

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengembangan Model

Penelitian dan pengembangan instrumen tes literasi mikrobiologi untuk murid SMA ini dilakukan dengan beberapa tahapan sesuai dengan penelitian dan pengembangan model ADDIE yang mengacu pada Branch (2010). Proses pengembangan ini bersifat iteratif dan reflektif, sehingga setiap tahap memberikan umpan balik untuk penyempurnaan tahap berikutnya. Gambaran lokasi penelitian mencakup dua sekolah, yaitu SMAN 16 Jakarta sebagai lokasi uji praktikalitas dan uji empiris, serta SMAN 78 Jakarta sebagai lokasi implementasi dengan responden 108 murid kelas X. Karakteristik responden bervariasi berdasarkan gender, usia, dan suku.

1. Hasil Analisis Kebutuhan

Tahap *analyze* dengan mengkaji literatur pada jurnal mengenai literasi mikrobiologi, ruang lingkup materi mikrobiologi di SMA, serta instrumen tes mikrobiologi yang telah dikembangkan pada jenjang pendidikan lain, didapati temuan berupa kesenjangan dalam pengukuran literasi mikrobiologi pada murid SMA karena penelitian dan instrumen yang tersedia belum komprehensif serta belum sesuai dengan konteks kurikulum Indonesia. Hasil analisis kajian literatur dapat dilihat pada Tabel 11 (Lampiran 1).

Tabel 11. Hasil Analisis Kajian Literatur mengenai Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi

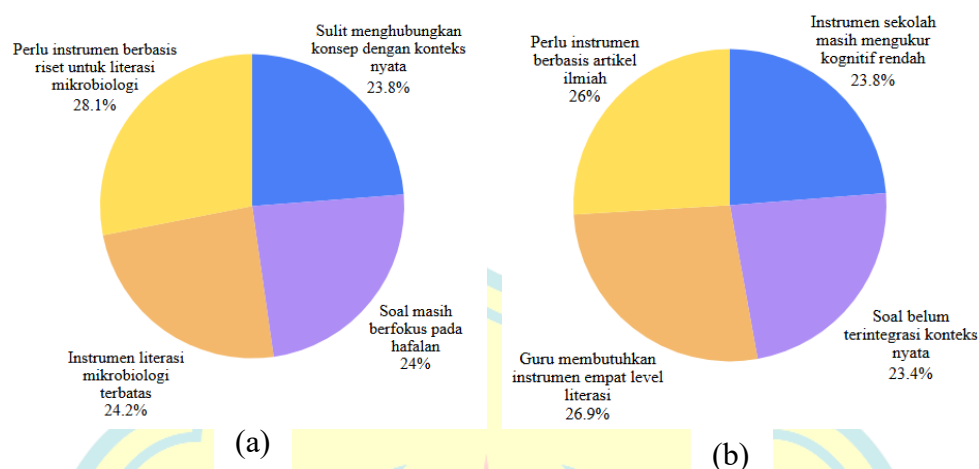
No	Hasil Analisis
1	Adanya Keterbatasan Penelitian Sebagian besar penelitian yang ada berfokus pada pengembangan instrumen untuk mahasiswa perguruan tinggi. Studi yang mengukur literasi mikrobiologi secara langsung pada murid SMA masih sangat terbatas, dan penelitian yang ada umumnya hanya mencakup satu topik sempit seperti virus atau bakteri saja, belum mencerminkan literasi mikrobiologi secara komprehensif (Mustofa et al., 2025; Suhadi et al., 2023; Zulfia et al., 2019).
2	Kurangnya Instrumen Spesifik Belum ditemukan instrumen tes yang dirancang khusus untuk mengukur kemampuan literasi mikrobiologi murid SMA secara komprehensif. Instrumen yang ada seperti MCI, MHSCI, dan MBCA dikembangkan berdasarkan standar ASM untuk mahasiswa di Amerika Serikat dan tidak relevan secara kurikulum bagi murid SMA Indonesia. Instrumen yang tersedia cenderung mengukur miskonsepsi atau literasi biologi secara umum, bukan literasi mikrobiologi secara spesifik (Briggs et al., 2017; Couch et al., 2015; Paustian et al., 2017; Rennpferd et al., 2023; Seitz et al., 2017).

No	Hasil Analisis
3	Pentingnya Literasi Mikrobiologi Literasi mikrobiologi merupakan kompetensi yang sangat relevan dengan kehidupan sehari-hari, terutama dalam pengambilan keputusan terkait kesehatan, lingkungan, dan isu global seperti pandemi dan resistensi antibiotik. Kemampuan ini memungkinkan murid untuk memahami peran mikroorganisme dalam ekosistem dan kehidupan manusia. Namun gap antara urgensi literasi mikrobiologi dengan ketersediaan instrumen pengukurannya masih sangat besar, khususnya di jenjang SMA (Amorim et al., 2025; Schweitzer et al., 2025; Timmis, 2023; Timmis et al., 2019).

Observasi kebutuhan instrumen tes literasi mikrobiologi terhadap murid dengan 81 responden menunjukkan sebagian besar murid mengalami kesulitan dalam memahami istilah dan konsep teknis pada materi mikrobiologi. Murid juga berkendala dalam menghubungkan konsep mikrobiologi dengan data lingkungan dan permasalahan kontekstual kehidupan nyata. Murid menyatakan bahwa soal-soal yang selama ini mereka kerjakan masih didominasi tipe hafalan dan belum berbasis artikel ilmiah, sehingga kurang melatih kemampuan berpikir kritis. Sebagian besar murid menyatakan belum pernah mengerjakan instrumen tes yang secara khusus dirancang untuk mengukur literasi mikrobiologi. Temuan tersebut mengungkapkan murid membutuhkan instrumen tes berbasis riset yang mampu melatih kemampuan berpikir kritis dan pemahaman mikrobiologi secara multidimensional. Hasil observasi murid yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3a (Lampiran 2).

Observasi kebutuhan instrumen tes literasi mikrobiologi terhadap guru dengan 11 responden menunjukkan bahwa Guru menilai murid umumnya mengalami kesulitan memahami konsep mikrobiologi secara komprehensif, terutama dalam menganalisis permasalahan yang memerlukan keterkaitan antar konsep. Guru juga menilai bahwa instrumen tes yang tersedia di sekolah masih didominasi pengukuran kognitif tingkat rendah dan belum terstruktur untuk memetakan kemampuan literasi secara berjenjang. Konteks lingkungan nyata dan data kehidupan sehari-hari belum terintegrasi secara bermakna kedalam soal-soal yang ada. Guru menyatakan kebutuhan terhadap instrumen tes yang mencakup tingkatan literasi dari nominal, fungsional, struktural, hingga multidimensional. Guru menilai pengembangan instrumen berbasis artikel ilmiah sebagai hal yang mendesak untuk meningkatkan kualitas evaluasi pembelajaran biologi, khususnya

pada materi mikrobiologi. Hasil observasi guru yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3b (Lampiran 3).



Gambar 3. Hasil Observasi Kebutuhan Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi, (a) Murid, (b) Guru

2. Model Draft 1

Tahap *design*, menghasilkan penyusunan indikator literasi mikrobiologi, pemilihan media, dan rancangan awal pengembangan.

a) Penyusunan instrumen Tes Literasi Mikrobiologi

Indikator yang dihasilkan mengadaptasi dimensi literasi biologi milik Uno & Bybee (1994). Draft 1 rancangan indikator Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Draft 1 Rancangan Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi

Materi Pokok	Indikator yang Diukur	Dimensi Literasi	Bentuk Soal	Nomor Soal
Virus	Mengidentifikasi istilah atau konsep dasar terkait virus	Nominal	PG sederhana	1
Virus	Menafsirkan informasi dalam bentuk tabel atau data sederhana tentang virus	Fungsional	PG kompleks	2
Virus	Menarik kesimpulan berdasarkan informasi ilmiah tentang virus	Struktural	PG sederhana	3
Virus	Menilai upaya pencegahan atau penanggulangan penyakit akibat virus	Multidimensional	PG kompleks	4
Virus	Menentukan rancangan atau langkah penelitian sederhana terkait virus	Multidimensional	PG sederhana	5
Bakteri	Mengidentifikasi fungsi alat, bahan, atau media dalam penelitian bakteri	Struktural	PG sederhana	6
Bakteri	Mengurutkan langkah kerja pada percobaan bakteri	Fungsional	PG sederhana	7
Bakteri	Mengambil keputusan ilmiah terkait pemanfaatan bakteri	Struktural	Jawaban terbuka	8

Materi Pokok	Indikator yang Diukur	Dimensi Literasi	Bentuk Soal	Nomor Soal
Jamur (Fungi)	Mengidentifikasi jenis dan dampak infeksi jamur pada manusia	Fungsional	PG kompleks	9
Jamur (Fungi)	Menjelaskan perbedaan tingkat risiko infeksi jamur	Struktural	PG sederhana	10
Jamur (Fungi)	Menjelaskan pengaruh faktor lingkungan terhadap pertumbuhan jamur	Fungsional	PG sederhana	11
Virus	Menjelaskan sifat virus yang berkaitan dengan cara berkembang biak	Fungsional	PG sederhana	12
Bakteri	Mengidentifikasi dampak aktivitas manusia terhadap bakteri	Struktural	PG kompleks	13
Bakteri	Mengidentifikasi perbedaan struktur dasar bakteri	Nominal	PG kompleks	14
Bakteri	Menafsirkan hasil percobaan sederhana terkait pertumbuhan bakteri	Nominal	PG sederhana	15
Virus	Mengidentifikasi tahapan umum replikasi virus	Nominal	PG kompleks	16
Jamur (Fungi)	Menentukan upaya pencegahan infeksi jamur dalam kehidupan sehari-hari	Multidimensional	Jawaban terbuka	17
Jamur (Fungi)	Mengidentifikasi struktur dasar jamur	Nominal	PG sederhana	18
Bakteri	Menyebutkan bagian sel bakteri dan fungsinya	Nominal	Jawaban terbuka	19
Virus	Menjelaskan fungsi bagian utama virus	Nominal	Jawaban terbuka	20
Jamur (Fungi)	Menafsirkan makna informasi ilmiah tentang penyakit akibat jamur	Multidimensional	PG sederhana	21
Jamur (Fungi)	Mengaitkan informasi ilmiah dengan perilaku hidup sehat	Multidimensional	PG kompleks	22
Jamur (Fungi)	Mengidentifikasi struktur dan fungsi dinding sel jamur	Struktural	PG kompleks	23
Jamur (Fungi)	Menjelaskan hubungan antara struktur dan fungsi sel jamur	Struktural	Jawaban terbuka	24
Jamur (Fungi)	Menjelaskan susunan dan fungsi bagian tubuh jamur	Fungsional	Jawaban terbuka	25
Jamur (Fungi)	Mengidentifikasi peran zat atau unsur dalam metabolisme jamur	Nominal	PG kompleks	26
Jamur (Fungi)	Menyebutkan fungsi metabolik mikroorganisme	Nominal	Jawaban terbuka	27
Bakteri	Menentukan sikap yang tepat dalam pemanfaatan bakteri	Multidimensional	PG sederhana	28
Bakteri	Mengambil keputusan berdasarkan informasi ilmiah tentang bakteri	Multidimensional	PG kompleks	29
Bakteri	Menjelaskan alasan penggunaan bakteri secara bijak	Multidimensional	Jawaban terbuka	30
Bakteri	Mengaitkan karakteristik bakteri dengan lingkungan hidupnya	Fungsional	PG kompleks	31
Bakteri	Menjelaskan fungsi variasi bentuk bakteri	Fungsional	Jawaban terbuka	32
Virus	Menjelaskan hubungan virus dengan penyakit dan pencegahannya	Multidimensional	Jawaban terbuka	33
Virus	Menjelaskan tahapan siklus hidup virus secara umum	Struktural	Jawaban terbuka	34
Virus	Membandingkan cara penularan	Fungsional	Jawaban	35

Materi Pokok	Indikator yang Diukur	Dimensi Literasi	Bentuk Soal	Nomor Soal
	penyakit akibat virus		terbuka	
Virus	Mengidentifikasi tahapan awal proses infeksi virus	Struktural	PG kompleks	36

Butir soal dikembangkan dengan mengacu pada bentuk soal PISA yaitu, pilihan ganda sederhana, pilihan ganda kompleks, dan jawaban terbuka. Jumlah soal yang dihasilkan sebanyak 36 butir soal dengan masing-masing bentuk soal berjumlah 12 butir soal, dan setiap dimensi berjumlah 9 butir soal. Penyusunan butir soal diikuti dengan adanya keterangan identitas, petunjuk pengerjaan soal, keterangan tipe soal, kunci jawaban, dan rubrik penilaian.

b) Pemilihan Media

Media yang yaitu, Google form untuk keperluan uji praktikalitas dan empiris, serta Website CBT untuk keperluan implementasi.

c) Rancangan awal pengembangan

Rancangan awal menghasilkan komponen-komponen instrumen tes literasi mikrobiologi, yaitu judul instrumen, keterangan identitas, petunjuk pengerjaan soal, keterangan tipe soal, kunci jawaban, dan rubrik penilaian. Keterangan identitas murid terdiri dari nama lengkap, nama sekolah, kelas, umur, jenis kelamin, kota/kabupaten asal, dan suku. Petunjuk pengerjaan disusun dalam dua bagian, yaitu petunjuk umum dan petunjuk khusus. Petunjuk umum dan petunjuk khusus dapat dilihat pada Gambar 4.

Petunjuk Umum:

1. Bacalah setiap teks, gambar, tabel, atau grafik dengan cermat sebelum menjawab soal.
2. Kerjakan soal secara berurutan mulai dari nomor 1 sampai nomor terakhir.
3. Jika ada soal yang dirasa sulit, silahkan melewatinya terlebih dahulu dan kembali lagi jika masih ada waktu.
4. Waktu pengerjaan tes adalah 60 menit. Gunakan waktu dengan sebaik-baiknya.
5. Isilah identitasmu (nama, kelas, dan sekolah) dengan jelas pada bagian yang telah disediakan di awal Google Form.

Petunjuk Khusus

1. Soal pilihan ganda (PG) sederhana, pilih satu jawaban yang menurutmu paling tepat dengan cara mengklik pilihan (A, B, C, atau D).
2. Soal pilihan ganda (PG) kompleks, bacalah setiap pernyataan, kemudian pilih kombinasi jawaban yang paling sesuai dengan informasi pada stimulus.
3. Soal jawaban terbuka, ditulis secara singkat, jelas, dan menggunakan istilah yang tepat pada kolom jawaban yang tersedia.
4. Setiap jawaban benar bernilai 1 dan jawaban salah bernilai 0.

Gambar 4. Petunjuk Umum dan Petunjuk Khusus Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi untuk Murid SMA

Penyusunan butir soal dengan menyesuaikan format indikator instrumen tes literasi mikrobiologi yang telah dibuat menghasilkan 36 butir soal yang disusun pada Microsoft word untuk keperluan uji validitas oleh ahli. Berikut contoh soal nomor 1 dan 2 yang dikembangkan dan dapat dilihat pada Lampiran 15. :

Bacalah Teks 1 berikut untuk menjawab soal 1-5!

Di Brasil terjadi wabah infeksi virus Zika yang ditularkan oleh nyamuk Aedes aegypti. Pada waktu yang sama, jumlah bayi yang lahir dengan ukuran kepala jauh lebih kecil dari normal meningkat tajam. Kondisi kepala kecil ini berkaitan dengan gangguan perkembangan otak dan disebut mikrosefali. Untuk menyelidiki hal ini, dokter meneliti dua ibu hamil yang janinnya diduga mengalami mikrosefali melalui pemeriksaan USG. Dari kedua ibu ini diambil sampel darah dan cairan ketuban (amnion). Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan adanya materi genetik virus Zika di cairan ketuban, sedangkan virus dengue maupun virus lain yang biasa menyebabkan infeksi serupa tidak ditemukan.

Sumber: Calvet et al. (2016). Detection and Sequencing of Zika Virus from Amniotic Fluid of Fetuses with Microcephaly in Brazil. The Lancet Infectious Diseases.

*Tingkat nominal
PG sederhana*

1. Fenomena pada Teks 1 menunjukkan bayi dengan ukuran kepala jauh di bawah normal karena gangguan perkembangan otak. Kondisi ini disebut?

- A. Ensefalitis*
- B. Hidrosefalus*
- C. Meningitis*
- D. Mikrosefali*
- E. Makrosefali*

*Tingkat fungsional
PG kompleks*

2. Perhatikan Tabel 1 berikut!

Tabel 1. Data sampel wabah virus pada ibu hamil

<i>Sampel</i>	<i>Virus Zika</i>	<i>Virus Dengue</i>
<i>Cairan ketuban Ibu 1</i>	<i>Positif</i>	<i>Negatif</i>
<i>Cairan ketuban Ibu 2</i>	<i>Positif</i>	<i>Negatif</i>
<i>Darah Ibu 1</i>	<i>Negatif</i>	<i>Negatif</i>
<i>Darah Ibu 2</i>	<i>Negatif</i>	<i>Negatif</i>

Sumber: Data diadaptasi dari penelitian Calvet et al. (2016). The Lancet Infectious Diseases.

Pernyataan berikut yang sesuai dengan data pada Tabel 1 adalah?
(pilih beberapa)

- ☐ (1) Virus Zika terdeteksi pada cairan ketuban kedua ibu hamil.
- ☐ (2) Virus dengue terdeteksi pada darah kedua ibu hamil.
- ☐ (3) Virus dengue tidak terdeteksi pada sampel mana pun.
- ☐ (4) Virus Zika hanya terdapat dalam darah ibu dan tidak terdeteksi di cairan ketuban.
- ☐ (5) Virus Zika terdeteksi pada darah dan cairan ketuban, sedangkan virus dengue hanya terdeteksi pada darah ibu hamil.

Rancangan Draft 1 produk berupa instrumen yang berhasil disusun selanjutnya akan memasuki tahap *develop*.

a) Penilaian ahli

Penilaian ahli melibatkan tiga orang dosen ahli pada bidang Pendidikan Biologi dan Biologi, hasil menunjukkan bahwa rerata indikator pada ketiga aspek memiliki nilai validitas yang tinggi. Hasil uji validitas produk Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi pada ketiga aspek dapat dilihat pada Tabel 13 (Lampiran 4) dan (Lampiran 5). Surat pengajuan validator ahli dapat di lihat pada Lampiran 18.

Tabel 13. Hasil Validasi oleh Ahli terhadap Pengembangan Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi untuk Murid SMA

Indikator Penilaian	Pertanyaan	Validator Ahli			Nilai V	Rata-rata Indikator
		1	2	3		
Aspek Materi						
Analisis kebutuhan	1. Butir soal sesuai dengan indikator kemampuan literasi mikrobiologi yang diukur (dimensi nominal, fungsional, struktural, multidimensional).	4	4	3	0,89	0,83 (Tinggi)
	2. Isi butir soal sesuai dengan ruang lingkup materi mikrobiologi SMA (virus, bakteri, jamur) dan kurikulum yang berlaku.	4	4	2	0,78	
Tinjauan perkembangan ilmu	3. Konsep dan istilah mikrobiologi dalam butir soal benar secara ilmiah dan bebas dari miskonsepsi.	3	4	4	0,89	0,81 (Tinggi)
	4. Kedalaman materi dalam butir soal sesuai dengan tingkat kemampuan yang ditarget (pemahaman, aplikasi, penalaran) pada literasi mikrobiologi.	3	4	3	0,78	
	6. Informasi pada stimulus (teks, gambar, tabel, grafik) mendukung pengukuran literasi mikrobiologi dan tidak menyesatkan.	4	3	3	0,78	
Keterwakilan domain	5. Konteks yang digunakan (kesehatan, pangan, lingkungan, isu global) relevan	4	4	3	0,89	0,89 (Tinggi)

Indikator Penilaian	Pertanyaan	Validator Ahli			Nilai V	Rata-rata Indikator
		1	2	3		
	dengan konsep mikrobiologi yang diukur.					
	7. Secara keseluruhan, himpunan butir sudah mewakili domain literasi mikrobiologi yang hendak diukur.	4	4	3	0,89	
Aspek Konstruksi						
Rasional pengembangan	1. Setiap butir soal memuat satu masalah utama yang jelas dan spesifik.	3	4	3	0,78	0,89 (Tinggi)
	2. Rumusan pokok soal (stem) jelas dan logis serta sesuai dengan stimulus yang diberikan.	4	4	3	0,89	
Dukungan teoritis dan empiris	3. Bentuk soal (pilihan ganda sederhana, pilihan ganda kompleks, jawaban terbuka) sesuai dengan indikator literasi yang diukur.	3	4	3	0,78	0,78 (Sedang)
Perencanaan dan pelaksanaan penyusunan	4. Untuk pilihan ganda sederhana, hanya ada satu jawaban yang paling tepat sesuai indikator.	3	4	3	0,78	0,78 (Sedang)
	5. Untuk pilihan ganda kompleks, kombinasi jawaban benar konsisten dengan indikator dan informasi dalam stimulus.	3	4	3	0,78	
Kesesuaian dengan lingkungan belajar	6. Untuk jawaban terbuka, tuntutan jawaban jelas dan dapat dinilai menggunakan rubrik yang telah disusun.	3	4	3	0,78	0,78 (Sedang)
Pelaksanaan penilaian	7. Alternatif jawaban (opsi) homogen dan logis, serta berfungsi sebagai pengecoh yang wajar.	3	4	2	0,67	0,72 (Sedang)
	8. Struktur dan urutan butir soal logis, sistematis, dan konsisten dengan kerangka literasi mikrobiologi	3	4	3	0,78	
Rasional & pelaksanaan	9. Bentuk dan isi butir soal selaras dengan tujuan instrumen, yaitu memetakan kemampuan literasi mikrobiologi murid SMA.	4	4	3	0,89	0,89 (Tinggi)
Aspek Bahasa						
Bahasa	1. Bahasa yang digunakan komunikatif dan mudah dipahami murid SMA.	3	4	2	0,67	0,76 (Sedang)
	2. Kalimat dalam butir soal dan opsi tidak menimbulkan makna ganda (tidak ambigu).	3	4	3	0,78	
	4. Struktur kalimat efektif (tidak terlalu panjang dan tidak berbelit-belit).	3	4	2	0,67	
	5. Penulisan mengikuti Ejaan Bahasa Indonesia yang berlaku.	4	4	2	0,78	
	7. Bahasa yang digunakan bebas dari bias SARA, gender, maupun istilah yang berpotensi menyinggung.	4	4	3	0,89	
Bahasa & kebenaran konsep	3. Penggunaan istilah ilmiah (nama mikroorganisme, proses biologis) tepat dan konsisten, serta sesuai dengan buku teks murid.	4	4	3	0,89	0,89 (Tinggi)

Indikator Penilaian	Pertanyaan	Validator Ahli			Nilai V	Rata-rata Indikator
		1	2	3		
Aturan pengukuran & format	6. Tanda baca dan penulisan simbol/istilah ilmiah (misalnya satuan, nama latin) konsisten dan benar.	3	4	3	0,78	0,78 (Sedang)

Hasil uji validitas produk dengan tingkat kevalidan sedang dan tinggi tetap dilakukan revisi atau tahap *evaluate* berdasarkan saran perbaikan yang diberikan oleh validator ahli. Saran perbaikan dan status tindak lanjut yang diberikan oleh validator ahli dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Saran Validator Ahli terhadap Pengembangan Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi untuk Murid SMA

Pemberi Saran Perbaikan	Saran Perbaikan	Status Tindak Lanjut
Validator 1	Revisi bagian kunci jawaban.	Terlaksana
	Butir soal sebaiknya diseimbangkan antara tiap dimensi dan level kognitifnya.	Terlaksana
	Beberapa penulisan ilmiah masih perlu direvisi, cek Kembali typo.	Terlaksana
Validator 2	Distribusikan secara seimbang dimensi literasi.	Terlaksana
	Perbaiki miskonsepsi pada soal 14 (pilihan 4).	Terlaksana
	Susun seluruh butir telah disusun secara sistematis dan sesuai dengan kisi-kisi.	Terlaksana
	Rubrik penskoran untuk soal jawaban terbuka dibuat (0-3)	Terlaksana
	Bahasa yang digunakan disesuaikan untuk murid SMA.	Terlaksana
Validator 3	Perbaiki ambiguitas atau kesalahan tata bahasa.	Terlaksana
	Diperbaiki lagi	Terlaksana
	Bahasa disederhanakan sesuai dengan kapasitas murid SMA	Terlaksana

3. Model Draft 2

Tahap *develop*, menghasilkan perbaikan Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi sesuai dengan saran perbaikian dari validator, kemudian didapatkan draft 2 yang dapat dilihat pada Lampiran 15. Berikut contoh soal nomor 1 dan 2 yang telah diperbaiki:

Bacalah Teks 1 berikut untuk menjawab soal 1-5!

Di Brasil terjadi wabah virus Zika yang ditularkan oleh nyamuk Aedes aegypti. Pada saat yang sama, jumlah bayi yang lahir dengan ukuran kepala sangat kecil meningkat. Kondisi ini disebut mikrosefali, yaitu gangguan perkembangan otak. Untuk meneliti hal tersebut, dokter

memeriksa dua ibu hamil menggunakan USG. Sampel darah dan cairan ketuban diambil. Hasilnya menunjukkan adanya materi genetik virus Zika di cairan ketuban, sedangkan virus dengue dan virus lain tidak ditemukan.

Sumber: Calvet et al. (2016). *Detection and Sequencing of Zika Virus from Amniotic Fluid of Fetuses with Microcephaly in Brazil*. The Lancet Infectious Diseases.

Tingkat nominal
PG sederhana

1. Fenomena pada Teks 1 menunjukkan bayi lahir dengan ukuran kepala jauh di bawah normal akibat gangguan perkembangan otak. Kondisi ini disebut?

- A. Ensefalitis
- B. Hidrosefalus
- C. Meningitis
- D. Mikrosefali
- E. Makrosefali

Tingkat fungsional
PG kompleks

2. Perhatikan informasi dan Tabel 1 berikut!

Infeksi virus pada ibu hamil dapat dideteksi melalui beberapa jenis sampel, seperti darah dan cairan ketuban. Darah digunakan untuk mengetahui apakah virus ada di dalam tubuh ibu. Cairan ketuban digunakan untuk mengetahui apakah virus sudah mencapai janin dan dapat memengaruhi perkembangannya.

Tabel 1. Data sampel wabah virus pada ibu hamil

Sampel	Virus Zika	Virus Dengue
Cairan ketuban Ibu 1	Positif	Negatif
Cairan ketuban Ibu 2	Positif	Negatif
Darah Ibu 1	Negatif	Negatif
Darah Ibu 2	Negatif	Negatif

Sumber: Data diadaptasi dari penelitian Calvet et al. (2016). The Lancet Infectious Diseases.

Berdasarkan fungsi masing-masing jenis pemeriksaan, pernyataan yang tepat adalah? (pilih beberapa)

- ☐ (1) Pemeriksaan cairan ketuban penting untuk mengetahui kemungkinan paparan virus pada janin.
- ☐ (2) Hasil negatif pada darah menunjukkan bahwa virus tidak mungkin memengaruhi janin.
- ☐ (3) Pemeriksaan darah saja tidak cukup untuk mendeteksi keberadaan virus pada lingkungan janin.
- ☐ (4) Virus dengue berpotensi memengaruhi janin karena tidak terdeteksi dalam darah.

- (5) Jenis sampel yang berbeda memiliki fungsi yang berbeda dalam mendeteksi infeksi virus.

Instrumen Tes yang telah diperbaiki (Draft 2) sesuai kemudian di uji praktikalitas oleh guru dan murid secara luring. Uji praktikalitas kepada 15 murid kelas XI Di SMAN 16 Jakarta menunjukkan instrumen mudah dipahami, memiliki tampilan yang nyaman, serta praktis digunakan oleh murid dalam pelaksanaan tes. Hasil uji praktikalitas murid terhadap produk Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi untuk tiap komponennya dapat dilihat pada Tabel 15. Surat pengantar penelitian dapat dilihat pada Lampiran 19

Tabel 15. Hasil Uji praktikalitas oleh Murid terhadap Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi

No	Komponen	Butir	Indikator	Skor	Maks	(%)	Kategori
1	Isi	1	Kejelasan instruksi pengerjaan tes	53	60	88,3%	Sangat Tinggi
		2	Kejelasan kalimat soal	47	60	78,3%	Tinggi
		3	Kejelasan istilah/kata yang digunakan	51	60	85,0%	Sangat Tinggi
		5	Kerelevanan konteks soal dengan kehidupan murid	45	60	75,0%	Tinggi
		6	Kejelasan maksud pertanyaan (apa yang diminta soal)	52	60	86,7%	Sangat Tinggi
2	Tampilan	4	Kenyamanan tampilan tes	53	60	88,3%	Sangat Tinggi
3	Manfaat	7	Persepsi kemampuan diri mengerjakan tes	50	60	83,3%	Sangat Tinggi
Total Keseluruhan				351	420	83,6%	Sangat Tinggi

Uji praktikalitas oleh 4 orang guru Biologi menunjukkan bahwa instrumen praktis digunakan dalam pembelajaran, memiliki tampilan yang baik, serta isi dan manfaatnya dinilai sesuai untuk digunakan pada murid SMA. Hasil uji praktikalitas dapat dilihat pada Tabel 16 (Lampiran 6).

Tabel 16. Hasil Uji praktikalitas oleh Guru terhadap Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi

Butir	Komponen	Indikator Penilaian	V	Kategori
1	Isi	Kejelasan instruksi dan kesesuaian waktu	0,75	Sedang
		Kesesuaian bahasa dengan kemampuan murid SMA	0,75	Sedang
		Kejelasan kalimat (tidak membingungkan/ambigu)	0,92	Tinggi
		Kerelevanan konteks soal dengan kehidupan murid	0,75	Sedang
		Kejelasan instruksi dan kesesuaian waktu	0,83	Tinggi
2	Tampilan	Kerapian dan keterbacaan tampilan tes	0,83	Tinggi

Butir	Komponen	Indikator Penilaian	V	Kategori
3	Manfaat	Potensi tes membantu murid memahami soal	0,75	Sedang
		Rerata	0,79	

Produk instrumen yang telah direvisi (Draft 2) kemudian akan di uji empiris kepada 36 murid kelas XI Di SMAN 16 Jakarta. Uji empiris menghasilkan validitas butir soal, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya beda soal.

a) Validitas Butir

Hasil perhitungan koefisien korelasi *product moment* menunjukkan bahwa dari 36 butir soal yang diujikan, terdapat 27 butir soal yang dinyatakan valid dan 9 butir soal yang tidak valid. Butir soal dinyatakan valid apabila nilai r hitung melebihi r tabel pada taraf signifikansi 5% (r tabel = 0,329 untuk $n = 36$). Rincian perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 7. Distribusi butir valid dan tidak valid disajikan pada Tabel 17, dengan detail per butir dapat dilihat pada Lampiran 12. Butir soal yang tidak valid seluruhnya direvisi dan diujikan kembali pada uji empiris kedua.

Tabel 17. Butir Soal Valid dan Tidak Valid Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi untuk Murid SMA

Nomor Butir Soal	Jumlah Butir	Kategori
1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35	27	Valid
2, 6, 7, 14, 15, 19, 26, 29, 36	9	Tidak Valid

b) Reliabilitas

Nilai reliabilitas instrumen sebesar 0,88 (Lampiran 8) menunjukkan bahwa instrumen mampu menghasilkan data yang relatif stabil dan konsisten ketika digunakan untuk mengukur literasi mikrobiologi murid SMA. Tingginya koefisien reliabilitas menunjukkan bahwa setiap butir soal memiliki keterkaitan yang baik dalam mengukur konstruk yang sama, yaitu literasi mikrobiologi.

c) Tingkat Kesukaran Soal

Hasil perhitungan indeks kesukaran menghasilkan sebagian besar butir soal memiliki tingkat kesukaran sedang. Jumlah butir soal berdasarkan tingkat kesukaran dapat dilihat pada Tabel 18 (Lampiran 9).

Tabel 18. Hasil Perhitungan Indeks Kesukaran Soal Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi untuk Murid SMA

Nomor Butir Soal	Jumlah Butir	Kategori
8, 18, 30	3	Sukar
2, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 36	20	Sedang
1, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 21, 22, 23, 28, 29, 31	13	Mudah

d) Daya Beda Soal

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat beberapa butir soal yang memiliki daya pembeda rendah. Kondisi tersebut diduga disebabkan oleh homogenitas kemampuan responden dan karakteristik soal literasi yang menuntut kemampuan penalaran kontekstual. Butir-butir yang memiliki daya pembeda rendah dianalisis kembali dan direvisi sebelum ditetapkan sebagai produk akhir. Jumlah butir soal berdasarkan daya beda dapat dilihat pada Tabel 19 (Lampiran 10).

Tabel 19. Hasil Perhitungan Daya Beda Soal Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi untuk Murid SMA

Nomor Butir Soal	Jumlah Butir	Kategori
3, 4, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 24, 26, 28, 29, 30, 35	18	Buruk
1, 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 23, 25, 27, 31, 32, 33, 34, 36	17	Cukup
18	1	Baik
0	0	Sangat Baik

Empiris II menunjukkan bahwa proses revisi instrumen berhasil meningkatkan kualitas butir soal, sehingga instrumen semakin layak digunakan sebagai alat ukur literasi mikrobiologi murid SMA. Empat butir yang tidak valid setelah melalui dua kali tahap uji empiris dieliminasi agar kualitas pengukuran instrumen menjadi lebih optimal. Hasil uji empiris II ini dapat dilihat pada Tabel 20 (Lampiran 13). Selesaiannya uji empiris kedua ini, maka dihasilkan produk akhir

Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi yang akan dilanjutkan ke tahap implementasi. Surat selesai penelitian dapat dilihat pada Lampiran 20.

Tabel 20. Hasil Uji Empiris Kedua Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi

Nomor Butir Soal	Jumlah Butir	Kategori
Validitas Butir		
2, 6, 14, 29, 36	5	Valid
7, 15, 19, 26	4	Tidak Valid
Tingkat Kesukaran		
Nomor Butir Soal	Jumlah Butir	Kategori
6	1	Sukar
2, 7, 14, 15, 19, 26, 29, 36	8	Sedang
	0	Mudah
Daya Beda Soal		
Nomor Butir Soal	Jumlah Butir	Kategori
26	1	Buruk
2, 6, 7, 14, 15, 19, 29, 36	8	Cukup
	0	Baik
	0	Sangat Baik

4. Model Final

Masukan, saran, serta berbagai temuan dari tiap tahapan pada penelitian pengembangan telah mengakibatkan perubahan pada rancangan awal produk Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi. Perubahan ini terutama disebabkan oleh adanya 9 butir tidak valid yang kemudian direvisi dan di uji empiris kembali dan menghasilkan 5 butir valid, 4 butir soal tidak valid dieliminasi (Lampiran 13), 2 butir soal dengan karakteristik indeks kesukaran terlalu mudah dan daya beda yang rendah dieliminasi. Langkah ini dilakukan secara sengaja demi memenuhi asas proporsionalitas, sehingga diperoleh draf final instrumen sebanyak 30 butir soal dengan distribusi yang seimbang, yaitu 6 butir pada dimensi nominal, serta masing-masing 8 butir pada dimensi fungsional, struktural, dan multidimensional. Indikator produk akhir Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi dapat dilihat pada Tabel 21 (Lampiran 16). Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi (Model final) dapat dilihat pada Lampiran 15

Tabel 21. Indikator Produk Akhir Instrumen Tes Literasi Mikrobiologi

Materi Pokok	Indikator yang Diukur	Dimensi Literasi	Bentuk Soal	No Soal
Virus	Menyebutkan istilah atau konsep dasar tentang virus	Nominal	PG sederhana	1
Virus	Memahami informasi dari tabel atau data sederhana tentang virus	Fungsional	PG kompleks	2
Virus	Menilai cara pencegahan atau penanganan penyakit akibat virus	Multidimensional	PG kompleks	3
Virus	Menentukan langkah penelitian sederhana tentang virus	Multidimensional	PG kompleks	4
Bakteri	Menjelaskan fungsi alat, bahan, atau media pada penelitian bakteri	Struktural	PG sederhana	5
Bakteri	Menentukan keputusan yang tepat dalam pemanfaatan bakteri	Multidimensional	Jawaban terbuka	6
Jamur	Menyebutkan jenis dan dampak infeksi jamur pada manusia	Fungsional	PG kompleks	7
Jamur	Menjelaskan perbedaan tingkat bahaya infeksi jamur	Struktural	PG sederhana	8
Jamur	Menjelaskan pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan jamur	Fungsional	PG sederhana	9
Virus	Menjelaskan sifat virus dalam berkembang biak	Fungsional	PG sederhana	10
Bakteri	Menjelaskan dampak aktivitas manusia terhadap bakteri	Struktural	PG kompleks	11
Bakteri	Menyebutkan perbedaan struktur dasar bakteri	Nominal	PG kompleks	12
Virus	Menyebutkan tahapan umum replikasi virus	Nominal	PG kompleks	13
Jamur	Menentukan cara mencegah infeksi jamur dalam kehidupan sehari-hari	Struktural	Jawaban terbuka	14
Jamur	Menyebutkan bagian-bagian dasar jamur	Nominal	PG sederhana	15
Virus	Menjelaskan fungsi bagian utama virus	Nominal	Jawaban terbuka	16
Jamur	Menghubungkan informasi dengan perilaku hidup sehat	Multidimensional	PG kompleks	17
Jamur	Menjelaskan struktur dan fungsi dinding sel jamur	Struktural	PG kompleks	18
Jamur	Menjelaskan hubungan antara struktur dan fungsi sel jamur	Struktural	Jawaban terbuka	19
Jamur	Menjelaskan bagian tubuh jamur dan fungsinya	Fungsional	Jawaban terbuka	20
Jamur	Menyebutkan fungsi proses metabolisme mikroorganisme	Nominal	Jawaban terbuka	21
Bakteri	Menentukan sikap yang tepat dalam penggunaan bakteri	Multidimensional	PG sederhana	22
Bakteri	Mengambil keputusan berdasarkan informasi tentang bakteri	Multidimensional	PG kompleks	23
Bakteri	Menjelaskan alasan penggunaan bakteri secara bijak	Multidimensional	Jawaban terbuka	24
Bakteri	Menghubungkan ciri bakteri dengan lingkungan hidupnya	Fungsional	PG kompleks	25

Materi Pokok	Indikator yang Diukur	Dimensi Literasi	Bentuk Soal	No Soal
Bakteri	Menjelaskan fungsi berbagai bentuk bakteri	Fungsional	Jawaban terbuka	26
Virus	Menjelaskan hubungan virus dengan penyakit dan pencegahannya	Multidimensional	Jawaban terbuka	27
Virus	Menjelaskan tahapan siklus hidup virus secara umum	Struktural	Jawaban terbuka	28
Virus	Membandingkan cara penularan virus	Fungsional	Jawaban terbuka	29
Virus	Menyebutkan tahapan awal infeksi virus	Struktural	PG kompleks	30

Implementasi produk akhir instrumen tes literasi mikrobiologi di SMAN 78 Jakarta kepada 108 responden murid kelas X terhadap kemampuan literasi mikrobiologi murid menunjukkan variasi pada setiap dimensi literasi. Rata-rata kemampuan literasi mikrobiologi murid secara keseluruhan berada pada kategori perlu bimbingan. Dimensi multidimensional memperoleh rata-rata tertinggi sedangkan dimensi nominal memperoleh rata-rata terendah. Hasil literasi mikrobiologi murid perdimensi dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Hasil Literasi Mikrobiologi Murid perdimensi (n=108)

Dimensi Literasi	Mean $\pm$ SD	Kategori	Grade
Nominal	37,4 $\pm$ 14,2	Perlu bimbingan	D
Fungsional	42,6 $\pm$ 14,8	Perlu bimbingan	D
Struktural	40,0 $\pm$ 15,6	Perlu bimbingan	D
Multidimensional	46,7 $\pm$ 14,3	Perlu bimbingan	D
Rata-rata keseluruhan	41,7 $\pm$ 14,7	Perlu bimbingan	D

Keempat dimensi literasi mikrobiologi murid menunjukkan berada pada kategori perlu bimbingan. Rendahnya nilai pada dimensi nominal mengindikasikan bahwa murid masih kesulitan dalam memahami dan menggunakan istilah serta konsep dasar mikrobiologi secara tepat. Nilai dimensi multidimensional relatif lebih tinggi dibandingkan dimensi lainnya, namun perbedaan tersebut hanya menggambarkan dimensi mana yang relatif lebih dikuasai. Distribusi kategori literasi mikrobiologi pada 108 murid dapat dilihat pada Tabel 23 (Lampiran 11).

Tabel 23. Distribusi Literasi Mikrobiologi Murid

Kategori	Jumlah Murid (n)	Persentase (%)
Perlu bimbingan	104	96,3
Cukup	4	3,7
Baik	0	0
Sangat baik	0	0
Total	108	100

Sebagian besar murid masih berada pada kategori perlu bimbingan. Hasil ini mengindikasikan bahwa kemampuan literasi mikrobiologi murid secara umum masih sangat rendah dan memerlukan intervensi pembelajaran yang lebih intensif. Kemampuan literasi mikrobiologi murid juga dianalisis berdasarkan karakteristik responden, yaitu gender, usia, dan suku, sebagaimana disajikan pada Tabel 24.

Tabel 24. Hasil Literasi Mikrobiologi berdasarkan Karakteristik Responden

Karakteristik Responden	n	Nominal (Mean $\pm$ SD)	Fungsional (Mean $\pm$ SD)	Struktural (Mean $\pm$ SD)	Multidimensional (Mean $\pm$ SD)
Gender					
Laki-laki	40	32,6 $\pm$ 15,0	35,0 $\pm$ 15,6	33,2 $\pm$ 16,0	39,8 $\pm$ 16,6
Perempuan	68	40,3 $\pm$ 13,0	47,0 $\pm$ 12,4	43,9 $\pm$ 14,1	50,8 $\pm$ 11,0
Usia					
15 tahun	14	45,5 $\pm$ 13,1	50,0 $\pm$ 11,1	52,1 $\pm$ 13,8	58,2 $\pm$ 7,5
16 tahun	68	37,6 $\pm$ 14,3	42,2 $\pm$ 14,7	38,7 $\pm$ 14,9	45,8 $\pm$ 14,0
17 tahun	25	32,5 $\pm$ 13,2	39,0 $\pm$ 16,1	37,4 $\pm$ 15,8	43,2 $\pm$ 15,5
18 tahun	1	36,0	50,0	20,0	36,0
Suku					
Minang	8	41,0 $\pm$ 18,0	41,0 $\pm$ 11,0	39,0 $\pm$ 19,0	47,0 $\pm$ 8,0
Batak	10	42,9 $\pm$ 15,0	45,5 $\pm$ 18,0	42,0 $\pm$ 19,2	48,8 $\pm$ 15,0
Sunda	8	37,0 $\pm$ 11,0	50,0 $\pm$ 12,1	43,0 $\pm$ 13,3	44,0 $\pm$ 14,2
Betawi	31	37,1 $\pm$ 14,1	43,7 $\pm$ 16,0	40,2 $\pm$ 15,7	46,1 $\pm$ 16,7
Jawa	43	37,7 $\pm$ 13,5	41,6 $\pm$ 14,2	40,7 $\pm$ 15,0	47,9 $\pm$ 11,7
Lainnya	8	31,4 $\pm$ 14,4	35,6 $\pm$ 11,2	33,1 $\pm$ 18,1	43,2 $\pm$ 19,2

Keterangan:

Data murid usia 18 tahun hanya terdiri dari 1 responden sehingga tidak dapat diinterpretasikan secara komparatif.

Tabel 24 menunjukkan adanya variasi kemampuan literasi mikrobiologi berdasarkan karakteristik responden. Temuan ini memberikan gambaran bahwa kemampuan literasi mikrobiologi tidak bersifat homogen, sehingga dapat menjadi dasar dalam merancang pembelajaran yang lebih sesuai dengan karakteristik murid.

B. Pembahasan

Pengembangan instrumen tes literasi mikrobiologi (aspek kognitif) murid SMA ini menggunakan model R&D ADDIE merujuk pada Branch (2010). Analisis kajian literatur (Tabel 11) menunjukkan adanya kesenjangan mayoritas instrumen tes literasi mikrobiologi yang tersedia saat ini dirancang untuk tingkat perguruan tinggi, sehingga kurang relevan dengan karakteristik murid SMA. Temuan ini menegaskan bahwa pengembangan instrumen yang kontekstual untuk jenjang spesifik sangat mendesak (Fidiastuti et al., 2024; Suhadi et al., 2023), terlebih karena kemampuan literasi mayoritas murid SMA didapati masih berada pada dimensi nominal dan fungsional.

Analisis kebutuhan terhadap 81 murid (Gambar 3a) menunjukkan pola yang sama dengan kajian literatur. Murid mengalami kesulitan utama dalam memahami istilah teknis mikrobiologi yang kompleks dan menghubungkan konsep dengan masalah nyata, karena adanya kesenjangan antara sifat materi yang kompleks dan kebutuhan akan keterkaitan dengan fenomena nyata, seperti peranan mikroba dalam kesehatan atau lingkungan, menuntut penggunaan strategi pembelajaran yang lebih kontekstual dan berbasis visual untuk meningkatkan literasi murid. Kesulitan ini diperkuat oleh temuan Diala et al. (2025) dan Simon et al. (2017) mengenai maraknya miskonsepsi mikrobiologi (seperti penggunaan antibiotik untuk virus) yang bahkan masih terjadi di tingkat perguruan tinggi, sehingga pengembangan instrumen tes yang mampu memetakan tidak hanya hafalan, tetapi juga kemampuan murid dalam menganalisis permasalahan mikrobiologi sehari-hari, menjadi esensial untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran di kelas.

Analisis kebutuhan terhadap 11 Guru (Gambar 3b) menunjukkan bahwa tes di sekolah saat ini masih didominasi pengukuran kognitif tingkat rendah (hafalan) tanpa konteks yang bermakna, karena adanya keterbatasan dalam desain asesmen ini berakar pada pendekatan pedagogis yang masih berfokus pada transfer pengetahuan teoretis semata. Kritik ini sejalan dengan Amorim et al. (2025) dan Timmis (2023) yang mendorong perubahan paradigma pendidikan mikrobiologi agar berfokus pada isu sosial-ekologis global (seperti resistensi antimikroba dan keamanan pangan) alih-alih sekadar definisi dan klasifikasi. Menjawab tantangan tersebut, guru dan murid mengekspresikan kebutuhan terhadap instrumen berbasis

stimulus artikel ilmiah bergaya PISA. Pendekatan kontekstual ini dinilai efektif untuk melatih murid menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi penyelidikan, serta menafsirkan data berbasis bukti (Kumar & Choudhary, 2024; Salsabila et al., 2025; Valio et al., 2025). Terlebih Zhang et al. (2023) telah membuktikan bahwa instrumen berbasis kerangka PISA lebih valid, reliabel, dan komprehensif dalam membedakan kemampuan murid dibandingkan tes konvensional, yang akhirnya mendasari keputusan pengembangan instrumen dalam penelitian ini.

Rancangan draf 1 instrumen tes dengan 36 butir soal untuk materi virus, bakteri, dan jamur, yang mengadaptasi empat dimensi literasi biologi (nominal, fungsional, struktural, dan multidimensional) dari Uno & Bybee (1994). Kerangka ini teruji relevan dalam mengukur spektrum literasi sains dari konsep dasar hingga integrasi kehidupan nyata (Uno & Bybee, 1994; Zulfia et al., 2019). Format soal mengacu pada PISA yang menggunakan variasi bentuk demi mengukur dimensi literasi secara optimal, pilihan ganda sederhana efektif untuk pemetaan pengenalan konsep dan terminologi dasar (Butler, 2018; Xiao et al., 2018), pilihan ganda kompleks memfasilitasi penilaian pemahaman mendalam yang membutuhkan alasan logis sekaligus meminimalkan spekulasi jawaban (Sadhu & Laksono, 2018; Sarwanto et al., 2020; Scotti di Uccio et al., 2019; Stanger-Hall, 2012), serta jawaban terbuka yang esensial untuk mengungkap kemampuan berpikir kritis dan argumentasi ilmiah terstruktur sebagai representasi keterampilan bernalar tingkat tinggi (Sarwanto et al., 2020).

Validitas ahli (Tabel 13) menunjukkan nilai terendah pada indikator pengecoh jawaban dan kesesuaian Bahasa untuk murid SMA. Rendahnya nilai validitas pada indikator pengecoh jawaban disebabkan oleh pengecoh yang belum cukup masuk akal meskipun secara ilmiah keliru. Ketidakproporsionalan panjang kalimat atau kerumitan pengecoh juga dapat mendistorsi validitas pengukuran serta memperlemah daya pembeda soal karena murid cenderung menebak melalui petunjuk teknis (Aida & Saepul Hamdani, 2017; Ali et al., 2016; Permata Dewi et al., 2023). Rendahnya nilai validitas indikator kesesuaian bahasa disebabkan oleh penggunaan istilah ilmiah yang belum sepenuhnya sesuai dengan kemampuan membaca murid SMA pada draf pertama. Menanggapi hal tersebut, seluruh saran ketiga validator ahli meliputi revisi kunci jawaban, penyeimbangan distribusi

dimensi, perbaikan miskonsepsi, penyederhanaan bahasa, dan pembuatan rubrik skor 0-3 untuk soal jawaban terbuka telah ditindaklanjuti. Proses revisi iteratif ini menjadi prosedur esensial guna menghindari risiko ambiguitas, miskonsepsi, atau ketidakseimbangan konstruk yang dapat melemahkan validitas instrumen.

Uji praktikalitas terhadap lima belas murid kelas XI menunjukkan hasil yang sangat baik, meskipun komponen relevansi konteks soal dengan kehidupan nyata memperoleh skor relatif lebih rendah dalam kategori tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa murid belum sepenuhnya menyadari keterkaitan materi sekolah dengan fenomena riil, yang sebenarnya merupakan tujuan inti literasi mikrobiologi (Schweitzer et al., 2025; Timmis, 2023), sehingga penekanan konteks pada stimulus soal perlu diperkuat. Uji praktikalitas terhadap empat guru menghasilkan nilai terendah pada indikator kesesuaian waktu, bahasa, relevansi konteks, dan potensi manfaat tes. Penilaian sedang dari guru pada aspek bahasa ini konsisten dengan temuan validator ahli yang menempatkan bahasa sebagai area perbaikan utama. Konsistensi hasil penilaian menunjukkan bahwa penyederhanaan bahasa menjadi aspek utama yang perlu diperbaiki, tanpa penyesuaian tersebut, murid berisiko gagal menjawab bukan akibat ketidakpahaman konsep mikrobiologi, melainkan karena kendala bahasa, yang pada akhirnya dapat merusak validitas konstruk instrumen.

Uji empiris pertama terhadap tiga puluh enam murid kelas XI menunjukkan bahwa dua puluh tujuh dari tiga puluh enam butir soal dinyatakan valid (75%) dengan koefisien reliabilitas tinggi sebesar 0,88, memenuhi standar ideal minimal 0,80 untuk stabilitas pengukuran pada populasi yang lebih luas (Cheung, 2016; Hamed Taherdoost & Lumpur, 2016). Reliabilitas tinggi ini menunjukkan bahwa instrumen memiliki konsistensi internal yang baik, didukung oleh keberagaman format soal yang dapat meminimalkan faktor spekulasi dalam menjawab. Sembilan butir soal dinyatakan tidak valid akibat adanya permasalahan pada karakteristik butir maupun konstruksi soal, meliputi ketidaksesuaian antara indikator dengan stimulus, bentuk soal yang belum sepenuhnya sesuai dengan kemampuan yang diukur, kualitas pengecoh yang belum optimal, serta redaksi yang masih perlu diperjelas (Al Fraidan, 2024; Ali et al., 2016; Nikmard et al., 2023; Rezigalla et al., 2024). Distribusi tingkat kesukaran didominasi kategori sedang yang ideal untuk

mengoptimalkan daya pembeda (*discriminating power*), dengan tetap didukung proporsi soal mudah untuk mengidentifikasi penguasaan konsep fundamental (Fiska et al., 2021; Wilantika et al., 2018). Meskipun ukuran sampel yang terbatas dapat memengaruhi kestabilan estimasi sehingga beberapa butir menunjukkan daya beda rendah, butir tersebut tidak langsung dieliminasi. Merujuk pada Sumintono & Widhiarso (2015), kualitas butir perlu dinilai secara komprehensif melalui kombinasi analisis statistik dan evaluasi konstruk, sehingga butir dengan permasalahan tertentu dipertahankan untuk dianalisis lebih lanjut melalui proses revisi.

Hasil analisis lebih lanjut terhadap sembilan butir soal yang tidak valid (Lampiran 12) menunjukkan bahwa ketidakvalidan berkaitan dengan kesesuaian antara indikator pembelajaran, stimulus, bentuk soal, dan tuntutan kemampuan literasi mikrobiologi yang diukur. Butir soal nomor 2 dengan indikator menafsirkan informasi dalam bentuk tabel atau data sederhana tentang virus mengalami kendala karena format pilihan ganda kompleks menuntut murid mengevaluasi beberapa pernyataan sekaligus, sementara indikator berada pada tingkat fungsional. Beberapa pilihan jawaban memiliki kemungkinan interpretasi yang kurang tegas sehingga kurang optimal dalam membedakan kemampuan murid dalam menafsirkan data. Butir soal nomor 6 dengan indikator mengidentifikasi fungsi alat, bahan, atau media dalam penelitian bakteri menunjukkan ketidaksesuaian antara indikator dan tuntutan soal. Stimulus lebih berfokus pada perbedaan karakteristik media NA dan CNA serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan koloni, sehingga kemampuan yang diukur lebih mengarah pada analisis fungsi media selektif dibandingkan identifikasi fungsi alat atau bahan penelitian. Hal tersebut menyebabkan konstruk yang diukur belum sepenuhnya sesuai dengan indikator.

Butir soal nomor 7 dengan indikator mengurutkan langkah kerja pada percobaan bakteri memiliki kesesuaian konteks materi, tetapi masih memiliki keterbatasan pada aspek konstruksi. Soal cenderung mengukur kemampuan mengingat urutan prosedur dibandingkan memahami hubungan antar tahapan dalam proses ilmiah. Terdapat ketidaksesuaian informasi antara stimulus yang mencantumkan waktu pengamatan hingga hari ke-28 dengan langkah prosedur yang disajikan dalam soal. Butir soal nomor 14 dengan indikator mengidentifikasi

perbedaan struktur dasar bakteri mengalami kendala karena tuntutan kognitif soal belum sesuai dengan indikator nominal. Penggunaan bentuk pilihan ganda kompleks membuat murid perlu menganalisis beberapa pernyataan mengenai struktur Gram positif dan Gram negatif, sedangkan indikator hanya mengarah pada kemampuan mengenali perbedaan struktur dasar bakteri. Hal tersebut menyebabkan tingkat kompleksitas soal melebihi kompetensi yang dirancang.

Butir soal nomor 15 dengan indikator menafsirkan hasil percobaan sederhana terkait pertumbuhan bakteri menunjukkan ketidaksesuaian antara stimulus dan indikator. Stimulus yang digunakan membahas efektivitas Aloe vera sebagai antimikroba, sedangkan indikator mengarah pada interpretasi pertumbuhan bakteri. Soal lebih mengukur kemampuan membaca hasil daya hambat berdasarkan konsentrasi dibandingkan kemampuan menafsirkan perubahan pertumbuhan bakteri. Butir soal nomor 19 dengan indikator menyebutkan bagian sel bakteri dan fungsinya mengalami kendala pada bentuk soal yang digunakan. Indikator berada pada tingkat nominal, tetapi bentuk jawaban terbuka menuntut murid menghasilkan istilah secara mandiri. Pertanyaan hanya berfokus pada lokasi materi genetik bakteri sehingga belum mencakup keseluruhan indikator mengenai bagian sel bakteri beserta fungsinya.

Butir soal nomor 26 dengan indikator mengidentifikasi peran zat atau unsur dalam metabolisme jamur menunjukkan ketidaksesuaian antara indikator dan bentuk soal. Format pilihan ganda kompleks meningkatkan tuntutan kognitif karena murid perlu mengevaluasi beberapa pilihan jawaban, sedangkan indikator hanya menuntut kemampuan mengidentifikasi fungsi unsur. Keberadaan opsi unsur yang tidak terdapat dalam stimulus berpotensi menyebabkan murid menjawab melalui proses eliminasi, bukan berdasarkan pemahaman konsep metabolisme fungi. Butir soal nomor 29 dengan indikator mengambil keputusan berdasarkan informasi ilmiah tentang bakteri memiliki permasalahan pada tingkat pengukuran kemampuan. Meskipun menggunakan bentuk pilihan ganda kompleks dengan tingkat multidimensional, informasi pada stimulus mengenai manfaat dan risiko *Lactobacillus* disajikan secara langsung sehingga murid dapat menentukan jawaban tanpa melakukan evaluasi informasi ilmiah secara mendalam. Kondisi tersebut

menyebabkan kemampuan pengambilan keputusan ilmiah belum terukur secara optimal.

Butir soal nomor 36 dengan indikator mengidentifikasi tahapan awal proses infeksi virus mengalami kendala karena bentuk pilihan ganda kompleks belum sepenuhnya sesuai dengan indikator struktural. Beberapa pilihan jawaban menuntut pemahaman detail mengenai patogenesis rabies sehingga berpotensi mengukur penguasaan informasi spesifik penyakit, bukan pemahaman mengenai tahapan awal proses infeksi virus. Sembilan butir soal yang tidak valid pada uji empiris pertama kemudian dijadikan dasar dalam proses revisi instrumen. Revisi dilakukan melalui penyesuaian indikator dengan tuntutan soal, perbaikan stimulus, penyempurnaan redaksi, penyesuaian tingkat kompleksitas, serta perbaikan konstruksi pilihan jawaban. Butir hasil revisi diuji kembali pada tahap empiris kedua untuk mengetahui efektivitas perbaikan dalam meningkatkan kualitas instrumen literasi mikrobiologi.

Uji empiris kedua terhadap sembilan butir soal yang telah mengalami revisi berdasarkan hasil analisis empiris pertama menghasilkan lima butir soal valid, dengan karakteristik 88,8% butir berada pada tingkat kesukaran sedang dan mayoritas memiliki daya beda kategori cukup hingga sangat baik. Peningkatan kualitas ini menunjukkan bahwa proses revisi berbasis analisis butir yang meliputi peninjauan indeks daya beda, tingkat kesukaran, substansi materi, kesesuaian indikator, stimulus, serta kejelasan bahasa mampu meningkatkan kualitas validitas dan reliabilitas instrumen secara keseluruhan (Himawan & Nurgiyantoro, 2022). Lima butir soal yang sebelumnya tidak valid pada uji empiris pertama mengalami peningkatan setelah dilakukan perbaikan pada aspek konstruksi, sehingga mampu memenuhi kriteria validitas pada pengujian kedua. Empat butir soal masih dinyatakan tidak valid setelah melalui dua kali tahapan pengujian dan revisi, sehingga dieliminasi dari instrumen final untuk menjaga integritas pengukuran. Butir yang dieliminasi yaitu soal nomor 7, 15, 19, dan 26 (Lampiran 13).

Ketidakvalidan pada keempat butir tersebut menunjukkan bahwa meskipun revisi telah dilakukan berdasarkan hasil evaluasi empiris pertama, perbaikan yang diberikan belum sepenuhnya mengatasi permasalahan pada aspek konstruk soal. Soal nomor 7 telah mengalami penyempurnaan pada penyajian stimulus dan

kejelasan tahapan percobaan, tetapi hasil pengujian kedua masih menunjukkan bahwa soal lebih dominan mengukur kemampuan mengingat urutan prosedur dibandingkan memahami hubungan antar tahapan dalam proses ilmiah. Soal belum sepenuhnya merepresentasikan indikator fungsional yaitu kemampuan mengurutkan langkah kerja pada percobaan bakteri. Soal nomor 15 telah diperbaiki melalui penyesuaian penyajian data dan kejelasan pertanyaan, tetapi masih menunjukkan ketidaksesuaian antara indikator dan stimulus. Indikator yang ditetapkan mengukur kemampuan menafsirkan hasil percobaan sederhana terkait pertumbuhan bakteri, sedangkan stimulus masih lebih menggambarkan efektivitas antimikroba Aloe vera berdasarkan konsentrasi. Kemampuan yang diukur masih belum sesuai dengan konstruk yang dirancang karena lebih mengarah pada interpretasi daya hambat antimikroba dibandingkan perubahan pertumbuhan bakteri.

Soal nomor 19 telah mengalami perbaikan pada aspek kejelasan gambar dan penyusunan pertanyaan, tetapi tetap belum memenuhi kriteria validitas karena bentuk jawaban terbuka masih kurang sesuai dengan indikator nominal. Soal tersebut menuntut murid menghasilkan istilah secara mandiri, sedangkan indikator hanya mengarah pada kemampuan mengenali bagian sel bakteri dan fungsinya. Cakupan pertanyaan masih terbatas pada satu struktur sel bakteri, yaitu lokasi materi genetik, sehingga belum merepresentasikan indikator secara menyeluruh. Soal nomor 26 juga telah diperbaiki melalui penyempurnaan stimulus dan penyesuaian pilihan jawaban, tetapi masih tidak valid karena format pilihan ganda kompleks belum sepenuhnya sesuai dengan indikator nominal. Bentuk soal tersebut tetap menuntut murid melakukan analisis terhadap beberapa pilihan jawaban, sedangkan kemampuan yang ingin diukur hanya berupa identifikasi peran unsur dalam metabolisme fungi. Hasil uji empiris kedua menunjukkan bahwa proses revisi telah berhasil meningkatkan kualitas sebagian besar butir soal, tetapi beberapa butir masih memiliki ketidaksesuaian antara indikator, bentuk soal, dan kemampuan yang diukur. Soal nomor 7, 15, 19, dan 26 dieliminasi dari instrumen final untuk mempertahankan kesesuaian konstruk, validitas isi, serta kualitas instrumen tes literasi mikrobiologi yang dikembangkan.

Hasil implementasi menunjukkan profil literasi mikrobiologi murid pada seluruh dimensi (nominal, fungsional, structural, dan multidimensional) masih berada pada kategori perlu bimbingan. Temuan ini menandakan bahwa pemahaman konsep, penjelasan hubungan antarkonsep, dan pengaitannya dengan isu nyata belum berkembang optimal, sejalan dengan teori perkembangan literasi bertahap dari Uno & Bybee (1994). Rendahnya capaian ini didukung oleh Timmis et al. (2019) yang menyatakan literasi mikrobiologi masyarakat umumnya rendah karena konsepnya dianggap kompleks dan kurang diperhatikan, serta Rachmatullah et al. (2016) yang membuktikan keterbatasan konsep dasar biologi menghambat pemahaman isu sains yang kompleks.

Dimensi nominal memperoleh skor terendah karena murid kesulitan mengenali dan menggunakan istilah dasar mikrobiologi. Padahal menurut Uno & Bybee (1994), Timmis et al. (2019), dan Rachmatullah et al. (2016), penguasaan terminologi ilmiah adalah tahap awal dan fondasi mutlak untuk memahami literasi yang lebih kompleks. Dimensi fungsional meraih capaian lebih tinggi dari dimensi nominal, murid relatif lebih mampu menjelaskan fungsi dan dampak mikroorganisme karena konteksnya dekat dengan kehidupan sehari-hari. Hal ini sejalan dengan karakteristik literasi fungsional Uno & Bybee (1994), serta temuan Timmis et al. (2019) bahwa pengaitan konsep kompleks dengan pengalaman nyata (kesehatan, pangan, lingkungan) mempermudah proses pemahaman murid. Dimensi struktural juga berada di kategori perlu bimbingan karena murid kesulitan menghubungkan berbagai konsep secara terintegrasi untuk penalaran ilmiah. Sesuai pandangan Uno & Bybee (1994) serta Rachmatullah et al. (2016), kemampuan mengorganisasi konsep ini membutuhkan pengalaman belajar yang melibatkan analisis, argumentasi, dan pemecahan masalah, bukan sekadar hafalan fakta.

Dimensi multidimensional memperoleh skor tertinggi meskipun tetap di kategori perlu bimbingan. Keunggulan ini menunjukkan potensi murid dalam mengaitkan konsep mikrobiologi dengan isu sosial, kesehatan, teknologi, dan lingkungan global (Timmis et al., 2019; Uno & Bybee, 1994). Hasil penelitian mengindikasikan bahwa tingginya potensi multidimensional ini tetap harus diimbangi dengan penguatan literasi nominal, fungsional, dan struktural agar pemahaman yang terbentuk menjadi utuh, mendalam, dan bermakna. Rendahnya

capaian pada seluruh dimensi menunjukkan bahwa pembelajaran mikrobiologi di SMA masih perlu diarahkan pada penguatan literasi secara bertahap, mulai dari penguasaan konsep dasar hingga kemampuan mengintegrasikan konsep mikrobiologi dengan isu nyata. Hasil pemetaan ini menunjukkan bahwa penggunaan instrumen tidak hanya memberikan gambaran tingkat kemampuan murid, tetapi juga dapat menjadi dasar bagi guru dalam merancang intervensi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan literasi pada setiap dimensi.

Murid perempuan secara konsisten mengungguli murid laki-laki di seluruh dimensi literasi mikrobiologi, mencerminkan tren internasional seperti data PISA 2022 di mana murid perempuan Indonesia unggul 24 poin dalam membaca (salah satu gap terbesar di OECD). Keunggulan ini sangat relevan karena tes literasi mikrobiologi yang dikembangkan bersifat berbasis teks dan kontekstual, sehingga kemampuan membaca serta mengolah informasi tertulis yang merupakan wilayah keunggulan konsisten perempuan sangat menentukan (Miyamoto et al., 2024). Penjelasan perbedaan ini bersifat multifaktorial, dari sisi motivasi dan regulasi diri, perempuan cenderung mengungguli laki-laki pada seluruh dimensi regulasi diri belajar, mencakup fase persiapan, pelaksanaan, maupun evaluasi pembelajaran (Liu et al., 2021). Perbedaan ini bukanlah perbedaan kapasitas intelektual bawaan, melainkan dimediasi oleh faktor sosialisasi, internalisasi ekspektasi peran gender, perbedaan pengalaman belajar di kelas, serta iklim ruang belajar yang membentuk cara murid mendekati materi ilmiah (Eccles, 2014).

Tren penurunan skor dari kelompok usia 15 tahun ke usia 16 dan 17 tahun sejalan dengan literatur motivasi remaja. Hanfstingl & Gnambs (2015) menyebutkan bahwa motivasi belajar intrinsik cenderung menurun sepanjang masa remaja jika kebutuhan psikologis dasar (otonomi, kompetensi, keterhubungan) tidak terpenuhi di sekolah. Hsieh et al. (2019) menunjukkan bahwa keyakinan motivasional murid dalam sains mengalami pola perubahan yang berbeda tergantung subjek, *utility value* menurun secara konsisten di seluruh subjek sains, sementara *ability self-concept* meningkat dalam biologi namun menurun dalam fisika dari kelas 9 hingga 11. Temuan ini relevan bagi pengembangan instrumen literasi mikrobiologi karena mengingatkan bahwa motivasi murid terhadap domain biologis tidak bersifat seragam, dan pengukuran literasi perlu mempertimbangkan

dimensi afektif yang bervariasi antar subjek. Interpretasi tren ini harus mempertimbangkan keterbatasan data, di mana kelompok usia 15 tahun hanya terdiri atas 14 murid sehingga belum stabil untuk diestimasi. Konsekuensinya, penurunan skor ini belum dapat dipisahkan dari variasi individual non-usia, sehingga temuan ini lebih tepat dipahami sebagai indikasi awal untuk penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih berimbang daripada sebagai generalisasi mutlak.

Tidak adanya perbedaan bermakna dalam literasi mikrobiologi antarkelompok suku dalam penelitian ini konsisten dengan argumen kualitas pengajaran guru yang mencakup latar belakang profesional, keyakinan motivasional, serta praktik instruksional di kelas terbukti menjadi prediktor signifikan terhadap capaian dan motivasi sains murid, bahkan setelah mengontrol variabel demografis seperti jenis kelamin, latar belakang etnis, dan status sosioekonomi murid (Ekmekci & Serrano, 2022). Analisis kebijakan oleh Darling-Hammond (2000) menunjukkan bahwa investasi pada kualitas guru merupakan prediktor terkuat bagi capaian murid, ketika murid dari berbagai latar belakang demografis memperoleh kualitas pengajaran yang setara, kesenjangan capaian berdasarkan atribut sosial seperti etnis akan menyempit secara signifikan. Hal ini menjelaskan bahwa variasi kecil antarsuku dalam data penelitian ini jauh lebih mungkin mencerminkan perbedaan pengalaman belajar individual, seperti frekuensi paparan materi mikrobiologi dan interaktivitas pembelajaran di kelas daripada perbedaan kultural dalam kapasitas memahami sains.

Penelitian ini berhasil menghasilkan instrumen yang valid, reliabel, layak, dan praktis, namun terdapat beberapa keterbatasan diantaranya ukuran sampel uji empiris yang relatif kecil dan prosedur penskoran soal jawaban terbuka dalam penelitian ini belum melalui kalibrasi antarpemilai yang terstandarisasi secara formal. Temuan implementasi yang menunjukkan seluruh dimensi literasi mikrobiologi murid masih berada pada kategori perlu bimbingan tidak hanya mencerminkan kondisi kemampuan murid, tetapi juga mengindikasikan bahwa pembelajaran mikrobiologi di kelas belum secara sistematis membangun kompetensi literasi secara berjenjang dari penguasaan terminologi dasar hingga integrasi konsep dengan isu sosial-ekologis global.