

LAMPIRAN-LAMPIRAN



Lampiran 1 Alur Tujuan Pembelajaran materi sistem pernapasan
ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN BIOLOGI MATERI SISTEM PERNAPASAN

Satuan Pendidikan : SMA Negeri 1 Ciparay
 Fase : F (Kelas XI)
 Mata Pelajaran : Biologi

Peserta didik memiliki kemampuan mendeskripsikan struktur sel serta bioproses yang terjadi seperti transportasi membran dan pembelahan sel; menganalisis keterkaitan struktur organ pada sistem organ dengan fungsinya serta kelainan atau gangguan yang terjadi; memahami fungsi enzim dan mengenai proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh; serta memiliki kemampuan menerapkan konsep pewarisan sifat, pertumbuhan dan perkembangannya, mengidentifikasi organisme lain mengenai evolusi, dan inovasi teknologi biologi.

Alur Tujuan Pembelajaran Tahun	No	Alur Tujuan Pembelajaran	Perkiraan Jumlah Jam Mengajar	Kata Kunci	Profil Pelajar Pancasila	Glosarium
Peserta didik mampu menganalisis keterkaitan struktur organ pada sistem organ dengan fungsinya serta kelainan atau gangguan yang	6.2	Menjelaskan jenis-jenis volume paru-paru (VT, IRV, ERV, RV) dan kapasitas paru-paru (VC dan TLC), merancang dan membuat Spirometer DIY, serta mengukur dan menganalisis kapasitas paru-paru melalui percobaan sederhana berbasis STEM.	8 JP	Volume paru-paru, Spirometer DIY, Kapasitas Vital (VC)	Bernalar kritis, Gotong royong, Kreatif.	Volume paru-paru: Jumlah udara yang dapat masuk dan keluar dari paru-paru Volume Tidal (VT): Volume udara yang keluar masuk paru-paru saat bernapas normal Volume Cadangan Inspirasi (IRV): Udara tambahan yang

muncul paidai sistem orgain tersebut.					masih dapat dihirup setelah inspirasi normal Volume Cadangan Ekspirasi (ERV): Udara tambahan yang masih dapat dikeluarkan setelah ekspirasi normal Volume Residu (RV): Udara yang tersisa di paru-paru setelah ekspirasi maksimal Kapasitas Vital (VC): Jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan setelah inspirasi maksimal Kapasitas Total Paru (TLC): Jumlah seluruh udara dalam paru-paru setelah inspirasi maksimal Spirometer: Alat untuk mengukur volume paru-paru Spirometer DIY: Alat ukur volume paru-paru sederhana yang dibuat dari bahan sehari-hari
--	--	--	--	--	---

Lampiran 2 Modul Ajar

MODUL AJAR
KURIKULUM MERDEKA

SMAN 1 CIPARAY	Modul Ajar Kurikulum Operasional	Tahun Pelajaran	2025/2026
	Mata Pelajaran Biologi	Jenjang sekolah	SMA/MA
	Penyusun Asri Abdiyanti	Kelas	XI
		Alokasi Waktu	8 x 45 menit

Kompetensi Awal	Organ-organ pada sistem pernapasan manusia
Profil Pelajar Pancasila	1. Bernalar kritis 2. Gotong Royong 3. Kreatif
Sarana dan Prasarana	Sarana: 1. Botol air ukuran 5ltr 2. Ember 3. Gelas ukur 4. Selang plastik 5. Spidol permanen 6. Stopwatch/HP
	Prasarana: 1. LKPD 2. Buku yang relevan
Target Peserta Didik	Siswa kelas XI, jumlah siswa 37 siswa
Pendekatan, Model pembelajaran	Pendekatan : STEM Model Pembelajaran : <i>Project Based Learning</i> (PJBL)
Materi Ajar, Sumber Belajar	Materi Ajar: 1. Jenis-jenis volume paru-paru (VT, IRV, ERV, RV). 2. Kapasitas paru-paru (VC dan TLC). 3. Faktor yang mempengaruhi volume paru-paru. 4. Spirometer: digital dan DIY. 5. Pengukuran kapasitas paru-paru menggunakan spirometer DIY.
	Sumber belajar: Buku Teks Biologi 2 kelas XI, Penerbit Yudhistira
Pengaturan Pembelajaran	Pengaturan peserta didik: Individu, kelompok
Capaian Pembelajaran	Peserta didik mampu menganalisis hubungan struktur organ pernapasan dengan fungsinya, serta mengukur dan menginterpretasi volume paru-paru melalui percobaan sederhana berbasis STEEM.

Tujuan Pembelajaran	1. Menjelaskan jenis-jenis volume paru-paru (VT, IRV, ERV, RV) dan kapasitas paru-paru (VC dan TLC) dengan benar. 2. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi volume paru-paru secara kritis. 3. Mendesain dan membuat alat spirometer DIY menggunakan bahan sederhana dengan kreatif. 4. Mengukur kapasitas paru-paru menggunakan spirometer DIY dengan tepat. 5. Menganalisis data hasil pengukuran volume paru-paru secara ilmiah dan bekerja sama dalam kelompok.
Pemahaman Bermakna	Volume paru-paru dapat diukur dengan alat sederhana (spirometer DIY), dan hasilnya dapat menunjukkan kondisi kesehatan sistem pernapasan seseorang. Setiap orang memiliki kapasitas paru-paru yang berbeda dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan.
Pertanyaan Pemantik	1. Bagaimana cara mengetahui kapasitas paru-paru seseorang tanpa alat medis? 2. Apakah paru-paru setiap orang memiliki volume yang sama? Mengapa? 3. Bisakah kita membuat alat ukur paru-paru sendiri dari barang bekas? 4. Mengapa atlet memiliki kapasitas paru-paru yang lebih besar dibanding orang yang kurang berolahraga?

LANGKAH PEMBELAJARAN			
Langkah Kegiatan	Komponen STEM	Kegiatan Pembelajaran	Alokasi Waktu
Pendahuluan		a. Menyiapkan peserta didik secara psikis dan fisik untuk mengikuti proses pembelajaran. - Berdo'a, sebelum pembelajaran dimulai - Memeriksa kehadiran peserta didik - Menyampaikan judul materi yang akan disampaikan - Guru memberikan pretest untuk mengukur pengetahuan awal peserta didik. b. Menjelaskan ATP dan tujuan	20 menit

		pembelajaran yang akan dicapai - Menyampaikan alur pembelajaran yang akan dicapai dan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari c. Menyampaikan cakupan materi dan penjelasan uraian kegiatan sesuai ATP. - Menyampaikan garis besar cakupan materi dan kegiatan yang akan dilakukan. d. Guru memberikan apersepsi dengan mengajukan pertanyaan pemantik: - Mengajukan pertanyaan tentang aktivitas bernapas saat olahraga. - Menggali pengalaman peserta didik tentang napas terengah-engah pernapasan yang akan dibahas. e. Peserta didik dibagi dalam kelompok yang terdiri dari 5-6 orang dan menerima LKPD Sistem Pernapasan Berbasis STEM. f. Guru memberikan motivasi mengenai manfaat mempelajari volume paru-paru dalam kehidupan sehari-hari	
	Science	1) Penentuan Pertanyaan Dasar (Start with the Essential Question) a. Guru memberikan pertanyaan mendasar - Bagaimana cara mengukur volume paru-paru tanpa alat medis?" b. Peserta didik membaca dan mengamati teks materi konsep volume paru-paru dan spirometer pada LKPD (Fase 1 - Penentuan Proyek).	

		c. Guru menggali pengetahuan awal: jenis volume paru-paru (VT, IRV, ERV, RV), kapasitas vital (VC), kapasitas total (TLC), dan faktor yang mempengaruhinya. d. Peserta didik berdiskusi dalam kelompok dan menuliskan ide/saran awal pada kolom LKPD Fase 1. e. Peserta didik bertanya dan berdiskusi: mengapa kapasitas paru-paru berbeda antar individu? f. Peserta didik menonton video tutorial pembuatan Spirometer DIY. Selama menonton, peserta didik mengamati: - Alat dan bahan apa saja yang digunakan - Urutan langkah perakitan - Cara kerja alat saat digunakan - Hal-hal yang perlu diperhatikan agar alat berfungsi baik	
Kegiatan Inti		2) Mendesain Perencanaan Proyek Berdasarkan video tutorial yang telah ditonton, setiap kelompok merancang sendiri spirometer DIY mereka. a. Peserta didik berdiskusi dan menuliskan secara mandiri pada LKPD Fase 2: 1. Daftar alat dan bahan yang akan digunakan 2. Langkah-langkah kerja/prosedur yang dirancang secara runtut 3. Gambar atau deskripsi produk yang akan dibuat 4. Cara memastikan sambungan tidak ada udara luar yang masuk dan pengaruhnya terhadap hasil pengukuran b. Setiap kelompok boleh memodifikasi desain dari video sesuai kreativitas mereka, dengan tetap memperhatikan prinsip kerja alat. c. Peserta didik membagi peran dalam kelompok; guru memfasilitasi tanpa memberikan jawaban langsung.	140 menit
		3) Menyusun Jadwal Proyek a. Guru memberikan batas waktu	

		pengerjaan proyek. b. Peserta didik menyusun jadwal kegiatan pada tabel LKPD Fase 3 (hari/tanggal dan kegiatan). c. Peserta didik menentukan urutan kegiatan: persiapan, perakitan, pengujian, pengukuran, dan pencatatan data.	
	<i>Technology & Engineering</i>	4) Memonitor Aktivitas Proyek a. Guru membimbing peserta didik menyiapkan alat dan bahan; memastikan keselamatan kerja. b. Peserta didik merakit spirometer DIY sesuai LKPD: - Isi botol dengan air - Balik botol dalam ember - Masukkan selang ke botol terbalik - Hembuskan napas dan ukur volume air	
	<i>Mathematics</i>	5) Menguji hasil a. Peserta didik melakukan pengukuran dengan bimbingan guru: - Mencatat berat badan (BB) dan mengidentifikasi gaya hidup (aktif/jarang olahraga) - Menarik napas dalam-dalam - Menghembuskan napas melalui selang - Mengamati perubahan pada alat b. Guru dan peserta didik memastikan pengukuran dilakukan dengan benar c. Peserta didik melakukan percobaan pengukuran VT, VCE, serta VC dan mencatat hasil pada tabel pengamatan d. Peserta didik menganalisis hasil percobaan dan menjawab Pertanyaan Analisis pada LKPD Fase 4: 1. Menentukan KVP setiap anggota normal atau di bawah normal (laki-laki: 4.500-5.000 mL; perempuan: 3.500-4.500 mL). 2. Apakah terjadi peningkatan atau penurunan VC setelah berlari? Faktor apa yang mempengaruhi volume paru-paru? 3. Menghitung IRV dan TLC setiap anggota.	

		4. Program pemantauan selama 3 bulan 5. Hubungan percobaan dengan kesehatan paru-paru. e. Peserta didik menuliskan laporan hasil proyek pada LKPD Fase 5. f. Setiap kelompok mempresentasikan hasil pengukuran dan analisis di depan kelas. g. Guru dan peserta didik membandingkan hasil antar kelompok dan memberikan umpan balik.	
		6) Evaluasi Pengalaman a. Peserta didik berdiskusi dan menuliskan pada fase 6. 1. Apakah hasil pengukuran alat menunjukkan angka yang masuk akal dibandingkan nilai normal KVP? Jika tidak, apa kemungkinan penyebabnya? 2. Bagian mana dari desain alat yang akan diperbaiki agar lebih akurat atau lebih mudah digunakan?	
Penutup		a. Guru memberikan penguatan tentang konsep volume paru paru: - Jenis-jenis volume paru-paru (VT,IRV,ERV,RV). - Kapasitas paru-paru (VC dan TLC) serta faktor yang mempengaruhinya. b. Guru dan peserta didik bersama-sama menyimpulkan pembelajaran : - Pengertian volume paru-paru - Cara pengukuran menggunakan spirometer sederhana c. Guru memberikan soal postest untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta didik setelah pembelajaran. d. Guru menginformasikan rencana kegiatan pembelajaran untuk pertemuan berikutnya. e. Guru menutup kegiatan pembelajaran dengan mengucapkan salam.	20 menit

$$\text{Nilai} = \frac{\text{skor yang diperoleh siswa}}{\text{skor total}} \times 100$$

REMEDIAL DAN PENGAYAAN	
Remedial	Remedial dilaksanakan apabila pencapaian hasil belajar peserta didik belum mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP).
Pengayaan	Pengayaan dilaksanakan apabila pencapaian hasil belajar peserta didik sudah mencapai dan melebihi Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP), tapi peserta didik belum puas dengan hasil belajar yang dicapai dan atau peserta didik dengan daya nalar yang tinggi diberikan lembar kerja mandiri untuk tugas yang terstruktur.

Mengetahui,
Kepala SMAN 1 Ciparay

Bandung, Maret 2026
Guru Mata Pelajaran Biologi

.....

.....

Lampiran 3 Kisi-kisi instrumen test

KISI-KISI INSTRUMEN TES

No	Aspek Kemampuan Berpikir Kritis	Indikator Soal	Jumlah Soal	No. Soal
1	Menganalisis	a. Menganalisis perbedaan antara volume tidal, volume komplementer, dan volume supplementer berdasarkan grafik volume paru-paru b. Mengidentifikasi faktor-faktor fisiologis yang menyebabkan perbedaan kapasitas paru-paru antara atlet dan orang yang jarang berolahraga c. Menganalisis prinsip kerja spirometer dalam mengukur volume paru-paru manusia dan pentingnya dalam praktikum biologi	3	1, 2, 5
2	Mensintesis	a. Menggabungkan konsep-konsep volume paru-paru untuk menentukan kapasitas vital paru-paru beserta makna biologisnya b. Merancang langkah-langkah pembuatan spirometer sederhana (DIY) dari bahan yang mudah ditemukan beserta prinsip ilmiah yang mendasarinya	2	3,6
3	Mengenali dan Memecahkan Masalah	a. Menghitung kapasitas vital paru-paru berdasarkan data volume yang diberikan serta menginterpretasikan hasilnya	2	4, 7

		b. Mengolah data hasil percobaan spirometer DIY untuk menghitung rata-rata volume paru-paru dan menganalisis kesesuaiannya dengan rentang normal usia remaja		
4	Menyimpulkan	a. Menarik kesimpulan dari data hasil praktikum spirometer DIY dan mengidentifikasi kemungkinan penyebab variasi kapasitas paru-paru antar siswa	1	8
5	Mengevaluasi dan Menilai	a. Membandingkan spirometer digital dengan spirometer DIY dari segi akurasi, biaya, dan kemudahan penggunaan secara kritis b. Menilai efektivitas penggunaan praktikum spirometer DIY terhadap pemahaman konsep volume paru-paru berdasarkan pengalaman peserta didik	2	9, 10

Lampiran 4 Kisi-kisi soal uraian

KISI-KISI SOAL URAIAN

Tujuan Pembelajaran	Aspek	Indikator Soal	No	Soal
Siswa mampu membedakan jenis-jenis volume paru-paru beserta contoh kondisi aktivitas yang mempengaruhinya melalui analisis grafik	Menganalisis	Menganalisis perbedaan volume tidal, volume komplementer, dan volume supplementer berdasarkan grafik	1	Gambar 1.1 Grafik Volume Paru-Paru Sumber: Wayground.com https://wayground.com/admin/quiz/5e8223e258c5ca001b10496f/sistem-pernapasan-pada-manusia

				Berdasarkan pada Gambar 1.1, dalam proses pernapasan manusia, terdapat beberapa jenis volume paru-paru. Jelaskan secara rinci perbedaan antara volume tidal, volume komplementer, dan volume suplementer, serta berikan contoh kondisi aktivitas yang mempengaruhi masing-masing volume tersebut!
Siswa mampu mengidentifikasi minimal 3 faktor fisiologis penyebab perbedaan kapasitas paru-paru antara atlet dan non-atlet	Menganalisis	Mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan kapasitas paru-paru antara atlet dan orang yang jarang berolahraga	2	Analisislah mengapa kapasitas paru-paru antara seorang atlet dan orang yang jarang berolahraga dapat berbeda secara signifikan! Jelaskan minimal 3 faktor penyebabnya!
Siswa mampu menyusun rumus kapasitas vital paru-paru dari konsep-konsep volume paru dan menjelaskan makna biologisnya	Mensintesis	Menggabungkan konsep volume paru-paru untuk menentukan kapasitas vital paru-paru dan makna biologisnya	3	Bagaimana cara menentukan kapasitas vital paru-paru berdasarkan konsep volume paru-paru, serta jelaskan makna biologis dari kapasitas vital tersebut!
Siswa mampu menghitung kapasitas vital paru-paru dari data yang diberikan dan	Mengenali dan Memecahkan Masalah	Menyelesaikan perhitungan kapasitas vital paru-paru	4	Seorang siswa perempuan melakukan pemeriksaan paru-paru di klinik dan memperoleh data berikut: a. Volume tidal = 600 mL b. Volume cadangan inspirasi = 2400 mL

menginterpretasikan hasilnya		berdasarkan data volume yang tersedia		c. Volume cadangan ekspirasi = 1200 mL Hitunglah kapasitas vital paru-paru siswa tersebut, kemudian tentukan apakah kapasitas paru-parunya tergolong besar atau kecil berdasarkan nilai KVP standar (laki-laki: 4.500–5.000 mL, perempuan: 3.500–4.500 mL) serta jelaskan kondisi paru-parunya!
Siswa mampu menjelaskan prinsip kerja spirometer dan pentingnya alat ini dalam kegiatan praktikum biologi	Menganalisis	Menganalisis prinsip kerja spirometer dan fungsinya dalam praktikum biologi	5	Jelaskan prinsip kerja spirometer sederhana dalam mengukur volume paru-paru manusia dan mengapa alat ini penting dalam praktikum biologi!
Siswa mampu merancang langkah pembuatan spirometer DIY dan menjelaskan prinsip ilmiah yang mendasarinya	Mensintesis	Merancang pembuatan spirometer sederhana (DIY) dari bahan yang mudah ditemukan dan menjelaskan prinsip ilmiahnya	6	Rancanglah langkah-langkah pembuatan spirometer sederhana (DIY) menggunakan alat dan bahan yang mudah di temukan, serta jelaskan prinsip ilmiah di balik cara kerjanya!
Siswa mampu mengolah data percobaan spirometer DIY dan menganalisis	Mengenali dan Memecahkan Masalah	Menghitung rata-rata data percobaan spirometer DIY dan	7	Seorang siswa melakukan sebuah percobaan untuk mengukur kapasitas paru-parunya menggunakan alat Spirometer DIY sebanyak 5 kali percobaan. Lalu setelah melakukan percobaan didapatlah sebuah hasil,

kesesuaiannya dengan rentang normal kapasitas paru-paru remaja		menganalisis kenormalannya		hasil percobaan spirometer DIY seorang siswa sebagai berikut (dalam mL): 2800, 3000, 3200, 3100, 2900 a. Hitunglah rata-rata volume paru-paru berdasarkan data di atas! b. Analisis apakah hasil tersebut termasuk normal untuk usia remaja!
Siswa mampu menarik kesimpulan dari data hasil praktikum dan mengidentifikasi faktor penyebab variasi kapasitas paru-paru antar siswa	Menyimpulkan	Menyimpulkan hasil praktikum dan mengidentifikasi penyebab variasi kapasitas paru	8	Berdasarkan hasil praktikum spirometer DIY di kelas, ditemukan bahwa sebagian siswa memiliki kapasitas paru-paru di bawah rata-rata. Buatlah kesimpulan dan kemungkinan penyebabnya!
Siswa mampu mengevaluasi kelebihan dan kekurangan spirometer digital dibandingkan spirometer DIY secara objektif	Mengevaluasi dan Menilai	Membandingkan spirometer digital dan DIY dari aspek akurasi, biaya, dan kemudahan penggunaan	9	Bandingkan penggunaan spirometer digital dengan spirometer DIY dari segi akurasi, biaya, dan kemudahan penggunaan!
Siswa mampu menilai efektivitas praktikum spirometer DIY dalam	Mengevaluasi dan Menilai	Menilai efektivitas praktikum spirometer DIY terhadap	10	Bagaimana pendapatmu mengenai praktikum pembuatan spirometer sederhana? Sejauh mana praktikum tersebut membantumu memahami konsep volume paru-paru?

meningkatkan pemahaman konsep volume paru-paru		pemahaman konsep volume paru-paru berdasarkan pengalaman peserta didik		
--	--	---	--	--



KUNCI JAWABAN

No	Aspek Berpikir Kritis	Kunci Jawaban	Kata Kunci	Kriteria Penskoran	Skor
1	Menganalisis	- Volume tidal: udara yang keluar-masuk saat bernapas normal (± 500 mL), contoh: saat duduk santai - Volume komplementer: udara tambahan yang masih bisa dihirup setelah inspirasi biasa (± 1500–3000 mL), contoh: saat menarik napas dalam setelah olahraga - Volume suplementer: udara tambahan yang masih bisa dikeluarkan setelah ekspirasi biasa (± 1000–1500 mL), contoh: saat menghembuskan napas kuat	- Volume tidal - Volume komplementer - Volume suplementer	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/ Tidak di jawab	0
2	Menganalisis	Kapasitas paru-paru atlet berbeda dengan orang yang jarang berolahraga karena kapasitas paru berkembang akibat adaptasi latihan yang dilakukan secara rutin. 3 Faktor Penyebabnya:	- Adaptasi latihan - Paru-paru terlatih - Otot pernapasan	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/	0

		1. Atlet memiliki latihan rutin sehingga paru-paru lebih terlatih dan kapasitasnya berkembang secara optimal. 2. Otot pernapasan atlet lebih kuat sehingga rongga dada dapat mengembang lebih maksimal saat bernapas. 3. Efisiensi pertukaran oksigen di alveolus lebih baik karena paru-paru terbiasa bekerja lebih keras saat berolahraga.	- Efisiensi pertukaran oksigen - Kapasitas paru berkembang	Tidak di jawab	
3	Mensintesis	Cara menentukan kapasitas vital paru-paru menggunakan rumus: $KV = \text{volume tidal} + \text{volume cadangan inspirasi} + \text{volume cadangan ekspirasi}$ Makna biologis: menunjukkan kemampuan maksimal paru-paru dalam menampung dan mengeluarkan udara sebagai indikator kesehatan paru Kesimpulan: Jenis kelamin dan kebiasaan berolahraga merupakan dua faktor independen yang masing-masing berkontribusi terhadap besar kecilnya KVP seseorang.	- $KV = VT + VCI + VCE$ - Kapasitas vital - Indikator kesehatan paru - Kemampuan maksimal paru - Makna biologis	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/ Tidak di jawab	0
4	Mengenali dan Memecahkan Masalah	$KV = 600 + 2400 + 1200 = \mathbf{4200 \text{ mL}}$ Artinya: kapasitas paru cukup besar menunjukan kemungkinan kondisi paru dalam keadaan baik/sehat	- $KV = 4200 \text{ mL}$ - Perhitungan kapasitas vital	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/	0

			- Kondisi paru baik/sehat	Tidak di jawab	
5	Menganalisis	• Udara yang dihembuskan ke dalam botol berisi air akan menggantikan air tersebut. Volume air yang keluar sama dengan volume udara yang dihembuskan. • Penting untuk mengetahui kapasitas paru dan kesehatan pernapasan	- Prinsip perpindahan volume - Udara menggantikan air - Volume udara dihembuskan - Kapasitas paru - Kesehatan pernapasan	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/ Tidak di jawab	0
6	Mensintesis	Langkah: 1. Botol diisi air penuh 2. Dibalik dalam wadah berisi air 3. Selang dimasukkan 4. Udara dihembuskan → air keluar Prinsip ilmiah:	- Langkah pembuatan spirometer DIY - Hukum perpindahan volume	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/ Tidak di jawab	0

		Spirometer DIY bekerja berdasarkan hukum perpindahan volume, di mana udara yang dihirup ke dalam botol akan menggantikan volume air yang ada di dalamnya.			
7	Mengenali dan Memecahkan Masalah	a. Rata-rata = 3000 mL b. Termasuk normal (kisaran 3000–4000 mL untuk remaja)	Rata-rata 3000 mL - Kisaran normal remaja - Data percobaan - Analisis hasil - 3000–4000 mL	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/ Tidak di jawab	0
8	Menyimpulkan	Kesimpulan: Terdapat variasi kapasitas paru antar siswa Penyebab: • Kurang olahraga • Kebiasaan merokok • Faktor kesehatan • Teknik pengukuran kurang tepat	- Variasi kapasitas paru - Kurang olahraga - Kebiasaan merokok - Teknik pengukuran - Faktor kesehatan	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/ Tidak di jawab	0
9	Mengevaluasi dan Menilai	1. Digital: akurat, mahal, praktis 2. DIY: murah, kurang akurat, edukatif	- Spirometer digital - Spirometer DIY - Akurasi	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/	0

		Evaluasi:Spirometer DIY cocok untuk pembelajaran, bukan medis	- Biaya - Kemudahan penggunaan	Tidak di jawab	
10	Mengevaluasi dan Menilai	Praktikum pembuatan spirometer sederhana sangat bermanfaat karena: 1. Memberikan pengalaman langsung(hands on) dalam mengukur volume paru-paru 2. Membantu memahami konsep volume paru-paru secara nyata dan konkret 3. Membuat pembelajaran lebih menarik dan melibatkan siswa secara aktif	- Pengalaman langsung - Pemahaman konsep - Keterlibatan aktif - Efektivitas praktikum	Benar dan tepat	3
				Kurang lengkap/ Kurang tepat	1
				Salah/ Tidak di jawab	0

Lampiran 5 Angket Validasi ahli materi

LEMBAR VALIDASI AHLI TERHADAP LKPD BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN (AHLI MATERI)

LEMBAR VALIDASI AHLI TERHADAP LKPD BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN (AHLI MATERI)

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay.

Mata Pelajaran : Biologi

Penulis : Asri Abdiyanti

Validator :

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

1. Instrumen ini dibuat untuk mengetahui penilaian dan pendapat dari Bapak/Ibu mengenai LKPD yang disusun.
2. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (√) pada kolom skor yang terdapat pada skala penilaian. Pilihan jawaban yang tersedia adalah sebagai berikut:
 1. Tidak Valid 3. Valid
 2. Kurang Valid 4. Sangat Valid
3. Mohon Bapak/Ibu berkenan menuliskan saran ditempat yang tersedia apabila Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi.
4. Atas ketersediaan Bapak/Ibu dalam menilai bahan ajar ini, saya ucapkan terima kasih.

Aspek yang dinilai	Indikator	Skor Penilaian				Catatan Perbaikan
		1	2	3	4	
Kelayakan penyajian materi	1. Kesesuaian Capaian Pembelajaran dengan Alur Tujuan Pembelajaran dalam LKPD					

	2. Kesesuaian materi sistem pernapasan dengan ATP dalam LKPD					
	3. Penjelasan setiap materi dalam LKPD					
	4. Kesesuaian penjabaran materi Sistem pernapasan dengan komponen pembelajaran STEM					
	5. Kesesuaian contoh-contoh yang disajikan dalam LKPD dengan pembelajaran kontekstual					
	6. Kebenaran konsep materi sistem pernapasan yang digunakan dalam LKPD					
	7. Kemutakhiran kajian Pustaka yang digunakan dalam LKPD					
Komponen STEM	8. Kesesuaian aspek sains (memuat informasi ilmiah) dengan komponen pembelajaran STEM					
	9. Kesesuaian aspek teknologi dengan komponen pembelajaran STEM					
	10. Kesesuaian aspek Teknik (membuat ide/ gagasan dalam merancang desain/Teknik) dengan komponen pembelajaran STEM					
	11. Kesesuaian aspek matematika (memuat angka dan perhitungan) dengan komponen pembelajaran STEM.					

Penggunaan bahasa	12. Kesesuaian Bahasa yang digunakan dalam LKPD dengan kaidah ilmiah dan EYD					
	13. Konsistensi penulisan istilah dalam LKPD					

Kesimpulan dan saran:

.....

.....

.....

Bandung,
Validator,

2026

.....

NIP.



Lampiran 6 Angket validasi ahli media

LEMBAR VALIDASI AHLI TERHADAP LKPD BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN (AHLI MEDIA)

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay

Mata Pelajaran : Biologi

Penulis : Asri Abdiyanti

Validator :

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

1. Instrumen ini dibuat untuk mengetahui penilaian dan pendapat dari Bapak/Ibu mengenai LKPD yang disusun.
2. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (√) pada kolom skor yang terdapat pada skala penilaian. Pilihan jawaban yang tersedia adalah sebagai berikut:
 1. Tidak Valid
 2. Kurang Valid
 3. Valid
 4. Sangat Valid
3. Mohon Bapak/Ibu berkenan menuliskan saran ditempat yang tersedia apabila Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi.
4. Atas ketersediaan Bapak/Ibu dalam menilai bahan ajar ini, saya ucapkan terima kasih

Aspek yang dinilai	Indikator	Skor Penilaian				Catatan Perbaikan
		1	2	3	4	
Penyajian Komponen	1. Desain cover LKPD					
	2. Kejelasan penyajian materi sistem pernapasan dalam LKPD					
	3. Kejelasan penyajian gambar dalam LKPD					
	4. Kesesuaian gambar dengan penjelasan materi sebelumnya					

	5. Kesesuaian identitas gambar dalam LKPD					
Komponen STEM	6. Kesesuaian aspek sains (memuat informasi ilmiah) dengan komponen pembelajaran STEM					
	7. Kesesuaian aspek teknologi dengan komponen pembelajaran STEM					
	8. Kesesuaian aspek Teknik (membuat ide/ gagasan dalam merancang desain/Teknik) dengan komponen pembelajaran STEM					
	9. Kesesuaian aspek matematika (memuat angka dan perhitungan) dengan komponen pembelajaran STEM					
Kegrafisan	10. Komposisi ukuran judul pada cover LKPD					
	11. Komposisi ukuran gambar ilustrasi pada cover LKPD					
	12. Kesesuaian ilustrasi cover Instrument materi					
	13. Kejelasan karakter size dan font isi LKPD					
	14. Ketepatan pemilihan <i>design</i> tampilan dan warna pada LKPD					

Kesimpulan dan saran:

.....

.....

.....

Bandung, 2026

Validator,

.....
NIP



Lampiran 7 Angket validasi instrumen**LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN**

Berdasarkan hasil penilaian validator, instrumen penelitian yang disusun oleh:

Nama : Asri Abdiyanti

NIM : 2284025025

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 CIPARAY.

☐ Layak digunakan tanpa revisi

☐ Layak digunakan dengan revisi

☐ Tidak layak digunakan

*beri tanda checklist (✓) pada kolom penilaian yang sesuai

Komentar dan Saran:

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung,

Mengetahui,

Validator Instrumen,

(_____)

NIDN.

Lampiran 8 Angket respon peserta didik

**ANGKET RESPON PESERTA DIDIK TERHADAP LKPD BERBASIS STEM
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA
DIDIK PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN**

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay

Mata Pelajaran : Biologi Penulis

: Asri Abdiyanti

Validator :

Nama Siswa :

Kelas :

1. Tujuan

Tujuan angket ini sebagai alat untuk mengetahui respon dari pengguna LKPD yang telah dikembangkan pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay yang akan diisi oleh peserta didik.

2. Petunjuk

1. Bacalah lembar angket dengan teliti dan seksama.
2. Jawablah pertanyaan ini dengan jujur.
3. Berilah tanda ceklis (√) pada kolom yang sesuai dengan kriteria penilaian berikut:

STS =Sangat tidak setuju S= Setuju

TS = Tidak setuju SS= Sangat setuju

Aspek yang dinilai	Indikator yang dinilai	Jawaban				Catatan Perbaikan
		STS	TS	S	SS	
Tampilan	1. Tampilan LKPD berbasis STEM menarik.					
	2. Dengan menggunakan LKPD berbasis STEM membuat belajar materi sistem pernapasan tidak membosankan.					

	3. LKPD berbasis STEM mendukung saya untuk menguasai pelajaran sistem pernapasan					
Materi	4. Penyampaian materi dalam LKPD berbasis STEM berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.					
	5. Materi yang disajikan dalam LKPD berbasis STEM ini mudah dipahami					
	6. Dalam LKPD berbasis STEM berisikan ilustrasi yang memudahkan saya memahami materi.					
	7. LKPD berbasis STEM memuat tes evaluasi yang dapat menguji kemampuan pemecahan masalah saya.					
	8. Soal-soal dalam LKPD ini sudah sesuai dengan indikator dan materi yang disajikan					
Bahasa	9. Kalimat dan paragraph yang digunakan dalam LKPD berbasis STEM jelas dan mudah dipahami					
	10. Bahasa yang digunakan dalam LKPD berbasis					

	STEM sederhana dan mudah dimengerti.					
	11. Huruf yang digunakan sederhana dan mudah dibaca					
Manfaat	12. Saya mudah memahami wacana sistem pernapasan yang terdapat dalam LKPD ini					
	13. Saya mudah untuk melakukan eksperimen dan menyimpulkannya dengan benar.					
	14. LKPD ini dapat menumbuhkan rasa ingin tahu, memberikan informasi baru, dan mendorong saya untuk mencari tambahan informasi yang lebih jauh.					

Kesimpulan dan saran:

.....

.....

.....

		Correlations										
		Soal No.1	Soal No.2	Soal No.3	Soal No.4	Soal No.5	Soal No.6	Soal No.7	Soal No.8	Soal No.9	Soal No.10	Skor Total
Soal No.1	Pearson Correlation	1	.090	.376	.144	.241	.120	.398*	.456*	.575**	.447*	.687**
	Sig. (2-tailed)		.661	.059	.483	.235	.561	.044	.019	.002	.022	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.2	Pearson Correlation	.090	1	.000	.299	.343	.378	.077	.380	.239	-.033	.404*
	Sig. (2-tailed)	.661		1.000	.137	.087	.057	.709	.055	.240	.873	.041
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.3	Pearson Correlation	.376	.000	1	-.195	.000	.248	.142	.471*	.229	.457*	.458*
	Sig. (2-tailed)	.059	1.000		.340	1.000	.221	.488	.015	.260	.019	.019
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.4	Pearson Correlation	.144	.299	-.195	1	.245	.007	.272	.224	.080	.118	.391*
	Sig. (2-tailed)	.483	.137	.340		.227	.974	.178	.272	.696	.565	.048
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.5	Pearson Correlation	.241	.343	.000	.245	1	.319	.249	.320	.187	.024	.453*
	Sig. (2-tailed)	.235	.087	1.000	.227		.112	.219	.111	.360	.909	.020
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.6	Pearson Correlation	.120	.378	.248	.007	.319	1	.420*	.348	.598**	.149	.617**

	Sig. (2-tailed)	.561	.057	.221	.974	.112		.033	.081	.001	.467	.001
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.7	Pearson Correlation	.398*	.077	.142	.272	.249	.420*	1	.307	.392*	.001	.615**
	Sig. (2-tailed)	.044	.709	.488	.178	.219	.033	.128	.048	.996	.001	
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.8	Pearson Correlation	.456*	.380	.471*	.224	.320	.348	.307	1	.589**	.467*	.778**
	Sig. (2-tailed)	.019	.055	.015	.272	.111	.081	.128		.002	.016	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.9	Pearson Correlation	.575**	.239	.229	.080	.187	.598**	.392*	.589**	1	.471*	.785**
	Sig. (2-tailed)	.002	.240	.260	.696	.360	.001	.048	.002		.015	.000
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Soal No.10	Pearson Correlation	.447*	-.033	.457*	.118	.024	.149	.001	.467*	.471*	1	.548**
	Sig. (2-tailed)	.022	.873	.019	.565	.909	.467	.996	.016	.015		.004
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Skor Total	Pearson Correlation	.687**	.404*	.458*	.391*	.453*	.617**	.615**	.778**	.785**	.548**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.041	.019	.048	.020	.001	.001	.000	.000	.004	
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Lampiran 10 Hasil reliabilitas instrumen test

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.778	10

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Soal No.1	13.00	28.800	.568	.742
Soal No.2	13.50	34.580	.325	.774
Soal No.3	13.65	32.955	.337	.771
Soal No.4	12.88	32.666	.204	.793
Soal No.5	13.46	33.618	.355	.770
Soal No.6	13.12	29.706	.479	.754
Soal No.7	13.00	28.800	.450	.760
Soal No.8	13.08	27.754	.688	.725
Soal No.9	12.65	26.715	.684	.722
Soal No.10	13.54	31.138	.412	.763

Lampiran 12 Uji Normalitas

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
N-Gain	37	100.0%	0	0.0%	37	100.0%

Descriptives

		Statistic	Std. Error
N-Gain	Mean	41.78	2.764
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	36.18
		Upper Bound	47.39
	5% Trimmed Mean	41.73	
	Median	40.00	
	Variance	282.674	
	Std. Deviation	16.813	
	Minimum	13	
	Maximum	73	
	Range	60	
	Interquartile Range	26	
	Skewness	-.050	.388
	Kurtosis	-.887	.759

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
N-Gain	.126	37	.145	.961	37	.211

a. Lilliefors Significance Correction

Lampiran 13 Uji paired sampel t-test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Sebelum diberikan perlakuan	38.27	37	14.927	2.454
	Setelah diberikan perlakuan	80.05	37	8.199	1.348

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Sebelum diberikan perlakuan & Setelah diberikan perlakuan	37	.030	.860

Paired Samples Test

		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower
Pair 1	Sebelum diberikan perlakuan - Setelah diberikan perlakuan	-41.784	16.813	2.764	-47.389

Lampiran 14 Surat keterangan izin penelitian



UNIVERSITAS SALI AL-AITAAM

Surat Keputusan Nomor : 541/E/O/2021 Tanggal 7 Desember 2021

Program Studi:

PENDIDIKAN BIOLOGI

Jl. Aceng Sali Al-Aitaam No. 1 Ciganitri Tlp. : 022-8750 0756 Bojongsoang Kab. Bandung

Nomor : 014/PENDIDIKAN BIOLOGI-UNISAL/YAAS/IV/2026

Lampiran : 1 (satu) berkas

Perihal : **Permohonan Izin Penelitian Skripsi**

Kepada Yth.

Bapak/Ibu Kepala Sekolah

SMAN 1 Ciparay

di Tempat

Dengan hormat,

Sehubungan dengan pelaksanaan penelitian skripsi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP Universitas Sali Al Aitaam (UNISAL), kami mengajukan permohonan izin kepada Bapak/Ibu untuk melaksanakan penelitian di SMAN 1 Ciparay.

Adapun mahasiswa yang akan melaksanakan penelitian adalah:

Nama : Asri Abdiyanti

NIM : 2284025025

Penelitian ini dilakukan dalam rangka penyusunan skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan.

Sehubungan dengan hal tersebut, kami memohon kiranya Bapak/Ibu Kepala Sekolah dapat memberikan izin serta dukungan agar mahasiswa tersebut dapat melaksanakan penelitian dengan baik di lingkungan sekolah yang Bapak/Ibu pimpin.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan. Atas perhatian dan kerja sama yang diberikan, kami ucapkan terima kasih.

Bandung, 14 April 2026

Kap Program Studi Pendidikan Biologi



Marshanti Lisbania Gratia, M.Pd

NUPTK. 5540766667231043

Lampiran 15 Surat balasan penelitian



**PEMERINTAH DAERAH PROVINSI JAWA BARAT
DINAS PENDIDIKAN
CABANG DINAS PENDIDIKAN WILAYAH VIII
SEKOLAH MENENGAH ATAS NEGERI 1 CIPARAY**

*Jl. Raya Pacet Nomor 188 Telepon (022) 5950861
Faksimil (022) 5955862 Website : www.sman1ciparay.sch.id e-mail :
smansatociparay@gmail.com
Ciparay Kabupaten Bandung - 40381*

SURAT KETERANGAN

Nomor : 322/PK.03.07.02/SMAN1CPR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Menindaklanjuti surat dari Universitas Sali Al-Aitaam Program Studi Pendidikan Biologi Dengan nomor surat 014/PENDIDIKAN BIOLOGI-UNISAL/YAAS/IV/2026 Perihal Permohonan Izin Pelaksanaan Uji Reliabilitas dan Keterbacaan Soal. Semester Genap Tahun Akademik 2025/2026. Kepala SMA Negeri 1 Ciparay Kabupaten Bandung, dengan ini menerangkan bahwa :

No	Nama	NIM	Program Studi
1.	Asri Abdiyanti	2284025025	Pendidikan Biologi

Mahasiswa tersebut di atas di izinkan melaksanakan penelitian untuk memenuhi data sebagai bahan penulisan tugas skripsi, di SMA Negeri 1 Ciparay.

Demikian surat keterangan ini kami buat, untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Ciparay, 22 April 2026
Kepala Sekolah,

Rita Vitriani, S.Pd., M.Pd.
Penata Tk.I/III.d
NIP.197610092007012007



Lampiran 16 Hasil validasi materi dan media

LEMBAR VALIDASI AHLI TERHADAP LKPD BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN (AHLI MATERI)

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay.

Mata Pelajaran : Biologi

Penulis : Asri Abdiyanti

Validator : Nur Rokhmani Tri Siswi, S.Pd., M.Pd

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

1. Instrumen ini dibuat untuk mengetahui penilaian dan pendapat dari Bapak/Ibu mengenai LKPD yang disusun.
2. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (√) pada kolom skor yang terdapat pada skala penilaian. Pilihan jawaban yang tersedia adalah sebagai berikut:
 1. Tidak Valid
 2. Kurang Valid
 3. Valid
 4. Sangat Valid
3. Mohon Bapak/Ibu berkenan menuliskan saran ditempat yang tersedia apabila Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi.
4. Atas ketersediaan Bapak/Ibu dalam menilai bahan ajar ini, saya ucapkan terima kasih.

Aspek yang dinilai	Indikator	Skor Penilaian				Catatan Perbaikan
		1	2	3	4	
Kelayakan penyajian materi	1. Kesesuaian Capaian Pembelajaran dengan Alur Tujuan Pembelajaran dalam LKPD				√	

	2. Kesesuaian materi sistem pernapasan dengan ATP dalam LKPD				√	
	3. Penjelasan setiap materi dalam LKPD			√		
	4. Kesesuaian penjabaran materi Sistem pernapasan dengan komponen pembelajaran STEM				√	
	5. Kesesuaian contoh-contoh yang disajikan dalam LKPD dengan pembelajaran kontekstual			√		
	6. Kebenaran konsep materi sistem pernapasan yang digunakan dalam LKPD				√	
	7. Kemutakhiran kajian Pustaka yang digunakan dalam LKPD				√	
Komponen STEM	8. Kesesuaian aspek sains (memuat informasi ilmiah) dengan komponen pembelajaran STEM				√	
	9. Kesesuaian aspek teknologi dengan komponen pembelajaran STEM				√	
	10. Kesesuaian aspek Teknik (membuat ide/ gagasan dalam merancang desain/Teknik) dengan komponen pembelajaran STEM				√	
	11. Kesesuaian aspek matematika (memuat angka dan perhitungan) dengan komponen pembelajaran STEM.				√	

Penggunaan bahasa	12. Kesesuaian Bahasa yang digunakan dalam LKPD dengan kaidah ilmiah dan EYD			√		
	13. Konsistensi penulisan istilah dalam LKPD			√		

Kesimpulan dan saran:

Kesesuaian bahasa dengan tingkat kognitif siswa perlu diperhatikan. Gunakan bahasa yang mudah dipahami atau sertakan arti istilah yang digunakan. Tabel hasil pengamatan disesuaikan dengan komponen udara pernapasan yang dapat diobservasi dalam kegiatan pembelajaran. Pertanyaan pengarah/pemantik juga pertanyaan yang perlu dijawab oleh siswa harus bisa mengarahkan mereka untuk menghubungkan antara kegiatan pembelajaran dengan konsep yang dimaksud.

Bandung, 13 Maret 2026

Validator,



(Nur Rokhmani Tri Siswi, S.Pd., M.Pd)

NIDN. 0413099304



**LEMBAR VALIDASI AHLI TERHADAP LKPD BERBASIS STEM UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK
PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN (AHLI MEDIA)**

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay

Mata Pelajaran : Biologi

Penulis : Asri Abdiyanti

Validator : Nur Rokhmani Tri Siswi, S.Pd., M.Pd

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

1. Instrumen ini dibuat untuk mengetahui penilaian dan pendapat dari Bapak/Ibu mengenai LKPD yang disusun.
2. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (√) pada kolom skor yang terdapat pada skala penilaian. Pilihan jawaban yang tersedia adalah sebagai berikut:
 1. Tidak Valid
 2. Kurang Valid
 3. Valid
 4. Sangat Valid
3. Mohon Bapak/Ibu berkenan menuliskan saran ditempat yang tersedia apabila Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi.
4. Atas ketersediaan Bapak/Ibu dalam menilai bahan ajar ini, saya ucapkan terima kasih

Aspek yang dinilai	Indikator	Skor Penilaian				Catatan Perbaikan
		1	2	3	4	
Penyajian Komponen	1. Desain cover LKPD			√		
	2. Kejelasan penyajian materi sistem pernapasan dalam LKPD				√	
	3. Kejelasan penyajian gambar dalam LKPD				√	
	4. Kesesuaian gambar dengan penjelasan materi sebelumnya				√	

	5. Kesesuaian identitas gambar dalam LKPD				√	
Komponen STEM	6. Kesesuaian aspek sains (memuat informasi ilmiah) dengan komponen pembelajaran STEM				√	
	7. Kesesuaian aspek teknologi dengan komponen pembelajaran STEM			√		
	8. Kesesuaian aspek Teknik (membuat ide/ gagasan dalam merancang desain/Teknik) dengan komponen pembelajaran STEM			√		
	9. Kesesuaian aspek matematika (memuat angka dan perhitungan) dengan komponen pembelajaran STEM				√	
Kegrafisan	10. Komposisi ukuran judul pada cover LKPD				√	
	11. Komposisi ukuran gambar ilustrasi pada cover LKPD			√		
	12. Kesesuaian ilustrasi cover Instrument materi				√	
	13. Kejelasan karakter size dan font isi LKPD			√		
	14. Ketepatan pemilihan <i>design</i> tampilan dan warna pada LKPD			√		

Kesimpulan dan saran:

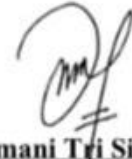
.....

.....

.....

Bandung, 13 Maret 2026

Validator,



(Nur Rokhmani Tri Siswi, S.Pd., M.Pd)
NIDN. 0413099304



Lampiran 17 Lembar validasi instrumen

LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN

Berdasarkan hasil penilaian validator, instrumen penelitian yang disusun oleh:

Nama : Asri Abdiyanti

NIM : 2284025025

Judul Skripsi : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 CIPARAY.

☐ Layak digunakan tanpa revisi

☒ Layak digunakan dengan revisi

☐ Tidak layak digunakan

*beri tanda checklist (√) pada kolom penilaian yang sesuai

Komentar dan Saran:

Instrumen sudah baik dan dapat digunakan setelah melalui revisi pada beberapa bagian.

Ketidaksesuaian bersifat minor sehingga setelah dilakukan revisi, instrumen dapat digunakan untuk uji coba dan penelitian.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 13 Maret 2026

Validator,



(Nur Rokhmani Tri Siswi, S.Pd., M.Pd)
NIDN. 0413099304

**LEMBAR VALIDASI AHLI TERHADAP LKPD BERBASIS STEM UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK
PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN (AHLI MATERI)**

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay.

Mata Pelajaran : Biologi

Penulis : Asri Abdiyanti

Validator : Dita Argarani, M.Pd.

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

1. Instrumen ini dibuat untuk mengetahui penilaian dan pendapat dari Bapak/Ibu mengenai LKPD yang disusun.
2. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (√) pada kolom skor yang terdapat pada skala penilaian. Pilihan jawaban yang tersedia adalah sebagai berikut:
 1. Tidak Valid
 2. Kurang Valid
 3. Valid
 4. Sangat Valid
3. Mohon Bapak/Ibu berkenan menuliskan saran ditempat yang tersedia apabila Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi.
4. Atas ketersediaan Bapak/Ibu dalam menilai bahan ajar ini, saya ucapkan terima kasih.

Aspek yang dinilai	Indikator	Skor Penilaian				Catatan Perbaikan
		1	2	3	4	
Kelayakan penyajian materi	1. Kesesuaian Capaian Pembelajaran dengan Alur Tujuan Pembelajaran dalam LKPD				√	

	2. Kesesuaian materi sistem pernapasan dengan ATP dalam LKPD			√	
	3. Penjelasan setiap materi dalam LKPD			√	
	4. Kesesuaian penjabaran materi Sistem pernapasan dengan komponen pembelajaran STEM			√	
	5. Kesesuaian contoh-contoh yang disajikan dalam LKPD dengan pembelajaran kontekstual			√	
	6. Kebenaran konsep materi sistem pernapasan yang digunakan dalam LKPD			√	
	7. Kemutakhiran kajian Pustaka yang digunakan dalam LKPD			√	
Komponen STEM	8. Kesesuaian aspek sains (memuat informasi ilmiah) dengan komponen pembelajaran STEM			√	
	9. Kesesuaian aspek teknologi dengan komponen pembelajaran STEM		√		
	10. Kesesuaian aspek Teknik (membuat ide/ gagasan dalam merancang desain/Teknik) dengan komponen pembelajaran STEM		√		
	11. Kesesuaian aspek matematika (memuat angka dan perhitungan) dengan komponen pembelajaran STEM.			√	

Penggunaan bahasa	12. Kesesuaian Bahasa yang digunakan dalam LKPD dengan kaidah ilmiah dan EYD			√		
	13. Konsistensi penulisan istilah dalam LKPD			√		

Kesimpulan dan saran:

1. Perjelas tabel:
 - Tambahkan satuan (mL, kg, dll)
 - Gunakan variabel terukur (misal: “frekuensi olahraga/minggu”)
2. Tambahkan:
 - Diagram paru-paru
 - Skema kerja spirometer sederhana
3. Sertakan sumber nilai normal (literatur).
4. Tambahkan contoh perhitungan sebelum siswa diminta menghitung.

Bandung, 23 April

2026

Validator,

Dita Argarani, M.Pd.

NUPTK. 9743766667230292

**LEMBAR VALIDASI AHLI TERHADAP LKPD BERBASIS STEM UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK
PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN (AHLI MEDIA)**

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay

Mata Pelajaran : Biologi

Penulis : Asri Abdiyanti

Validator :

PETUNJUK PENGISIAN ANGKET

1. Instrumen ini dibuat untuk mengetahui penilaian dan pendapat dari Bapak/Ibu mengenai LKPD yang disusun.
2. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (√) pada kolom skor yang terdapat pada skala penilaian. Pilihan jawaban yang tersedia adalah sebagai berikut:
 1. Tidak Valid
 2. Kurang Valid
 3. Valid
 4. Sangat Valid
3. Mohon Bapak/Ibu berkenan menuliskan saran ditempat yang tersedia apabila Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi.
4. Atas ketersediaan Bapak/Ibu dalam menilai bahan ajar ini, saya ucapkan terima kasih

Aspek yang dinilai	Indikator	Skor Penilaian				Catatan Perbaikan
		1	2	3	4	
Penyajian Komponen	1. Desain cover LKPD		√			
	2. Kejelasan penyajian materi sistem pernapasan dalam LKPD			√		
	3. Kejelasan penyajian gambar dalam LKPD			√		
	4. Kesesuaian gambar dengan penjelasan materi sebelumnya				√	

	5. Kesesuaian identitas gambar dalam LKPD			√	
Komponen STEM	6. Kesesuaian aspek sains (memuat informasi ilmiah) dengan komponen pembelajaran STEM		√		
	7. Kesesuaian aspek teknologi dengan komponen pembelajaran STEM		√		
	8. Kesesuaian aspek Teknik (membuat ide/ gagasan dalam merancang desain/Teknik) dengan komponen pembelajaran STEM		√		
	9. Kesesuaian aspek matematika (memuat angka dan perhitungan) dengan komponen pembelajaran STEM			√	
Kegrafisan	10. Komposisi ukuran judul pada cover LKPD	√			
	11. Komposisi ukuran gambar ilustrasi pada cover LKPD		√		
	12. Kesesuaian ilustrasi cover Instrument materi			√	
	13. Kejelasan karakter size dan font isi LKPD		√		
	14. Ketepatan pemilihan <i>design</i> tampilan dan warna pada LKPD		√		

Kesimpulan dan saran:

1. Tambahkan gambar spirometer yang dimaksud agar siswa memiliki gambaran umum mengenai projek yang akan mereka buat, walaupun nanti mereka diminta untuk menggambarkan.
2. Tambahkan jarak antar baris pada tulisan agar tulisan tidak menumpuk dan mudah dibaca.
3. Tulisan pada *cover* posisinya lurus agar mata pembaca nyaman. Kalau ingin dikreasikan, lebih baik bermain di warna atau jenis *font*.

Bandung, 23 April 2026

Validator,



Dita Argarani, M.Pd.

NUPTK. 9743766667230292



LEMBAR VALIDASI INSTRUMEN

Berdasarkan hasil penilaian validator, instrumen penelitian yang disusun oleh:

Nama : Asri Abdiyanti

NIM : 2284025025

Judul Skripsi : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 CIPARAY.

- ☐ Layak digunakan tanpa revisi
- ☒ Layak digunakan dengan revisi
- ☐ Tidak layak digunakan

*beri tanda checklist (√) pada kolom penilaian yang sesuai

Komentar dan Saran:

LKPD secara umum sudah layak digunakan sebagai instrumen dalam penelitian. Namun, ada beberapa hal yang perlu diperbaiki agar lebih layak lagi dan tidak menimbulkan bias data

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 23 April

2026

Validator,



Dita Argarani, M.Pd.

NUPTK. 9743766667230292

Lampiran 18 Hasil uji keterbacaan LKPD

ANGKET UJI KETERBACAAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Judul Penelitian : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay

Penyusun : Asri Abdiyanti

Pembimbing : 1. Dwi Widiarini, S.Pd, M.Pd.
2. Marshanti Lisbania Gratia, S.Pd, M.Pd.

Responden : Dikdik Sidik Imanudi, S.Pd.

Jabatan : Guru Mata Pelajaran

Hari, Tanggal : Kamis, 16 April

Petunjuk:

1. Instrumen ini dibuat untuk mengetahui penilaian dan pendapat dari Bapak/Ibu mengenai LKPD yang disusun.
2. Mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan penilaian dengan cara memberikan tanda ceklis (✓) pada kolom skor yang terdapat pada skala penilaian. Pilihan jawaban yang tersedia adalah sebagai berikut.
 - 1 : Sangat tidak setuju
 - 2 : Kurang setuju
 - 3 : Setuju
 - 4 : Sangat setuju
3. Mohon Bapak/Ibu berkenan menuliskan saran ditempat yang tersedia apabila Bapak/Ibu menganggap perlu ada revisi.
4. Atas ketersediaan Bapak/Ibu dalam menilai bahan ajar ini, saya ucapkan terima kasih.

No.	Pernyataan	Penilaian			
		1	2	3	4
1.	Struktur LKPD disusun secara sistematis/urut sehingga saya mudah memahami.				✓
2.	Spasi, jenis, dan ukuran huruf pada LKPD cocok dan nyaman untuk dibaca.				✓
3.	Tata letak LKPD bagus dan ideal sehingga saya dengan mudah dapat membaca runtutan materi pada LKPD.				✓
4.	Bahasa yang digunakan dalam LKPD secara umum mudah dipahami.			✓	
5.	Petunjuk pengerjaan LKPD jelas dan mudah untuk saya pahami.				✓
6.	Perintah atau pertanyaan yang disajikan dalam LKPD jelas sehingga mudah saya pahami.				✓
7.	Langkah-langkah yang ada pada LKPD mudah dipahami.				✓

8.	Penyajian LKPD dilengkapi dengan gambar/ilustrasi dan link video sehingga membantu saya memahami materi.				✓
9.	Fenomena yang disajikan dalam LKPD mudah dipahami.				✓
10.	Gambar pada LKPD dapat diamati dengan jelas dan baik.				✓

Kesimpulan dan saran:

.....

Bandung, 16 Maret 2026



(Signature)

(Dikdik Sidik Imanudin, S.Pd)
 NIP. 19670131 199002 1 002

Lampiran 19 Hasil uji keterbacaan instrumen test



PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SALI AL – AITAAM
 Surat Keputusan Nomor : 541/9/O/2021 Tanggal 7 Desember 2021
 Email: prodi.pbiologi@unisal.ac.id
 Jl. Aceng Salf Al-Aitaam No. 1 Ciganitri, Bojongsoang Kab. Bandung

UJI KETERBACAAN INSTRUMEN TES

A. Identitas

Nama : Asri Abdiyanti
 NIM : 2284025025
 Judul Skripsi : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay.
 Nama Responden : ~~Gracia~~ Andini Tambunan
 Kelas : 11-8

B. Petunjuk

- Berikan penilaian sesuai dengan keterangan di bawah ini:
 4: Sangat Baik
 3: Baik
 2: Kurang
 1: Sangat Kurang
- Setelah memberikan tanda (✓) pada kolom penilaian. Anda dimohon memberikan komentar dan saran pada kolom yang telah disediakan.

C. Penilaian

No	Aspek yang Diamati	Penilaian			
		4	3	2	1
1.	Kejelasan petunjuk pengerjaan soal	✓			
2.	Kejelasan maksud dari soal	✓			
3.	Rumusan kalimat soal mudah dipahami	✓			
4.	Tabel/grafik/gambar yang disajikan dapat dipahami		✓		
5.	Kemungkinan soal dapat dikerjakan		✓		

D. Komentar Umum dan Saran dari Responden

Keren !!!

Bandung, April 2026

Responden,


 Gracia Andini T.

Lampiran 20 Hasil angket respon peserta didik

ANGKET RESPON PESERTA DIDIK TERHADAP LKPD BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN

Judul : Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay

Mata Pelajaran : Biologi

Penulis : Asri Abdiyanti

Validator :

Nama Siswa : Shaira Oktavia

Kelas : XI - 4

1. Tujuan

Tujuan angket ini sebagai alat untuk mengetahui respon dari pengguna LKPD yang telah dikembangkan pada materi sistem pernapasan di SMAN 1 Ciparay yang akan diisi oleh peserta didik.

2. Petunjuk

1. Bacalah lembar angket dengan teliti dan seksama.
2. Jawablah pertanyaan ini dengan jujur.
3. Berilah tanda ceklis (✓) pada kolom yang sesuai dengan kriteria penilaian berikut:

STS = Sangat tidak setuju S = Setuju

TS = Tidak setuju SS = Sangat setuju

Aspek yang dinilai	Indikator yang dinilai	Jawaban				Catatan Perbaikan
		STS	TS	S	SS	
Tampilan	1. Tampilan LKPD berbasis STEM menarik.				✓	
	2. Dengan menggunakan LKPD berbasis STEM membuat belajar materi sistem pernapasan tidak membosankan.			✓		

	3. LKPD berbasis STEM mendukung saya untuk menguasai pelajaran sistem pernapasan				✓	
Materi	4. Penyampaian materi dalam LKPD berbasis STEM berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.				✓	
	5. Materi yang disajikan dalam LKPD berbasis STEM ini mudah dipahami				~	
	6. Dalam LKPD berbasis STEM berisikan ilustrasi yang memudahkan saya memahami materi.				✓	
	7. LKPD berbasis STEM memuat tes evaluasi yang dapat menguji kemampuan pemecahan masalah saya.				✓	
	8. Soal-soal dalam LKPD ini sudah sesuai dengan indikator dan materi yang disajikan				✓	
Bahasa	9. Kalimat dan paragraph yang digunakan dalam LKPD berbasis STEM jelas dan mudah dipahami				~	
	10. Bahasa yang digunakan dalam LKPD berbasis				✓	

	STEM sederhana dan mudah dimengerti.				✓	
	11. Huruf yang digunakan sederhana dan mudah dibaca				✓	
Manfaat	12. Saya mudah memahami wacana sistem pernapasan yang terdapat dalam LKPD ini				✓	
	13. Saya mudah untuk melakukan eksperimen dan menyimpulkannya dengan benar.				✓	
	14. LKPD ini dapat menumbuhkan rasa ingin tahu, memberikan informasi baru, dan mendorong saya untuk mencari tambahan informasi yang lebih jauh.				✓	

Kesimpulan dan saran:

mudah dipahami, meringankan menulis.

.....

.....

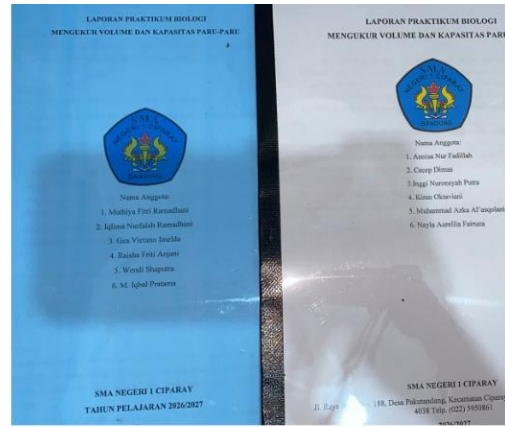
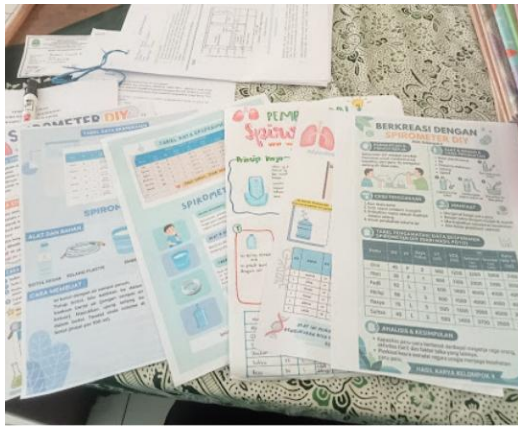
Lampiran 21 Dokumentasi

DOKUMENTASI









Lampiran 22 LKPD berbasis STEM

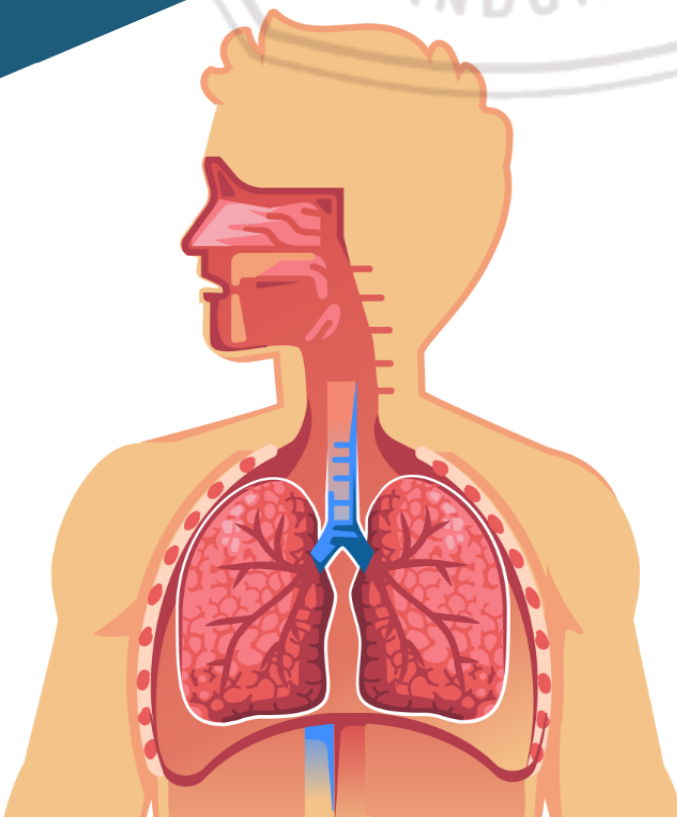
DISUSUN OLEH : ASRI ABDIYANTI

BERBASIS
STEM

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK

VOLUME PARU-PARU

UNTUK
SMA/MA
KELAS XI



Capaian Pembelajaran:

Peserta didik mampu menganalisis hubungan struktur organ pernapasan dengan fungsinya, serta mengukur dan menginterpretasi volume paru-paru melalui percobaan sederhana berbasis STEM.

Alur Tujuan Pembelajaran:

Menjelaskan jenis-jenis volume paru-paru (VT, IRV, ERV, RV) dan kapasitas paru-paru (VC dan TLC), merancang dan membuat Spirometer sederhana, serta mengukur dan menganalisis kapasitas paru-paru melalui percobaan sederhana berbasis STEM.

Tujuan Pembelajaran:

1. Menjelaskan jenis-jenis volume paru-paru (VT, IRV, ERV, RV) dan kapasitas paru-paru (VC dan TLC) dengan benar.
2. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi volume paru-paru secara kritis.
3. Mendesain dan membuat alat spirometer sederhana menggunakan bahan yang mudah ditemukan dengan kreatif.
4. Mengukur kapasitas paru-paru menggunakan spirometer sederhana dengan tepat.
5. Menganalisis data hasil pengukuran volume paru-paru secara ilmiah dan bekerja sama dalam kelompok.

A. Identitas LKPD

Nama Anggota :

Kelompok :

Hari / Tanggal :

B. Petunjuk Pengerjaan

1. Bacalah setiap perintah dengan teliti!
2. Kerjakan LKPD secara berkelompok (5-6 orang)!
3. Diskusikan jawaban bersama teman kelompok!
4. Tuliskan jawaban dengan rapi dan jelas!
5. Ikuti langkah kegiatan praktik dengan tertib!
6. Gunakan alat dan bahan dengan hati-hati!
7. Tanyakan kepada guru jika mengalami kesulitan!
8. Kerjakan semua bagian LKPD sampai selesai!

Fase 1

Penentuan Proyek

s c i e n c e



Sumber: Canva 2026

Andi dan keempat temannya sedang mengikuti seleksi atlet basket di sekolahnya. Saat sesi uji fisik berlangsung, mereka diharuskan berlari mengelilingi lapangan sebanyak 5 putaran. Setelah selesai berlari, beberapa teman Andi terlihat sangat kelelahan dan terengah-engah, sementara Andi yang rutin berolahraga masih tampak cukup bertenaga.

Pak Guru kemudian bertanya kepada mereka: "**Mengapa ada yang cepat kelelahan dan ada yang tidak? Apakah ada hubungannya dengan volume paru-paru kalian?**" "**Apakah volume paru-paru siswa yang sering olahraga berbeda dengan siswa yang jarang berolahraga?**" Andi pun teringat pernah membaca bahwa paru-paru manusia memiliki beberapa jenis volume udara mulai dari udara yang keluar masuk saat bernapas biasa, udara cadangan yang bisa dihirup lebih dalam, hingga udara yang tidak bisa dikeluarkan sama sekali. Semua itu membentuk apa yang disebut **kapasitas vital paru-paru**.

Pak Guru pun menyebutkan bahwa di dunia medis, terdapat alat **spirometer** yang digunakan dokter untuk mengukur volume paru-paru secara akurat.

Yuk, Pahami konsepnya!

1. Pengertian Volume Paru-Paru

Volume paru-paru adalah jumlah udara yang dapat masuk dan keluar dari paru-paru saat proses pernapasan. Setiap orang memiliki kapasitas paru-paru yang berbeda, tergantung pada usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan.

2. Jenis-Jenis Volume Paru-Paru

a. Volume Tidal (VT)

Udara yang masuk dan keluar saat bernapas normal.

📌 Rata-rata: ± 500 mL

b. Volume Cadangan Inspirasi (IRV)

Udara tambahan yang masih bisa dihirup setelah inspirasi normal.

📌 Rata-rata: ± 3000 mL

4. Faktor yang Mempengaruhi Volume Paru-Paru

- ✓ Usia (semakin tua, kapasitas menurun)
- ✓ Jenis kelamin (laki-laki cenderung lebih besar)
- ✓ Aktivitas fisik (atlet memiliki kapasitas lebih besar)
- ✓ Kebiasaan merokok
- ✓ Kesehatan paru-paru

5. Pengukuran Volume Paru-Paru

a. Spirometer

Spirometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur volume udara yang masuk dan keluar dari paru-paru.

b. Spirometer Digital

Spirometer digital adalah spirometer modern yang digunakan di rumah sakit

c. Volume Cadangan Ekspirasi (ERV)

Udara tambahan yang masih bisa dikeluarkan setelah ekspirasi normal.

✚ Rata-rata: ± 1100 mL

d. Volume Residu (RV)

Udara yang tetap berada di paru-paru setelah ekspirasi maksimal.

✚ Rata-rata: ± 1200 mL

3. Kapasitas Paru-Paru**a. Kapasitas Vital (VC)**

Jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan setelah menarik napas sedalam-dalamnya.

Rumus:

✓ $VC = VT + IRV + ERV$

b. Kapasitas Total Paru (TLC)

Jumlah seluruh udara dalam paru-paru setelah inspirasi maksimal.

Rumus:

✓ $TLC = VC + RV$

dan klinik, seperti:

- Sensor aliran udara elektronik
- Layar digital penampil data
- Corong (mouthpiece) steril

Prinsip kerja:

Pasien menghembuskan napas melalui corong spirometer. Sensor di dalam alat akan mengukur volume dan laju udara yang keluar, lalu hasilnya ditampilkan secara otomatis di layar digital dalam bentuk angka dan grafik.

Setelah mempelajari konsep materi tersebut, dapatkah kalian membuat sendiri alat sederhana untuk mengukur kapasitas paru-paru, menggunakan bahan-bahan yang mudah didapat? Cobalah rancang, bangun, dan gunakan alat tersebut untuk membandingkan kapasitas paru-paru anggota kelompok kalian sebelum dan sesudah berlari!"

Untuk menambah wawasan kalian, tonton video tutorial berikut sebelum melanjutkan ke Fase 2!



Scan QR code disamping atau kunjungi link yang tersedia.



Sumber:
https://youtu.be/VwP3Akk50rk?si=6lwPMWv_FeGCSCa

Fase
2

Rancangan dan Desain Proyek



Technology & Engineering

Setelah menonton video tutorial, setiap kelompok merancang sendiri spirometer sederhana .
Kerjakan rancangan kalian di bawah ini!

1. Gambarkan produk spirometer sederhana yang akan kalian bangun!

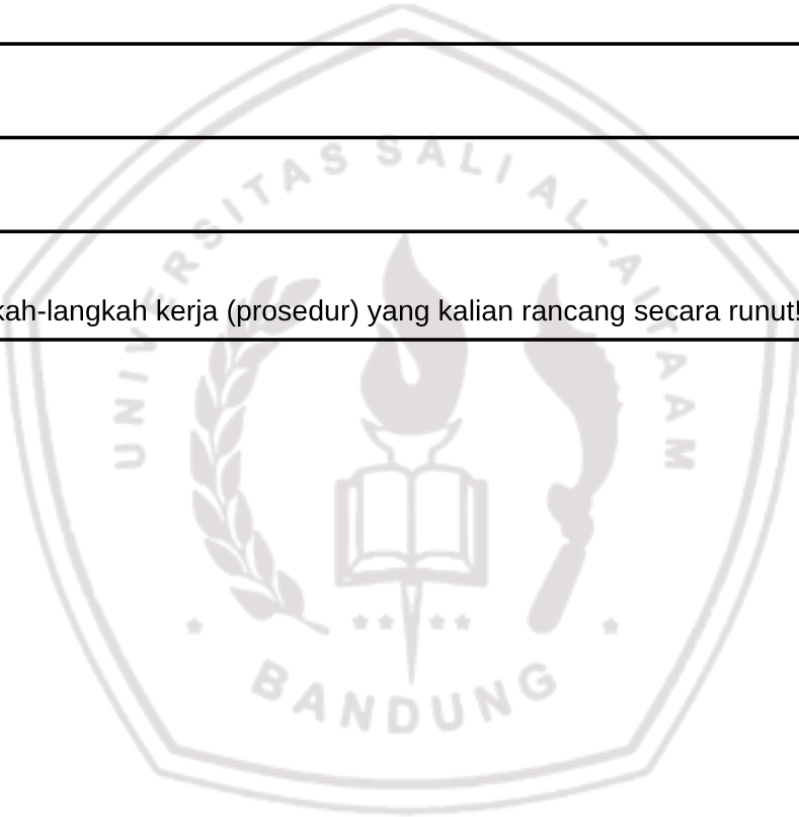
Kritik:

Saran:

2. Tuliskan alat dan bahan yang kalian gunakan dalam proyek ini!

No	Alat dan Bahan

3. Tuliskan langkah-langkah kerja (prosedur) yang kalian rancang secara runtut!



Petunjuk: Prosedur dapat ditulis dalam bentuk poin langkah kerja bernomor.

Fase 3

Menyusun Jadwal Kegiatan Proyek Spirometer Sederhana

Susunlah jadwal kegiatan pengerjaan proyek Spirometer sederhana kalian. Tuliskan setiap tahapan kegiatan berserta waktu pelaksanaannya!

1. Jadwal implementasi proyek

No	Hari / Tanggal	Kegiatan

2. Monitor Kegiatan proyek

[illegible]

Fase 4

Pelaksanaan Proyek Spirometer Sederhana

1. Gunakan alat yang telah kalian bangun dengan mengukur volume paru-paru setiap anggota kelompok! Tuliskan hasilnya pada tabel yang telah di sediakan
2. Apakah terdapat kendala selama kalian membuat atau membangun spirometer sederhana? jika ada kendalanya apa yang kalian temui? Bagaimana kalian mengatasi kendala tersebut ?



Mathematics

A. Tabel Pengamatan

Tabel 1 Data Eksperimen

[illegible]

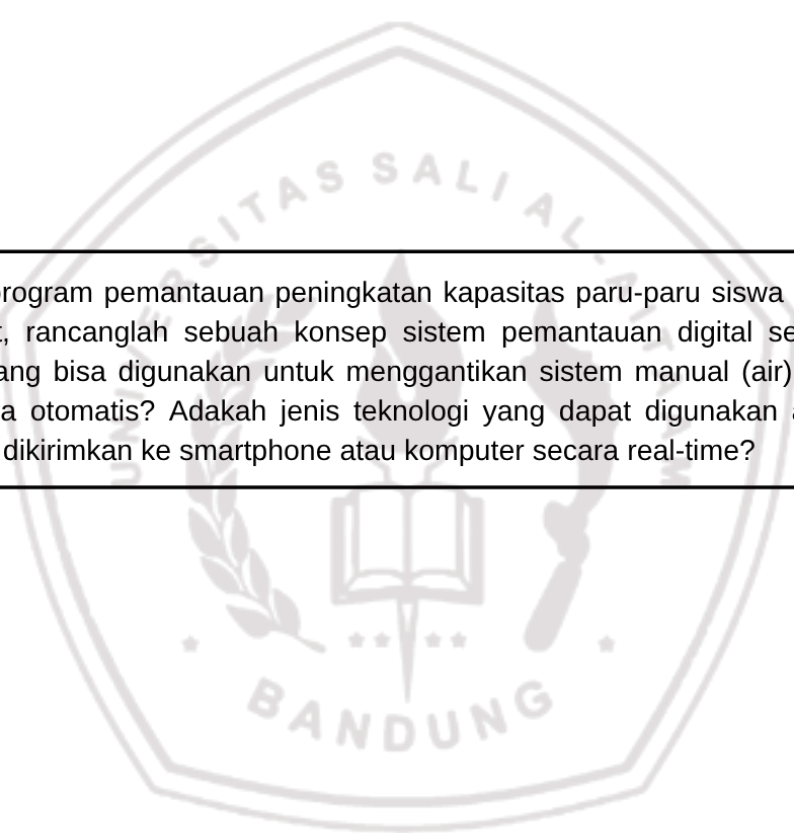
B. Pertanyaan Analisis

1. Berdasarkan data rata-rata VC pada tabel pengamatan, tentukan apakah kapasitas paru-paru setiap anggota kelompokmu termasuk normal atau di bawah normal berdasarkan nilai KVP (laki-laki: 4.500–5.000 mL, perempuan: 3.500–4.500 mL)! Jelaskan alasanmu!

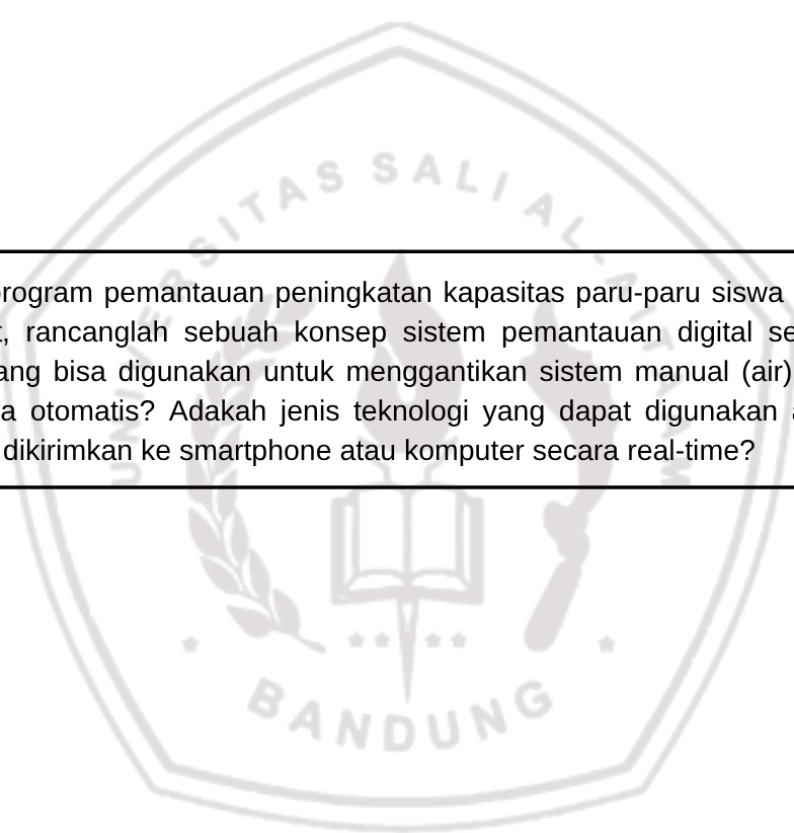
2. Berdasarkan hasil perhitungan perubahan volume udara maksimum, uraikan apakah terjadi peningkatan atau penurunan volume udara maksimum setelah berlari!! Faktor apa saja yang dapat mempengaruhi volume paru-paru?

3. Berdasarkan data VC dan VT serta ERV pada tabel, hitunglah Volume Cadangan Inspirasi (IRV) setiap anggota kelompok menggunakan rumus $IRV = VC - VT - ERV$!

4. Berapakah Kapasitas Total Paru (TLC) setiap anggota kelompokmu jika diketahui Volume Residu (RV) rata-rata manusia adalah 1.200 mL? Hitunglah menggunakan rumus $TLC = VC + RV$!



5. Apabila ada program pemantauan peningkatan kapasitas paru-paru siswa selama 3 bulan secara akurat, rancanglah sebuah konsep sistem pemantauan digital sederhana! Jenis sensor apa yang bisa digunakan untuk menggantikan sistem manual (air) agar data bisa terbaca secara otomatis? Adakah jenis teknologi yang dapat digunakan agar data yang didapat dapat dikirimkan ke smartphone atau komputer secara real-time?



6. Apa hubungan percobaan ini dengan kesehatan paru-paru?

Fase 5

Menguji hasil Proyek Spirometer Sederhana

A. Presentasi Proyek

Presentasikan hasil proyek Spirometer sederhana kelompokmu di depan kelas! Setiap kelompok menyampaikan proses pembuatan, hasil pengujian, dan kendala yang ditemukan. Kelompok lain dapat memberikan tanggapan atau pertanyaan.

B. Laporan Tertulis Proyek

Susunlah laporan tertulis hasil proyek Spirometer sederhana kelompokmu dengan diketik kemudian diprint dengan mengikuti aturan dan format penulisan pada kertas HVS A4, font Times New Roman, ukuran 12pt, spasi 1,5, margin 4-3-3-3 cm. Laporan dikumpulkan kepada guru paling lambat tanggal 28.

Susunan laporan tertulis meliputi:

1. Judul Proyek
2. Tujuan Proyek
3. Waktu dan Tanggal Pengerjaan Proyek
4. Teori Dasar
5. Hipotesis Proyek
6. Alat dan Bahan
7. Prosedur Pengerjaan Proyek
8. Pembahasan Hasil Proyek
9. Kesimpulan
10. Daftar Pustaka
11. Sertakan poster hasil proyek

catatan: Keterlambatan pengumpulan laporan dan poster akan dikenakan pengurangan point.

Fase 6

Evaluasi Pengalaman

1. Jika dibandingkan dengan data literatur (nilai normal KVP manusia), apakah hasil pengukuran alat kalian menunjukkan angka yang masuk akal? Jika tidak, apa saja kemungkinan penyebabnya?

2. Jika kalian diberikan waktu tambahan, bagian mana dari desain alat ini yang akan kalian ubah atau langkah apa yang akan kalian perbaiki agar alat tersebut lebih akurat atau lebih mudah digunakan?

3. Berdasarkan seluruh kegiatan, tarik 1 kesimpulan hasil kegiatan belajar selama melaksanakan proyek ini!



DAFTAR PUSTAKA

- Ayani, H. A. (2024). Rancang bangun spirometer menggunakan air pressure sensor MPX5500DP dengan dua parameter. (Karya Tulis Ilmiah, Politeknik Kesehatan Kemenkes Jakarta II). Repository Poltekkes Jakarta II.
<https://repository.poltekkesjkt2.ac.id/index.php?bid=11513&fid=16068&p=fstream-pdf>
- Canva. (2026). Ilustrasi anak berlari.
- Nugroho, R. A. (2023). Biologi 2 untuk SMA/MA kelas XI. Yudhistira.
- Sobat Lab - Virtual Laboratory. (2020). Respirasi manusia: Menghitung kapasitas paru-paru. YouTube. https://youtu.be/VwP3Akx5Ork?si=6I-wPMWv_FeGCSCa

