BAB IV
HASIL PENELITIAN

Pada Bab ini diuraikan mengenai hasil dan temuan penelitian pengembangan perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* terhadap keterampilan proses sains, keterampilan literasi numerasi dan penguasaan konsep peserta didik. Hasil penelitian terbagi menjadi tujuh kerangka utama berdasarkan pertanyaan penelitian. Pertama, disajikan data dan analisis terkait pengembangan perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* materi respirasi sel. Kedua, disajikan data dan analisis terkait kelayakan perangkat praktikum berbasis inquiry *laboratory* terhadap keterampilan proses sains, ketrampilan literasi numerasi dan penguasaan konsep. Ketiga, disajikan data dan analisis terkait kepraktisan perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* terhadap penggunaan perangkat. Keempat, disajikan data dan analisis terkait keterlaksanaan penggunaan perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratroy.* Kelima, disajikan data dan analisis terkait efektivitas penggunaan perangkat praktikum berbasis inquiry laboratory terhadap keterampilan proses sains. Keenam, disajikan data dan analisis terkait penggunaan perangkat praktikum terhadap keterampilan literasi numerasi. Dan Ketujuh, disajikan data dan analisis terkait penggunaan perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* terhadap penguasaan konsep peserta didik.

4.1. Pengembangan Perangkat Praktikum Berbasis Inquiry Laboratory

Bagian ini membahas proses pengembangan perangkat praktikum yang berlandaskan inquiry laboratory, yang mencakup tiga tahap utama: analisis, perancangan, dan pengembangan produk. Perangkat ini dirancang berdasarkan model inquiry laboratory dengan tipe *bounded inquiry*. Tujuan dari pengembangan perangkat praktikum tersebut adalah untuk melatih keterampilan proses sains, meningkatkan literasi numerasi, serta memperkuat penguasaan konsep pada materi respirasi sel.

4.1.1. Tahap Analisis (Pembelajaran Praktikum Materi Respirasi)

Pada tahap ini, dilakukan analisis kebutuhan pembelajaran biologi. Hasil wawancara guru merupakan informasi yang dianalisis dan dijelaskan pada tahap ini

St. Syahirah, 2025
PENGEMBANGAN PERANGKAT PRAKTIKUM BERBASIS *INQUIRY LABORATORY* TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS, LITERASI NUMERASI DAN PENGUASAAN KONSEP
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

untuk mendukung proses pengembangan. Tahap analisis dibagi lagi menjadi empat analisis yaitu kebutuhan pembelajaran, penentuan tujuan instruksional, identifikasi sumber daya dan penyusunan rancangan produk

4.1.1.1.Analisis Kebutuhan Pembelajaran

1. Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum dilakukan untuk mengkaji keterkaitan antara capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan elemen-elemen dalam kurikulum sebagai dasar perancangan kegiatan praktikum, pengembangan instrumen pembelajaran, dan penilaian.

Tabel 4. 1 Hasil Analisis Kurikulum

Elemen	Capaian Pembelajaran
Pemahaman Biologi	Peserta didik memahami struktur sel, transpor pada membran, metabolisme dan sintesis protein, hukum Mendel dan sintesis protein, pertumbuhan dan perkembangan, teori dan evolusi dan mengaitkannya dengan biodiversitas dimasa kini maupun pada masa lampau serta hubungannya dengan perubahan iklim; serta keterkaitan struktur organ pada sistem organ dengan fungsinya dalam merespon stimulus internal dan eksternal.
Keterampilan Proses	Keterampilan *inquiry* sains terkait dengan pemahaman peserta didik tentang konten biologi yang menyediakan struktur dan proses dimana konten biologi dapat tercakup. Keterampilan proses tidak selalu merupakan urutan langkah, melainkan suatu siklus yang dinamis yang dapat disesuaikan berdasarkan perkembangan dan kemampuan peserta didik.

Tabel 4.1 menunjukkan hasil analisis kurikulum pada fase F yang menunjukkan materi respirasi sel berkaitan erat dengan penguasaan konsep metabolisme dan fungsi enzim, yang menjadi bagian penting dalam pemahaman bioproses seluler. Materi ini menuntut pemahaman teoretis dan keterampilan saintifik yang mendalam. Kurikulum secara eksplisit mengarahkan agar peserta didik dilatih dalam keterampilan proses sains (KPS), yang seluruhnya relevan dengan pembelajaran respirasi sel. Pembelajaran respirasi sel membutuhkan pendekatan berbasis praktik ilmiah bukan hanya ceramah. Oleh karena itu, diperlukan perangkat pembelajaran yang dirancang secara khusus untuk melatih KPS agar siswa untuk memahami proses respirasi dan juga mengembangkan

kemampuan berpikir kritis dan keterampilan ilmiah sesuai tuntutan kurikulum. Keterampilan proses meliputi keterampilan mengamati, mempertanyakan dan memprediksi, merencanakan dan melakukan penyelidikan, memproses, menganalisis data dan informasi, mengevaluasi dan merefleksi serta mengomunikasikan hasil.

2. Analisis Materi

Analisis materi dilakukan untuk menentukan konsep seperti apa yang disajikan dalam perangkat Praktikum berbais inquiry laboratory yang akan dikembangkan berdasarkan kurikulum dengan mengacu pada capaian pembelajaran biologi pada fase F. Hasil analisis materi merupakan cakupan materi yang akan disajikan dalam perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* yang dikembangkan. Hasil analisis materi respirasi sel dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Materi Respirasi Sel

Topik Materi	Sub Materi	Konten Utama
Respirasi Aerob	Komponen respirasi aerob	Respirasi aerob membutuhkan glukosa dan oksigen sebagai substrat.
	Organisme yang berespirasi secara aerob	Organisme multiseluler seperti manusia, hewan, dan tumbuhan bernafas secara aerob.
	Proses Respirasi Aerob	Respirasi terdiri dari tahapan (glikolisis, siklus kereb dan transport elektron) yang melibatkan enzim.
	Hasil Respirasi Aerob	Respirasi menghasilkan 36 ATP, karbon dioksida, dan air.
	Faktor-faktor yang memengaruhi respirasi aerob	Laju respirasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan fisiologis.
Respirasi Anaerob	Komponen Respirasi Anaerob	Glukosa sebagai substrat, tanpa oksigen
	Organisme yang berespirasi secara anaerob	Ragi (Saccharomyces), bakteri anaerob, dan sel otot manusia
	Proses respirasi secara anaerob	Respirasi anaerob terdiri dari dua tahap utama: glikolisis dan fermentasi. Tahap fermentasi bergantung pada jenis organisme, yaitu **f**ermentasi alkohol dan **f**ermentasi asam laktat
	Hasil respirasi anaerob	Menghasilkan 2 ATP dari glikolisis. Produk akhir tergantung jenis fermentasi: • Fermentasi Alkohol: ATP + Etanol + CO_2 • Fermentasi Asam laktat: ATP + asam laktat
	Faktor – faktor yang memengaruhi respirasi anaerob	Fermentasi dipengaruhi oleh kadar glukosa, suhu, jenis mikroorganisme

3. Analisis Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menelaah hasil penelitian terkait pemelajaran biologi. Studi literatur dilakukan dengan menganalisis materi respirasi, keterampilan proses sains, keterampilan literasi numerasi.

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Studi Literatur

Fokus penelitian	Penulis	Temuan	Potensi Relevansi
Keterampilan Proses Sains	(Hartati *et al.,* 2022)	Siswa mengalami kesulitan dalam merumuskan masalah (32%), merumuskan hipotesiss (45%), dan interpretasi data (69,7%).	Pengembangan perangkat praktikum perlu menyertakan *scaffolding* spesifik untuk melatih desain eksperimen mandiri dan analisis data secara sistematis.
	(Mahmudah *et al.*,2019)	Rendahnya keterampilan proses sains disebabkan oleh pembelajaran yang tidak memfasilitasi kegiatan penyelidikan.	Diperlukan restrukturisasi kurikulum yang mengintegrasikan fase *inquiry* (observasi, prediksi, verifikasi) secara eksplisit dalam praktikum.
Literasi Numerasi	(Fauzi & Fadilah, 2024)	Capaian literasi numerasi pada aspek pemahaman (18%), penalaran (20%), dan aplikasi (54%) menunjukkan ketimpangan kompetensi.	Integrasi masalah matematis kontekstual dalam LKPD biologi untuk memperkuat penalaran kuantitatif.
	(Rizki *et al.*, 2022)	Rendahnya literasi numerasi akibat kurang pembiasaan penyelesaian masalah sistematis dalampembelajaran biologi	Pengembangan *task* berbasis data riil untuk melatih analisis kuantitatif
Materi Respirasi Sel	(Machsunah, 2019)	Pemahaman konseptual siswa rendah: mekanisme respirasi(15,38%), jumlah ATP (3,85%), perubahan molekul (17,95%), produk fermentasi/aerob (6,41%).	Intervensi berbasis *inquiry* diperlukan untuk membangun pemahaman bermakna melalui simulasi interaktif dan eksperimen mikroskal.
Praktikum Biologi	(Damayanti *et al.*,2024)	Praktikum konvensional bersifat verifikatif (berbasis resep) tanpa melatih desain eksperimen atau analisis kritis.	pentingnya transformasi praktikum menjadi aktivitas bermakna dengan melibatkan siswa dalam *experimental design* dan *error analysis*.
	Chengere et al. (2025)	Kemampuan merumuskan hipotesiss menurun signifikan (*d* = -0.72) pada praktikum resep sehingga menurunkan keterampilan berpikir kritis	Implementasi model *guided inquiry* (GIBLEI) untuk mengembalikan esensi sains sebagai proses penemuan, bukan verifikasi prosedural.
	(Bulacan, 2025)	45% SMA daerah mengganti praktikum dengan demonstrasi karena keterbatasan alat	Pemanfaatan alat praktikum sederhana menjadi solusi strategis untuk melakukan eksperimen kompleks dengan biaya minimal, memastikan

			kegiatan praktikum tetap berjalan meski fasilitas terbatas
Penggunaan LKPD	(Sugiharto, 2025)	78% LKPD biologi SMA hanya berisi "tujuan" dan "langkah kerja" tanpa ruang analisis kritis	Rekonstruksi LKPD untuk memadukan prosedur, teori, dan klaim pengetahuan dalam satu kerangka konseptua
Pembelajaran Inquiry	Manishimwe et al. (2023)	Pembelajaran inquiry daat meningkatkan keterampilan kognitif siswa karena melakukan pembelajaran aktif secara mandiri	Model ini berpotensi menjadi kerangka utama pengembangan kurikulum biologi berbasis kompetensi abad ke-21 (kritis, kreatif, kolaboratif).
	Anjani & Ramadhan (2023**)**	Pembelajaran inquiry dapat meningkatkan 45% motivasi belajar melalui konteks eal world	Kontekstualisasi pembelajaran melalui isu lokal (kesehatan, lingkungan) memperkuat relevansi sains dan kebermaknaan pengalaman belajar.

Tabel 4.3 menunjukkan hasil analisis studi literatur menunjukkan bahwa problematika rendahnya keterampilan proses sains, literasi numerasi, dan pemahaman konsep materi respirasi sel bersumber dari karakter pembelajaran yang belum berorientasi pada konstruksi pengetahuan dan pengalaman ilmiah siswa secara aktif. Ketidakhadiran fase *inquiry* dalam praktikum serta dominasi LKPD yang hanya menekankan prosedur tanpa ruang analisis menyebabkan terbatasnya ruang berpikir kritis, eksploratif, dan reflektif siswa. Temuan ini menegaskan pentingnya rekontekstualisasi perangkat dan model pembelajaran, tidak hanya dari sisi konten, tetapi juga desain aktivitas yang mendorong investigasi, penggunaan data riil, dan penalaran berbasis bukti. Lebih jauh, hasil studi menyoroti bahwa pembelajaran berbasis inquiry tidak hanya berdampak pada aspek kognitif, tetapi juga motivasi dan keterlibatan siswa ketika dikaitkan dengan konteks dunia nyata.

4. Analisis Hasil Studi Lapangan

Hasil studi lapangan dilakukan untuk membuktikan permasalahan yang didapatkan dari hasi literatur. Untuk menganalisis permasalahan pembelajaran biologi khususnya pada kegiatan praktikum. Studi lapangan dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap beberapa guru biologi di SMA Negeri Makassar, observasi dan analisis LKPD praktikum yang digunakan di sekolah.

a. Hasil Wawancara

Wawancara dilakukan guru terhadap pembelajaran biologi tercantum pada Lampiran A.1. dan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Wawancara Guru terhadap Pembelajaran Biologi

Aspek	Temuan Utama
Model Pembelajaran	Problem Based Learning, Inquiry, Contekstual Teaching Learning, Teams Game Tournament
Metode Pembelajaran	Kooperatif, Project Based Learning, Discovery Learning
Pendekatan Pembelajaran	Saintifik berbasis data, kontekstual
Kesulitan Peserta Didik dalam Pembelajaran Biologi	Kurangnya pengetahuan dasar, banyak istilah sulit, konsep absrtak yang sulit dipahami seperti metabolisme dan genetika yang sulit dikaitkan dengan kehidupan nyata tanpa bantuan visualisasi
Materi yang sulit dipahami di kelas XI	respirasi sel, fotosintesis. Siswa kesulitan memahami karena tidak kontekstual, sulit dikaitkan dengan kehidupan nyata tanpa
Strategi mengajarkan materi sulit	Menggunakan video pembelajaran, integrase game edukatif (kahoot, wordwall)
Penerapan Praktikum	Sebagian guru melaksanakan dan sebagian tidak melaksanakan (dua guru yang melaksanakan praktikum metabolisme dan tiga guru tidak melaksanakan)
Kondisi Laboratorium	Variatif: cukup memadai hingga kurang memadai.
Keterlaksanaan Praktikum	Praktikum dilaksanakan 1 sampai 3 kali dalam 1 semester, ada yang bahkan tidak melaksanakan
Faktor Penghambat Praktikum	Waktu terbatas, tidak tersedianya bahan atau alat, lab biologi digunakan sebagai kelas
Penyiasatan keterbatasan alat dan bahan	Beragam: ada guru yang menyiasati, ada yang tidak
Penggunaan penutun praktikum	Guru menggunakan LKPD yang ada di buku cetak atau internet, guru membuat LKPD dengan langkah-langkah dan pertanyaan.
Pembimbingan pengolahan data	Sebagian guru melatih, sebagain tidak
Harapan guru terhadap praktikum	Siswa dapat memahami konsep biologi secara menyeluruh saat praktikum, fokus pada proses bukan hanya hasil dan dapat menghubungkan teori dengan praktik

Hasil wawancara dengan guru biologi SMA mengungkapkan variasi model pembelajaran seperti *problem-based learning*, pembelajaran kontekstual, dan permainan edukatif. Namun, terdapat ketidaktepatan pemahaman tentang pendekatan *inquiry*. Sebagian guru menganggap praktikum identik dengan *inquiry*, padahal esensinya mencakup tahapan sistematis (merumuskan masalah, hipotesiss, eksperimen, analisis data, dan kesimpulan). Tantangan lain adalah materi abstrak (misal: respirasi seluler dan fotosintesis) yang sulit divisualisasikan serta minimnya keterkaitan dengan konteks kehidupan. Siswa juga kesulitan memahami istilah teknis, yang seharusnya diatasi melalui praktikum terstruktur. Namun, implementasi praktikum terhambat keterbatasan waktu, fasilitas laboratorium multifungsi, dan alat/bahan yang tidak memadai. Hanya sebagian kecil guru yang rutin melaksanakan praktikum metabolisme, sementara guru lainnya belum optimal, meskipun ada upaya modifikasi alat/bahan oleh beberapa responden.

Mayoritas guru masih menggunakan LKPD prosedural dari buku teks atau daring tanpa pendampingan analisis data, sehingga praktikum belum dimanfaatkan untuk mengembangkan keterampilan proses sains. Variabilitas kualitas laboratorium antarsekolah memperparah disparitas ini. Meski demikian, guru tetap memandang praktikum sebagai media krusial untuk membangun pemahaman konseptual. Oleh karena itu, pengembangan perangkat praktikum kontekstual, aplikatif, dan berbasis *inquiry* diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara harapan pedagogis dengan realitas di lapangan. Tanpa integrasi tahapan *inquiry* dalam perangkat praktikum, pendekatan kontekstual yang telah banyak diterapkan belum mampu mewujudkan pembelajaran bermakna secara optimal. Solusi ini diharapkan dapat mengatasi hambatan visualisasi materi abstrak sekaligus melatih siswa dalam proses berpikir ilmiah yang holistik.

b. Analisis Karakter Peserta Didik

Analisis karakteristik peserta didik dilakukan berdasarkan hasil pengisian angket respons yang dapat dilihat pada Lampiran A.2. Data yang diperoleh memberikan gambaran awal mengenai kebutuhan dan kondisi nyata siswa di kelas,

yang menjadi dasar dalam pengembangan perangkat pembelajaran yang relevan. Hasil analisis disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Analisis Karakter Peserta Didik

Dimensi Karakteristik	Deskripsi Karakter Utama	Implikasi dalam Pembelajaran Biologi
Fase Perkembangan	Remaja (15 - 18 tahun), pencarian identitas, berpikir abstrak dan kritis	Membutuhkan tantangan intelektual, eksplorasi mandiri dan relevansi materi
Minat dan Motivasi	Minat dan fenomena biologis ada, namun perlu difasilitasi mudah menurun tanpa keterlibatan langsung	Perlu pengalaman belajar praktik / demonstratif, bukan hanya teoritis verbal
Gaya Belajar	Cenderung aktif, memerlukan sentuhan langsung pada objek/proses	Pembelajaran harus aplikatif, kontekstual dan berbasi pengalaman
Kebutuhan Belajar	Variasi aktivitas, menumbuhkan rasa ingin tahu dan berpikir tinggi, menyukai tantangan dan kerja sama kelompok	Membutuhkan diskusi, eksplorasi, data, kegiatan investigative dan partisipasi aktif
Pengembangan keterampilan	Potensi keterampilan ilmiah ada, membutuhkan pengakuan atas peran aktif	Mendorong kemampuan analitis, argumentative dan reflektif

Berdasatkan tabel 4.5 yang didapatkan dari penyebaran angket persepsi siswa terkait pembelajaran biologi, dapat . Hasil analisis karakter peserta didik menunjukannbahwa siswa SMA umumnya berada pada tahap perkembangan remaja yang ditandai dengan proses pencarian jati diri serta kemampuan berpikir kritis dan abstrak yang mulai berkembang. Karakteristik ini menuntut adanya pembelajaran biologi yang tidak hanya menstimulasi intelektual, tetapi juga kontekstual dengan kehidupan sehari-hari. Ketertarikan awal mereka terhadap fenomena biologis dapat dijaga dan ditingkatkan apabila terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran yang bermakna dan berbasis pengalaman nyata, seperti melalui kegiatan praktikum, demonstrasi, diskusi kolaboratif, maupun aktivitas investigatif. Gaya belajar siswa yang cenderung aktif mengisyaratkan perlunya variasi strategi pembelajaran yang dapat mengakomodasi rasa ingin tahu sekaligus

melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi termasuk keterampilan analitis, argumentatif, dan reflektif yang merupakan fondasi dalam pengembangan kompetensi ilmiah.

c. Analisis Pelaksanaan Praktikum

Analisis Pelaksanaan Praktikum dilakukan dengan menganalisis LKPD praktikum yang sesuai dengan rubrik penilaian yang terdapat pada Lampiran A.3. LKPD digunakan untuk mengetahui keterlaksanaan praktikum di sekolah. Analisis LKPD dilakukan pada tiga LKPD untuk praktikum pernapasan, tiga LKPD untuk untuk materi respirasi dan empat LKPD untuk praktikum fermentasi. Analisis LKPD dilihat dari aspek relevansi, analisis praktikal dan analisis pengetahuan.

1) Aspek Relevansi

Hasil dari analisis aspek relevansi disajikan pada Tabel 4.6 analisis relevansi terdiri dari empat komponen kegiatan praktikum yang meliputi kesesuaian konten kegiatan. Kompetensi dasar, kesesuaian judul dengan kegiatan, kesesuaian tujuan dengan langkah kerja dan keesesuaian kegiatan dengan tingkat kognitif siswa. Analisis ini ditentukan berdasarkan cakupan konsep esensial dankonsep lain untuk mendukung kegiatan praktikum.

Tabel 4. 6 Analisis LKPD pada Aspek Relevansi

Parameter	Pernapasan			Respirasi			Fermentasi			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kesesuaian konten dengan capaian pembelajaran	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kesesuaian judul dengan kegiatan	✓	✓	x	X	x	✓	✓	✓	x	✓
Kesesuaian tujuan dengan langkah kerja	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
Kesesuaian kegiatan dengan tingkat kognitif siswa	x	x	✓	✓	✓	x	✓	x	x	✓

Berdasarkan Tabel 4.6. LKPD pada Aspek Relevansi terhadap sepuluh LKPD (tiga pernapasan, tiga respirasi dan empat fermentasi). Konten yang termuat dalam LKPD menunjukkan kesesuaian dengan capaian pembelajaran pada fase F. Hasil analisis menunjukkan tingkat kesesuaian tertinggi adalah kesesuaian konten dengan capaian pembelajaran, karena seluruh LKPD praktikum menunjukkan tanda

sesuai pada indikator ini. Sebaliknya, indikator dengan kesesuaian paling rendah adalah kesesuain dengan tingkat kognitif siswa, yang memiliki lebih banyak tanda tidak sesuai dibanding indikator lainnya. Pada praktikum respirasi, indikator yang paling sesuai adalah kesesuaian konten dengan capaian pembelajaran karena konsisten pada semua LKPD. Pada praktikum sistem pernapasan, indikator yang paling sesuai yaitu kesesuaian konten dengan kesesuaian tertinggi tetap sama yaitu kesesuaian konten dengan capaian pembelajaran.

2) Aspek Praktikal

Analisis aspek praktikal merupakan aspek pengembangan pengetahuan prosedural pada siswa. Analisis Praktikal dilakukan dengan cara menilai kesesuaian alat dan bahan, langkah kerja, pengamatan objek fenomena dan perekaman data dalam DKL. Hasil analisis kompetensi dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4. 7 Hasil Analisis LKPD pada Aspek Praktikal

Parameter	Pernapasan			Respirasi			Fermentasi				Persentase (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Alat dan Bahan	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	36,67
Prosedur	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	43,33
Hasil Pengamatan	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	53,33
Asesment	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	43,33
Total	7	5	4	4	5	5	4	6	6	7	43,16

Analisis LKPD pada aspek praktikal menunjukkan bahwa pada praktikum sistem pernapasan, indikator dengan capaian tertinggi terdapat pada aspek hasil pengamatan, sedangkan capaian terendah berada pada aspek alat dan bahan. Pada praktikum respirasi, capaian tertinggi juga terdapat pada aspek hasil pengamatan, sementara aspek prosedur menempati posisi terendah. Pada praktikum fermentasi, capaian tertinggi kembali berada pada hasil pengamatam, sedangkan capaian terendah terdapat pada alat dan bahan. Pola capaian ini menunjukkan bahwa ketiga topik praktikum, komponen LKPD yang berkaitan dengan hasil pengamatan memperoleh penilaian lebih baik dibandingkan indikator praktikal lainnya, sedangkan kelengkapan dan kesesuaian alat maupun alat maupu bahan masih memerlukan perbaikan dalam perancangan LKPD.

3) Aspek Kontruksi Pengetahuan

Analisis konstruksi pengetahuan mengacu pada diagram vee yang dikembangkan oleh Novak & Gowin (1984) bertujuan agar memudahkan siswa dalam memahami struktur pengetahuan terkait rangkaian hubungan, hierarki dan kombinasi untuk memahami pembentukan pengetahuan. Analisis LKPD materi respirasi sel meliputi LKPD untuk praktikum respirasi aerob dan LKPD untuk praktikum respirasi anaerob (fermentasi). Hasil Analisis Kontruksi pengetahuan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Analisis LKPD pada Aspek Kontruksi Pengetahuan

Parameter	Pernapasan			Respirasi			Fermentasi				Persentase (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Foqus Question	1	1	0	0	0	0	1	1	2	2	26,67
Object/Event	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	56,67
Teori/Prinsip/konsep	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	40
Record/Transformasi	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	37,5
Knowledge claim	2	1	2	0	1	2	1	2	1	2	56,67
Total	9	5	6	3	5	5	5	5	7	11	61,67

Berdasarkan hasil analisis pada tabel, dapat diketahui najwa pada topik pernapasan, indikator dengan skor tertinggi terdapat pada aspek *Object/Event*, sedangkan skor terendah terdapat pada indikator *Focus Question*. Untuk topik respirasi, capaian tertinggi berada pada indikator *Teori/Prinsip/Konsep*, sementara indikator *Focus Question* tidak teridentifikasi sama sekali dalam LKPD yang dianalisis. Sementara itu, pada topik fermentasi, indikator yang memperoleh skor tertinggi adalah *Object/Event* dan *Knowledge Claim*, sedangkan skor terendah terdapat pada indikator *Teori/Prinsip/Konsep*. Secara keseluruhan, indikator dengan capaian paling tinggi adalah *Object/Event* dan *Knowledge Claim*, yang menunjukkan bahwa sebagian besar LKPD telah memuat aktivitas pengamatan terhadap objek atau peristiwa serta pembuatan simpulan berdasarkan hasil kegiatan. Adapun indikator dengan capaian terendah secara umum adalah *Focus Question*.

4.1.1.2.Penentuan Tujuan Instruksional (Determine Instruksional Goals)

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan ditetapkan beberapa tujuan pengembangan perangkat pembelajaran sebagai berikut:

1) Mendorong peningkatan keterampilan proses sains siswa melalui kegiatan pembelajaran berbasis *inquiry*.
2) Meningkatkan kemampuan literasi numerasi siswa melalui aktivitas eksperimen yang terstruktur dan berbasis data.
3) Meningkatkan penguasaan konsep respirasi seluler secara lebih mendalam melalui keterlibatan aktif dalam proses praktikum.

4.1.1.3.Identifikasi Sumber Daya

Penerapan produk pengembangan perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* perlu didukung oleh sumber daya yang memadai. Hasil identifikasi sumber daya yang digunakan dalam proses pembelajaran dijabarkan pada Tabel 4.9

Tabel 4. 9 Hasil Identifikasi Sumber Daya yang Digunakan

No	Sumber Daya	Jenis
1	Referensi Materi	Rangkuman Materi dari berbagai artikel dan informasi di internet seputar topik pembelajaran menggunakan *smartphone* maupun laptop
2	Perangkat Praktikum	Alat Praktikum dan Lembar Kerja Peserta Didik berbasis *inquiry Laboratory*
3	Fasilitator Pembelajaran	Bahan ajar, dan ruang kelas di sekolah
4	Validator Produk	Validator ahli pembelajaran 1) Ahli pengembangan alat praktikum 2) Ahli pembelajaran berbasis inquiry 3) Ahli keterampilan literasi numerasi

Berdasarkan Tabel 4.9 sumber daya yang dibutuhkan dalam penerapan perangkat praktikum berbasis inquiry laboratory yaitu sumber daya konten referensi materi, perangkat praktikum berupa alat praktikum dan lembar kerja peserta didik berbasis *Inquiry laboratory*, fasilitas pembelajaran, dan validator produk model pembelajaran.

Penyaringan hasil analisis dilakukan sebagai bentuk evaluasi terhadap perangkat praktikum yang ada, dengan tujuan mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan perangkat, serta merumuskan karakteristik yang dibutuhkan dalam pengembangan. Evaluasi ini mencakup masukan dari guru, siswa, serta hasil kajian terhadap LKPD yang digunakan, sehingga dapat terlihat kesenjangan antara kondisi

nyata dan kondisi ideal. Hasil evaluasi tersebut dirangkum dalam tabel berikut sebagai dasar untuk tahap desain perangkat praktikum selanjutnya.

Tabel 4. 10 Penyaringan hasil Analisis

Masalah	Karakteristik yang Dibutuhkan	Solusi	Keputusan
Praktikum biologi, khususnya materi respirasi seluler, masih jarang dilakukan karena keterbatasan perangkat dan prosedur yang kurang mendukung.	Perangkat praktikum sederhana, mudah digunakan, aplikatif, dan sesuai sintaks inquiry agar mendorong pelaksanaan praktikum lebih rutin.	Menyusun dan memanfaatkan perangkat praktikum berbasis inquiry yang praktis untuk melatih keterampilan proses sains siswa.	Dilanjutkan
Alat praktikum rkurang praktis dan tidak mendukung pengumpulan data kuantitatif	Respirometer sederhana, praktis, aman, menghasilkan data kuantitatif.	Mendesain respirometer baru sesuai kebutuhan pembelajaran.	Dilanjutkan dengan revisi mayor
LKPD yang digunakan tidak mengarahkan konstruksi pengetahuan siswa.	KPD berbasis inquiry dengan memuat ruang pengolahan data, grafik, serta pertanyaan analisis.	Mengoptimalkan Menyusun LKPD inquiry dengan 5 tahap.	Dilanjutkan dengan revisi minor
Keterampilan proses sains, literasi numerasi, dan pemahaman konsep respirasi sel siswa masih rendah.	Perangkat yang memuat indikator KPS, aktivitas numerik, serta penguatan konsep berbasis fenomena nyata.	Mengintegrasikan indikator KPS, aktivitas numerik, dan penguatan konsep dalam perangkat praktikum	Dilanjutkan dengan revisi minor
asilitas laboratorium di sebagian sekolah terbatas dan pemanfaatan alat kurang optimal.	Perangkat praktikum fleksibel, sederhana, mudah direplikasi, memungkinkan pemanfaatan bahan lokal.	Merancang perangkat praktikum berbasis inquiry yang sesuai dengan kondisi sekolah.	Dilanjutkan dengan revisi minor

Berdasarkan hasil telaah analisis, dapat disimpulkan bahwa perangkat praktikum yang dibutuhkan guru dan siswa pada materi respirasi seluler memiliki karakteristik sederhana, praktis, fleksibel, serta sesuai dengan sintaks inquiry. Perangkat tersebut harus mampu menghasilkan data kuantitatif, memfasilitasi analisis numerik dan grafik, serta memberi ruang bagi siswa untuk membangun pengetahuan melalui tahapan inquiry. Selain itu, perangkat juga dituntut untuk mengintegrasikan keterampilan proses sains, literasi numerasi, dan penguatan konsep, dengan memperhatikan keberagaman karakter siswa serta keterbatasan fasilitas laboratorium di sekolah. Karakteristik inilah yang kemudian menjadi pijakan dalam tahap desain, sehingga rancangan LKPD berbasis inquiry laboratory,

respirometer sederhana, dan prosedur praktikum yang sistematis dapat disusun untuk menjawab kebutuhan pembelajaran biologi secara kontekstual.

4.1.2. Tahapan Desain (Design)

Hasil evaluasi tahap analisis menunjukkan bahwa perangkat praktikum yang dibutuhkan oleh guru dan siswa memiliki karakteristik sederhana, praktis, sesuai sintaks pembelajaran inkuiri, untuk mendukung pembelajaran yang eksploratif serta mampu melatih keterampilan proses sains, literasi numerasi, dan penguasaan konsep pada materi respirasi seluler. Karakteristik tersebut kemudian dijadikan pijakan dalam tahap desain, sehingga perangkat praktikum yang dirancang mampu menjawab kesenjangan yang ditemukan pada tahap analisis. Oleh karena itu, fokus tahap desain diarahkan pada penyusunan rancangan LKPD berbasis *inquiry laboratory*, pengembangan alat praktikum sederhana yang memungkinkan pengukuran data kuantitatif, serta perumusan prosedur praktikum yang sistematis sesuai kebutuhan pembelajaran di sekolah.

4.1.2.1.Penentuan Tujuan Pembeajaran (Compose Performance Objectives)

Tujuan pembelajaran yang telah ditentukan untuk dicapai oleh siswa dijabarkan dalam Tabel 4.11. Tujuan pembelajaran keterampilan proses sains, Tabel 4.12. Tujuan pembelajaran keterampilan literasi numerasi, Tabel 4.13. Tujuan pembelajaran penguasaan konsep.

Tabel 4. 11. Tujuan Pembelajaran Keterampilan proses Sains

Indikator	Tujuan Pembelajaran
Mengajukan Pertanyaan	Peserta didik mengajukan pertanyaan penelitian berdasarkan fenomena yang disajikan
Berhipotesiss	Peserta didik membuat jawaban sementara mengenai hasil percobaan sesuai dengan pertanyaan penelitian
Merancang penyelidikan	Peserta didik membuat prosedur berdasarkan fenomena yang disajikan
Menafsirkan Pengamatan (Interpretasi)	1. Peserta didik menghubungkan pola terkait hubungan laju respirasi kecambah dengan suhu 2. Peserta didik menghubungkan pola terkait hubungan laju fermentasi dengan variasi berat gula
Berkomunikasi	Peserta didik membuat tabel pengamatan untuk menyajikan hasil percobaan
Menerapkan Konsep atau prinsip	Peserta didik menggunakan konsep / prinsip pada situasi baru

Tabel 4. 12 Tujuan Pembelajaran Keterampilan Literasi Numerasi

Level Literasi kuantitatif	Indikator	Tujuan Pembelajaran
Knowing	Menghitung	Peserta didik apat menentukan laju respirasi berasarkan data hasil percobaan (Pengukuran laju respirasi dan produksi karbondioksida)
	Mengambil/ Memperoleh	Peserta didik dapat memahami informasi yang terdapat pada table hasil pengamatan
Applying	Menyatakan/membuat model	Peserta didik dapat menyajikan data dalam bentuk grafik berdasarkan table hasil pengamatan
	Menafsirkan	Peserta didik dapat memberikan interpretasi atau tafsiran hasil percoban
Reasoning	Menyimpulkan	Peserta didik dapat membuat kesimpulan berdasarkan data hasil percobaan
	Membuat justifikasi	Peserta didik dapat memberikan argument berdasarkan bentuk hasil pengamatan

Tabel 4. 13 Tujuan Pembelajaran Penguasaan Konsep

No	Tujuan Pembelajaran
1	Peserta didik mengidentifikasi komponen utama yang dibutuhkan dalam respirasi
2	Peserta didik mengidentifikasi organisme yang dapat melakukan respirasi aerob & respirasi anaerob
3	Peserta didik dapat menganalisis hasil respirasi melalui kegiatan Praktikum
4	Peserta didik dapat menganalisis proses pada respirasi aerob dan anaerob
5	Peserta didik dapat mengidentifikasi faktor-faktor apa yg memengaruhi laju respirasi
6	Peserta didik dapat enerapkan konsep respirasi dalam kehidupan sehari-hari

Hasil penetapan tujuan pembelajaran pada tahap desain mencerminkan upaya untuk mengembangkan keterampilan ilmiah peserta didik secara menyeluruh melalui integrasi keterampilan proses sains, literasi numerasi, dan penguasaan konsep. Tujuan-tujuan tersebut tidak hanya mengarahkan peserta didik untuk terlibat aktif dalam proses *inquiry* ilmiah, tetapi juga mendorong kemampuan berpikir kritis melalui pengolahan dan interpretasi data kuantitatif. Selain itu, tujuan pembelajaran dirancang untuk memperkuat pemahaman konseptual peserta didik terhadap respirasi seluler, baik secara teoritis maupun aplikatif, sehingga mampu membangun koneksi antara hasil pengamatan di laboratorium dengan penerapannya dalam konteks kehidupan nyata.

4.1.2.2.Pendataan Tugas (Conduct a Task Inventory)

Daftar tugas yang disusun dalam proses perancangan produk perangkat praktikum berbasis inquiry laboratory dapat dilihat pada Tabel 4.14.

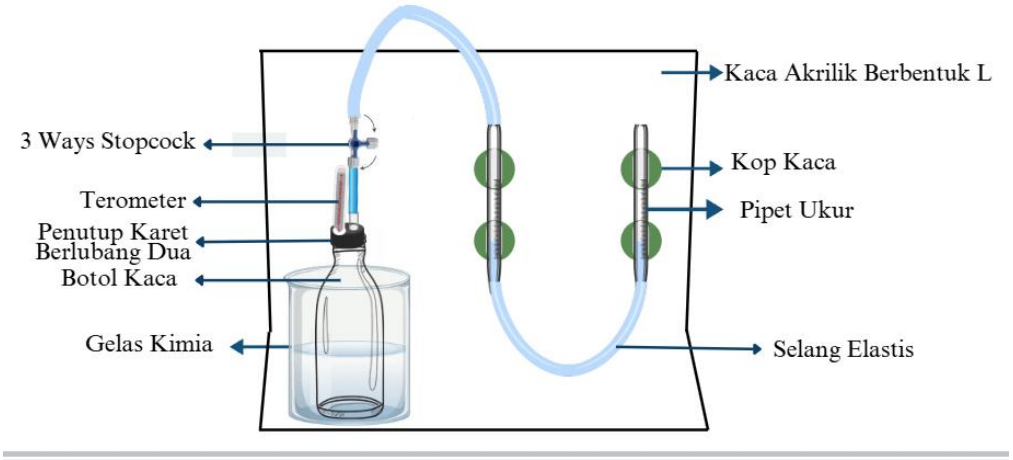
Tabel 4. 14 Daftar Tugas

Tugas	Hasil
Perancangan perangkat praktikum berbasis inquiry laboratory pada materi respirasi seluler yang meliputi alat praktikum respirometer dan lembar kerja peserta didik	Desain *Storyboard* perangkat praktikum
Perancangan modul ajar dengan menggunakan pembelajaran inquiry laboratory	*Protorype* modul ajar
Perancangan soal keterampilan proses sains	*Prototype* soal keterampilan proses sains
Perancangan soal keterampilan literasi numerasi	*Prototype* soal keterampilan literasi numerasi
Perancangan soal penguasaan konsep	*Prototype* soal penguasaan konsep

Tabel 4.14 menyajikan hasil perancangan berbagai komponen perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* yang mencakup alat, lembar kerja peserta didik, modul ajar, serta instrumen penilaian. Masing-masing komponen dirancang untuk mendukung pembelajaran materi respirasi seluler secara menyeluruh, dengan penekanan pada pengembangan keterampilan proses sains, literasi numerasi, dan penguasaan konsep. Berikut ini dipaparkan hasil desain storyboard perangkat praktikum yang diawali dengan *prototype* alat praktikum yang digunakan dalam pelaksanaan pembelajaran:

1. Desain *storyboard* Alat Praktikum

Desain storyboard alat praktikum terdiri dari dua alat praktikum yaitu respirometer untuk praktikum respirasi aerob dan respirometer untuk praktikum fermentasi (respirasi anaerob)



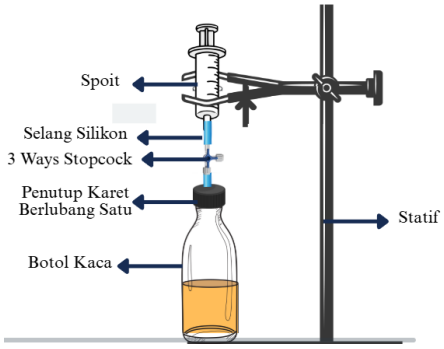
Gambar 4. 1 Desain Alat Praktikum Respirasi Aerob

Gambar di atas memperlihatkan rancangan alat respirometer yang dikembangkan secara khusus untuk praktikum respirasi aerob. Alat ini dirancang sebagai sistem tertutup yang terdiri atas botol kaca sebagai wadah utama, penutup karet berlubang dua untuk menjaga kestabilan sistem, serta dilengkapi dengan termometer untuk memantau suhu lingkungan yang dapat memengaruhi aktivitas respirasi. Komponen lain yang terintegrasi dalam sistem ini meliputi 3-way stopcock yang berfungsi mengatur aliran udara, selang elastis sebagai penghubung antara botol dan pipet ukur, serta pipet ukur yang dipasangkan dengan kop kaca dan ditopang oleh penyangga dari bahan akrilik berbentuk L untuk menjaga posisi tetap vertikal.

Desain vertikal pada pipet ukur tidak hanya memberikan kestabilan visual, tetapi juga mempermudah siswa dalam memasukkan cairan indikator, sehingga pengamatan terhadap perubahan volume gas lebih mudah dilakukan. Perubahan posisi cairan dalam pipet menjadi indikator kuantitatif konsumsi oksigen oleh kecambah selama proses respirasi aerob berlangsung. Dengan demikian, alat ini memungkinkan siswa untuk mengamati laju respirasi secara langsung dan terukur.

Penggunaan kecambah sebagai objek percobaan menjadi pendekatan alternatif yang relevan dalam pembelajaran biologi, mengingat selama ini praktikum respirasi di sekolah lebih banyak menggunakan hewan sebagai bahan percobaan, yang tidak jarang menimbulkan kendala dalam hal teknis maupun etika.

Pendekatan berbasis tumbuhan ini tidak hanya lebih mudah diterapkan, tetapi juga membantu siswa untuk lebih fokus pada prinsip ilmiah yang ingin dipelajari tanpa teralihkan oleh kesulitan teknis penggunaan hewan. Keseluruhan rancangan alat ini memberikan pengalaman praktikum yang konkret, berbasis data, serta memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep respirasi seluler secara menyeluruh.



Gambar 4. 2 Alat Praktikum Respirasi Anaerob (Fermentasi)

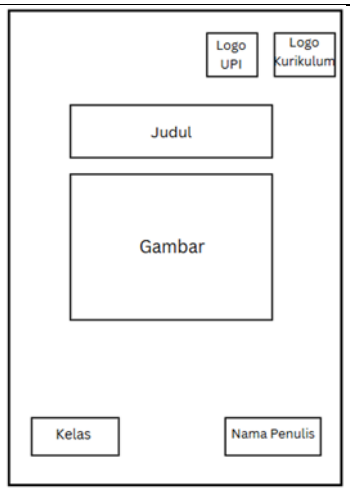
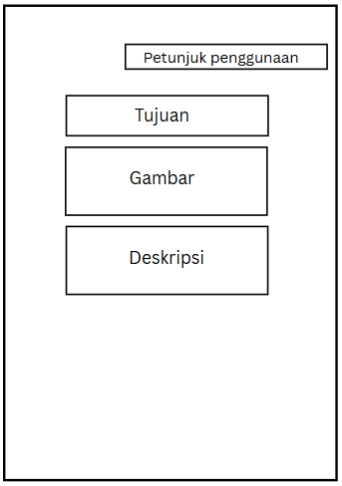
Desain alat respirometer untuk fermentasi ini terdiri atas enam komponen utama yang disusun membentuk sistem tertutup. Komponen tersebut meliputi: statif sebagai penyangga alat, spoit 100 mL untuk menampung dan mengukur gas CO_2 yang dihasilkan, selang silikon sebagai jalur aliran gas, 3-way stopcock sebagai pengatur arah aliran, penutup karet berlubang satu yang menjaga sistem tetap kedap udara, dan botol kaca 250 mL sebagai wadah proses fermentasi. Semua komponen dirakit secara vertikal dan terhubung rapat untuk memastikan tidak terjadi kebocoran gas selama proses berlangsung.

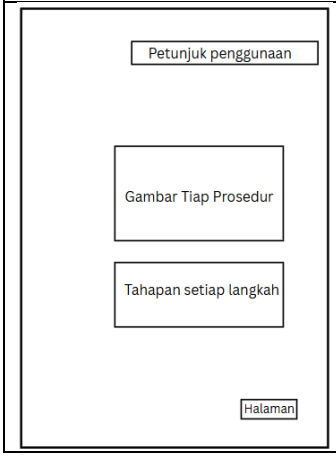
Spoit diposisikan tegak lurus dan terpasang pada statif untuk memastikan kestabilan selama proses pengukuran gas berlangsung. Ujung bawah spoit dihubungkan dengan 3-way stopcock menggunakan selang silikon fleksibel. 3-way stopcock ini terletak di antara spoit dan penutup botol, berfungsi sebagai sakelar mekanik yang dapat membuka atau menutup aliran gas sesuai kebutuhan. Penutup botol terbuat dari karet elastis dengan satu lubang yang pas untuk menyambungkan stopcock ke dalam sistem tanpa kebocoran.

Botol kaca berfungsi sebagai wadah fermentasi dan dipilih karena bersifat transparan, sehingga memungkinkan observasi visual terhadap proses fermentasi. Botol ini diisi dengan substrat fermentasi (seperti larutan gula dan ragi) dan ditutup

dengan penutup karet yang terhubung ke sistem pengukuran gas. Seluruh rangkaian alat menghasilkan sistem tertutup yang mampu menangkap gas karbon dioksida yang terbentuk selama fermentasi berlangsung, yang kemudian naik ke dalam spoit dan dapat diukur volumenya.

Tabel 4. 15 Desain Storyboard Prosedur Praktikum

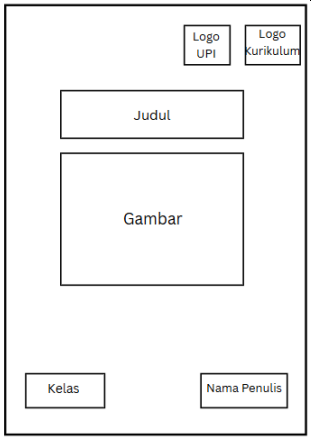
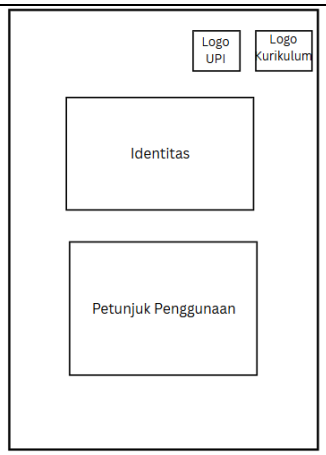
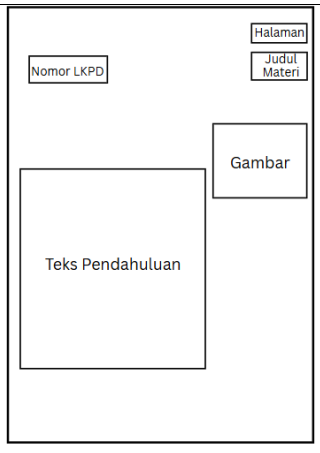
Visual	Komponen
	**Halaman Judul** Halaman ini memuat judul kegiatan "Pengukuran Laju Respirasi Aerob Menggunakan Respirometer Sederhana" yang bertujuan menyelidiki pengaruh suhu terhadap respirasi kecambah.sekolah serta nama penulis.
	**Halaman Gambar Alat Praktikum** Halaman ini memperlihatkan gambar skematik alat respirometer yang digunakan dalam eksperimen. Alat ini dirancang untuk mengukur konsumsi oksigen oleh kecambah untuk praktikum respirasi aerob dan alat untuk respirometer untuk mengukur produksi gas karbondioksida untuk praktikum fermentasi. Gambar alat praktikum juga dilengkapi dengan deskripsi alat praktikum respirometer.

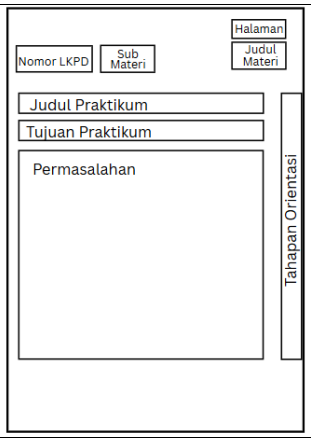
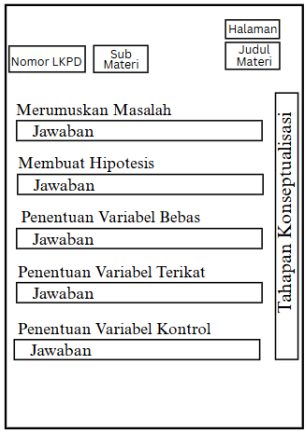
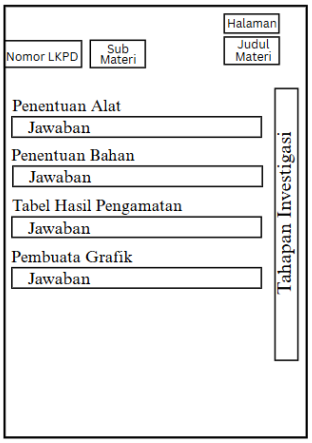
Visual	Komponen
	Halaman Daftar dan Fungsi Alat Halaman ini menyajikan daftar alat dan bahan yang digunakan beserta fungsinya dalam konteks pengukuran respirasi. Penyusunan informasi dalam bentuk paragraf deskriptif ini bertujuan memberikan pemahaman konseptual tentang kontribusi tiap alat terhadap proses pengamatan respirasi.
	**Prosedur Praktikum** Prosedur praktikum disusun dengan menggambarkan tahapan eksperimen dari persiapan alat hingga pengamatan hasil. Langkah-langkah tersebut meliputi pemasangan alat secara sistematis, penempatan objek biologis, serta pengukuran laju respirasi

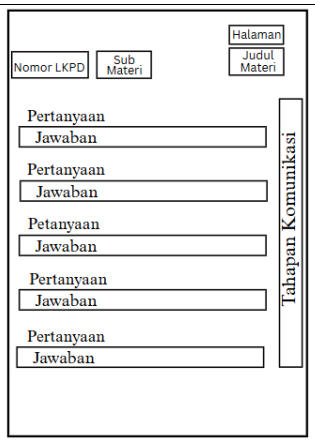
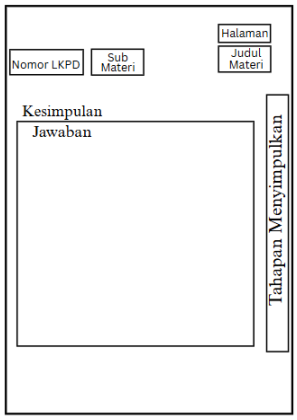
Desain storyboard prosedur praktikum ini disusun dalam enam tahapan utama yang interpretasi umum terhadap prosedur praktikum yang disusun dalam enam langkah utama ini menunjukkan bahwa aktivitas eksperimen dirancang secara sistematis, dimulai dari perakitan alat respirometer hingga pengamatan hasil respirasi. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan keteraturan proses, mulai dari integrasi komponen alat, penempatan kecambah sebagai objek biologis, hingga pengukuran laju respirasi melalui perubahan volume cairan sebagai indikator aktivitas metabolik. Prosedur ini mengarahkan siswa untuk mengamati respons respirasi baik dalam kondisi aerob maupun anaerob, serta membuka peluang penerapan perlakuan lingkungan, seperti variasi suhu, guna mendalami pengaruh faktor eksternal terhadap laju respirasi secara kuantitatif.

2. Desain *Storyboard* LKPD berbasis *Inqquiry Laboratory*

Tabel 4. 16 Desain *Storyboard* LKPD berbasis *Inquiry*

Visual	Komponen
	**Halaman Judul** Halaman ini menampilkan judul LKPD secara lengkap. Di bagian bawah tersedia kolom isian untuk nama kelompok dan nama anggota kelompok. Tampilan cover disusun rapi dan formal dengan identitas sekolah serta nama penulis.
	**Halaman Petunjuk** Halaman ini berisi panduan teknis bagi peserta didik dalam menggunakan LKPD secara efektif. Instruksi disampaikan secara sistematis untuk mendorong siswa membaca dengan saksama, bekerja sama dalam kelompok, menyelesaikan setiap aktivitas secara cermat, mengajukan pertanyanaan apabila menemui kesulitan, serta memanfaatkan sumber belajar yang sesuai guna mendukung proses pemahaman.
	**Halam Tahapan Pendahuluan** Halaman ini berisi petunjuk sistematis bagi peserta didik dalam menggunakan LKPD, yang mencakup anjuran untuk membaca dengan teliti, berdiskusi dalam kelompok, mengerjakan tugas secara cermat, bertanya saat mengalami kesulitan, serta memanfaatkan sumber belajar yang relevan.

Visual	Komponen
	**HalamanTahapan Orientasi** Halaman ini menyajikan narasi berbasis cerita yang menggambarkan kegiatan percobaan respirasi aerob pada kecambah dan respirasi anaerob melalui fermentasi ragi. Tujuannya adalah menumbuhkan rasa ingin tahu peserta didik serta mendorong keterkaitan konsep respirasi seluler dengan konteks nyata, sekaligus mengarahkan siswa membangun pemikiran ilmiah melalui pertanyaan pemantik.
	**Halaman Tahapan Konseptualisasi** Halaman ini mengarahkan Peserta didik untuk merumuskan menyusun hipotesiss, dan mengidentifikasi variabel (bebas, terikat, kontrol). Aktivitas ini memperkuat keterampilan berpikir ilmiah dan perencanaan eksperimen.
	**Halaman Tahapan Perancangan** Halaman ini Siswa diarahkan merancang langkah percobaan, menentukan alat dan bahan yang dibutuhkan, menggambar skema alat, serta mencatat hasil pengamatan dalam tabel. Juga terdapat perintah untuk menghitung laju respirasi/fermentasi dan menggambar grafik hasilnya.

Visual	Komponen
	**Halaman Tahapan Komunikasi** Halaman ini Siswa diarahkan merancang langkah percobaan, menentukan alat dan bahan yang dibutuhkan, menggambar skema alat, serta mencatat hasil pengamatan dalam tabel. Juga terdapat perintah untuk menghitung laju respirasi/fermentasi dan menggambar grafik hasilnya.
	**Halaman Tahapan Menyimpulkan** Siswa menjawab pertanyaan reflektif dan analitis terkait hasil percobaan, seperti peran oksigen, produk akhir, dan faktor lain yang memengaruhi laju respirasi. Hal ini melatih kemampuan komunikasi ilmiah tertulis dan interpretasi data.

Berdasarkan Tabel 4.16, desain storyboard LKPD berbasis inquiry menunjukkan struktur yang sistematis dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir ilmiah serta pemahaman konsep respirasi seluler. Setiap halaman dirancang untuk mendukung alur pembelajaran yang terintegrasi mulai dari pengenalan hingga refleksi akhir. Tahapan awal seperti halaman judul dan petunjuk bertujuan membangun identitas dokumen yang profesional serta menyiapkan kesiapan belajar siswa. Narasi kontekstual pada orientasi mendorong keterlibatan emosional dan kognitif, yang menjadi dasar munculnya pertanyaan ilmiah. Proses konseptualisasi, perancangan, dan eksperimen difokuskan pada pelatihan keterampilan berpikir logis, identifikasi variabel, serta kemampuan numerasi dan representasi data, yang keseluruhannya mencerminkan praktik ilmiah nyata. Di tahap akhir, siswa diarahkan untuk mengomunikasikan hasil secara sistematis dan melakukan refleksi terhadap temuan mereka. Secara garis besar,

storyboard ini mencerminkan pendekatan pembelajaran yang menyeluruh dan terpadu, yang tidak hanya mengembangkan penguasaan konsep tetapi juga keterampilan proses sains dan komunikasi ilmiah secara berimbang.

Setelah menetukan tujuan pembelajaran dan merancang perangkat pembelajaran dianjutkan tahap evaluasi. Evaluasi hasil desain dilakukan untuk memastikan bahwa rancangan perangkat praktikum yang meliputi tujuan pembelajaran, kerangka LKPD, alat, dan prosedur sudah sesuai dengan karakteristik kebutuhan yang diperoleh pada tahap analisis. Evaluasi ini bersifat internal dan difokuskan pada keterpaduan antar komponen desain, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melanjutkan ke tahap pengembangan.

Tabel 4. 17 Telaah Hasil Desain

Komponen Desain	Hasil Rancangan	Evaluasi Kecocokan dengan Analisis	Catatan
Tujuan Pembelajaran	Dirumuskan sesuai CP Biologi Fase F, menekankan KPS, literasi numerasi, dan penguasaan konsep	Sesuai dengan kebutuhan guru dan tuntutan pembelajaran abad 21	Dilanjutkan tanpa revisi
Desain LKPD (kerangka)	Memuat sintaks inquiry dan berisi pertanyaan konseptual	Sesuai dengan temuan analisis bahwa LKPD lama kurang tidak memfasilitasi kegiatan penyelidikan dan numerasi	Dilanjutkan dengan revisi minor
Desain Respirometer Respirasi	Rancangan respirometer sederhana sistem tertutup dan piper ukur diposisikan secara vertikal	Menjawab keterbatasan alat praktikum di sekolah terkait pengukuran laju respirasi	Dilanjutkan dengan revisi minor
Desain Respirometer Fermentasi	Rancangan menggunakan syringe untuk mendukung pengumpulan data kuantitatif	Sesuai dengan kebutuhan analisis yakni alat praktikum fermentasi belum mendukung pengumpulan data kuantitatif	Dilanjutkan dengan revisi minor
Prosedur Praktikum	Disusun sistematis, mengintegrasikan penggunaan alat dan LKPD	Sesuai dengan kebutuhan siswa akan petunjuk yang jelas	Dilanjutkan dengan revisi minor

Tabel 4.17 menunjukkan kan bahwa lima komponen desain perangkat praktikum dinyatakan layak untuk dilanjutkan ke tahap pengembangan. Dari lima komponen tersebut, satu komponen dapat dilanjutkan tanpa revisi, sementara empat lainnya memerlukan revisi minor pada aspek teknis maupun redaksional. Hasil ini memperlihatkan bahwa rancangan awal sudah relevan dengan kebutuhan yang teridentifikasi pada tahap analisis, namun tetap membutuhkan penyempurnaan agar lebih sesuai dengan kondisi sekolah dan karakteristik peserta didik. Dengan demikian, evaluasi pada tahap desain ini menjadi landasan penting untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya dapat direalisasikan secara teknis, tetapi juga berpotensi optimal dalam mendukung keterampilan proses sains, literasi numerasi, dan pemahaman konsep siswa..

4.1.3. Tahapan Pengembangan (*Developed*)

Tahap pengembangan menghasilkan produk awal berupa perangkat praktikum biologi berbasis *inquiry laboratory* yang terdiri atas LKPD, respirometer respirasi, respirometer fermentasi, dan prosedur praktikum. Produk yang telah dirancang kemudian divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli praktikum untuk menilai kelayakan isi, keterpaduan unsur desain, serta kelayakan teknis. Selain itu, respirometer respirasi dan fermentasi diuji coba di laboratorium untuk memastikan akurasi pengukuran dan keamanan penggunaannya. Produk yang telah disempurnakan selanjutnya diuji coba terbatas di kelas melalui pengumpulan data berupa angket respons siswa dan tes rumpang untuk mengukur keterpahaman serta efektivitas perangkat dalam pembelajaran.

4.1.3.1.Pengembangan Alat Praktikum Respirometer

Alat praktikum respirometer dibuat menjadi dua alat praktikum yaitu respirometer untuk praktikum respirasi aerob dan respirometer untuk praktikum respirasi anaerob (fermentasi). Alat praktikum respirometer untuk respirasi aerob dapat dilihat pada gambar 4.3.

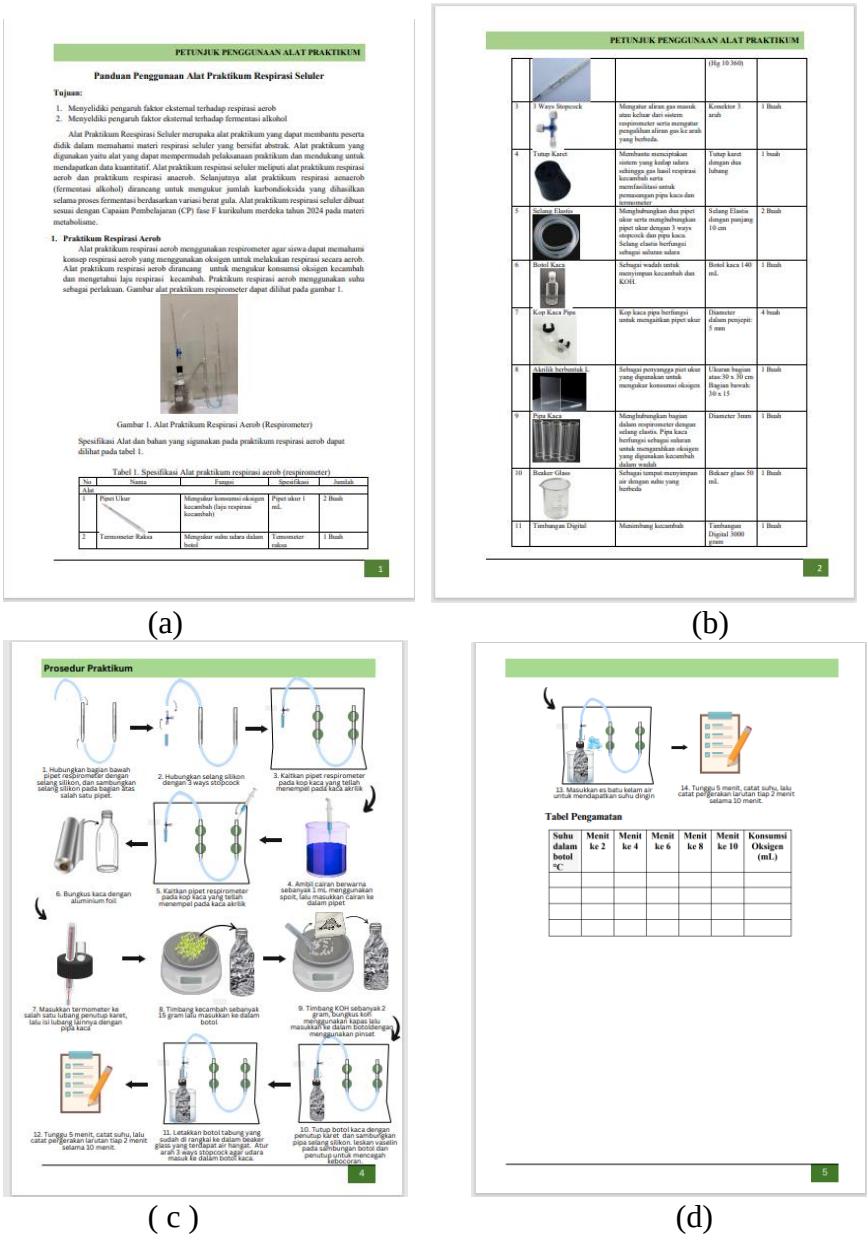
Gambar 4. 3 Respirometer untuk Praktikum Respirasi Aerob

Tahap pengembangan dilakukan dengan memproduksi sesuai dengan desain awal menggunakan komponen-komponen yang alat yang mudah didapatkan dan tersedia di laboratorium. Respirometer terdiri dari botol kaca 140 mL yang digunakan sebagai ruang reaksi. Botol kaca merupakan wadah tertutup tempat kecambah ditempatkan untuk menjalani proses respirasi. Botol ini ditutup dengan penutup karet berlubang dua; satu lubang digunakan untuk pemasangan pipa kaca berdiameter 3mm sebagai saluran gas yang dihubungkan selang silikon untu disambungkan ke manometer, sedangkan lubang lainnya disediakan untuk termometer. Botol kaca ini kemudian ditempatkan di dalam beaker glass yang berfungsi sebagai wadah air untuk mengatur suhu lingkungan sekitar ruang reaksi.

Sistem manometer dirancang menggunakan dua pipet ukur 1 mL yang dipasang secara vertikal dan simetris pada dudukan akrilik transparan berbentuk L berukuran 30 × 30 cm dan 30 × 15 cm. Kedua pipet dihubungkan oleh selang elastis transparan**,** membentuk sistem manometer tertutup yang memungkinkan pendeteksian perubahan tekanan udara akibat aktivitas respirasi. Setiap pipet dilekatkan menggunakan empat kop kaca berdiameter 3 mm untuk menjaga kestabilan dan posisi vertikalnya. Pada jalur penghubung antara ruang reaksi dan manometer, dipasang 3-way stopcock yang berfungsi mengatur sirkulasi udara serta memudahkan proses kalibrasi alat sebelum digunakan.Beberapa komponen diperoleh dari perlengkapan laboratorium dan komponen yang tidak tersedia di

laboratorium diperoleh melalui pengadaan mandiri. Proses perakitan menghasilkan alat yang secara fungsional mampu bekerja sebagai respirometer.

Alat praktikum respirometer untuk dilengkapi dengan prosedur praktikum. Prosedur Praktikum respirasi aerob dapat dilihat pada gambar



Gambar 4. 4 Prosedur Praktikum Respirasi Aerob

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa perangkat praktikum respirasi aerob telah dirancang secara sistematis dan terstruktur. Hal ini ditandai oleh keberadaan

prosedur visual yang disusun langkah demi langkah, disertai dengan ilustrasi alat, arah alur kerja, serta keterkaitan yang jelas antar setiap tahapan eksperimen. Visualisasi prosedur ditampilkan dalam bentuk langkah-langkah yang sistematis, disertai ilustrasi alat dan arah alur kerja untuk membantu siswa memahami urutan kegiatan secara utuh. Pada aspek prosedur, menunjukkan adanya kejelasan hubungan antar tahapan eksperimen yang terorganisir dengan baik. Eksperimen dilakukan dengan pengaturan suhu lingkungan pada tiga rentang berbeda (19°C, 27°C, dan 28°C). Volume gas diamati melalui indikator cairan berwarna dan dicatat setiap dua menit selama sepuluh menit. Pencatatan dilakukan secara sistematis untuk memungkinkan perhitungan laju respirasi secara akurat.

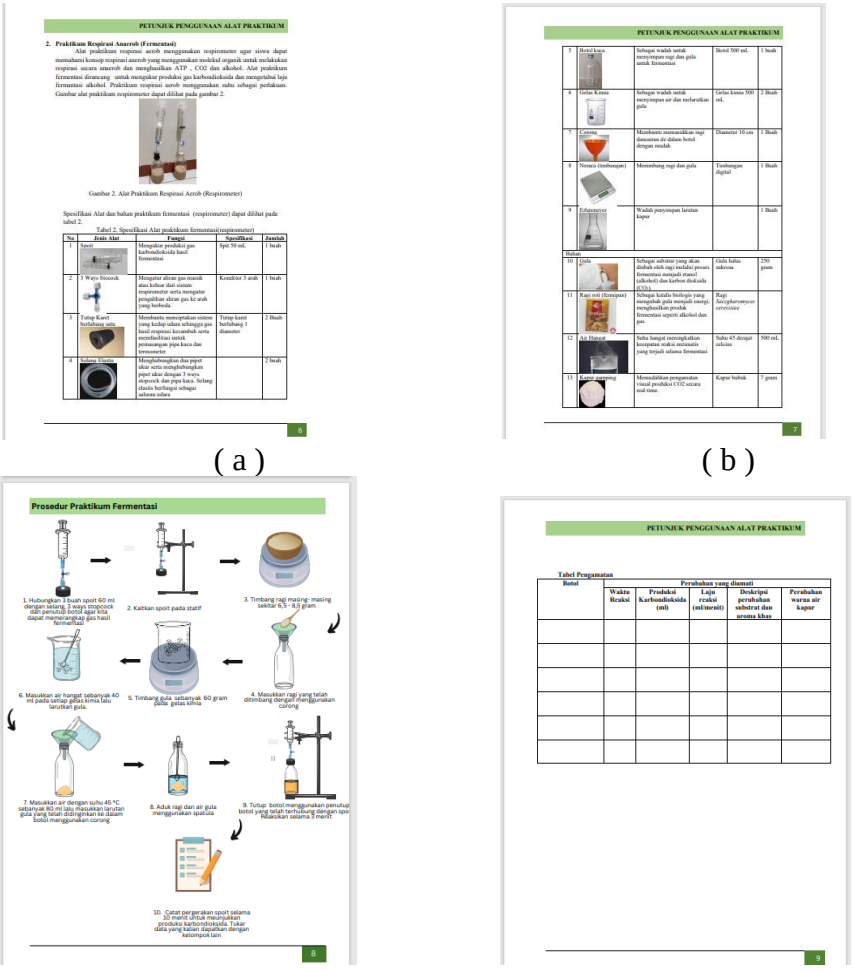
Alat praktikum kedua yang dikembangkan yaitu respirometer untuk praktikum respirasi anaerob (fermentasi). Alat praktikum fermentasi dapat dilihat pada gambar 4.5

Gambar 4. 5 Respirometer untuk Praktikum Respirasi Anaerob (Fermentasi)

Alat respirometer untuk praktikum fermentasi diproduksi dengan bentuk fisik yang sesuai dengan rancangan awal, menunjukkan keberhasilan proses perakitan dari seluruh komponen yang telah direncanakan. Spoit 100 mL telah terpasang secara vertikal menggunakan statif penyangga dan tersambung erat dengan selang silikon melalui 3-way stopcock yang berfungsi baik dalam mengatur aliran gas. Seluruh sambungan antara komponen diuji secara langsung untuk memastikan tidak terdapat kebocoran, dan hasilnya menunjukkan sistem tertutup

dapat bekerja optimal. Botol kaca berisi substrat fermentasi dapat ditutup rapat menggunakan penutup karet berlubang satu, dan gas karbon dioksida hasil fermentasi terpantau mengalir dan terakumulasi ke dalam spoit secara bertahap. Produksi alat ini menghasilkan perangkat praktik yang stabil, mudah digunakan, serta mendukung visualisasi dan pengukuran gas tanpa memerlukan alat bantu tambahan. Keberhasilan produksi ini menjadi indikator bahwa alat yang dirancang dapat direalisasikan secara fungsional untuk kebutuhan pembelajaran biologi di kelas, khususnya pada materi fermentasi, dengan dukungan data kuantitatif dan observasi langsung yang relevan.

Alat praktikum respirometer dilengkapi dengan prosedur praktikum. Untuk prosedur praktikum respirasi anaerob (fermentasi) dapat dilihat pada Gambar 4.6.



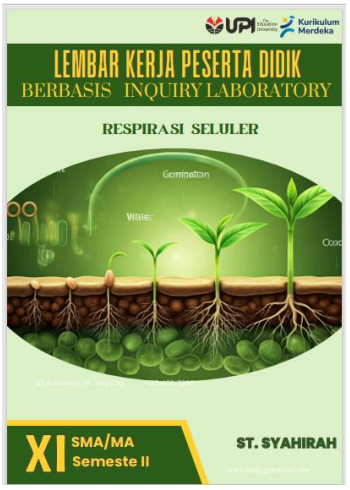
(a) (b)

(c) (d)

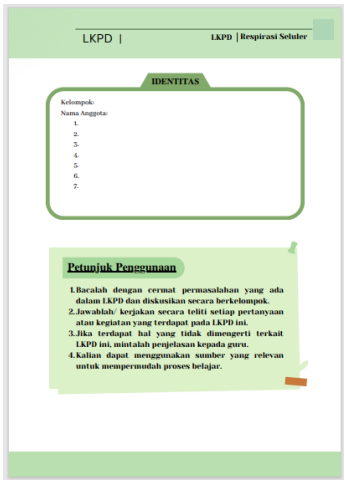
Gambar 4. 6 Prosedur Praktikum Respirasi Anaerob

Gambar 4. 6 menunjukkan hasil pengembangan prosedur praktikum fermentasi aplikatif. Gambar A dan B menggambarkan alat dan bahan yang digunakan, termasuk rancangan visual respirometer sederhana yang mampu mengukur produksi gas CO_2 sebagai indikator fermentasi. Bagian C menyajikan prosedur praktikum dalam 10 langkah terstruktur, mulai dari pemasangan alat, penimbangan bahan, hingga pengamatan reaksi, dengan ilustrasi pendukung yang memudahkan pemahaman dan pelaksanaan oleh siswa secara mandiri. Prosedur ini juga menekankan validitas ilmiah melalui kontrol suhu dan urutan kerja yang logis, sekaligus melatih keterampilan proses sains. Adapun bagian D berupa tabel pengamatan dirancang untuk membantu siswa mencatat data kuantitatif dan kualitatif, seperti laju reaksi, perubahan air kapur, serta deskripsi substrat dan aroma, sehingga mendorong pengembangan keterampilan observasi, interpretasi, dan penyajian data secara ilmiah.

4.1.3.2.Pengembangan LKPD berbasis Inquiry Laboratory

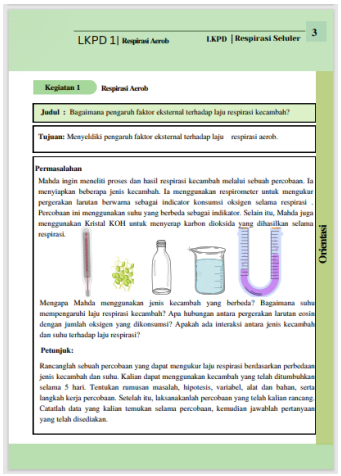


(a)

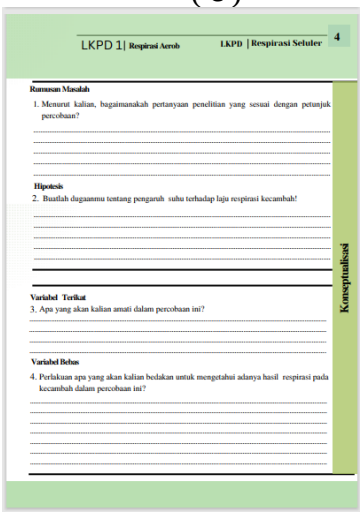


(b)

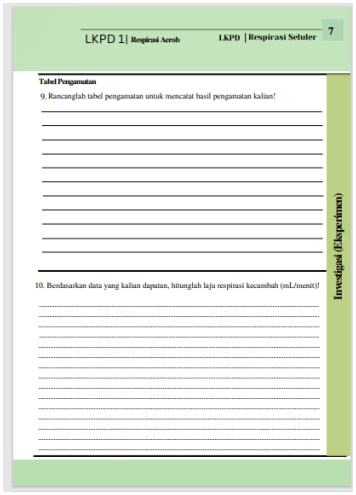
(c)



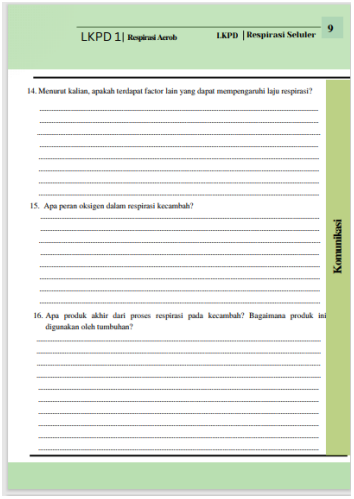
(d)



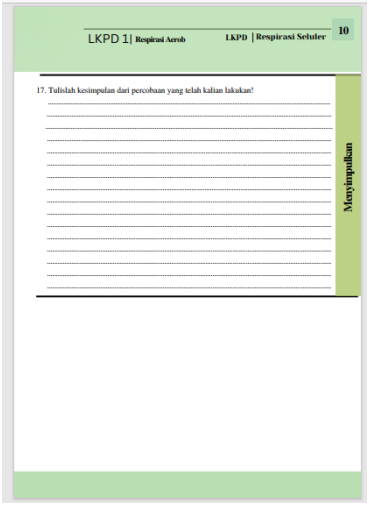
(e)



(f)



(g)



(h)

Gambar 4. 7 LKPD berbasis Inquiry Laboratory

Gambar 4.7 menunjukkan LKPD yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan perangkat pembelajaran berbasis inquiry laboratory yang dirancang secara menyeluruh untuk memfasilitasi dua kegiatan eksperimen, yaitu respirasi aerob dan respirasi anaerob, dengan mengacu pada lima tahapan model inquiry: orientasi, konseptualisasi, investigasi, komunikasi, dan menyimpulkan. Secara umum, struktur LKPD diawali dengan pendahuluan kontekstual yang mengaitkan konsep respirasi seluler dengan fenomena kehidupan nyata, bertujuan membangun rasa ingin tahu siswa serta menjadi dasar pemahaman konseptual. Kegiatan pertama mengarahkan siswa untuk menyelidiki pengaruh suhu terhadap laju respirasi aerob pada kecambah dengan menggunakan indikator konsumsi oksigen, sedangkan kegiatan kedua berfokus pada respirasi anaerob melalui proses fermentasi alkohol oleh ragi dengan indikator produksi gas karbon dioksida. Kedua kegiatan dirancang tidak hanya untuk mengembangkan pemahaman konsep secara ilmiah, tetapi juga untuk melatih keterampilan proses sains seperti merumuskan masalah, mengidentifikasi variabel, melakukan pengamatan, mengukur, dan menarik kesimpulan, serta mengembangkan keterampilan literasi numerasi melalui pengolahan, interpretasi, dan penyajian data hasil eksperimen. Selain itu, LKPD ini memberikan keleluasaan kepada siswa untuk merancang eksperimen secara mandiri menggunakan alat yang telah dikembangkan atau alternatif lain sesuai kondisi sekolah, sehingga fleksibel, aplikatif, dan adaptif terhadap keterbatasan maupun kelengkapan fasilitas laboratorium di berbagai satuan pendidikan.

4.2. Kelayakan Perangkat Praktikum Berbasis Perangkat Inquiry Laboratory

4.2.1. Kelayakan Alat Praktikum

Validasi alat praktikum dilakukan untuk menilai kelayakan dan kualitas produk yang dikembangkan berdasarkan masukan dari para ahli. Penilaian dilakukan dengan menggunakan indikator-indikator tertentu yang dirancang untuk mengevaluasi aspek penting dari alat tersebut. Hasil penilaian oleh para *validator* tercantum pada Lampiran D.2 dan disajikan dalam Tabel 4.16:

Tabel 4. 18 Hasil Validasi Alat Praktikum

No	Indikator	VA1	VA2	VA3	Nilai Maximum
1	Kesesuaian dengan kurikulum	10	11	10	12
2	Aspek pembelajaran	20	20	19	20
3	Kemudahan penggunaan	16	16	15	16
4	Keterangan fungsi dan alat praktikum	12	12	12	12
Total		58	59	56	60
Persentase		96,67	98,33	93,33	100
Rata-rata		3,87	3,93	3,73	4
Nilai rata-rata		3,84			
Kategori		**Sangat Valid**			

Keterangan:
VA= Validator Ahli

Hasil validasi menunjukkan bahwa alat praktikum yang dikembangkan berada dalam kategori sangat valid berdasarkan penilaian dari ketiga validator. Aspek dengan skor tertinggi adalah keterangan fungsi dan alat, yang berarti perangkat telah dinilai sangat jelas dalam menjelaskan setiap fungsi komponen dan cara penggunaannya, sehingga mudah dipahami dan diterapkan dalam pembelajaran. Sebaliknya, aspek dengan skor terendah adalah kesesuaian dengan kurikulum. Meskipun tetap berada dalam kategori sangat valid, nilai yang lebih rendah pada aspek ini mengindikasikan adanya beberapa bagian dari perangkat yang masih dapat disempurnakan agar lebih selaras dengan capaian pembelajaran, tujuan kurikulum, dan kompetensi inti yang berlaku. Penilaian yang relatif konsisten dari ketiga validator juga menunjukkan bahwa instrumen penilaian yang digunakan memiliki reliabilitas yang baik, serta mencerminkan persepsi yang seragam terhadap kualitas perangkat secara keseluruhan.

4.2.2. Hasil Kelayakan LKPD berbasis *Inquiry Laboratory*

Tabel 4. 19 Hasil Validasi LKPD berbasis Inquiry Laboratory

No	Indikator	VA1	VA2	VA3	Nilai Maximum
1	Kesesuaian dengan kurikulum	11	11	10	12
2	Kebahasaan	11	10	10	12

No	Indikator	VA1	VA2	VA3	Nilai Maximum
3	Penyajian Isi	26	28	26	28
4	Penguasaan Konsep Respirasi Seluler	18	18	20	20
Total		66	67	66	72
Persentase		91,67	93,05	91,67	100
Rata-rata		3,67	3,72	3,67	4
Nilai rata-rata		3,68			
Kategori		**Sangat Valid**			

Keterangan:
VA= Validator Ahli

Berdasarkan Berdasarkan analisis terhadap hasil validasi LKPD yang tercantum pada Lampiran D.1, diperoleh hasil bahwa perangkat berada dalam kategori sangat valid. Skor indikator yang paling mendekati nilai maksimum terdapat pada aspek penyajian isi, diikuti oleh penguasaan konsep respirasi seluler. Hal ini menunjukkan bahwa LKPD telah dirancang dengan struktur isi yang sistematis dan relevan, serta memuat konsep-konsep materi yang akurat sesuai dengan tuntutan pembelajaran. Sebaliknya, indikator dengan capaian terendah relatif terhadap skor maksimum adalah aspek kebahasaan. Meskipun masih dalam kategori sangat valid, aspek ini mengindikasikan adanya ruang perbaikan, khususnya dalam hal penggunaan bahasa yang lebih komunikatif, konsisten, dan sesuai dengan kaidah kebahasaan ilmiah. Sementara itu, indikator kesesuaian dengan kurikulum juga memperoleh skor yang tinggi dan relatif mendekati maksimum, yang berarti bahwa LKPD secara umum telah sesuai dengan arah kurikulum yang berlaku, namun tetap dapat disempurnakan untuk lebih menguatkan keterkaitannya dengan capaian pembelajaran dan kompetensi inti. Secara keseluruhan, validasi ini menunjukkan bahwa LKPD layak digunakan dalam proses pembelajaran dan memiliki potensi besar dalam mendukung pencapaian tujuan instruksional.

4.3. Kepraktisan Perangkat Praktikum berbasis *Inquiry Laboratory*

Kepraktisan produk dilihat dari angket respon siswa siswa dari hasil uji coba terbatas perangkat praktikum berbasis inquiry laboratory yang meliputi alat praktikum respirometer untuk praktikum respirasi aerob, respirometer untuk

praktikum fermentasi dan LKPD berbasis inquiry. Selain hasil uji coba terbatas, uji kepraktisan juga diukur berdasarkan hasil implementasi perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory*

4.3.1. Kepraktisan Alat Praktikum respirometer

Kepraktisan respirometer didapatkan dari hasil uji coba laboratorium oleh peneliti, angket respons siswa setelah penggunaan respirometer untuk praktikum respirasi aerob dan praktikum fermentasi, serta hasil evaluasi pelaksanaan penggunaan produk. Hasil uji coba menunjukkan bahwa respirometer mudah digunakan, aman, dan mampu menunjukkan perbedaan laju respirasi secara visual dan kuantitatif. Selain itu, tanggapan siswa menunjukkan bahwa alat ini membantu mereka lebih memahami konsep respirasi seluler melalui pengalaman praktikum yang lebih terarah dan bermakna.

1. Kepraktisan Respirometer untuk Praktikum Respirasi

Kepraktisan penggunaan respirometer didapatkan dari hasil uji coba laboratorium. Hasil uji coba laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.20. angket respon hasil uji coba terbatas yang dapat dilihat pada Tabel 4.21. dan angket respon setelah tahap implementasi dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 20 Hasil Uji Coba Laboratorium Terhadap Penggunaan Respirometer untuk Praktikum Respirasi

No	Indikator	Nilai	Nilai Maximum
1	Rangkaian Alat	31	40
2	Keterbacaan Alat	17	20
3	Kepraktisan Penggunaan	9	16
4	Keterkaitan dan Kestabilan	9	12
5	Proses	6	8
Total		72	96
Rata-Rata		3	4
Persentase		75	100
Kategori		**Praktis**	

Hasil uji coba laboratorium terhadap penggunaan respirometer yang terlampir pada Lampiran E.1, menunjukkan bahwa perangkat berada dalam kategori praktis, dengan rata-rata skor yang cukup tinggi namun masih memiliki

ruang perbaikan. Indikator dengan nilai paling mendekati skor maksimum adalah aspek keterbacaan alat, yang mencerminkan bahwa informasi atau petunjuk penggunaan pada alat dinilai cukup jelas dan mudah dipahami oleh pengguna. Disusul oleh aspek rangkaian alat, yang menunjukkan bahwa komponen alat telah dirakit secara cukup lengkap dan berfungsi sesuai kebutuhan praktikum. Sementara itu, indikator dengan nilai paling rendah relatif terhadap skor maksimum adalah aspek proses serta keterkaitan dan kestabilan alat. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat ruang untuk meningkatkan kestabilan fungsional alat selama digunakan dan memperbaiki alur kerja alat agar proses praktikum dapat berjalan lebih efisien dan konsisten. Secara keseluruhan, meskipun belum mencapai kategori sangat baik, hasil ini menunjukkan bahwa alat praktikum telah layak digunakan dengan beberapa penyesuaian teknis untuk meningkatkan efektivitas dan kenyamanan penggunaannya dalam pembelajaran

Secara umum, nilai yang diperoleh menunjukkan bahwa respirometer sudah layak digunakan dalam kegiatan praktikum, namun masih diperlukan penyempurnaan pada aspek fungsional dan prosedural agar perangkat dapat mencapai kategori sangat baik.

Tabel 4. 21 Angket Respon Siswa terhadap Penggunaan Respirometer untuk Praktikum Respirasi (Uji Coba Terbatas)

No	Indikator	RS1	RS2	RS3	Nilai Rata-rata	Nilai Maximum
1	Kemudahan Penggunaan	13	11	10	11,33	16
2	Kepraktisan	10	8	7	8,33	12
3	Keamanan	10	10	10	10	12
4	Manfaat Konseptual	10	10	9	9,67	12
5	Aktivasi Keterlibatan	8	7	7	7,33	8
6	KPS dan Literasi Numerasi	10	9	8	9	12
Total		61	55	51	55,66	72
Rata-Rata		3,38	3,05	2,83	3,09	4
Persentase		84,72	76,38	70,83	**77,31**	100
Kategori		**Baik**				

Hasil angket respon siswa terhadap penggunaan respirometer dalam praktikum respirasi yang terlampir pada Lampiran E.4, menunjukkan bahwa setiap aspek yang dinilai berada dalam kategori *baik.* Indikator dengan skor paling tinggi dan paling mendekati nilai maksimum adalah aktivasi keterlibatan, menunjukkan

bahwa alat berhasil mendorong partisipasi aktif siswa selama praktikum. Disusul oleh aspek keamanan yang juga memperoleh skor tinggi dan konsisten dari seluruh responden, mencerminkan persepsi positif siswa terhadap aspek keselamatan penggunaan alat. Sebaliknya, indikator dengan skor paling rendah relatif terhadap skor maksimum adalah kepraktisan dan kemudahan penggunaan, yang mengindikasikan masih adanya kendala teknis atau kebutuhan akan penyederhanaan dalam prosedur pemakaian alat. Meskipun demikian, seluruh indikator tetap berada dalam kategori baik, menandakan bahwa respirometer yang dikembangkan telah cukup efektif dan layak digunakan, namun memerlukan penyempurnaan agar lebih praktis dan mudah digunakan dalam konteks pembelajaran di kelas.Ketiga siswa memberikan tanggapan yang bervariasi namun tetap konsisten dalam kisaran kategori yang sama, menandakan bahwa perangkat ini telah diterima dengan cukup baik dalam uji coba terbatas.

Tabel 4. 22 Angket Respon Siswa terhadap Penggunaan Respirometer untuk Praktikum Respirasi (Uji Lapangan)

No	Indikator	Nilai Rata-Rata	Nilai Maximum
1	Kemudahan Penggunaan	3,19	4
2	Kepraktisan	3,02	4
3	Keamanan	3,02	4
4	Manfaat Konseptual	3,14	4
5	Aktivasi Keterlibatan	3,25	4
6	KPS dan Literasi Numerasi	3,17	4
Rata-Rata		3,13	4
Nilai rata-rata		78,22	100
Kategori		**Baik**	

Hasil uji lapangan terhadap penggunaan respirometer yang terlampir pada lampiran F.7, menunjukkan bahwa seluruh aspek yang dinilai berada dalam kategori *baik.* Indikator dengan nilai tertinggi terdapat pada aktivasi keterlibatan siswa, sedangkan indikator dengan nilai terendah tercatat pada aspek kepraktisan dan keamanan. Meskipun terdapat variasi skor antar indikator, keseluruhan respon siswa menunjukkan penerimaan yang positif terhadap penggunaan respirometer dalam kegiatan praktikum respirasi pada tahap implementasi.

2. Kepraktisan Respirometer untuk Praktikum Fermentasi

Kepraktisan penggunaan respirometer untuk praktikum fermentasi didapatkan dari hasil uji coba laboratorium yang dapat dilihat pada tabel 4. 23, angket respon hasil uji coba terbatas yang dapat dilihat pada tabel 4.24 dan angket respon setelah tahap implementasi dapat dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4. 23. Hasil Uji Coba Laboratorium Terhadap Penggunaan Respirometer untuk Praktikum Fermentasi

No	Indikator	Nilai	Nilai Maximum
1	Rangkaian Alat	35	44
2	Keterbacaan Alat	17	20
	Kepraktisan Penggunaan	11	16
3	Keterkaitan dan Kestabilan	10	12
4	Proses	6	8
Total		79	100
Rata-Rata		3,16	4
Persentase		79	100
Kategori		**Praktis**	

Hasil uji coba laboratorium terhadap penggunaan respirometer untuk praktikum fermentasi terlampir pada Lampiran E.1, menunjukkan bahwa perangkat berada dalam kategori praktis. Aspek dengan capaian paling optimal adalah keterbacaan alat. Aspek yang paling mendekati skor maksimum adalah keterbacaan alat, yang menunjukkan bahwa informasi dan petunjuk pada alat dinilai sangat jelas dan mudah dipahami oleh pengguna. Disusul oleh keterkaitan dan kestabilan, serta rangkaian alat, yang juga menunjukkan nilai cukup tinggi dan mendekati skor maksimum, mencerminkan bahwa alat tersusun dengan baik serta berfungsi stabil selama praktikum. Sementara itu, indikator dengan skor paling jauh dari nilai maksimum adalah proses, yang mengindikasikan bahwa prosedur penggunaan alat atau alur pelaksanaannya masih perlu disempurnakan agar lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan praktikum. Meskipun demikian, seluruh indikator telah memenuhi kriteria sangat baik, menunjukkan bahwa respirometer layak digunakan di laboratorium dengan penyempurnaan minor pada aspek prosedural.

Tabel 4. 24 Hasil Angket Respon siswa terhadap penggunaan Respirometer untuk Praktikum Fermentasi (Uji Coba Terbatas)

No	Indikator	RS1	RS2	RS3	Nilai Rata-Rata	Nilai Maximum
1	Kemudahan Penggunaan	14	11	10	11,67	16
2	Kepraktisan	9	8	7	8	12
3	Keamanan	10	11	11	10,67	12
4	Manfaat Konseptual	11	9	8	9,33	12
5	Aktivasi Keterlibatan	6	8	8	7,33	8
6	KPS dan Literasi Numerasi	9	9	9	9	12
Total		59	56	53	56	72
Rata-Rata (Skala)		3, 27	3,11	2,94	3,11	4
Persentase		81,94	77,78	73,61	77,77	100
Kategori		**Baik**				

Keterangan:
RS= Respon Siswa

Hasil Berdasarkan hasil angket respon siswa terhadap penggunaan respirometer dalam praktikum fermentasi pada tahap uji coba terbatas yang terlampir E.5, diketahui bahwa seluruh indikator memperoleh respons positif dengan kategori keseluruhan berada pada tingkat baik**.** Indikator dengan skor rata-rata tertinggi dan paling mendekati nilai maksimum adalah aktivasi keterlibatan, yang menunjukkan bahwa alat berhasil mendorong keterlibatan aktif siswa selama praktikum, meskipun salah satu siswa memberikan nilai lebih rendah dibanding lainnya. Selain itu, keamanan juga memperoleh skor tinggi dan konsisten, mencerminkan bahwa siswa merasa aman saat menggunakan alat. Sementara itu, indikator dengan skor rata-rata paling rendah relatif terhadap nilai maksimum adalah kepraktisan dan manfaat konseptual, yang mengindikasikan bahwa sebagian siswa masih merasakan tantangan dalam penggunaan alat secara efisien dan belum sepenuhnya memahami konsep yang diperkuat melalui praktikum. Meskipun terdapat beberapa aspek yang nilainya belum mendekati maksimum, seluruh indikator tetap berada dalam kategori baik, menandakan bahwa respirometer yang digunakan telah berfungsi dengan layak dalam mendukung praktikum fermentasi,

namun masih memiliki ruang perbaikan terutama dalam hal efisiensi penggunaan dan penguatan pemahaman konsep.

Tabel 4. 25 Hasil Angket Respon siswa terhadap penggunaan Respirometer untuk Praktikum Fermentasi (Uji Coba Lapangan)

No	Indikator	Nilai Rata-Rata	Nilai Maximum
1	Kemudahan Penggunaan	3,37	4
2	Kepraktisan	3,02	4
3	Keamanan	3,70	4
4	Manfaat Konseptual	3,08	4
5	Aktivasi Keterlibatan	3,28	4
6	KPS dan Literasi Numerasi	3,11	4
Rata-Rata		3,26	4
Nilai rata-rata		81.41	100
Kategori		Sangat Baik	

Hasil angket respon siswa pada uji coba lapangan yang terlampir pada lampiran F.8, menunjukkan bahwa penggunaan respirometer dalam praktikum fermentasi memperoleh tanggapan yang sangat positif, dengan kategori keseluruhan berada pada tingkat sangat baik**.** Indikator yang memperoleh penilaian tertinggi adalah aspek keamanan, mengindikasikan bahwa siswa merasa aman saat menggunakan alat tersebut. Sebaliknya, indikator dengan penilaian terendah adalah *kepraktisan*, yang menunjukkan masih adanya ruang perbaikan dalam hal efisiensi dan kemudahan penggunaan alat di dalam kegiatan praktikum. Hal ini memperkuat keandalan alat dari sisi keselamatan, sekaligus menjadi masukan untuk penyempurnaan teknis terkait operasional alat.

4.3.2. Kepraktisan LKPD berbasis Inquiry Laboratory

Kepraktisan LKPD berbasis inquiry laboratorium dilakukan dengan menganalisis keterbacaan dan hasil angket respon siswa.Analisis keterbacaan LKPD dalam penelitian ini menggunakan uji rumpang (cloze test). Uji rumpang ini memiliki tujuan untuk mengukur bagaimana tingkat keterbacaan bahan ajar sehingga dapat diketahui bahan ajar tersebut layak atau tidak digunakan dalam pembelajaran. Uji keterbacaan LKPD diberikan kepada siswa yaitu tes rumpang yang berisi beberapa wacana dari LKPD. Tes rumpang dilakukan dengan

perumpangan pada teks secara keseluruhan terdiri dari 41 soal. Adapun hasil tes rumpang yang diujikan pada 3 siswa terdapat pad tabel dibawah

Tabel 4. 26 Hasil Tes Rumpang LKPD berbasis Inquiry Laboratory

RS	Skor Total	Skor Maksimum	Tingkat Keterbacaan (%)	Kategori
RS 1	25	41	56,97	Sedang
RS 2	29	41	70,73	Sedang
RS 3	33	41	82,93	Tinggi

Keterangan:
RS: Respon Siswa

Hasil uji keterbacaan LKPD melalui tes rumpang terlampir pada lampiran E.3, menunjukkan bahwa terdapat variasi tingkat keterbacaan antar siswa Berdasarkan hasil tes rumpang terhadap LKPD berbasis *inquiry laboratory*, diperoleh tingkat keterbacaan siswa yang bervariasi dengan kategori sedang hingga tinggi. Skor keterbacaan tertinggi ditunjukkan oleh satu respon siswa yang mencapai kategori tinggi dan mendekati skor maksimum, sedangkan dua siswa lainnya berada pada kategori sedang dengan capaian yang lebih rendah relatif terhadap skor maksimal. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berada pada kategori keterbacaan menengah.

Hasil ini mengindikasikan bahwa LKPD secara umum sudah memiliki tingkat keterbacaan yang cukup baik, namun tetap perlu dilakukan penyempurnaan bahasa agar lebih sesuai dengan karakteristik siswa di berbagai satuan pendidikan.

Tabel 4. 27 Hasil Angket Respon LKPD berbasis *Inquiry Laboratory* (Uji Coba Terbatas)

No	Indikator	RS1	RS2	RS3	Nilai Rata-rata	Nilai Maximum
1	Pemahaman Materi	11	10	9	10	12
2	Tampilan	7	7	7	7	8
3	Bahasa dan Instruksi	6	6	6	6	8
4	Kemudahan Penggunaan	6	6	6	6	8
5	Manfaat Pembelajaran (KPS dan Literasi Numerasi)	19	16	14	16,33	20
Total		49	45	42	45,33	56
Rata-Rata (Skala)		3,5	3,21	3	3,24	4
Persentase		87,5	80,36	75	80,95	100
Kategori		Sangat Baik				

Keterangan:
RS= Respon Siswa

Hasil angket respon siswa terhadap penggunaan LKPD berbasis inquiry laboratory pada uji coba terbatas terlampir pada Lampiran E.2, menunjukkan bahwa, diperoleh rata-rata penilaian dalam kategori *sangat baik.* Aspek dengan nilai rata-rata paling mendekati skor maksimum adalah pemahaman materi, menunjukkan bahwa LKPD dinilai mampu membantu siswa memahami konsep respirasi sel. Sebaliknya, aspek dengan skor paling rendah relatif terhadap nilai maksimum adalah bahasa dan instruksi serta kemudahan penggunaan, yang menunjukkan bahwa meskipun sudah baik, aspek ini memiliki capaian terendah dibandingkan aspek lainnya. Ketiga respon siswa memberikan penilaian yang cukup konsisten, dengan siswa berkemampuan kognitif tinggi memberikan skor paling rendah dan siswa berkemampuan kognitif rendah memberikan skor tertinggi, namun seluruhnya tetap berada dalam kategori sangat baik.

Tabel 4. 28 Hasil Angket Respon LKPD berbasis Inquiry Laboratory (Uji Lapangan)

No	Indikator	Nilai Rata - Rata	Nilai Maximum
1	Pemahaman Materi	3,29	4
2	Tampilan	3,34	4
3	Bahasa dan Instruksi	3,52	4
4	Kemudahan Penggunaan	3,25	4
5	Manfaat Pembelajaran (KPS dan Literasi Numerasi)	3,21	4
Rata-Rata		3,21	4
Nilai rata-rata		83,04	100
Kategori		**Sangat Baik**	

Respon siswa terhadap penggunaan LKPD berbasis inquiry laboratory pada uji coba terbatas yang tercantum pada Lampiran F.9, menunjukkan kategori sangat baik secara keseluruhan. Berdasarkan hasil angket respon siswa terhadap LKPD berbasis *inquiry laboratory* pada uji lapangan, diperoleh rata-rata skor dengan kategori *sangat baik.* Indikator dengan skor rata-rata paling mendekati nilai

maksimum adalah bahasa dan instruksi**,** diikuti oleh tampilan**.** Sementara itu, indikator dengan nilai rata-rata paling rendah relatif terhadap skor maksimum adalah manfaat pembelajaran terkait keterampilan proses sains dan literasi numerasi, yang menunjukkan bahwa persepsi siswa terhadap manfaat langsung dari LKPD terhadap pengembangan keterampilan tersebut masih sedikit di bawah indikator lainnya. Meskipun terdapat variasi antar indikator, seluruh aspek tetap berada dalam kategori sangat baik, menandakan bahwa LKPD secara umum diterima positif dan layak digunakan dalam pembelajaran di kelas. Hasil ini menegaskan bahwa LKPD telah memberikan pengalaman belajar yang bermakna dan dapat diterima dengan sangat baik oleh siswa, sekaligus menjadi dasar untuk melakukan penyempurnaan pada aspek teknis penyajiannya.

Setelah dilakukan uji coba terbatas, selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap perangkat praktikum berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan oleh siswa serta hasil validasi dari para validator ahli. Evaluasi pada tahap pengembangan disajikan pada Tabel 4.29.

Tabel 4. 29 Hasil Evaluasi Tahap Pengembangan

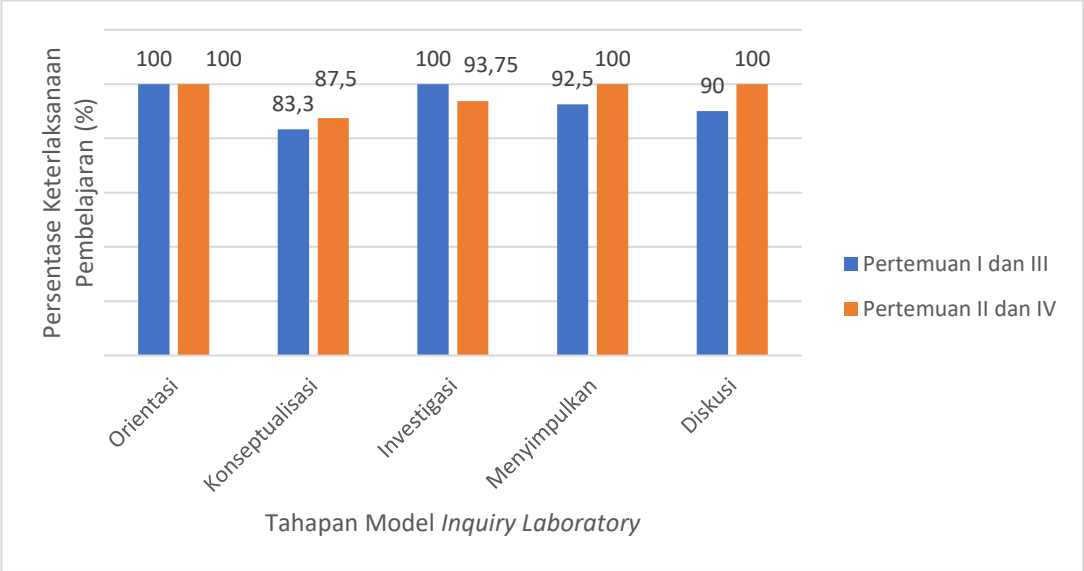
Komponen	Masalah	Solusi	Keputusan
Pemilihan organisme hewan mencit – awalnya dipilih	Sulit standarisasi, kesulitan dalam eksperimen	Diganti dengan kecambah yang lebih mudah diukur	Revisi minor
Pemilihan warna dan layout untuk menarik dan mendukung alur	Warna kurang kontraks, instruksi tidak jelas	Tambahkan warna kontras, perjelas instruksi	Revisi minor
Respirometer respirasi	Sambungan alat bocor,skala kurang presisi	Perbaiki sambungan; kalibrasi ulang skala	Revisi minor
Respirometer fermetasi penggunaan statif	Rangka kurang stabil	Menggunakan akrilik berbentuk L yang dilengkapi kop kaca, se serta menambahkan dlabu Erlenmeyer	Revisi Minor

Komponen	Masalah	Solusi	Keputusan
		sebagai wadah penyimpanan larutan kapur gu	
Prosedur praktikum	Ada beberapa alur yang belum jelas dan sulit dipahami	Revisi prosedur dan melakukan demonstrasi sebelum praktik	Reisi minor

Tabel 4.29 menunjukkan hasil evaluasi tahap pengembangan perangkat praktikum. Berdasarkan hasil tersebut, LKPD inquiry dinyatakan valid dengan revisi minor pada aspek istilah ilmiah dan penyajian data. Respirometer respirasi dan fermentasi keduanya layak digunakan, tetapi memerlukan revisi minor. Pada respirometer respirasi, catatan evaluasi berfokus pada kejelasan prosedur pengaturan variabel suhu, sementara pada respirometer fermentasi terjadi perbaikan dari rancangan awal berbasis statif menjadi penyangga akrilik "L" agar lebih stabil. Petunjuk teknis juga mendapat revisi minor berupa penekanan aspek keselamatan dan demonstrasi penggunaan 3-way stopcock. Secara keseluruhan, perangkat praktikum yang terdiri atas LKPD inquiry, dua respirometer, dan petunjuk teknis dinyatakan valid, layak digunakan, dan dapat dilanjutkan ke tahap implementasi setelah revisi minor.

4.4. Keterlaksanaan Pembelajaran melalui Penerapan Perangkat Praktikum Berbasis Inquiry Laboratory

Pembelajaran dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan inquiry laboratory selama empat pertemuan tatap muka di kelas. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran menggunakan model *inquiry laboratory* terlampir pada lampiran F.10. Pretest dan posttest dilaksanakan di luar waktu jam pelajaran reguler. Selama proses pembelajaran berlangsung, observer melakukan penilaian terhadap keterlaksanaan penerapan inquiry laboratory. Observasi ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana aktivitas guru dalam mengelola pembelajaran sesuai dengan tahapan yang telah dirancang dalam rencana pembelajaran. Hasil penilaian keterlaksanaan pada setiap tahap inquiry laboratory disajikan pada bagian berikut.



Gambar 4. 8 Keterlaksanaan *Inquiry Laboratory* per Tahapan Pembelajaran Berdasarkan Penilaian Observer

Berdasarkan grafik keterlaksanaan sintaks *inquiry*, untuk Pertemuan I dan III (praktikum respirasi), seluruh tahapan menunjukkan keterlaksanaan yang tinggi, dengan orientasi, investigasi, dan menyimpulkan mencapai nilai maksimal, sementara konseptualisasi dan komunikasi berada pada urutan terendah. Urutan dari yang tertinggi ke terendah adalah orientasi, investigasi, menyimpulkan, diskusi dan konseptualisasi. Pada Pertemuan II dan IV (praktikum fermentasi), seluruh tahapan juga menunjukkan keterlaksanaan yang sangat baik, dengan orientasi, konseptualisasi, dan investigasi berada pada posisi tertinggi, sedangkan konseptualisasi kembali menjadi tahap dengan nilai terendah. Jika dibandingkan antara kedua praktikum, praktikum respirasi menunjukkan keterlaksanaan sintaks *inquiry* yang lebih maksimal karena lebih banyak tahapan mencapai nilai penuh. Dari keseluruhan data, tahap yang paling maksimal keterlaksanaannya pada kedua praktikum adalah orientasi**,** sedangkan tahap yang paling rendah secara konsisten adalah konseptualisasi**.** Penilaian terhadap LKPD menggunakan rubrik penilaian yang telah ditetapkan. Hasil penilaian LKPD per kelompok disajikan pada tabel 4.30.

Tabel 4. 30 Penilaian Lembar Kerja Peserta Didik

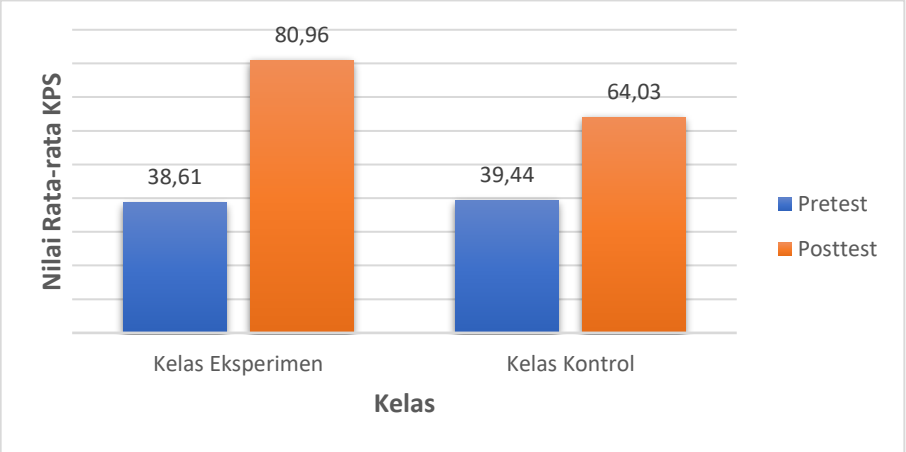
Kelas	Kelompok	Capaian Skor		Rata-rata
		Pertemuan I dan III	Pertemuan II dan IV	
XI. A	1	81,25	91,67	86,46
	2	79,17	85,14	82,15
	3	81.25	79,16	80,20
	4	89,58	89,58	89,58
	5	83,33	85,41	84,37
	6	85.41	91,67	88,54
XI.B	1	70,83	91.67	81,25
	2	89,58	93,75	91,67
	3	81,25	87,5	84,38
	4	93,75	93,75	93,75
	5	93,75	93,75	93,75
	6	64,58	85,42	75

Penerapan model *inquiry laboratory* dalam pembelajaran menunjukkan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan siswa, khususnya dalam literasi numerasi, penguasaan konsep, dan keterampilan proses sains. Secara umum, terdapat kecenderungan peningkatan capaian dari awal hingga akhir pembelajaran di hampir seluruh kelompok. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *inquiry* berhasil mendorong siswa untuk lebih aktif mengeksplorasi, menganalisis, dan menyimpulkan informasi secara mandiri maupun kolaboratif.

Setiap kelompok menunjukkan tingkat pencapaian yang bervariasi, namun sebagian besar mengalami perkembangan positif, yang menandakan bahwa model ini mampu mengakomodasi perbedaan kemampuan awal siswa. Perbedaan performa antar kelompok juga mencerminkan dinamika pembelajaran berbasis *inquiry* yang menekankan proses berpikir ilmiah dan refleksi. Kelompok-kelompok yang awalnya memperoleh hasil rendah menunjukkan peningkatan signifikan setelah beberapa pertemuan, yang mengindikasikan adanya proses adaptasi dan penguatan keterampilan melalui praktik langsung.

4.5. Efektivitas Perangkat Praktikum berbasis Inquiry Laboratory terhadap Keterampilan Proses Sains

4.5.1. Peningkatan Keterampilan Proses Sains



Gambar 4. 9 Grafik Peningkatan Keterampilan Proses Sains

Grafik yang menunjukkan peningkatan keterampilan proses sains (KPS) yang signifikan pada kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol**,** berdasarkan nilai pretest dan posttest. Selisih peningkatan skor KPS di kelas eksperimen (42,29) jauh lebih besar dibandingkan kelas kontrol (24,86). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan perangkat praktikum berbasis *inquriry lab* menekankan keterlibatan aktif siswa dalam seluruh tahapan proses ilmiah mampu mengembangkan kompetensi saintifik secara lebih optimal dibandingkan metode praktikum konvensional. Jika dibandingkan dengan kelas kontrol yang hanya mengikuti prosedur praktikum konvensional tanpa pendekatan *inquiry*, perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dalam membangun keterampilan saintifik yang esensial dalam pembelajaran biologi.

4.5.2. Hasil Uji Statistik Keterampilan Proses Sains

Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest peserta didik. Uji ini bertujuan untuk melihat adanya peningkatan hasil belajar yang ditunjukkan melalui perbedaan rerata skor sebelum dan sesudah pembelajaran. Pengolahan data dilakukan menggunakan uji statistic

yang sesuai dengan karakteristik data, sehingga diperoleh hasil yang valid dan reliabel. Berikut disajikan hasil analisis statistik terhadap data pretest dan posttest:

Tabel 4. 31 Rekapitulasi Nilai Pretest Keterampilan Proses Sains Peserta Didik

Komponen	Pretest	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Jumlah Peserta Didik	60	60
Rata-rata Skor	38.61	39.44
Standar Deviasi	10.17	12.64
Uji Normalitas	<0.001 (Tidak Normal)	0.000 (Tidak Normal)
Uji Homogenitas	0.144 (Homogen)	
Uji Hipotesiss	0.922 (Tidak berbeda signifikan)	

Hasil analisis data pretest keterampilan proses sains peserta didik menunjukkan bahwa distribusi data pada kedua kelompok tidak memenuhi asumsi normalitas, dan varians antar kelompok homogen. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan menggunakan uji nonparametrik Mann-Whitney. Berdasarkan hasil uji hipotesiss, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol pada tahap pretest. Hasil ini mengindikasikan bahwa kemampuan awal peserta didik pada kedua kelompok berada dalam kondisi yang relatif setara sebelum diberikan perlakuan pembelajaran.

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Nilai Posttest Keterampilan Proses Sains Peserta Didik

Komponen	*Posttest*	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Jumlah Peserta Didik	60	60
Rata-rata Skor	80.96	64.03
Standar Deviasi	9.01	11.01
Uji Normalitas	<0.001 (Tidak Normal)	<0.001 (Tidak Normal)
Uji Homogenitas	0.196 (Homogen)	
Uji Hipotesiss	<0.001 (Berbeda signifikan)	

Hasil analisis data posttest keterampilan proses sains pada tabel 25. menunjukkan bahwa data pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol tidak berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa varians kedua kelompok berada dalam kondisi yang homogen. Data yang tidak berdistribusi normal menjadi dasar pemilihan pendekatan nonparametrik untuk analisis selanjutnya meskipun varians antar kelompok homogen. Oleh karena itu, digunakan

uji Mann-Whitney U sebagai alternatif dari uji-t untuk membandingkan dua kelompok independen. Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol pada tahap posttest. Hasil ini mengindikasikan bahwa penerapan pernagkat praktikum berbasis inquiry laboratory yang diberikan kepada kelas eksperimen memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap peningkatan keterampilan proses sains peserta didik dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Tabel 4. 33 Nilai Pretest dan Posttest Tiap Aspek Keterampilan Proses Sains

Aspek Keterampilan Proses Sains	Eksperimen		Kontrol	
	Pretest	*Posttest*	*Pretest*	*Posttest*
Merumuskan Masalah	35.69	82.51	37.63	53,45
Membuat Hipotesiss	42.40	85.85	41.61	60.34
Merencanakan Penyelidikan	41.42	84.98	43.44	60.34
Interpretasi	38.65	74.11	36.38	75.86
Komunikasi	39.72	80.84	36.88	58.62
Menerapkan Konsep	37.30	74.97	34.18	62.07
Rata-Rata	39.19	80.54	38.35	61.78

Tabel 4.33 menunjukkan perbandingan nilai *pretest* dan *posttest* pada tiap aspek keterampilan proses sains antara kelas eksperimen dan kontrol. Pada kelas eksperimen, nilai pretest tertinggi terdapat pada aspek membuat hipotesiss sedangkan nilai terendah pada aspek merumuskan masalah. Setelah pembelajaran berbasis *inquiry laboratory* diterapkan, peningkatan signifikan terjadi pada semua aspek dengan nilai posttest tertinggi masih pada aspek membuat hipotesiss dan terendah pada aspel interpretasi. Sementara itu, dikelas kontrol, nilai pretest tertinggi ditemukan pada aspek merencanakan penyelidikan dan terendah pada aspek menerapkan konsep. Meskipun terjadi peningkatan pada seluruh aspek, peningkatan seluruh aspek, peningkatannya tidak sebesar kelas eksperimen. Nilai posttest tertinggi di kelas kontrol berasa pada aspek interpretasi, bahkan melampaui kelas eksperimen. Sedangkan nilai terendah tetap terdapat pada aspek merumuskan masalah. Data ini mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis *inquiry laboratory* lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa secara menyeluruh dibandingkan pembelajaran konvensional terutama dalam

mengembangkan kemampuan merumuskan masalah, membuat hipotesiss dan merencanakan penyelidikan ilmiah.

4.5.3. Hasil N gain Keterampilan Proses Sains

Tabel 4. 34 Nilai N Gain Keterampilan Proses Sains

Kategori	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Rendah	3,30 %	23,33%
Sedang	35%	76, 67 %
Tinggi	61,67%	0 %

Interpretasi nilai N-Gain menunjukkan adanya perbedaan yang mencolok antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dalam peningkatan keterampilan proses sains. Di kelas eksperimen, mayoritas siswa mencapai kategori tinggi, yang mencerminkan efektivitas pendekatan pembelajaran yang diterapkan dalam mendorong penguasaan keterampilan ilmiah secara mendalam. Sebaliknya, di kelas kontrol, tidak ada siswa yang mencapai kategori tinggi; sebagian besar justru berada pada kategori sedang, dengan proporsi yang cukup besar masih berada di kategori rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa kelas eksperimen mengalami peningkatan yang lebih optimal dibandingkan kelas kontrol, dengan penyebaran nilai N-Gain yang menunjukkan dominasi pada kategori tinggi dan jumlah siswa pada kategori rendah yang sangat sedikit. Sebaliknya, pada kelas kontrol, peningkatan cenderung terbatas, dan siswa yang menunjukkan peningkatan minimal masih mendominasi. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *inquiry laboratory* lebih efektif dalam mengembangkan keterampilan proses sains dibandingkan pembelajaran konvensional yang kurang melibatkan siswa dalam aktivitas ilmiah yang menuntut pengamatan, penalaran, dan eksplorasi secara langsung.

Tabel 4. 35 Nilai N Gain Tiap Indikator Keterampilan Proses Sains

Kelas	Kriteria	Keterampilan Proses Sains					
		I (%)	II (%)	III (%)	IV(%)	V (%)	VI (%)
Eksperimen	Rendah	19,29	16,32	22	21,05	32,76	32,14
	Sedang	15,8	14,29	14	15,79	8,93	8,93
	Tinggi	64,91	63,69	64	56,14	58,93	58,62
Kontrol	Rendah	62	66,07	50,98	33,33	51,66	40,74
	Sedang	24	12,05	19,61	15	16,67	25,93
	Tinggi	14	21,8	29,41	51,76	31,67	33,33

Keterangan:
I: Persentase kemampuan merumuskan masalah
II: persentase kemampuan membuat hipotesiss
III: Persentase kemapuan merencankan penyelidikan
IV: Persentase kemampuan interpretasi
V: Persentase kemampuan Berkomunikasi
VI: Persentase kemampuan menerapkann konsep

Interpretasi nilai N-Gain per indikator keterampilan proses sains menunjukkan bahwa pada kelas eksperimen, peningkatan terbesar tercapai pada indikator merumuskan masalah, diikuti oleh kemampuan membuat hipotesiss dan merencanakan penyelidikan, yang semuanya didominasi oleh kategori tinggi. Sementara itu, indikator dengan peningkatan terendah dalam kategori tinggi adalah kemampuan berkomunikasi dan menerapkan konsep, meskipun keduanya tetap menunjukkan proporsi siswa yang cukup besar pada kategori tinggi dibandingkan kategori lainnya. Sebaliknya, kelas kontrol menunjukkan peningkatan yang tidak merata, dengan indikator interpretasi sebagai satu-satunya yang memiliki capaian tertinggi yang cukup signifikan. Indikator lainnya, terutama membuat hipotesiss dan menerapkan konsep, justru menunjukkan peningkatan yang sangat terbatas dengan sebagian besar siswa bertahan pada kategori rendah hingga sedang. Hal ini mencerminkan bahwa peningkatan keterampilan proses sains di kelas eksperimen lebih merata dan konsisten pada kategori tinggi di seluruh indikator, sementara kelas kontrol menunjukkan ketimpangan dengan dominasi capaian yang rendah.

4.5.4. Hasil Uji Effect Keterampilan Proses Sains

Tabel 4. 36 Rata-Rata dan Standar Deviasi Keterampilan Proses Sains

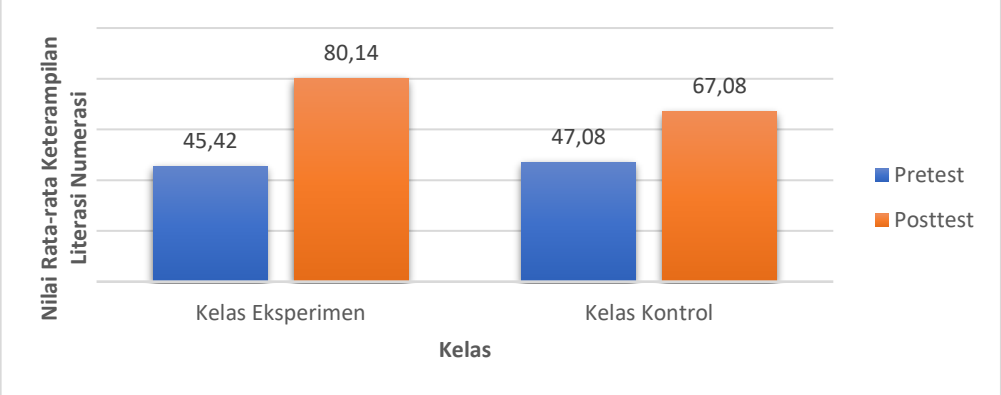
Kelas	Mean	Standar Deviasi
Eksperimen	80.96	9.01
Kontrol	64.03	11.01

Hasil analisis efektivitas menunjukkan bahwa penggunaan perangkat praktikum berbasis inquiry laboratory memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap peningkatan keterampilan proses sains peserta didik. Nilai *posttest* rata-rata kelas eksperimen sebesar 80,96 jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang hanya mencapai 64,03. Perhitungan effect size menggunakan Cohen's d menghasilkan nilai 1,68, yang tergolong sangat besar dan mengindikasikan bahwa

metode pembelajaran berbasis inquiry ini secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains dibandingkan metode konvensional.

4.6. Efektifitas Perangkat Praktikum Berbasis Inquiry Laboratory terhadap Keterampilan Literasi Numerasi

4.6.1. Peningkatan Keterampilan Literasi Numerasi



Gambar 4. 10 Grafik Peningkatan Keterampilan Literasi Numerasi

Grafik menunjukkan adanya perbedaan peningkatan keterampilan literasi numerasi antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selisih peningkatan skor KPS di kelas eksperimen (34,72) jauh lebih besar dibandingkan kelas kontrol (20). Kelas eksperimen mengalami kenaikan skor yang jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, yang mencerminkan adanya perbedaan capaian pembelajaran numerasi antara kedua kelompok. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa selama proses pembelajaran, siswa pada masing-masing kelas memperoleh perkembangan keterampilan numerasi yang tidak setara, yang tercermin dari selisih skor pretest dan posttest yang berbeda secara mencolok. Secara khusus, peningkatan keterampilan numerasi lebih tinggi terjadi pada kelas yang menggunakan perangkat praktikum berbasis inquiry dibandingkan dengan kelas yang menggunakan metode praktikum biasa.

4.6.2. Hasil Uji Statistik Keterampilan Literasi Numerasi

Analisis nilai pretest keterampilan literasi numerasi dilakukan guna mengetahui perbedaan kemampuan awal antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Rekapitulasi hasil pretest dan posttest disajikan pada Tabel 4.29 dan Tabel 4.30

Tabel 4. 37 Rekapitulasi Nilai Pretest Keterampilan Literasi Numerasi Peserta Didik

Komponen	Pretest	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Jumlah Peserta Didik	60	60
Rata-rata Skor	45.42	47.08
Standar Deviasi	12.96	13.02
Uji Normalitas	< 0.001 (Tidak normal)	0.003 (Tidak Normal)
Uji Homogenitas	0.624 (Homogen)	
Uji Hipotesiss	0.520 (Tidak berbeda signifikan)	

Hasil analisis data pretest menunjukkan bahwa keterampilan literasi numerasi awal peserta didik di kelas eksperimen dan kelas kontrol berada dalam kondisi yang relatif setara. Meskipun uji normalitas menunjukkan bahwa distribusi data pada kedua kelompok tidak normal, uji homogenitas mengindikasikan bahwa varians antar kelompok bersifat seragam. Oleh karena itu, uji non-parametrik Mann-Whitney digunakan untuk menguji perbedaan antara kedua kelompok. Nilai signifikansi yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara keduanya. Temuan ini memberikan dasar yang kuat bahwa kondisi awal kedua kelas setara, sehingga memungkinkan evaluasi perlakuan pembelajaran dilakukan secara lebih objektif tanpa adanya bias dari perbedaan kemampuan awal peserta didik.

Tabel 4. 38 Rekapitulasi Nilai Posttest Keterampilan Literasi Numerasi Peserta Didik

Komponen	*Posttest*	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Jumlah Peserta Didik	60	60
Rata-rata Skor	80.14	67.08
Standar Deviasi	8.27	10.78
Uji Normalitas	<0.001 (Tidak Normal)	<0.001 (Tidak Normal)
Uji Homogenitas	0.161 (Homogen)	
Uji Hipotesiss	< 0.001 (Berbeda Signifikan)	

Hasil analisis posttest keterampilan literasi numerasi menunjukkan bahwa rata-rata skor kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Berdasarkan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov, data dari kedua kelompok tidak berdistribusi normal. Meskipun uji homogenitas menunjukkan varians antar

kelompok homogen, karena asumsi normalitas tidak terpenuhi, maka uji non-parametrik Mann-Whitney digunakan untuk menguji perbedaan skor antara kedua kelompok. Hasil uji Mann-Whitney memperlihatkan perbedaan yang signifikan secara statistik, yang mengindikasikan bahwa perlakuan pada kelas eksperimen memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan literasi numerasi peserta didik dibandingkan kelas kontrol.

Tabel 4. 39 Nilai Pretest dan Posttest Tiap Aspek Keterampilan Literasi Numerasi

Aspek Keterampilan Literasi Numerasi	Eksperimen		Kontrol	
	Pretest	*Posttest*	*Pretest*	*Posttest*
Menghitung	49,25	84,92	54,78	75,78
Mengambil/memperoleh	39,02	83,37	35,90	65,77
Menyatakan dan membuat model	53,17	76,64	50,86	64,09
Menafsirkan	39,88	73,25	27,45	66,69
Menyimpulkan	63,35	82,51	53,17	63,12
Membuat Justifikasi	38,37	80,03	38,90	60,59
Rata-Rata	47,17	80,12	43,51	66,01

Tabel 4.39 hasil analisis *pretest* dan *posttest* keterampilan literasi numerasi menunjukkan bahwa peserta didik kelas eksperimen mengalami peningkatan capaian lebih menyeluruh dan signifikan dibandingkan dengan peserta didik kelas kontrol. Pada kelas eksperimen, capaian awal terendah tercatat pada indikator memperoleh informasi, sementara capaian awal tertinggi berada pada indikator memperoleh informasi. Capaian awal tertinggi berada pada indikator menyimpulkan. Setelah pembelajaran, capaian tetinggi tetap berada pada indikator menafsirkan menjadi capaian terendah meskipun mengalami peningkatan. Di sisi lain, kelas kontrol, indikator menafsirkan menjadi capaian awal terendah dan menghitung merupakan yang tertinggi. Setelah pembelajaran, capaian tertinggi berada pada indikator menghitung namun indikator menyimpulkan menjadi yang terendah. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan perangkat pembelajaran berbasis *inquiry laboratory* mampu memfasilitasi penguatan keterampilan literasi numerasi lebih optimal terutama dalam aspek pengambilan data, penyusunan model dan argumen serta penarikan kesimpulan..

4.6.3. Hasil N gain Literasi Numerasi

Tabel 4. 40 Nilai N Gain Keterampilan Literasi Numerasi

Kategori	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Rendah	1,67 %	26,67 %
Sedang	40 %	73,33 %
Tinggi	58,33 %	0 %

Interpretasi nilai N-Gain keterampilan literasi numerasi menunjukkan bahwa mayoritas siswa di kelas eksperimen mencapai kategori tinggi, sedangkan jumlah siswa pada kategori rendah sangat sedikit. Hal ini mencerminkan pola peningkatan yang optimal dan merata di kelas eksperimen. Sebaliknya, pada kelas kontrol, sebagian besar siswa berada pada kategori sedang, dengan tidak ada siswa yang mencapai kategori tinggi, dan proporsi siswa dalam kategori rendah masih cukup besar. Kelas eksperimen menunjukkan distribusi peningkatan yang lebih baik, ditandai oleh dominasi pada kategori tinggi dan minimnya siswa yang tertinggal di kategori rendah, sedangkan kelas kontrol mengalami peningkatan yang cenderung terbatas pada kategori sedang, dengan capaian kategori tinggi yang belum tercapai.

Tabel 4. 41 Nilai N Gain Tiap Aspek Keterampilan Literasi Numerasi

Kelas	Kriteria	Keterampilan Literasi Numerasi					
		I (%)	II (%)	III (%)	IV(%)	V (%)	VI (%)
Eksperimen	Rendah	17,39	20,36	29,55	27,45	28,95	31,58
	Sedang	6,52	12,37	11,36	13,76	5,26	10,53
	Tinggi	73,91	67,27	59,09	58,82	65,79	63,16
Kontrol	Rendah	41,46	38,89	46,51	37,5	55,66	50
	Sedang	9,75	25,93	13,95	16,07	4,44	22
	Tinggi	49,78	35,18	39,9	46,43	40	28

Keterangan:
I : Indikator Menghitung
II: Indikator Mengambil/memperoleh
III: Indikator Menyatakan/membuat model
IV: Indikator menafsirkan
V: Indikator menyimpulkan
VI: Indikator membuat justifikasi

Interpretasi nilai N-Gain per aspek keterampilan literasi numerasi menunjukkan bahwa pada kelas eksperimen. Capaian tertinggi dalam kategori tinggi terjadi pada indikator menghitung, disusul oleh menyimpulkan dan membuat justifikasi, dengan semua indikator didominasi oleh kategori tinggi dan hanya sedikit siswa yang berada pada kategori rendah. Sebaliknya, pada kelas kontrol, capaian kategori tinggi lebih terbatas dan tidak merata, dengan indikator menghitung dan menafsirkan sebagai dua aspek dengan capaian tertinggi, sementara indikator membuat justifikasi, memperoleh data, dan menyimpulkan menjadi aspek dengan capaian kategori tinggi paling rendah dan didominasi oleh kategori rendah. Perbandingan ini memperlihatkan bahwa kelas eksperimen mengalami peningkatan yang lebih merata dan kuat di seluruh aspek literasi numerasi, sedangkan kelas kontrol menunjukkan distribusi peningkatan yang lebih lemah dan tidak konsisten antar indikator.

4.6.4. Hasil Uji Effect Literasi Numerasi

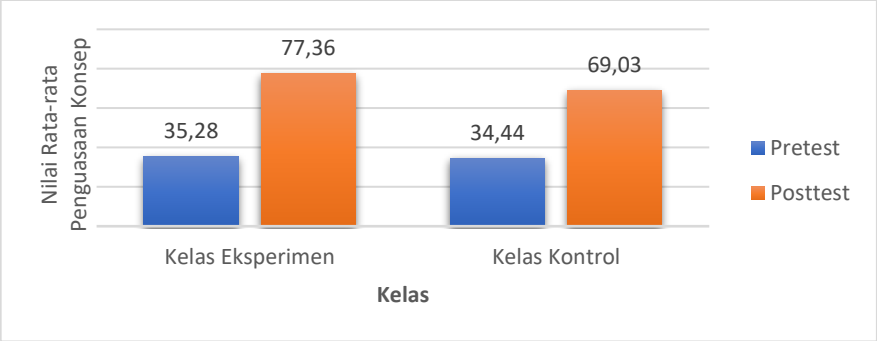
Tabel 4. 42 Rata-Rata dan Standar Deviasi *Posttest* Literasi Numerasi

Kelas	Kelas Eksperimen	
	Mean	Standar Deviasi
Eksperimen	80,14	8,27
Kontrol	67,08	10

Nilai effect size sebesar lebih dari satu menunjukkan perbedaan yang sangat besar antara hasil keterampilan literasi numerasi peserta didik di kelas eksperimen dan kelas kontrol. Efek ini tergolong dalam kategori tinggi, yang berarti bahwa rerata skor kelas eksperimen secara substansial lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Besarnya nilai ini mencerminkan jarak yang cukup lebar antara kedua kelompok dalam capaian akhir keterampilan literasi numerasi, sehingga secara statistik dapat disimpulkan bahwa perbedaan yang terjadi bukan sekadar kebetulan, melainkan memiliki kekuatan efek yang kuat dalam konteks perbandingan dua kelompok.

4.7. Efektifitas Perangkat Praktikum Berbasis Inquiry Laboratory untuk meningkatkan Penguasaan Konsep

4.7.1. Peningkatan Penguasaan Konsep



Gambar 4. 11 Grafik Peningkatan Penguasaan Konsep Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Grafik peningkatan penguasan konsep yang ditunjukkan oleh kedua kelas mengindikasikan bahwa pembelajaran praktikum memberikan dampak positif terhadap penguasaan konsep peserta didik, namun kelas eksperimen yang menggunakan perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Fakta ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan *inquiry* dalam kegiatan praktikum tidak hanya mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran, tetapi juga memperkuat pemahaman konseptual melalui eksplorasi, pengamatan, dan penarikan kesimpulan secara mandiri. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perangkat praktikum berbasis *inquiry laboratory* memiliki efektivitas yang lebih besar dalam meningkatkan penguasaan konsep peserta didik pada materi respirasi sel dibandingkan dengan metode praktikum konvensional.

4.7.2. Hasil Uji Statistik Penguasaan Konsep

Tabel 4. 43 Rekapitulasi Nilai Pretest Penguasaan Konsep Peserta Didik

Komponen	Pretest	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Jumlah Peserta Didik	60	60
Rata-rata Skor	35,28	34,44
Standar Deviasi	14,66	15,53
Uji Normalitas	0,035 (Tidak normal)	0,014 (Tidak normal)
Uji Homogenitas	0,761 (Homogen)	
Uji Hipotesiss	0,819 (Tidak berbeda signifikan)	

Hasil analisis data pretest menunjukkan bahwa distribusi skor pada kedua kelompok tidak memenuhi asumsi normalitas, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai signifikansi kurang dari 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa sebaran data tidak normal, baik pada kelas eksperimen maupun kontrol. Namun, uji homogenitas varians memperlihatkan bahwa kedua kelompok memiliki varians yang setara ($p > 0,05$), yang mendukung kesamaan karakteristik kelompok dari segi sebaran data, Karena asumsi normalitas tidak terpenuhi, pengujian hipotesiss dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik Mann–Whitney. Hasil uji menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,819 ($p > 0,05$), yang mengindikasikan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan awal peserta didik pada kedua kelompok, Hal ini menunjukkan sebelum perlakuan diberikan, peserta didik di kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki tingkat penguasaan konsep yang relatif setara pada materi respirasi sel. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelompok berada dalam kondisi awal yang sebanding dan layak untuk dijadikan dasar pembandingan dalam penelitian ini.

Tabel 4. 44 Rekapitulasi Nilai Posttest Penguasaan Konsep Peserta Didik

Komponen	*Posttest*	
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Jumlah Peserta Didik	60	60
Rata-rata Skor	77,36	69,03
Standar Deviasi	10,18	11,59
Uji Normalitas	< 0,001 (Tidak Normal)	< 0,001 (Tidak Normal)
Uji Homogenitas	0,279 (Homogen)	
Uji Hipotesiss	< 0,001 (Berbeda Signifikan)	

Hasil analisis data posttest menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara penguasaan konsep peserta didik di kelas eksperimen dan kelas kontrol, Pembelajaran yang diterapkan di kelas eksperimen menghasilkan capaian yang lebih tinggi dan merata dibandingkan dengan kelas kontrol. Uji normalitas dengan Kolmogorov-Smirnov menunjukkan bahwa data dari kedua kelompok tidak berdistribusi normal, sehingga analisis dilanjutkan menggunakan uji nonparametrik, Meskipun demikian, uji homogenitas menunjukkan bahwa variansi kedua kelompok homogen, sehingga syarat untuk uji nonparametrik terpenuhi. Uji hipotesiss menggunakan Mann-Whitney U menunjukkan nilai signifikansi yang

lebih kecil dari 0,05 yang menandakan bahwa perbedaan antara kedua kelompok secara statistik signifikan. Perlakuan yang diberikan di kelas eksperimen berpengaruh secara nyata terhadap peningkatan penguasaan konsep peserta didik dibandingkan dengan pembelajaran yang diterapkan di kelas kontrol,

Tabel 4. 45 Nilai Pretest dan Posttest Tiap Aspek Penguasaan Konsep

Aspek Penguasaan Konsep	Eksperimen		Kotrol	
	Pretest	*Posttest*	*Pretest*	*Posttest*
Komponen yang dibutuhkan dalam respirasi	42,63	84,98	41,66	78,95
Organisme yang dapat berespirasi	38,32	82,45	30,84	70,49
Menganalisis hasil respirasi	36,65	83,26	34,24	74,86
Menganalisis proses respirasi	35,04	69,76	30,73	62,54
Identifikasi faktor yang memengaruhi laju respirasi	32,40	80,78	35,96	61,40
Menerapkan Konsep respirasi	29,92	71,64	29,92	64,74
Rata-Rata	35,83	77,31	33,89	68,83

Tabel 4.45. menunjukkan nilai *pretest* dan *posttest* penguasaan konsep. Pada kelas eksperimen. Capaian pretest tertinggi diperoleh pada indikator komponen respirasi, sedangkan capaian tertinggi tetap konsisten pada komponen yang digunakan dalam respirasi, sementara capaian terendah berada pada indikator analisis proses respirasi. Pada kelompok kontrol, capaian *pretest* tertinggi ditunjuk oleh indikator identifikasi fakto yang memengaruhi laju respirasi dan capaian terendah terdapat pada indikator penerapan konsep respirasi. Adapun pada *posttest*, indikator dengan capaian tertinggi adalah komponen yang dibutuhkan dalam respirasi, sedangkan capaian terendah diperoleh pada indikator analisis prose respirasi. Hasil pretest dan posttest pada aspek penguasaan konsep menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada kedua kelas, baik eksperimen maupun kontrol. Namun, peningkatan yang lebih tinggi secara konsisten terjadi pada kelas eksperimen.

4.7.3. Hasil N gain Penguasaan Konsep

Tabel 4. 46 Nilai N Gain Penguasaan Konsep

Kategori	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Rendah	0 %	8,03 %
Sedang	26,67 %	68,33 %
Tinggi	73,33 %	23,33%

Nilai N-Gain penguasaan konsep menunjukkan bahwa mayoritas siswa di kelas eksperimen mencapai kategori tinggi, dengan tidak ada siswa yang berada pada kategori rendah, menandakan peningkatan yang optimal dan merata. Sebaliknya, pada kelas kontrol, sebagian besar siswa hanya mencapai kategori sedang, dengan proporsi kategori tinggi yang jauh lebih kecil dan masih terdapat siswa yang berada pada kategori rendah. Pola ini menunjukkan bahwa kelas eksperimen mengalami peningkatan penguasaan konsep yang jauh lebih baik dibandingkan kelas kontrol, baik dari segi sebaran maupun proporsi capaian kategori tinggi.

Tabel 4. 47 Nilai N Gain Tiap Indikator Penguasaan Konsep

Kelas	Kriteria	Indikator Penguasaan Konsep					
		I (%)	II (%)	III (%)	IV(%)	V(%)	VI(%)
Eksperimen	Rendah	20,83	13,21	8	38,89	20,37	26,79
	Sedang	10,42	18,87	24	27,78	18,52	19,64
	Tinggi	69,75	67,92	68	33,33	61,11	53,57
Kontrol	Rendah	27,45	26	26,42	38,18	45,46	30,9
	Sedang	11,76	24	22,64	21,82	18,18	29,1
	Tinggi	60,78	50	50,94	40	36,36	40

Keterangan:
I: Persentase Kemampuan Identifikasi komponen respirasi
II: Persentase Kemampuan Identifikasi organisme yang berespirasi secara aerob atau anaerob
III: Persentase kemampuan analisis hasil respirasi
IV: Persentase kemampuan analisis proses respirasi
V: Persentase kemampuan identifikasi faktor yang memengaruhi respirasi
VI: Persentase kemampuan menerapkan konsep dalam kehidupan sehari-hari

Interpretasi nilai N-Gain tiap indikator penguasaan konsep menunjukkan bahwa pada kelas eksperimen,.capaian tertinggi dalam kategori tinggi terdapat pada indikator analisis hasil respirasi, identifikasi organisme, dan identifikasi komponen respirasi, dengan proporsi siswa yang mencapai kategori rendah pada ketiga indikator tersebut sangat kecil. Indikator dengan capaian kategori tinggi paling rendah di kelas eksperimen adalah analisis proses respirasi, meskipun tetap menunjukkan peningkatan dibanding kondisi awal. Sementara itu, pada kelas kontrol, capaian kategori tinggi tersebar lebih rendah dan tidak merata, dengan proporsi siswa yang cukup besar masih berada pada kategori rendah, khususnya

pada indikator identifikasi faktor yang memengaruhi respirasi dan kemampuan menerapkan konsep. Capaian kategori tinggi di kelas kontrol paling menonjol pada indikator identifikasi komponen respirasi, namun masih lebih rendah dibandingkan kelas eksperimen. Secara keseluruhan, kelas eksperimen menunjukkan peningkatan penguasaan konsep yang lebih konsisten dan dominan pada kategori tinggi di sebagian besar indikator, sedangkan kelas kontrol masih menunjukkan distribusi peningkatan yang lemah dengan dominasi pada kategori rendah hingga sedang,

4.7.4. Hasil Uji Effect Penguasaan Konsep

Tabel 4. 48 Rata-rata Standar Deviasi Penguasaan Konsep

Kelas	Kelas Eksperimen	
	Mean	Standar Deviasi
Eksperimen	0,68	0,10
Kontrol	0,56	0,16

Analisis data pada Tabel 4.48 menunjukkan bahwa penggunaan perangkat praktikum berbasis inquiry laboratory berdampak positif terhadap peningkatan penguasaan konsep peserta didik. Rata-rata nilai N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,68 lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang mencapai 0,56, dengan standar deviasi yang lebih kecil (0,10), menandakan bahwa peningkatan penguasaan konsep pada kelas eksperimen tidak hanya lebih tinggi tetapi juga lebih merata. Selain itu, nilai efek Cohen's d sebesar 0,90 termasuk dalam kategori besar, yang menunjukkan bahwa perbedaan antara kedua kelas memiliki makna praktis yang kuat. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis inquiry lebih efektif dalam membantu peserta didik membangun pemahaman konsep secara mendalam dan konsisten dibandingkan metode konvensional,

Setelah dilakukan uji coba skala besar pada tahap implementasi, selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap perangkat praktikum berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan oleh siswa serta hasil validasi dari para validator ahli, Evaluasi pada tahap implementasi ini meliputi beberapa aspek penting yang disajikan pada Tabel 4.49.

Tabel 4. 49 Hasil Evaluasi Tahap Implementasi

Komponen	Hasil Evaluasi	Rekomendasi
Kesulitan teknis menggunakan respirometer respirasi	Proses pengisian cairan membutuhkan waktu ±30 menit sehingga siswa kehilangan foku	Perlu revisi desain agar lebih efisien dan dilakukan demonstrasi awal sebelum praktik
Penggunaan kecambah pada praktikum respirasi	Kecambah sulit ditumbuhkan dalam jeda antarpertemuan; pertumbuhan tidak seragam	Disediakan kecambah siap pakai atau bahan alternatif agar hasil lebih konsisten
Respirometer Respirasi – Perlakuan suhu	Beberapa siswa tidak mengikuti prosedur suhu dengan benar, hasil eksperimen kurang akurat	Penekanan pada prosedur dan latihan awal tentang variasi suhu sebelum praktik
Respirometer Respirasi – Keterampilan dasar siswa	Sebagian siswa belum mampu membaca termometer dan mengikuti langkah eksperimen	Perlu pelatihan keterampilan dasar penggunaan alat ukur sebelum praktikum
Respirometer Respirasi – Kelengkapan data	Data eksperimen tidak lengkap karena kendala teknis dan waktu terbatas	Pendampingan guru lebih intensif serta alokasi waktu praktikum lebih efisien
Respirometer Fermentasi – Prosedur praktikum	Siswa bingung mengikuti prosedur karena LKPD kurang sistematis dan minim visualisasi	LKPD direvisi agar lebih jelas dan ringkas; perlu demonstrasi singkat sebelum praktik

Tabel 4.49. Hasil evaluasi tahap implementasi menunjukkan temuan penggunaan respirometer untuk praktikum respirasi dan fermentasi berdasarkan uji coba skala besar oleh siswa dan masukan dari validator. Dari evaluasi tersebut, terdapat enam aspek yang memerlukan revisi, yaitu terkait kesulitan teknis penggunaan alat, penggunaan kecambah, perlakuan suhu, keterampilan dasar siswa, kelengkapan data, dan prosedur fermentasi.