

LAMPIRAN



Lampiran 1. Surat Bukti Penelitian di SMA Negeri 2 Tejakula



ບັນຍັດສູງປາບໃຫ້ກົມ
PEMERINTAH PROVINSI BALI
 ໂຄສະນາຂ່າວສານສຳລັບການຕິດຕໍ່ຕາມ
SMA NEGERI 2 TEJAKULA
 ຫມວນພົນເມືອງເມືອງຈະແຈ້ງສຳລັບການຕິດຕໍ່ຕາມສຳລັບການຕິດຕໍ່ຕາມ(ບໍ່ໄດ້ຕິດຕໍ່)
 Jl Raya Singaraja - Ampapura, Desa Bondalem, Kec. Tejakula, Kab. Buleleng (81173)
 Telp. (0362) 390322 email: smn2tejakula@yahoo.co.id website: smn2tejakula.sch.id



SURAT KETERANGAN

NOMOR : B.10.400.7.22.1/1602/SMAN 2 TEJAKULA/DIKPORA

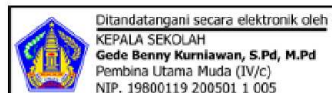
Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala SMA Negeri 2 Tejakula. Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Komang Widiani
NIM : 2213041004
Jurusan/Prodi : Biologi dan Perikanan Kelautan / S1 Pendidikan Biologi
Universitas : Universitas Pendidikan Ganesha
Alamat Universitas : Jalan Udayana No.11. Banjar Tegal, Singaraja
Kabupaten Buleleng, Bali 81116

memang benar yang tersebut diatas telah melaksanakan penelitian dari tanggal 14 April 2026 s/d 12 Mei 2026 di SMAN 2 Tejakula dengan Judul penelitian **"Efektivitas Model Pembelajaran Think Pair Share dengan Setting Pendekatan Flipped Classroom untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Siswa SMA pada Materi Perubahan Iklim"**.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bondalem, 12 Mei 2026



Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik (TTE).
Scan/Klik QR Code untuk informasi TTE.
Upload file pada <https://tite.kemdikpi.go.id/verifyPDF> untuk cek keaslian file.



Lampiran 2. Hasil Wawancara Bersama Guru Biologi

Hari/tanggal : Rabu, 28 Mei 2025 dan Selasa, 27 Januari 2026 Tempat : SMA Negeri 2 Tejakula Nama Narasumber : Ni Putu Fani Andriani, S.Pd. Jabatan : Guru Pengampu Mata Pelajaran Biologi		
No	Pertanyaan	Hasil Wawancara
1	Faktor-faktor apakah yang mempengaruhi pemilihan metode mengajar yang digunakan?	Pemilihan metode pembelajaran ini dipengaruhi beberapa faktor utama yaitu pada karakteristik dari setiap muridnya dan motivasi belajar dari murid tersebut.
2	Apakah pernah menggabungkan beberapa metode pembelajaran dalam satu kegiatan pembelajaran/pertemuan? Bagaimana hasilnya?	Tidak pernah menggabungkan model pembelajaran.
3	Bagaimana memastikan bahwa metode pembelajaran yang digunakan efektif untuk semua Murid?	Dilihat dari antusias murid selama proses pembelajaran berlangsung, contoh ketika menjawab pertanyaan yang diberikan.
4	Apa tantangan terbesar yang dihadapi saat menerapkan metode pembelajaran tertentu?	Tantanganya dapat dilihat dari profil murid tersebut serta semangat belajar murid yang berbeda-beda.
5	Bagaimana cara memfasilitasi komunikasi dan interaksi antar anggota kelompok selama pembelajaran kooperatif berlangsung?	Membuat kelompok dengan jumlah yang ideal (5-6 orang)
6	Apa tantangan terbesar dalam penerapan pembelajaran kooperatif?	Masih terdapat murid yang belum memiliki motivasi belajar yang baik selama proses pembelajaran dan kurangnya persiapan yang dimiliki oleh murid itu sendiri
7	Bagaimana cara memberikan umpan balik kepada murid selama proses pembelajaran kooperatif	Dengan cara mengadakan refleksi pembelajaran

8	Bagaimanakah hasil belajar dari murid kelas X	Hasil belajar murid beragam, ada saja yang memiliki pengetahuan yang gesit atau cepat, dan masih terdapat murid yang perlu bimbingan khusus serta ada yang masih berada di bawah KKTP
9	Media pembelajaran yang digunakan untuk mencapai (KKTP)	Media pembelajaran yang digunakan yaitu <i>powerpoint</i> yang dibuat oleh guru itu sendiri
10	Bagaimanakah cara menilai pencapaian hasil belajar murid dari setiap pertemuannya?	Dengan banyak cara dapat melalui test lisan di jam akhir pertemuan atau dari tanya jawab pada proses presentasi serta sesekali menggunakan tes tertulis
11	Faktor yang paling mempengaruhi hasil belajar murid di kelas	Yang paling mempengaruhi hasil belajar murid yaitu dari faktor internal dan eksternal. Internal disini yaitu adanya motivasi belajar dari diri murid ditambah dengan dengan triger dari faktor eksternal yaitu model pembelajaran yang pas, dan lingkungan nyaman
12	Apakah model pembelajaran sangat mempengaruhi hasil belajar dari murid	Ya, sangat mempengaruhi
13	Tantangan terbesar dalam meningkatkan hasil belajar dari murid	Tantangan terbesar adalah tidak adanya motivasi belajar dari murid (faktor internal), sebagian murid seringkali tidak sadar dirinya bahwa ke sekolah untuk belajar.
14	Materi perubahan iklim untuk tahun pelajaran ini akan di dapatkan pada kelas X semester 1 atau 2	Semester 2
15	Berapakah Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) biologi untuk murid kelas X?	Pada tahun ajaran 2025/2026 yaitu 74
16	Media pembelajaran yang digunakan untuk membelajarkan materi perubahan iklim	Media pembelajaran yang digunakan yaitu <i>powerpoint</i> yang telah dibuat oleh guru

17	Model dan metode pembelajaran yang digunakan untuk membelajarkan materi perubahan iklim	Model pembelajaran inkuiri
18	Kesulitan/kendala dalam membelajarkan materi perubahan iklim	Terdapat murid yang masih memiliki kemampuan yang jauh di atas dan ada murid yang masih memiliki kemampuan yang jauh di bawah yang memerlukan perhatian ekstra untuk murid tersebut.

(Sumber: Diadaptasi dari Rahmawati *et al.*, 2023)



Lampiran 3. Hasil Kuesioner Murid

No	Butir Pertanyaan	Persentase Jawaban
1	Apakah Anda merasa kesulitan saat belajar materi biologi? a. Selalu b. Sering c. Kadang-kadang d. Tidak pernah	a. 0% b. 0,8% c. 89,4% d. 9,8%
2	Apakah Anda merasa bosan saat belajar materi biologi? a. Selalu b. Sering c. Kadang-kadang d. Tidak pernah	a. 0% b. 1,5% c. 53,8% d. 44,7%
3	Dalam pembelajaran biologi, apakah Anda belajar mandiri saat guru tidak mengajar? a. Selalu b. Sering c. Kadang-kadang d. Tidak pernah	a. 5,3% b. 45,5% c. 42,4% d. 6,8%
4	Jika dalam pembelajaran biologi, Anda diminta untuk mencari sumber belajar secara mandiri, sumber belajar seperti apa yang biasanya Anda gunakan? (boleh memilih lebih dari 1 jawaban) a. Google/Chrome b. YouTube c. Sosial media d. Artikel/jurnal e. Modul elektronik f. Buku cetak g. Buku elektronik	a. 65,9% b. 65,2% c. 21,2% d. 3% e. 12,1% f. 10,6% g. 8,3%
5	Apakah Anda memiliki perangkat elektronik (misalnya HP, laptop, tablet, computer, dsb.)? a. Ya b. Tidak	a. 92,4% b. 7,6%
6	Apakah sekolah memperbolehkan Anda membawa perangkat elektronik selama kegiatan pembelajaran tatap muka? a. Ya b. Tidak	a. 87,1% b. 12,9%
7	Apakah Anda memanfaatkan perangkat elektronik yang Anda bawa untuk mengakses materi atau mencari sumber materi saat pembelajaran biologi secara mandiri? a. Selalu b. Sering	a. 24,2% b. 54,5% c. 18,2% d. 3%

	c. Kadang-kadang d. Tidak pernah	
8	Seberapa sering Anda menggunakan perangkat elektronik untuk kegiatan belajar di rumah? a. Setiap hari b. Beberapa kali seminggu c. Jarang d. Tidak pernah	a. 75% b. 10,6% c. 13,6% d. 0,8%
9	Apakah Anda merasa pemahaman Anda tentang materi perubahan iklim sudah baik? a. Sangat baik b. Baik c. Cukup d. Kurang	a. 4,5% b. 28% c. 65,2% d. 2,3%
10	Apa kesulitan yang Anda hadapi saat mempelajari materi perubahan iklim? (boleh memilih lebih dari 1 jawaban) a. Sulit memahami istilah dan konsep terkait perubahan iklim (efek rumah kaca, gas rumah kaca, pemanasan global, dsb.) b. Sulit memahami penyebab dan dampak perubahan iklim terhadap lingkungan dan kehidupan manusia c. Sulit mengaitkan materi perubahan iklim dengan kehidupan sehari-hari d. Kurangnya diskusi atau kerja kelompok dalam pembelajaran materi perubahan iklim e. Tidak ada kesulitan	a. 43,2% b. 59,1% c. 14,4% d. 62,9% e. 8,3%
11	Apabila guru memberikan materi Biologi untuk dipelajari di rumah sebelum pembelajaran di kelas, apakah Anda akan mempelajari materi tersebut secara mandiri? a. Ya b. Tidak	a. 90,2% b. 9,8%
12	Jika Anda diminta mempelajari materi perubahan iklim sebelum pembelajaran di kelas, sumber belajar apa yang biasanya Anda gunakan? (boleh memilih lebih dari satu jawaban) a. Google/mesin pencari b. YouTube c. Media sosial (Instagram, TikTok, dsb.) d. Artikel atau jurnal sederhana e. Modul elektronik (PDF/e-modul) f. Buku cetak g. Buku elektronik	a. 77,3% b. 68,9% c. 13,6% d. 3,8% e. 11,4% f. 3,8% g. 9,1%
13	Apakah Anda terbiasa memahami / mempelajari materi pembelajaran Biologi sebelum kegiatan pembelajaran di kelas?	a. 13,6% b. 43,9% c. 41,7%

	a. Selalu b. Sering c. Kadang-kadang d. Tidak pernah	d. 0,8%
14	Menurut Anda, apakah mempelajari materi perubahan iklim melalui video atau materi digital sebelum pembelajaran di kelas dapat membantu pemahaman Anda? a. Sangat membantu b. Membantu c. Cukup membantu d. Tidak membantu	a. 56,8% b. 17,4% c. 25% d. 0,8%
15	Apabila berdiskusi berpasangan atau berkelompok kecil dalam pembelajaran Biologi, apakah Anda berani menyampaikan pendapat? a. Ya b. Tidak	a. 94,7% b. 5,3%
16	Menurut Anda, apakah kegiatan berpikir mandiri terlebih dahulu sebelum diskusi (misalnya mengerjakan soal atau menganalisis masalah) dapat meningkatkan pemahaman belajar Anda? a. Sangat setuju b. Setuju c. Kurang setuju d. Tidak setuju	a. 50% b. 40,2% c. 9,8% d. 0%
17	Apakah Anda merasa pembelajaran Biologi pada materi perubahan iklim akan lebih menarik jika dilakukan dengan tahapan berpikir mandiri (sendiri), diskusi berpasangan, dan berbagi hasil diskusi (presentasi) di kelas? a. Sangat setuju b. Setuju c. Kurang setuju d. Tidak setuju	a. 55,3% b. 33,3% c. 9,8% d. 1,5%

(Sumber: Diadaptasi dari Suhudi *et al.*, 2024)

Lampiran 4. Hasil Observasi Kegiatan di Kelas

Hari/Tanggal : Selasa, 27 Januari 2026 dan Kamis, 29 Januari 2026

Tempat : SMA Negeri 2 Tejakula

No	Observasi	Hasil Pengamatan
1	Kegiatan membuka pembelajaran	Dilaksanakan berdoa dan memberikan salam sebelum memulai pembelajaran, menanyakan kabar, melakukan absensi, dan melakukan penjelasan materi yang akan dibelajarkan pada hari itu
2	Model yang diterapkan	Model pembelajaran Inkuiri
3	Aktivitas pembelajaran guru	Menjelaskan materi pembelajaran yang di ajarkan pada pertemuan tersebut, melakukan pembagian kelompok besar (5-6 orang murid)
4	Aktivitas pembelajaran murid	Terdapat 1-3 orang murid yang aktif menjawab dari pertanyaan yang telah diberikan oleh guru, terdapat beberapa murid dari tiap kelompok bermain atau tidak mendengarkan penjelasan guru, masih terdapat murid pasif pada kelompok saat mengerjakan tugas yang telah diberikan guru (yang membuat hasil pekerjaan kurang maksimal) yang aktif mengerjakan hanya 2-3 orang murid saja
5	Interaksi dalam pembelajaran	Kurang baik, dikarenakan sebagian besar murid teramati sibuk dengan kegiatan sendirinya atau mengobrol bersama teman kelompoknya yang lain.
6	Media pembelajaran	Powerpoint, LKM
7	Menutup pembelajaran	Kegiatan pembelajaran di tutup dengan berdoa dan salam
8	Hasil observasi yang lain	Temuan observasi lainnya yaitu, guru memberikan materi pembelajaran yang telah dilaksanakan itu setelah pembelajaran berlangsung yang membuat murid kurang memiliki kesiapan belajar yang baik di sekolah. Terdapat kelompok (2 orang) kelompok ini terjadi dikarenakan murid lainnya ada yang dispen dan sakit ternyata dapat menghasilkan jawaban atau pekerjaan yang baik, selesai dan sesuai dengan arahan yang diberikan dalam LKM. Namun pada kelompok besar (5-6 orang) terdapat 1-2 kelompok mengeluh karena waktu yang sedikit dan masih belum menyelesaikan tugas atau arahan dengan baik dan masih ada bagian yang belum dikerjakan. Sintaks inkuiri menurut Joyce dan Weil (2000) yaitu orientasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengumpulan data, analisis data, penarikan kesimpulan, dan komunikasi hasil. Sintak seharusnya berjalan semua namun, terkendala murid yang masih belum memiliki kesiapan belajar yang cukup dan membuat sintaks penyusunan hipotesis, pengumpulan data, serta analisis data terhambat

(Sumber: Diadaptasi dari Pujiyanto, 2021)

Lampiran 5. Daftar Nilai Murid

Kelas: X.1

Tahun Pelajaran: 2025/2026 (Ganjil)

No	Murid	Nilai Keanekaragaman Hayati	Nilai Bakteri, Virus, Jamur
1	Murid 1	67	64
2	Murid 2	73	73
3	Murid 3	61	56
4	Murid 4	74	71
5	Murid 5	76	76
6	Murid 6	68	66
7	Murid 7	79	76
8	Murid 8	77	76
9	Murid 9	63	59
10	Murid 10	81	79
11	Murid 11	61	56
12	Murid 12	68	67
13	Murid 13	69	65
14	Murid 14	64	58
15	Murid 15	77	75
16	Murid 16	63	59
17	Murid 17	69	67
18	Murid 18	81	78
19	Murid 19	66	61
20	Murid 20	78	75
21	Murid 21	71	67
22	Murid 22	67	63
23	Murid 23	75	71
24	Murid 24	76	74
25	Murid 25	67	63
26	Murid 26	71	66
27	Murid 27	67	61
28	Murid 28	80	77
29	Murid 29	74	70
30	Murid 30	69	66
31	Murid 31	68	63
32	Murid 32	63	57
33	Murid 33	65	60
34	Murid 34	89	88
35	Murid 35	65	60
Rata-rata		71	68

Kelas: X.4

Tahun Pelajaran: 2025/2026 (Ganjil)

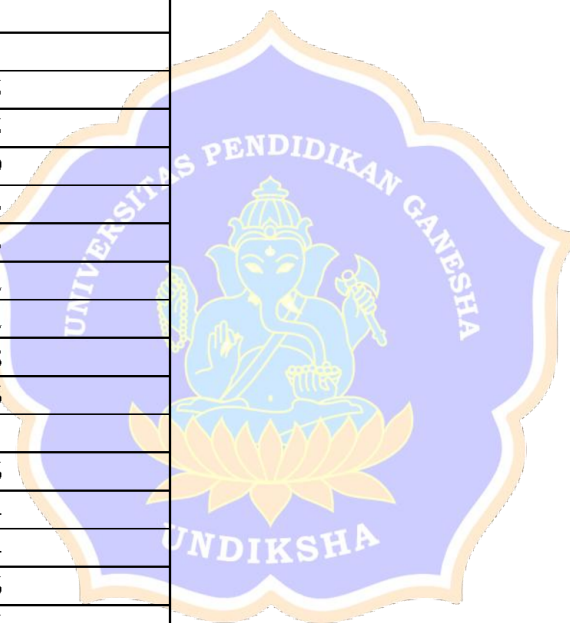
No	Murid	Nilai Keanekaragaman Hayati	Nilai Bakteri, Virus, Jamur
1	Murid 1	75	72
2	Murid 2	69	66
3	Murid 3	66	59
4	Murid 4	68	61
5	Murid 5	79	76
6	Murid 6	72	67
7	Murid 7	70	64
8	Murid 8	71	68
9	Murid 9	82	78
10	Murid 10	74	69
11	Murid 11	72	67
12	Murid 12	70	65
13	Murid 13	70	64
14	Murid 14	67	62
15	Murid 15	82	79
16	Murid 16	69	62
17	Murid 17	70	67
18	Murid 18	69	65
19	Murid 19	69	65
20	Murid 20	66	60
21	Murid 21	67	61
22	Murid 22	68	61
23	Murid 23	80	77
24	Murid 24	69	63
25	Murid 25	71	65
26	Murid 26	66	62
27	Murid 27	67	62
28	Murid 28	65	57
29	Murid 29	78	74
30	Murid 30	79	76
31	Murid 31	67	60
32	Murid 32	67	63
33	Murid 33	81	79
34	Murid 34	74	70
35	Murid 35	63	54
Rata-rata		71	66

Kelas X.1

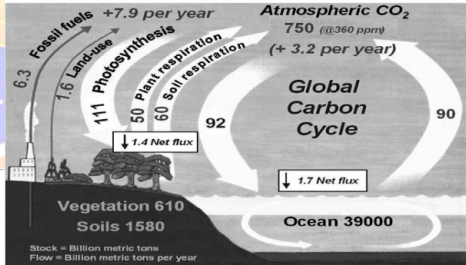
Tahun Pelajaran: 2024/2025 (Genap)

Mata Pelajaran: Perubahan Iklim

No	Murid	Nilai Sumatif
1	Murid 1	72
2	Murid 2	72
3	Murid 3	61
4	Murid 4	64
5	Murid 5	65
6	Murid 6	70
7	Murid 7	58
8	Murid 8	70
9	Murid 9	61
10	Murid 10	71
11	Murid 11	65
12	Murid 12	65
13	Murid 13	59
14	Murid 14	73
15	Murid 15	63
16	Murid 16	72
17	Murid 17	72
18	Murid 18	58
19	Murid 19	66
20	Murid 20	61
21	Murid 21	66
22	Murid 22	74
23	Murid 23	64
24	Murid 24	66
25	Murid 25	65
26	Murid 26	53
27	Murid 27	59
28	Murid 28	68
29	Murid 29	71
30	Murid 30	68
Rata-rata		66



Lampiran 6. Kisi-Kisi Instrumen Penelitian

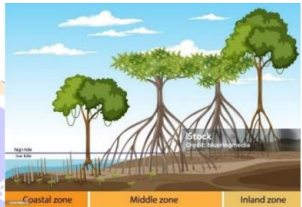
Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
Murid mampu menganalisis data perubahan lingkungan dan mengaitkannya siklus karbon serta dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem lokal.	Mengingat (C1)	Murid dapat menyebutkan faktor lingkungan serta gas rumah kaca utama yang memengaruhi siklus karbon.	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer dalam siklus karbon global adalah a. Letusan Gunung berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Penguapan air laut	D
	Memahami (C2)	Murid dapat memahami hubungan peningkatan suhu dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta peran tumbuhan dalam menjaga keseimbangan siklus karbon.	3	 Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO₂ di atmosfer adalah	E

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban															
				a. Tumbuhan meningkatkan suhu atmosfer melalui proses transpirasi yang berlebihan b. Semakin banyak tumbuhan, semakin tinggi konsentrasi CO₂ karena proses respirasi pada malam hari c. Tumbuhan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi CO₂ global d. Tumbuhan mempercepat pemanasan global dengan menangkap radiasi matahari e. Tumbuhan bertindak sebagai penyerap karbon yang membantu menurunkan konsentrasi CO₂ di atmosfer																
			4	Perhatikan pernyataan berikut: “Semakin tinggi suhu rata-rata global, maka laju dekomposisi bahan organik di tanah oleh mikroba cenderung meningkat.” Dampak langsung dari fenomena tersebut terhadap siklus karbon adalah a. Penurunan drastis CO₂ di atmosfer b. Terhentinya siklus karbon di ekosistem darat c. Peningkatan penyerapan karbon oleh tanah d. Suhu atmosfer akan menurun secara perlahan e. Peningkatan pelepasan CO₂ ke atmosfer dari hasil respirasi mikroba	E															
	Mengaplikasikan (C3)	Murid dapat mengaplikasikan data suhu dan/atau curah hujan untuk menunjukkan perubahan lingkungan serta mengaitkannya dengan proses fotosintesis atau respirasi.	5	Perhatikan rata-rata suhu dan curah hujan di Hutan Lindung selama 3 tahun <table><thead><tr><th>Tahun</th><th>Rata-rata Suhu (°C)</th><th>Curah Hujan Tahunan (mm)</th><th>Kondisi Tanaman Lokal</th></tr></thead><tbody><tr><td>2021</td><td>26,5</td><td>2.500</td><td>Normal</td></tr><tr><td>2022</td><td>27,2</td><td>2.100</td><td>Penurunan produksi buah</td></tr><tr><td>2023</td><td>28,1</td><td>1.600</td><td>Daun berguguran, stomata tertutup</td></tr></tbody></table> Berdasarkan data di atas, kaitan antara perubahan lingkungan dengan proses fisiologis tumbuhan yang paling tepat adalah a. Peningkatan suhu pada tahun 2023 memicu laju fotosintesis menjadi maksimal	Tahun	Rata-rata Suhu (°C)	Curah Hujan Tahunan (mm)	Kondisi Tanaman Lokal	2021	26,5	2.500	Normal	2022	27,2	2.100	Penurunan produksi buah	2023	28,1	1.600	Daun berguguran, stomata tertutup
Tahun	Rata-rata Suhu (°C)	Curah Hujan Tahunan (mm)	Kondisi Tanaman Lokal																	
2021	26,5	2.500	Normal																	
2022	27,2	2.100	Penurunan produksi buah																	
2023	28,1	1.600	Daun berguguran, stomata tertutup																	

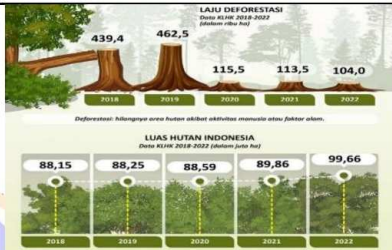
Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban															
				b. Rendahnya curah hujan tidak memengaruhi siklus karbon karena tumbuhan tetap berespirasi c. Suhu 28,1°C adalah suhu optimum bagi tumbuhan tropis untuk menghasilkan cadangan makanan d. Penurunan curah hujan yang ekstrem mengakibatkan tumbuhan menutup stomata untuk transpirasi, sehingga asupan CO₂ terhambat dan fotosintesis menurun e. Tanaman yang menggugurkan daun menunjukkan bahwa laju respirasi lebih tinggi daripada fotosintesis sepanjang hari																
			6	Pada tahun 2023 terjadi fenomena El Nino yang kuat, menyebabkan kekeringan panjang di Indonesia. Jika dikaitkan dengan siklus karbon, manakah pernyataan yang benar mengenai kondisi respirasi ekosistem saat itu? a. Kekeringan menyebabkan tumbuhan tumbuh lebih cepat sehingga menyerap lebih banyak CO₂ b. Rendahnya curah hujan meningkatkan kemampuan laut dalam menyerap karbon c. Suhu panas menghambat pelepasan CO₂ dari dalam tanah d. Tanaman yang mati akibat kekeringan menjadi sumber emisi CO₂ melalui proses pembusukan dan kebakaran hutan e. Respirasi anaerobik oleh tumbuhan meningkat pesat saat cuaca panas	D															
	Menganalisis (C4)	Murid dapat menganalisis hubungan perubahan suhu dengan gangguan keseimbangan siklus karbon serta dampak peningkatan CO ₂ terhadap ekosistem lokal.	7	<table><tr><th>Lokasi</th><th>Konsentrasi CO₂ Terlarut</th><th>pH Air Laut</th><th>Kondisi Terumbu Karang</th></tr><tr><td>Wilayah A</td><td>Rendah</td><td>8,2</td><td>Sehat & Berwarna</td></tr><tr><td>Wilayah B</td><td>Sedang</td><td>7,9</td><td>Mulai Memutih (<i>Bleaching</i>)</td></tr><tr><td>Wilayah C</td><td>Tinggi</td><td>7,5</td><td>Rapuh & Mati</td></tr></table> Analisis yang tepat mengenai hubungan antara konsentrasi CO₂ dengan keseimbangan ekosistem lokal berdasarkan tabel tersebut adalah	Lokasi	Konsentrasi CO ₂ Terlarut	pH Air Laut	Kondisi Terumbu Karang	Wilayah A	Rendah	8,2	Sehat & Berwarna	Wilayah B	Sedang	7,9	Mulai Memutih (<i>Bleaching</i>)	Wilayah C	Tinggi	7,5	Rapuh & Mati
Lokasi	Konsentrasi CO ₂ Terlarut	pH Air Laut	Kondisi Terumbu Karang																	
Wilayah A	Rendah	8,2	Sehat & Berwarna																	
Wilayah B	Sedang	7,9	Mulai Memutih (<i>Bleaching</i>)																	
Wilayah C	Tinggi	7,5	Rapuh & Mati																	

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
				a. Semakin tinggi konsentrasi CO ₂ , pH air laut semakin menurun (asam), yang merusak struktur kalsium karbonat pada terumbu karang b. Peningkatan CO ₂ meningkatkan derajat keasaman (pH) yang menyuburkan karang c. Terumbu karang di Wilayah C mati karena kekurangan asupan oksigen dari udara d. Wilayah A memiliki pH tinggi karena karang menyerap seluruh CO ₂ untuk respirasi e. Kenaikan CO ₂ tidak memiliki dampak langsung terhadap organisme laut bercangkang	
			8	Analisis hubungan antara perubahan suhu dan gangguan keseimbangan ekosistem menunjukkan bahwa banyak spesies serangga penyerbuk berpindah ke dataran tinggi yang lebih dingin. Gangguan terhadap siklus karbon yang mungkin terjadi di ekosistem asal (dataran rendah) adalah a. Peningkatan biomassa tumbuhan karena tidak ada serangga pengganggu b. Penurunan laju fotosintesis komunitas tumbuhan karena kegagalan reproduksi (polinasi) c. Tanah menjadi lebih subur karena sisa serangga yang tertinggal d. Penurunan suhu secara lokal karena berkurangnya aktivitas hewan e. Siklus karbon akan terhenti sepenuhnya karena tidak ada konsumen primer	B
	Mengevaluasi (C5)	Murid dapat mengevaluasi dampak perubahan iklim terhadap stabilitas ekosistem berdasarkan data lingkungan.	9	Seorang peneliti mengevaluasi data hutan tropis dan menemukan bahwa akibat perubahan iklim, laju kematian pohon dewasa meningkat 15% setiap tahun, sementara bibit baru sulit tumbuh akibat perubahan pola musim. Berdasarkan data ini, evaluasi mengenai stabilitas ekosistem tersebut adalah a. Ekosistem tetap stabil karena kematian pohon adalah proses alami b. Ekosistem sedang menuju keruntuhan fungsi sebagai penyerap karbon dan berisiko menjadi sumber karbon c. Perubahan iklim menguntungkan ekosistem karena memberikan ruang bagi spesies baru d. Stabilitas ekosistem akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu	B

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
				e. Kematian pohon akan segera tergantikan oleh peningkatan laju fotosintesis pohon yang tersisa	
	Mencipta (C6)	Murid dapat merancang solusi berbasis biologi untuk mengurangi gangguan siklus karbon di lingkungan sekitar.	10	Kawasan perkotaan yang padat bangunan mengalami fenomena "<i>Urban Heat Island</i>" (Pulau Panas Perkotaan) akibat minimnya vegetasi dan tingginya emisi kendaraan. Rancanglah sebuah solusi berbasis biologi yang paling efektif untuk mengurangi konsentrasi CO₂ sekaligus menurunkan suhu di kawasan tersebut - Mengganti seluruh aspal jalan dengan cat berwarna putih untuk memantulkan cahaya - Membangun gedung-gedung dengan kaca reflektif yang lebih banyak - Menerapkan kebijakan <i>vertical garden</i> dan <i>roof garden</i> pada setiap gedung perkantoran dan sekolah - Menggunakan mesin penyedot udara besar untuk membuang CO₂ ke luar kota - Menimbun sampah organik di lahan-lahan kosong di tengah kota	C
Murid mampu mengevaluasi pengaruh perubahan iklim terhadap penurunan keanekaragaman hayati (biodiversitas) di Indonesia dan menjelaskan peran hutan/ekosistem pesisir sebagai penyerap emisi.	Mengingat (C1)	Murid dapat menyebutkan pengertian biodiversitas serta mengidentifikasi ekosistem penyerap karbon di Indonesia.	11	Keanekaragaman hayati atau biodiversitas merupakan variasi makhluk hidup pada tingkat gen, spesies, dan ekosistem. Ekosistem di Indonesia yang dikenal memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan karbon paling tinggi per unit luasnya (lebih besar dari hutan hujan daratan) adalah - Padang rumput (sabana) - Hutan konifer - Hutan mangrove dan gambut - Ekosistem gurun - Pertanian monokultur	C
			12	Di bawah ini yang merupakan pengertian biodiversitas yang tepat adalah - Keanekaragaman makhluk hidup yang mencakup variasi gen, jenis, dan ekosistem - Keseragaman makhluk hidup di suatu wilayah - Proses kepunahan spesies akibat bencana alam - Jumlah total manusia dalam suatu populasi - Kemampuan satu jenis spesies untuk bertahan hidup	A

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
	Memahami (C2)	Murid dapat memahami hubungan perubahan iklim dengan penurunan biodiversitas serta peran hutan mangrove dalam menyerap emisi karbon.	13	Hutan mangrove memiliki peran krusial dalam mitigasi perubahan iklim karena kemampuannya dalam menyerap emisi karbon. Bagaimana mekanisme hutan mangrove dalam menyimpan karbon tersebut?  a. Menyimpan karbon dalam bentuk gas di akar-akarnya. b. Mengubah karbon menjadi garam yang larut di air laut c. Menyimpan karbon dalam jumlah besar pada biomassa (batang/daun) dan sedimen tanah yang anaerob d. Mengeluarkan karbon ke atmosfer secara perlahan melalui penguapan e. Mencegah sinar matahari masuk ke dalam air laut	C
			14	Perubahan iklim dapat menyebabkan penurunan biodiversitas secara signifikan. Salah satu alasan utama mengapa hal ini terjadi yaitu a. Spesies menjadi lebih kuat karena tantangan lingkungan b. Perubahan suhu dan pola musim terjadi lebih cepat daripada kemampuan spesies untuk beradaptasi atau bermigrasi c. Semua hewan akan berpindah ke dalam goa untuk menghindari panas d. Tumbuhan akan menghasilkan lebih banyak biji saat suhu meningkat e. Perubahan iklim hanya memengaruhi spesies di kutub, bukan di Indonesia	B

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
	Mengaplikasikan (C3)	Murid dapat mengaplikasikan contoh kasus untuk menunjukkan dampak perubahan iklim terhadap spesies tertentu dan menghubungkannya dengan fungsi ekosistem pesisir dalam mitigasi iklim.	15	 Kenaikan suhu air laut menyebabkan fenomena pemutihan karang (<i>coral bleaching</i>) di wilayah perairan Indonesia Timur. Jika ekosistem terumbu karang ini hancur, aplikasikan pemahaman Anda mengenai fungsi ekosistem pesisir untuk menjelaskan dampak jangka panjang bagi manusia - Hilangnya pelindung pantai alami dari hantaman gelombang besar dan penurunan hasil tangkapan ikan - Air laut akan menjadi lebih tawar karena karang tidak ada lagi - Daratan akan bertambah luas karena karang yang mati menjadi pasir - Pariwisata tetap stabil karena pemandangan karang putih lebih menarik - Penurunan kadar garam air laut secara drastis	A
			16	Di Kalimantan, akibat perubahan musim yang tidak menentu, pohon-pohon dipterokarpa mengalami kegagalan musim berbuah raya. Jika hal ini dikaitkan dengan fungsi hutan sebagai penyerap emisi, apa yang akan terjadi - Penyerapan emisi karbon meningkat karena pohon tidak fokus pada buah - Hewan pemakan buah akan menanam pohon secara mandiri di lahan gundul - Hutan akan lebih cepat pulih karena suhu panas mempercepat pertumbuhan bibit - Emisi karbon tidak dipengaruhi oleh keberadaan buah pada pohon - Regenerasi hutan terhambat, sehingga dalam jangka panjang kemampuan hutan menyerap karbon akan menurun	E

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
	Menganalisis (C4)	Murid dapat menganalisis penyebab penurunan biodiversitas akibat perubahan iklim serta hubungan antara kerusakan hutan dan peningkatan emisi karbon.	17	 Analisis mengenai hubungan antara kerusakan hutan (deforestasi) di wilayah tropis dengan peningkatan emisi karbon menunjukkan hasil yang linier. Mengapa kerusakan hutan menyebabkan peningkatan emisi karbon secara ganda? - Karena pohon yang ditebang melepaskan karbon yang tersimpan di dalamnya ke atmosfer dan hilangnya kemampuan area tersebut untuk menyerap CO₂ di masa depan - Karena mesin penebang pohon mengeluarkan asap dan pohon yang ditebang berhenti melakukan respirasi - Karena tanah hutan yang gundul akan menyerap lebih banyak oksigen - Karena hewan-hewan hutan akan bernapas lebih cepat saat pohon hilang - Karena penebangan pohon meningkatkan curah hujan secara drastis	A
			18	Salah satu penyebab utama penurunan biodiversitas akibat perubahan iklim adalah pergeseran rentang habitat. Analisislah apa yang akan terjadi pada spesies endemik yang hanya bisa hidup di puncak gunung (zona alpin) saat suhu bumi terus memanas - Mereka akan beradaptasi dengan hidup di daerah lembah yang lebih panas - Populasi mereka akan meledak karena tidak ada predator - Mereka akan berevolusi menjadi spesies yang tahan panas dalam waktu satu tahun - Mereka akan bermigrasi ke kutub utara melalui jalur darat - Mereka tidak memiliki tempat yang lebih tinggi (dingin) untuk didatangi, sehingga berisiko tinggi mengalami kepunahan	E

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
	Mengevaluasi (C5)	Murid dapat mengevaluasi efektivitas hutan dan ekosistem pesisir sebagai penyerap emisi karbon.	19	Seorang ahli lingkungan membandingkan efektivitas antara penanaman hutan kembali (reforestasi) dengan perlindungan hutan mangrove di pesisir. Data menunjukkan mangrove mampu menyimpan karbon 4 kali lebih banyak daripada hutan daratan per hektar. Evaluasilah kebijakan mana yang paling efektif sebagai prioritas mitigasi iklim di Indonesia - Membabat mangrove untuk dijadikan lahan tambak karena ekonomi lebih penting - Fokus hanya pada hutan daratan karena mangrove hanya ada di pinggir pantai - Menghilangkan semua hutan dan menggantinya dengan panel surya - Memprioritaskan perlindungan dan restorasi ekosistem mangrove karena memiliki densitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi - Menganggap kedua ekosistem tersebut tidak efektif karena emisi terus meningkat	D
	Mencipta (C6)	Murid dapat merancang program pelestarian biodiversitas sebagai upaya mitigasi perubahan iklim.	20	Indonesia memiliki target <i>Net Sink Carbon</i> sektor kehutanan pada tahun 2030. <i>Net Sink Karbon</i> (atau sering disebut <i>Forestry and Other Land Use - FOLU Net Sink</i>) adalah sebuah kondisi di mana jumlah penyerapan emisi gas rumah kaca (khususnya karbon dioksida) oleh sektor kehutanan dan tata guna lahan jauh lebih besar daripada jumlah emisi yang dilepaskan ke atmosfer Rancanglah sebuah program pelestarian biodiversitas yang sekaligus berfungsi sebagai upaya mitigasi perubahan iklim bagi masyarakat lokal - Melarang masyarakat masuk ke hutan tanpa memberikan solusi ekonomi alternatif - Menebang hutan tua dan menggantinya dengan kebun sawit yang seragam - Membangun pagar beton mengelilingi seluruh hutan lindung di Indonesia - Memindahkan seluruh penduduk desa ke kota agar hutan tetap terjaga - Mengembangkan program perhutanan sosial berbasis agroforestri yang menanam jenis pohon lokal penyerap karbon sekaligus menghasilkan produk non-kayu untuk ekonomi	E

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
Murid mampu merancang dan melakukan percobaan kecil terkait bioteknologi konvensional yang mendukung pengurangan sampah organik (sumber metana) atau pemanfaatan limbah menjadi energi.	Mengingat (C1)	Murid dapat menyebutkan contoh bioteknologi konvensional serta mengidentifikasi jenis limbah organik yang dapat dimanfaatkan.	21	Sampah organik di tempat pembuangan akhir (TPA) merupakan sumber utama gas rumah kaca yang sangat kuat. Gas yang dihasilkan dari dekomposisi sampah organik secara anaerob tersebut adalah a. Oksigen b. Metana c. Argon d. Nitrogen dioksida e. Karbon monoksida	B
			22	Berikut ini merupakan contoh bioteknologi konvensional yang dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah organik rumah tangga adalah a. Rekayasa genetika pada bakteri b. Kloning domba c. Pembuatan kompos atau pupuk organik cair (POC) d. Produksi hormon insulin e. Teknik bayi tabung	C
	Memahami (C2)	Murid dapat memahami prinsip fermentasi serta hubungan sampah organik dengan produksi gas metana.	23	Prinsip dasar fermentasi dalam pengolahan sampah organik menjadi biogas melibatkan aktivitas mikroorganisme. Hubungan yang benar antara sampah organik dengan produksi gas metana adalah a. Semakin banyak sampah organik yang menumpuk di kondisi kedap udara (anaerob), semakin banyak gas metana yang dihasilkan b. Sampah organik yang dibakar akan menghasilkan gas metana yang murni c. Gas metana dihasilkan hanya jika sampah organik dicampur dengan bahan kimia pabrik d. Fermentasi sampah organik justru mengurangi suhu bumi secara langsung e. Sampah organik tidak memiliki hubungan dengan gas metana	A
			24	Dalam pembuatan pupuk organik cair, terjadi proses perombakan bahan kompleks menjadi sederhana oleh mikroba. Apa peran utama mikroba dalam proses ini terkait dengan mitigasi perubahan iklim? a. Mikroba mengubah sampah menjadi emas b. Mikroba mempercepat penguapan air sehingga sampah menjadi kering	C

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban																				
				c. Mikroba membantu mendaur ulang nutrisi sehingga sampah tidak menumpuk dan melepaskan gas rumah kaca secara liar di TPA d. Mikroba menyerap radiasi matahari agar sampah tidak panas e. Mikroba menghentikan seluruh emisi karbon dari sampah																					
	Mengaplikasikan (C3)	Murid dapat menerapkan langkah pembuatan produk bioteknologi dari limbah organik serta menggunakan alat dan bahan sesuai prosedur percobaan.	25	Seorang murid ingin membuat eko-enzim dari limbah kulit buah. Berdasarkan prosedur yang benar, perbandingan antara gula (molase), limbah buah, dan air yang harus digunakan adalah a. 1:1:1 b. 3:1:10 c. 1:3:10 d. 10:3:1 e. 5:5:5	C																				
			26	Dalam sebuah percobaan pembuatan biogas dari kotoran ternak, jika alat penampung gas bocor, maka hal yang akan terjadi adalah a. Proses fermentasi akan berjalan lebih cepat b. Tekanan di dalam tangki meningkat drastis c. Gas metana akan terlepas ke atmosfer dan menurunkan kualitas hasil energi alternatif d. Mikroba di dalam tangki akan mati karena terkena cahaya e. Limbah organik di dalam tangki akan berubah menjadi batu	C																				
	Menganalisis (C4)	Murid dapat menganalisis hasil percobaan pengolahan limbah organik serta faktor yang memengaruhi keberhasilan fermentasi.	27	Sebuah kelompok murid melakukan pengolahan limbah organik menjadi pupuk cair dengan variabel suhu yang berbeda. Berikut adalah hasil pengamatannya. <table><tr><th>Wadah</th><th>Suhu Lingkungan (°C)</th><th>Lama Fermentasi</th><th>Aroma yang Dihasilkan</th><th>Kandungan Gas Metana</th></tr><tr><td>P</td><td>20</td><td>21 Hari</td><td>Masam Lemah</td><td>Sedikit</td></tr><tr><td>Q</td><td>35</td><td>10 Hari</td><td>Khas Fermentasi</td><td>Tinggi</td></tr><tr><td>R</td><td>55</td><td>5 Hari</td><td>Busuk Menyengat</td><td>Sangat Tinggi</td></tr></table>	Wadah	Suhu Lingkungan (°C)	Lama Fermentasi	Aroma yang Dihasilkan	Kandungan Gas Metana	P	20	21 Hari	Masam Lemah	Sedikit	Q	35	10 Hari	Khas Fermentasi	Tinggi	R	55	5 Hari	Busuk Menyengat	Sangat Tinggi	D
Wadah	Suhu Lingkungan (°C)	Lama Fermentasi	Aroma yang Dihasilkan	Kandungan Gas Metana																					
P	20	21 Hari	Masam Lemah	Sedikit																					
Q	35	10 Hari	Khas Fermentasi	Tinggi																					
R	55	5 Hari	Busuk Menyengat	Sangat Tinggi																					

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
				Berdasarkan data tersebut, faktor yang memengaruhi keberhasilan dan kecepatan proses fermentasi limbah organik menjadi energi atau pupuk adalah - Suhu rendah (20°C) adalah kondisi paling ideal agar fermentasi tidak berbau - Suhu 55°C pada wadah R menunjukkan keberhasilan karena menghasilkan gas paling banyak meskipun berbau busuk - Lama hari fermentasi berbanding lurus dengan suhu lingkungan - Peningkatan suhu hingga batas tertentu (35°C) mempercepat aktivitas mikroba sehingga fermentasi lebih efektif dan cepat - Jenis limbah organik tidak berpengaruh selama suhu lingkungan tetap stabil	
			28	Faktor yang sangat memengaruhi keberhasilan fermentasi dalam pembuatan pupuk organik dari limbah cair adalah rasio C/N, suhu, dan pH. Jika pH dalam wadah fermentasi menjadi terlalu asam (di bawah 4), analisislah dampaknya terhadap aktivitas mikroba - Mikroba akan bekerja lebih giat untuk menaikkan pH - pH asam tidak berpengaruh pada mikroba fermentasi - Sampah akan langsung berubah menjadi energi listrik - Aktivitas mikroba fungsional dapat terhambat atau berhenti, sehingga proses fermentasi gagal - Mikroba akan berubah menjadi spesies baru yang tahan asam	D
	Mengevaluasi (C5)	Murid dapat mengevaluasi manfaat bioteknologi konvensional dalam mengurangi emisi metana.	29	Evaluasilah manfaat penerapan bioteknologi konvensional (seperti pembuatan biogas) di peternakan sapi berskala besar dalam upaya mengurangi emisi metana - Tidak efektif karena biogas tetap menghasilkan emisi saat dibakar - Hanya efektif jika sapi-sapi tersebut tidak diberi makan rumput - Tidak bermanfaat karena biaya pembuatannya terlalu mahal dibandingkan dampaknya - Justu berbahaya karena metana dapat menyebabkan ledakan matahari	E

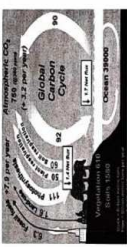
Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
				e. Sangat efektif karena metana yang seharusnya lepas ke atmosfer ditangkap dan dibakar menjadi CO ₂ dan air, yang memiliki potensi pemanasan global jauh lebih rendah daripada metana	
	Mencipta (C6)	Murid dapat merancang percobaan sederhana pemanfaatan limbah organik menjadi energi alternatif.	30	Rancanglah sebuah percobaan sederhana untuk memanfaatkan limbah nasi sisa dan air cucian beras di lingkungan rumah agar menjadi energi alternatif yang bermanfaat a. Mencampur nasi sisa, air cucian beras, dan gula ke dalam botol tertutup yang dihubungkan dengan selang ke penampung gas untuk menghasilkan biogas b. Menjemur nasi sisa hingga kering kemudian membakarnya untuk memasak c. Membuang nasi sisa ke sungai agar dimakan ikan d. Mengubur nasi sisa di dalam pot bunga tanpa tambahan air e. Mencampur nasi sisa dengan deterjen agar cepat hancur	A
Murid mampu menciptakan prototipe atau rencana aksi berbasis konsep biologi (seperti pembuatan eko-enzim) untuk meminimalkan dampak pemanasan global di lingkungan sekitar.	Mengingat (C1)	Murid dapat menyebutkan contoh aksi mitigasi pemanasan global berbasis biologi serta mengidentifikasi konsep biologi yang mendasarinya.	31	Aksi mitigasi pemanasan global berbasis biologi yang bertujuan untuk meningkatkan penyerapan CO ₂ di area pemukiman padat adalah a. Pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir b. Penggunaan panel surya di setiap rumah c. Pengurangan penggunaan kantong plastik d. Pembangunan tanggul laut raksasa e. Gerakan menanam pohon seribu satu (Penghijauan/Reforestasi)	E
			32	Konsep biologi yang mendasari aksi penghijauan sebagai upaya mitigasi pemanasan global adalah a. Hukum pewarisan sifat b. Proses penguapan air dari tanah c. Teori evolusi Darwin d. Kemampuan fotosintesis tumbuhan dalam mengikat karbon dioksida e. Seleksi alam pada hewan	D
	Memahami (C2)	Murid dapat memahami prinsip kerja ekoenzim serta	33	Prinsip kerja eko-enzim dalam membantu meminimalkan dampak pemanasan global di tingkat rumah tangga adalah a. Eko-enzim menyerap panas matahari secara langsung dari udara	D

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
		manfaat penghijauan terhadap penurunan suhu lingkungan		b. Eko-enzim mengubah gas CO ₂ menjadi oksigen saat disemprotkan di ruangan c. Eko-enzim berfungsi sebagai bahan bakar fosil baru d. Eko-enzim dapat digunakan sebagai pengganti bahan kimia pembersih yang ramah lingkungan dan sisa produksinya mengurangi tumpukan sampah organik di TPA e. Eko-enzim mempercepat pertumbuhan tanaman hingga 100 kali lipat	
			34	Manfaat nyata dari program penghijauan di lingkungan sekolah terhadap penurunan suhu mikro adalah a. Tanaman menyerap seluruh cahaya matahari sehingga area menjadi gelap b. Melalui proses transpirasi, tanaman melepaskan uap air yang mendinginkan udara di sekitarnya c. Akar tanaman menyerap panas dari dalam bumi d. Daun tanaman mengeluarkan es pada malam hari e. Tanaman menghentikan angin sehingga udara terasa lebih tenang	B
	Mengaplikasikan (C3)	Murid dapat menerapkan konsep biologi dalam perencanaan aksi lingkungan sederhana serta memanfaatkan sumber daya sekitar	35	Dalam merencanakan aksi lingkungan "Sekolah Bebas Sampah Organik", langkah pertama yang paling sesuai dengan konsep biologi adalah a. Menyediakan wadah pengomposan (komposter) di area kantin untuk mengolah sisa makanan b. Membeli banyak tempat sampah plastik baru c. Membakar seluruh sampah setiap sore hari d. Mengangkut sampah ke TPA sesering mungkin. e. Melarang murid membawa makanan ke sekolah	A
			36	Jika Anda ingin memanfaatkan lahan sempit di balkon rumah untuk membantu mitigasi iklim, sumber daya sekitar yang paling tepat digunakan adalah a. Botol plastik bekas untuk dijadikan pot <i>hydroponic</i> atau tanaman gantung b. Lantai semen yang dicat hijau agar tampak seperti rumput c. Lampu UV yang dinyalakan 24 jam d. Pendingin ruangan (AC) yang dipasang menghadap tanaman e. Menimbun tanah setinggi 1 meter di atas balkon	A

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban												
	Menganalisis (C4)	Murid dapat menganalisis kelebihan, kekurangan, serta dampak jangka panjang berbagai aksi mitigasi pemanasan global terhadap ekosistem	37	Seorang peneliti membandingkan dampak penggunaan eko-enzim dengan pembersih kimia terhadap kelestarian ekosistem sungai kecil di sekitar pemukiman. <table><tr><th>Indikator</th><th>Penggunaan Pembersih Kimia</th><th>Penggunaan Eko-Enzim</th></tr><tr><td>Kejernihan Air</td><td>Menurun (Banyak Busa)</td><td>Meningkat (Busa Sedikit)</td></tr><tr><td>Kadar Oksigen (DO)</td><td>Rendah (2 mg/L)</td><td>Tinggi (6 mg/L)</td></tr><tr><td>Kehidupan Ikan</td><td>Banyak yang Mati</td><td>Tetap Hidup</td></tr></table> Berdasarkan tabel evaluasi di atas, keunggulan aksi pembuatan eko-enzim sebagai prototipe mitigasi lingkungan adalah a. Eko-enzim mampu membunuh seluruh bakteri di sungai tanpa sisa b. Pembersih kimia lebih baik karena menghasilkan busa yang membantu pembersihan kotoran di air c. Eko-enzim mengurangi populasi ikan karena air menjadi terlalu jernih d. Tidak ada perbedaan signifikan antara keduanya terhadap pemanasan global e. Eko-enzim bersifat ramah lingkungan karena mampu menjaga kadar oksigen terlarut tetap tinggi sehingga ekosistem tetap seimbang	Indikator	Penggunaan Pembersih Kimia	Penggunaan Eko-Enzim	Kejernihan Air	Menurun (Banyak Busa)	Meningkat (Busa Sedikit)	Kadar Oksigen (DO)	Rendah (2 mg/L)	Tinggi (6 mg/L)	Kehidupan Ikan	Banyak yang Mati	Tetap Hidup	E
			Indikator	Penggunaan Pembersih Kimia	Penggunaan Eko-Enzim												
Kejernihan Air	Menurun (Banyak Busa)	Meningkat (Busa Sedikit)															
Kadar Oksigen (DO)	Rendah (2 mg/L)	Tinggi (6 mg/L)															
Kehidupan Ikan	Banyak yang Mati	Tetap Hidup															
			38	Beberapa aksi mitigasi pemanasan global seperti penanaman pohon monokultur (hanya satu jenis pohon) di lahan luas sering dikritik. Analisislah kekurangan jangka panjang aksi tersebut terhadap ekosistem. a. Pohon monokultur menyerap terlalu banyak CO₂ sehingga udara menjadi tipis b. Kerentanan terhadap serangan hama meningkat dan rendahnya biodiversitas yang didukung oleh hutan tersebut c. Pohon monokultur tumbuh terlalu lambat dibandingkan hutan campuran d. Biaya penanaman pohon satu jenis jauh lebih mahal e. Pohon monokultur akan berubah menjadi spesies invasif	B												

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
	Mengevaluasi (C5)	Murid dapat mengevaluasi kelayakan prototipe atau rencana aksi mitigasi pemanasan global	39	Sebuah rencana aksi mitigasi berupa pembuatan "Lubang Biopori" di halaman sekolah dievaluasi oleh guru. Jika halaman sekolah tersebut dilapisi semen seluruhnya, evaluasi kelayakan rencana aksi tersebut adalah - Rencana tetap layak karena semen bisa ditembus oleh akar tanaman - Rencana tidak layak kecuali lapisan semen dibongkar terlebih dahulu agar tanah dapat berhubungan langsung dengan udara dan air - Rencana sangat layak karena lubang bisa dibuat di atas semen menggunakan bor besi - Biopori tidak cocok untuk sekolah, lebih cocok untuk hutan - Evaluasi menunjukkan biopori akan meningkatkan risiko banjir di sekolah	B
	Mencipta (C6)	Murid dapat menciptakan prototipe atau rencana aksi nyata berbasis biologi untuk mengurangi dampak pemanasan global di lingkungan sekitar.	40	Ciptakanlah sebuah rencana aksi nyata berbasis biologi yang dapat dilakukan oleh murid SMA untuk mengurangi dampak pemanasan global di lingkungan rumah masing-masing - Membeli mobil listrik untuk setiap anggota keluarga - Membuat kampanye di media sosial tanpa melakukan aksi nyata di lapangan - Melakukan pemilahan sampah dari rumah dan mengolah sampah organik menjadi kompos atau eko-enzim secara rutin - Memasang AC di setiap ruangan rumah agar suhu terasa dingin - Mengganti semua tanaman hias dengan tanaman plastik agar tidak perlu disiram	C

Lampiran 7. Lembar Validitas Instrumen Hasil Belajar Kognitif

LEMBAR VALIDASI KISI-KISI INSTRUMEN TES OBJEKTIF					
HASIL BELAJAR KOGNITIF SISWA PADA MATERI PERUBAHAN IKLIM					
A. Identitas Validator Nama : Prof. Dr. Desak Made Chandrawati, M. Kes. Profesi : Dosen Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha					
B. Tujuan Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kelayakan instrumen yang dipakai oleh peneliti dalam melakukan uji coba <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> dalam pembelajaran biologi pada materi perubahan iklim.					
C. Petunjuk 1. Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian instrumen tersebut 2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut: 1 : Tidak Relevan 2 : Kurang Relevan 3 : Cukup Relevan 4 : Relevan 3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan mohon Bapak/Ibu Dosen berkenan memilikannya dihalik validitas ini atau jika dimungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu memilikannya pada lembar draft harus direvisi.					
Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban
Siswa mampu menganalisis hubungan antara perubahan iklim dengan pemanasan global.	Menganalisis (C4)	Siswa dapat menganalisis hubungan antara perubahan iklim dengan pemanasan global.	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas-gas rumah kaca yang paling banyak dalam atmosfer. Urutkan gas-gas tersebut berdasarkan kemampuan menyerap radiasi inframerah.	C
			2	Faktor lingkungan alam yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer dalam siklus karbon adalah? - Letupan Gunung Berapi - Respirasi Hewan - Pembakaran Hutan - Penggunaan Air Laut - Penggunaan Air Laut	D
Siswa dapat menganalisis hubungan antara perubahan iklim dengan pemanasan global.	Memahami (C2)	Siswa dapat memahami hubungan antara perubahan iklim dengan pemanasan global.	3	 Perhatikan siklus global di bawah ini! Berdasarkan diagram tersebut, apa itu siklus karbon? - Proses pertukaran karbon antara atmosfer, daratan, dan lautan. - Proses pertukaran karbon antara atmosfer, daratan, dan lautan. - Proses pertukaran karbon antara atmosfer, daratan, dan lautan. - Proses pertukaran karbon antara atmosfer, daratan, dan lautan. - Proses pertukaran karbon antara atmosfer, daratan, dan lautan.	E

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
	Mengaplikasikan (C3)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	15	Pemulihan Karang  Kerusakan pada terumbu karang merupakan ancaman bagi kelestarian ekosistem perairan. Salah satu upaya untuk memulihkan kerusakan karang adalah dengan melakukan transplantasi karang. Perhatikan gambar berikut! a. Bagaimana melindungi pantai alami dari ancaman gelombang tsunami? b. Apa itu karang mati? Apa penyebab karang mati? c. Dauran akan bertambah luas karena karang yang mati menjadi pasir. d. Pariwisata tetap stabil karena pemandangan karang putih lebih menarik.	A	✓
	Mengaplikasikan (C4)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	16	Di Kalimantan, akibat perubahan musim yang tidak menentu, pohon-pohon di daerah tersebut mengalami kegagalan musim berbuah raya. Jika hal ini dikhawatirkan dapat mengganggu kehidupan masyarakat setempat, apa yang akan dilakukan? a. Penanaman kembali pohon-pohon yang rusak. b. Hewan pemakan buah akan memakan pohon secara mandiri di lahan gundul. c. Hutan akan lebih cepat putih karena suhu panas mempercepat pertumbuhan bibit. d. Emisi karbon tidak dipengaruhi oleh keberadaan buah pada pohon.	E	✓
	Mengaplikasikan (C4)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	17	 Analisis mengenai hubungan antara kerusakan hutan (deforestasi) di wilayah tropis dengan peningkatan emisi karbon menunjukkan hasil yang signifikan. Mengingat kerusakan hutan menyebabkan peningkatan emisi karbon secara ganda? a. Karena pohon yang ditebang melepaskan karbon yang tersimpan di dalamnya ke atmosfer dan hilangnya kemampuan area tersebut untuk menyerap CO₂ di masa depan. b. Karena pohon yang ditebang melepaskan asap dan pohon yang ditebang kembali melakukan respirasi. c. Karena tanah yang gundul akan menyerap lebih banyak oksigen. d. Karena hewan-hewan hutan akan bernapas lebih cepat saat pohon hilang. e. Karena penanaman pohon meningkatkan curah hujan secara signifikan.	A	✓
	Mengaplikasikan (C4)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	18	Salah satu penyebab utama penurunan biodiversitas akibat perubahan iklim adalah pengurangan rentang habitat. Analisislah apa yang akan terjadi	E	

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
	Mengaplikasikan (C3)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	19	Salah satu spesies endemik yang hanya bisa hidup di puncak gunung (zona alpin) saat ini terancam punah karena perubahan iklim. Perhatikan gambar berikut! a. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? b. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? c. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? d. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim?	D	✓
	Mengaplikasikan (C3)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	20	Salah satu spesies endemik yang hanya bisa hidup di puncak gunung (zona alpin) saat ini terancam punah karena perubahan iklim. Perhatikan gambar berikut! a. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? b. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? c. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? d. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim?	E	

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
	Mengaplikasikan (C1)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	21	Salah satu spesies endemik yang hanya bisa hidup di puncak gunung (zona alpin) saat ini terancam punah karena perubahan iklim. Perhatikan gambar berikut! a. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? b. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? c. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? d. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim?	B	✓
	Mengaplikasikan (C2)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	22	Salah satu spesies endemik yang hanya bisa hidup di puncak gunung (zona alpin) saat ini terancam punah karena perubahan iklim. Perhatikan gambar berikut! a. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? b. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? c. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? d. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim?	C	✓
	Mengaplikasikan (C2)	Siswa dapat menganalisis dan menjelaskan konsep ekosistem perikanan air tawar.	23	Salah satu spesies endemik yang hanya bisa hidup di puncak gunung (zona alpin) saat ini terancam punah karena perubahan iklim. Perhatikan gambar berikut! a. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? b. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? c. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim? d. Bagaimana melindungi zona alpin dari ancaman perubahan iklim?	A	

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
Siswa mampu menjelaskan konsep bioteknologi dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.	Mengenal (C1)	Siswa dapat menjelaskan konsep bioteknologi konvensional dan modern.	24	a. Sampah organik yang dibakar akan menghasilkan gas metana yang murni. b. Sampah organik yang dibakar akan menghasilkan gas metana yang murni. c. Gas metana dihasilkan hanya jika sampah organik dicampur dengan bahan kimia pada suhu tertentu. d. Sampah organik yang dibakar akan menghasilkan gas metana yang murni. e. Sampah organik tidak memiliki hubungan dengan gas metana.	C	✓
			25	a. Mikroba membuat mendingin ulang nutrisi sehingga sampah tidak membusuk dan melepaskan gas rumah kaca secara lar di TPA. b. Mikroba menyerap padatan sampah agar sampah tidak panas dalam proses ini terkait dengan mitigasi perubahan iklim? c. Mikroba menyerap padatan sampah agar sampah tidak panas dalam proses ini terkait dengan mitigasi perubahan iklim? d. Mikroba menyerap padatan sampah agar sampah tidak panas dalam proses ini terkait dengan mitigasi perubahan iklim? e. Mikroba menyerap padatan sampah agar sampah tidak panas dalam proses ini terkait dengan mitigasi perubahan iklim?	C	✓
			26	a. Proses fermentasi akan berjalan lebih cepat. b. Tekanan di dalam tangki meningkat drastis.	C	✓
Siswa mampu menjelaskan konsep bioteknologi dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.	Mengingat (C1)	Siswa dapat menjelaskan konsep bioteknologi konvensional dan modern.	27	a. Gas metana akan terlepas ke atmosfer dan menurunkan kualitas hasil energi alternatif. b. Mikroba di dalam tangki akan mati karena terkena cahaya. c. Limbah organik di dalam tangki akan berubah menjadi bau. d. Sampah organik yang dibakar akan menghasilkan gas metana yang murni. e. Sampah organik yang dibakar akan menghasilkan gas metana yang murni.	D	✓
			28	a. Faktor yang sangat memengaruhi keberhasilan fermentasi dalam pembuatan pupuk organik dari limbah cair adalah suhu, pH, dan pH. Jika pH dalam wadah fermentasi menjadi terlalu asam (di bawah 4), analisislah dampaknya terhadap aktivitas mikroba?	D	✓
			29	a. Mikroba akan bekerja lebih aktif untuk menaikkan pH. b. pH tidak berpengaruh pada mikroba fermentasi. c. Sampah akan langsung berubah menjadi gas metana. d. Aktivitas mikroba, fungsional dapat terhambat atau berhenti, sehingga proses fermentasi gagal. e. Mikroba akan berubah menjadi spesies baru yang tahan asam.	E	✓
Siswa mampu menjelaskan konsep bioteknologi dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.	Memahami (C2)	Siswa dapat menjelaskan konsep bioteknologi konvensional dan modern.	30	a. Rancangan sebuah percobaan sederhana untuk memanfaatkan limbah organik yang bernilai ekonomi di lingkungan rumah agar menjadi energi alternatif yang bermanfaat. b. Mencairkan nasi sisa, air cucian beras, dan gula ke dalam botol tertutup yang dihubungkan dengan selang ke penampung gas untuk menghasilkan biogas. c. Menjemur nasi sisa hingga kering kemudian membakarnya untuk memasak. d. Mengubur nasi sisa ke dalam pot bunga tanpa tambahan air. e. Mencairkan nasi sisa dengan deterjen agar cepat hancur.	A	✓
			31	a. Alkali memiliki kemampuan global berbasis biologi yang bertujuan untuk meningkatkan penyerapan CO₂ di area pemukiman padat adalah? b. Pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir.	E	✓
			32	a. Hakam pewarisan sifat. b. Proses pengawetan air dari tanah. c. Teori evolusi Darwin. d. Kemampuan fotosintesis tumbuhan dalam mengikat karbon dioksida. e. Sederet dalam pada hewan.	D	✓
Siswa mampu menjelaskan konsep bioteknologi dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.	Memahami (C2)	Siswa dapat menjelaskan konsep bioteknologi konvensional dan modern.	33	a. Prinsip kerja enzim dalam membantu meminimalkan dampak pemanasan global di tingkat rumah tangga adalah? b. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. c. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. d. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. e. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana.	D	✓
			34	a. Manfaat utama dari program penghapusan di lingkungan sekolah terhadap pemanasan mikro adalah? b. Tanaman menyerap seluruh cahaya matahari sehingga area menjadi gelap. c. Melalui proses transpirasi, tanaman melepaskan uap air yang membantu proses pendinginan. d. Daun tanaman melepaskan es pada malam hari. e. Tanaman menghantarkan angin sehingga udara terus lebih terang.	B	✓
			35	a. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. b. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. c. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. d. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. e. Enzim menguraikan polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana.	D	✓

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian												
						1 2 3 4												
	Mengaplikasikan (C3)	Siswa dapat menerapkan konsep biologi perikanan dalam pemecahan masalah lingkungan sekitar yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya sekitar	35	Dalam merencanakan aksi lingkungan "Sekolah Bebas Sampah Organik", langkah pertama yang paling sesuai dengan konsep biologi adalah? a. Menyediakan wadah pengomposan (komposter) di area kantin untuk mengolah sisa makanan b. Membeli banyak tempat sampah plastik baru c. Mengadakan kampanye di media sosial tanpa melibatkan aksi nyata d. Mengangkut sampah ke TPA secara rutin menggunakan truk e. Melarang siswa membawa makanan ke sekolah	A	✓												
	Menganalisis (C4)	Siswa dapat menganalisis kelebihan, kekurangan, serta pauting berbagai pemenuhan pangan terhadap ekosistem	36	Jika Anda ingin memanfaatkan lahan sempit di balkon rumah untuk membantu mitigasi iklim, sumber daya sekitar yang paling tepat digunakan adalah? a. Air hujan untuk dikumpulkan dan disimpan dalam ember b. Lantai semen yang dicat hijau agar tampak seperti rumput c. Lampu UV yang dinyalakan 24 jam d. Pendingin ruangan (AC) yang dipasang menghadap tanaman e. Tanaman hias yang ditanam di pot hidroponik atau tanaman gantung	A	✓												
	Menganalisis (C4)	Siswa dapat menganalisis kelebihan, kekurangan, serta pauting berbagai pemenuhan pangan terhadap ekosistem	37	Seorang peneliti membandingkan dua jenis pupuk organik dengan pemberian kimia terhadap kesehatan ekosistem sungai kecil di sekitar permukiman. <table><tr><th>Indikator</th><th>Penggunaan Eko-Pemertihan Kimia</th><th>Penggunaan EKO-Enzim</th></tr><tr><td>Ketersediaan Air</td><td>Menerang (Banyak Baus)</td><td>Menerang (Baus)</td></tr><tr><td>Kandungan Oksigen</td><td>Rendah (2 mg/L)</td><td>Tinggi (6 mg/L)</td></tr><tr><td>Kandungan Karbon</td><td>Banyak yang Mati</td><td>Terdapat Hutan</td></tr></table> Berdasarkan tabel evaluasi di atas, keunggulan aksi pembuatan eko-enzim sebagai biopestisida mitigasi lingkungan adalah? a. Efisiensi mampu mengurangi jumlah bakteri di sungai tanpa sia b. Pembersih kimia lebih baik karena menghasilkan busa yang membantu pembersihan kotoran di air	Indikator	Penggunaan Eko-Pemertihan Kimia	Penggunaan EKO-Enzim	Ketersediaan Air	Menerang (Banyak Baus)	Menerang (Baus)	Kandungan Oksigen	Rendah (2 mg/L)	Tinggi (6 mg/L)	Kandungan Karbon	Banyak yang Mati	Terdapat Hutan	E	✓
Indikator	Penggunaan Eko-Pemertihan Kimia	Penggunaan EKO-Enzim																
Ketersediaan Air	Menerang (Banyak Baus)	Menerang (Baus)																
Kandungan Oksigen	Rendah (2 mg/L)	Tinggi (6 mg/L)																
Kandungan Karbon	Banyak yang Mati	Terdapat Hutan																

- sudah benar, tapi dipara indikator yang ditanyakan

- perhatikan pertanyaan tadi bro!

Singkatan
Validasi,
.....
.....

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
	Mencipta (C6)	Siswa dapat menciptakan rencana aksi nyata berbasis biologi untuk mengatasi permasalahan lingkungan rumah masing-masing.	40	Cipakanlah sebuah rencana aksi nyata berbasis biologi yang dapat dilakukan oleh siswa SMA untuk mengurangi dampak pemanasan global di lingkungan rumah masing-masing. a. Membuat mobil listrik untuk setiap anggota keluarga b. Melakukan kampanye di media sosial tanpa melibatkan aksi nyata c. Melakukan pemilihan sampah dari rumah dan mengolah sampah organik menjadi kompos atau eko-enzim secara rutin d. Memasang AC di setiap ruangan rumah agar suhu tetap dingin e. Mengganti semua tanaman hias dengan tanaman plastik agar tidak perlu dirawat	C	

LEMBAR VALIDASI KISI-KISI INSTRUMEN TES OBJEKTIF

HASIL BELAJAR KOGNITIF SISWA PADA MATERI PERUBAHAN IKLIM

Nama : Ayo Renna Hery Nikiel
Profesi : Dosen
Instansi : Universitas Pendidikan Indonesia

B. Tujuan
Tujuan penggunaan instrumen ini untuk mengukur kedalaman instrumen yang dipakai oleh peneliti dalam melakukan uji coba pretest dan posttest dalam pembelajaran biologi pada materi perubahan iklim.

C. Petunjuk
1. Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian instrumen tersebut
2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut:
1 : Tidak Relevan
2 : Kurang Relevan
3 : Cukup Relevan
4 : Relevan

3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan mohon Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validasi ini atau jika dimungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft hasil direvisi.

D. Lembar Penilaian						
Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut	D	1 2 3 4
			3	Siswa dapat memahami hubungan peningkatan suhu konsentrasi CO ₂ di atmosfer serta dampaknya terhadap keseimbangan siklus karbon.	E	1 2 3 4
						
Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO ₂ di atmosfer adalah?						

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
Tujuan Pembelajaran	Mengingat (C1)	Siswa dapat mengidentifikasi faktor lingkungan yang mempengaruhi konsentrasi gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah?	1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah? a. Oksigen (O ₂) b. Nitrogen (N ₂) c. Karbon Dioksida (CO ₂) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C	1 2 3 4
			2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer adalah siklus karbon global adalah? a. Letusan Gunung Berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Pengapungan air laut		

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
				c. Regenerasi hutan terhambat, sehingga dalam jangka panjang kemampuan hutan menyerap karbon akan menurun		
	Menganalisis (C4)	Siswa dapat menganalisis penyebab penurunan biodiversitas akibat perubahan hubungan antara keragaman hutan dan peningkatan emisi karbon.	17	Analisis mengenai hubungan antara kerusakan hutan (deforestasi) di wilayah tropis dengan peningkatan emisi karbon merupakan hasil yang linear. Mengapa kerusakan hutan menyebabkan peningkatan emisi karbon secara signifikan? - Karena pohon yang ditebang melepaskan karbon yang terakumulasi di dalamnya ke atmosfer dan hilangnya kemampuan area tersebut untuk menyerap CO₂ di masa depan - Karena mesin penebang pohon mengeluarkan asap dan pohon yang ditebang berhenti melakukan respirasi - Karena tanah hutan yang gundul akan menyerap lebih banyak oksigen - Karena hewan-hewan hutan akan berpindah lebih cepat saat pohon ditebang - Karena penebang pohon meninggalkan cangkang hujan secara drastis	A	
			18	Salah satu penyebab utama penurunan biodiversitas akibat perubahan iklim adalah pergeseran rentang habitat. Analisislah apa yang akan terjadi	E	

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
				pada spesies endemik yang hanya bisa hidup di puncak gunung (zona alpin) saat suhu bumi terus memanas		
				a. Mereka akan beradaptasi dengan hidup di daerah lembah yang lebih panas		
				b. Populasi mereka akan melendak karena tidak ada predator		
				c. Mereka akan berevolusi menjadi spesies yang tahan panas dalam waktu singkat		
				d. Mereka akan bermigrasi ke kubah utara melalui jalur darat		
				e. Mereka tidak memiliki tempat yang lebih tinggi (digirin) untuk didaungi, sehingga berisiko tinggi mengalami kepunahan	D	
	Mengevaluasi (C5)	Siswa dapat menganalisis efek dari hutan mangrove terhadap ekosistem perairan sebagai pelepas karbon	19	Seorang ahli lingkungan membandingkan efektivitas antara penanaman hutan kembali (reforestasi) dengan perlindungan hutan mangrove di pantai. Data menunjukkan mangrove mampu menyimpan karbon 4 kali lebih banyak daripada hutan kembali. Apa alasan yang paling efektif sebagai pelepas karbon di Indonesia?		
				a. Membasahi mangrove untuk dijadikan lahan subur karena ekonomi lebih penting		
				b. Fokus hanya pada hutan daratan karena mangrove hanya ada di pesisir pantai		
				c. Menghancurkan semua hutan dan menggantinya dengan panel		
				d. Memorikatkan perlindungan dan restorasi ekosistem mangrove karena memiliki densitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi		
				e. Menganggap kedua ekosistem tersebut tidak efektif karena emisi terus meningkat		
	Mencipta (C6)	Siswa dapat mengidentifikasi program biodiversitas yang dapat diterapkan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (khususnya karbon dioksida) dalam kehidupan sehari-hari	20	Indonesia memiliki target <i>Net Zero Carbon</i> sektor kehutanan pada tahun 2061. Salah satu strategi untuk mencapai target ini adalah dengan meningkatkan kemampuan hutan menyerap karbon. Apa langkah yang paling efektif untuk meningkatkan kemampuan hutan menyerap karbon?	E	

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
				biodiversitas yang sekaligus berfungsi sebagai upaya mitigasi perubahan iklim bagi masyarakat lokal		
				a. Melayang masyarakat masuk ke hutan tanpa memberikan solusi ekonomi alternatif		
				b. Menekong hutan tua dan menggantinya dengan kebun sawi yang baru		
				c. Membangun pagar beton mengelilingi seluruh hutan lindung di Indonesia		
				d. Meninadakan seluruh penduduk desa ke kota agar hutan tetap terjaga		
				e. Mengembangkan program perhutanan sosial berbasis agroforestri yang menanam jenis pohon lokal menyerap karbon sekaligus menghasilkan produk non-kayu untuk ekonomi	B	
Siswa mampu melakukan percobaan kecil untuk memahami konsep bioteknologi konvensional yang mendukung produksi sampah organik (sumber metana) atau limbah menjadi energi.	Mengingat (C1)	Siswa dapat menyebutkan contoh bioteknologi konvensional serta mengidentifikasi jenis limbah organik yang dimanfaatkan.	21	Sampah organik di tempat pembuangan akhir (TPA) merupakan sumber utama gas rumah kaca. Bagaimana cara mengelola sampah organik untuk mengurangi emisi gas rumah kaca?		
				a. Oksigen		
				b. Metana		
				c. Argon		
				d. Nitrogen dioksida		
				e. Karbon monoksida		
			22	Berikut ini merupakan contoh bioteknologi konvensional yang dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah organik rumah tangga menjadi produk yang bermanfaat.	C	
				a. Pembuatan yoghurt		
				b. Kloning domba		
				c. Pembuatan kompos atau pupuk organik cair (POC)		
				d. Produksi hormon insulin		
				e. Teknik bayi tabung		
Memahami (C2)		Siswa dapat memahami prinsip fermentasi	23	Prinsip dasar fermentasi dalam pengolahan sampah organik menjadi biogas melibatkan aktivitas mikroorganisme. Hubungan yang benar antara sampah organik dengan produksi gas metana adalah	A	

Tujuan Pembelajaran	Tingkat Kognitif	Indikator Soal	No	Soal	Jawaban	Skala Penilaian
						1 2 3 4
				a. Semakin banyak sampah organik yang dimasukkan ke kondisi kedap udara (anaerob), semakin banyak gas metana yang dihasilkan		
				b. Sampah organik yang dihaluskan akan menghasilkan gas metana yang murni		
				c. Gas metana dihasilkan hanya jika sampah organik dicampur dengan bakteri kimis pabrik		
				d. Fermentasi sampah organik justru mengurangi suhu bumi secara signifikan		
				e. Sampah organik tidak memiliki hubungan dengan gas metana	C	
			24	Dalam pembuatan pupuk organik cair, terjadi proses perombakan bahan kompleks menjadi sederhana oleh mikroba. Apa peran utama mikroba dalam proses ini terkait dengan mitigasi perubahan iklim?		
				a. Mikroba mengubah sampah menjadi enzim		
				b. Mikroba mempercepat pengapungan air sehingga sampah menjadi cair		
				c. Mikroba membantu mendaur ulang nutrisi sehingga sampah tidak menumpuk dan mencemaskan gas rumah kaca secara liar di TPA		
				d. Mikroba menyerap radikal bebas dari limbah kulit buah, sayuran, dan air yang harus digunakan sehari-hari		
				e. Mikroba menghancurkan seluruh emisi karbon dari sampah		
Mengaplikasikan (C3)		Siswa dapat menerapkan konsep bioteknologi dalam produksi produk bioteknologi dari sampah organik serta menggunakan alat dan bahan sesuai prosedur percobaan.	25	Seorang siswa ingin membuat <i>ele-enzim</i> dari limbah kulit buah. Berdasarkan prosedur yang benar, perbandingan antara gula (molase), limbah buah, dan air yang harus digunakan adalah:	C	
				a. 1:1:1		
				b. 3:1:10		
				c. 1:3:10		
				d. 10:3:1		
				e. 5:5:5		
			26	Dalam sebuah percobaan pembuatan biogas dari kotoran ternak, jika alat penampung gas bocor, maka hal yang akan terjadi adalah?	C	
				a. Proses fermentasi akan berjalan lebih cepat		
				b. Tekanan di dalam tangki meningkat drastis		

- positive: hohe Kosten
- negative: hohe Kapitalkosten

Singaraja, ... 13. Maret 2026
Validator,

.. Agung Purnomo, Hery, M. Pd

E. Kesimpulan:

Lampiran 8. Hasil Tabulasi Gregory Instrumen Soal

No Butir	Penilai		Keterangan
	I	II	
1	4	3	D
2	4	3	D
3	3	3	D
4	4	3	D
5	3	4	D
6	4	3	D
7	4	3	D
8	2	3	C
9	3	3	D
10	4	4	D
11	3	3	D
12	4	3	D
13	4	4	D
14	3	3	D
15	4	4	D
16	4	3	D
17	4	4	D
18	3	4	D
19	4	4	D
20	4	4	D
21	3	4	D
22	4	4	D
23	4	4	D
24	4	4	D
25	3	3	D
26	3	3	D
27	3	3	D
28	3	3	D
29	3	3	D
30	4	4	D
31	3	3	D
32	3	3	D
33	3	3	D
34	3	3	D
35	3	3	D
36	3	3	D
37	3	3	D
38	3	4	D
39	3	3	D
40	4	4	D

Jumlah

A = 0

B = 0

C = 1

D = 39

$$V_i = \frac{D}{A+B+C+D}$$

$$V_i = \frac{39}{0+0+1+39}$$

$$V_i = \frac{39}{40}$$

Vi = 0.975 (Sangat Tinggi)

		Penilai I	
		Tidak Relevan	Relevan
Penilai II	Tidak Relevan	0	0
	Relevan	1	39

A = Jumlah butir dengan penilaian tidak relevan oleh kedua penilai

B = Jumlah butir dengan penilaian tidak relevan oleh penilai II

C = Jumlah butir dengan penilaian tidak relevan oleh ahli I

D = Jumlah butir dengan penilaian relevan oleh kedua ahli

Lampiran 9. Data Hasil Uji Validitas Butir Instrumen Soal

Siswa	Butir Soal																														Jumlah													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	38
3	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	29	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	40	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	40	
6	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	24	
7	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	28	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37	
9	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	27	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	40	
11	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
12	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	26	
13	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	25	
14	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	
15	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	13	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	39	
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	40	
18	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36	
19	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	27		
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	39	
21	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	25		
22	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	34	
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37	
24	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	25		
25	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	19		
26	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	35	
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	38		
28	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	36		
29	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	32		
30	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	29	
R _{hitung}	0.279	0.363	0.773	0.549	0.308	0.595	0.691	0.394	0.691	0.691	0.672	0.736	0.489	0.704	0.538	0.569	0.658	0.740	0.400	0.397	0.400	0.393	0.394	0.337	0.496	0.680	0.471	0.304	0.471	0.644	0.498	0.378	0.632	0.385	0.479	0.612	0.723	0.390	0.512					
R _{tabel}	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361	0.361			
Keterangan	TV	V	V	V	TV	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	TV	V	V	V	V	V	V	V	V	V	TV	V	V	V	V	V	V	V		

Lampiran 10. *Output* Hasil Uji Reliabilitas Instrumen**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.939	36



Lampiran 11. Lembar Soal *Pretest* dan *Posttest***LEMBAR SOAL**

Materi Pelajaran : Biologi

Topik Materi : Perubahan Iklim

Kelas : X

Waktu Pelaksanaan : 45 menit

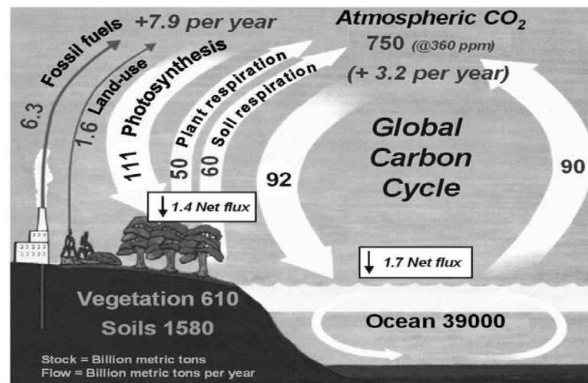
Petunjuk Pengerjaan

1. Isilah identitas dengan baik dan benar sebelum mengerjakan soal.
2. Bacalah setiap soal dengan teliti, berilah tanda silang (X) pada huruf a, b, c, d, atau e yang menurut Anda benar.
3. Periksa kembali jawaban Anda sebelum dikumpulkan.

-
-
1. Keanekaragaman hayati atau biodiversitas merupakan variasi makhluk hidup pada tingkat gen, spesies, dan ekosistem. Ekosistem di Indonesia yang dikenal memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan karbon paling tinggi per unit luasnya (lebih besar dari hutan hujan daratan) adalah...
 - a. Padang rumput (sabana)
 - b. Hutan konifer
 - c. Hutan mangrove dan gambut
 - d. Ekosistem gurun
 - e. Pertanian monokultur
 2. Di bawah ini yang merupakan pengertian biodiversitas yang tepat adalah...
 - a. Keanekaragaman makhluk hidup yang mencakup variasi gen, jenis, dan ekosistem
 - b. Keseragaman makhluk hidup di suatu wilayah
 - c. Proses kepunahan spesies akibat bencana alam
 - d. Jumlah total manusia dalam suatu populasi
 - e. Kemampuan satu jenis spesies untuk bertahan hidup
 3. Aksi mitigasi pemanasan global berbasis biologi yang bertujuan untuk meningkatkan penyerapan CO₂ di area pemukiman padat adalah...
 - a. Pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir
 - b. Penggunaan panel surya di setiap rumah
 - c. Pengurangan penggunaan kantong plastic

- d. Pembangunan tanggul laut raksasa
- e. Gerakan menanam pohon seribu satu (Penghijauan/Reforestasi)

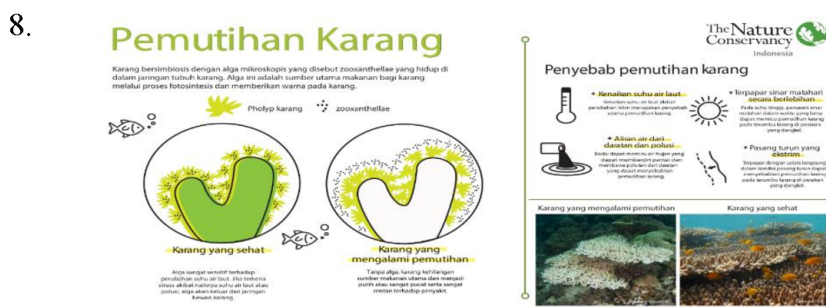
4.



Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO₂ di atmosfer adalah...

- a. Tumbuhan meningkatkan suhu atmosfer melalui proses transpirasi yang berlebihan
 - b. Semakin banyak tumbuhan, semakin tinggi konsentrasi CO₂ karena proses respirasi pada malam hari
 - c. Tumbuhan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi CO₂ global
 - d. Tumbuhan mempercepat pemanasan global dengan menangkap radiasi matahari
 - e. Tumbuhan bertindak sebagai penyerap karbon yang membantu menurunkan konsentrasi CO₂ di atmosfer
5. Perubahan iklim dapat menyebabkan penurunan biodiversitas secara signifikan. Salah satu alasan utama mengapa hal ini terjadi adalah...
- a. Spesies menjadi lebih kuat karena tantangan lingkungan
 - b. Perubahan suhu dan pola musim terjadi lebih cepat daripada kemampuan spesies untuk beradaptasi atau bermigrasi
 - c. Semua hewan akan berpindah ke dalam goa untuk menghindari panas
 - d. Tumbuhan akan menghasilkan lebih banyak biji saat suhu meningkat
 - e. Perubahan iklim hanya memengaruhi spesies di kutub, bukan di Indonesia
6. Manfaat nyata dari program penghijauan di lingkungan sekolah terhadap penurunan suhu mikro adalah...
- a. Tanaman menyerap seluruh cahaya matahari sehingga area menjadi gelap
 - b. Melalui proses transpirasi, tanaman melepaskan uap air yang mendinginkan udara di sekitarnya
 - c. Akar tanaman menyerap panas dari dalam bumi
 - d. Daun tanaman mengeluarkan es pada malam hari
 - e. Tanaman menghentikan angin sehingga udara terasa lebih tenang

7. Pada tahun 2023 terjadi fenomena *El Nino* yang kuat, menyebabkan kekeringan panjang di Indonesia. Jika dikaitkan dengan siklus karbon, manakah pernyataan yang benar mengenai kondisi respirasi ekosistem saat itu?
- Kekeringan menyebabkan tumbuhan tumbuh lebih cepat sehingga menyerap lebih banyak CO_2
 - Rendahnya curah hujan meningkatkan kemampuan laut dalam menyerap karbon
 - Suhu panas menghambat pelepasan CO_2 dari dalam tanah
 - Tanaman yang mati akibat kekeringan menjadi sumber emisi CO_2 melalui proses pembusukan dan kebakaran hutan
 - Respirasi anaerobik oleh tumbuhan meningkat pesat saat cuaca panas



Kenaikan suhu air laut menyebabkan fenomena pemutihan karang (*coral bleaching*) di wilayah perairan Indonesia Timur. Jika ekosistem terumbu karang ini hancur, aplikasikan pemahaman Anda mengenai fungsi ekosistem pesisir untuk menjelaskan dampak jangka panjang bagi manusia

- Hilangnya pelindung pantai alami dari hantaman gelombang besar dan penurunan hasil tangkapan ikan
 - Air laut akan menjadi lebih tawar karena karang tidak ada lagi
 - Daratan akan bertambah luas karena karang yang mati menjadi pasir
 - Pariwisata tetap stabil karena pemandangan karang putih lebih menarik
 - Penurunan kadar garam air laut secara drastis
9. Di Kalimantan, akibat perubahan musim yang tidak menentu, pohon-pohon dipterokarpa mengalami kegagalan musim berbuah raya. Jika hal ini dikaitkan dengan fungsi hutan sebagai penyerap emisi, apakah yang akan terjadi?
- Penyerapan emisi karbon meningkat karena pohon tidak fokus pada buah
 - Hewan pemakan buah akan menanam pohon secara mandiri di lahan gundul
 - Hutan akan lebih cepat pulih karena suhu panas mempercepat pertumbuhan bibit
 - Emisi karbon tidak dipengaruhi oleh keberadaan buah pada pohon
 - Regenerasi hutan terhambat, sehingga dalam jangka panjang kemampuan hutan menyerap karbon akan menurun

10. Peningkatan suhu akibat perubahan iklim menyebabkan banyak spesies serangga penyerbuk berpindah dari ekosistem dataran rendah menuju dataran tinggi yang memiliki suhu lebih rendah. Kondisi tersebut mengakibatkan penurunan proses penyerbukan pada tumbuhan di ekosistem asal. Berdasarkan kondisi tersebut, dampak yang paling mungkin terjadi terhadap siklus karbon di ekosistem dataran rendah adalah
- Peningkatan penyerapan karbon karena tumbuhan tidak terganggu oleh serangga
 - Penurunan laju fotosintesis tumbuhan akibat berkurangnya keberhasilan reproduksi dan pertumbuhan populasi tumbuhan
 - Peningkatan kandungan karbon tanah karena seluruh serangga meninggalkan ekosistem
 - Penurunan respirasi tumbuhan karena suhu lingkungan menjadi lebih rendah
 - Siklus karbon berhenti karena hilangnya konsumen primer dalam ekosistem

11. Sebuah kelompok murid melakukan pengolahan limbah organik menjadi pupuk cair dengan variabel suhu yang berbeda. Berikut adalah hasil pengamatannya.

Wadah	Suhu Lingkungan (°C)	Lama Fermentasi	Aroma yang Dihasilkan	Kandungan Gas Metana
P	20	21 Hari	Masam Lemah	Sedikit
Q	35	10 Hari	Khas Fermentasi	Tinggi
R	55	5 Hari	Busuk Menyengat	Sangat Tinggi

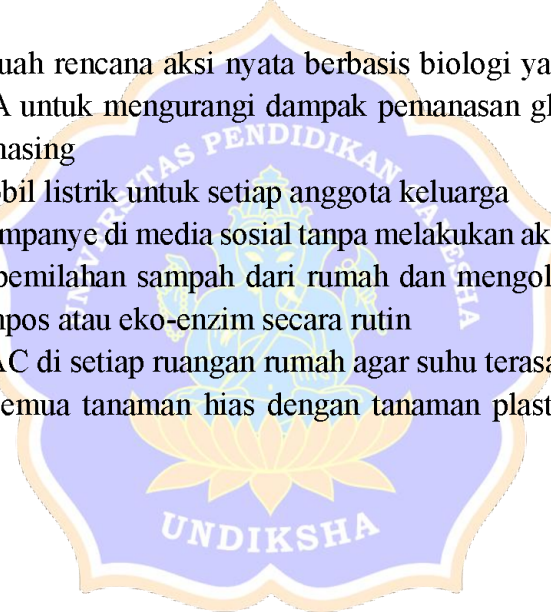
Berdasarkan data tersebut, faktor yang memengaruhi keberhasilan dan kecepatan proses fermentasi limbah organik menjadi energi atau pupuk adalah...

- Suhu rendah (20°C) adalah kondisi paling ideal agar fermentasi tidak berbau
 - Suhu 55°C pada wadah R menunjukkan keberhasilan karena menghasilkan gas paling banyak meskipun berbau busuk
 - Lama hari fermentasi berbanding lurus dengan suhu lingkungan
 - Peningkatan suhu hingga batas tertentu (35°C) mempercepat aktivitas mikroba sehingga fermentasi lebih efektif dan cepat
 - Jenis limbah organik tidak berpengaruh selama suhu lingkungan tetap stabil
12. Beberapa aksi mitigasi pemanasan global seperti penanaman pohon monokultur (hanya satu jenis pohon) di lahan luas sering dikritik. Analisislah kekurangan jangka panjang aksi tersebut terhadap ekosistem
- Pohon monokultur menyerap terlalu banyak CO₂ sehingga udara menjadi tipis

- b. Kerentanan terhadap serangan hama meningkat dan rendahnya biodiversitas yang didukung oleh hutan tersebut
 - c. Pohon monokultur tumbuh terlalu lambat dibandingkan hutan campuran
 - d. Biaya penanaman pohon satu jenis jauh lebih mahal
 - e. Pohon monokultur akan berubah menjadi spesies invasive
13. Seorang peneliti mengevaluasi data hutan tropis dan menemukan bahwa akibat perubahan iklim, laju kematian pohon dewasa meningkat 15% setiap tahun, sementara bibit baru sulit tumbuh akibat perubahan pola musim. Berdasarkan data ini, evaluasilah mengenai stabilitas ekosistem tersebut
- a. Ekosistem tetap stabil karena kematian pohon adalah proses alami
 - b. Ekosistem sedang menuju keruntuhan fungsi sebagai penyerap karbon dan berisiko menjadi sumber karbon
 - c. Perubahan iklim menguntungkan ekosistem karena memberikan ruang bagi spesies baru
 - d. Stabilitas ekosistem akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu
 - e. Kematian pohon akan segera tergantikan oleh peningkatan laju fotosintesis pohon yang tersisa
14. Seorang ahli lingkungan membandingkan efektivitas antara penanaman hutan kembali (reforestasi) dengan perlindungan hutan mangrove di pesisir. Data menunjukkan mangrove mampu menyimpan karbon 4 kali lebih banyak daripada hutan daratan per hektar. Evaluasilah kebijakan mana yang paling efektif sebagai prioritas mitigasi iklim di Indonesia
- a. Membabat mangrove untuk dijadikan lahan tambak karena ekonomi lebih penting
 - b. Fokus hanya pada hutan daratan karena mangrove hanya ada di pinggir Pantai
 - c. Menghilangkan semua hutan dan menggantinya dengan panel surya
 - d. Memprioritaskan perlindungan dan restorasi ekosistem mangrove karena memiliki densitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi
 - e. Menganggap kedua ekosistem tersebut tidak efektif karena emisi terus meningkat
15. Evaluasilah manfaat penerapan bioteknologi konvensional (seperti pembuatan biogas) di peternakan sapi berskala besar dalam upaya mengurangi emisi metana!
- a. Tidak efektif karena biogas tetap menghasilkan emisi saat dibakar
 - b. Hanya efektif jika sapi-sapi tersebut tidak diberi makan rumput
 - c. Tidak bermanfaat karena biaya pembuatannya terlalu mahal dibandingkan dampaknya
 - d. Justru berbahaya karena metana dapat menyebabkan ledakan matahari

- e. Sangat efektif karena metana yang seharusnya lepas ke atmosfer ditangkap dan dibakar menjadi CO₂ dan air, yang memiliki potensi pemanasan global jauh lebih rendah daripada metana
16. Sebuah rencana aksi mitigasi berupa pembuatan "Lubang Biopori" di halaman sekolah dievaluasi oleh guru. Jika halaman sekolah tersebut dilapisi semen seluruhnya, evaluasilah kelayakan rencana aksi tersebut!
- a. Rencana tetap layak karena semen bisa ditembus oleh akar tanaman
 - b. Rencana tidak layak kecuali lapisan semen dibongkar terlebih dahulu agar tanah dapat berhubungan langsung dengan udara dan air
 - c. Rencana sangat layak karena lubang bisa dibuat di atas semen menggunakan bor besi
 - d. Biopori tidak cocok untuk sekolah, lebih cocok untuk hutan
 - e. Evaluasi menunjukkan biopori akan meningkatkan risiko banjir di sekolah
17. Kawasan perkotaan yang padat bangunan mengalami fenomena "*Urban Heat Island*" (Pulau Panas Perkotaan) akibat minimnya vegetasi dan tingginya emisi kendaraan. Rancanglah sebuah solusi berbasis biologi yang paling efektif untuk mengurangi konsentrasi CO₂ sekaligus menurunkan suhu di kawasan tersebut
- a. Mengganti seluruh aspal jalan dengan cat berwarna putih untuk memantulkan Cahaya
 - b. Membangun gedung-gedung dengan kaca reflektif yang lebih banyak
 - c. Menerapkan kebijakan *vertical garden* dan *roof garden* pada setiap gedung perkantoran dan sekolah
 - d. Menggunakan mesin penyedot udara besar untuk membuang CO₂ ke luar kota
 - e. Menimbun sampah organik di lahan-lahan kosong di tengah kota
18. Indonesia memiliki target *Net Sink Carbon* sektor kehutanan pada tahun 2030. *Net Sink Karbon* (atau sering disebut *Forestry and Other Land Use - FOLU Net Sink*) adalah sebuah kondisi di mana jumlah penyerapan emisi gas rumah kaca (khususnya karbon dioksida) oleh sektor kehutanan dan tata guna lahan jauh lebih besar daripada jumlah emisi yang dilepaskan ke atmosfer. Rancanglah sebuah program pelestarian biodiversitas yang sekaligus berfungsi sebagai upaya mitigasi perubahan iklim bagi masyarakat lokal
- a. Melarang masyarakat masuk ke hutan tanpa memberikan solusi ekonomi alternatif
 - b. Menebang hutan tua dan menggantinya dengan kebun sawit yang seragam
 - c. Membangun pagar beton mengelilingi seluruh hutan lindung di Indonesia
 - d. Memindahkan seluruh penduduk desa ke kota agar hutan tetap terjaga

- e. Mengembangkan program perhutanan sosial berbasis agroforestri yang menanam jenis pohon lokal penyerap karbon sekaligus menghasilkan produk non-kayu untuk ekonomi
19. Rancanglah sebuah percobaan sederhana untuk memanfaatkan limbah nasi sisa dan air cucian beras di lingkungan rumah agar menjadi energi alternatif yang bermanfaat
- a. Mencampur nasi sisa, air cucian beras, dan gula ke dalam botol tertutup yang dihubungkan dengan selang ke penampung gas untuk menghasilkan biogas
 - b. Menjemur nasi sisa hingga kering kemudian membakarnya untuk memasak
 - c. Membuang nasi sisa ke sungai agar dimakan ikan
 - d. Mengubur nasi sisa di dalam pot bunga tanpa tambahan air
 - e. Mencampur nasi sisa dengan deterjen agar cepat hancur
20. Ciptakanlah sebuah rencana aksi nyata berbasis biologi yang dapat dilakukan oleh murid SMA untuk mengurangi dampak pemanasan global di lingkungan rumah masing-masing
- a. Membeli mobil listrik untuk setiap anggota keluarga
 - b. Membuat kampanye di media sosial tanpa melakukan aksi nyata di lapangan
 - c. Melakukan pemilahan sampah dari rumah dan mengolah sampah organik menjadi kompos atau eko-enzim secara rutin
 - d. Memasang AC di setiap ruangan rumah agar suhu terasa dingin
 - e. Mengganti semua tanaman hias dengan tanaman plastik agar tidak perlu disiram



Lampiran 12. Rubrik Penskoran *Pretest* dan *Posttest*

No Soal	Level Kognitif	Kunci Jawaban	Skor Benar	Skor Salah
1	C1 (Mengingat)	C	1	0
2		A	1	0
3		E	1	0
4	C2 (Memahami)	E	1	0
5		B	1	0
6		B	1	0
7	C3 (Mengaplikasikan)	D	1	0
8		A	1	0
9		E	1	0
10	C4 (Menganalisis)	B	1	0
11		D	1	0
12		B	1	0
13	C5 (Mengevaluasi)	B	1	0
14		D	1	0
15		E	1	0
16		B	1	0
17	C6 (Mencipta)	C	1	0
18		E	1	0
19		A	1	0
20		C	1	0
Total			20	

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor di peroleh}}{\text{Skor toal}} \times 100$$

Lampiran 13. Pernyataan Kesediaan Partisipan Penelitian

PERNYATAAN KESEDIAAN PARTISIPAN PENELITIAN

(*Informed Consent*)

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Komang Agus Trianata
Kelas : X-1
Alamat : SMA N 2 Tejakula

Setelah mendapatkan penjelasan tentang maksud dan tujuan serta memahami penelitian yang dilakukan dengan judul "Efektivitas Model Pembelajaran *Think Pair Share* dengan *Setting Pendekatan Flipped Classroom* untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Siswa SMA pada Materi Perubahan Iklim" yang dibuat oleh:

Nama : Komang Widiani
NIM : 2213041004
Prodi : S1 Pendidikan Biologi

Dengan ini saya menyatakan bersedia untuk berperan serta menjadi subjek penelitian dan bersedia mengikuti prosesnya sesuai dengan data yang diperlukan. Demikian pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa ada paksaan dari pihak manapun

Tejakula, 19 - 09 - 2026

Pembuat pernyataan,



Komang Agus Trianata

PERNYATAAN KESEDIAAN PARTISIPAN PENELITIAN

(Informed Consent)

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NI KADEK AYU RATNA DEWI

Kelas : X-4

Alamat : SMA N 2 TEJAKULA

Setelah mendapatkan penjelasan tentang maksud dan tujuan serta memahami penelitian yang dilakukan dengan judul "Efektivitas Model Pembelajaran *Think Pair Share* dengan *Setting* Pendekatan *Flipped Classroom* untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Siswa SMA pada Materi Perubahan Iklim" yang dibuat oleh:

Nama : Komang Widiani

NIM : 2213041004

Prodi : S1 Pendidikan Biologi

Dengan ini saya menyatakan bersedia untuk berperan serta menjadi subjek penelitian dan bersedia mengikuti prosesnya sesuai dengan data yang diperlukan. Demikian pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa ada paksaan dari pihak manapun

Tejakula, 16, Kamis, April 2026

Pembuat pernyataan,



NI KADEK AYU RATNA DEWI

Lampiran 14. Modul Ajar Kelas Eksperimen



MODUL AJAR
PERUBAHAN IKLIM
PERTEMUAN I

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun	: Komang Widiani
Satuan Pendidikan	: SMA
Fase/Kelas	: E/X
Mata Pelajaran	: Biologi
Alokasi Waktu	: 3 JP
Tahun Penyusunan	: 2026

II. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim

III. KOMPETENSI AWAL

Murid memahami konsep dasar ekosistem dan interaksi antar komponen biotik-abiotik, mengenal konsep dasar fotosintesis dan respirasi sebagai bagian dari siklus materi

IV. DIMENSI PROFIL LULUSAN

1. Keimanan & Ketakwaan
2. Kewargaan
3. Penalaran Kritis
4. Kreativitas
5. Kolaborasi
6. Kemandirian
7. Kesehatan
8. Komunikasi

V. SARANA DAN PRASARANA

1. Handphone
2. Akses Internet
3. Alat Tulis
4. Lembar Kerja Murid (LKM)
5. Referensi Lainnya

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Model pembelajaran yang digunakan dalam materi perubahan iklim adalah *Think Pair Share* dengan *setting* pendekatan *Flipped Classroom*.

KOMPETENSI INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Murid mampu menganalisis data perubahan lingkungan dan mengaitkannya dengan gangguan siklus karbon serta dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem lokal dengan tepat

II. PEMAHAMAAN BERMAKNA

Murid memahami bahwa perubahan iklim yang tidak terkendali mengganggu siklus karbon alami yang berdampak pada krisis iklim global.

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan *Pre-Class* dan Tahapan 1. *Think* (Memahami)

(Dirumah)

1. Guru memberikan tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan penilaian kepada murid.
2. Guru memberikan materi pembelajaran dan LKM kepada murid.
3. Guru memberikan arahan kepada murid untuk memahami serta melaksanakan arahan yang telah diberikan.

Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

(Disekolah)

1. Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar murid.
2. Guru memimpin murid untuk melakukan kegiatan berdoa Bersama
3. Guru memeriksa kesiapan murid dalam belajar
4. Guru melakukan absensi kepada murid
5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran
6. *Mindful Learning* (Berkesadaran)
 - Guru memberikan pertanyaan pemantik yang mengaitkan pengalaman sehari-hari murid untuk membangun kesadaran akan pentingnya materi ini. Guru memulai dengan pertanyaan:
 - “Pernahkah kalian merasa udara di kota semakin panas dibanding 5 tahun lalu? Apa yang terjadi jika pohon di sekitar kita terus berkurang?”
7. *Meaningful Learning* (Bermakna)
 - Guru mengaitkan gangguan siklus karbon dengan fenomena gagal panen atau bencana lokal akibat ketidakseimbangan ekosistem.

8. *Joyful Learning* (Menggembirakan)

- Guru membuka pembelajaran dengan semangat:
- “Mari menjadi detektif karbon! Kita akan melacak ke mana perginya gas buang dari motor yang kita pakai setiap hari”

Kegiatan Inti (*In-Class*) (105 menit)

Tahapan 2. *Pair* (Mengaplikasikan)

1. Guru mengarahkan murid untuk membentuk kelompok secara berpasangan dengan teman sebangkunya.
2. Guru mengarahkan murid untuk melaksanakan tahapan lanjutan pada LKM yang telah diberikan yang akan dikerjakan secara berpasangan
3. Guru mengarahkan murid untuk melakukan diskusi bersama pasangan kelompoknya.
4. Guru mengawasi jalannya kegiatan diskusi
5. Guru memberi tahu murid bahwa pelaksanaan kegiatan diskusi dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 40 menit

Tahapan 3. *Share* (Merefleksi)

1. Guru mengarahkan murid untuk bersiap-siap akan melaksanakan presentasi hasil diskusi yang telah dilaksanakan sebelumnya
2. Guru melakukan pilihan secara acak untuk menentukan giliran untuk melakukan presentasi
3. Guru dapat memberikan masukan kepada kelompok pasangan yang sedang melakukan presentasi
4. Guru mengatur jalannya presentasi agar tetap kondusif

Kegiatan Penutup (15 menit)

1. Guru bersama murid menarik kesimpulan dari hasil belajar
2. Guru bersama murid saling mengevaluasi kegiatan pembelajaran
3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan salam dan berdoa

Pasca-kelas

1. Guru memberikan tes evaluasi untuk mengukur ketercapaian seluruh indikator hasil belajar murid.
2. Guru memberikan informasi mengenai pembelajaran pada pertemuan selanjutnya

ASESMEN/PENILAIAN

Aspek Penilaian	Keterangan
Penilaian Pengetahuan (Kognitif)	Penilaian pengetahuan yang dilakukan pada capaian pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai adalah dengan tes tertulis.

REFLEKSI

Refleksi Guru			
No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Penguasaan materi	Apakah saya sudah memahami cukup baik materi dan aktivitas pembelajaran ini?	
2	Penyampaian materi	Apakah materi ini sudah tersampaikan dengan cukup baik kepada murid?	
3	Umpan balik	Apakah 100% murid telah mencapai penguasaan tujuan pembelajaran yang ingin di capai	

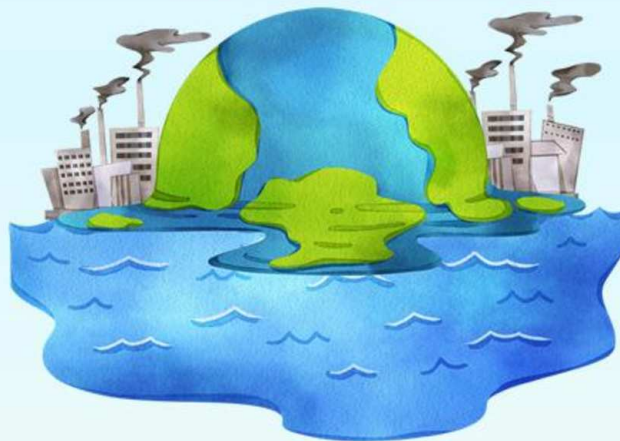
Refleksi Murid			
No	Aspek	Refleksi Murid	Jawaban
1	Perasaan dalam belajar	Apa yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?	
2	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna bagi hidup saya?	
3	Penguasaan materi	Saya dapat menguasai materi pembelajaran pada hari ini a. Baik b. Cukup c. Kurang	
4	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?	
5	Gotong Royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok?	



LKM

Lembar Kerja Murid
Perubahan Iklim

KELAS X SMA
SEMESTER 2
TAHUN PELAJARAN 2025/2026



Pembimbing:

Prof. Dr. Desak Made Citrawathi, M.Kes.
Ajeng Purnama Heny, M.Pd.

Oleh:

Komang Widiani

UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2026

LEMBAR KERJA MURID

PERTEMUAN I

Mata Pelajaran	:	Biologi
Tujuan Pembelajaran	:	Murid mampu menganalisis data perubahan lingkungan dan mengaitkannya dengan gangguan siklus karbon serta dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem lokal
Kelas	:	
Kelompok	:	
Petunjuk	:	
1. Bacalah dan pahami instruksi yang ada 2. Pada tahapan <i>think</i> dan pra-kelas dilaksanakan secara mandiri dengan memahami materi tentang perubahan lingkungan dan siklus karbon. 3. Gunakan literatur atau sumber belajar lain yang berkaitan dengan materi. 4. Selanjutnya pada tahapan <i>pair</i> dan <i>share</i> dilaksanakan di kelas, tahapan <i>pair</i> akan melakukan diskusi bersama kelompok secara berpasangan. 5. Jawablah semua pertanyaan yang ada dalam LKM dengan benar, jelas, dan tepat. 6. Pada tahapan <i>share</i>, setiap kelompok melakukan presentasi hasil diskusi di hadapan kelas.		
Nama Anggota	:	1.
	:	2.

1. *Think* dan Pra-kelas

Cermati bacaan dan data perubahan lingkungan berikut!

Perubahan lingkungan global merupakan salah satu permasalahan utama yang dihadapi dunia saat ini. Salah satu faktor yang berkontribusi terhadap perubahan lingkungan adalah deforestasi, yaitu kegiatan pengurangan atau penghilangan tutupan hutan akibat aktivitas manusia seperti pembukaan lahan pertanian, pembangunan permukiman, serta kegiatan industri. Hutan memiliki peran penting dalam siklus karbon global karena vegetasi mampu menyerap karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Oleh karena itu, hutan berfungsi sebagai penyerap karbon (carbon sink) yang membantu mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer.

Hutan di negara-negara tropis, termasuk Indonesia, mengalami penurunan dalam beberapa dekade terakhir. Penurunan luas hutan tersebut menyebabkan berkurangnya kemampuan ekosistem dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer. Akibatnya, konsentrasi CO_2 di atmosfer meningkat dan berkontribusi terhadap peningkatan suhu global serta perubahan iklim. Peningkatan suhu tersebut dapat memengaruhi berbagai komponen ekosistem, seperti perubahan pola curah hujan, gangguan habitat, serta penurunan keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara deforestasi, emisi karbon, dan perubahan suhu sangat penting dalam upaya menjaga keseimbangan ekosistem.

Perhatikan data berikut yang disusun berdasarkan hasil penelitian mengenai deforestasi dan peningkatan emisi karbon di negara tropis termasuk Indonesia.

Tahun	Luas Hutan (Juta ha)	Emisi CO_2	Suhu Rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)
2000	93,0	371	26,3
2010	88,5	452	26,8
2020	82,3	589	27,4

(Sumber: Maksimilianus & Kusumawardani, 2024)

Setelah memahami data tersebut, jawablah pertanyaan berikut secara mandiri!

1. Berdasarkan tabel di atas, bagaimana hubungan antara penurunan luas hutan dengan peningkatan emisi CO_2 ?
2. Mengapa deforestasi dapat menyebabkan gangguan pada siklus karbon?
3. Jelaskan bagaimana peningkatan emisi CO_2 dapat memengaruhi suhu lingkungan dan keseimbangan ekosistem.
4. Prediksikan dampak yang mungkin terjadi pada keanekaragaman hayati jika tren tersebut terus berlanjut.

Jawaban

2. *Pair* dan di kelas

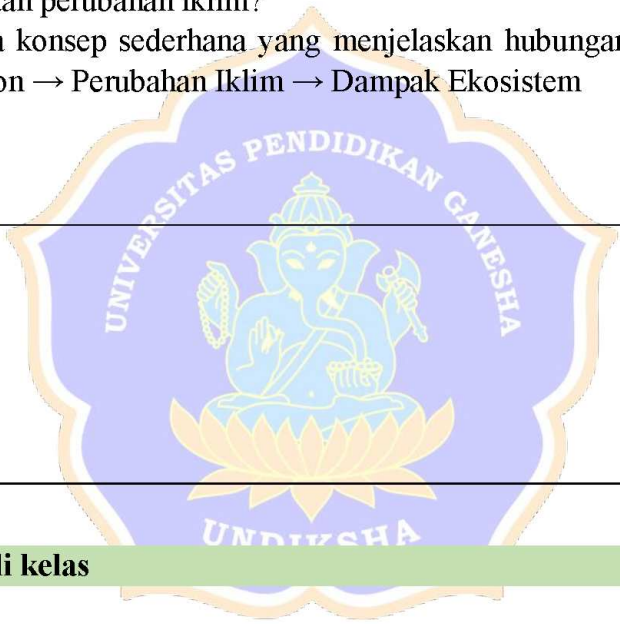
Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)
3. Diskusikan pertanyaan berikut bersama teman sebangku Anda.

Pertanyaan Diskusi

1. Apakah terdapat perbedaan jawaban antara kalian berdua? Jelaskan alasan dari masing-masing pendapat.
2. Bagaimana hubungan antara peningkatan emisi karbon dengan perubahan iklim global?
3. Upaya apa yang dapat dilakukan oleh masyarakat untuk mengurangi dampak deforestasi dan perubahan iklim?
4. Buatlah peta konsep sederhana yang menjelaskan hubungan: Deforestasi → Siklus Karbon → Perubahan Iklim → Dampak Ekosistem

Hasil Diskusi



3. *Share* dan di kelas

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan

Penilaian Lembar Kerja Murid (LKM)

No	Nama Murid	Hasil Penilaian
1		
2		
3		
4		
Dst.		

Tabel penilaian presentasi dapat disesuaikan dengan daftar nama murid di daftar hadir murid dengan tujuan untuk efektif dan efisien

Rubrik Penilaian Lembar Kerja Murid (LKM)

Kriteria	Skor
Menjawab benar	5
Menjawab tapi kurang tepat	3
Menjawab tapi salah	2
Tidak Menjawab	0

Memperoleh skor penilaian LKM = $\frac{\text{Skor diperoleh}}{\text{Skor total}} \times 100$

Penilaian Presentasi

No	Nama Murid	Skor Perolehan Presentasi
1		
2		
3		
4		
Dst.		

Tabel penilaian presentasi dapat disesuaikan dengan daftar nama murid di daftar hadir murid dengan tujuan untuk efektif dan efisien

Rubrik Penilaian Presentasi

Skor	Fokus Penilaian
100	Informasi sangat lengkap dan penyampaian informasi sangat mudah dipahami
80	Informasi lengkap dan penyampaian informasi mudah dipahami
60	Informasi cukup lengkap dan penyampaian informasi cukup mudah dipahami
40	Informasi kurang lengkap dan penyampaian kurang mudah dipahami
20	Informasi tidak memenuhi materi pembelajaran dan komunikasi sangat kurang dipahami

Rubrik Penilaian Formatif

Bentuk penilaian formatif : Pilihan Ganda

Jumlah soal : 10 Soal

Skor 1 soal : 1

Nilai : Skor hasil : skor total x 100

No	Soal	Kunci Jawaban
1	Gas rumah kaca merupakan komponen atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi inframerah. Berikut di bawah ini merupakan gas rumah kaca utama yang berperan paling besar dalam mempengaruhi siklus karbon di atmosfer adalah a. Oksigen (O_2) b. Nitrogen (N_2) c. Karbon Dioksida (CO_2) d. Helium (He) e. Argon (Ar)	C
2	Faktor lingkungan alami yang secara signifikan berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer dalam siklus karbon global adalah a. Letusan Gunung berapi b. Respirasi Hewan c. Pembakaran Hutan d. Proses fotosintesis tumbuhan e. Penguapan air laut	D
3	Peningkatan suhu global diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi gas di atmosfer. Hubungan yang tepat antara peran tumbuhan dengan konsentrasi CO_2 di atmosfer adalah a. Tumbuhan meningkatkan suhu atmosfer melalui proses transpirasi yang berlebihan b. Semakin banyak tumbuhan, semakin tinggi konsentrasi CO_2 karena proses respirasi pada malam hari c. Tumbuhan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi CO_2 global d. Tumbuhan mempercepat pemanasan global dengan menangkap radiasi matahari e. Tumbuhan bertindak sebagai penyerap karbon yang membantu menurunkan konsentrasi CO_2 di atmosfer	E
4	Perhatikan pernyataan berikut: "Semakin tinggi suhu rata-rata global, maka laju dekomposisi bahan organik di tanah oleh mikroba cenderung meningkat." Dampak langsung dari fenomena tersebut terhadap siklus karbon adalah a. Penurunan drastis CO_2 di atmosfer b. Terhentinya siklus karbon di ekosistem darat c. Peningkatan penyerapan karbon oleh tanah	E

	d. Suhu atmosfer akan menurun secara perlahan e. Peningkatan pelepasan CO₂ ke atmosfer dari hasil respirasi mikroba																	
5	Perhatikan rata-rata suhu dan curah hujan di Hutan Lindung selama 3 tahun <table><tr><th>Tahun</th><th>Rata-rata Suhu (°C)</th><th>Curah Hujan Tahunan (mm)</th><th>Kondisi Tanaman Lokal</th></tr><tr><td>2021</td><td>26,5</td><td>2.500</td><td>Normal</td></tr><tr><td>2022</td><td>27,2</td><td>2.100</td><td>Penurunan produksi buah</td></tr><tr><td>2023</td><td>28,1</td><td>1.600</td><td>Daun berguguran, stomata tertutup</td></tr></table> Berdasarkan data di atas, kaitan antara perubahan lingkungan dengan proses fisiologis tumbuhan yang paling tepat adalah a. Peningkatan suhu pada tahun 2023 memicu laju fotosintesis menjadi maksimal b. Rendahnya curah hujan tidak memengaruhi siklus karbon karena tumbuhan tetap berespirasi c. Suhu 28,1°C adalah suhu optimum bagi tumbuhan tropis untuk menghasilkan cadangan makanan d. Penurunan curah hujan yang ekstrem mengakibatkan tumbuhan menutup stomata untuk transpirasi, sehingga asupan CO₂ terhambat dan fotosintesis menurun e. Tanaman yang menggugurkan daun menunjukkan bahwa laju respirasi lebih tinggi daripada fotosintesis sepanjang hari	Tahun	Rata-rata Suhu (°C)	Curah Hujan Tahunan (mm)	Kondisi Tanaman Lokal	2021	26,5	2.500	Normal	2022	27,2	2.100	Penurunan produksi buah	2023	28,1	1.600	Daun berguguran, stomata tertutup	D
Tahun	Rata-rata Suhu (°C)	Curah Hujan Tahunan (mm)	Kondisi Tanaman Lokal															
2021	26,5	2.500	Normal															
2022	27,2	2.100	Penurunan produksi buah															
2023	28,1	1.600	Daun berguguran, stomata tertutup															
6	Pada tahun 2023 terjadi fenomena El Nino yang kuat, menyebabkan kekeringan panjang di Indonesia. Jika dikaitkan dengan siklus karbon, manakah pernyataan yang benar mengenai kondisi respirasi ekosistem saat itu? a. Kekeringan menyebabkan tumbuhan tumbuh lebih cepat sehingga menyerap lebih banyak CO₂ b. Rendahnya curah hujan meningkatkan kemampuan laut dalam menyerap karbon c. Suhu panas menghambat pelepasan CO₂ dari dalam tanah d. Tanaman yang mati akibat kekeringan menjadi sumber emisi CO₂ melalui proses pembusukan dan kebakaran hutan e. Respirasi anaerobik oleh tumbuhan meningkat pesat saat cuaca panas	D																
7	Perhatikan data pengamatan pada ekosistem perairan akibat peningkatan emisi karbon di bawah ini. <table><tr><th>Lokasi</th><th>Konsentrasi CO₂ Terlarut</th><th>pH Air Laut</th><th>Kondisi Terumbu Karang</th></tr><tr><td>Wilayah A</td><td>Rendah</td><td>8,2</td><td>Sehat & Berwarna</td></tr><tr><td>Wilayah B</td><td>Sedang</td><td>7,9</td><td>Mulai Memutih (<i>Bleaching</i>)</td></tr><tr><td>Wilayah C</td><td>Tinggi</td><td>7,5</td><td>Rapuh & Mati</td></tr></table> Analisis yang tepat mengenai hubungan antara konsentrasi CO₂ dengan keseimbangan ekosistem lokal berdasarkan tabel tersebut adalah a. Semakin tinggi konsentrasi CO₂, pH air laut semakin menurun (asam), yang merusak struktur kalsium karbonat pada terumbu karang b. Peningkatan CO₂ meningkatkan derajat keasaman (pH) yang menyuburkan karang	Lokasi	Konsentrasi CO ₂ Terlarut	pH Air Laut	Kondisi Terumbu Karang	Wilayah A	Rendah	8,2	Sehat & Berwarna	Wilayah B	Sedang	7,9	Mulai Memutih (<i>Bleaching</i>)	Wilayah C	Tinggi	7,5	Rapuh & Mati	A
Lokasi	Konsentrasi CO ₂ Terlarut	pH Air Laut	Kondisi Terumbu Karang															
Wilayah A	Rendah	8,2	Sehat & Berwarna															
Wilayah B	Sedang	7,9	Mulai Memutih (<i>Bleaching</i>)															
Wilayah C	Tinggi	7,5	Rapuh & Mati															

	c. Terumbu karang di Wilayah C mati karena kekurangan asupan oksigen dari udara d. Wilayah A memiliki pH tinggi karena karang menyerap seluruh CO₂ untuk respirasi e. Kenaikan CO₂ tidak memiliki dampak langsung terhadap organisme laut bercangkang	
8	Analisis hubungan antara perubahan suhu dan gangguan keseimbangan ekosistem menunjukkan bahwa banyak spesies serangga penyerbuk berpindah ke dataran tinggi yang lebih dingin. Gangguan terhadap siklus karbon yang mungkin terjadi di ekosistem asal (dataran rendah) adalah a. Peningkatan biomassa tumbuhan karena tidak ada serangga pengganggu b. Penurunan laju fotosintesis komunitas tumbuhan karena kegagalan reproduksi (polinasi) c. Tanah menjadi lebih subur karena sisa serangga yang tertinggal d. Penurunan suhu secara lokal karena berkurangnya aktivitas hewan e. Siklus karbon akan terhenti sepenuhnya karena tidak ada konsumen primer	B
9	Seorang peneliti mengevaluasi data hutan tropis dan menemukan bahwa akibat perubahan iklim, laju kematian pohon dewasa meningkat 15% setiap tahun, sementara bibit baru sulit tumbuh akibat perubahan pola musim. Berdasarkan data ini, evaluasi mengenai stabilitas ekosistem tersebut adalah a. Ekosistem tetap stabil karena kematian pohon adalah proses alami b. Ekosistem sedang menuju keruntuhan fungsi sebagai penyerap karbon dan berisiko menjadi sumber karbon c. Perubahan iklim menguntungkan ekosistem karena memberikan ruang bagi spesies baru d. Stabilitas ekosistem akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu e. Kematian pohon akan segera tergantikan oleh peningkatan laju fotosintesis pohon yang tersisa	B
10	Kawasan perkotaan yang padat bangunan mengalami fenomena "<i>Urban Heat Island</i>" (Pulau Panas Perkotaan) akibat minimnya vegetasi dan tingginya emisi kendaraan. Rancanglah sebuah solusi berbasis biologi yang paling efektif untuk mengurangi konsentrasi CO₂ sekaligus menurunkan suhu di kawasan tersebut! a. Mengganti seluruh aspal jalan dengan cat berwarna putih untuk memantulkan cahaya b. Membangun gedung-gedung dengan kaca reflektif yang lebih banyak c. Menerapkan kebijakan <i>vertical garden</i> dan <i>roof garden</i> pada setiap gedung perkantoran dan sekolah d. Menggunakan mesin penyedot udara besar untuk membuang CO₂ ke luar kota e. Menimbun sampah organik di lahan-lahan kosong di tengah kota	C

MATERI PERUBAHAN IKLIM PERTEMUAN 1

Perubahan Lingkungan

Lingkungan hidup merupakan sistem yang sangat kompleks, terdiri dari berbagai komponen biotik (makhluk hidup) dan abiotik (unsur tak hidup) yang saling berinteraksi. Dalam kesehariannya, manusia, hewan, tumbuhan, udara, air, tanah, hingga energi matahari menjadi satu kesatuan yang menentukan keseimbangan ekosistem. Namun, keseimbangan tersebut tidak selalu terjaga dengan baik. Berbagai faktor, baik yang bersifat alami maupun ulah manusia, memicu terjadinya perubahan lingkungan.

Perubahan lingkungan hidup dapat diartikan sebagai terganggunya keseimbangan lingkungan berupa pengurangan fungsi dari suatu komponen yang ada di dalamnya, atau hilangnya sebagian komponen yang bisa menyebabkan putusnya rantai makanan dalam ekosistem di suatu lingkungan. Pada dasarnya, perubahan lingkungan terjadi karena adanya campur tangan manusia dalam kegiatan pembangunan, yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia itu sendiri. Perubahan tersebut pun menjadikan kerusakan lingkungan yang terkadang sudah sampai taraf mengkhawatirkan, hingga berdampak pada alam. Perubahan lingkungan akibat pencemaran lingkungan saat ini telah menjadi isu lokal, nasional, dan global.

Jenis Perubahan Lingkungan

1. Perubahan Alami

Perubahan lingkungan alami merupakan perubahan yang terjadi tanpa campur tangan manusia dan merupakan bagian dari dinamika alam. Perubahan ini umumnya bersifat siklik atau terjadi secara alami sebagai mekanisme keseimbangan bumi. Beberapa contoh perubahan lingkungan alami antara lain:

a. Letusan Gunung Berapi



Keterangan: Letusan Gunung Berapi

Letusan gunung berapi merupakan fenomena alam yang mampu mengubah lingkungan secara drastis. Material vulkanik seperti abu, lava, dan gas beracun dapat merusak vegetasi, mencemari udara, serta mengubah struktur tanah. Selain itu, letusan besar juga bisa memengaruhi iklim global, contohnya letusan Gunung Tambora tahun 1815 yang menyebabkan “tahun tanpa musim panas” di Eropa.

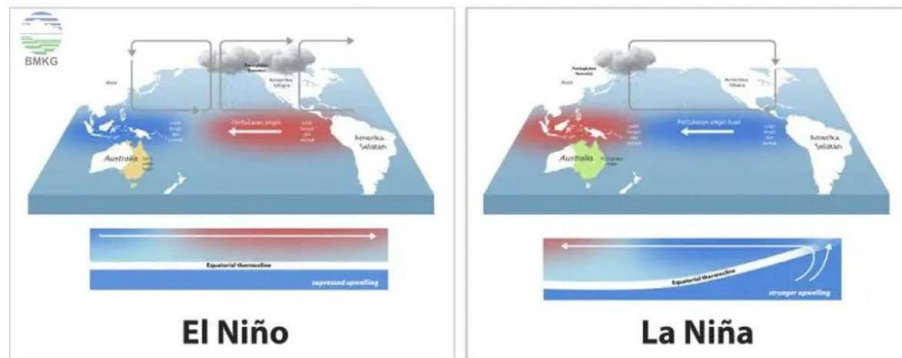
b. Gempa Bumi dan Tsunami



Keterangan: Dampak dari Tsunami dan Gempa Bumi

Gempa bumi dapat mengubah permukaan bumi secara signifikan. Tsunami yang dihasilkan gempa bawah laut bisa menghancurkan permukiman, hutan mangrove, serta ekosistem pesisir. Perubahan ini seringkali bersifat permanen dan membutuhkan waktu lama untuk pulih.

c. Perubahan Iklim Alami



Keterangan: Fenomena El Nino dan La Nina

Secara historis, iklim bumi memang mengalami perubahan akibat siklus orbit bumi, aktivitas matahari, dan fenomena alam seperti El Niño dan La Niña. Semua faktor ini dapat memengaruhi pola cuaca, curah hujan, serta suhu global, yang berdampak pada ekosistem dan kehidupan manusia.

d. Kebakaran Hutan Alami



Keterangan: Kebakaran Hutan

Beberapa kebakaran hutan terjadi secara alami akibat sambaran petir atau musim kering ekstrem. Walaupun dalam jangka panjang api dapat berperan dalam regenerasi hutan tertentu, dalam skala besar kebakaran menyebabkan hilangnya habitat satwa liar, polusi udara, dan kerugian ekologi.

2. Perubahan Akibat Aktivitas Manusia

Selain faktor alami, aktivitas manusia kini menjadi faktor dominan yang mempercepat perubahan lingkungan. Revolusi industri, urbanisasi, serta perkembangan teknologi membawa dampak besar terhadap keseimbangan ekosistem.

a. Deforestasi (Penggundulan Hutan)



Keterangan: Kegiatan Deforestasi

Hutan adalah paru-paru dunia yang menyerap karbon dioksida dan menghasilkan oksigen. Namun, eksploitasi besar-besaran untuk membuka lahan pertanian, perkebunan kelapa sawit, atau penebangan kayu ilegal menyebabkan deforestasi. Akibatnya, tanah menjadi gundul, erosi meningkat, dan keanekaragaman hayati menurun drastis.

b. Pencemaran Lingkungan



Keterangan: Pencemaran Udara

Sumber utama berasal dari asap kendaraan bermotor, pembakaran sampah, hingga emisi industri. Pencemaran udara meningkatkan risiko penyakit pernapasan, serta memperparah efek rumah kaca.

c. Perubahan Iklim akibat Aktivitas Manusia

Aktivitas industri menghasilkan gas rumah kaca seperti CO_2 , CH_4 , dan N_2O . Penumpukan gas ini memicu pemanasan global, yang berakibat pada mencairnya es di kutub, naiknya permukaan laut, serta cuaca ekstrem. Laporan IPCC menyebutkan bahwa suhu global telah meningkat lebih dari 1°C sejak era pra-industri, sebagian besar karena aktivitas manusia.

d. Urbanisasi dan Industrialisasi

Pertumbuhan kota yang pesat meningkatkan kebutuhan lahan dan energi. Akibatnya, terjadi konversi lahan pertanian menjadi pemukiman, polusi meningkat, serta timbunan sampah tak terkendali. Industrialisasi juga memperbesar ketergantungan pada bahan bakar fosil yang berkontribusi terhadap pemanasan global.

Indikator Perubahan Lingkungan

Perubahan lingkungan dapat diidentifikasi dan dianalisis melalui beberapa indikator utama yang mencerminkan kondisi fisik dan kimia lingkungan. Indikator-indikator ini digunakan untuk mengamati tren perubahan, menilai tingkat gangguan lingkungan, serta memprediksi dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem.

1. Suhu Udara

Suhu udara merupakan indikator penting dalam mengamati perubahan lingkungan dan perubahan iklim, karena mencerminkan keseimbangan energi di atmosfer. Suhu udara dipengaruhi oleh radiasi matahari, komposisi atmosfer, serta aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan tutupan lahan. Peningkatan suhu udara rata-rata dalam jangka panjang dikenal sebagai pemanasan global. Kenaikan suhu ini terjadi akibat meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O), yang menyebabkan panas terperangkap di atmosfer. Perubahan suhu udara dapat menyebabkan berbagai dampak lingkungan, antara lain:

- a. Perubahan distribusi organisme dan habitat
- b. Peningkatan laju penguapan air
- c. Perubahan produktivitas ekosistem
- d. Meningkatnya frekuensi cuaca ekstrem seperti gelombang panas

2. Curah Hujan

Curah hujan merupakan indikator perubahan lingkungan yang berperan penting dalam siklus hidrologi. Curah hujan memengaruhi ketersediaan air, kesuburan tanah, dan kelangsungan hidup organisme. Perubahan lingkungan dapat menyebabkan:

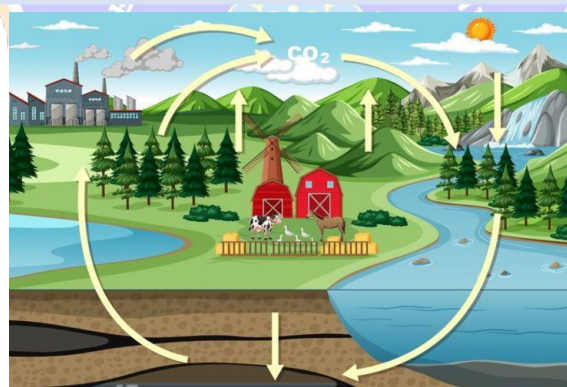
- a. Pergeseran musim hujan dan kemarau
- b. Peningkatan intensitas hujan dalam waktu singkat
- c. Penurunan frekuensi hujan di beberapa wilayah

3. Kualitas Udara

Kualitas udara menggambarkan tingkat kebersihan udara dari zat pencemar. Kualitas udara yang baik sangat penting bagi kesehatan manusia dan kelangsungan hidup organisme lain. Kualitas udara ditentukan oleh konsentrasi polutan, antara lain:

- a. Karbon monoksida (CO)
- b. Karbon dioksida (CO₂)
- c. Sulfur dioksida (SO₂)
- d. Nitrogen oksida (NO_x)
- e. Partikulat (PM_{2.5} dan PM₁₀)

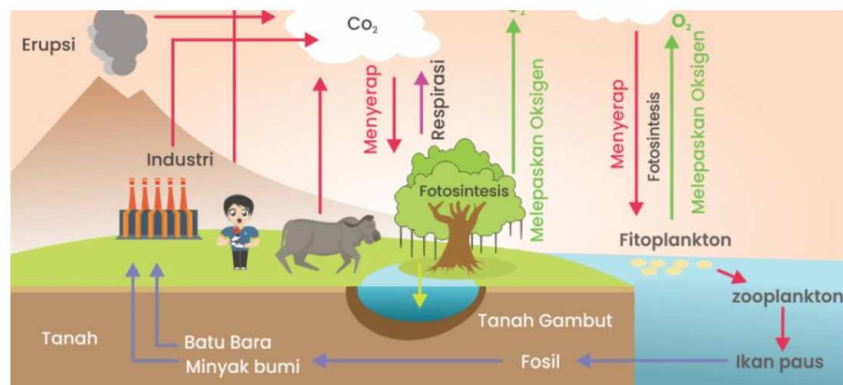
Siklus Karbon



Keterangan: Siklus Karbon

Siklus karbon adalah siklus biogeokimia ketika karbon dipertukarkan antara biosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer bumi (objek astronomis lainnya bisa jadi memiliki siklus karbon yang hampir sama meskipun hingga kini belum diketahui). Dalam siklus ini terdapat empat reservoir karbon utama yang dihubungkan oleh jalur pertukaran. Reservoir-reservoir tersebut adalah atmosfer, biosfer terestrial (biasanya termasuk pula freshwater system dan material non-hayati organik seperti soil carbon atau karbon tanah), lautan (termasuk karbon anorganik terlarut dan biota laut hayati dan non-hayati), dan sedimen (termasuk bahan bakar fosil).

Daur Karbon



Keterangan: Daur Karbon

Daur karbon merupakan siklus biogeokimia yang sudah ada di bumi sejak jutaan tahun. Biogeokimia adalah suatu pertukaran atau terjadinya perubahan yang berlangsung terus menerus antara komponen abiotik dengan komponen biotik. Contoh komponen abiotik adalah tanah, air, udara, sinar matahari, sedangkan komponen biotik mencakup makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan.

1. Proses Fotosintesis

Daur karbon ini dimulai dari proses fotosintesis, yang dilakukan oleh organisme autotrof seperti tumbuhan, alga, fitoplankton dan juga bakteri. Organisme autotrof kemudian melakukan fotosintesis dengan sumber energi matahari dan mengubah karbon menjadi gula. Gula tersebut akan menjadi makanan bagi tumbuhan dan membangun seluruh tubuh organisme autotrof.

2. Rantai Makanan

Kemudian, karbon berpindah dari organisme autotrof ke organisme heterotrof melalui rantai makanan. Pada tahap ini, karbon digunakan untuk membangun jaringan tubuh dan mempertahankan fungsi fisiologis.

3. Pernapasan Makhluk Hidup

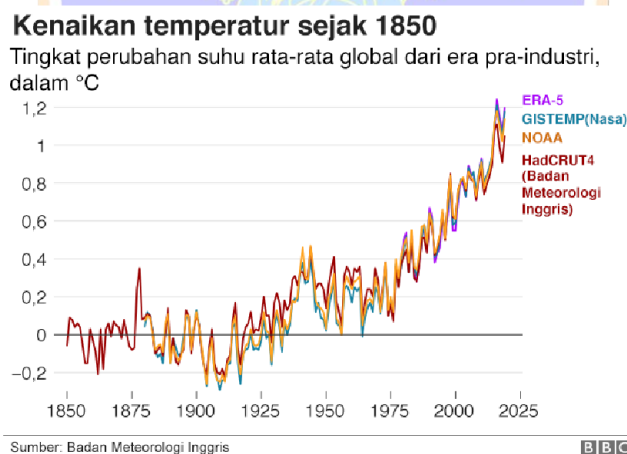
Siklus karbon juga terjadi pada pernapasan makhluk hidup. Pada respirasi sel, molekul karbon dilepaskan setelah menerima oksigen, sehingga makhluk hidup mengembuskan karbon dioksida saat respirasi. Pada saat ini, karbon yang berada di dalam tubuh kembali ke atmosfer.

4. Proses Dekomposisi

Selain itu, siklus karbon juga terjadi pada proses dekomposisi atau proses penguraian sisa-sisa makhluk hidup. Sisa-sisa makhluk hidup dapat berupa tubuh organisme mati, tumbuhan yang layu, juga kotoran makhluk hidup. Proses dekomposisi akan menguraikan sisa-sisa zat organik tersebut menjadi bentuk yang lebih sederhana, termasuk karbon. Karbon dari makhluk hidup dilepaskan ke tanah juga udara.

Siklus Karbon terhadap Iklim Global

Siklus karbon menjaga keseimbangan konsentrasi karbon pada atmosfer, laut dan permukaan bumi. Jumlah yang berlebihan pada salah satu komponen dapat menyebabkan ketidakseimbangan pada keseluruhan siklus dan kondisi bumi. Jumlah karbon dalam bentuk karbon dioksida pada atmosfer yang berlebihan berpengaruh salah satunya dalam perubahan iklim. Hal ini ditunjukkan dalam gambar di bawah ini pada saat karbon dioksida meningkat, temperatur permukaan bumi juga mengalami peningkatan, dan sebaliknya pada saat konsentrasi karbon dioksida, temperatur permukaan bumi relatif rendah.



Keterangan: Data Kenaikan Temperatur

Berdasarkan gambar tersebut, dapat diketahui sejak dahulu temperatur permukaan bumi dan kadar karbon dioksida mengalami fluktuasi atau dapat disebut bahwa peristiwa perubahan iklim merupakan peristiwa yang normal. Akan tetapi, pada saat ini karbon dioksida dilepaskan ke atmosfer dalam jumlah yang signifikan. Kondisi ini dimulai sejak revolusi industri, dimana terjadi pembakaran energi fosil secara besar-besaran.

Perubahan kandungan karbon dioksida secara signifikan mengakibatkan terjadi kenaikan temperatur permukaan bumi yang ekstrem, di mana dalam periode 25 tahun terakhir laju kenaikan temperature permukaan bumi mencapai $0,177 \pm 0,052^\circ\text{C}$ per dekade. Kenaikan temperatur permukaan bumi yang ekstrem ini dapat memengaruhi kehidupan makhluk hidup di bumi, di antaranya mencairnya es di kutub, meningkatnya ketidakseimbangan tanah, perubahan berbagai ekosistem, bencana banjir meningkat, dan lain-lain.

Penyebab Gangguan Siklus Karbon

Siklus karbon merupakan salah satu siklus biogeokimia utama yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan kestabilan iklim bumi. Dalam kondisi alami, siklus karbon berlangsung secara seimbang melalui proses fotosintesis, respirasi, dekomposisi, dan pertukaran karbon antara atmosfer, biosfer, hidrosfer, serta litosfer. Namun, berbagai aktivitas manusia telah menyebabkan gangguan terhadap keseimbangan siklus karbon, sehingga meningkatkan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer dan memicu perubahan lingkungan serta perubahan iklim.

Gangguan siklus karbon terutama disebabkan oleh aktivitas yang meningkatkan pelepasan karbon ke atmosfer atau mengurangi kemampuan lingkungan dalam menyerap karbon. Faktor-faktor utama penyebab gangguan siklus karbon meliputi deforestasi dan alih fungsi lahan, pembakaran hutan dan lahan, emisi industri dan transportasi, pertanian intensif, serta urbanisasi.

1. Deforestasi dan Alih Fungsi Lahan



Keterangan: Penggundulan Hutan

Deforestasi merupakan proses penggundulan hutan secara permanen untuk berbagai kepentingan, seperti pertanian, perkebunan, pemukiman, dan pembangunan infrastruktur. Alih fungsi lahan dari kawasan berhutan menjadi lahan non-hutan menyebabkan berkurangnya jumlah vegetasi yang berperan sebagai penyerap karbon melalui proses fotosintesis. Hutan berfungsi sebagai penyerap karbon (carbon sink) yang menyimpan karbon dalam biomassa tumbuhan dan tanah. Ketika hutan ditebang, karbon yang tersimpan dalam batang, daun, dan akar dilepaskan ke atmosfer dalam bentuk karbon dioksida. Selain itu, hilangnya tutupan vegetasi mengurangi kemampuan lingkungan dalam menyerap karbon di masa depan.

Deforestasi juga berdampak pada perubahan iklim, peningkatan suhu udara, dan gangguan siklus air, yang secara tidak langsung memperparah gangguan siklus karbon. Dalam jangka panjang, deforestasi dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem dan berkontribusi besar terhadap peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer.

2. Pembakaran Hutan dan Lahan



Keterangan: Kebakaran yang Terjadi di Hutan

Pembakaran hutan dan lahan, baik yang terjadi secara alami maupun disengaja oleh manusia, merupakan salah satu penyebab utama gangguan siklus karbon. Pembakaran biomassa menghasilkan emisi karbon dioksida, karbon monoksida, metana, dan partikel halus yang dilepaskan langsung ke atmosfer dalam jumlah besar dalam waktu singkat.

Pembakaran hutan dan lahan sering dilakukan untuk membuka lahan pertanian atau perkebunan, terutama di wilayah tropis. Aktivitas ini tidak hanya melepaskan

karbon yang tersimpan dalam vegetasi, tetapi juga karbon yang tersimpan dalam tanah, terutama pada lahan gambut yang kaya bahan organik. Selain meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca, pembakaran hutan dan lahan juga menyebabkan penurunan kualitas udara, gangguan kesehatan, serta kerusakan ekosistem. Dampak jangka panjangnya adalah berkurangnya kemampuan ekosistem dalam menyerap karbon dan meningkatnya laju perubahan iklim.

3. Emisi Industri dan Transportasi



Keterangan: Emisi pada Industri

Sektor industri dan transportasi merupakan sumber utama emisi karbon dioksida akibat pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Pembakaran bahan bakar fosil melepaskan karbon yang telah tersimpan selama jutaan tahun di dalam litosfer ke atmosfer dalam waktu singkat. Aktivitas industri, seperti pembangkit listrik, pabrik manufaktur, dan pengolahan bahan mentah, menghasilkan emisi karbon dalam jumlah besar. Sementara itu, sektor transportasi, termasuk kendaraan bermotor, kapal, dan pesawat terbang, berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi karbon di wilayah perkotaan.

Emisi karbon dari industri dan transportasi menyebabkan peningkatan konsentrasi CO_2 di atmosfer, yang memperkuat efek rumah kaca dan memicu pemanasan global. Peningkatan suhu global ini berdampak pada perubahan iklim, gangguan siklus karbon alami, serta ketidakseimbangan ekosistem.

MODUL AJAR
PERUBAHAN IKLIM
PERTEMUAN II

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun	: Komang Widiani
Satuan Pendidikan	: SMA
Fase/Kelas	: E/X
Mata Pelajaran	: Biologi
Alokasi Waktu	: 3 JP
Tahun Penyusunan	: 2026

II. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim

III. KOMPETENSI AWAL

Murid memahami konsep dasar ekosistem dan interaksi antar komponen biotik-abiotik, mengenal konsep dasar fotosintesis dan respirasi sebagai bagian dari siklus materi.

IV. DIMENSI PROFIL LULUSAN

1. Keimanan & Ketakwaan
2. Kewargaan
3. Penalaran Kritis
4. Kreativitas
5. Kolaborasi
6. Kemandirian
7. Kesehatan
8. Komunikasi

V. SARANA DAN PRASARANA

1. Handphone
2. Akses Internet
3. Alat Tulis
4. Lembar Kerja Murid (LKM)
5. Referensi Lainnya

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Model pembelajaran yang digunakan dalam materi perubahan iklim adalah *Think Pair Share* dengan *setting* pendekatan *Flipped Classroom*.

KOMPETENSI INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Murid mampu mengevaluasi pengaruh perubahan iklim terhadap penurunan keanekaragaman hayati (biodiversitas) di Indonesia dan menjelaskan peran hutan/ekosistem pesisir sebagai penyerap emisi dengan tepat.

II. PEMAHAMAAN BERMAKNA

Murid memahami keanekaragaman hayati bukan sekedar kekayaan alam, melainkan sistem penyangga kehidupan yang mampu menyerap emisi karbon

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan *Pre-Class* dan Tahapan 1. *Think* (Memahami)

(Dirumah)

1. Guru memberikan tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan penilaian kepada murid.
2. Guru memberikan materi pembelajaran dan LKM kepada murid.
3. Guru memberikan arahan kepada murid untuk memahami serta melaksanakan arahan yang telah diberikan.

Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

(Disekolah)

1. Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar murid.
2. Guru memimpin murid untuk melakukan kegiatan berdoa bersama
3. Guru memeriksa kesiapan murid dalam belajar
4. Guru melakukan absensi kepada murid
5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran
6. *Mindful Learning* (Berkesadaran)
 - Guru mengajak murid menyadari peran ekosistem dengan pertanyaan pemantik:
 - “Saat kalian melihat berita hutan terbakar, apakah kalian merasa kehilangan sesuatu yang berharga bagi napas kita?”
7. *Meaningful Learning* (Bermakna)
 - Mempelajari peran spesifik hutan hujan dan mangrove sebagai "paru-paru dunia" yang menyimpan karbon dalam jumlah besar.
8. *Joyful Learning* (Menggembirakan)

- Guru menyampaikan dengan antusias:
- “Indonesia adalah juara dunia biodiversitas! Yuk, kita cari tahu bagaimana hutan kita bekerja seperti vacuum cleaner raksasa bagi polusi”

Kegiatan Inti (*In-Class*) (105 menit)

Tahapan 2. *Pair* (Mengaplikasikan)

1. Guru mengarahkan murid untuk membentuk kelompok secara berpasangan dengan teman sebangkunya.
2. Guru mengarahkan murid untuk melaksanakan tahapan lanjutan pada LKM yang telah diberikan yang akan dikerjakan secara berpasangan
3. Guru mengarahkan murid untuk melakukan diskusi bersama pasangan kelompoknya.
4. Guru mengawasi jalannya kegiatan diskusi
5. Guru memberi tahu murid bahwa pelaksanaan kegiatan diskusi dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 40 menit

Tahapan 3. *Share* (Merefleksi)

1. Guru mengarahkan murid untuk bersiap-siap akan melaksanakan presentasi hasil diskusi yang telah dilaksanakan sebelumnya
2. Guru melakukan pilihan secara acak untuk menentukan giliran untuk melakukan presentasi
3. Guru dapat memberikan masukan kepada kelompok pasangan yang sedang melakukan presentasi
4. Guru mengatur jalannya presentasi agar tetap kondusif

Kegiatan Penutup (15 menit)

1. Guru bersama murid menarik kesimpulan dari hasil belajar
2. Guru bersama murid saling mengevaluasi kegiatan pembelajaran
3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan salam dan berdoa

Pasca-kelas

1. Guru memberikan tes evaluasi untuk mengukur ketercapaian seluruh indikator hasil belajar murid.
2. Guru memberikan informasi mengenai pembelajaran pada pertemuan selanjutnya

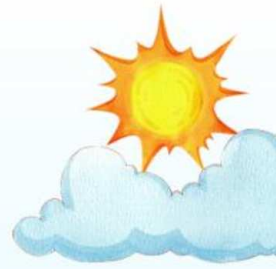
ASESMEN/PENILAIAN

Aspek Penilaian	Keterangan
Penilaian Pengetahuan (Kognitif)	Penilaian pengetahuan yang dilakukan pada capaian pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai adalah dengan tes tertulis.

REFLEKSI

Refleksi Guru			
No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Penguasaan materi	Apakah saya sudah memahami cukup baik materi dan aktivitas pembelajaran ini?	
2	Penyampaian materi	Apakah materi ini sudah tersampaikan dengan cukup baik kepada murid?	
3	Umpan balik	Apakah 100% murid telah mencapai penguasaan tujuan pembelajaran yang ingin di capai	

Refleksi Murid			
No	Aspek	Refleksi Murid	Jawaban
1	Perasaan dalam belajar	Apa yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?	
2	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna bagi hidup saya?	
3	Penguasaan materi	Saya dapat menguasai materi pembelajaran pada hari ini d. Baik e. Cukup f. Kurang	
4	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?	
5	Gotong Royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok?	

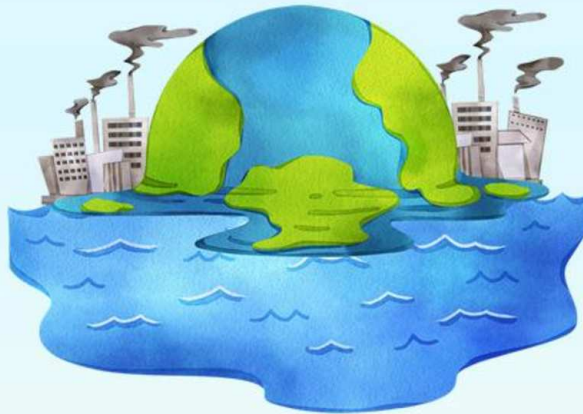


LKM

Lembar Kerja Murid

Perubahan Iklim

KELAS X SMA
SEMESTER 2
TAHUN PELAJARAN 2025/2026



Pembimbing:

Prof. Dr. Desak Made Citrawathi, M.Kes.
Ajeng Purnama Heny, M.Pd.

Oleh:

Komang Widiani

UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA

2026

LEMBAR KERJA MURID

PERTEMUAN II

Mata Pelajaran	:	Biologi
Tujuan Pembelajaran	:	Murid mampu mengevaluasi pengaruh perubahan iklim terhadap penurunan keanekaragaman hayati di Indonesia serta menjelaskan peran hutan dan ekosistem pesisir sebagai penyerap emisi karbon.
Kelas	:	
Kelompok	:	
Petunjuk	:	
1. Bacalah dan pahami instruksi yang ada 2. Pada tahapan <i>think</i> dan pra-kelas dilaksanakan secara mandiri dengan memahami mengenai perubahan iklim dan keanekaragaman hayati. 3. Gunakan literatur atau sumber belajar lain yang berkaitan dengan materi. 4. Selanjutnya pada tahapan <i>pair</i> dan <i>share</i> dilaksanakan di kelas, tahapan <i>pair</i> akan melakukan diskusi bersama kelompok secara berpasangan. 5. Jawablah semua pertanyaan yang ada dalam LKM dengan benar, jelas, dan tepat. 6. Pada tahapan <i>share</i>, setiap kelompok melakukan presentasi hasil diskusi di hadapan kelas.		
Nama Anggota	:	1.
	:	2.

1. *Think* dan Pra-kelas

Bacalah artikel berikut dengan cermat!

Judul:

Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Keanekaragaman Hayati di Kawasan Tropis



Scan Qr-code
berikut untuk
membaca artikel!

Aktivitas Analisis Artikel

Lengkapilah tabel berikut berdasarkan informasi dari artikel.

Aspek Analisis	Informasi dari Artikel
Penyebab perubahan iklim yang disebutkan dalam artikel	
Dampak perubahan iklim pada suhu dan curah hujan	
Dampak perubahan iklim pada ekosistem (hutan, laut, dll)	
Dampak perubahan iklim pada spesies	
Solusi yang diusulkan untuk mengatasi masalah tersebut	

Pertanyaan Analisis Individu

Setelah mengisi tabel tersebut, jawablah pertanyaan berikut secara mandiri!

1. Jelaskan hubungan antara peningkatan suhu global dan penurunan biodiversitas di kawasan tropis.
2. Artikel menyebutkan bahwa banyak spesies tropis sangat bergantung pada kondisi iklim yang stabil. Mengapa perubahan kecil pada suhu dan curah hujan dapat berdampak besar pada spesies tersebut?
3. Artikel menjelaskan bahwa perubahan iklim menyebabkan pergeseran distribusi spesies. Jelaskan mengapa beberapa spesies harus berpindah habitat.
4. Mengapa spesies endemik memiliki risiko kepunahan yang lebih tinggi dibandingkan spesies yang memiliki wilayah distribusi luas?
5. Berdasarkan artikel, jelaskan hubungan antara deforestasi dan perubahan iklim.

Jawaban

2. *Pair* dan di kelas

Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)

Ayo Berdiskusi!

Diskusikan hasil analisis artikel dengan pasanganmu.

Gunakan informasi dari artikel untuk melengkapi tabel berikut.

Evaluasi Dampak Perubahan Iklim terhadap Ekosistem

Ekosistem	Ancaman akibat perubahan iklim	Dampak pada biodiversitas	Solusi berbasis ekosistem
Hutan hujan tropis			
Mangrove			
Terumbu karang			

Pertanyaan Diskusi

1. Mengapa kerusakan habitat menjadi salah satu penyebab utama penurunan biodiversitas?
2. Bagaimana hubungan antara perubahan iklim dan fragmentasi habitat?
3. Menurut artikel, strategi apa yang paling efektif untuk melindungi biodiversitas?

Hasil Diskusi

3. *Share* dan di kelas

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan

Penilaian Lembar Kerja Murid (LKM)

No	Nama Murid	Hasil Penilaian
1		
2		
3		
4		
Dst.		

Tabel penilaian presentasi dapat disesuaikan dengan daftar nama murid di daftar hadir murid dengan tujuan untuk efektif dan efisien

Rubrik Penilaian Lembar Kerja Murid (LKM)

Kriteria	Skor
Menjawab benar	5
Menjawab tapi kurang tepat	3
Menjawab tapi salah	2
Tidak Menjawab	0

Memperoleh skor penilaian LKM = $\frac{\text{Skor diperoleh}}{\text{Skor total}} \times 100$

Penilaian Presentasi

No	Nama Murid	Skor Perolehan Presentasi
1		
2		
3		
4		
Dst.		

Tabel penilaian presentasi dapat disesuaikan dengan daftar nama murid di daftar hadir murid dengan tujuan untuk efektif dan efisien

Rubrik Penilaian Presentasi

Skor	Fokus Penilaian
100	Informasi sangat lengkap dan penyampaian informasi sangat mudah dipahami
80	Informasi lengkap dan penyampaian informasi mudah dipahami
60	Informasi cukup lengkap dan penyampaian informasi cukup mudah dipahami
40	Informasi kurang lengkap dan penyampaian kurang mudah dipahami
20	Informasi tidak memenuhi materi pembelajaran dan komunikasi sangat kurang dipahami

Rubrik Penilaian Formatif

Bentuk penilaian formatif : Pilihan Ganda

Jumlah soal : 10 Soal

Skor 1 soal : 1

Nilai : Skor hasil : skor total x 100

No	Soal	Kunci Jawaban
1	Keanekaragaman hayati atau biodiversitas merupakan variasi makhluk hidup pada tingkat gen, spesies, dan ekosistem. Ekosistem di Indonesia yang dikenal memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan karbon paling tinggi per unit luasnya (lebih besar dari hutan hujan daratan) adalah - Padang rumput (sabana) - Hutan konifer - Hutan mangrove dan gambut - Ekosistem gurun - Pertanian monokultur	C
2	Di bawah ini yang merupakan pengertian biodiversitas yang tepat adalah - Keanekaragaman makhluk hidup yang mencakup variasi gen, jenis, dan ekosistem - Keseragaman makhluk hidup di suatu wilayah - Proses kepunahan spesies akibat bencana alam - Jumlah total manusia dalam suatu populasi - Kemampuan satu jenis spesies untuk bertahan hidup	A
3	Hutan mangrove memiliki peran krusial dalam mitigasi perubahan iklim karena kemampuannya dalam menyerap emisi karbon. Bagaimana mekanisme hutan mangrove dalam menyimpan karbon tersebut? - Menyimpan karbon dalam bentuk gas di akar-akarnya. - Mengubah karbon menjadi garam yang larut di air laut - Menyimpan karbon dalam jumlah besar pada biomassa (batang/daun) dan sedimen tanah yang anaerob - Mengeluarkan karbon ke atmosfer secara perlahan melalui penguapan - Mencegah sinar matahari masuk ke dalam air laut	C
4	Perubahan iklim dapat menyebabkan penurunan biodiversitas secara signifikan. Salah satu alasan utama mengapa hal ini terjadi yaitu - Spesies menjadi lebih kuat karena tantangan lingkungan - Perubahan suhu dan pola musim terjadi lebih cepat daripada kemampuan spesies untuk beradaptasi atau bermigrasi - Semua hewan akan berpindah ke dalam goa untuk menghindari panas	B

	d. Tumbuhan akan menghasilkan lebih banyak biji saat suhu meningkat e. Perubahan iklim hanya memengaruhi spesies di kutub, bukan di Indonesia	
5	Kenaikan suhu air laut menyebabkan fenomena pemutihan karang (<i>coral bleaching</i>) di wilayah perairan Indonesia Timur. Jika ekosistem terumbu karang ini hancur, aplikasikan pemahaman Anda mengenai fungsi ekosistem pesisir untuk menjelaskan dampak jangka panjang bagi manusia a. Hilangnya pelindung pantai alami dari hantaman gelombang besar dan penurunan hasil tangkapan ikan b. Air laut akan menjadi lebih tawar karena karang tidak ada lagi c. Daratan akan bertambah luas karena karang yang mati menjadi pasir d. Pariwisata tetap stabil karena pemandangan karang putih lebih menarik e. Penurunan kadar garam air laut secara drastis	A
6	Di Kalimantan, akibat perubahan musim yang tidak menentu, pohon-pohon dipterokarpa mengalami kegagalan musim berbuah raya. Jika hal ini dikaitkan dengan fungsi hutan sebagai penyerap emisi, apakah yang akan terjadi? a. Penyerapan emisi karbon meningkat karena pohon tidak fokus pada buah b. Hewan pemakan buah akan menanam pohon secara mandiri di lahan gundul c. Hutan akan lebih cepat pulih karena suhu panas mempercepat pertumbuhan bibit d. Emisi karbon tidak dipengaruhi oleh keberadaan buah pada pohon e. Regenerasi hutan terhambat, sehingga dalam jangka panjang kemampuan hutan menyerap karbon akan menurun	E
7	 Analisis mengenai hubungan antara kerusakan hutan (deforestasi) di wilayah tropis dengan peningkatan emisi karbon menunjukkan hasil	A

	yang linier. Mengapa kerusakan hutan menyebabkan peningkatan emisi karbon secara ganda? - Karena pohon yang ditebang melepaskan karbon yang tersimpan di dalamnya ke atmosfer dan hilangnya kemampuan area tersebut untuk menyerap CO₂ di masa depan - Karena mesin penebang pohon mengeluarkan asap dan pohon yang ditebang berhenti melakukan respirasi - Karena tanah hutan yang gundul akan menyerap lebih banyak oksigen - Karena hewan-hewan hutan akan bernapas lebih cepat saat pohon hilang - Karena penebangan pohon meningkatkan curah hujan secara drastis	
8	Salah satu penyebab utama penurunan biodiversitas akibat perubahan iklim adalah pergeseran rentang habitat. Analisislah apa yang akan terjadi pada spesies endemik yang hanya bisa hidup di puncak gunung (zona alpin) saat suhu bumi terus memanas! - Mereka akan beradaptasi dengan hidup di daerah lembah yang lebih panas - Populasi mereka akan meledak karena tidak ada predator - Mereka akan berevolusi menjadi spesies yang tahan panas dalam waktu satu tahun - Mereka akan bermigrasi ke kutub utara melalui jalur darat - Mereka tidak memiliki tempat yang lebih tinggi (dingin) untuk didatangi, sehingga berisiko tinggi mengalami kepunahan	E
9	Seorang ahli lingkungan membandingkan efektivitas antara penanaman hutan kembali (reforestasi) dengan perlindungan hutan mangrove di pesisir. Data menunjukkan mangrove mampu menyimpan karbon 4 kali lebih banyak daripada hutan daratan per hektar. Evaluasilah kebijakan mana yang paling efektif sebagai prioritas mitigasi iklim di Indonesia - Membabat mangrove untuk dijadikan lahan tambak karena ekonomi lebih penting - Fokus hanya pada hutan daratan karena mangrove hanya ada di pinggir pantai - Menghilangkan semua hutan dan menggantinya dengan panel surya - Memprioritaskan perlindungan dan restorasi ekosistem mangrove karena memiliki densitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi - Menganggap kedua ekosistem tersebut tidak efektif karena emisi terus meningkat	D
10	Indonesia memiliki target <i>Net Sink Carbon</i> sektor kehutanan pada tahun 2030. <i>Net Sink Karbon</i> (atau sering disebut <i>Forestry and Other Land Use - FOLU Net Sink</i>) adalah sebuah kondisi di mana jumlah	E

	penyerapan emisi gas rumah kaca (khususnya karbon dioksida) oleh sektor kehutanan dan tata guna lahan jauh lebih besar daripada jumlah emisi yang dilepaskan ke atmosfer Rancanglah sebuah program pelestarian biodiversitas yang sekaligus berfungsi sebagai upaya mitigasi perubahan iklim bagi masyarakat lokal - Melarang masyarakat masuk ke hutan tanpa memberikan solusi ekonomi alternatif - Menebang hutan tua dan menggantinya dengan kebun sawit yang seragam - Membangun pagar beton mengelilingi seluruh hutan lindung di Indonesia - Memindahkan seluruh penduduk desa ke kota agar hutan tetap terjaga - Mengembangkan program perhutanan sosial berbasis agroforestri yang menanam jenis pohon lokal penyerap karbon sekaligus menghasilkan produk non-kayu untuk ekonomi	
--	--	--



MATERI PERUBAHAN IKLIM

PERTEMUAN 2

Perubahan Iklim



Keterangan: Perbedaan Iklim

Perubahan iklim adalah perubahan kondisi rata-rata sistem iklim bumi dalam jangka waktu yang panjang, umumnya berlangsung selama puluhan hingga ratusan tahun, yang meliputi perubahan suhu udara, curah hujan, pola angin, serta frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrem. Perubahan iklim terjadi sebagai akibat dari interaksi kompleks antara atmosfer, hidrosfer, biosfer, dan litosfer, serta dipengaruhi oleh faktor alami dan aktivitas manusia.

Iklim merupakan pola cuaca jangka panjang yang diamati dalam periode waktu tertentu di suatu wilayah. Oleh karena itu, perubahan iklim tidak merujuk pada kejadian sesaat, melainkan pada pergeseran pola iklim secara sistematis dan berkelanjutan. Perubahan ini dapat bersifat global maupun regional, tergantung pada faktor penyebab dan karakteristik wilayah yang terdampak.

Dalam beberapa dekade terakhir, perubahan iklim global semakin nyata akibat meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Gas-gas ini menyebabkan terjadinya efek rumah kaca yang berlebihan, sehingga panas matahari yang seharusnya dipantulkan kembali ke luar angkasa terperangkap di atmosfer bumi. Akibatnya, suhu rata-rata permukaan bumi mengalami peningkatan yang dikenal sebagai pemanasan global. Perubahan iklim menjadi isu lingkungan global karena dampaknya tidak hanya memengaruhi kondisi fisik lingkungan, tetapi

juga berdampak luas terhadap sistem ekologi, keanekaragaman hayati, kesehatan manusia, ketersediaan pangan, serta stabilitas sosial dan ekonomi masyarakat. Oleh sebab itu, pemahaman tentang perubahan iklim menjadi sangat penting dalam upaya menjaga keberlanjutan kehidupan di bumi.

Perbedaan Perubahan Iklim dan Cuaca

Cuaca dan iklim merupakan dua istilah yang sering digunakan secara bergantian, padahal keduanya memiliki makna yang berbeda. Cuaca adalah kondisi atmosfer pada suatu waktu dan tempat tertentu dalam jangka waktu yang relatif singkat, seperti harian atau mingguan. Cuaca meliputi keadaan suhu udara, curah hujan, kelembapan, angin, dan tekanan udara yang dapat berubah dengan cepat. Sebaliknya, iklim adalah pola rata-rata cuaca yang diamati dalam jangka waktu yang panjang, umumnya selama 30 tahun atau lebih. Iklim menggambarkan karakteristik cuaca suatu wilayah secara umum, seperti daerah yang beriklim tropis, subtropis, atau kutub.

Perbedaan mendasar antara cuaca dan perubahan iklim terletak pada skala waktu dan konsistensi perubahan. Perubahan cuaca dapat terjadi secara cepat dan bersifat sementara, misalnya hujan lebat yang terjadi selama beberapa jam atau hari. Sementara itu, perubahan iklim terjadi secara perlahan, bertahap, dan berlangsung dalam waktu yang lama. Sebagai contoh, hujan deras yang terjadi dalam satu hari merupakan fenomena cuaca. Namun, jika dalam jangka waktu puluhan tahun suatu wilayah mengalami peningkatan intensitas hujan ekstrem secara konsisten, maka hal tersebut merupakan indikasi adanya perubahan iklim. Dengan demikian, perubahan iklim tidak dapat disimpulkan hanya dari satu kejadian cuaca ekstrem, melainkan dari pola jangka panjang yang dapat diamati melalui data klimatologis. Memahami perbedaan antara cuaca dan perubahan iklim sangat penting agar tidak terjadi kesalahpahaman dalam menilai fenomena lingkungan. Banyak dampak perubahan iklim sering dianggap sebagai cuaca biasa, padahal sebenarnya merupakan bagian dari perubahan sistem iklim global yang lebih luas.

Dampak Perubahan Iklim Terhadap Biodiversitas di Indonesia

Indonesia dikenal sebagai negara megabiodiversitas karena memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, baik di darat maupun di laut. Namun, perubahan iklim global menjadi salah satu ancaman terbesar bagi keberlanjutan biodiversitas tersebut. Perubahan iklim tidak hanya mengubah kondisi fisik lingkungan, tetapi juga memengaruhi proses biologis, interaksi antarorganisme, dan kestabilan ekosistem. Dampak perubahan iklim terhadap biodiversitas terjadi melalui berbagai mekanisme sebab akibat yang saling berkaitan.

1. Peningkatan Suhu Global

Peningkatan suhu rata-rata bumi merupakan salah satu dampak paling nyata dari perubahan iklim. Kenaikan suhu ini terjadi akibat meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang menjebak panas matahari.

a. Stres Fisiologis pada Organisme

Kenaikan suhu lingkungan menyebabkan organisme mengalami stres fisiologis, yaitu kondisi ketika suhu tubuh atau lingkungan melebihi batas toleransi normal suatu spesies. Setiap organisme memiliki rentang suhu optimum untuk melakukan aktivitas hidup seperti metabolisme, pertumbuhan, dan reproduksi. Ketika suhu meningkat, enzim dalam tubuh organisme tidak bekerja secara optimal, proses metabolisme menjadi terganggu, energi organisme lebih banyak digunakan untuk bertahan hidup daripada untuk tumbuh dan berkembang.

Akibatnya, banyak spesies mengalami penurunan daya tahan tubuh, sehingga lebih rentan terhadap penyakit dan kematian. Pada ekosistem laut Indonesia, peningkatan suhu air laut dapat menyebabkan pemutihan terumbu karang (coral bleaching) karena alga zooxanthellae yang hidup bersimbiosis dengan karang tidak mampu bertahan pada suhu tinggi.

b. Perubahan Wilayah Sebaran Spesies

Peningkatan suhu juga memaksa banyak organisme untuk berpindah ke wilayah yang suhunya lebih sesuai. Spesies darat cenderung bergerak ke daerah yang lebih tinggi atau lebih sejuk, sedangkan spesies laut berpindah ke perairan

yang lebih dalam atau lebih dingin. Namun, tidak semua spesies mampu beradaptasi atau bermigrasi dengan cepat. Di Indonesia, perubahan sebaran spesies dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem, munculnya spesies invasif di habitat baru, hilangnya spesies lokal yang kalah bersaing. Perubahan sebaran ini juga mengganggu hubungan ekologis seperti rantai makanan dan simbiosis antarorganisme

c. Risiko Kepunahan Spesies Endemik

Spesies endemik adalah spesies yang hanya hidup di wilayah tertentu dan tidak ditemukan di tempat lain. Indonesia memiliki banyak spesies endemik, seperti komodo, anoa, dan berbagai jenis burung serta tumbuhan khas. Kenaikan suhu menjadi ancaman serius bagi spesies endemik karena, habitatnya sempit dan terbatas, kemampuan adaptasinya rendah, tidak memiliki tempat lain untuk bermigrasi. Jika suhu lingkungan berubah drastis, spesies endemik berisiko mengalami penurunan populasi hingga kepunahan, yang berarti hilangnya kekayaan hayati Indonesia secara permanen.

2. Perubahan Pola Curah Hujan

Perubahan iklim menyebabkan pola curah hujan menjadi tidak menentu, baik dari segi jumlah maupun waktu terjadinya hujan. Di Indonesia, perubahan ini sangat berdampak karena banyak ekosistem bergantung pada siklus hujan.

a. Gangguan Siklus Hidup Organisme

Banyak organisme menggunakan pola hujan sebagai isyarat alami untuk menjalankan siklus hidupnya, seperti berbunga, bertelur, atau bermigrasi. Ketika pola hujan berubah maka menyebabkan waktu berbunga tanaman menjadi tidak sinkron, hewan kehilangan waktu yang tepat untuk berkembang biak, anak organisme lahir saat sumber makanan terbatas. Gangguan siklus hidup ini menyebabkan penurunan keberhasilan reproduksi, sehingga populasi organisme menurun dari waktu ke waktu.

b. Penurunan Produktivitas Ekosistem

Curah hujan yang terlalu rendah dapat menyebabkan kekeringan, sementara curah hujan yang terlalu tinggi dapat memicu banjir. Kedua kondisi ini sama-

sama menurunkan produktivitas ekosistem. Akibat perubahan pola hujan menyebabkan tanaman sulit tumbuh optimal, produktivitas hutan dan lahan basah menurun, ketersediaan makanan bagi hewan berkurang, penurunan produktivitas ekosistem berdampak langsung pada rantai makanan, sehingga memengaruhi seluruh komponen biodiversitas di dalamnya.

c. Gangguan Habitat

Perubahan curah hujan dapat merusak struktur habitat alami. Kekeringan menyebabkan hutan menjadi kering dan rentan terbakar, sedangkan hujan ekstrem dapat merusak tanah dan vegetasi. Gangguan habitat ini menyebabkan hilangnya tempat berlindung dan berkembang biak, fragmentasi habitat, penurunan kualitas lingkungan hidup organisme. Habitat yang rusak membuat organisme sulit bertahan hidup dan mempercepat penurunan biodiversitas.

3. Kenaikan Permukaan Laut

Pemanasan global menyebabkan mencairnya es di kutub dan pemuain air laut, yang mengakibatkan kenaikan permukaan laut. Indonesia sebagai negara kepulauan sangat rentan terhadap dampak ini.

a. Hilangnya Habitat Pesisir

Kenaikan permukaan laut menyebabkan wilayah pesisir tergenang air laut secara permanen. Akibatnya habitat pesisir menyempit atau hilang, spesies yang bergantung pada wilayah pesisir kehilangan tempat hidup, ekosistem darat dan laut mengalami tekanan ganda. Hilangnya habitat pesisir berdampak besar pada biodiversitas karena wilayah ini merupakan zona transisi yang kaya akan keanekaragaman hayati.

b. Kerusakan Ekosistem Mangrove dan Terumbu Karang

Mangrove dan terumbu karang berperan penting sebagai pelindung pantai dan habitat berbagai organisme. Kenaikan permukaan laut dan suhu air laut menyebabkan mangrove tidak mampu beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan ketinggian air, terumbu karang mengalami pemutihan dan kematian, keanekaragaman organisme laut menurun. Kerusakan ekosistem ini juga

mengurangi kemampuan alam dalam menyerap karbon, sehingga memperparah perubahan iklim.

4. Cuaca Ekstrem

Perubahan iklim meningkatkan frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem, seperti kebakaran hutan, banjir, dan longsor.

a. Kebakaran Hutan

Suhu tinggi dan kekeringan meningkatkan risiko kebakaran hutan. Kebakaran menyebabkan kematian langsung organisme, hilangnya habitat dalam waktu singkat, penurunan kualitas tanah dan udara. Kebakaran hutan juga melepaskan karbon dalam jumlah besar ke atmosfer, yang kembali mempercepat perubahan iklim.

b. Banjir dan Longsor

Curah hujan ekstrem menyebabkan banjir dan longsor yang merusak habitat alami. Dampaknya meliputi hancurnya vegetasi dan sarang hewan, terbawanya organisme oleh arus air, perubahan struktur ekosistem secara permanen. Banjir dan longsor juga mengganggu hubungan ekologis yang telah terbentuk dalam jangka waktu lama.

c. Kerusakan Habitat Alami

Cuaca ekstrem secara keseluruhan menyebabkan kerusakan habitat yang cepat dan luas. Organisme sering kali tidak memiliki cukup waktu untuk beradaptasi, sehingga populasi menurun drastis, keanekaragaman spesies berkurang, keseimbangan ekosistem terganggu.

Peran Hutan sebagai Penyerap Emisi Karbon

Perubahan iklim global terutama disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi karbon dioksida di atmosfer. Salah satu solusi alami yang sangat penting untuk mengurangi emisi karbon adalah keberadaan hutan. Hutan berperan sebagai penyerap emisi karbon atau carbon sink yang mampu menurunkan jumlah karbon di atmosfer melalui proses biologis dan ekologis. Indonesia sebagai negara

dengan luas hutan tropis yang besar memiliki peran strategis dalam upaya mitigasi perubahan iklim melalui pemanfaatan dan perlindungan ekosistem hutan.

Carbon sink atau penyerap karbon adalah komponen alami atau buatan yang mampu menyerap dan menyimpan karbon dalam jumlah lebih besar dibandingkan dengan karbon yang dilepaskannya ke atmosfer. Karbon yang diserap umumnya berbentuk karbon dioksida yang berasal dari aktivitas manusia maupun proses alam. Hutan disebut sebagai *carbon sink* karena:

1. Mampu menyerap karbon dioksida dari udara
1. Menyimpan karbon dalam jaringan tumbuhan dan tanah dalam jangka waktu lama
2. Mengurangi konsentrasi gas rumah kaca penyebab pemanasan global

Dalam konteks perubahan iklim, keberadaan *carbon sink* sangat penting karena dapat memperlambat laju peningkatan suhu global dan membantu menstabilkan iklim bumi.

Mekanisme Penyerapan Karbon oleh Hutan

Hutan menyerap dan menyimpan karbon melalui beberapa mekanisme yang saling berkaitan. Proses ini berlangsung secara alami dan berkelanjutan selama ekosistem hutan berada dalam kondisi sehat.

1. Fotosintesis

Fotosintesis merupakan proses utama penyerapan karbon oleh hutan. Dalam proses ini, tumbuhan hijau menyerap karbon dioksida dari udara melalui stomata pada daun, kemudian menggunakan energi matahari untuk mengubahnya menjadi senyawa organik. Secara sederhana, fotosintesis melibatkan:

- a. Karbon dioksida dari udara
- b. Air dari tanah
- c. Energi cahaya matahari

Hasil fotosintesis berupa glukosa sebagai sumber energi dan bahan pembangun tubuh tumbuhan, oksigen yang dilepaskan ke atmosfer. Melalui fotosintesis, karbon yang awalnya berada di atmosfer dipindahkan ke dalam tubuh tumbuhan, sehingga

konsentrasi karbon dioksida di udara berkurang. Semakin luas dan rapat suatu hutan, semakin besar pula kemampuan hutan tersebut dalam menyerap karbon.

2. Penyimpanan Karbon di Biomassa

Karbon hasil fotosintesis tidak hanya digunakan sebagai sumber energi, tetapi juga disimpan dalam biomassa tumbuhan. Biomassa adalah seluruh bagian organisme hidup, termasuk batang, cabang, daun, akar, dan jaringan tumbuhan lainnya. Penyimpanan karbon dalam biomassa terjadi karena:

- a. Karbon menjadi bagian dari struktur sel tumbuhan
- b. Pohon berumur panjang menyimpan karbon dalam waktu yang lama
- c. Semakin besar ukuran pohon, semakin besar cadangan karbon yang tersimpan

Hutan yang masih alami dan tidak terganggu memiliki cadangan karbon biomassa yang sangat besar. Oleh karena itu, penebangan hutan dan kebakaran hutan dapat menyebabkan karbon yang tersimpan selama puluhan hingga ratusan tahun kembali dilepaskan ke atmosfer dalam waktu singkat.

3. Penyimpanan Karbon di Tanah

Selain tersimpan di tubuh tumbuhan, karbon juga disimpan di dalam tanah hutan. Karbon tanah berasal dari serasah daun dan ranting yang gugur, akar tumbuhan yang mati, sisa-sisa organisme yang terurai. Melalui proses dekomposisi, bahan organik tersebut berubah menjadi bahan organik tanah yang kaya karbon. Tanah hutan yang sehat mampu menyimpan karbon dalam jumlah besar dan dalam jangka waktu lama. Penyimpanan karbon di tanah sangat penting karena:

- a. Jumlah karbon di tanah sering kali lebih besar dibandingkan karbon di biomassa
- b. Karbon tanah relatif stabil jika ekosistem tidak terganggu
- c. Kerusakan tanah dapat menyebabkan karbon terlepas sebagai gas rumah kaca

Hutan tidak hanya berfungsi sebagai penyerap karbon di atas permukaan, tetapi juga sebagai penyimpan karbon bawah permukaan.

MODUL AJAR
PERUBAHAN IKLIM
PERTEMUAN III

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun	: Komang Widiani
Satuan Pendidikan	: SMA
Fase/Kelas	: E/X
Mata Pelajaran	: Biologi
Alokasi Waktu	: 3 JP
Tahun Penyusunan	: 2026

II. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim

III. KOMPETENSI AWAL

Murid memahami konsep dasar ekosistem dan interaksi antar komponen biotik-abiotik, mengenal konsep dasar fotosintesis dan respirasi sebagai bagian dari siklus materi

IV. DIMENSI PROFIL LULUSAN

1. Keimanan & Ketakwaan
2. Kewargaan
3. Penalaran Kritis
4. Kreativitas
5. Kolaborasi
6. Kemandirian
7. Kesehatan
8. Komunikasi

V. SARANA DAN PRASARANA

1. Handphone
2. Akses Internet
3. Alat Tulis
4. Lembar Kerja Murid (LKM)
5. Referensi Lainnya

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Model pembelajaran yang digunakan dalam materi perubahan iklim adalah *Think Pair Share* dengan *setting* pendekatan *Flipped Classroom*.

KOMPETENSI INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Murid mampu merancang dan melakukan percobaan kecil terkait bioteknologi konvensional yang mendukung pengurangan sampah organik atau pemanfaatan limbah menjadi energi.

II. PEMAHAMAAN BERMAKNA

Murid memahami solusi perubahan iklim dapat dimulai dari hal kecil melalui pemanfaatan bioteknologi konvensional dan aksi nyata di lingkungan sekitar

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan *Pre-Class* dan Tahapan 1. *Think* (Memahami)

(Dirumah)

1. Guru memberikan tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan penilaian kepada murid.
2. Guru memberikan materi pembelajaran dan LKM kepada murid.
3. Guru memberikan arahan kepada murid untuk memahami serta melaksanakan arahan yang telah diberikan.

Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

(Disekolah)

1. Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar murid.
2. Guru memimpin murid untuk melakukan kegiatan berdoa bersama
3. Guru memeriksa kesiapan murid dalam belajar
4. Guru melakukan absensi kepada murid
5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran
6. *Mindful Learning* (Berkesadaran)
 - Guru memulai dengan pertanyaan pemantik:
 - “Jika setiap rumah memiliki satu pot tanaman atau mengolah sampahnya sendiri, seberapa besar beban bumi akan berkurang?”
7. *Meaningful Learning* (Bermakna)
 - Guru menghubungkan konsep fotosintesis pada tanaman dengan penyerapan CO₂ di tingkat rumah tangga.
8. *Joyful Learning* (Menggembirakan)
 - Guru menyampaikan secara komunikatif:

- “Waktunya aksi nyata! Mari buat lingkungan kita lebih hijau dan segar dengan karya kreatif kita sendiri”

Kegiatan Inti (*In-Class*) (105 menit)

Tahapan 2. *Pair* (Mengaplikasikan)

1. Guru mengarahkan murid untuk membentuk kelompok secara berpasangan dengan teman sebangkunya.
2. Guru mengarahkan murid untuk melaksanakan tahapan lanjutan pada LKM yang telah diberikan yang akan dikerjakan secara berpasangan
3. Guru mengarahkan murid untuk melakukan diskusi bersama pasangan kelompoknya.
4. Guru mengawasi jalannya kegiatan diskusi
5. Guru memberi tahu murid bahwa pelaksanaan kegiatan diskusi dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 40 menit

Tahapan 3. *Share* (Merefleksi)

1. Guru mengarahkan murid untuk bersiap-siap akan melaksanakan presentasi hasil diskusi yang telah dilaksanakan sebelumnya
2. Guru melakukan pilihan secara acak untuk menentukan giliran untuk melakukan presentasi
3. Guru dapat memberikan masukan kepada kelompok pasangan yang sedang melakukan presentasi
4. Guru mengatur jalannya presentasi agar tetap kondusif

Kegiatan Penutup (15 menit)

1. Guru bersama murid menarik kesimpulan dari hasil belajar
2. Guru bersama murid saling mengevaluasi kegiatan pembelajaran
3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan salam dan berdoa

Pasca-kelas

1. Guru memberikan tes evaluasi untuk mengukur ketercapaian seluruh indikator hasil belajar murid.
2. Guru memberikan informasi mengenai pembelajaran pada pertemuan selanjutnya

ASESMEN/PENILAIAN

Aspek Penilaian	Keterangan
Penilaian Pengetahuan (Kognitif)	Penilaian pengetahuan yang dilakukan pada capaian pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai adalah dengan tes tertulis.

REFLEKSI

Refleksi Guru			
No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Penguasaan materi	Apakah saya sudah memahami cukup baik materi dan aktivitas pembelajaran ini?	
2	Penyampaian materi	Apakah materi ini sudah tersampaikan dengan cukup baik kepada murid?	
3	Umpan balik	Apakah 100% murid telah mencapai penguasaan tujuan pembelajaran yang ingin di capai	

Refleksi Murid			
No	Aspek	Refleksi Murid	Jawaban
1	Perasaan dalam belajar	Apa yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?	
2	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna bagi hidup saya?	
3	Penguasaan materi	Saya dapat menguasai materi pembelajaran pada hari ini g. Baik h. Cukup i. Kurang	
4	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?	
5	Gotong Royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok?	

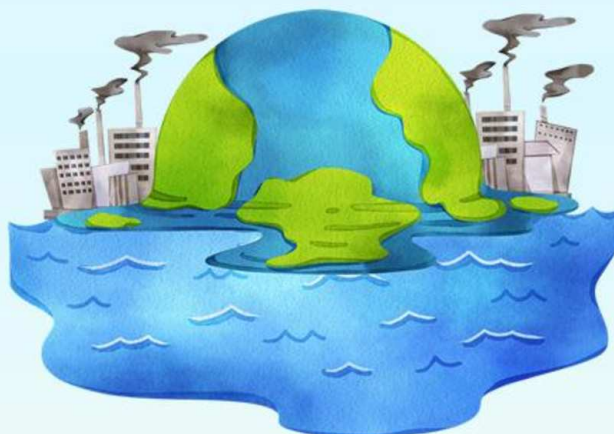


LKM

Lembar Kerja Murid

Perubahan Iklim

KELAS X SMA
SEMESTER 2
TAHUN PELAJARAN 2025/2026



Pembimbing:

Prof. Dr. Desak Made Citrawathi, M.Kes.
Ajeng Purnama Heny, M.Pd.

Oleh:

Komang Widiani

UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2026

LEMBAR KERJA MURID

PERTEMUAN III

Mata Pelajaran	:	Biologi
Tujuan Pembelajaran	:	Murid mampu merancang dan melakukan percobaan kecil terkait bioteknologi konvensional yang mendukung pengurangan sampah organik atau pemanfaatan limbah menjadi energi.
Kelas	:	
Kelompok	:	
Petunjuk	:	
1. Bacalah dan pahami instruksi yang ada 2. Pada tahapan <i>think</i> dan <i>pra-kelas</i> dilaksanakan secara mandiri dengan memahami mengenai solusi berbasis biologi untuk lingkungan. 3. Gunakan literatur atau sumber belajar lain yang berkaitan dengan materi. 4. Selanjutnya pada tahapan <i>pair</i> dan <i>share</i> dilaksanakan di kelas, tahapan <i>pair</i> akan melakukan diskusi bersama kelompok secara berpasangan. 5. Jawablah semua pertanyaan yang ada dalam LKM dengan benar, jelas, dan tepat. 6. Pada tahapan <i>share</i>, setiap kelompok melakukan presentasi hasil diskusi di hadapan kelas.		
Nama Anggota	:	1.
		2.

1. *Think* dan Pra-kelas

Sebelum mengerjakan tugas pada LKM ini, murid diharapkan mempelajari konsep bioteknologi konvensional, proses fermentasi, dan peran mikroorganisme dalam pengolahan sampah organik.

Materi dapat dipelajari melalui sumber belajar yang disediakan oleh guru atau dengan memindai *QR Code* berikut.



Bioteknologi
Konvensional



Proses
Fermentasi

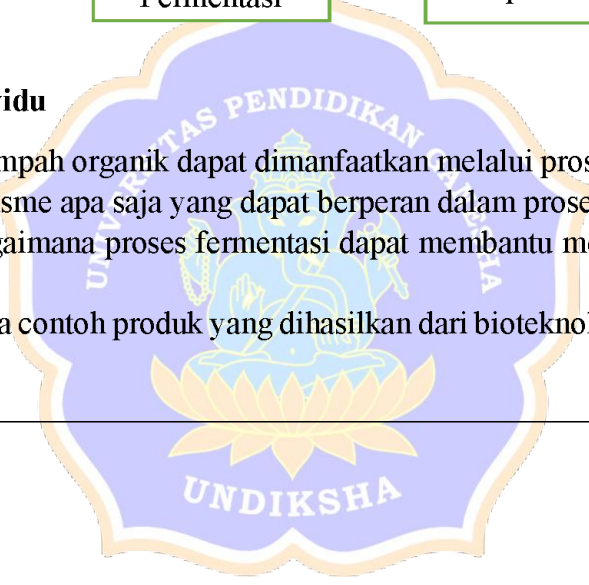


Pengolahan
Sampah Organik

Pertanyaan Individu

1. Mengapa sampah organik dapat dimanfaatkan melalui proses fermentasi?
2. Mikroorganisme apa saja yang dapat berperan dalam proses fermentasi?
3. Jelaskan bagaimana proses fermentasi dapat membantu mengurangi sampah organik.
4. Sebutkan dua contoh produk yang dihasilkan dari bioteknologi konvensional.

Jawaban



2. *Pair* dan di kelas

Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)

Diskusikanlah dengan pasanganmu untuk merancang percobaan sederhana!

Rancangan Percobaan

Lengkapilah tabel berikut sesuai dengan hasil diskusi Anda

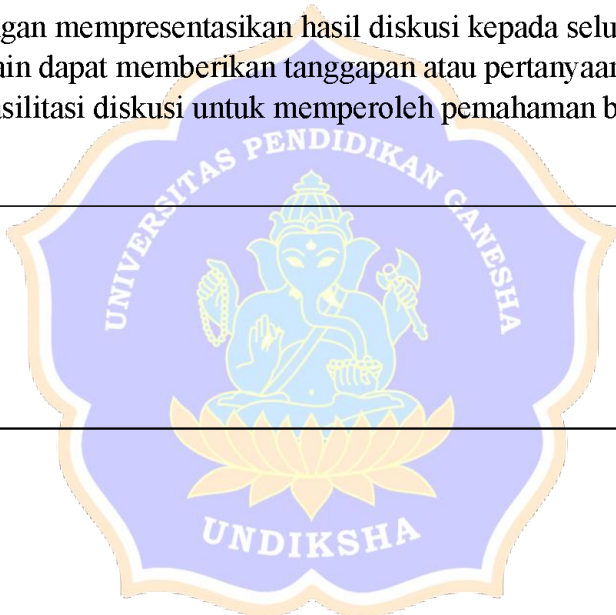
Komponen	Rencana Percobaan
Tujuan percobaan	
Bahan yang digunakan	
Alat yang digunakan	
Langkah kerja	
Prediksi hasil percobaan	

3. *Share* dan di kelas

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan



Penilaian Lembar Kerja Murid (LKM)

No	Nama Murid	Hasil Penilaian
1		
2		
3		
4		
Dst.		

Tabel penilaian presentasi dapat disesuaikan dengan daftar nama murid di daftar hadir murid dengan tujuan untuk efektif dan efisien

Rubrik Penilaian Lembar Kerja Murid (LKM)

Kriteria	Skor
Menjawab benar	5
Menjawab tapi kurang tepat	3
Menjawab tapi salah	2
Tidak Menjawab	0

Memperoleh skor penilaian LKM = $\frac{\text{Skor diperoleh}}{\text{Skor total}} \times 100$

Penilaian Presentasi

No	Nama Murid	Skor Perolehan Presentasi
1		
2		
3		
4		
Dst.		

Tabel penilaian presentasi dapat disesuaikan dengan daftar nama murid di daftar hadir murid dengan tujuan untuk efektif dan efisien

Rubrik Penilaian Presentasi

Skor	Fokus Penilaian
100	Informasi sangat lengkap dan penyampaian informasi sangat mudah dipahami
80	Informasi lengkap dan penyampaian informasi mudah dipahami
60	Informasi cukup lengkap dan penyampaian informasi cukup mudah dipahami
40	Informasi kurang lengkap dan penyampaian kurang mudah dipahami
20	Informasi tidak memenuhi materi pembelajaran dan komunikasi sangat kurang dipahami

Rubrik Penilaian Perancangan

Aspek yang Dinilai	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Kurang)
Perancangan Percobaan	Tujuan, alat-bahan, variabel, prosedur, dan	Komponen perancangan cukup lengkap	Perancangan kurang lengkap atau	Tidak menunjukkan rancangan

	rancangan pengamatan disusun lengkap, sistematis, dan logis.	dan runtut, namun masih ada bagian yang kurang rinci.	kurang sistematis.	percobaan yang jelas.
Pelaksanaan Percobaan	Melaksanakan percobaan sesuai prosedur dengan cermat, dan memperhatikan keselamatan kerja.	Melaksanakan percobaan dengan cukup baik, terdapat sedikit kesalahan prosedur.	Pelaksanaan kurang teliti dan masih sering bergantung pada arahan guru.	Tidak mampu melaksanakan percobaan dengan benar.
Pemahaman Konsep Bioteknologi	Menjelaskan proses bioteknologi konvensional (misalnya fermentasi, dekomposisi anaerob/aerob) secara tepat dan ilmiah serta mengaitkannya dengan pengurangan limbah.	Penjelasan cukup tepat, namun belum mendalam.	Penjelasan masih umum dan kurang tepat secara ilmiah.	Tidak mampu menjelaskan konsep yang mendasari percobaan.
Analisis Data dan Hasil	Data dicatat lengkap, dianalisis secara logis, serta mampu menarik kesimpulan yang sesuai dengan tujuan percobaan.	Data cukup lengkap dan kesimpulan cukup sesuai.	Data kurang lengkap atau kesimpulan kurang tepat.	Tidak mampu menganalisis data atau menarik kesimpulan yang relevan.
Relevansi dan Dampak Lingkungan	Percobaan menunjukkan solusi nyata dan realistis dalam pengurangan sampah organik atau pemanfaatan limbah menjadi energi.	Solusi cukup relevan dan berpotensi diterapkan.	Relevansi masih terbatas dan kurang realistis.	Tidak menunjukkan hubungan jelas dengan pengurangan limbah atau energi.

$$\text{Memperoleh skor} = \frac{\text{Skor diperoleh}}{\text{Skor total}} \times 100$$

Skor total = 20

Rubrik Penilaian Formatif

Bentuk penilaian formatif : Pilihan Ganda

Jumlah soal : 10 Soal

Skor 1 soal : 1

Nilai : Skor hasil : skor total x 100

No	Soal	Kunci Jawaban
1	Sampah organik di tempat pembuangan akhir (TPA) merupakan sumber utama gas rumah kaca yang sangat kuat. Gas yang dihasilkan dari dekomposisi sampah organik secara anaerob tersebut adalah - Oksigen - Metana - Argon - Nitrogen dioksida - Karbon monoksida	B
2	Berikut ini merupakan contoh bioteknologi konvensional yang dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah organik rumah tangga adalah - Rekayasa genetika pada bakteri - Kloning domba - Pembuatan kompos atau pupuk organik cair (POC) - Produksi hormon insulin - Teknik bayi tabung	C
3	Prinsip dasar fermentasi dalam pengolahan sampah organik menjadi biogas melibatkan aktivitas mikroorganisme. Hubungan yang benar antara sampah organik dengan produksi gas metana adalah - Semakin banyak sampah organik yang menumpuk di kondisi kedap udara (anaerob), semakin banyak gas metana yang dihasilkan - Sampah organik yang dibakar akan menghasilkan gas metana yang murni - Gas metana dihasilkan hanya jika sampah organik dicampur dengan bahan kimia pabrik - Fermentasi sampah organik justru mengurangi suhu bumi secara langsung - Sampah organik tidak memiliki hubungan dengan gas metana	A
4	Dalam pembuatan pupuk organik cair, terjadi proses perombakan bahan kompleks menjadi sederhana oleh mikroba. Apa peran utama mikroba dalam proses ini terkait dengan mitigasi perubahan iklim? - Mikroba mengubah sampah menjadi emas - Mikroba mempercepat penguapan air sehingga sampah menjadi kering	C

	c. Mikroba membantu mendaur ulang nutrisi sehingga sampah tidak menumpuk dan melepaskan gas rumah kaca secara liar di TPA d. Mikroba menyerap radiasi matahari agar sampah tidak panas e. Mikroba menghentikan seluruh emisi karbon dari sampah																					
5	Seorang murid ingin membuat eko-enzim dari limbah kulit buah. Berdasarkan prosedur yang benar, perbandingan antara gula (molase), limbah buah, dan air yang harus digunakan adalah a. 1:1:1 b. 3:1:10 c. 1:3:10 d. 10:3:1 e. 5:5:5	C																				
6	Dalam sebuah percobaan pembuatan biogas dari kotoran ternak, jika alat penampung gas bocor, maka hal yang akan terjadi adalah a. Proses fermentasi akan berjalan lebih cepat b. Tekanan di dalam tangki meningkat drastis c. Gas metana akan terlepas ke atmosfer dan menurunkan kualitas hasil energi alternatif d. Mikroba di dalam tangki akan mati karena terkena Cahaya e. Limbah organik di dalam tangki akan berubah menjadi batu	C																				
7	Sebuah kelompok murid melakukan pengolahan limbah organik menjadi pupuk cair dengan variabel suhu yang berbeda. Berikut adalah hasil pengamatannya. <table><tr><th>Wadah</th><th>Suhu Lingkungan (°C)</th><th>Lama Fermentasi</th><th>Aroma yang Dihasilkan</th><th>Kandungan Gas Metana</th></tr><tr><td>P</td><td>20</td><td>21 Hari</td><td>Masam Lemah</td><td>Sedikit</td></tr><tr><td>Q</td><td>35</td><td>10 Hari</td><td>Khas Fermentasi</td><td>Tinggi</td></tr><tr><td>R</td><td>55</td><td>5 Hari</td><td>Busuk Menyengat</td><td>Sangat Tinggi</td></tr></table> Berdasarkan data tersebut, faktor yang memengaruhi keberhasilan dan kecepatan proses fermentasi limbah organik menjadi energi atau pupuk adalah a. Suhu rendah (20°C) adalah kondisi paling ideal agar fermentasi tidak berbau b. Suhu 55°C pada wadah R menunjukkan keberhasilan karena menghasilkan gas paling banyak meskipun berbau busuk c. Lama hari fermentasi berbanding lurus dengan suhu lingkungan d. Peningkatan suhu hingga batas tertentu (35°C) mempercepat aktivitas mikroba sehingga fermentasi lebih efektif dan cepat e. Jenis limbah organik tidak berpengaruh selama suhu lingkungan tetap stabil	Wadah	Suhu Lingkungan (°C)	Lama Fermentasi	Aroma yang Dihasilkan	Kandungan Gas Metana	P	20	21 Hari	Masam Lemah	Sedikit	Q	35	10 Hari	Khas Fermentasi	Tinggi	R	55	5 Hari	Busuk Menyengat	Sangat Tinggi	D
Wadah	Suhu Lingkungan (°C)	Lama Fermentasi	Aroma yang Dihasilkan	Kandungan Gas Metana																		
P	20	21 Hari	Masam Lemah	Sedikit																		
Q	35	10 Hari	Khas Fermentasi	Tinggi																		
R	55	5 Hari	Busuk Menyengat	Sangat Tinggi																		

8	Faktor yang sangat memengaruhi keberhasilan fermentasi dalam pembuatan pupuk organik dari limbah cair adalah rasio C/N, suhu, dan pH. Jika pH dalam wadah fermentasi menjadi terlalu asam (di bawah 4), analisislah dampaknya terhadap aktivitas mikroba! - Mikroba akan bekerja lebih giat untuk menaikkan pH - pH asam tidak berpengaruh pada mikroba fermentasi - Sampah akan langsung berubah menjadi energi listrik - Aktivitas mikroba fungsional dapat terhambat atau berhenti, sehingga proses fermentasi gagal - Mikroba akan berubah menjadi spesies baru yang tahan asam	D
9	Evaluasilah manfaat penerapan bioteknologi konvensional (seperti pembuatan biogas) di peternakan sapi berskala besar dalam upaya mengurangi emisi metana - Tidak efektif karena biogas tetap menghasilkan emisi saat dibakar - Hanya efektif jika sapi-sapi tersebut tidak diberi makan rumput - Tidak bermanfaat karena biaya pembuatannya terlalu mahal dibandingkan dampaknya - Justru berbahaya karena metana dapat menyebabkan ledakan matahari - Sangat efektif karena metana yang seharusnya lepas ke atmosfer ditangkap dan dibakar menjadi CO₂ dan air, yang memiliki potensi pemanasan global jauh lebih rendah daripada metana	E
10	Rancanglah sebuah percobaan sederhana untuk memanfaatkan limbah nasi sisa dan air cucian beras di lingkungan rumah agar menjadi energi alternatif yang bermanfaat - Mencampur nasi sisa, air cucian beras, dan gula ke dalam botol tertutup yang dihubungkan dengan selang ke penampung gas untuk menghasilkan biogas - Menjemur nasi sisa hingga kering kemudian membakarnya untuk memasak - Membuang nasi sisa ke sungai agar dimakan ikan - Mengubur nasi sisa di dalam pot bunga tanpa tambahan air - Mencampur nasi sisa dengan deterjen agar cepat hancur	A

MATERI PERUBAHAN IKLIM

PERTEMUAN 3

Konsep Dasar Bioteknologi

Bioteknologi merupakan cabang ilmu biologi yang memanfaatkan organisme hidup, bagian organisme, atau sistem biologis untuk menghasilkan produk dan jasa yang bermanfaat bagi manusia. Pemanfaatan tersebut dilakukan melalui proses biologis alami yang dapat dikendalikan untuk tujuan tertentu, seperti menghasilkan makanan, energi, obat-obatan, atau mengolah limbah.

Secara sederhana, bioteknologi adalah penerapan ilmu biologi dalam kehidupan nyata untuk menghasilkan sesuatu yang berguna. Dalam perkembangannya, bioteknologi dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern.

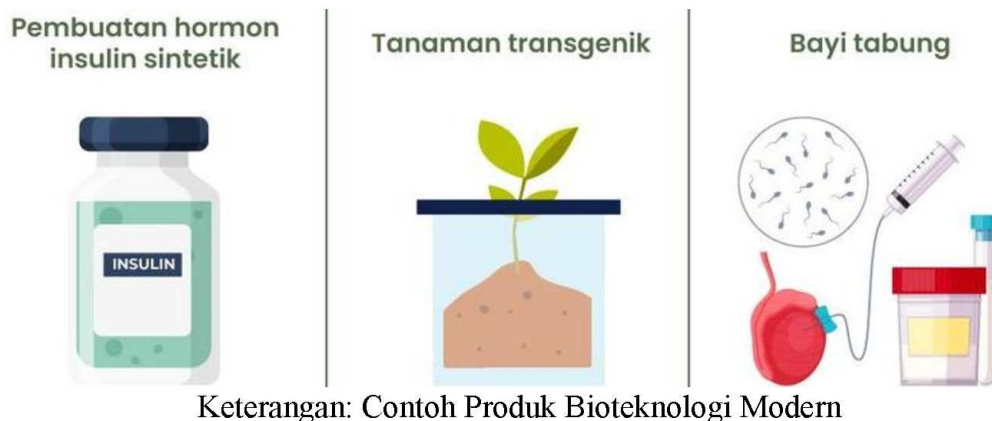
1. Bioteknologi Konvensional



Keterangan: Produk Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional adalah bioteknologi yang memanfaatkan organisme secara langsung tanpa manipulasi genetik. Proses yang digunakan biasanya berupa fermentasi atau dekomposisi alami dengan teknologi yang relatif sederhana. Contohnya pembuatan tempe, pembuatan tape, pembuatan yoghurt, pembuatan kompos. Bioteknologi konvensional telah digunakan manusia sejak ribuan tahun lalu, bahkan sebelum manusia memahami keberadaan mikroorganisme secara ilmiah.

2. Bioteknologi Modern



Bioteknologi modern adalah bioteknologi yang melibatkan teknik rekayasa genetika dan manipulasi materi genetik organisme untuk menghasilkan sifat tertentu. Contohnya tanaman transgenik, produksi insulin rekombinan, kultur jaringan

Perbedaan utama antara bioteknologi konvensional dan modern terletak pada teknik yang digunakan. Bioteknologi konvensional memanfaatkan proses alami mikroorganisme tanpa mengubah susunan genetiknya, sedangkan bioteknologi modern melibatkan manipulasi DNA.

Ciri-ciri Bioteknologi Konvensional

Bioteknologi konvensional memiliki beberapa karakteristik yang membedakannya dari bioteknologi modern.

1. Menggunakan Mikroorganisme Alami

Bioteknologi konvensional memanfaatkan mikroorganisme yang sudah ada di alam tanpa rekayasa genetik. Mikroorganisme tersebut bekerja secara alami melalui aktivitas metabolisme untuk mengubah bahan menjadi produk yang diinginkan.

2. Tidak Melibatkan Rekayasa Genetika

Dalam bioteknologi konvensional, tidak ada perubahan atau penyisipan gen baru ke dalam organisme. Proses yang terjadi sepenuhnya bergantung pada kemampuan alami mikroorganisme tersebut.

3. Berbasis Proses Fermentasi atau Dekomposisi

Proses utama dalam bioteknologi konvensional adalah:

- a. Fermentasi, yaitu proses penguraian zat organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tertentu, biasanya tanpa oksigen.
- b. Dekomposisi, yaitu proses penguraian bahan organik menjadi zat yang lebih sederhana oleh mikroorganisme pengurai.

Melalui proses tersebut, bahan yang awalnya tidak berguna dapat diubah menjadi produk yang bermanfaat.

4. Menggunakan Teknologi Sederhana

Peralatan yang digunakan dalam bioteknologi konvensional relatif sederhana dan dapat dilakukan dalam skala rumah tangga maupun sekolah. Contohnya adalah penggunaan wadah tertutup untuk fermentasi atau pengomposan sampah organik di lingkungan sekitar.

Peran Mikroorganisme dalam Bioteknologi Konvensional

Mikroorganisme adalah makhluk hidup berukuran sangat kecil yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop. Walaupun ukurannya kecil, peran mikroorganisme sangat besar dalam proses bioteknologi. Mikroorganisme yang sering dimanfaatkan dalam bioteknologi konvensional meliputi bakteri, jamur, dan ragi.

1. Bakteri

Bakteri adalah organisme bersel tunggal yang memiliki kemampuan metabolisme yang sangat beragam. Dalam bioteknologi konvensional, bakteri berperan dalam:

- a. Proses fermentasi
- b. Penguraian bahan organik
- c. Produksi biogas
- d. Pembuatan kompos

Beberapa bakteri mampu menguraikan bahan organik menjadi gas metana dalam kondisi anaerob. Gas metana ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Bakteri juga membantu menguraikan limbah organik sehingga

mengurangi volume sampah dan mencegah pembentukan gas rumah kaca yang berlebihan di tempat pembuangan akhir.

2. Jamur

Jamur adalah organisme yang tidak memiliki klorofil dan memperoleh makanan dengan cara menyerap zat organik dari lingkungannya. Jamur menghasilkan enzim yang mampu memecah senyawa kompleks seperti selulosa dan lignin menjadi senyawa yang lebih sederhana. Dengan kemampuan tersebut, jamur membantu mempercepat proses dekomposisi sampah organik.

Dalam bioteknologi konvensional, jamur berperan dalam:

- a. Proses fermentasi makanan
- b. Penguraian bahan organik
- c. Pembuatan kompos

3. Ragi

Ragi merupakan kelompok jamur bersel tunggal yang banyak digunakan dalam proses fermentasi. Ragi bekerja dengan mengubah gula menjadi alkohol dan gas karbon dioksida dalam kondisi anaerob. Dalam konteks pengelolaan limbah dan energi, ragi dapat digunakan untuk:

- a. Menghasilkan gas dalam proses fermentasi
- b. Mendemonstrasikan pembentukan energi dari bahan organik
- c. Membantu memahami proses metabolisme anaerob

MODUL AJAR
PERUBAHAN IKLIM
PERTEMUAN IV

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun	: Komang Widiani
Satuan Pendidikan	: SMA
Fase/Kelas	: E/X
Mata Pelajaran	: Biologi
Alokasi Waktu	: 3 JP
Tahun Penyusunan	: 2026

II. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim

III. KOMPETENSI AWAL

Murid memahami konsep dasar ekosistem dan interaksi antar komponen biotik-abiotik, mengenal konsep dasar fotosintesis dan respirasi sebagai bagian dari siklus materi

IV. DIMENSI PROFIL LULUSAN

1. Keimanan & Ketakwaan
2. Kewargaan
3. Penalaran Kritis
4. Kreativitas
5. Kolaborasi
6. Kemandirian
7. Kesehatan
8. Komunikasi

V. SARANA DAN PRASARANA

1. Handphone
2. Akses Internet
3. Alat Tulis
4. Lembar Kerja Murid (LKM)
5. Referensi Lainnya

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Model pembelajaran yang digunakan dalam materi perubahan iklim adalah *Think Pair Share* dengan *setting* pendekatan *Flipped Classroom*.

KOMPETENSI INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Mampu mampu menciptakan prototipe atau rencana aksi berbasis konsep biologi (seperti *urban farming* atau pembuatan *ecoenzim*) untuk meminimalkan dampak pemanasan global di lingkungan sekitar.

II. PEMAHAMAAN BERMAKNA

Murid memiliki kemampuan untuk berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim melalui tindakan berbasis sains.

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan *Pre-Class* dan Tahapan 1. *Think* (Memahami)

(Dirumah)

1. Guru memberikan tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan penilaian kepada murid.
2. Guru memberikan materi pembelajaran dan LKM kepada murid.
3. Guru memberikan arahan kepada murid untuk memahami serta melaksanakan arahan yang telah diberikan.

Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

(Disekolah)

1. Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar murid.
2. Guru memimpin murid untuk melakukan kegiatan berdoa bersama
3. Guru memeriksa kesiapan murid dalam belajar
4. Guru melakukan absensi kepada murid
5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran
6. *Mindful Learning* (Berkesadaran)
 - Guru mengajak murid menyadari bahwa aktivitas sehari-hari mereka berkontribusi terhadap emisi karbon.
 - “Setiap hari kita menghasilkan sampah organik dan menggunakan kendaraan bermotor. Pernahkah kalian berpikir berapa banyak karbon yang kita hasilkan dalam satu minggu?”
7. *Meaningful Learning* (Bermakna)
 - Guru menghubungkan konsep fotosintesis dengan kemampuan tanaman menyerap karbon dioksida.

- “Tanaman dalam urban farming bukan hanya mempercantik rumah, tetapi secara biologis menyerap karbon melalui fotosintesis.”

8. *Joyful Learning* (Menggembirakan)

- Guru menyampaikan secara semangat:
- “Sekarang waktunya kalian menjadi ilmuwan sekaligus inovator lingkungan!”

Kegiatan Inti (*In-Class*) (105 menit)

Tahapan 2. *Pair* (Mengaplikasikan)

1. Guru mengarahkan murid untuk membentuk kelompok secara berpasangan dengan teman sebangkunya.
2. Guru mengarahkan murid untuk melaksanakan tahapan lanjutan pada LKM yang telah diberikan yang akan dikerjakan secara berpasangan
3. Guru mengarahkan murid untuk melakukan diskusi bersama pasangan kelompoknya.
4. Guru mengawasi jalannya kegiatan diskusi
5. Guru memberi tahu murid bahwa pelaksanaan kegiatan diskusi dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 40 menit

Tahapan 3. *Share* (Merefleksi)

1. Guru mengarahkan murid untuk bersiap-siap akan melaksanakan presentasi hasil diskusi yang telah dilaksanakan sebelumnya
2. Guru melakukan pilihan secara acak untuk menentukan giliran untuk melakukan presentasi
3. Guru dapat memberikan masukan kepada kelompok pasangan yang sedang melakukan presentasi
4. Guru mengatur jalannya presentasi agar tetap kondusif

Kegiatan Penutup (15 menit)

1. Guru bersama murid menarik kesimpulan dari hasil belajar
2. Guru bersama murid saling mengevaluasi kegiatan pembelajaran
3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan salam dan berdoa

Pasca-kelas

1. Guru memberikan tes evaluasi untuk mengukur ketercapaian seluruh indikator hasil belajar murid.
2. Guru memberikan informasi mengenai pembelajaran pada pertemuan selanjutnya

ASESMEN/PENILAIAN

Aspek Penilaian	Keterangan
Penilaian Pengetahuan (Kognitif)	Penilaian pengetahuan yang dilakukan pada capaian pembelajaran ini sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai adalah dengan tes tertulis.

REFLEKSI

Refleksi Guru			
No	Aspek	Refleksi Guru	Jawaban
1	Penguasaan materi	Apakah saya sudah memahami cukup baik materi dan aktivitas pembelajaran ini?	
2	Penyampaian materi	Apakah materi ini sudah tersampaikan dengan cukup baik kepada murid?	
3	Umpan balik	Apakah 100% murid telah mencapai penguasaan tujuan pembelajaran yang ingin di capai	

Refleksi Murid			
No	Aspek	Refleksi Murid	Jawaban
1	Perasaan dalam belajar	Apa yang menyenangkan dalam kegiatan pembelajaran hari ini?	
2	Makna	Apakah aktivitas pembelajaran hari ini bermakna bagi hidup saya?	
3	Penguasaan materi	Saya dapat menguasai materi pembelajaran pada hari ini j. Baik k. Cukup l. Kurang	
4	Keaktifan	Apakah saya terlibat aktif dan menyumbangkan ide dalam proses pembelajaran hari ini?	
5	Gotong Royong	Apakah saya dapat bekerjasama dengan teman 1 kelompok?	

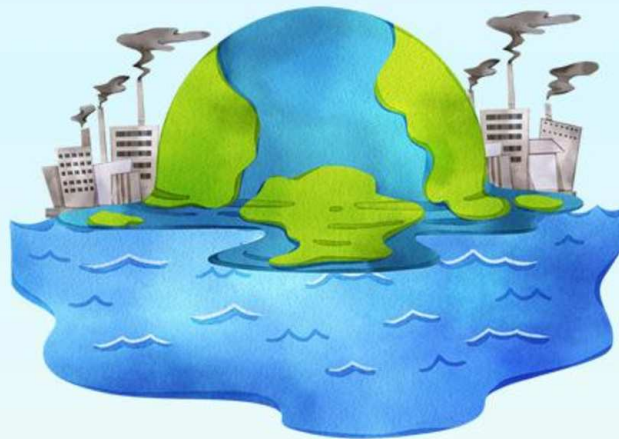


LKM

Lembar Kerja Murid

Perubahan Iklim

KELAS X SMA
SEMESTER 2
TAHUN PELAJARAN 2025/2026



Pembimbing:

Prof. Dr. Desak Made Citrawathi, M.Kes.
Ajeng Purnama Heny, M.Pd.

Oleh:

Komang Widiani

UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2026

LEMBAR KERJA MURID

PERTEMUAN IV

Mata Pelajaran	:	Biologi
Tujuan Pembelajaran	:	Mampu menciptakan prototipe atau rencana aksi berbasis konsep biologi (seperti <i>urban farming</i> atau pembuatan <i>ecoenzim</i>) untuk meminimalkan dampak pemanasan global di lingkungan sekitar.
Kelas	:	
Kelompok	:	
Petunjuk	:	
1. Bacalah dan pahami instruksi yang ada 2. Pada tahapan <i>think</i> dan pra-kelas dilaksanakan secara mandiri dengan memahami mengenai solusi biologis untuk mitigasi perubahan iklim. 3. Gunakan literatur atau sumber belajar lain yang berkaitan dengan materi. 4. Selanjutnya pada tahapan <i>pair</i> dan <i>share</i> dilaksanakan di kelas, tahapan <i>pair</i> akan melakukan diskusi bersama kelompok secara berpasangan. 5. Jawablah semua pertanyaan yang ada dalam LKM dengan benar, jelas, dan tepat. 6. Pada tahapan <i>share</i>, setiap kelompok melakukan presentasi hasil diskusi di hadapan kelas.		
Nama Anggota	:	1.
	:	2.

1. *Think* dan Pra-kelas

Sebelum mengerjakan LKM ini, pelajailah terlebih dahulu konsep mengenai solusi berbasis biologi untuk mengurangi pemanasan global melalui sumber belajar yang diberikan guru atau dengan memindai QR Code yang tersedia.



*Urban
Farming*



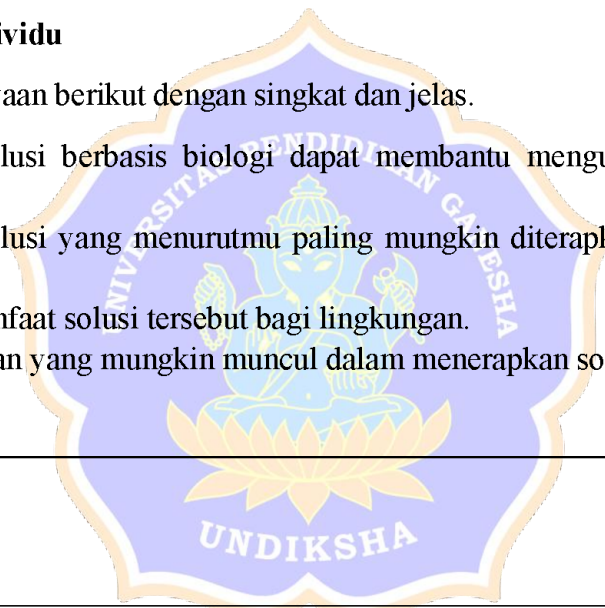
Ecoenzym

Pertanyaan Individu

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Mengapa solusi berbasis biologi dapat membantu mengurangi pemanasan global?
2. Pilih satu solusi yang menurutmu paling mungkin diterapkan di lingkungan sekolah.
3. Jelaskan manfaat solusi tersebut bagi lingkungan.
4. Apa tantangan yang mungkin muncul dalam menerapkan solusi tersebut?

Jawaban



2. *Pair* dan di kelas

Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)

Diskusikan dengan pasanganmu untuk merancang prototipe atau rencana aksi sederhana yang dapat membantu mengurangi dampak pemanasan global di lingkungan sekolah.

Rancangan Proyek

Lengkapi tabel berikut bersama pasangan Anda!

Komponen	Deskripsi
Nama Proyek	
Masalah lingkungan yang ingin diselesaikan	
Konsep biologi yang digunakan	
Cara kerja solusi	
Alat dan bahan yang diperlukan	
Manfaat bagi lingkungan	

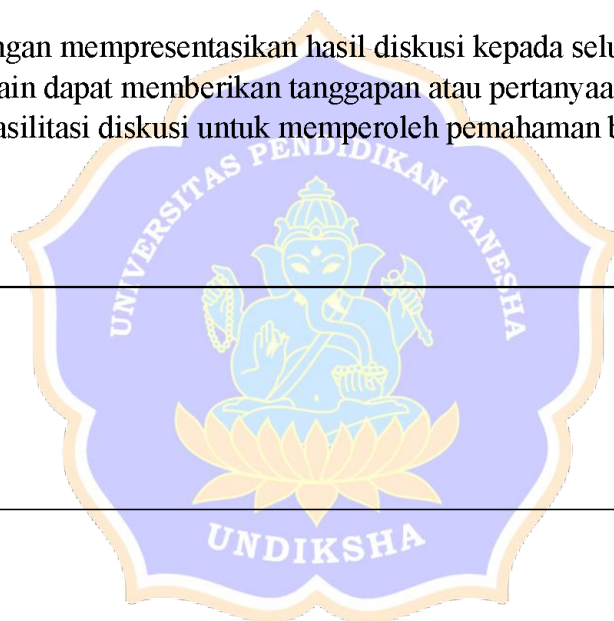
3. *Share* dan di kelas

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan

--



Penilaian Lembar Kerja Murid (LKM)

No	Nama Murid	Hasil Penilaian
1		
2		
3		
4		
Dst.		

Tabel penilaian presentasi dapat disesuaikan dengan daftar nama murid di daftar hadir murid dengan tujuan untuk efektif dan efisien

Rubrik Penilaian Lembar Kerja Murid (LKM)

Kriteria	Skor
Menjawab benar	5
Menjawab tapi kurang tepat	3
Menjawab tapi salah	2
Tidak Menjawab	0

Memperoleh skor penilaian LKM = $\frac{\text{Skor diperoleh}}{\text{Skor total}} \times 100$

Penilaian Presentasi

No	Nama Murid	Skor Perolehan Presentasi
1		
2		
3		
4		
Dst.		

Tabel penilaian presentasi dapat disesuaikan dengan daftar nama murid di daftar hadir murid dengan tujuan untuk efektif dan efisien

Rubrik Penilaian Presentasi

Skor	Fokus Penilaian
100	Informasi sangat lengkap dan penyampaian informasi sangat mudah dipahami
80	Informasi lengkap dan penyampaian informasi mudah dipahami
60	Informasi cukup lengkap dan penyampaian informasi cukup mudah dipahami
40	Informasi kurang lengkap dan penyampaian kurang mudah dipahami
20	Informasi tidak memenuhi materi pembelajaran dan komunikasi sangat kurang dipahami

Rubrik Penilaian Produk

Aspek yang Dinilai	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Kurang)
Kesesuaian dengan Konsep Biologi	Prototipe/rencana aksi sangat sesuai dengan konsep biologi yang relevan (misalnya daur karbon, fotosintesis, dekomposisi, pengelolaan limbah organik) dan dijelaskan secara ilmiah, tepat, dan mendalam.	Sesuai dengan konsep biologi dan penjelasan cukup tepat, namun belum mendalam.	Ada keterkaitan dengan konsep biologi tetapi penjelasan kurang tepat atau kurang lengkap.	Tidak menunjukkan keterkaitan yang jelas dengan konsep biologi.
Kreativitas dan Inovasi	Ide sangat kreatif, inovatif, dan kontekstual dengan kondisi lingkungan sekitar.	Ide cukup kreatif dan sesuai konteks lingkungan sekitar.	Ide kurang variatif dan masih umum.	Ide tidak menunjukkan kreativitas atau meniru tanpa modifikasi.
Kebermanfaatan dan Dampak terhadap Lingkungan	Solusi sangat realistis, berpotensi besar meminimalkan dampak pemanasan global, dan memiliki dampak nyata bagi lingkungan sekitar.	Solusi cukup realistis dan berpotensi memberikan dampak positif.	Solusi kurang realistis atau dampaknya masih terbatas.	Solusi tidak jelas manfaatnya atau tidak relevan dengan isu pemanasan global.
Perencanaan dan Kelayakan Implementasi	Langkah-langkah tersusun sistematis, rinci, dan sangat memungkinkan untuk diterapkan.	Langkah-langkah cukup sistematis dan dapat diterapkan.	Perencanaan kurang rinci dan terdapat bagian yang belum jelas.	Tidak ada perencanaan yang jelas atau sulit diterapkan.
Presentasi dan Argumentasi Ilmiah	Penyajian sangat jelas, runtut, didukung data/argumen ilmiah yang kuat, dan mampu menjawab pertanyaan dengan tepat.	Penyajian cukup jelas dan argumentasi cukup kuat.	Penyajian kurang runtut dan argumentasi kurang didukung data.	Penyajian tidak jelas dan tidak mampu menjelaskan dasar ilmiah.

$$\text{Memperoleh skor} = \frac{\text{Skor diperoleh}}{\text{Skor total}} \times 100$$

Skor total = 20

Rubrik Penilaian Formatif

Bentuk penilaian formatif : Pilihan Ganda

Jumlah soal : 10 Soal

Skor 1 soal : 1

Nilai : Skor hasil : skor total x 100

No	Soal	Kunci Jawaban
1	Aksi mitigasi pemanasan global berbasis biologi yang bertujuan untuk meningkatkan penyerapan CO₂ di area pemukiman padat adalah - Pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir - Penggunaan panel surya di setiap rumah - Pengurangan penggunaan kantong plastik - Pembangunan tanggul laut raksasa - Gerakan menanam pohon seribu satu (Penghijauan/Reforestasi)	E
2	Konsep biologi yang mendasari aksi penghijauan sebagai upaya mitigasi pemanasan global adalah - Hukum pewarisan sifat - Proses penguapan air dari tanah - Teori evolusi Darwin - Kemampuan fotosintesis tumbuhan dalam mengikat karbon dioksida - Seleksi alam pada hewan	D
3	Prinsip kerja eko-enzim dalam membantu meminimalkan dampak pemanasan global di tingkat rumah tangga adalah - Eko-enzim menyerap panas matahari secara langsung dari udara - Eko-enzim mengubah gas CO₂ menjadi oksigen saat disemprotkan di ruangan - Eko-enzim berfungsi sebagai bahan bakar fosil baru - Eko-enzim dapat digunakan sebagai pengganti bahan kimia pembersih yang ramah lingkungan dan sisa produksinya mengurangi tumpukan sampah organik di TPA - Eko-enzim mempercepat pertumbuhan tanaman hingga 100 kali lipat	D
4	Manfaat nyata dari program penghijauan di lingkungan sekolah terhadap penurunan suhu mikro adalah	B

	a. Tanaman menyerap seluruh cahaya matahari sehingga area menjadi gelap b. Melalui proses transpirasi, tanaman melepaskan uap air yang mendinginkan udara di sekitarnya c. Akar tanaman menyerap panas dari dalam bumi d. Daun tanaman mengeluarkan es pada malam hari e. Tanaman menghentikan angin sehingga udara terasa lebih tenang													
5	Dalam merencanakan aksi lingkungan "Sekolah Bebas Sampah Organik", langkah pertama yang paling sesuai dengan konsep biologi adalah a. Menyediakan wadah pengomposan (komposter) di area kantin untuk mengolah sisa makanan b. Membeli banyak tempat sampah plastik baru c. Membakar seluruh sampah setiap sore hari d. Mengangkut sampah ke TPA sesering mungkin. e. Melarang murid membawa makanan ke sekolah	A												
6	Jika Anda ingin memanfaatkan lahan sempit di balkon rumah untuk membantu mitigasi iklim, sumber daya sekitar yang paling tepat digunakan adalah a. Botol plastik bekas untuk dijadikan pot <i>hydroponic</i> atau tanaman gantung b. Lantai semen yang dicat hijau agar tampak seperti rumput c. Lampu UV yang dinyalakan 24 jam d. Pendingin ruangan (AC) yang dipasang menghadap tanaman e. Menimbun tanah setinggi 1 meter di atas balkon	A												
7	Seorang peneliti membandingkan dampak penggunaan eko-enzim dengan pembersih kimia terhadap kelestarian ekosistem sungai kecil di sekitar pemukiman. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Indikator</th><th>Penggunaan Pembersih Kimia</th><th>Penggunaan Eko-Enzim</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kejernihan Air</td><td>Menurun (Banyak Busa)</td><td>Meningkat (Busa Sedikit)</td></tr> <tr> <td>Kadar Oksigen (DO)</td><td>Rendah (2 mg/L)</td><td>Tinggi (6 mg/L)</td></tr> <tr> <td>Kehidupan Ikan</td><td>Banyak yang Mati</td><td>Tetap Hidup</td></tr> </tbody> </table> Berdasarkan tabel evaluasi di atas, keunggulan aksi pembuatan eko-enzim sebagai prototipe mitigasi lingkungan adalah a. Eko-enzim mampu membunuh seluruh bakteri di sungai tanpa sisa	Indikator	Penggunaan Pembersih Kimia	Penggunaan Eko-Enzim	Kejernihan Air	Menurun (Banyak Busa)	Meningkat (Busa Sedikit)	Kadar Oksigen (DO)	Rendah (2 mg/L)	Tinggi (6 mg/L)	Kehidupan Ikan	Banyak yang Mati	Tetap Hidup	E
Indikator	Penggunaan Pembersih Kimia	Penggunaan Eko-Enzim												
Kejernihan Air	Menurun (Banyak Busa)	Meningkat (Busa Sedikit)												
Kadar Oksigen (DO)	Rendah (2 mg/L)	Tinggi (6 mg/L)												
Kehidupan Ikan	Banyak yang Mati	Tetap Hidup												

	b. Pembersih kimia lebih baik karena menghasilkan busa yang membantu pembersihan kotoran di air c. Eko-enzim mengurangi populasi ikan karena air menjadi terlalu jernih d. Tidak ada perbedaan signifikan antara keduanya terhadap pemanasan global e. Eko-enzim bersifat ramah lingkungan karena mampu menjaga kadar oksigen terlarut tetap tinggi sehingga ekosistem tetap seimbang	
8	Beberapa aksi mitigasi pemanasan global seperti penanaman pohon monokultur (hanya satu jenis pohon) di lahan luas sering dikritik. Analisislah kekurangan jangka panjang aksi tersebut terhadap ekosistem a. Pohon monokultur menyerap terlalu banyak CO₂ sehingga udara menjadi tipis b. Kerentanan terhadap serangan hama meningkat dan rendahnya biodiversitas yang didukung oleh hutan tersebut c. Pohon monokultur tumbuh terlalu lambat dibandingkan hutan campuran d. Biaya penanaman pohon satu jenis jauh lebih mahal e. Pohon monokultur akan berubah menjadi spesies invasif	B
9	Sebuah rencana aksi mitigasi berupa pembuatan "Lubang Biopori" di halaman sekolah dievaluasi oleh guru. Jika halaman sekolah tersebut dilapisi semen seluruhnya, evaluasi kelayakan rencana aksi tersebut adalah a. Rencana tetap layak karena semen bisa ditembus oleh akar tanaman b. Rencana tidak layak kecuali lapisan semen dibongkar terlebih dahulu agar tanah dapat berhubungan langsung dengan udara dan air c. Rencana sangat layak karena lubang bisa dibuat di atas semen menggunakan bor besi d. Biopori tidak cocok untuk sekolah, lebih cocok untuk hutan e. Evaluasi menunjukkan biopori akan meningkatkan risiko banjir di sekolah	B
10	Ciptakanlah sebuah rencana aksi nyata berbasis biologi yang dapat dilakukan oleh murid SMA untuk mengurangi dampak pemanasan global di lingkungan rumah masing-masing a. Membeli mobil listrik untuk setiap anggota keluarga	C

	b. Membuat kampanye di media sosial tanpa melakukan aksi nyata di lapangan c. Melakukan pemilahan sampah dari rumah dan mengolah sampah organik menjadi kompos atau eko-enzim secara rutin d. Memasang AC di setiap ruangan rumah agar suhu terasa dingin e. Mengganti semua tanaman hias dengan tanaman plastik agar tidak perlu disiram	
--	---	--



MATERI PERUBAHAN IKLIM

PERTEMUAN 4

Pengertian *Urban Farming*



Keterangan: Contoh *Urban Farming*

Urban farming atau pertanian perkotaan adalah kegiatan budidaya tanaman atau ternak dalam skala kecil hingga menengah yang dilakukan di wilayah perkotaan atau permukiman padat penduduk. *Urban farming* memanfaatkan ruang terbatas seperti halaman rumah, atap bangunan, balkon, dinding, lahan kosong, maupun wadah daur ulang untuk menanam tanaman pangan atau tanaman hijau lainnya.

Berbeda dengan pertanian konvensional di pedesaan yang dilakukan dalam skala luas, *urban farming* menekankan pada pemanfaatan ruang sempit secara efisien, produksi pangan lokal, keberlanjutan lingkungan, keterlibatan masyarakat. *Urban farming* berkembang sebagai respons terhadap berbagai permasalahan perkotaan, seperti meningkatnya suhu udara, minimnya ruang terbuka hijau, tingginya emisi karbon, serta ketergantungan terhadap distribusi pangan jarak jauh. Dalam konteks biologi dan perubahan iklim, *urban farming* bukan hanya aktivitas bercocok tanam, tetapi merupakan bentuk penerapan konsep fotosintesis, daur karbon, dan keseimbangan ekosistem dalam kehidupan sehari-hari.

Manfaat *Urban Farming*

Urban farming memiliki dampak ekologis yang signifikan, terutama dalam upaya mitigasi pemanasan global.

1. Penyerapan Karbon Dioksida (CO₂)

Tanaman menyerap karbon dioksida melalui proses fotosintesis. Karbon dioksida merupakan salah satu gas rumah kaca utama yang menyebabkan pemanasan global. Semakin banyak tanaman di lingkungan perkotaan, semakin besar potensi penyerapan karbon yang terjadi. Walaupun dalam skala rumah tangga,

akumulasi dari banyak rumah dapat memberikan dampak yang berarti. Melalui fotosintesis dengan proses CO_2 dari atmosfer diserap oleh daun tanaman, karbon disimpan dalam jaringan tumbuhan, oksigen dilepaskan kembali ke udara.

2. Produksi Oksigen

Selain menyerap karbon dioksida, tanaman menghasilkan oksigen sebagai produk samping fotosintesis. Oksigen sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup, termasuk manusia. Kehadiran tanaman di lingkungan padat penduduk membantu untuk meningkatkan kualitas udara, mengurangi polusi, menyegarkan lingkungan

3. Penurunan Suhu Lingkungan

Permukaan beton dan aspal di kota menyerap panas lebih besar dibandingkan tanah dan vegetasi. Hal ini menyebabkan fenomena pulau panas perkotaan (urban heat island), yaitu kondisi di mana suhu kota lebih tinggi dibandingkan daerah sekitarnya. Tanaman membantu menurunkan suhu melalui proses transpirasi (pelepasan uap air dari daun), peneduhan terhadap permukaan bangunan, penyerapan radiasi matahari

4. Pengurangan Limbah Organik

Urban farming dapat memanfaatkan kompos dari sampah organik rumah tangga. Dengan demikian volume sampah berkurang, emisi metana dari tempat pembuangan akhir dapat ditekan, siklus nutrisi menjadi lebih berkelanjutan.

Urban Farming Sederhana

Untuk membuat lahan pertanian di lahan perkotaan yang sempit, ada beberapa cara yang bisa kamu gunakan. Berikut ini adalah beberapa metode yang bisa kamu gunakan dalam pertanian di perkotaan.

1. Aquaponik



Keterangan: Gambaran Metode Aquaponik

Metode *urban farming* pertama yang bisa kamu lakukan yaitu aquaponik. Praktik perkebunan ini memadukan konsep budidaya tanaman sekaligus budidaya

ikan. Biasanya metode aquaponik ini dilakukan karena tersedianya kolam ikan. Kolam ikan pun bisa menyesuaikan lahan yang kamu miliki. Beberapa contoh tanaman yang cocok dengan metode aquaponik adalah tanaman selada, kangkung, dan pakcoy. Sementara untuk jenis ikannya yaitu ikan lele, ikan mas, atau ikan nila.

2. Vertikultur



Keterangan: Gambaran Metode Vertikultur

Metode *urban farming* yang kedua yaitu vertikultur. Teknik pertanian ini sangat cocok bagi kamu yang memiliki lahan terbatas. Vertikultur merupakan metode bercocok tanam dengan memanfaatkan bidang vertikal. Misalnya dengan menggunakan botol atau paralon. Beberapa tanaman yang bisa kamu tanam dengan menggunakan teknik vertikultur yaitu seledri, sawi, bayam, stroberi, serta anggur.

3. Hidroponik



Sistem Sumbu (Wick)

Keterangan: Gambaran Metode Hidroponik

Metode pertanian urban selanjutnya yaitu hidroponik. Teknik bercocok tanam ini cukup populer di kalangan masyarakat. Hidroponik merupakan teknik menanam tanaman tanpa menggunakan tanah. Jadi, teknik hidroponik ini hanya menggunakan air dan campuran nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Sama seperti vertikultur, teknik hidroponik juga menggunakan botol atau paralon sebagai tempat menanam.

Ada banyak tanaman yang bisa ditanam dengan teknik hidroponik. Misalnya seperti tanaman kangkung, sawi hijau, pakcoy, selada, paprika, dan sebagainya.

4. *Wall Garden*



Keterangan: Gambaran Metode *Wall Garden*

Ada juga metode urban farming bernama *wall garden*. Cukup unik, metode *urban farming* ini menggunakan dinding sebagai media tanamnya. Keuntungan menggunakan teknik *wall garden* ini yaitu tidak membutuhkan terlalu banyak ruang. Kamu bisa memanfaatkan dinding rumah atau halaman rumah yang terkena sinar matahari. Selain itu, teknik *wall garden* juga bisa membuat udara menjadi lebih bersih dan terasa lebih sejuk. Banyak masyarakat luar negeri menggunakan metode *wall garden* ini karena bisa mengatasi air hujan ketika badai. Beberapa jenis tanaman yang bisa kamu tanam dengan teknik *wall garden* yaitu tanaman cabai, tomat, umbi-umbian, dan tanaman hias.

5. *Rooftop Garden*



Keterangan: Gambaran Metode *Rooftop Garden*

Metode *urban farming* yang terakhir yaitu *rooftop garden*. Jika kamu memiliki bangunan dengan lahan yang sempit, kamu bisa mencoba memanfaatkan atap bangunan untuk bercocok tanam. Kamu bisa membuat taman di atap rumah kamu untuk menanam aneka tanaman sayuran, buah, herbal, atau tanaman hias.

Keuntungan lain dari membuat *rooftop garden* yaitu ruangan di bawahnya akan terasa lebih sejuk. Sebab, *rooftop garden* ini bisa meminimalisir suhu panas

Pengertian Ecoenzim



Keterangan: Ecoenzim

Ecoenzim adalah cairan hasil fermentasi limbah organik (seperti kulit buah dan sayur) dengan gula dan air dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen) selama kurang lebih 3 bulan. Produk ini mengandung berbagai senyawa organik, enzim, serta mikroorganisme yang bermanfaat. Konsep ecoenzim pertama kali dipopulerkan oleh Rosukon Poompanvong di Thailand sebagai solusi pengelolaan limbah rumah tangga yang ramah lingkungan dan murah. Ecoenzim dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair, pembersih alami, pengurang bau, serta aktivator kompos. Ecoenzim merupakan hasil proses fermentasi yang menghasilkan zat seperti asam organik (misalnya asam asetat), alkohol, enzim hasil aktivitas mikroorganisme.

Manfaat Ecoenzim

Ecoenzim memiliki berbagai manfaat bagi lingkungan, kesehatan, dan kehidupan sehari-hari. Secara ekologis, ecoenzim membantu mengurangi volume sampah organik rumah tangga sehingga jumlah limbah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir dapat ditekan. Dengan berkurangnya sampah organik yang membusuk secara anaerob, produksi gas metana sebagai salah satu gas rumah kaca juga dapat diminimalkan, sehingga ecoenzim berkontribusi dalam upaya mitigasi pemanasan global.

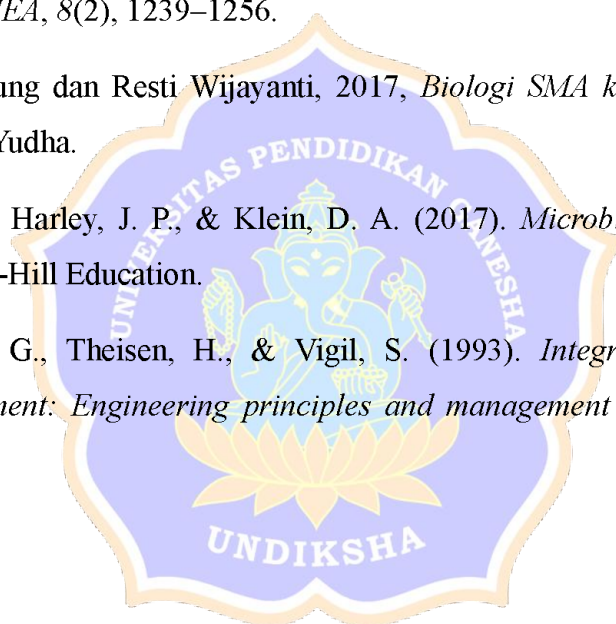
1. Ecoenzim dapat digunakan sebagai pembersih rumah yang ramah lingkungan. Larutan ini efektif membersihkan berbagai permukaan rumah seperti lantai, meja, kamar mandi, dan dapur tanpa meninggalkan residu kimia berbahaya.
2. Ecoenzim juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik untuk tanaman. Nutrisi yang terkandung dalam eco enzim dapat meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki struktur tanah, yang pada gilirannya menghasilkan tanaman yang lebih sehat dan produktif.

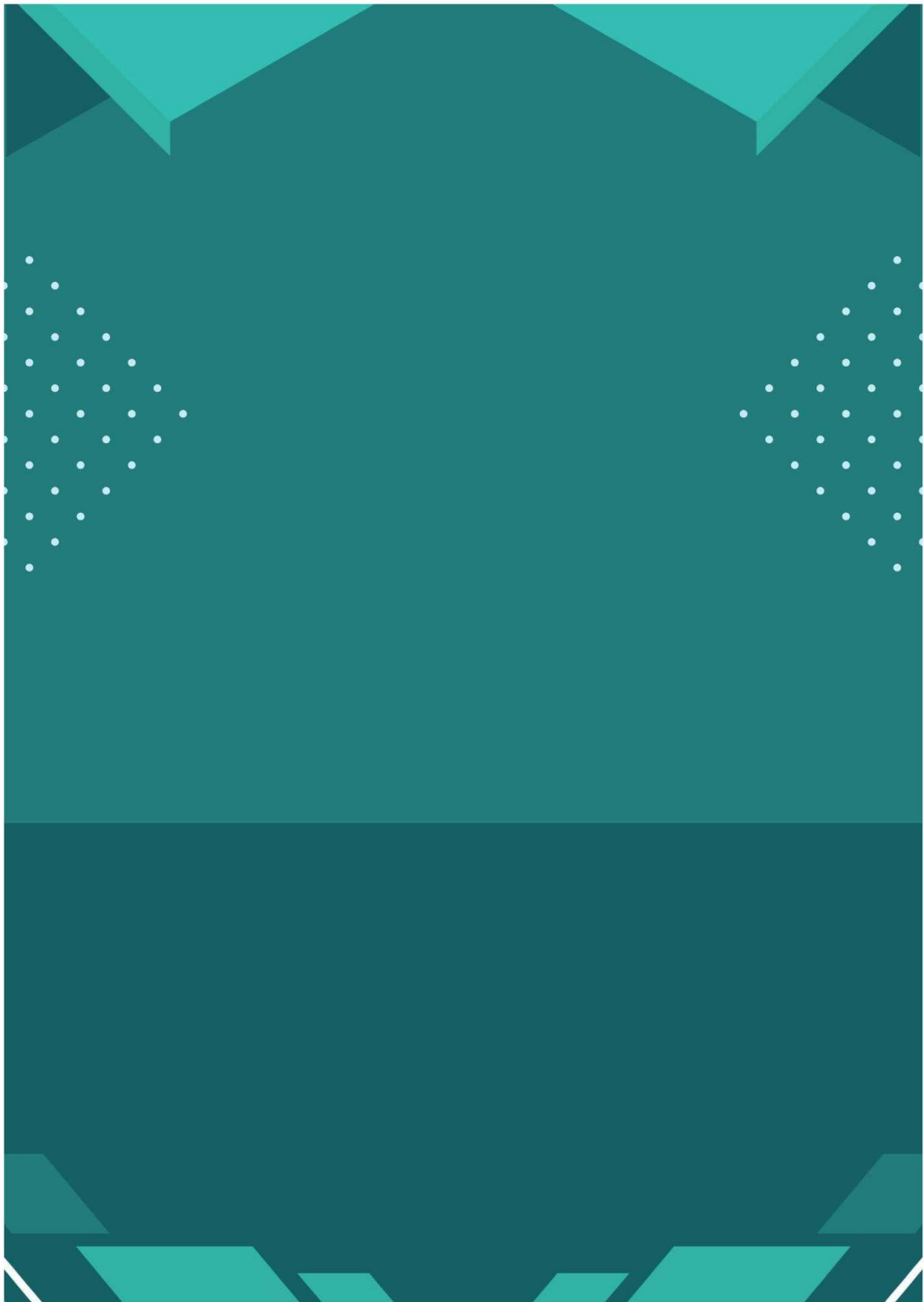
3. Berkat sifat-sifat enzimnya, ecoenzim efektif sebagai pengendali bau yang tidak sedap. Penggunaannya dapat membantu menghilangkan bau amis pada tempat sampah, bau yang tidak sedap pada kamar mandi, serta bau pada pakaian dan alas kaki.
4. Ecoenzim dapat membantu dalam penguraian limbah organik. Dengan menambahkan eco enzim ke dalam limbah organik seperti sisa-sisa makanan, proses dekomposisi dapat dipercepat, mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan dan membantu mengurangi emisi gas rumah kaca.
5. Penggunaan ecoenzim sebagai pengganti produk pembersih kimia konvensional dapat membantu mengurangi polusi air. Eco enzim bersifat biodegradable dan tidak mencemari sumber air.



Daftar Pustaka

- Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. (2018). *Biology* (11th ed.). Pearson Education.
- Irnaningtyas. (2016). *Biologi untuk SMA/MA Kelas X Kurikulum 2013*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2021). *Brock biology of microorganisms* (16th ed.). Pearson.
- Maksimilianus, P. J. G., & Kusumawardani, D. (2024). Pengaruh Deforestasi Terhadap Emisi CO2 Pada Negara Beriklim Tropis Di Benua Asia. *Jurnal Ilmiah MEA*, 8(2), 1239–1256.
- Nurhayati, Nunung dan Resti Wijayanti, 2017, *Biologi SMA kelas X*. Bandung: YRama Yudha.
- Prescott, L. M., Harley, J. P., & Klein, D. A. (2017). *Microbiology* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues*. McGraw-Hill.





Lampiran 15. Kegiatan Pembelajaran Kelas Kontrol

KEGIATAN PEMBELAJARAN**PERTEMUAN I****INFORMASI UMUM****I. IDENTITAS**

Nama Penyusun	: Komang Widiani
Satuan Pendidikan	: SMA
Fase/Kelas	: E/X
Mata Pelajaran	: Biologi
Alokasi Waktu	: 3 JP
Tahun Penyusunan	: 2026

II. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim

III. KOMPETENSI AWAL

Murid memahami konsep dasar ekosistem dan interaksi antar komponen biotik-abiotik, mengenal konsep dasar fotosintesis dan respirasi sebagai bagian dari siklus materi

IV. DIMENSI PROFIL LULUSAN

- | | |
|-------------------------|----------------|
| 1. Keimanan & Ketakwaan | 5. Kolaborasi |
| 2. Kewargaan | 6. Kemandirian |
| 3. Penalaran Kritis | 7. Kesehatan |
| 4. Kreativitas | 8. Komunikasi |

V. SARANA DAN PRASARANA

1. Handphone
2. Akses Internet
3. Alat Tulis
4. Lembar Kerja Murid (LKM)
5. Referensi Lainnya

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Model pembelajaran yang digunakan dalam materi perubahan iklim adalah *Think Pair Share*

KOMPETENSI INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Murid mampu menganalisis data perubahan lingkungan dan mengaitkannya dengan gangguan siklus karbon serta dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem lokal dengan tepat

II. PEMAHAMAAN BERMAKNA

Murid memahami bahwa perubahan iklim yang tidak terkendali mengganggu siklus karbon alami yang berdampak pada krisis iklim global.

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

1. Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar murid.
2. Guru memimpin murid untuk melakukan kegiatan berdoa Bersama
3. Guru memeriksa kesiapan murid dalam belajar
4. Guru melakukan absensi kepada murid
5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran
6. *Mindful Learning* (Berkesadaran)
 - Guru memberikan pertanyaan pemantik yang mengaitkan pengalaman sehari-hari murid untuk membangun kesadaran akan pentingnya materi ini. Guru memulai dengan pertanyaan:
 - “Pernahkah kalian merasa udara di kota semakin panas dibanding 5 tahun lalu? Apa yang terjadi jika pohon di sekitar kita terus berkurang?”
7. *Meaningful Learning* (Bermakna)
 - Guru mengaitkan gangguan siklus karbon dengan fenomena gagal panen atau bencana lokal akibat ketidakseimbangan ekosistem.
8. *Joyful Learning* (Menggembarakan)
 - Guru membuka pembelajaran dengan semangat:
 - “Mari menjadi detektif karbon! Kita akan melacak ke mana perginya gas buang dari motor yang kita pakai setiap hari”

Kegiatan Inti (110 menit)

Tahapan 1. *Think* (Memahami)

1. Guru memberikan arahan kepada murid untuk belajar mandiri selama 40 menit
2. Guru memberikan LKM kepada tiap individu
3. Guru membantu murid apabila murid mengalami kesulitan

Tahapan 2. *Pair* (Mengaplikasikan)

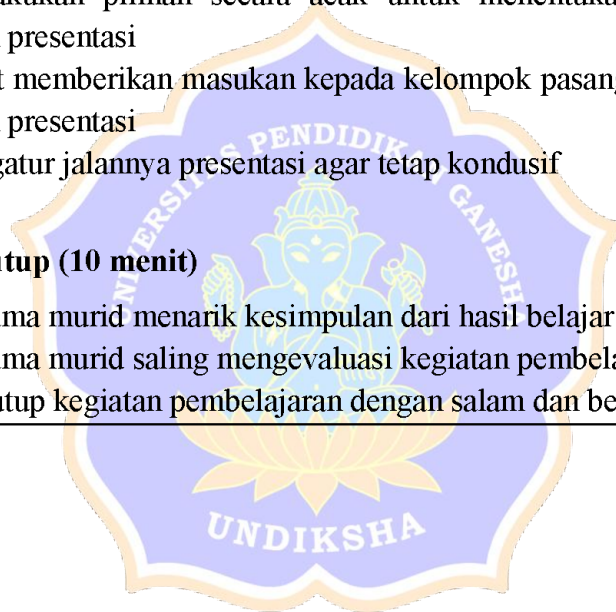
1. Guru mengarahkan murid untuk membentuk kelompok secara berpasangan dengan teman sebangkunya.
2. Guru mengarahkan murid untuk melaksanakan tahapan lanjutan pada LKM yang telah diberikan yang akan dikerjakan secara berpasangan
3. Guru mengarahkan murid untuk melakukan diskusi bersama pasangan kelompoknya.
4. Guru mengawasi jalannya kegiatan diskusi
5. Guru memberi tahu murid bahwa pelaksanaan kegiatan diskusi dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 30 menit

Tahapan 3. *Share* (Merefleksi)

1. Guru mengarahkan murid untuk bersiap-siap akan melaksanakan presentasi hasil diskusi yang telah dilaksanakan sebelumnya
2. Guru melakukan pilihan secara acak untuk menentukan giliran untuk melakukan presentasi
3. Guru dapat memberikan masukan kepada kelompok pasangan yang sedang melakukan presentasi
4. Guru mengatur jalannya presentasi agar tetap kondusif

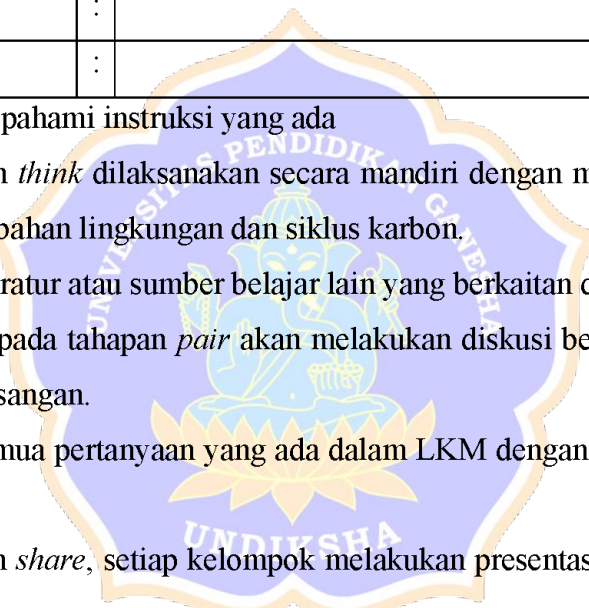
Kegiatan Penutup (10 menit)

1. Guru bersama murid menarik kesimpulan dari hasil belajar
2. Guru bersama murid saling mengevaluasi kegiatan pembelajaran
3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan salam dan berdoa



LEMBAR KERJA MURID

PERTEMUAN I

Mata Pelajaran	:	Biologi
Tujuan Pembelajaran	:	Murid mampu menganalisis data perubahan lingkungan dan mengaitkannya dengan gangguan siklus karbon serta dampaknya terhadap keseimbangan ekosistem lokal
Kelas	:	
Kelompok	:	
Petunjuk	:	
 1. Bacalah dan pahami instruksi yang ada 2. Pada tahapan <i>think</i> dilaksanakan secara mandiri dengan memahami materi tentang perubahan lingkungan dan siklus karbon. 3. Gunakan literatur atau sumber belajar lain yang berkaitan dengan materi. 4. Selanjutnya pada tahapan <i>pair</i> akan melakukan diskusi bersama kelompok secara berpasangan. 5. Jawablah semua pertanyaan yang ada dalam LKM dengan benar, jelas, dan tepat. 6. Pada tahapan <i>share</i>, setiap kelompok melakukan presentasi hasil diskusi di hadapan kelas.		
Nama Anggota	:	1.
		2.

1. Think

Cermati bacaan dan data perubahan lingkungan berikut!

Perubahan lingkungan global merupakan salah satu permasalahan utama yang dihadapi dunia saat ini. Salah satu faktor yang berkontribusi terhadap perubahan lingkungan adalah deforestasi, yaitu kegiatan pengurangan atau penghilangan tutupan hutan akibat aktivitas manusia seperti pembukaan lahan pertanian, pembangunan permukiman, serta kegiatan industri. Hutan memiliki peran penting dalam siklus karbon global karena vegetasi mampu menyerap karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam bentuk biomassa. Oleh karena itu, hutan berfungsi sebagai penyerap karbon (carbon sink) yang membantu mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer.

Hutan di negara-negara tropis, termasuk Indonesia, mengalami penurunan dalam beberapa dekade terakhir. Penurunan luas hutan tersebut menyebabkan berkurangnya kemampuan ekosistem dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer. Akibatnya, konsentrasi CO_2 di atmosfer meningkat dan berkontribusi terhadap peningkatan suhu global serta perubahan iklim. Peningkatan suhu tersebut dapat memengaruhi berbagai komponen ekosistem, seperti perubahan pola curah hujan, gangguan habitat, serta penurunan keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara deforestasi, emisi karbon, dan perubahan suhu sangat penting dalam upaya menjaga keseimbangan ekosistem.

Perhatikan data berikut yang disusun berdasarkan hasil penelitian mengenai deforestasi dan peningkatan emisi karbon di negara tropis termasuk Indonesia.

Tahun	Luas Hutan (Juta ha)	Emisi CO_2	Suhu Rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)
2000	93,0	371	26,3
2010	88,5	452	26,8
2020	82,3	589	27,4

(Sumber: Maksimilianus & Kusumawardani, 2024)

Setelah memahami data tersebut, jawablah pertanyaan berikut secara mandiri!

1. Berdasarkan tabel di atas, bagaimana hubungan antara penurunan luas hutan dengan peningkatan emisi CO_2 ?
2. Mengapa deforestasi dapat menyebabkan gangguan pada siklus karbon?
3. Jelaskan bagaimana peningkatan emisi CO_2 dapat memengaruhi suhu lingkungan dan keseimbangan ekosistem.
4. Prediksikan dampak yang mungkin terjadi pada keanekaragaman hayati jika tren tersebut terus berlanjut.

Jawaban

2. Pair

Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)
3. Diskusikan pertanyaan berikut bersama teman sebangku Anda.

Pertanyaan Diskusi

1. Apakah terdapat perbedaan jawaban antara kalian berdua? Jelaskan alasan dari masing-masing pendapat.
2. Bagaimana hubungan antara peningkatan emisi karbon dengan perubahan iklim global?
3. Upaya apa yang dapat dilakukan oleh masyarakat untuk mengurangi dampak deforestasi dan perubahan iklim?
4. Buatlah peta konsep sederhana yang menjelaskan hubungan: Deforestasi → Siklus Karbon → Perubahan Iklim → Dampak Ekosistem

Hasil Diskusi



3. Share

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan

KEGIATAN PEMBELAJARAN

PERTEMUAN II

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS

Nama Penyusun : Komang Widiani
 Satuan Pendidikan : SMA
 Fase/Kelas : E/X
 Mata Pelajaran : Biologi
 Alokasi Waktu : 3 JP
 Tahun Penyusunan : 2026

II. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim

III. KOMPETENSI AWAL

Murid memahami konsep dasar ekosistem dan interaksi antar komponen biotik-abiotik, mengenal konsep dasar fotosintesis dan respirasi sebagai bagian dari siklus materi.

IV. DIMENSI PROFIL LULUSAN

1. Keimanan & Ketakwaan
2. Kewargaan
3. Penalaran Kritis
4. Kreativitas
5. Kolaborasi
6. Kemandirian
7. Kesehatan
8. Komunikasi

V. SARANA DAN PRASARANA

1. Handphone
2. Akses Internet
3. Alat Tulis
4. Lembar Kerja Murid (LKM)
5. Referensi Lainnya

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Model pembelajaran yang digunakan dalam materi perubahan iklim adalah *Think Pair Share*

KOMPETENSI INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Murid mampu mengevaluasi pengaruh perubahan iklim terhadap penurunan keanekaragaman hayati (biodiversitas) di Indonesia dan menjelaskan peran hutan/ekosistem pesisir sebagai penyerap emisi dengan tepat.

II. PEMAHAMAAN BERMAKNA

Murid memahami keanekaragaman hayati bukan sekedar kekayaan alam, melainkan sistem penyangga kehidupan yang mampu menyerap emisi karbon

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

1. Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar murid.
2. Guru memimpin murid untuk melakukan kegiatan berdoa Bersama
3. Guru memeriksa kesiapan murid dalam belajar
4. Guru melakukan absensi kepada murid
5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran
6. *Mindful Learning* (Berkesadaran)
 - Guru mengajak murid menyadari peran ekosistem dengan pertanyaan pemantik:
 - “Saat kalian melihat berita hutan terbakar, apakah kalian merasa kehilangan sesuatu yang berharga bagi napas kita?”
7. *Meaningful Learning* (Bermakna)
 - Mempelajari peran spesifik hutan hujan dan mangrove sebagai "paru-paru dunia" yang menyimpan karbon dalam jumlah besar.
8. *Joyful Learning* (Menggembirakan)
 - Guru menyampaikan dengan antusias:
 - “Indonesia adalah juara dunia biodiversitas! Yuk, kita cari tahu bagaimana hutan kita bekerja seperti vacuum cleaner raksasa bagi polusi”

Kegiatan Inti (110 menit)

Tahapan 1. *Think* (Memahami)

1. Guru memberikan arahan kepada murid untuk belajar mandiri selama 40 menit
2. Guru memberikan LKM kepada tiap individu
3. Guru membantu murid apabila murid mengalami kesulitan

Tahapan 2. *Pair* (Mengaplikasikan)

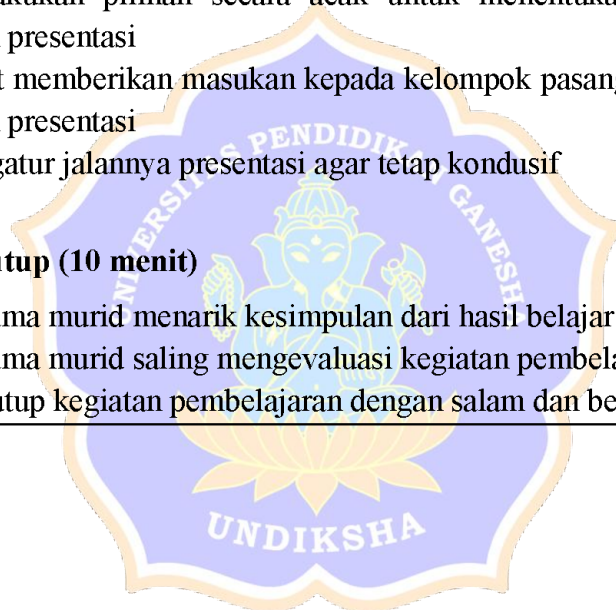
1. Guru mengarahkan murid untuk membentuk kelompok secara berpasangan dengan teman sebangkunya.
2. Guru mengarahkan murid untuk melaksanakan tahapan lanjutan pada LKM yang telah diberikan yang akan dikerjakan secara berpasangan
3. Guru mengarahkan murid untuk melakukan diskusi bersama pasangan kelompoknya.
4. Guru mengawasi jalannya kegiatan diskusi
5. Guru memberi tahu murid bahwa pelaksanaan kegiatan diskusi dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 30 menit

Tahapan 3. *Share* (Merefleksi)

1. Guru mengarahkan murid untuk bersiap-siap akan melaksanakan presentasi hasil diskusi yang telah dilaksanakan sebelumnya
2. Guru melakukan pilihan secara acak untuk menentukan giliran untuk melakukan presentasi
3. Guru dapat memberikan masukan kepada kelompok pasangan yang sedang melakukan presentasi
4. Guru mengatur jalannya presentasi agar tetap kondusif

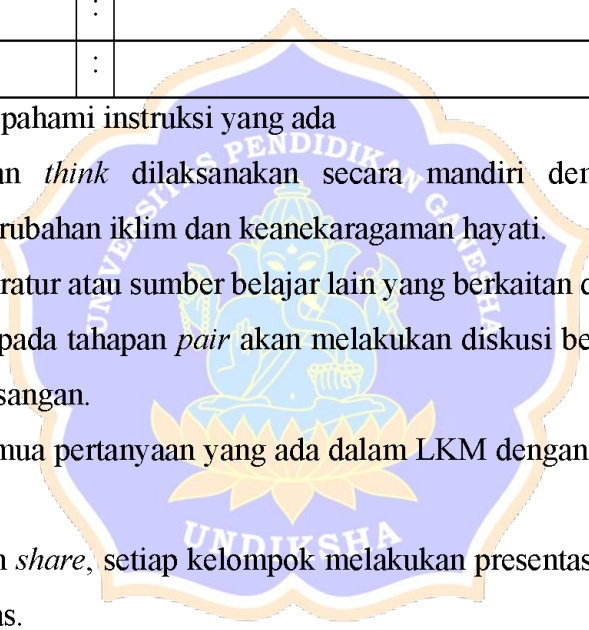
Kegiatan Penutup (10 menit)

1. Guru bersama murid menarik kesimpulan dari hasil belajar
2. Guru bersama murid saling mengevaluasi kegiatan pembelajaran
3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan salam dan berdoa



LEMBAR KERJA MURID

PERTEMUAN II

Mata Pelajaran	:	Biologi
Tujuan Pembelajaran	:	Murid mampu mengevaluasi pengaruh perubahan iklim terhadap penurunan keanekaragaman hayati di Indonesia serta menjelaskan peran hutan dan ekosistem pesisir sebagai penyerap emisi karbon.
Kelas	:	
Kelompok	:	
Petunjuk	:	
 1. Bacalah dan pahami instruksi yang ada 2. Pada tahapan <i>think</i> dilaksanakan secara mandiri dengan memahami mengenai perubahan iklim dan keanekaragaman hayati. 3. Gunakan literatur atau sumber belajar lain yang berkaitan dengan materi. 4. Selanjutnya pada tahapan <i>pair</i> akan melakukan diskusi bersama kelompok secara berpasangan. 5. Jawablah semua pertanyaan yang ada dalam LKM dengan benar, jelas, dan tepat. 6. Pada tahapan <i>share</i>, setiap kelompok melakukan presentasi hasil diskusi di hadapan kelas.		
Nama Anggota	:	1.
		2.

1. Think

Bacalah artikel berikut dengan cermat!

Judul:

Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Keanekaragaman Hayati di Kawasan Tropis



Scan Qr-code
berikut untuk
membaca artikel!

Aktivitas Analisis Artikel

Lengkapilah tabel berikut berdasarkan informasi dari artikel.

Aspek Analisis	Informasi dari Artikel
Penyebab perubahan iklim yang disebutkan dalam artikel	
Dampak perubahan iklim pada suhu dan curah hujan	
Dampak perubahan iklim pada ekosistem (hutan, laut, dll)	
Dampak perubahan iklim pada spesies	
Solusi yang diusulkan untuk mengatasi masalah tersebut	

Pertanyaan Analisis Individu

Setelah mengisi tabel tersebut, jawablah pertanyaan berikut secara mandiri!

1. Jelaskan hubungan antara peningkatan suhu global dan penurunan biodiversitas di kawasan tropis.
2. Artikel menyebutkan bahwa banyak spesies tropis sangat bergantung pada kondisi iklim yang stabil. Mengapa perubahan kecil pada suhu dan curah hujan dapat berdampak besar pada spesies tersebut?
3. Artikel menjelaskan bahwa perubahan iklim menyebabkan pergeseran distribusi spesies. Jelaskan mengapa beberapa spesies harus berpindah habitat.
4. Mengapa spesies endemik memiliki risiko kepunahan yang lebih tinggi dibandingkan spesies yang memiliki wilayah distribusi luas?
5. Berdasarkan artikel, jelaskan hubungan antara deforestasi dan perubahan iklim.

Jawaban

2. Pair

Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)

Ayo Berdiskusi!

Diskusikan hasil analisis artikel dengan pasanganmu.

Gunakan informasi dari artikel untuk melengkapi tabel berikut.

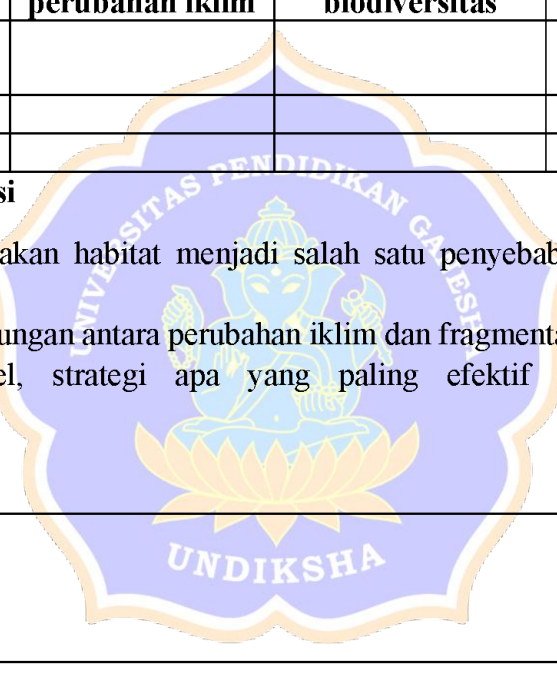
Evaluasi Dampak Perubahan Iklim terhadap Ekosistem

Ekosistem	Ancaman akibat perubahan iklim	Dampak pada biodiversitas	Solusi berbasis ekosistem
Hutan hujan tropis			
Mangrove			
Terumbu karang			

Pertanyaan Diskusi

1. Mengapa kerusakan habitat menjadi salah satu penyebab utama penurunan biodiversitas?
2. Bagaimana hubungan antara perubahan iklim dan fragmentasi habitat?
3. Menurut artikel, strategi apa yang paling efektif untuk melindungi biodiversitas?

Hasil Diskusi



3. Share

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan

KEGIATAN PEMBELAJARAN

PERTEMUAN III

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS	
Nama Penyusun	: Komang Widiani
Satuan Pendidikan	: SMA
Fase/Kelas	: E/X
Mata Pelajaran	: Biologi
Alokasi Waktu	: 3 JP
Tahun Penyusunan	: 2026

II. CAPAIAN PEMBELAJARAN
Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim

III. KOMPETENSI AWAL
Murid memahami konsep dasar ekosistem dan interaksi antar komponen biotik-abiotik, mengenal konsep dasar fotosintesis dan respirasi sebagai bagian dari siklus materi

IV. DIMENSI PROFIL LULUSAN
1. Keimanan & Ketakwaan 5. Kolaborasi 2. Kewargaan 6. Kemandirian 3. Penalaran Kritis 7. Kesehatan 4. Kreativitas 8. Komunikasi

V. SARANA DAN PRASARANA
1. Handphone 2. Akses Internet 3. Alat Tulis 4. Lembar Kerja Murid (LKM) 5. Referensi Lainnya

VI. MODEL PEMBELAJARAN
Model pembelajaran yang digunakan dalam materi perubahan iklim adalah <i>Think Pair Share</i>

KOMPETENSI INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Murid mampu merancang dan melakukan percobaan kecil terkait bioteknologi konvensional yang mendukung pengurangan sampah organik atau pemanfaatan limbah menjadi energi.

II. PEMAHAMAAN BERMAKNA

Murid memahami solusi perubahan iklim dapat dimulai dari hal kecil melalui pemanfaatan bioteknologi konvensional dan aksi nyata di lingkungan sekitar

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

1. Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar murid.
2. Guru memimpin murid untuk melakukan kegiatan berdoa Bersama
3. Guru memeriksa kesiapan murid dalam belajar
4. Guru melakukan absensi kepada murid
5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran
6. *Mindful Learning* (Berkesadaran)
 - Guru memulai dengan pertanyaan pemantik:
 - “Jika setiap rumah memiliki satu pot tanaman atau mengolah sampahnya sendiri, seberapa besar beban bumi akan berkurang?”
7. *Meaningful Learning* (Bermakna)
 - Guru menghubungkan konsep fotosintesis pada tanaman dengan penyerapan CO₂ di tingkat rumah tangga.
8. *Joyful Learning* (Menggembirakan)
 - Guru menyampaikan secara komunikatif:
 - “Waktunya aksi nyata! Mari buat lingkungan kita lebih hijau dan segar dengan karya kreatif kita sendiri”

Kegiatan Inti (110 menit)

Tahapan 1. *Think* (Memahami)

1. Guru memberikan arahan kepada murid untuk belajar mandiri selama 40 menit
2. Guru memberikan LKM kepada tiap individu
3. Guru membantu murid apabila murid mengalami kesulitan

Tahapan 2. *Pair* (Mengaplikasikan)

1. Guru mengarahkan murid untuk membentuk kelompok secara berpasangan dengan teman sebangkunya.

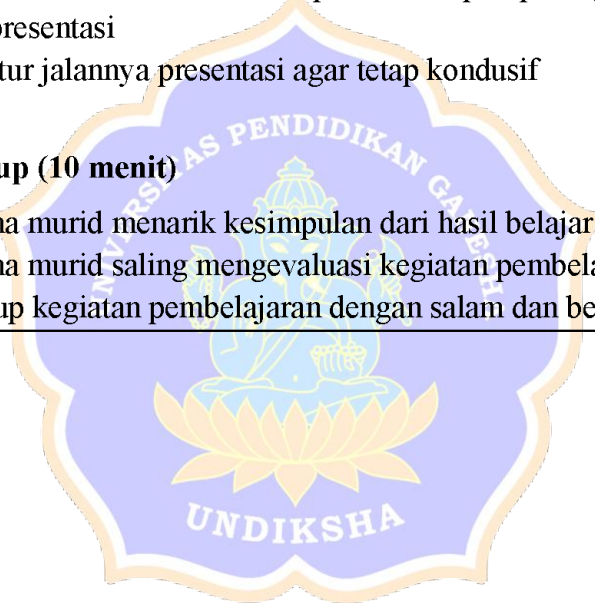
2. Guru mengarahkan murid untuk melaksanakan tahapan lanjutan pada LKM yang telah diberikan yang akan dikerjakan secara berpasangan
3. Guru mengarahkan murid untuk melakukan diskusi bersama pasangan kelompoknya.
4. Guru mengawasi jalannya kegiatan diskusi
5. Guru memberi tahu murid bahwa pelaksanaan kegiatan diskusi dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 30 menit

Tahapan 3. *Share* (Merefleksi)

1. Guru mengarahkan murid untuk bersiap-siap akan melaksanakan presentasi hasil diskusi yang telah dilaksanakan sebelumnya
2. Guru melakukan pilihan secara acak untuk menentukan giliran untuk melakukan presentasi
3. Guru dapat memberikan masukan kepada kelompok pasangan yang sedang melakukan presentasi
4. Guru mengatur jalannya presentasi agar tetap kondusif

Kegiatan Penutup (10 menit)

1. Guru bersama murid menarik kesimpulan dari hasil belajar
2. Guru bersama murid saling mengevaluasi kegiatan pembelajaran
3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan salam dan berdoa



LEMBAR KERJA MURID

PERTEMUAN III

Mata Pelajaran	:	Biologi
Tujuan Pembelajaran	:	Murid mampu merancang dan melakukan percobaan kecil terkait bioteknologi konvensional yang mendukung pengurangan sampah organik atau pemanfaatan limbah menjadi energi.
Kelas	:	
Kelompok	:	
Petunjuk	:	
1. Bacalah dan pahami instruksi yang ada 2. Pada tahapan <i>think</i> dilaksanakan secara mandiri dengan memahami mengenai solusi berbasis biologi untuk lingkungan. 3. Gunakan literatur atau sumber belajar lain yang berkaitan dengan materi. 4. Selanjutnya pada tahapan <i>pair</i> akan melakukan diskusi bersama kelompok secara berpasangan. 5. Jawablah semua pertanyaan yang ada dalam LKM dengan benar, jelas, dan tepat. 6. Pada tahapan <i>share</i>, setiap kelompok melakukan presentasi hasil diskusi di hadapan kelas.		
Nama Anggota	:	1.
	:	2.

1. Think

Sebelum mengerjakan tugas pada LKM ini, murid diharapkan mempelajari konsep bioteknologi konvensional, proses fermentasi, dan peran mikroorganisme dalam pengolahan sampah organik.

Materi dapat dipelajari melalui sumber belajar yang disediakan oleh guru atau dengan memindai *QR Code* berikut.



Bioteknologi
Konvensional



Proses
Fermentasi

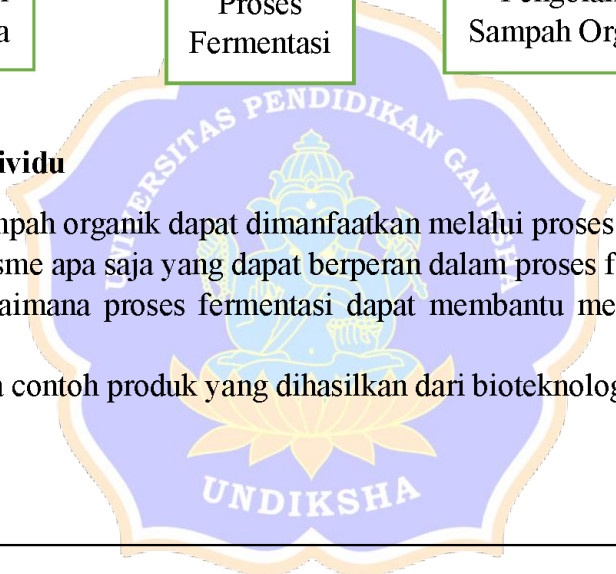


Pengolahan
Sampah Organik

Pertanyaan Individu

1. Mengapa sampah organik dapat dimanfaatkan melalui proses fermentasi?
2. Mikroorganisme apa saja yang dapat berperan dalam proses fermentasi?
3. Jelaskan bagaimana proses fermentasi dapat membantu mengurangi sampah organik.
4. Sebutkan dua contoh produk yang dihasilkan dari bioteknologi konvensional.

Jawaban



2. Pair

Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)

Diskusikanlah dengan pasanganmu untuk merancang percobaan sederhana!

Rancangan Percobaan

Lengkapilah tabel berikut sesuai dengan hasil diskusi Anda

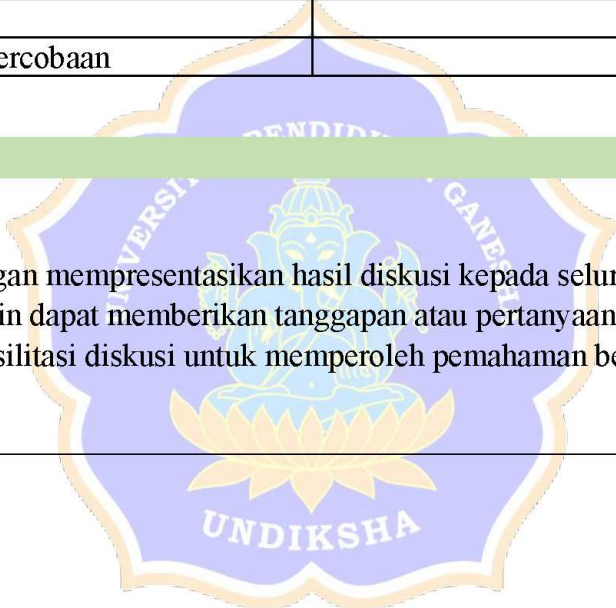
Komponen	Rencana Percobaan
Tujuan percobaan	
Bahan yang digunakan	
Alat yang digunakan	
Langkah kerja	
Prediksi hasil percobaan	

3. Share

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan



KEGIATAN PEMBELAJARAN

PERTEMUAN IV

INFORMASI UMUM

I. IDENTITAS MODUL

Nama Penyusun : Komang Widiani
 Satuan Pendidikan : SMA
 Fase/Kelas : E/X
 Mata Pelajaran : Biologi
 Alokasi Waktu : 3 JP
 Tahun Penyusunan : 2026

II. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Menerapkan prinsip klasifikasi dan strategi pelestarian keanekaragaman hayati; mendeskripsikan peranan virus, bakteri, dan jamur dalam kehidupan; menganalisis interaksi antar komponen ekosistem dan pengaruhnya terhadap keseimbangan ekosistem; menggunakan sistem pengukuran dalam kerja ilmiah; menganalisis gerak dua dimensi; menganalisis pemanfaatan energi alternatif untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi; menganalisis partikel penyusun materi dan menerapkan konsep stoikiometri dalam berbagai aspek kuantitatif reaksi kimia; dan menerapkan konsep IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim

III. KOMPETENSI AWAL

Murid memahami konsep dasar ekosistem dan interaksi antar komponen biotik-abiotik, mengenal konsep dasar fotosintesis dan respirasi sebagai bagian dari siklus materi

IV. DIMENSI PROFIL LULUSAN

1. Keimanan & Ketakwaan
2. Kewargaan
3. Penalaran Kritis
4. Kreativitas
5. Kolaborasi
6. Kemandirian
7. Kesehatan
8. Komunikasi

V. SARANA DAN PRASARANA

1. Handphone
2. Akses Internet
3. Alat Tulis
4. Lembar Kerja Murid (LKM)
5. Referensi Lainnya

VI. MODEL PEMBELAJARAN

Model pembelajaran yang digunakan dalam materi perubahan iklim adalah *Think Pair Share*

KOMPETENSI INTI

I. TUJUAN PEMBELAJARAN

Mampu mampu menciptakan prototipe atau rencana aksi berbasis konsep biologi (seperti *urban farming* atau pembuatan *ecoenzim*) untuk meminimalkan dampak pemanasan global di lingkungan sekitar.

II. PEMAHAMAAN BERMAKNA

Murid memiliki kemampuan untuk berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim melalui tindakan berbasis sains.

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Pendahuluan (15 menit)

1. Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar murid.
2. Guru memimpin murid untuk melakukan kegiatan berdoa Bersama
3. Guru memeriksa kesiapan murid dalam belajar
4. Guru melakukan absensi kepada murid
5. Guru menyampaikan tujuan pembelajaran dan kegiatan pembelajaran
6. *Mindful Learning* (Berkesadaran)
 - Guru mengajak murid menyadari bahwa aktivitas sehari-hari mereka berkontribusi terhadap emisi karbon.
 - “Setiap hari kita menghasilkan sampah organik dan menggunakan kendaraan bermotor. Pernahkah kalian berpikir berapa banyak karbon yang kita hasilkan dalam satu minggu?”
7. *Meaningful Learning* (Bermakna)
 - Guru menghubungkan konsep fotosintesis dengan kemampuan tanaman menyerap karbon dioksida.
 - “Tanaman dalam urban farming bukan hanya mempercantik rumah, tetapi secara biologis menyerap karbon melalui fotosintesis.”
8. *Joyful Learning* (Menggembirakan)
 - Guru menyampaikan secara semangat:
 - “Sekarang waktunya kalian menjadi ilmuwan sekaligus inovator lingkungan!”

Kegiatan Inti (110 menit)

Tahapan 1. *Think* (Memahami)

1. Guru memberikan arahan kepada murid untuk belajar mandiri selama 40 menit
2. Guru memberikan LKM kepada tiap individu

3. Guru membantu murid apabila murid mengalami kesulitan

Tahapan 2. *Pair* (Mengaplikasikan)

1. Guru mengarahkan murid untuk membentuk kelompok secara berpasangan dengan teman sebangkunya.
2. Guru mengarahkan murid untuk melaksanakan tahapan lanjutan pada LKM yang telah diberikan yang akan dikerjakan secara berpasangan
3. Guru mengarahkan murid untuk melakukan diskusi bersama pasangan kelompoknya.
4. Guru mengawasi jalannya kegiatan diskusi
5. Guru memberi tahu murid bahwa pelaksanaan kegiatan diskusi dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 30 menit

Tahapan 3. *Share* (Merefleksi)

1. Guru mengarahkan murid untuk bersiap-siap akan melaksanakan presentasi hasil diskusi yang telah dilaksanakan sebelumnya
2. Guru melakukan pilihan secara acak untuk menentukan giliran untuk melakukan presentasi
3. Guru dapat memberikan masukan kepada kelompok pasangan yang sedang melakukan presentasi
4. Guru mengatur jalannya presentasi agar tetap kondusif

Kegiatan Penutup (15 menit)

1. Guru bersama murid menarik kesimpulan dari hasil belajar
2. Guru bersama murid saling mengevaluasi kegiatan pembelajaran
3. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan salam dan berdoa

LEMBAR KERJA MURID

PERTEMUAN IV

Mata Pelajaran	:	Biologi
Tujuan Pembelajaran	:	Mampu menciptakan prototipe atau rencana aksi berbasis konsep biologi (seperti <i>urban farming</i> atau pembuatan <i>ecoenzim</i>) untuk meminimalkan dampak pemanasan global di lingkungan sekitar.
Kelas	:	
Kelompok	:	
Petunjuk	:	
1. Bacalah dan pahami instruksi yang ada 2. Pada tahapan <i>think</i> dilaksanakan secara mandiri dengan memahami mengenai solusi biologis untuk mitigasi perubahan iklim. 3. Gunakan literatur atau sumber belajar lain yang berkaitan dengan materi. 4. Selanjutnya pada tahapan <i>pair</i> akan melakukan diskusi bersama kelompok secara berpasangan. 5. Jawablah semua pertanyaan yang ada dalam LKM dengan benar, jelas, dan tepat. 6. Pada tahapan <i>share</i>, setiap kelompok melakukan presentasi hasil diskusi di hadapan kelas.		
Nama Anggota	:	1.
	:	2.

1. *Think*

Sebelum mengerjakan LKM ini, pelajailah terlebih dahulu konsep mengenai solusi berbasis biologi untuk mengurangi pemanasan global melalui sumber belajar yang diberikan guru atau dengan memindai QR Code yang tersedia.



Urban Farming

Ecoenzym

Pertanyaan Individu

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Mengapa solusi berbasis biologi dapat membantu mengurangi pemanasan global?
2. Pilih satu solusi yang menurutmu paling mungkin diterapkan di lingkungan sekolah.
3. Jelaskan manfaat solusi tersebut bagi lingkungan.
4. Apa tantangan yang mungkin muncul dalam menerapkan solusi tersebut?

Jawaban

2. Pair

Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)

Diskusikan dengan pasanganmu untuk merancang prototipe atau rencana aksi sederhana yang dapat membantu mengurangi dampak pemanasan global di lingkungan sekolah.

Rancangan Proyek

Lengkapi tabel berikut bersama pasangan Anda!

Komponen	Deskripsi
Nama Proyek	
Masalah lingkungan yang ingin diselesaikan	
Konsep biologi yang digunakan	
Cara kerja solusi	
Alat dan bahan yang diperlukan	
Manfaat bagi lingkungan	

3. Share

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan

--

Lampiran 16. Hasil Respon Murid

No	Pernyataan	Penilaian	
		Ya	Tidak
Keterlibatan Belajar			
1	Saya mempelajari materi pembelajaran sebelum kegiatan tatap muka di kelas.	85,7%	14,3%
2	Saya menyiapkan diri dengan membaca atau memahami materi yang diberikan guru sebelum pembelajaran berlangsung	91,4%	8,6%
3	Saya aktif mencari solusi ketika diberikan permasalahan dalam kegiatan diskusi.	91,4%	8,6%
4	Saya terlibat dalam diskusi kelompok untuk memecahkan masalah yang diberikan guru.	97,1%	2,9%
5	Saya tidak merasa bosan selama mengikuti proses pembelajaran dengan model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i> .	88,6%	11,4%
6	Pembelajaran yang dilakukan membuat saya tetap tertarik untuk mengikuti kegiatan sampai selesai	100%	0%
7	Saya aktif berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran di kelas.	91,4%	8,6%
8	Saya sudah terlibat dalam kegiatan berpikir (<i>think</i>), berpasangan (<i>pair</i>), dan berbagi (<i>share</i>) selama proses pembelajaran berlangsung.	94,3%	5,7%
Pemahaman Konsep			
9	Pembelajaran dengan model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i> membantu saya memahami materi pelajaran.	100%	0%
10	Saya lebih mudah memahami konsep materi setelah mengikuti pembelajaran ini.	100%	0%
Kepercayaan Diri			
11	Saya berani menyampaikan pendapat saat diskusi kelompok berlangsung.	91,4%	8,6%
12	Saya merasa percaya diri ketika menyampaikan hasil diskusi (presentasi) di depan kelas.	88,6%	11,4%
Kenyamanan Terhadap Model			
13	Saya merasa nyaman belajar menggunakan model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i> .	97,1%	2,9%
14	Model pembelajaran ini membuat suasana belajar menjadi lebih menyenangkan.	97,1%	2,9%
15	Saya tertarik jika model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i> digunakan kembali pada pembelajaran berikutnya.	94,3%	5,7%

(Sumber: Adaptasi dari Sriyanti, 2023)

Lampiran 17. Lembar Validitas Respon Murid

LEMBAR VALIDASI KUESIONER RESPON SISWA																																												
A. Identitas Validator Nama : Prof. Dr. Desak Made Citrawati, M.Ps Profesi : Dosen Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha																																												
B. Tujuan Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan kuesioner respon siswa terhadap implementasi model pembelajaran TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i>																																												
C. Petunjuk 1. Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan. 2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut: 1 : Tidak Relevan 2 : Kurang Relevan 3 : Cukup Relevan 4 : Relevan 3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi.																																												
D. Lembar Penilaian <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Elemen</th> <th rowspan="2">Indikator</th> <th rowspan="2">Pernyataan</th> <th rowspan="2">No Butir</th> <th colspan="4">Skala Penilaian</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Keterlibatan belajar</td> <td rowspan="2">Kesungguhan mempelajari materi sebelum kelas</td> <td>Saya mempelajari materi pembelajaran sebelum kegiatan tatap muka di kelas</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>Saya menyiapkan diri dengan membaca atau menonton materi yang diberikan guru sebelum pembelajaran berlangsung</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Keaktifan mencari solusi permasalahan</td> <td>Saya aktif mencari solusi ketika diberikan permasalahan dalam kegiatan diskusi</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>Saya terlibat dalam diskusi kelompok untuk memecahkan masalah yang diberikan guru</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>						Elemen	Indikator	Pernyataan	No Butir	Skala Penilaian				1	2	3	4	Keterlibatan belajar	Kesungguhan mempelajari materi sebelum kelas	Saya mempelajari materi pembelajaran sebelum kegiatan tatap muka di kelas	1				✓	Saya menyiapkan diri dengan membaca atau menonton materi yang diberikan guru sebelum pembelajaran berlangsung	2			✓		Keaktifan mencari solusi permasalahan	Saya aktif mencari solusi ketika diberikan permasalahan dalam kegiatan diskusi	3				✓	Saya terlibat dalam diskusi kelompok untuk memecahkan masalah yang diberikan guru	4				✓
Elemen	Indikator	Pernyataan	No Butir	Skala Penilaian																																								
				1	2	3	4																																					
Keterlibatan belajar	Kesungguhan mempelajari materi sebelum kelas	Saya mempelajari materi pembelajaran sebelum kegiatan tatap muka di kelas	1				✓																																					
		Saya menyiapkan diri dengan membaca atau menonton materi yang diberikan guru sebelum pembelajaran berlangsung	2			✓																																						
	Keaktifan mencari solusi permasalahan	Saya aktif mencari solusi ketika diberikan permasalahan dalam kegiatan diskusi	3				✓																																					
		Saya terlibat dalam diskusi kelompok untuk memecahkan masalah yang diberikan guru	4				✓																																					

Elemen	Indikator	Pernyataan	No Butir	Skala Penilaian			
				1	2	3	4
Tingkat kebosanan selama pembelajaran		Saya tidak merasa bosan selama mengikuti pembelajaran dengan model TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i>	5			✓	
		Pembelajaran yang dilakukan membuat saya tetap tertarik untuk mengikuti kegiatan sampai selesai.	6				✓
Tingkat keaktifan secara umum		Saya aktif berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran di kelas.	7				✓
		Saya terlibat dalam kegiatan berpikir, berpasangan, dan berbagi (<i>Think, Pair, Share</i>) selama pembelajaran.	8			✓	
Pemahaman konsep	Tingkat pemahaman materi	Pembelajaran dengan model TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i> membantu saya memahami materi pelajaran.	9				✓
		Saya lebih mudah memahami konsep materi setelah mengikuti pembelajaran ini.	10				✓
Kepercayaan diri	Keberanian mengemukakan pendapat	Saya berani menyampaikan pendapat saat diskusi kelompok berlangsung.	11				✓
		Saya percaya diri ketika menyampaikan hasil diskusi di depan kelas.	12			✓	
Kenyamanan terhadap model	Persepsi secara umum terhadap model pembelajaran	Saya merasa nyaman belajar menggunakan model TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i> .	13				✓
		Model pembelajaran ini membuat suasana belajar menjadi lebih menyenangkan.	14				✓
		Saya tertarik jika model TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i> digunakan kembali pada pembelajaran berikutnya.	15				✓

(Sumber: Adaptasi dari Sriyanti, 2023)

E. Penilaian Umum Terhadap Kuesioner Respon Siswa

- Kuesioner respon siswa dapat diterapkan tanpa revisi
- 2 Kuesioner respon siswa dapat diterapkan dengan revisi kecil.
- Kuesioner respon siswa dapat diterapkan dengan revisi besar.
- Kuesioner respon siswa tidak dapat diterapkan.

F. Saran

Pernyataan kurang jelas pada pernyataan yg diberi skor 3. Setelah direvisi.

Singaraja, 13 Maret 2026

Validator,

Prof. Dr. Desak Made Citrawati, M.Ps

LEMBAR VALIDASI KUESIONER RESPON SISWA

A. Identitas Validator

Nama : Ajeng Permana Hery, M.Pd.

Profesi : Dosen

Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha

B. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan kuesioner respon siswa terhadap implementasi model pembelajaran TPS dengan setting pendekatan *Flipped Classroom*

C. Petunjuk

- Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan.
 - Keterangan skala penilaian sebagai berikut:
- 1 : Tidak Relevan
 - 2 : Kurang Relevan
 - 3 : Cukup Relevan
 - 4 : Relevan
- Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi.

D. Lembar Penilaian

Elemen	Indikator	Pernyataan	No Butir	Skala Penilaian			
				1	2	3	4
Keterlibatan belajar	Kesungguhan mempelajari materi sebelum kelas	Saya mempelajari materi pembelajaran sebelum kegiatan tatap muka di kelas.	1				✓
		Saya menyiapkan diri dengan membaca atau menonton materi yang diberikan guru sebelum pembelajaran berlangsung.	2			✓	
	Keaktifan mencari solusi permasalahan	Saya aktif mencari solusi ketika diberikan permasalahan dalam kegiatan diskusi.	3				✓
		Saya terlibat dalam diskusi kelompok untuk memecahkan masalah yang diberikan guru.	4				✓

Elemen	Indikator	Pernyataan	No Butir	Skala Penilaian			
				1	2	3	4
Tingkat kebosanan selama pembelajaran		Saya tidak merasa bosan selama mengikuti pembelajaran dengan model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i>	5			✓	
		Pembelajaran yang dilakukan membuat saya tetap tertarik untuk mengikuti kegiatan sampai selesai.	6				✓
	Tingkat keaktifan secara umum	Saya aktif berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran di kelas.	7				✓
		Saya terlibat dalam kegiatan berpikir, berpasangan, dan berbagi (<i>Think, Pair, Share</i>) selama pembelajaran.	8			✓	
Pemahaman konsep	Tingkat pemahaman materi	Pembelajaran dengan model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i> membantu saya memahami materi pelajaran.	9				✓
		Saya lebih mudah memahami konsep materi setelah mengikuti pembelajaran ini.	10				✓
Kepercayaan diri	Keberanian mengemukakan pendapat	Saya berani menyampaikan pendapat saat diskusi kelompok berlangsung.	11				✓
		Saya percaya diri ketika menyampaikan hasil diskusi di depan kelas.	12			✓	
Kenyamanan terhadap model	Persepsi secara umum terhadap model pembelajaran	Saya merasa nyaman belajar menggunakan model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i> .	13				✓
		Model pembelajaran ini membuat suasana belajar menjadi lebih menyenangkan.	14				✓
		Saya tertarik jika model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i> digunakan kembali pada pembelajaran berikutnya.	15				✓

(Sumber: Adaptasi dari Sriyanti, 2023)

E. Penilaian Umum Terhadap Kuesioner Respon Siswa

1. Kuesioner respon siswa dapat diterapkan tanpa revisi
2. Kuesioner respon siswa dapat diterapkan dengan revisi kecil.
3. Kuesioner respon siswa dapat diterapkan dengan revisi besar.
4. Kuesioner respon siswa tidak dapat diterapkan.

F. Saran

-pake ky jls pgs pms yg slm
Skor 3 sllu s klu

Singaraja, 13 Maret 2026

Validator,

[Signature]

Ayeng Purwana Hendy M. Pd.



Lampiran 18. Lembar Validitas Modul Ajar

LEMBAR VALIDASI MODUL AJAR PERUBAHAN IKLIM																																																																																			
A. Identitas Validator Nama : <i>Prof. Dr. Desak Made Citrawati, M.Kes.</i> Profesi : <i>Dosen</i> Instansi : <i>Universitas Pendidikan Ganesha</i>																																																																																			
B. Tujuan Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan modul ajar dalam pembelajaran biologi khususnya pada materi perubahan iklim																																																																																			
C. Petunjuk - Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan. - Keterangan skala penilaian sebagai berikut: : Tidak Relevan : Kurang Relevan : Cukup Relevan : Relevan - Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi.																																																																																			
D. Lembar Penilaian <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No</th> <th rowspan="2">Komponen Modul Ajar</th> <th rowspan="2">Aspek yang Dinilai</th> <th colspan="4">Skala Penilaian</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Identitas Modul</td> <td>Terdiri dari: nama penyusun, satuan pendidikan, tingkat kelas, alokasi waktu, dan mata pelajaran</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Capaian Pembelajaran</td> <td>Rumusan kompetensi pembelajaran yang harus dicapai oleh siswa akhir suatu fase dalam Kurikulum Merdeka. Ini mencakup</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>						No	Komponen Modul Ajar	Aspek yang Dinilai	Skala Penilaian				1	2	3	4	1	Identitas Modul	Terdiri dari: nama penyusun, satuan pendidikan, tingkat kelas, alokasi waktu, dan mata pelajaran				✓	2	Capaian Pembelajaran	Rumusan kompetensi pembelajaran yang harus dicapai oleh siswa akhir suatu fase dalam Kurikulum Merdeka. Ini mencakup				✓																																																					
No	Komponen Modul Ajar	Aspek yang Dinilai	Skala Penilaian																																																																																
			1	2	3	4																																																																													
1	Identitas Modul	Terdiri dari: nama penyusun, satuan pendidikan, tingkat kelas, alokasi waktu, dan mata pelajaran				✓																																																																													
2	Capaian Pembelajaran	Rumusan kompetensi pembelajaran yang harus dicapai oleh siswa akhir suatu fase dalam Kurikulum Merdeka. Ini mencakup				✓																																																																													
E. Penilaian Umum Terhadap Modul - Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan tanpa revisi ② Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan dengan revisi kecil. - Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan dengan revisi besar. - Modul ajar perubahan iklim tidak dapat diterapkan. F. Saran <i>Komponen modul ajar diperbaiki sesuai dgn kurikulum yg berlaku</i> Singaraja, <i>18 Maret</i>..... 2026 Validator: <i>[Signature]</i> <i>Prof. Dr. Desak Made Citrawati, M.Kes.</i>																																																																																			
LEMBAR VALIDASI MODUL AJAR PERUBAHAN IKLIM A. Identitas Validator Nama : <i>Ayeng Rama Hany, M.Pd.</i> Profesi : <i>Dosen</i> Instansi : <i>Universitas Pendidikan Ganesha</i> B. Tujuan Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan modul ajar dalam pembelajaran biologi khususnya pada materi perubahan iklim C. Petunjuk - Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan. - Keterangan skala penilaian sebagai berikut: : Tidak Relevan : Kurang Relevan : Cukup Relevan : Relevan - Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi. D. Lembar Penilaian <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No</th> <th rowspan="2">Komponen Modul Ajar</th> <th rowspan="2">Aspek yang Dinilai</th> <th colspan="4">Skala Penilaian</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Identitas Modul</td> <td>Terdiri dari: nama penyusun, satuan pendidikan, tingkat kelas, alokasi waktu, dan mata pelajaran</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Capaian Pembelajaran</td> <td>Rumusan kompetensi pembelajaran yang harus dicapai oleh siswa akhir suatu fase dalam Kurikulum Merdeka. Ini mencakup</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>						No	Komponen Modul Ajar	Aspek yang Dinilai	Skala Penilaian				1	2	3	4	1	Identitas Modul	Terdiri dari: nama penyusun, satuan pendidikan, tingkat kelas, alokasi waktu, dan mata pelajaran				✓	2	Capaian Pembelajaran	Rumusan kompetensi pembelajaran yang harus dicapai oleh siswa akhir suatu fase dalam Kurikulum Merdeka. Ini mencakup				✓																																																					
No	Komponen Modul Ajar	Aspek yang Dinilai	Skala Penilaian																																																																																
			1	2	3	4																																																																													
1	Identitas Modul	Terdiri dari: nama penyusun, satuan pendidikan, tingkat kelas, alokasi waktu, dan mata pelajaran				✓																																																																													
2	Capaian Pembelajaran	Rumusan kompetensi pembelajaran yang harus dicapai oleh siswa akhir suatu fase dalam Kurikulum Merdeka. Ini mencakup				✓																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang terintegrasi.</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>Kompetensi Awal</td> <td>Kemampuan pengetahuan, dan keterampilan yang telah dimiliki siswa sebelum memulai pembelajaran baru.</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Profil Pelajar Pancasila</td> <td>Perwujudan karakter dan kompetensi ideal siswa yang mencerminkan nilai-nilai Pancasila dalam kehidupan sehari-hari.</td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Sarana dan Prasarana</td> <td>Fasilitas pendukung yang digunakan untuk menunjang kelancaran proses pembelajaran.</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Model Pembelajaran</td> <td>Komponen pembelajaran dalam pelaksanaan pembelajaran yaitu model <i>TPS</i> dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Tujuan Pembelajaran</td> <td>Ketepatan dengan proses kegiatan dan hasil belajar yang ingin di harapkan</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Pemahaman Bermakna</td> <td>Ketepatan informasi mengenai manfaat yang di raih siswa</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Kegiatan Pembelajaran</td> <td>Langkah-langkah proses pembelajaran secara berurutan yang disesuaikan dengan waktu.</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Refleksi Pembelajaran</td> <td>Terdapat proses mengevaluasi dan menganalisis pengalaman belajar sebagai pembelajaran berkelanjutan dan peningkatan kualitas proses belajar</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Lembar Kerja Murid (LKM)</td> <td>Terdapat LKM yang digunakan dalam proses pembelajaran</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Bahan Bacaan</td> <td>Terdapat bahan bacaan yang digunakan oleh guru atau siswa</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Rubrik Penilaian</td> <td>Terdapat rubrik penilaian untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>Daftar Pustaka</td> <td>Terdapat sumber-sumber relevan</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table> (Sumber: Diadaptasi dari Farahdila dkk., 2024)								pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang terintegrasi.				3	Kompetensi Awal	Kemampuan pengetahuan, dan keterampilan yang telah dimiliki siswa sebelum memulai pembelajaran baru.			✓	4	Profil Pelajar Pancasila	Perwujudan karakter dan kompetensi ideal siswa yang mencerminkan nilai-nilai Pancasila dalam kehidupan sehari-hari.		✓		5	Sarana dan Prasarana	Fasilitas pendukung yang digunakan untuk menunjang kelancaran proses pembelajaran.			✓	6	Model Pembelajaran	Komponen pembelajaran dalam pelaksanaan pembelajaran yaitu model <i>TPS</i> dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i>			✓	7	Tujuan Pembelajaran	Ketepatan dengan proses kegiatan dan hasil belajar yang ingin di harapkan			✓	8	Pemahaman Bermakna	Ketepatan informasi mengenai manfaat yang di raih siswa			✓	9	Kegiatan Pembelajaran	Langkah-langkah proses pembelajaran secara berurutan yang disesuaikan dengan waktu.			✓	10	Refleksi Pembelajaran	Terdapat proses mengevaluasi dan menganalisis pengalaman belajar sebagai pembelajaran berkelanjutan dan peningkatan kualitas proses belajar			✓	11	Lembar Kerja Murid (LKM)	Terdapat LKM yang digunakan dalam proses pembelajaran			✓	12	Bahan Bacaan	Terdapat bahan bacaan yang digunakan oleh guru atau siswa			✓	13	Rubrik Penilaian	Terdapat rubrik penilaian untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran			✓	14	Daftar Pustaka	Terdapat sumber-sumber relevan			✓
		pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang terintegrasi.																																																																																	
3	Kompetensi Awal	Kemampuan pengetahuan, dan keterampilan yang telah dimiliki siswa sebelum memulai pembelajaran baru.			✓																																																																														
4	Profil Pelajar Pancasila	Perwujudan karakter dan kompetensi ideal siswa yang mencerminkan nilai-nilai Pancasila dalam kehidupan sehari-hari.		✓																																																																															
5	Sarana dan Prasarana	Fasilitas pendukung yang digunakan untuk menunjang kelancaran proses pembelajaran.			✓																																																																														
6	Model Pembelajaran	Komponen pembelajaran dalam pelaksanaan pembelajaran yaitu model <i>TPS</i> dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i>			✓																																																																														
7	Tujuan Pembelajaran	Ketepatan dengan proses kegiatan dan hasil belajar yang ingin di harapkan			✓																																																																														
8	Pemahaman Bermakna	Ketepatan informasi mengenai manfaat yang di raih siswa			✓																																																																														
9	Kegiatan Pembelajaran	Langkah-langkah proses pembelajaran secara berurutan yang disesuaikan dengan waktu.			✓																																																																														
10	Refleksi Pembelajaran	Terdapat proses mengevaluasi dan menganalisis pengalaman belajar sebagai pembelajaran berkelanjutan dan peningkatan kualitas proses belajar			✓																																																																														
11	Lembar Kerja Murid (LKM)	Terdapat LKM yang digunakan dalam proses pembelajaran			✓																																																																														
12	Bahan Bacaan	Terdapat bahan bacaan yang digunakan oleh guru atau siswa			✓																																																																														
13	Rubrik Penilaian	Terdapat rubrik penilaian untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran			✓																																																																														
14	Daftar Pustaka	Terdapat sumber-sumber relevan			✓																																																																														

		pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang terintegrasi.				
3	Kompetensi Awal	Kemampuan pengetahuan, dan keterampilan yang telah dimiliki siswa sebelum memulai pembelajaran baru.				✓
4	Profil Pelajar Pancasila	Perwujudan karakter dan kompetensi ideal siswa yang mencerminkan nilai-nilai Pancasila dalam kehidupan sehari-hari.			✓	
5	Sarana dan Prasarana	Fasilitas pendukung yang digunakan untuk menunjang kelancaran proses pembelajaran.				✓
6	Model Pembelajaran	Komponen pembelajaran dalam pelaksanaan pembelajaran yaitu model <i>TPS</i> dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i>				✓
7	Tujuan Pembelajaran	Ketepatan dengan proses kegiatan dan hasil belajar yang ingin di harapkan				✓
8	Pemahaman Bermakna	Ketepatan informasi mengenai manfaat yang di raih siswa				✓
9	Kegiatan Pembelajaran	Langkah-langkah proses pembelajaran secara berurutan yang disesuaikan dengan waktu.				✓
10	Refleksi Pembelajaran	Terdapat proses mengevaluasi dan menganalisis pengalaman belajar sebagai pembelajaran berkelanjutan dan peningkatan kualitas proses belajar				✓
11	Lembar Kerja Murid (LKM)	Terdapat LKM yang digunakan dalam proses pembelajaran				✓
12	Bahan Bacaan	Terdapat bahan bacaan yang digunakan oleh guru atau siswa				✓
13	Rubrik Penilaian	Terdapat rubrik penilaian untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran				✓
14	Daftar Pustaka	Terdapat sumber-sumber relevan				✓

(Sumber: Diadaptasi dari Farahdila dkk., 2024)

E. Penilaian Umum Terhadap Modul

1. Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan tanpa revisi
2. Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan dengan revisi kecil.
3. Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan dengan revisi besar.
4. Modul ajar perubahan iklim tidak dapat diterapkan.

F. Saran

- Elemen modul disesuaikan dg kurikulum yang

Singaraja, 13 Maret 2026

Validator,


Ajeng Retnomas Hermy M.Pd.

LEMBAR VALIDASI MODUL AJAR PERUBAHAN IKLIM

A. Identitas Validator

Nama : N. Putri Fani Andriani S.Pd

Profesi : Guru Biologi

Instansi : SMAN 2 Tejakula

B. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan modul ajar dalam pembelajaran biologi khususnya pada materi perubahan iklim

C. Petunjuk

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan.
2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut:
 - 1 : Tidak Relevan
 - 2 : Kurang Relevan
 - 3 : Cukup Relevan
 - 4 : Relevan
3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu berkenan menuliskannya dibalik validasi ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi.

D. Lembar Penilaian

No	Komponen Modul Ajar	Aspek yang Dinilai	Skala Penilaian			
			1	2	3	4
1	Identitas Modul	Terdiri dari: nama penyusun, satuan pendidikan, tingkat kelas, alokasi waktu, dan mata pelajaran				✓
2	Capaian Pembelajaran	Rumusan kompetensi pembelajaran yang harus dicapai oleh siswa akhir suatu fase dalam Kurikulum Merdeka. Ini mencakup				✓

		pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang terintegrasi.				
3	Kompetensi Awal	Kemampuan pengetahuan, dan keterampilan yang telah dimiliki siswa sebelum memulai pembelajaran baru.				✓
4	Profil Pelajar Pancasila	Perwujudan karakter dan kompetensi ideal siswa yang mencerminkan nilai-nilai Pancasila dalam kehidupan sehari-hari.				✓
5	Sarana dan Prasarana	Fasilitas pendukung yang digunakan untuk menunjang kelancaran proses pembelajaran.				✓
6	Model Pembelajaran	Komponen pembelajaran dalam pelaksanaan pembelajaran yaitu model <i>TPS</i> dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i>				✓
7	Tujuan Pembelajaran	Ketepatan dengan proses kegiatan dan hasil belajar yang ingin di harapkan				✓
8	Pemahaman Bermakna	Ketepatan informasi mengenai manfaat yang di raih siswa				✓
9	Kegiatan Pembelajaran	Langkah-langkah proses pembelajaran secara berurutan yang disesuaikan dengan waktu.				✓
10	Refleksi Pembelajaran	Terdapat proses mengevaluasi dan menganalisis pengalaman belajar sebagai pembelajaran berkelanjutan dan peningkatan kualitas proses belajar				✓
11	Lembar Kerja Murid (LKM)	Terdapat LKM yang digunakan dalam proses pembelajaran				✓
12	Bahan Bacaan	Terdapat bahan bacaan yang digunakan oleh guru atau siswa				✓
13	Rubrik Penilaian	Terdapat rubrik penilaian untuk mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran				✓
14	Daftar Pustaka	Terdapat sumber-sumber relevan				✓

(Sumber: Diadaptasi dari Farahdila dkk., 2024)

E. Penilaian Umum Terhadap Modul

- ① Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan tanpa revisi
2. Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan dengan revisi kecil.
3. Modul ajar perubahan iklim dapat diterapkan dengan revisi besar.
4. Modul ajar perubahan iklim tidak dapat diterapkan.

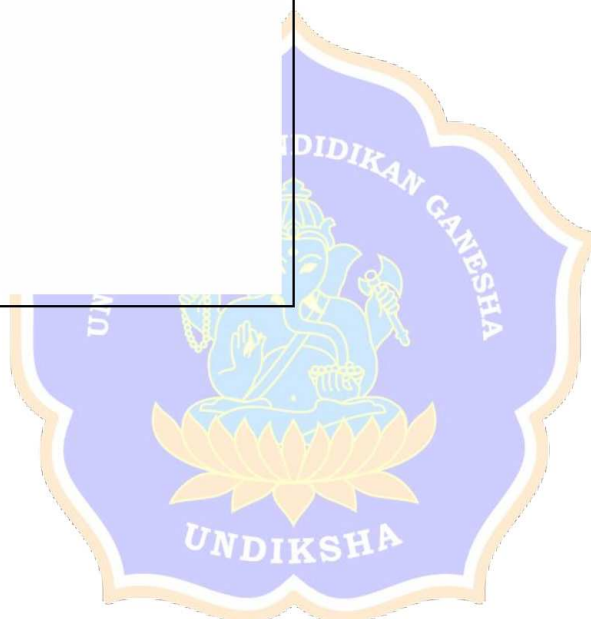
F. Saran

Secara umum modul ajar sudah sesuai, ada beberapa istilah yang harus disesuaikan dengan kurikulum terbaru.

Tejakula, 19 April 2026

Validator,

Ni Ratu Fanni Andriani, S.Pd.



Lampiran 19. Lembar Validitas Lembar Kerja Murid (LKM)

LEMBAR VALIDASI LEMBAR KERJA MURID (LKM) PERUBAHAN IKLIM																																						
A. Identitas Validator Nama : Prof. Dr. Desak Made Ghozatzki, M.Pd. Profesi : Dosen Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha. B. Tujuan Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Lembar Kerja Murid (LKM) pada materi perubahan iklim dengan model pembelajaran TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i>. C. Petunjuk 1. Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan. 2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut: 1 : Tidak Relevan 2 : Kurang Relevan 3 : Cukup Relevan 4 : Relevan 3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi. D. Lembar Penilaian <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No</th> <th rowspan="2">Aspek yang dinilai</th> <th colspan="4">Skala Penilaian</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">Kesesuaian LKM dengan Model Pembelajaran</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Aktivitas LKM mencerminkan kegiatan model TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Aktivitas LKM mendorong keterlibatan aktif, kolaborasi dan komunikasi antarsiswa sesuai dengan karakteristik TPS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Kelengkapan dan Susunan Deskripsi pada LKM</td> </tr> </tbody> </table>					No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian				1	2	3	4	Kesesuaian LKM dengan Model Pembelajaran						1	Aktivitas LKM mencerminkan kegiatan model TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i>				✓	2	Aktivitas LKM mendorong keterlibatan aktif, kolaborasi dan komunikasi antarsiswa sesuai dengan karakteristik TPS				✓	Kelengkapan dan Susunan Deskripsi pada LKM					
No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian																																				
		1	2	3	4																																	
Kesesuaian LKM dengan Model Pembelajaran																																						
1	Aktivitas LKM mencerminkan kegiatan model TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i>				✓																																	
2	Aktivitas LKM mendorong keterlibatan aktif, kolaborasi dan komunikasi antarsiswa sesuai dengan karakteristik TPS				✓																																	
Kelengkapan dan Susunan Deskripsi pada LKM																																						
E. Penilaian Umum Terhadap LKM Perubahan Iklim 1. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan tanpa revisi 2. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan dengan revisi kecil. 3. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan dengan revisi besar. 4. LKM Perubahan Iklim Kuesioner respon siswa tidak dapat diterapkan. F. Saran Perhatikan apakah kalimat agar tidak membingungkan Singaraja, 13 Maret 2026 Validator, Prof. Dr. Desak Made Ghozatzki, M.Pd.																																						

LEMBAR VALIDASI LEMBAR KERJA MURID (LKM) PERUBAHAN IKLIM																																						
A. Identitas Validator Nama : Anggras Permana Heng, M.Pd. Profesi : Dosen Instansi : Universitas Pendidikan Ganesha. B. Tujuan Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Lembar Kerja Murid (LKM) pada materi perubahan iklim dengan model pembelajaran TPS dengan setting pendekatan <i>Flipped Classroom</i>. C. Petunjuk 1. Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan. 2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut: 1 : Tidak Relevan 2 : Kurang Relevan 3 : Cukup Relevan 4 : Relevan 3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi. D. Lembar Penilaian <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No</th> <th rowspan="2">Aspek yang dinilai</th> <th colspan="4">Skala Penilaian</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">Kesesuaian LKM dengan Model Pembelajaran</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Aktivitas LKM mencerminkan kegiatan model TPS dengan setting pendekatan <i>Flipped Classroom</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Aktivitas LKM mendorong keterlibatan aktif, kolaborasi dan komunikasi antarsiswa sesuai dengan karakteristik TPS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Kelengkapan dan Susunan Deskripsi pada LKM</td> </tr> </tbody> </table>					No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian				1	2	3	4	Kesesuaian LKM dengan Model Pembelajaran						1	Aktivitas LKM mencerminkan kegiatan model TPS dengan setting pendekatan <i>Flipped Classroom</i>				✓	2	Aktivitas LKM mendorong keterlibatan aktif, kolaborasi dan komunikasi antarsiswa sesuai dengan karakteristik TPS				✓	Kelengkapan dan Susunan Deskripsi pada LKM					
No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian																																				
		1	2	3	4																																	
Kesesuaian LKM dengan Model Pembelajaran																																						
1	Aktivitas LKM mencerminkan kegiatan model TPS dengan setting pendekatan <i>Flipped Classroom</i>				✓																																	
2	Aktivitas LKM mendorong keterlibatan aktif, kolaborasi dan komunikasi antarsiswa sesuai dengan karakteristik TPS				✓																																	
Kelengkapan dan Susunan Deskripsi pada LKM																																						
E. Penilaian Umum Terhadap LKM Perubahan Iklim 1. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan tanpa revisi 2. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan dengan revisi kecil. 3. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan dengan revisi besar. 4. LKM Perubahan Iklim Kuesioner respon siswa tidak dapat diterapkan. F. Saran - perhatikan agar kalimat agar tidak membingungkan Singaraja, 13 Maret 2026 Validator, Anggras Permana Heng, M.Pd.																																						

LEMBAR VALIDASI LEMBAR KERJA MURID (LKM) PERUBAHAN IKLIM

A. Identitas Validator

Nama : Ni Ratu Fanni Andriani S.Pd
 Profesi : Guru Biologi
 Instansi : SMA N 2 Tejakula

B. Tujuan

Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan Lembar Kerja Murid (LKM) pada materi perubahan iklim dengan model pembelajaran TPS dengan *setting* pendekatan *Flipped Classroom*.

C. Petunjuk

1. Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan.
2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut:
 1 : Tidak Relevan
 2 : Kurang Relevan
 3 : Cukup Relevan
 4 : Relevan
3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi.

D. Lembar Penilaian

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
Kesesuaian LKM dengan Model Pembelajaran					
1	Aktivitas LKM mencerminkan kegiatan model TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i>				✓
2	Aktivitas LKM mendorong keterlibatan aktif, kolaborasi dan komunikasi antarsiswa sesuai dengan karakteristik TPS				✓
Kelengkapan dan Susunan Deskripsi pada LKM					
3	LKM memuat komponen yang meliputi: identitas LKM (judul dan materi), TP, Petunjuk penggunaan LKM, tugas atau pertanyaan				✓

No	Aspek yang dinilai	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
4	Deskripsi kegiatan disajikan secara jelas, rinci				✓
Penggunaan Bahasa: Ejaan Kata dan Kalimat					
5	Bahasa yang digunakan sesuai dengan tingkat karakteristik siswa SMA				✓
6	Kalimat disusun secara efektif, jelas dan mudah dipahami				✓
7	Penggunaan ejaan, tanda baca sesuai dengan pedoman.				✓
8	Intruksi dan pertanyaan disusun dengan bahasa yang tidak ambigu dan bersifat komunikatif				✓
Komponen Grafis					
9	Pemilihan jenis dan ukuran huruf (<i>font</i>) mudah di baca				✓
10	Tata letak rapi dan konsisten				✓

(Sumber: Diadaptasi dari Berlian dkk., 2023)

E. Penilaian Umum Terhadap LKM Perubahan Iklim

1. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan tanpa revisi
2. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan dengan revisi kecil.
3. LKM Perubahan Iklim dapat diterapkan dengan revisi besar.
4. LKM Perubahan Iklim Kuesioner respon siswa tidak dapat diterapkan.

F. Saran

LKM di yang disusun sangat melibati kemampuan literasi dan numerasi murid.

Tejakula, 19 April 2026

Validator,

[Signature]
Ni Ratu Fanni Andriani S.Pd



Lampiran 20. Lembar Validitas Observasi Kegiatan Guru

LEMBAR VALIDASI OBSERVASI KEGIATAN GURU																																																								
A. Identitas Validator Nama : <u>Peg. D. Dede Muli Chetawati, M.Kes.</u> Profesi : <u>Dosen</u> Instansi : <u>Universitas Pendidikan Ganesha</u>																																																								
B. Tujuan Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan lembar observasi kegiatan guru saat implementasi model pembelajaran TPS dengan pendekatan <i>Flipped Classroom</i>																																																								
C. Petunjuk 1. Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan. 2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut: 1 : Tidak Relevan 2 : Kurang Relevan 3 : Cukup Relevan 4 : Relevan 3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi.																																																								
D. Lembar Penilaian <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No</th> <th rowspan="2">Aspek yang diamati</th> <th colspan="4">Skala Penilaian</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">Kegiatan Pra-kelas dan Tahap 1. Think</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Guru memberikan materi pembelajaran, LKM dan arahan kepada siswa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Guru melakukan pengecekan terhadap keterlaksanaan kegiatan <i>Think</i> (pra-kelas) yang dilaksanakan oleh siswa.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Kegiatan Pendahuluan</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar siswa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Guru memimpin siswa untuk berdoa bersama</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Guru memeriksa kehadiran siswa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>					No	Aspek yang diamati	Skala Penilaian				1	2	3	4	Kegiatan Pra-kelas dan Tahap 1. Think						1	Guru memberikan materi pembelajaran, LKM dan arahan kepada siswa				✓	2	Guru melakukan pengecekan terhadap keterlaksanaan kegiatan <i>Think</i> (pra-kelas) yang dilaksanakan oleh siswa.				✓	Kegiatan Pendahuluan						1	Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar siswa				✓	2	Guru memimpin siswa untuk berdoa bersama				✓	3	Guru memeriksa kehadiran siswa				✓
No	Aspek yang diamati	Skala Penilaian																																																						
		1	2	3	4																																																			
Kegiatan Pra-kelas dan Tahap 1. Think																																																								
1	Guru memberikan materi pembelajaran, LKM dan arahan kepada siswa				✓																																																			
2	Guru melakukan pengecekan terhadap keterlaksanaan kegiatan <i>Think</i> (pra-kelas) yang dilaksanakan oleh siswa.				✓																																																			
Kegiatan Pendahuluan																																																								
1	Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar siswa				✓																																																			
2	Guru memimpin siswa untuk berdoa bersama				✓																																																			
3	Guru memeriksa kehadiran siswa				✓																																																			
E. Penilaian Umum Terhadap Lembar Observasi Kegiatan Guru 1. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan tanpa revisi 2. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan dengan revisi kecil. 3. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan dengan revisi besar. 4. Lembar observasi kegiatan guru tidak dapat diterapkan.																																																								
F. Saran Singaraja, ... 13. Maret 2026 Validator, <i>Peg. D. Dede Muli Chetawati, M.Kes.</i>																																																								

LEMBAR VALIDASI OBSERVASI KEGIATAN GURU																																																								
A. Identitas Validator Nama : <u>Ang Purwati Hery, M.Pd.</u> Profesi : <u>Dosen</u> Instansi : <u>Universitas Pendidikan Ganesha</u>																																																								
B. Tujuan Tujuan penggunaan instrumen ini adalah untuk mengukur kelayakan lembar observasi kegiatan guru saat implementasi model pembelajaran TPS dengan <i>setting</i> pendekatan <i>Flipped Classroom</i>																																																								
C. Petunjuk 1. Bapak/Ibu Dosen dapat memberikan penilaian dengan memberikan centang (✓) pada kolom yang telah disediakan. 2. Keterangan skala penilaian sebagai berikut: 1 : Tidak Relevan 2 : Kurang Relevan 3 : Cukup Relevan 4 : Relevan 3. Apabila terdapat saran, koreksi, dan tambahan dimohonkan Bapak/Ibu Dosen berkenan menuliskannya dibalik validitas ini atau jika memungkinkan dapat langsung Bapak/Ibu menuliskannya pada lembar draft yang harus di revisi.																																																								
D. Lembar Penilaian <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No</th> <th rowspan="2">Aspek yang diamati</th> <th colspan="4">Skala Penilaian</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">Kegiatan Pra-kelas dan Tahap 1. Think</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Guru memberikan materi pembelajaran, LKM dan arahan kepada siswa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Guru melakukan pengecekan terhadap keterlaksanaan kegiatan <i>Think</i> (pra-kelas) yang dilaksanakan oleh siswa.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Kegiatan Pendahuluan</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar siswa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Guru memimpin siswa untuk berdoa bersama</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Guru memeriksa kehadiran siswa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>					No	Aspek yang diamati	Skala Penilaian				1	2	3	4	Kegiatan Pra-kelas dan Tahap 1. Think						1	Guru memberikan materi pembelajaran, LKM dan arahan kepada siswa				✓	2	Guru melakukan pengecekan terhadap keterlaksanaan kegiatan <i>Think</i> (pra-kelas) yang dilaksanakan oleh siswa.				✓	Kegiatan Pendahuluan						1	Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar siswa				✓	2	Guru memimpin siswa untuk berdoa bersama				✓	3	Guru memeriksa kehadiran siswa				✓
No	Aspek yang diamati	Skala Penilaian																																																						
		1	2	3	4																																																			
Kegiatan Pra-kelas dan Tahap 1. Think																																																								
1	Guru memberikan materi pembelajaran, LKM dan arahan kepada siswa				✓																																																			
2	Guru melakukan pengecekan terhadap keterlaksanaan kegiatan <i>Think</i> (pra-kelas) yang dilaksanakan oleh siswa.				✓																																																			
Kegiatan Pendahuluan																																																								
1	Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar siswa				✓																																																			
2	Guru memimpin siswa untuk berdoa bersama				✓																																																			
3	Guru memeriksa kehadiran siswa				✓																																																			
E. Penilaian Umum Terhadap Lembar Observasi Kegiatan Guru 1. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan tanpa revisi 2. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan dengan revisi kecil. 3. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan dengan revisi besar. 4. Lembar observasi kegiatan guru tidak dapat diterapkan.																																																								
F. Saran Singaraja, ... 13. Maret 2026 Validator, <i>Ang Purwati Hery, M.Pd.</i>																																																								

(Sumber: Adaptasi dari Rahmawati & Nuraida, 2018)

No	Aspek yang diamati	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
4	Guru memeriksa kesiapan siswa dengan menanyakan pelaksanaan kegiatan <i>Think</i> yang telah dilakukan pada tahap pra-kelas.				✓
5	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan penilaian kepada siswa				✓
Kegiatan Inti					
Tahap 2. Pair					
1	Guru mengarahkan siswa untuk membentuk kelompok secara berpasangan				✓
2	Guru mengarahkan siswa untuk melakukan diskusi sesuai dengan LKM				✓
3	Guru membimbing dan mengawasi siswa saat berjalannya diskusi				✓
Tahap 3. Share					
4	Guru mengarahkan siswa untuk mempresentasikan hasil diskusi				✓
5	Guru melakukan pemilihan dalam kelompok diskusi			✓	
6	Guru memberikan masukan pada kelompok yang melakukan presentasi			✓	
Kegiatan Penutup					
1	Guru bersama siswa menarik kesimpulan dari hasil belajar yang telah dilaksanakan				✓
2	Guru bersama siswa saling mengevaluasi proses pembelajaran				✓
3	Guru mengarahkan siswa untuk berdoa dan menutup pembelajaran dengan salam				✓
Pasca-kelas					
1	Guru memberikan tes evaluasi untuk mengukur ketercapaian seluruh indikator hasil belajar siswa				✓
2	Guru memberikan informasi mengenai pembelajaran pada pertemuan selanjutnya				✓

(Sumber: Adaptasi dari Rahmawati & Nuraida, 2018)

E. Penilaian Umum Terhadap Lembar Observasi Kegiatan Guru

1. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan tanpa revisi
- ②. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan dengan revisi kecil.
3. Lembar observasi kegiatan guru dapat diterapkan dengan revisi besar.
4. Lembar observasi kegiatan guru tidak dapat diterapkan.

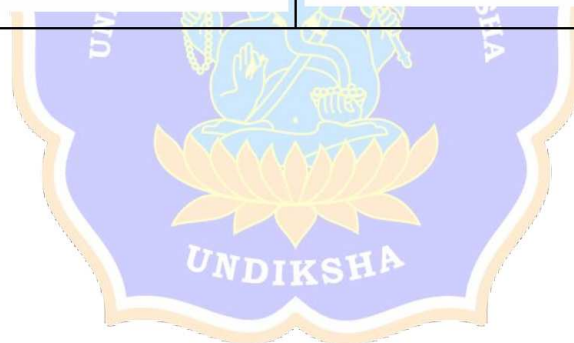
F. Saran

- penyata stase kpubuk

Singaraja, 18 Maret 2026

Validator,

[Signature]
 Agus Rumanis Hery, M.Pd.



Lampiran 21. Lembar Observasi Kegiatan Guru

Lembar Observasi Kegiatan Guru Pada Implementasi Model Pembelajaran *Think Pair Share* dengan Setting Pendekatan *Flipped Classroom*

Nama Sekolah : SMA Negeri 2 Tejakula

Materi : Perubahan Iklim

Fase/Kelas : E/X

Hari/Tanggal : Selasa, 5 Mei 2026

No	Aspek yang diamati	Terlaksana	Belum Terlaksana
Kegiatan Pra-kelas dan Tahap 1. <i>Think</i>			
1	Guru memberikan materi pembelajaran, LKM, dan arahan kepada siswa	✓	
2	Guru melakukan pengecekan terhadap keterlaksanaan kegiatan <i>Think</i> (pra-kelas) yang dilaksanakan oleh siswa	✓	
Kegiatan Pendahuluan			
1	Guru menyampaikan salam dan menanyakan kabar siswa	✓	
2	Guru memimpin siswa untuk berdoa bersama	✓	
3	Guru memeriksa kehadiran siswa	✓	
4	Guru memeriksa kesiapan siswa dengan menanyakan pelaksanaan kegiatan <i>Think</i> yang telah dilakukan pada tahap pra-kelas.	✓	
5	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan penilaian kepada siswa	✓	
Kegiatan Inti			
Tahap 2. <i>Pair</i>			
1	Guru mengarahkan siswa untuk membentuk kelompok secara berpasangan	✓	
2	Guru mengarahkan siswa untuk melakukan diskusi sesuai dengan LKM	✓	
3	Guru membimbing dan mengawasi siswa saat berjalannya diskusi	✓	
Tahap 3. <i>Share</i>			
4	Guru mengarahkan siswa untuk mempresentasikan hasil diskusi	✓	
5	Guru memilih kelompok yang akan melaksanakan presentasi	✓	

6	Guru memberikan masukan dan saran pada kelompok yang telah melakukan presentasi	✓	
Kegiatan Penutup			
1	Guru bersama siswa menarik kesimpulan dari hasil belajar yang telah dilaksanakan	✓	
2	Guru bersama siswa saling mengevaluasi proses pembelajaran	✓	
3	Guru mengarahkan siswa untuk berdoa dan menutup pembelajaran dengan salam	✓	
Pasca-kelas			
1	Guru memberikan tes evaluasi untuk mengukur ketercapaian seluruh indikator hasil belajar siswa	✓	
2	Guru memberikan informasi mengenai pembelajaran pada pertemuan selanjutnya	✓	

(Sumber: Adaptasi dari Rahmawati & Nuraida, 2018)

Kesimpulan dan Saran

Semua tahapan telah terlaksana sesuai dengan sintaknya.

Tejakula, 5 Mei2026

Observer,


.....Kramay Hidiyani.....

Lampiran 22. Data *N-Gain* Kelompok Eksperimen dan Kelompok Kontrol

Kelompok Eksperimen (Kelas X.1)

Absen	Pretest	Posttest	Post-Pre	100-Pre	<i>N-Gain</i>
1	50	90	40	50	0.8
2	65	90	25	35	0.71
3	50	80	30	50	0.6
4	65	95	30	35	0.86
5	55	95	40	45	0.89
6	60	75	15	40	0.38
7	55	95	40	45	0.89
8	70	100	30	30	1
9	65	85	20	35	0.57
10	65	95	30	35	0.86
11	45	75	30	55	0.55
12	60	80	20	40	0.5
13	45	85	40	55	0.73
14	40	85	45	60	0.75
15	55	100	45	45	1
16	65	80	15	35	0.43
17	70	90	20	30	0.67
18	65	75	10	35	0.29
19	35	85	50	65	0.77
20	35	90	55	65	0.85
21	60	95	35	40	0.88
22	55	85	30	45	0.67
23	60	90	30	40	0.75
24	50	85	35	50	0.7
25	40	85	45	60	0.75
26	45	85	40	55	0.73
27	30	85	55	70	0.79
28	40	90	50	60	0.83
29	50	100	50	50	1
30	65	80	15	35	0.43
31	70	80	10	30	0.33
32	20	95	75	80	0.94
33	45	85	40	55	0.73
34	55	90	35	45	0.78
35	55	95	40	45	0.89
Rata-rata					0.72

Kelompok Kontrol (Kelas X.4)

Absen	Pretest	Posttest	Post-Pre	100-Pre	N-Gain
1	55	75	20	45	0.44
2	25	75	50	75	0.67
3	35	80	45	65	0.69
4	30	80	50	70	0.71
5	45	90	45	55	0.82
6	45	75	30	55	0.55
7	45	75	30	55	0.55
8	40	80	40	60	0.67
9	60	80	20	40	0.5
10	55	90	35	45	0.78
11	50	80	30	50	0.6
12	45	75	30	55	0.55
13	60	80	20	40	0.5
14	30	85	55	70	0.79
15	50	85	35	50	0.7
16	60	70	10	40	0.25
17	35	75	40	65	0.62
18	60	70	10	40	0.25
19	30	80	50	70	0.71
20	30	85	55	70	0.79
21	50	70	20	50	0.4
22	35	75	40	65	0.62
23	55	90	35	45	0.78
24	40	65	25	60	0.42
25	35	70	35	65	0.54
26	20	85	65	80	0.81
27	50	80	30	50	0.6
28	55	80	25	45	0.56
29	45	75	30	55	0.55
30	50	90	40	50	0.8
31	20	70	50	80	0.63
32	50	80	30	50	0.6
33	35	80	45	65	0.69
34	25	85	60	75	0.8
35	30	65	35	70	0.5
Rata-rata					0.61

Hasil Analisis *N-Gain* pada Masing-masing Tingkatan Kognitif

Kelompok Eksperimen (Kelas X.1)

Tingkatan Kognitif	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	Post-Pre	100-Pre	Nilai <i>N-Gain</i>	Ket
C1	66,67	96,19	29,52	33,33	0,89	Tinggi
C2	67,62	94,29	26,67	32,38	0,82	Tinggi
C3	60	89,52	29,52	40	0,74	Tinggi
C4	64,76	90,48	25,71	35,24	0,73	Tinggi
C5	37,86	82,86	45	62,14	0,72	Tinggi
C6	32,86	77,86	45	67,14	0,67	Sedang
Rata-rata					0,76	Tinggi

Kelompok Kontrol (Kelas X.4)

Tingkatan Kognitif	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	Post-Pre	100-Pre	Nilai <i>N-Gain</i>	Ket
C1	60,95	94,29	33,33	39,05	0,85	Tinggi
C2	54,29	88,57	34,29	45,71	0,75	Tinggi
C3	51,43	83,81	32,38	48,57	0,67	Sedang
C4	50,48	81,9	31,43	49,52	0,63	Sedang
C5	27,86	70	42,14	72,14	0,58	Sedang
C6	20,71	59,29	38,57	79,29	0,49	Sedang
Rata-rata					0,66	Sedang

Lampiran 23. Hasil Uji Deskriptif Statistik

Descriptive Statistics

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
NGAIN1	6	.22	.67	.89	.7619	.07818
NGAIN4	6	.37	.49	.85	.6626	.12815
Valid N (listwise)	6					

Ket: Ngain1 = Kelas Eksperimen

Ngain4 = Kelas Kontrol

Lampiran 24. Hasil Uji Prasyarat

1. Output Uji Normalitas

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pretest_X.1	.136	35	.100	.942	35	.064
Posttest_X.1	.163	35	.019	.939	35	.052
Pretest_X.4	.139	35	.083	.942	35	.062
Posttest_X.4	.162	35	.020	.940	35	.055

a. Lilliefors Significance Correction

2. Output Uji Homogenitas Varian

Test of Homogeneity of Variance^a

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Posttest	Based on Mean	.212	1	68	.646
	Based on Median	.264	1	68	.609
	Based on Median and with adjusted df	.264	1	67.814	.609
	Based on trimmed mean	.227	1	68	.636

a. There are no valid cases for Posttest when Kelas = 3.000. Statistics cannot be computed for this level.

3. Output Uji Linearitas

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Posttest * Pretest	Between Groups	(Combined)	972.619	10	97.262	1.494	.165
		Linearity	300.828	1	300.828	4.620	.036
		Deviation from Linearity	671.791	9	74.643	1.146	.346
	Within Groups		3842.024	59	65.119		
	Total		4814.643	69			

4. Output Uji Homogenitas Regresi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Posttest

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1517.359 ^a	3	505.786	10.124	<.001	.315
Intercept	28131.169	1	28131.169	563.087	<.001	.895
Kelas	133.973	1	133.973	2.682	.106	.039
Pretest	2.917	1	2.917	.058	.810	.001
Kelas * Pretest	5.705	1	5.705	.114	.736	.002
Error	3297.284	66	49.959			
Total	48785.000	70				
Corrected Total	4814.643	69				

a. R Squared = .315 (Adjusted R Squared = .284)

Lampiran 25. Hasil Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan hasil belajar kognitif murid antara kelas yang diberi model pembelajaran TPS dengan *setting* pendekatan *flipped classroom* dan kelas yang menggunakan model *think pair share* setelah mengendalikan pengaruh kemampuan awal murid. Uji hipotesis dianalisis menggunakan ANCOVA (*Analysis of Covariance*) dengan skor *pretest* sebagai kovariat dan skor *posttest* sebagai variabel terikat, dengan tahapan sebagai berikut.

a) Merumuskan hipotesis statistik

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ Tidak terdapat perbedaan hasil belajar murid antara murid yang menggunakan model pembelajaran TPS dengan *setting* pendekatan *flipped classroom* dan murid yang menggunakan model *think pair share*

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ Terdapat perbedaan hasil belajar murid antara murid yang menggunakan model pembelajaran TPS dengan *setting* pendekatan *flipped classroom* dan murid yang menggunakan model *think pair share*

b) Taraf signifikansi

Taraf signifikansi (α) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,05 (5%)

c) Menentukan kriteria pengujian

Tolak H_0 bila $p \leq 0,05$ (ada pengaruh signifikan)

H_0 gagal ditolak jika $p > 0,05$ (tidak ada pengaruh signifikan)

d) Menentukan perhitungan

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Posttest

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1511.654 ^a	2	755.827	15.332	<.001	.314
Intercept	28268.878	1	28268.878	573.424	<.001	.895
Pretest	2.725	1	2.725	.055	.815	.001
Kelas	1210.825	1	1210.825	24.561	<.001	.268
Error	3302.989	67	49.298			
Total	487875.000	70				
Corrected Total	4814.643	69				

a. R Squared = .314 (Adjusted R Squared = .293)

e) Membuat keputusan

Keputusan dibuat dengan melihat hasil uji ANCOVA (*Analysis of Covariance*). Hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi (p) $\leq 0,05$ dengan varian data yang homogen, maka keputusannya bahwa H_0 ditolak.

f) Membuat Kesimpulan

Kesimpulan selalu berdasarkan dari hasil keputusan, maka terdapat perbedaan hasil belajar kognitif murid yang menggunakan model pembelajaran TPS dengan *setting* pendekatan *flipped classroom* dan murid yang menggunakan model *think pair share*.

Lampiran 26. *Output Hasil Uji Effect Size***Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Posttest

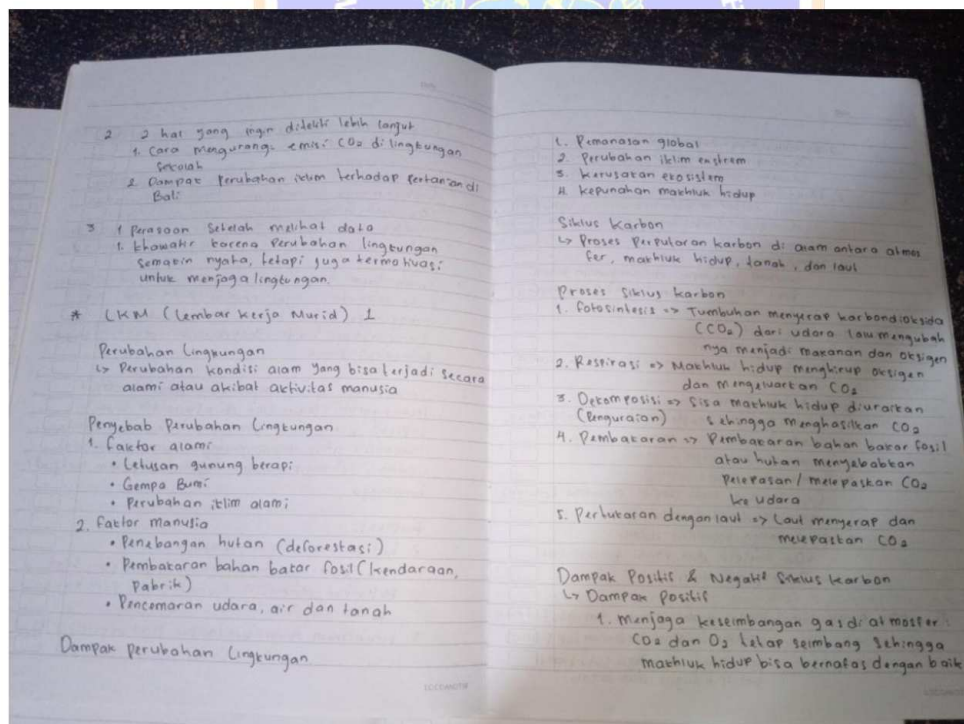
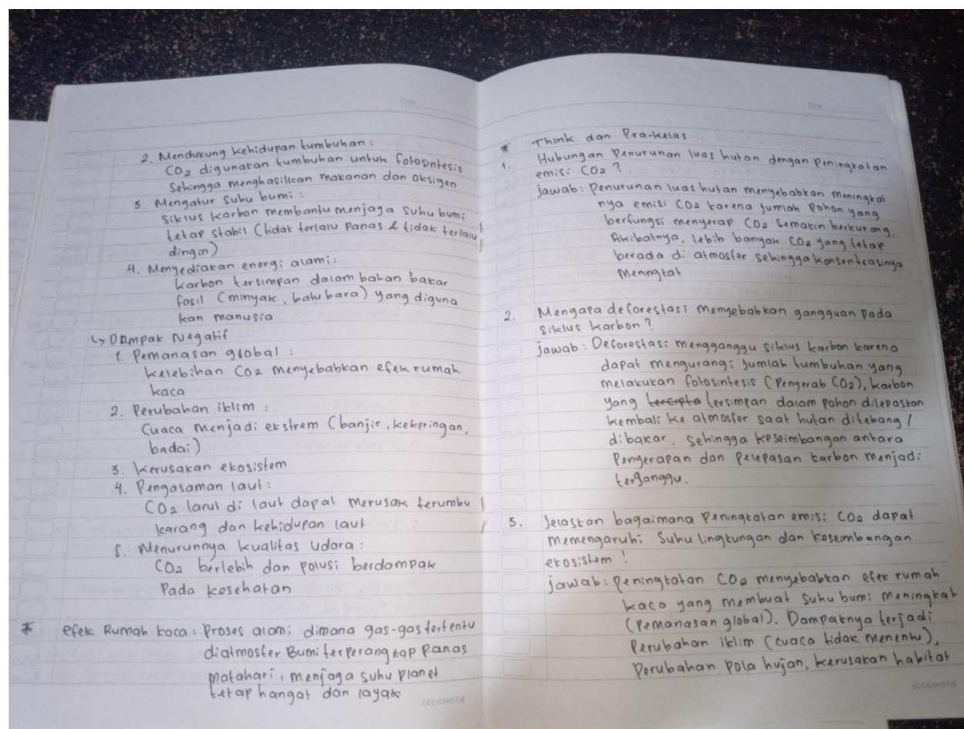
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1511.654 ^a	2	755.827	15.332	<.001	.314
Intercept	28268.878	1	28268.878	573.424	<.001	.895
Pretest	2.725	1	2.725	.055	.815	.001
Kelas	1210.825	1	1210.825	24.561	<.001	.268
Error	3302.989	67	49.298			
Total	487875.000	70				
Corrected Total	4814.643	69				

a. R Squared = .314 (Adjusted R Squared = .293)



Lampiran 27. Hasil Belajar Mandiri Murid

Kelompok Eksperimen (Kelas X.1)



Lampiran 28. Hasil Diskusi Murid

Kelompok Eksperimen (Kelas X.1)

hutan hujan tropis (ekosistem)

Ancaman akibat Perubahan iklim: Kenaikan suhu, Perubahan Curah hujan, deforestasi, kebakaran hutan

Dampak pada Biodiversitas: Kehilangan habitat, Penurunan jumlah Spesies, kepunahan

Solusi berbasis ekosistem: Rehabilitasi, konservasi hutan, Pengelolaan hutan berkelanjutan

Mangrove (ekosistem)

Ancaman akibat Perubahan iklim: Kenaikan permukaan laut, abrasi, perubahan salinitas

Dampak pada Biodiversitas: Berkurangnya habitat biota Pesisir, menurunnya keanekaragaman

Solusi berbasis ekosistem: Penanaman mangrove kembali, perlindungan kawasan pesisir

Terumbu Karang (ekosistem)

Ancaman akibat Perubahan iklim: Peningkatan suhu, pengasaman laut

Dampak pada Biodiversitas: Pemutihan karang (bleaching), Kematian karang, hilangnya habitat ikan

Solusi berbasis ekosistem: Perlindungan laut, pengurangan polusi, rehabilitasi terumbu karang

* kesimpulannya

Jawab: Penurunan biodiversitas terutama disebabkan oleh kerusakan habitat, Perubahan iklim dan Fragmentasi lingkungan yang saling berkaitan. Dampak dari kondisi ini membuat banyak spesies kehilangan tempat hidup sulit beradaptasi, sehingga beresiko Punah. Oleh karena itu diperlukan upaya yang efektif seperti pelestarian habitat, pengurangan emisi serta peningkatan kesadaran masyarakat agar keseimbangan ekosistem tetap terjaga dan keanekaragaman hayati dapat dilindungi.

1) kerusakan habitat menyebabkan makhluk hidup kehilangan tempat tinggal, Sumber makanan dan tempat berkembangbiak akibatnya banyak spesies tidak mampu bertahan hidup atau berpindah ke tempat lain. Jika kondisi ini terus terjadi Populasi akan menurun bahkan bisa punah sehingga keanekaragaman hayati ikut berkurang

2) Perubahan iklim dapat memperburuk fragmentasi habitat misalnya,

A. Suhu meningkat dengan cuaca ekstrem merusak ekosistem

B. Habitat menjadi terpecah-pecah (Fragmentasi) Sehingga spesies sulit berpindah

C. hewan dan tumbuhan kesulitan beradaptasi karena wilayahnya semakin sempit

Jadi perubahan iklim dan fragmentasi habitat saling berkaitan dan mempercepat penurunan biodiversitas

3) Strategi yang efektif yaitu konservasi berbasis ekosistem paling efektif

yaitu: melindungi habitat asli (hutan, laut, terumbu karang)

• menjaga keseimbangan alami ~~for~~ ekosistem

• tidak hanya fokus pada satu spesies tapi seluruh sistem

Contoh:

1) kawasan hutan lindung

2) Taman nasional

3) Perlindungan terumbu karang

karena habitatnya terjaga semua makhluk hidup di dalamnya otomatis ikut terlindung

Kelompok Kontrol (Kelas X.4)

2. Pair

Petunjuk:

1. Bentuklah pasangan dengan teman sebangku Anda.
2. Bandingkan jawaban yang telah Anda buat pada tahapan *Think* (sebelumnya)

Ayo Berdiskusi!

Diskusikan hasil analisis artikel dengan pasanganmu.

Gunakan informasi dari artikel untuk melengkapi tabel berikut.

Evaluasi Dampak Perubahan Iklim terhadap Ekosistem

Ekosistem	Ancaman akibat perubahan iklim	Dampak pada biodiversitas	Solusi berbasis ekosistem
Hutan hujan tropis	Peningkatan suhu bisa memicu kebakaran.	Penurunan populasi hewan endemik, gangguan siklus hidup tumbuhan, migrasi.	Restorasi hutan
Mangrove	Gerundar permukaan, akibat peningkatan permukaan air laut.	Penurunan populasi hewan endemik.	Restorasi dan rehabilitasi
Terumbu karang	Peningkatan suhu pada laut menyebabkan stres termal pada terumbu karang.	Dampaknya adalah kematian pada terumbu karang.	Melindungi mangrove dan lautan

Pertanyaan Diskusi

1. Mengapa kerusakan habitat menjadi salah satu penyebab utama penurunan biodiversitas?
2. Bagaimana hubungan antara perubahan iklim dan fragmentasi habitat?
3. Menurut artikel, strategi apa yang paling efektif untuk melindungi biodiversitas?

Hasil Diskusi

1. Karena habitat adalah rumah dari biodiversitas jadi jika rusak, jelek akan menurun. 2. Hal ini akan memperburuk jumlah habitat karena suatu waktu ada habitat terpaksa atau terpaksa jadi satu sama lain. 3. Konservasi Berbasis Ekosistem dan Restorasi Habitat Contohnya: Restorasi lereng hutan, Restorasi hutan
--

3. Share

Petunjuk

1. Setiap pasangan mempresentasikan hasil diskusi kepada seluruh kelas.
2. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.
3. Guru memfasilitasi diskusi untuk memperoleh pemahaman bersama.

Kesimpulan

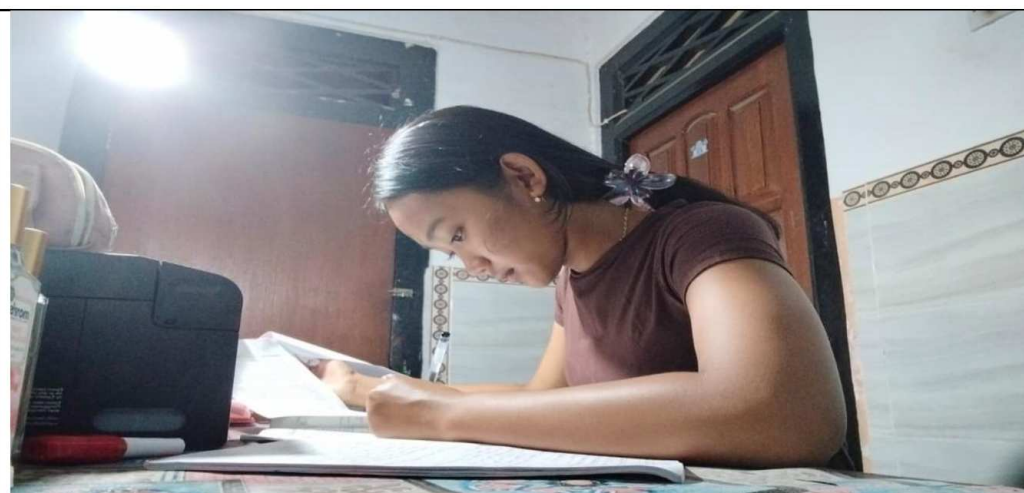
Kesimpulannya adalah pentingnya untuk menurunkan perubahan iklim untuk menghindari dampak buruk yg ada.
--

Lampiran 29. Dokumentasi





Pretest Kelas Eksperimen



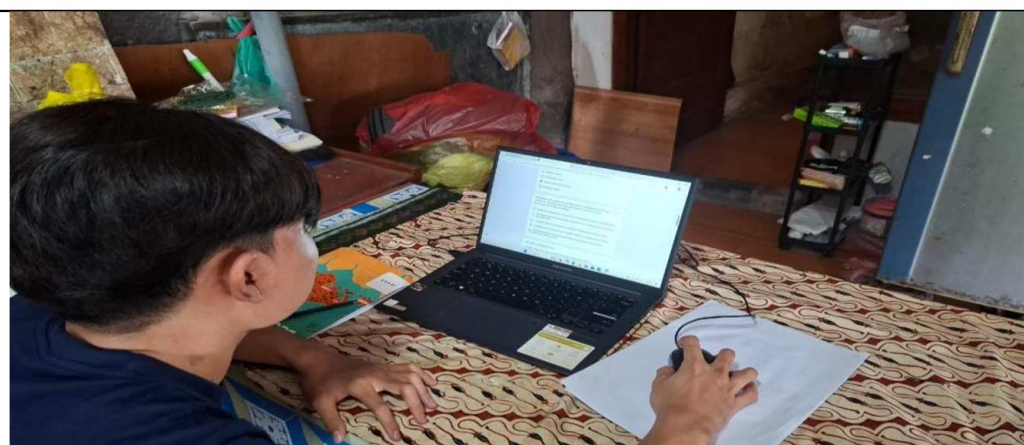
Pra-Kelas dan Tahapan Think



Dikelas dan Tahapan Pair



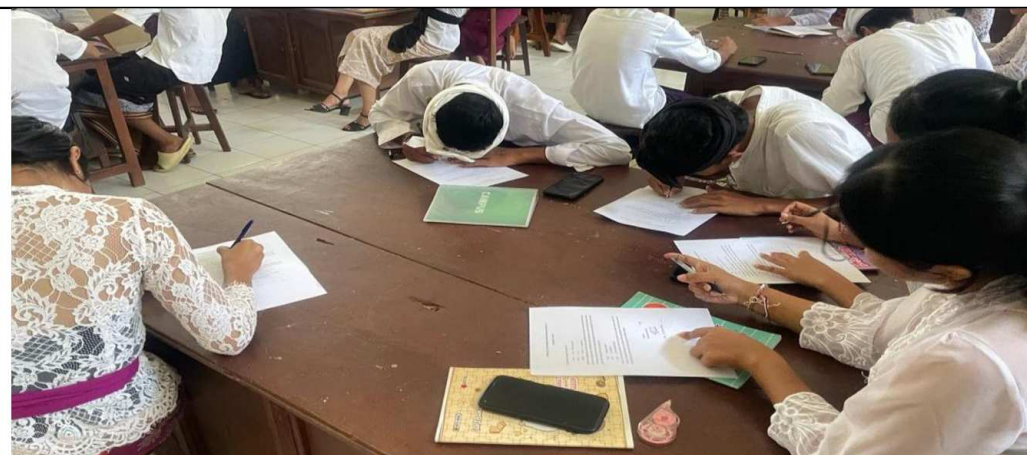
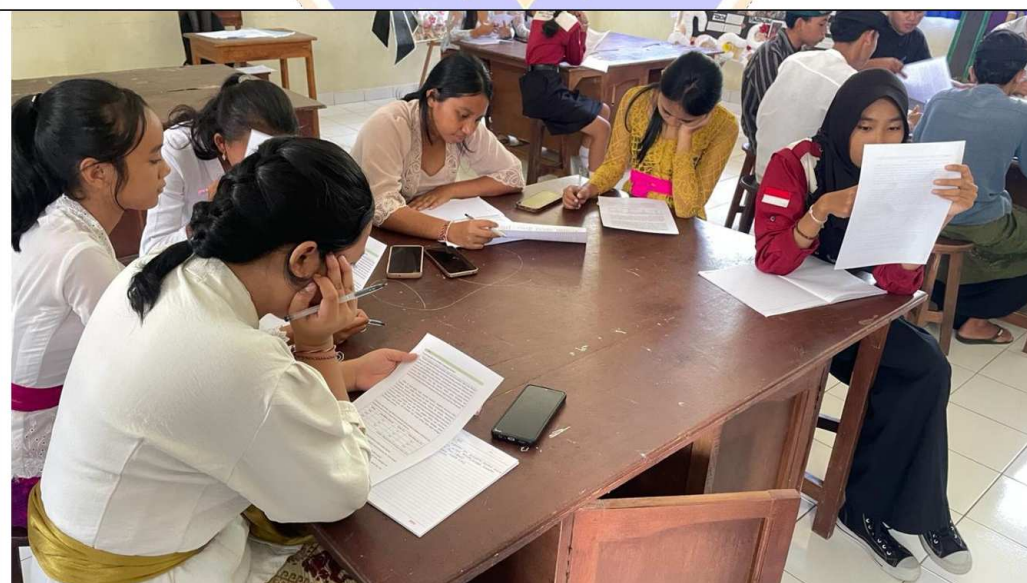
Dikelas dan Tahapan *Share*



Pasca-Kelas



Posttest

Kegiatan di Kelompok Kontrol (Kelas X.4)**Pengisian *Informed Consent* Kelas Kontrol*****Pretest* Kelas Kontrol****Tahapan *Think***



Tahapan Pair



Tahapan Share



Posttest

RIWAYAT HIDUP



Komang Widiani lahir di Denpasar, Bali pada 24 Februari 2004. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Made Widana dan Ni Wayan Rindi. Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Hindu. Kini penulis beralamat di Banjar Tegal Sari, Desa Panjer, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Provinsi Bali. Penulis menyelesaikan Pendidikan dasar di SD Negeri 3 Panjer dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan di SMP Kristen 1 Harapan Denpasar dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2022, penulis lulus di SMA Negeri 2 Denpasar dan melanjutkan Pendidikan ke Program S1 Pendidikan Biologi di Universitas Pendidikan Ganesha. Pada semester akhir tahun 2026, penulis telah menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Efektivitas Model Pembelajaran *Think Pair Share* Dengan *Setting* Pendekatan *Flipped Classroom* Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Murid SMA Pada Materi Perubahan Iklim”. Mulai tahun 2022 hingga penulisan skripsi ini, penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa aktif di Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Biologi dan Perikanan Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Ganesha.

