hewan (misalnya hormon pertumbuhan/GH, tiroksin) beserta fungsinya (LKPD 2). ● Setiap kelompok menyusun ringkasan dan mempresentasikan hasil kajian literatur secara bergantian. ● Peserta didik melakukan eksplorasi di lingkungan sekolah (kebun/taman sekolah) untuk mengidentifikasi contoh nyata pengaruh faktor eksternal (cahaya, air, suhu, nutrisi) terhadap pertumbuhan tumbuhan yang ada di sekitar sekolah. ● Kelompok mendiskusikan dan merancang rancangan prosedur percobaan sederhana untuk menguji pengaruh salah satu faktor eksternal (cahaya atau air) terhadap pertumbuhan tanaman, didampingi guru. ● Kelompok merumuskan hipotesis awal terhadap hasil percobaan yang akan dilakukan.	● Memahami: mengkaji literatur untuk membangun konsep hormon. ● Mengaplikasi: eksplorasi lapangan dan merancang percobaan nyata. ● Menggembirakan: kegiatan eksplorasi di luar kelas menambah semangat belajar.
Penutup	● Peserta didik menyimpulkan peran hormon dan faktor eksternal terhadap pertumbuhan makhluk hidup. ● Setiap kelompok memastikan rancangan percobaan dan hipotesis telah disetujui guru sebelum pelaksanaan. ● Refleksi singkat mengenai proses eksplorasi dan perancangan percobaan. ● Guru menyampaikan persiapan alat dan bahan untuk pelaksanaan percobaan pada pertemuan berikutnya.	● Merefleksi: menilai kesiapan rancangan percobaan. ● Bermakna: memastikan keterkaitan rancangan dengan konsep yang dipelajari.

Pertemuan 3: Pelaksanaan Percobaan dan Pengumpulan Data

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal Pembelajaran	● Guru membuka pembelajaran dengan salam, doa, dan mengecek kesiapan alat dan bahan percobaan setiap kelompok.	● Berkesadaran: kesiapan diri sebelum praktik.

	- Guru mengingatkan kembali prosedur keselamatan kerja dan sikap ilmiah (teliti, jujur, cermat). - Guru menyampaikan tujuan pembelajaran: melaksanakan percobaan dan mengumpulkan data secara sistematis.	Bermakna: mengingat pentingnya sikap ilmiah.
Inti	- Setiap kelompok melaksanakan percobaan sesuai prosedur yang telah dirancang pada pertemuan sebelumnya (LKPD 3), dengan pendampingan guru. - Peserta didik melakukan pengamatan awal (kondisi hari ke-0) dan mencatat data dasar (tinggi tanaman, jumlah daun, kondisi media tanam). - Peserta didik menyusun jadwal pengamatan berkala (harian/2 hari sekali) yang akan dilanjutkan secara mandiri di luar jam pelajaran hingga pertemuan berikutnya. - Kelompok menyiapkan format tabel pengamatan untuk mencatat data secara akurat dan sistematis selama periode percobaan. - Guru berkeliling memantau, memberikan bimbingan, dan memastikan setiap kelompok memahami cara pencatatan data yang benar.	- Mengaplikasi: melaksanakan percobaan secara langsung. - Memahami: memahami pentingnya prosedur dan ketelitian data. - Menggembirakan: pengalaman praktik langsung yang menyenangkan.
Penutup	- Peserta didik menyimpulkan langkah-langkah pelaksanaan percobaan yang telah dilakukan. - Refleksi mengenai kendala yang dihadapi saat pelaksanaan percobaan dan solusinya. - Guru menegaskan komitmen kelompok untuk melakukan pengamatan berkala secara mandiri dan jujur. - Guru menyampaikan rencana pertemuan berikutnya: analisis data dan penyusunan laporan.	- Merefleksi: mengevaluasi proses pelaksanaan percobaan. - Berkesadaran: menumbuhkan tanggung jawab dan kejujuran ilmiah.

Pertemuan 4: Analisis Data, Pelaporan, Presentasi, dan Refleksi

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal Pembelajaran	Guru membuka pembelajaran dengan salam, doa, dan meminta setiap kelompok menyiapkan data hasil pengamatan yang	Berkesadaran: kesiapan membawa hasil kerja mandiri.

	telah dikumpulkan selama periode percobaan. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran: menyajikan, menganalisis data, dan mempresentasikan hasil proyek.	Bermakna: menghubungkan hasil pengamatan dengan tujuan proyek.
Inti	- Setiap kelompok mengolah data hasil pengamatan dan menyajikannya dalam bentuk tabel dan grafik pertumbuhan (LKPD 4) menggunakan aplikasi pengolah data. - Kelompok menganalisis data untuk menarik kesimpulan tentang pengaruh faktor eksternal yang diuji terhadap pertumbuhan tanaman, serta membandingkan hasil dengan hipotesis awal. - Kelompok menyusun laporan hasil proyek secara sistematis (tujuan, hipotesis, prosedur, data, analisis, kesimpulan). - Setiap kelompok mempresentasikan hasil proyek secara bergantian di depan kelas secara jelas, komunikatif, dan menarik. - Kelompok lain memberikan pertanyaan/tanggapan; guru memberikan umpan balik terhadap isi dan cara penyajian.	- Mengaplikasi: mengolah dan menyajikan data hasil percobaan. - Memahami: menganalisis keterkaitan data dengan konsep. - Menggembirakan: apresiasi antar kelompok saat presentasi.
Penutup	- Peserta didik dan guru menyimpulkan keseluruhan hasil proyek serta konsep pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup secara utuh. - Peserta didik melakukan refleksi akhir mengenai pengalaman belajar selama proyek: tantangan yang dihadapi dan solusi yang ditemukan (LKPD Refleksi). - Peserta didik mengisi lembar asesmen diri dan asesmen karakter. - Guru menutup pembelajaran dengan apresiasi atas kerja keras peserta didik dan mengajak bersyukur atas proses belajar yang telah dilalui.	- Merefleksi: mengevaluasi seluruh proses dan hasil belajar. - Berkesadaran: rasa syukur dan penghargaan atas proses belajar.

D. Asesmen

Jenis Asesmen

Jenis Asesmen	Bentuk	Waktu Pelaksanaan
---------------	--------	-------------------

Assessment for Learning (Asesmen untuk Pembelajaran)	Asesmen diagnostik dan formatif berupa tanya jawab, kuis lisan, dan pengamatan diskusi kelompok untuk memantau pemahaman awal dan perkembangan belajar peserta didik.	Pertemuan 1-3 (di awal dan selama proses pembelajaran)
Assessment as Learning (Asesmen sebagai Pembelajaran)	Asesmen diri (self-assessment) dan penilaian antar teman terhadap kontribusi dalam kelompok, serta jurnal refleksi proses belajar peserta didik.	Sepanjang proses proyek, khususnya di akhir Pertemuan 3 dan 4
Assessment of Learning (Asesmen Hasil Pembelajaran)	Tes tertulis (soal uraian/pilihan ganda) serta penilaian laporan dan presentasi hasil proyek percobaan.	Pertemuan 4 (akhir rangkaian pembelajaran)

Soal Latihan (Assessment of Learning)

Rubrik Penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Pemahaman Konsep Pertumbuhan-Perkembangan & Faktor Genetik/Hormon	Menjelaskan konsep dan faktor genetik/hormon dengan sangat tepat dan lengkap disertai contoh.	Menjelaskan konsep dan faktor genetik/hormon dengan tepat.	Menjelaskan konsep dasar namun kurang lengkap.	Belum mampu menjelaskan konsep dengan tepat.
Perancangan Prosedur & Prediksi Hasil Percobaan	Rancangan sistematis, variabel jelas, prediksi logis dan berdasar konsep.	Rancangan cukup sistematis dengan variabel cukup jelas.	Rancangan kurang sistematis, variabel kurang jelas.	Belum mampu merancang prosedur percobaan.
Pelaksanaan Percobaan & Pengumpulan Data	Melaksanakan percobaan sesuai prosedur, data lengkap, akurat, dan sistematis.	Melaksanakan percobaan sesuai prosedur, data cukup lengkap.	Pelaksanaan kurang sesuai prosedur, data kurang lengkap.	Belum mampu melaksanakan percobaan dan mengumpulkan data dengan baik.

Penyajian & Analisis Data	Data disajikan dalam tabel/grafik yang tepat dan dianalisis secara mendalam dan logis.	Data disajikan dengan tepat dan dianalisis dengan cukup logis.	Penyajian data kurang tepat, analisis kurang mendalam.	Belum mampu menyajikan dan menganalisis data.
Penyajian Laporan & Presentasi Hasil Proyek	Laporan sistematis, presentasi jelas, komunikatif, dan menarik.	Laporan cukup sistematis, presentasi cukup jelas dan komunikatif.	Laporan kurang sistematis, presentasi kurang jelas.	Belum mampu menyusun laporan dan presentasi dengan baik.
Refleksi Pengalaman Belajar	Merefleksikan tantangan dan solusi secara mendalam dan jujur.	Merefleksikan tantangan dan solusi dengan cukup baik.	Refleksi masih bersifat umum, kurang mendalam.	Belum mampu melakukan refleksi.

Penilaian Asesmen Diri

Pernyataan Asesmen Diri	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Saya memahami perbedaan pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup.	Sangat memahami dan dapat menjelaskan ke teman.	Memahami dengan baik.	Cukup memahami, masih ragu pada sebagian konsep.	Belum memahami dan perlu bimbingan.
Saya berperan aktif dalam diskusi dan kerja kelompok.	Selalu aktif berkontribusi dan membantu teman.	Sering aktif berkontribusi.	Kadang-kadang berkontribusi.	Jarang/belum berkontribusi.
Saya melaksanakan percobaan dan mencatat data secara jujur dan teliti.	Selalu jujur, teliti, dan konsisten mencatat data.	Jujur dan teliti dalam sebagian besar proses.	Cukup jujur namun kurang teliti.	Belum konsisten jujur/teliti.
Saya mampu menyampaikan hasil proyek dengan percaya diri.	Sangat percaya diri dan komunikatif.	Cukup percaya diri.	Kurang percaya diri, memerlukan dorongan.	Belum berani menyampaikan hasil.

Penilaian Asesmen Karakter (Dimensi Profil Lulusan)

Dimensi Profil Lulusan yang Diamati	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Senantiasa menunjukkan rasa syukur dan mengaitkan proses tumbuh kembang dengan kebesaran Tuhan secara konsisten.	Menunjukkan rasa syukur atas proses kehidupan yang dipelajari.	Menunjukkan rasa syukur namun belum konsisten.	Belum menunjukkan sikap syukur.
Penalaran Kritis	Selalu menganalisis data dan fenomena secara logis, mempertanyakan hal yang belum jelas, dan menarik kesimpulan berbasis bukti.	Mampu menganalisis data dan menarik kesimpulan dengan cukup logis.	Analisis masih sederhana dan kurang berbasis bukti.	Belum mampu menganalisis data secara kritis.
Kreativitas	Menghasilkan rancangan percobaan dan penyajian hasil proyek yang orisinal dan inovatif.	Menghasilkan rancangan dan penyajian yang cukup kreatif.	Rancangan dan penyajian mengikuti pola umum, kurang variatif.	Belum menunjukkan kreativitas dalam tugas.

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

LKPD 1: Konsep Pertumbuhan, Perkembangan, dan Faktor Genetik

Nama Kelompok :

Anggota Kelompok :

Kelas : XII

Tujuan

- Membedakan konsep pertumbuhan dan perkembangan pada makhluk hidup.
- Menganalisis pengaruh faktor genetik terhadap pola tumbuh kembang makhluk hidup melalui studi kasus.

Langkah Kerja

1. Amati gambar/video pertumbuhan tanaman yang ditampilkan guru.
2. Diskusikan bersama kelompok perbedaan antara pertumbuhan dan perkembangan berdasarkan hasil pengamatan.
3. Bacalah studi kasus yang diberikan guru mengenai pengaruh faktor genetik terhadap tumbuh kembang makhluk hidup.
4. Analisislah studi kasus tersebut bersama kelompok dan tuliskan hasil analisis pada lembar ini.
5. Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas.

Pertanyaan Diskusi

1. Apa perbedaan mendasar antara pertumbuhan dan perkembangan? Berikan contoh masing-masing.
2. Berdasarkan studi kasus, bagaimana faktor genetik memengaruhi pola tumbuh kembang makhluk hidup yang diamati?
3. Menurut kelompokmu, apakah faktor genetik saja cukup menentukan pertumbuhan suatu makhluk hidup? Jelaskan alasannya.

LKPD 2: Peran Hormon dan Eksplorasi Faktor Eksternal

Nama Kelompok :

Anggota Kelompok :

Kelas : XII

Tujuan

- Menjelaskan peran berbagai jenis hormon pada tumbuhan dan hewan dalam mengatur tumbuh kembang.
- Mengidentifikasi faktor eksternal yang memengaruhi tumbuh kembang tumbuhan melalui eksplorasi lingkungan sekolah.
- Merancang prosedur percobaan sederhana dan memprediksi hasilnya.

Alat dan Bahan

- Buku teks Biologi/sumber literatur digital
- Alat tulis
- Lingkungan kebun/taman sekolah

Langkah Kerja

1. Bacalah literatur mengenai jenis-jenis hormon pada tumbuhan dan hewan beserta fungsinya, lalu buat ringkasannya pada tabel yang tersedia.
2. Lakukan pengamatan di kebun/taman sekolah untuk menemukan contoh nyata pengaruh faktor eksternal (cahaya, air, suhu, nutrisi) terhadap pertumbuhan tumbuhan di sekitar sekolah.
3. Diskusikan bersama kelompok dan tentukan salah satu faktor eksternal (cahaya atau air) yang akan diuji pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman.
4. Rancanglah prosedur percobaan sederhana (variabel bebas, terikat, kontrol, alat dan bahan, langkah kerja) untuk menguji faktor tersebut.
5. Tuliskan hipotesis awal kelompokmu mengenai hasil percobaan yang akan dilakukan.
6. Konsultasikan rancangan percobaan kepada guru sebelum dilaksanakan pada pertemuan berikutnya.

Tabel Pengamatan

Jenis Hormon	Organisme (Tumbuhan/Hewan)	Fungsi dalam Pertumbuhan/Perkembangan

Pertanyaan Diskusi

1. Faktor eksternal apa saja yang kelompokmu temukan berpengaruh terhadap pertumbuhan tumbuhan di lingkungan sekolah?
2. Tuliskan rancangan percobaan kelompokmu secara lengkap (variabel bebas, terikat, kontrol).
3. Apa hipotesis awal kelompokmu terhadap hasil percobaan yang akan dilakukan? Jelaskan alasannya berdasarkan konsep hormon/faktor eksternal yang telah dipelajari.

LKPD 3: Pelaksanaan Percobaan dan Pengumpulan Data

Nama Kelompok :

Anggota Kelompok :

Kelas : XII

Tujuan

- Melaksanakan percobaan sesuai prosedur yang telah dirancang dengan teliti dan cermat.
- Mengumpulkan data hasil pengamatan pertumbuhan secara akurat dan sistematis.

Alat dan Bahan

- Sesuai rancangan kelompok (contoh: benih tanaman, media tanam, air, penggaris/alat ukur, alat tulis, kamera/gawai)

Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan sesuai rancangan percobaan kelompokmu.
2. Lakukan penanaman/penyiapan objek percobaan dan berikan perlakuan sesuai rancangan (kelompok perlakuan dan kelompok kontrol).
3. Lakukan pengamatan awal (hari ke-0) dan catat kondisi awal objek percobaan pada tabel pengamatan.
4. Lakukan pengamatan secara berkala (setiap hari/2 hari sekali) sesuai jadwal yang disepakati kelompok, dan catat data pada tabel pengamatan.
5. Dokumentasikan perkembangan objek percobaan dengan foto pada setiap sesi pengamatan.
6. Pastikan data dicatat secara jujur, teliti, dan sistematis.

Tabel Pengamatan

Hari ke-	Tanggal	Kelompok Perlakuan (Tinggi/Jumlah Daun)	Kelompok Kontrol (Tinggi/Jumlah Daun)	Keterangan

Pertanyaan Diskusi

1. Kendala apa yang kelompokmu hadapi selama pelaksanaan percobaan? Bagaimana solusinya?
2. Apakah prosedur yang dilaksanakan sudah sesuai dengan rancangan awal? Jelaskan jika ada penyesuaian.

3. Mengapa penting menyertakan kelompok kontrol dalam percobaan ini?

LKPD 4: Analisis Data, Pelaporan, Presentasi, dan Refleksi

Nama Kelompok :

Anggota Kelompok :

Kelas : XII

Tujuan

- Menyajikan data pengamatan dalam bentuk tabel atau grafik yang sesuai.
- Menganalisis data hasil percobaan untuk menarik kesimpulan.
- Menyajikan hasil proyek secara jelas, komunikatif, dan menarik.
- Merefleksikan pengalaman belajar selama proyek.

Alat dan Bahan

- Data hasil pengamatan (LKPD 3)
- Laptop/aplikasi pengolah data
- Alat presentasi

Langkah Kerja

1. Rekap seluruh data hasil pengamatan selama periode percobaan.
2. Sajikan data dalam bentuk tabel dan grafik pertumbuhan (misalnya grafik garis tinggi tanaman terhadap waktu) menggunakan aplikasi pengolah data.
3. Analisislah data tersebut dan bandingkan dengan hipotesis awal kelompokmu.
4. Susunlah laporan hasil proyek secara sistematis: tujuan, hipotesis, alat dan bahan, prosedur, data, analisis, dan kesimpulan.
5. Siapkan bahan presentasi dan sampaikan hasil proyek kelompokmu di depan kelas.
6. Isilah lembar refleksi pengalaman belajar pada bagian akhir LKPD ini.

Pertanyaan Diskusi

1. Berdasarkan data dan grafik yang diperoleh, apa kesimpulan kelompokmu mengenai pengaruh faktor eksternal yang diuji terhadap pertumbuhan tanaman?
2. Apakah hasil percobaan sesuai dengan hipotesis awal kelompokmu? Jelaskan kemungkinan penyebab jika terdapat perbedaan.
3. Tantangan apa yang kelompokmu hadapi selama keseluruhan proyek ini, dan bagaimana solusi yang ditemukan?
4. Apa pembelajaran/pengalaman paling berkesan bagi kelompokmu selama melaksanakan proyek ini?

RENCANA PEMBELAJARAN MENDALAM (RPM)

Mata Pelajaran Biologi

Nama Satuan Pendidikan	SMA Negeri 1 Langsa
Mata Pelajaran	Biologi
Kelas / Fase	XII / F
Penyusun	Rianti Astelita
Topik	Inovasi Bioteknologi
Tahun Pelajaran	2026 / 2027
Jumlah Pertemuan	8 x 45 menit (4 kali pertemuan)
Praktik Pedagogis	Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning)

A. Identifikasi

Aspek	Uraian
Kesiapan Peserta Didik	Fase sebelum belajar (kondisi awal peserta didik): • Pengetahuan awal: peserta didik telah mengenal konsep dasar bioteknologi (misalnya pembuatan tempe, tape, yoghurt) dari jenjang sebelumnya, namun belum memahami secara mendalam prinsip ilmiah dan perbedaan bioteknologi konvensional dengan modern. • Minat: peserta didik kelas XII umumnya tertarik pada isu-isu terkini seperti rekayasa genetika, GMO, dan kloning yang sering muncul di media, sehingga topik ini relevan dan menarik untuk dieksplorasi melalui proyek. • Latar belakang: sebagian peserta didik memiliki pengalaman mengonsumsi atau membuat produk bioteknologi konvensional (tempe, tape, yoghurt) di lingkungan keluarga, yang dapat menjadi titik tolak pembelajaran kontekstual. • Kebutuhan belajar: diperlukan variasi strategi pembelajaran (diskusi kelompok, studi kasus, demonstrasi visual, eksplorasi digital, dan kerja proyek) untuk mengakomodasi keragaman gaya belajar serta membangun pemahaman konsep yang cukup abstrak seperti rekayasa genetika.
Analisis Materi Pelajaran	• Jenis pengetahuan: konseptual (bioteknologi konvensional vs modern, prinsip rekayasa genetika), prosedural (tahapan

	rekayasa genetika, langkah merancang proyek), serta metakognitif (mengevaluasi dampak dan merumuskan sikap kritis). ● Relevansi dengan kehidupan nyata: materi berkaitan erat dengan produk pangan sehari-hari (tempe, yoghurt), isu kesehatan (terapi gen, vaksin), pertanian (tanaman transgenik/GMO), serta isu sosial-etika yang banyak diperbincangkan publik. ● Tingkat kesulitan: sedang hingga tinggi, terutama pada konsep rekayasa genetika dan analisis isu etika-moral yang menuntut penalaran kritis dan sudut pandang majemuk. ● Struktur materi: hierarkis, dimulai dari bioteknologi konvensional, rekayasa genetika (bioteknologi modern), aplikasi bioteknologi lain (kloning, forensik DNA, bioproses), isu etika, hingga puncaknya perancangan proyek inovasi bioteknologi. ● Integrasi nilai dan karakter: nilai kejujuran ilmiah, tanggung jawab sosial, kepedulian lingkungan, kerja sama, serta sikap kritis dan bijak dalam menyikapi kemajuan iptek sebagai anugerah Tuhan Yang Maha Esa.
Disiplin Ilmu dan/atau Mata Pelajaran yang Relevan	● Kimia: proses biokimia dalam fermentasi dan mekanisme molekuler rekayasa genetika (DNA, enzim restriksi). ● Matematika/Informatika: pengolahan data dan literasi digital dalam eksplorasi informasi bioteknologi. ● Pendidikan Pancasila/PPKn: analisis isu etika, moral, dan tanggung jawab warga negara terhadap kemajuan iptek. ● Bahasa Indonesia: penyusunan proposal proyek dan presentasi hasil rancangan secara kreatif dan persuasif. ● Pendidikan Agama dan Budi Pekerti: refleksi nilai keimanan dalam menyikapi rekayasa terhadap makhluk hidup ciptaan Tuhan.
Dimensi Profil Lulusan	● Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa: menyikapi bioteknologi secara bijak sebagai wujud rasa syukur dan tanggung jawab menjaga ciptaan Tuhan. ● Penalaran Kritis: mengevaluasi dampak positif-negatif rekayasa genetika serta menganalisis isu etika bioteknologi modern dari berbagai sudut pandang. ● Kreativitas: merancang proyek inovasi bioteknologi sederhana serta menyajikannya secara kreatif dan persuasif.

B. Desain Pembelajaran

Komponen	Uraian
Tujuan Pembelajaran	● Melalui diskusi kelompok dan studi kasus, peserta didik mampu mengidentifikasi perbedaan antara bioteknologi konvensional dan modern dengan tepat.

	● Peserta didik mampu menjelaskan prinsip dasar dan contoh aplikasi bioteknologi konvensional (fermentasi, kultur jaringan sederhana) dalam kehidupan sehari-hari dengan benar. ● Peserta didik dapat mengidentifikasi potensi dan keterbatasan bioteknologi konvensional melalui studi literatur. ● Melalui demonstrasi visual dan eksplorasi digital, peserta didik mampu menguraikan tahapan-tahapan dasar dalam rekayasa genetika (misalnya, isolasi gen, penyisipan gen, transformasi) dengan akurat. ● Peserta didik mampu mengidentifikasi berbagai aplikasi rekayasa genetika di bidang kesehatan, pertanian, dan industri melalui analisis studi kasus. ● Peserta didik dapat mengevaluasi dampak positif dan negatif rekayasa genetika terhadap masyarakat dan lingkungan melalui diskusi kelompok. ● Melalui studi kasus dan diskusi kelas, peserta didik mampu menjelaskan aplikasi bioteknologi di luar rekayasa genetika (misalnya, kloning, forensik DNA, bioproses) dengan contoh yang relevan. ● Peserta didik mampu menganalisis isu-isu etika dan moral terkait pengembangan dan penerapan bioteknologi modern (misalnya, GMO, terapi gen) dari berbagai sudut pandang. ● Peserta didik dapat merumuskan sikap kritis dan bertanggung jawab terhadap perkembangan bioteknologi sebagai warga negara. ● Peserta didik mampu merancang sebuah proyek sederhana yang menerapkan prinsip bioteknologi untuk memecahkan masalah atau mengembangkan inovasi di lingkungan sekitar. ● Peserta didik mampu mengumpulkan dan mengorganisir informasi yang relevan untuk proyek mereka dari berbagai sumber. ● Peserta didik mampu mempresentasikan hasil rancangan proyek inovasi bioteknologi mereka secara kreatif dan persuasif.
Topik Pembelajaran	Inovasi Bioteknologi: bioteknologi konvensional dan modern, prinsip dasar rekayasa genetika, aplikasi bioteknologi di bidang kesehatan/pertanian/industri, isu etika dan moral bioteknologi, serta perancangan proyek inovasi bioteknologi sederhana.
Praktik Pedagogis	Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning) dengan sintaks: penentuan pertanyaan mendasar, mendesain perencanaan proyek, menyusun jadwal, memonitor kemajuan proyek, menguji hasil, dan mengevaluasi pengalaman, dipadukan dengan diskusi kelompok dan studi kasus pada setiap tahap.
Lingkungan Pembelajaran	Budaya belajar: ● Membangun iklim belajar yang aman, nyaman, dan saling memuliakan melalui kesepakatan kelas, penghargaan terhadap keragaman pendapat dalam mendiskusikan isu etika

	bioteknologi, serta budaya berpikir kritis yang terbuka dan santun. Ruang fisik: • Ruang kelas untuk diskusi, studi kasus, dan presentasi proyek; laboratorium IPA/ruang multimedia untuk demonstrasi visual proses rekayasa genetika. Ruang virtual: • Grup kelas daring (Google Classroom/WhatsApp) untuk berbagi artikel, video simulasi rekayasa genetika, serta konsultasi perkembangan proyek di luar jam pelajaran.
Kemitraan atau Kolaborasi	• Dalam sekolah: kolaborasi dengan guru Kimia dan PPKn untuk memperkuat pemahaman prinsip biokimia dan analisis isu etika-moral bioteknologi. • Luar sekolah: kolaborasi dengan orang tua/pelaku UMKM produk fermentasi (tempe, tape, yoghurt) sebagai narasumber, serta pemanfaatan artikel/berita ilmiah dari lembaga penelitian sebagai sumber belajar tambahan.
Pemanfaatan Teknologi Digital	• Video/animasi digital untuk demonstrasi visual tahapan rekayasa genetika (isolasi gen, penyisipan gen, transformasi). • Pencarian literatur digital (artikel/jurnal daring, berita) untuk studi kasus aplikasi dan isu etika bioteknologi. • Aplikasi presentasi (Ms. PowerPoint/Canva/Google Slides) dan media kreatif (poster digital, video pendek) untuk menyajikan rancangan proyek secara persuasif. • Platform kolaborasi daring (Google Docs/Google Drive) untuk mengorganisir informasi dan menyusun proposal proyek kelompok secara kolaboratif.

C. Pengalaman Belajar

Berikut disajikan rangkaian pengalaman belajar untuk 4 (empat) kali pertemuan (masing-masing 2 x 45 menit), dirancang mengacu pada sintaks Pembelajaran Berbasis Proyek (penentuan pertanyaan mendasar, mendesain perencanaan proyek, menyusun jadwal, memonitor kemajuan proyek, menguji hasil, dan mengevaluasi pengalaman), serta memuat keterkaitan dengan Prinsip Pembelajaran Mendalam (Berkesadaran, Bermakna, Menggembirakan) dan Pengalaman Belajar Mendalam (Memahami, Mengaplikasi, Merefleksi).

Pertemuan 1: Bioteknologi Konvensional vs Modern

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal Pembelajaran	• Guru membuka pembelajaran dengan salam, doa, dan menanyakan kabar peserta didik. • Guru menampilkan gambar/produk bioteknologi sehari-hari (tempe, tape,	• Berkesadaran: menyadari kehadiran bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari.

	yoghurt, tanaman hasil kultur jaringan) untuk memantik rasa ingin tahu. ● Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan gambaran umum proyek inovasi bioteknologi yang akan dikerjakan sepanjang 4 pertemuan. ● Apersepsi: tanya jawab tentang pengalaman peserta didik mengonsumsi/membuat produk bioteknologi konvensional.	● Bermakna: mengaitkan pengalaman nyata peserta didik.
Inti — Penentuan Pertanyaan Mendasar & Membangun Konsep	● Peserta didik dibagi dalam kelompok proyek (4-5 orang) yang akan bekerja sama sepanjang rangkaian pembelajaran ini. ● Setiap kelompok mendiskusikan perbedaan bioteknologi konvensional dan modern berdasarkan LKPD 1, dipandu studi kasus sederhana (misalnya perbandingan pembuatan tempe secara tradisional dengan produksi insulin melalui rekayasa genetika). ● Kelompok mengkaji prinsip dasar dan contoh aplikasi bioteknologi konvensional (fermentasi, kultur jaringan sederhana) melalui studi literatur singkat, serta mengidentifikasi potensi dan keterbatasannya. ● Guru memfasilitasi diskusi kelas untuk merumuskan pertanyaan mendasar proyek, misalnya: 'Inovasi bioteknologi sederhana apa yang dapat kelompok kita kembangkan untuk menjawab kebutuhan/masalah di lingkungan sekitar?' ● Setiap kelompok mulai bertukar pikiran (brainstorming) awal mengenai ide topik proyek yang akan mereka kembangkan.	● Memahami: membangun konsep bioteknologi konvensional melalui diskusi dan studi kasus. ● Mengaplikasi: mengaitkan konsep dengan contoh nyata dan ide proyek awal. ● Menggembirakan: brainstorming ide proyek yang membebaskan kreativitas.
Penutup	● Peserta didik bersama guru menyimpulkan perbedaan bioteknologi konvensional dan modern beserta potensi-keterbatasan bioteknologi konvensional. ● Setiap kelompok menuliskan draf pertanyaan mendasar/ide proyek awal sebagai bahan pertemuan berikutnya. ● Refleksi singkat mengenai pemahaman yang diperoleh. ● Guru menutup pembelajaran dengan mengajak bersyukur atas kemajuan iptek yang bermanfaat bagi kehidupan.	● Merefleksi: menilai pemahaman diri terhadap konsep dasar. ● Berkesadaran: menumbuhkan rasa syukur atas manfaat iptek.

Pertemuan 2: Rekayasa Genetika dan Perencanaan Proyek

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal Pembelajaran	- Guru membuka pembelajaran dengan salam, doa, dan mengulas singkat materi bioteknologi konvensional melalui tanya jawab. - Guru menyampaikan tujuan pembelajaran hari ini: memahami rekayasa genetika dan mendesain perencanaan proyek.	- Berkesadaran: mengaitkan dengan pengetahuan sebelumnya. - Bermakna: menghubungkan konsep konvensional dengan modern secara berkesinambungan.
Inti — Membangun Konsep & Mendesain Perencanaan Proyek	- Guru menayangkan video/animasi demonstrasi visual tahapan dasar rekayasa genetika (isolasi gen, penyisipan gen, transformasi). - Kelompok mendiskusikan dan menguraikan tahapan rekayasa genetika tersebut pada LKPD 2, dilanjutkan eksplorasi digital untuk mencari contoh aplikasi rekayasa genetika di bidang kesehatan, pertanian, dan industri melalui studi kasus. - Kelompok mendiskusikan serta mengevaluasi dampak positif dan negatif rekayasa genetika terhadap masyarakat dan lingkungan berdasarkan studi kasus yang dikaji. - Setiap kelompok mulai mendesain perencanaan proyek inovasi bioteknologi sederhana: menentukan topik/masalah yang akan diselesaikan, tujuan proyek, serta bentuk produk/luaran (poster ilmiah, model sederhana, produk fermentasi, video edukasi, dsb). - Kelompok menyusun jadwal kerja proyek (pembagian tugas, tenggat pengumpulan informasi, dan waktu penyelesaian) hingga presentasi akhir pada Pertemuan 4.	- Memahami: menguraikan tahapan rekayasa genetika secara akurat. - Mengaplikasi: mengevaluasi dampak nyata serta mendesain rencana proyek. - Menggembirakan: eksplorasi digital dan proses merancang ide proyek sendiri.
Penutup	- Peserta didik menyimpulkan tahapan rekayasa genetika serta dampak positif-negatifnya. - Setiap kelompok memastikan rencana dan jadwal proyek telah disetujui guru. - Refleksi singkat mengenai kesiapan proyek yang telah dirancang.	- Merefleksi: menilai kesiapan rencana proyek. - Bermakna: memastikan keterkaitan rencana

	Guru menyampaikan persiapan pengumpulan informasi untuk pertemuan berikutnya.	proyek dengan konsep yang dipelajari.
--	---	---------------------------------------

Pertemuan 3: Aplikasi Bioteknologi Lain, Isu Etika, dan Pengembangan Proyek

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal Pembelajaran	- Guru membuka pembelajaran dengan salam, doa, dan mengecek kesiapan/jadwal kerja proyek setiap kelompok. - Guru menyampaikan tujuan pembelajaran: memahami aplikasi bioteknologi lain, isu etika, serta memonitor kemajuan proyek.	- Berkesadaran: kesiapan diri melanjutkan proyek yang telah direncanakan. - Bermakna: mengaitkan isu etika dengan proyek yang sedang dikerjakan.
Inti — Memonitor Kemajuan Proyek & Memperdalam Konsep	- Kelompok mendiskusikan studi kasus mengenai aplikasi bioteknologi di luar rekayasa genetika (kloning, forensik DNA, bioproses) pada LKPD 3, lalu membahasnya dalam diskusi kelas. - Kelompok menganalisis isu-isu etika dan moral terkait bioteknologi modern (misalnya GMO, terapi gen) dari berbagai sudut pandang (ilmiah, sosial, agama, ekonomi), serta merumuskan sikap kritis dan bertanggung jawab sebagai warga negara. - Guru memantau dan memonitor kemajuan proyek setiap kelompok: memeriksa kelengkapan informasi yang telah dikumpulkan, kesesuaian dengan jadwal, serta memberikan umpan balik dan bimbingan. - Kelompok melanjutkan pengumpulan dan pengorganisasian informasi (dari literatur, wawancara narasumber, atau observasi) yang relevan untuk penyelesaian proyek mereka. - Kelompok mulai menyusun bahan/produk proyek (poster, model, produk sederhana, atau materi presentasi) berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan.	- Memahami: menjelaskan aplikasi bioteknologi lain dan isu etika secara kontekstual. - Mengaplikasi: mengorganisir informasi dan mengembangkan produk proyek. - Menggembirakan: kerja kelompok yang progresif menuju hasil nyata.

Penutup	• Peserta didik menyimpulkan aplikasi bioteknologi lain serta isu etika-moral yang telah didiskusikan. • Setiap kelompok melaporkan kemajuan proyek dan kendala yang dihadapi kepada guru. • Refleksi mengenai sikap kritis yang telah dirumuskan terhadap perkembangan bioteknologi. • Guru menyampaikan rencana pertemuan berikutnya: penyelesaian dan presentasi hasil proyek.	• Merefleksi: mengevaluasi kemajuan dan sikap kritis yang terbentuk. • Berkesadaran: menumbuhkan tanggung jawab sebagai warga negara terhadap iptek.
----------------	--	---

Pertemuan 4: Pengujian, Presentasi, dan Evaluasi Hasil Proyek

Tahap	Aktivitas Pembelajaran	Keterkaitan Pembelajaran Mendalam
Awal Pembelajaran	• Guru membuka pembelajaran dengan salam, doa, dan meminta setiap kelompok menyiapkan produk/bahan presentasi proyek yang telah diselesaikan. • Guru menyampaikan tujuan pembelajaran: menguji hasil proyek, mempresentasikannya, dan mengevaluasi pengalaman belajar.	• Berkesadaran: kesiapan menampilkan hasil kerja keras kelompok. • Bermakna: menghubungkan hasil proyek dengan tujuan awal yang dirumuskan.
Inti — Menguji Hasil & Presentasi Proyek	• Setiap kelompok melakukan pengecekan akhir (menguji hasil) terhadap kesesuaian produk/rancangan proyek dengan tujuan dan pertanyaan mendasar yang dirumuskan di awal (LKPD 4). • Setiap kelompok mempresentasikan hasil rancangan proyek inovasi bioteknologi secara bergantian di depan kelas dengan cara yang kreatif dan persuasif (menggunakan poster, slide, model, atau video pendek). • Kelompok lain memberikan pertanyaan, masukan, dan apresiasi terhadap presentasi yang ditampilkan. • Guru memberikan umpan balik terhadap isi proyek, ketepatan konsep bioteknologi yang diterapkan, dan cara penyajian.	• Mengaplikasi: menguji dan menyajikan hasil proyek secara nyata. • Memahami: mengaitkan produk proyek dengan konsep bioteknologi yang telah dipelajari. • Menggembirakan: apresiasi dan antusiasme saat presentasi kreatif.

Penutup — Evaluasi Pengalaman	• Peserta didik dan guru menyimpulkan keseluruhan hasil proyek serta konsep inovasi bioteknologi secara utuh. • Peserta didik melakukan evaluasi/refleksi pengalaman belajar selama proyek: tantangan yang dihadapi dan solusi yang ditemukan (LKPD Refleksi). • Peserta didik mengisi lembar asesmen diri dan asesmen karakter. • Guru menutup pembelajaran dengan apresiasi atas kerja keras peserta didik dan mengajak bersyukur serta bersikap bijak terhadap kemajuan bioteknologi.	• Merefleksi: mengevaluasi seluruh proses dan hasil proyek. • Berkesadaran: rasa syukur dan sikap bijak terhadap kemajuan iptek.
--	---	---

D. Asesmen

Jenis Asesmen

Jenis Asesmen	Bentuk	Waktu Pelaksanaan
Assessment for Learning (Asesmen untuk Pembelajaran)	Asesmen diagnostik dan formatif berupa tanya jawab, kuis lisan, dan pengamatan diskusi kelompok/studi kasus untuk memantau pemahaman awal dan perkembangan belajar peserta didik.	Pertemuan 1-3 (di awal dan selama proses pembelajaran)
Assessment as Learning (Asesmen sebagai Pembelajaran)	Asesmen diri (self-assessment) dan penilaian antar teman terhadap kontribusi dalam kelompok, serta jurnal pemantauan kemajuan proyek (monitoring log).	Sepanjang proses proyek, khususnya Pertemuan 2-4
Assessment of Learning (Asesmen Hasil Pembelajaran)	Tes tertulis (soal uraian/pilihan ganda) serta penilaian produk dan presentasi hasil rancangan proyek inovasi bioteknologi.	Pertemuan 4 (akhir rangkaian pembelajaran)

Soal Latihan (Assessment of Learning)

Rubrik Penilaian Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran

Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
---	-----------------	----------	-----------	---------------------

Pemahaman Konsep Bioteknologi Konvensional & Modern	Menjelaskan perbedaan, prinsip, dan tahapan rekayasa genetika dengan sangat tepat dan lengkap.	Menjelaskan perbedaan dan tahapan rekayasa genetika dengan tepat.	Menjelaskan konsep dasar namun kurang lengkap/kurang tepat.	Belum mampu menjelaskan konsep dengan tepat.
Evaluasi Dampak & Analisis Isu Etika Bioteknologi	Mengevaluasi dampak dan menganalisis isu etika secara kritis, berimbang, dan berdasar berbagai sudut pandang.	Mengevaluasi dampak dan isu etika dengan cukup kritis.	Evaluasi dan analisis masih sederhana dan sepihak.	Belum mampu mengevaluasi dampak dan isu etika.
Perancangan Proyek Inovasi Bioteknologi	Rancangan proyek relevan, orisinal, dan menerapkan prinsip bioteknologi secara tepat.	Rancangan proyek relevan dan menerapkan prinsip bioteknologi dengan cukup tepat.	Rancangan proyek kurang relevan/kurang jelas penerapan prinsipnya.	Belum mampu merancang proyek yang sesuai.
Pengumpulan & Pengorganisasian Informasi	Informasi lengkap, relevan, dari berbagai sumber terpercaya, dan terorganisir sistematis.	Informasi cukup lengkap dan terorganisir dengan baik.	Informasi kurang lengkap atau kurang terorganisir.	Belum mampu mengumpulkan dan mengorganisir informasi.
Presentasi Hasil Proyek	Presentasi sangat kreatif, persuasif, dan komunikatif.	Presentasi cukup kreatif dan komunikatif.	Presentasi kurang kreatif/kurang jelas.	Belum mampu mempresentasikan hasil proyek dengan baik.
Sikap Kritis dan Tanggung Jawab terhadap Bioteknologi	Merumuskan sikap kritis dan bertanggung jawab secara konsisten dan reflektif.	Menunjukkan sikap kritis dan tanggung jawab dengan cukup baik.	Sikap kritis dan tanggung jawab masih perlu penguatan.	Belum menunjukkan sikap kritis dan tanggung jawab.

Penilaian Asesmen Diri

Pernyataan Asesmen Diri	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Saya memahami perbedaan bioteknologi konvensional dan modern.	Sangat memahami dan dapat menjelaskan ke teman.	Memahami dengan baik.	Cukup memahami, masih ragu pada sebagian konsep.	Belum memahami dan perlu bimbingan.
Saya berperan aktif dalam diskusi dan pengerjaan proyek kelompok.	Selalu aktif berkontribusi dan membantu teman.	Sering aktif berkontribusi.	Kadang-kadang berkontribusi.	Jarang/belum berkontribusi.
Saya mengumpulkan dan mengelola informasi proyek secara jujur dan bertanggung jawab.	Selalu jujur, teliti, dan bertanggung jawab.	Jujur dan bertanggung jawab dalam sebagian besar proses.	Cukup jujur namun kurang teliti/tepat waktu.	Belum konsisten jujur/bertanggung jawab.
Saya mampu menyampaikan hasil proyek dengan percaya diri dan kreatif.	Sangat percaya diri, kreatif, dan komunikatif.	Cukup percaya diri dan kreatif.	Kurang percaya diri, memerlukan dorongan.	Belum berani menyampaikan hasil.

Penilaian Asesmen Karakter (Dimensi Profil Lulusan)

Dimensi Profil Lulusan yang Diamati	Sangat Baik (4)	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu Bimbingan (1)
Keimanan dan Ketakwaan terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Senantiasa menunjukkan sikap bijak dan rasa syukur dalam menyikapi kemajuan bioteknologi secara konsisten.	Menunjukkan sikap bijak dan rasa syukur atas kemajuan iptek.	Menunjukkan sikap bijak namun belum konsisten.	Belum menunjukkan sikap bijak/syukur.
Penalaran Kritis	Selalu menganalisis dampak dan isu etika bioteknologi secara logis, berimbang, dan	Mampu menganalisis dampak dan isu etika dengan cukup logis.	Analisis masih sederhana dan kurang berimbang.	Belum mampu menganalisis isu bioteknologi secara kritis.

	berbasis bukti dari berbagai sudut pandang.			
Kreativitas	Menghasilkan rancangan proyek dan penyajian yang orisinal, inovatif, dan persuasif.	Menghasilkan rancangan dan penyajian yang cukup kreatif.	Rancangan dan penyajian mengikuti pola umum, kurang variatif.	Belum menunjukkan kreativitas dalam tugas.

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

LKPD 1: Bioteknologi Konvensional vs Modern

Nama Kelompok :

Anggota Kelompok :

Kelas : XII

Tujuan

- Mengidentifikasi perbedaan antara bioteknologi konvensional dan modern.
- Menjelaskan prinsip dasar dan contoh aplikasi bioteknologi konvensional dalam kehidupan sehari-hari.
- Mengidentifikasi potensi dan keterbatasan bioteknologi konvensional.

Alat dan Bahan / Sumber Belajar

- Buku teks Biologi/sumber literatur digital
- Alat tulis

Langkah Kerja

1. Amati gambar/contoh produk bioteknologi (tempe, tape, yoghurt, tanaman hasil kultur jaringan) yang ditampilkan guru.
2. Diskusikan bersama kelompok studi kasus perbandingan bioteknologi konvensional (misalnya pembuatan tempe) dengan bioteknologi modern (misalnya produksi insulin melalui rekayasa genetika).
3. Kaji literatur singkat mengenai prinsip fermentasi dan kultur jaringan sederhana, lalu tuliskan pada tabel yang tersedia.
4. Identifikasi potensi dan keterbatasan bioteknologi konvensional berdasarkan hasil kajian.
5. Diskusikan bersama kelompok ide awal (brainstorming) untuk proyek inovasi bioteknologi yang akan dikembangkan pada pertemuan-pertemuan berikutnya.

Lembar Kerja

Aspek	Bioteknologi Konvensional	Bioteknologi Modern
Prinsip dasar		
Contoh aplikasi		
Alat/teknik yang digunakan		
Potensi dan keterbatasan		

Pertanyaan Diskusi

1. Apa perbedaan mendasar antara bioteknologi konvensional dan modern berdasarkan tabel yang telah kelompokmu isi?

2. Sebutkan satu keterbatasan bioteknologi konvensional dan jelaskan mengapa hal tersebut menjadi tantangan.
3. Tuliskan 2-3 ide awal proyek inovasi bioteknologi yang ingin kelompokmu kembangkan, beserta alasan pemilihannya.

LKPD 2: Rekayasa Genetika dan Perencanaan Proyek

Nama Kelompok :

Anggota Kelompok :

Kelas : XII

Tujuan

- Menguraikan tahapan-tahapan dasar dalam rekayasa genetika dengan akurat.
- Mengidentifikasi aplikasi rekayasa genetika di bidang kesehatan, pertanian, dan industri.
- Mengevaluasi dampak positif dan negatif rekayasa genetika.
- Mendesain perencanaan proyek dan menyusun jadwal kerja.

Alat dan Bahan / Sumber Belajar

- Video/animasi demonstrasi rekayasa genetika
- Sumber literatur digital
- Alat tulis

Langkah Kerja

1. Amati video/animasi demonstrasi tahapan rekayasa genetika (isolasi gen, penyisipan gen, transformasi) yang ditampilkan guru.
2. Diskusikan bersama kelompok dan uraikan tahapan tersebut secara berurutan pada lembar kerja yang tersedia.
3. Lakukan eksplorasi digital untuk menemukan contoh aplikasi rekayasa genetika di bidang kesehatan, pertanian, dan industri, lalu catat pada tabel.
4. Diskusikan dan evaluasi dampak positif dan negatif dari salah satu contoh aplikasi rekayasa genetika yang kelompokmu temukan.
5. Tentukan topik final proyek inovasi bioteknologi kelompokmu, lalu rumuskan tujuan proyek dan bentuk produk/luaran yang akan dihasilkan.
6. Susun jadwal kerja proyek (pembagian tugas anggota dan tenggat waktu) hingga presentasi akhir.

Lembar Kerja

Bidang	Contoh Aplikasi Rekayasa Genetika	Dampak Positif / Negatif
Kesehatan		
Pertanian		
Industri		

Pertanyaan Diskusi

1. Uraikan secara berurutan tahapan dasar rekayasa genetika yang telah kelompokmu pelajari.
2. Apa topik proyek inovasi bioteknologi yang dipilih kelompokmu? Jelaskan tujuan dan bentuk produk yang akan dihasilkan.

3. Tuliskan jadwal kerja proyek kelompokmu (tugas dan tenggat waktu setiap anggota).

LKPD 3: Aplikasi Bioteknologi Lain, Isu Etika, dan Pengembangan Proyek

Nama Kelompok :

Anggota Kelompok :

Kelas : XII

Tujuan

- Menjelaskan aplikasi bioteknologi di luar rekayasa genetika (kloning, forensik DNA, bioproses).
- Menganalisis isu etika dan moral bioteknologi modern serta merumuskan sikap kritis.
- Mengumpulkan dan mengorganisir informasi untuk proyek.

Alat dan Bahan / Sumber Belajar

- Artikel/berita ilmiah terkait isu bioteknologi
- Bahan/informasi proyek kelompok
- Alat tulis

Langkah Kerja

1. Bacalah studi kasus mengenai salah satu aplikasi bioteknologi di luar rekayasa genetika (kloning, forensik DNA, atau bioproses) yang diberikan guru.
2. Diskusikan bersama kelompok dan jelaskan cara kerja serta manfaat aplikasi tersebut pada lembar kerja.
3. Diskusikan isu etika dan moral terkait bioteknologi modern (misalnya GMO atau terapi gen) dari sudut pandang ilmiah, sosial, dan agama.
4. Rumuskan sikap kritis dan bertanggung jawab kelompokmu terhadap isu tersebut.
5. Lanjutkan pengumpulan dan pengorganisasian informasi untuk proyek kelompok sesuai jadwal yang telah disusun.
6. Laporkan kemajuan proyek kelompokmu kepada guru untuk mendapatkan umpan balik.

Pertanyaan Diskusi

1. Jelaskan cara kerja dan manfaat aplikasi bioteknologi (kloning/forensik DNA/bioproses) yang kelompokmu kaji.
2. Bagaimana sikap kritis kelompokmu terhadap isu etika bioteknologi modern yang didiskusikan? Jelaskan alasannya dari berbagai sudut pandang.
3. Se jauh mana kemajuan proyek kelompokmu saat ini? Kendala apa yang dihadapi dan bagaimana solusinya?

LKPD 4: Pengujian, Presentasi, dan Evaluasi Hasil Proyek

Nama Kelompok :

Anggota Kelompok :

Kelas : XII

Tujuan

- Merancang dan menguji hasil proyek inovasi bioteknologi sederhana.
- Mempresentasikan hasil rancangan proyek secara kreatif dan persuasif.
- Mengevaluasi pengalaman belajar selama pelaksanaan proyek.

Alat dan Bahan / Sumber Belajar

- Produk/bahan presentasi proyek kelompok (poster, slide, model, atau video)

Langkah Kerja

1. Lakukan pengecekan akhir terhadap produk/rancangan proyek kelompokmu: pastikan sesuai dengan tujuan dan pertanyaan mendasar yang dirumuskan di awal.
2. Siapkan bahan presentasi (poster, slide, model, atau video pendek) semenarik dan sekreatif mungkin.
3. Presentasikan hasil rancangan proyek inovasi bioteknologi kelompokmu di depan kelas secara persuasif.
4. Tanggapi pertanyaan dan masukan dari kelompok lain serta guru.
5. Isilah lembar evaluasi/refleksi pengalaman belajar pada bagian akhir LKPD ini.

Pertanyaan Diskusi

1. Jelaskan secara ringkas proyek inovasi bioteknologi kelompokmu: masalah yang diselesaikan, prinsip bioteknologi yang diterapkan, dan hasil yang dicapai.
2. Apa masukan yang kelompokmu terima saat presentasi? Bagaimana tanggapan kelompokmu terhadap masukan tersebut?
3. Tantangan apa yang kelompokmu hadapi selama keseluruhan proyek ini, dan bagaimana solusi yang ditemukan?
4. Apa pembelajaran/pengalaman paling berkesan bagi kelompokmu selama melaksanakan proyek inovasi bioteknologi ini?