

PENGEMBANGAN INSTRUMEN SOAL HOTS UNTUK MENGUKUR KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH PADA SUBMATERI TRANSPORT MEMBRAN

Developments of HOTS Question Instruments to Measure Problem-Solving Skills in The Sub-Topic of Membrane Transport

Kholilah Dwi Kartika Desi

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email : kholilah.22079@mhs.unesa.ac.id

Endang Susantini

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: endangsusantini@unesa.ac.id

Corresponding author: endangsusantini@unesa.ac.id

Abstrak

Keterampilan pemecahan masalah merupakan kompetensi esensial dalam pembelajaran abad ke-21 yang selaras dengan *Sustainable Development Goal 4* tentang pendidikan berkualitas dan dapat dilatihkan melalui soal *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Namun, hingga saat ini belum terdapat instrumen soal HOTS terstandar yang secara spesifik untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah pada submateri transport membran. Penelitian ini bertujuan menghasilkan instrumen soal HOTS untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah pada submateri transport membran. Penelitian ini merupakan *Research & Development* dengan model 4D dan dilaksanakan di SMA Negeri 2 Lamongan dengan subjek siswa kelas XI IPA. Teknik pengumpulan data meliputi studi kepustakaan, validasi ahli dan uji coba terbatas. Analisis data meliputi uji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, daya beda serta analisis ketercapaian indikator pemecahan masalah berdasarkan IDEAL. Penelitian ini menghasilkan dua set instrumen soal HOTS untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah siswa pada submateri transport membran. Kedua set instrumen yang dikembangkan dinyatakan valid secara teoritis dan mayoritas butir soal valid secara empiris, serta reliabilitas yang tinggi. Tingkat kesukaran didominasi kategori sedang dan daya beda baik hingga sangat baik. Analisis ketercapaian indikator keterampilan pemecahan masalah menunjukkan bahwa kemampuan siswa berada pada kategori cukup, dengan indikator *identify problem* sebagai capaian tertinggi dan *anticipate outcomes & act* sebagai capaian terendah. Berdasarkan hasil tersebut, instrumen soal HOTS yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah siswa pada submateri transport membran sebagai upaya mendukung pencapaian pendidikan berkualitas.

Kata Kunci: instrumen soal, HOTS, keterampilan pemecahan masalah, transport membran, pendidikan berkualitas.

Abstract

Problem-solving skills are an essential competency in 21st-century learning that aligns with Sustainable Development Goal 4 on quality education and can be developed through Higher Order Thinking Skills (HOTS) questions. However, to date, there has been no standardized HOTS question instrument specifically designed to measure problem-solving skills in the subtopic of membrane transport. This study aims to develop a HOTS question instrument to measure problem-solving skills in the sub-topic of membrane transport. This study is a Research & Development project using the 4D model and was conducted at SMA Negeri 2 Lamongan with 11th-grade science students as the subjects. Data collection techniques included a literature review, expert validation, and a pilot test. Data analysis included validity and reliability tests, difficulty level assessment, discriminative power, and an analysis of problem-solving indicator achievement based on the IDEAL framework. This study produced two sets of HOTS test instruments to measure students' problem-solving skills in the membrane transport subtopic. Both sets of instruments developed were found to be theoretically valid, with the majority of test items empirically valid, and demonstrated high reliability. The difficulty level was predominantly in the moderate category, and the discriminative power ranged from good to very good. Analysis of the achievement of problem-solving skill indicators showed that students' abilities fell into the adequate category, with the "identify problem" indicator as the highest achievement and "anticipate outcomes & act" as the lowest. Based on these results, the developed HOTS test instruments were deemed suitable for measuring students' problem-solving skills in the membrane transport subtopic as an effort to support the achievement of quality education.



Keywords: *test instruments, HOTS, problem-solving skills, membrane transport, quality education.*

PENDAHULUAN

Tuntutan pembelajaran abad ke-21 mengharuskan siswa menguasai berbagai keterampilan, salah satunya keterampilan pemecahan masalah. Dalam konteks ini, Lu & Xie (2024) menyatakan bahwa keterampilan pemecahan masalah mencerminkan kapasitas siswa dalam menganalisis situasi, merumuskan solusi, mengambil keputusan yang tepat serta mengevaluasi hasil secara kritis. Faizah, *et al.* (2021) menambahkan bahwa keterampilan pemecahan masalah perlu dilatihkan secara sistematis agar siswa mampu menghadapi tantangan era *Society 5.0*. Kondisi ini memiliki relevansi yang kuat dengan tujuan keempat dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs), yang menghendaki terwujudnya pendidikan bermutu, terbuka dan dapat diakses secara setara oleh semua individu tanpa terkecuali. Siswanto & Meiliasari (2024) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa keterampilan pemecahan masalah dalam pembelajaran dapat diidentifikasi melalui beberapa indikator penting. Indikator tersebut mengadopsi dari Bransford dan Stein (1984) yaitu IDEAL yang merupakan akronim dari *identify problem, define goal, explore possible strategies, anticipate outcomes & act* serta *look back & learn*.

Berbagai studi memperlihatkan bahwa kemampuan siswa Indonesia dalam menyelesaikan persoalan kompleks masih belum berkembang sebagaimana yang diharapkan. Chaerunisa & Pitorini (2022) menegaskan bahwa kemampuan siswa SMA untuk menyelesaikan persoalan di ranah sains maupun matematika hingga kini masih jauh dari kondisi yang diharapkan. Dalam upaya melatih keterampilan pemecahan masalah pada siswa, pengembangan soal *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif strategi. Susantini (2021) mengungkapkan bahwa HOTS didefinisikan sebagai keterampilan berpikir tingkat tinggi yang melibatkan aktivitas kognitif dalam mengkoneksikan dan mentransformasi informasi untuk mendapatkan solusi yang tepat. Dalam Taksonomi Bloom (1956) HOTS mencakup pada 3 level kognitif tertinggi yaitu C4 (menganalisis), C5 (mengevaluasi) dan C6 (mencipta). Soal HOTS mengarahkan siswa untuk mengembangkan pola pikir kritis, mulai dari menelaah persoalan yang kompleks, mempertimbangkan berbagai solusi, hingga merumuskan simpulan yang dapat dipertanggungjawabkan (Sholihah & Astuti, 2025).

Dalam proses pembelajaran saat ini, guru sudah memulai untuk mengembangkan instrumen soal yang berbasis HOTS. Namun, Baidlowi, *et al.* (2019) dan Nasution, *et al.* (2024) mengungkapkan bahwa rata-rata soal yang dikembangkan masih berbasis pada *Lower Order Thinking Skills* (LOTS) dan *Middle Order Thinking Skills* (MOTS). Berdasarkan keterangan dari guru Biologi di SMA Negeri 2 Lamongan menunjukkan bahwa soal-soal yang dikembangkan pada pembelajaran Biologi khususnya transport membran masih cenderung terbatas pada level kognitif C1 hingga C4, sementara soal pada level C5 dan C6 belum dikembangkan secara optimal. Ketersediaan instrumen yang terstandar untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah juga masih sangat terbatas. Instrumen yang terstandar mengacu pada perangkat penilaian yang telah melalui proses uji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya beda soal sehingga mampu menghasilkan alat ukur yang akurat, konsisten dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah (Purba, *et al.*, 2021).

Biologi merupakan bidang kajian yang menelaah berbagai aspek kehidupan secara kontekstual. Selain membekali siswa dengan penguasaan konsep, Biologi juga menumbuhkan kemampuan berpikir ilmiah siswa dalam memahami, menganalisis serta menginterpretasikan berbagai fenomena yang dijumpai dalam keseharian, di mana salah satu contoh konkretnya dapat ditemukan pada submateri transport membran dalam pokok bahasan sel yang membahas mekanisme pergerakan zat melalui membran sel. Halpin & Gopalan (2021) menyatakan bahwa submateri ini membutuhkan pemahaman konsep yang mendalam terkait dengan transport pasif dan aktif serta memerlukan kemampuan analisis dan sintesis informasi yang sejalan dengan pengembangan HOTS. Namun, Azqiya & Rahayu (2022) menemukan sebanyak 61,67% siswa masih memiliki pemahaman konsep yang rendah. Difusi dan osmosis tergolong sebagai topik yang sukar dicerna oleh siswa disebabkan oleh sifatnya yang tidak berwujud nyata sehingga sulit untuk dipahami secara konkret. (Anggraini & Lisdiana, 2024). Selain itu, pembelajaran pada submateri transport membran masih cenderung berfokus pada hafalan konsep khususnya pada materi transport aktif, sehingga siswa lebih terbiasa mengingat mekanisme tanpa memahami keterkaitan dengan fenomena biologis dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, transport membran dipilih sebagai fokus pengembangan instrumen soal HOTS karena kompleksitas konsep dan relevansinya dengan HOTS.

Kajian mengenai instrumen penilaian berbasis HOTS dalam pembelajaran Biologi telah banyak dilakukan dengan cakupan materi yang beragam. Rini & Budijastuti (2022) mengkaji tentang pengembangan instrumen soal HOTS pada materi sistem gerak, Salsabila & Trimulyono (2023) pada materi virus serta Nasution, *et al.* (2024) pada materi biologi semester ganjil kelas XI SMA. Namun, hingga saat ini belum terdapat instrumen soal HOTS terstandar yang secara

spesifik untuk mengukur indikator keterampilan pemecahan masalah pada submateri transport membran. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengembangkan instrumen soal HOTS yang terstandar pada submateri transport membran, sehingga penelitian ini relevan untuk dilaksanakan. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan instrumen soal HOTS yang valid dan reliabel memiliki analisis tingkat kesukaran, daya beda serta dapat mengukur keterampilan pemecahan masalah pada submateri transport membran.

METODE

Mengacu pada model 4D yang digagas oleh Thiagarajan, *et al.* (1974), penelitian ini termasuk dalam jenis *Research & Development* (R&D) yang proses pengembangannya melewati 4 tahap yaitu *Define, Design, Develop* dan *Disseminate*. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif. Pendekatan ini dipilih karena objek yang akan diteliti akan divisualisasikan dalam bentuk angka dan dianalisis secara statistik yang bertujuan untuk mengetahui validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, daya beda serta ketercapaian indikator IDEAL berdasarkan instrumen soal HOTS yang telah dikembangkan.

Tahap *define* terdapat 5 analisis yang akan dilakukan yaitu analisis awal, analisis siswa, analisis konsep, analisis tugas dan merumuskan tujuan pembelajaran. Tahap *design* meliputi pemilihan bentuk soal, penentuan level kognitif HOTS dan indikator keterampilan pemecahan masalah, penentuan set instrumen serta penyusunan kisi-kisi soal. Tahap *develop* meliputi penyusunan butir soal yang terdiri dari 3 set soal yaitu A, B dan C. Instrumen yang telah dikembangkan akan diuji validitas teoritis. Setelah memperoleh predikat valid, instrumen yang dikembangkan selanjutnya diimplementasikan kepada sejumlah kecil siswa. Pengujian kualitas instrumen dilakukan dengan uji validitas empiris, reliabilitas, analisis tingkat kesukaran, daya beda dan ketercapaian indikator IDEAL. Tahap *disseminate* dilakukan dengan menyebarkan hasil pengembangan instrumen soal HOTS yang telah diuji dan direvisi berupa jurnal atau artikel ilmiah.

Uji validitas pada penelitian ini terdapat 2 tahap yaitu validitas teoritis dan empiris. Validitas teoritis menggunakan pengukuran skala *guttman*. Rumusnya sebagai berikut:

$$p = \frac{f}{n} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

p : persentase validasi

f : jumlah item validasi yang ditandai dengan ceklis

n : total seluruh item

Nilai yang telah didapatkan kemudian diinterpretasikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kriteria Validitas Teoritis

Persentase (%)	Kriteria
0 – 40	Sangat Kurang
41 – 60	Kurang
61 – 70	Cukup
71 – 85	Valid
86 – 100	Sangat Valid

Sumber: Sudaryono, *et al.* (2018)

Uji validitas empiris menggunakan *software* IBM SPSS Statistic 25 dengan menggunakan rumus korelasi *Pearson Product Moment*. Kriteria validitas ditentukan berdasarkan nilai *r*-hitung yang dibandingkan dengan *r*-tabel pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) dengan $df = n - 2$, di mana *n* adalah jumlah responden. Suatu butir soal dinyatakan valid apabila $r\text{-hitung} \geq r\text{-tabel}$ dan nilai signifikansi ($\text{Sig.} < 0,05$) (Widodo, dkk., 2023).

Selanjutnya yaitu uji reliabilitas menggunakan *Cronbach Alpha*. Nilai yang diperoleh kemudian diinterpretasikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kriteria Reliabilitas

Skor Rata-rata	Kriteria
$0,00 < \alpha \leq 0,40$	Tidak Reliabel
$0,41 < \alpha \leq 0,60$	Kurang Reliabel
$0,61 < \alpha \leq 0,70$	Cukup Reliabel
$0,71 < \alpha \leq 0,80$	Reliabel
$0,81 < \alpha \leq 1,00$	Sangat Reliabel

Sumber: Son (2019)

Selanjutnya yaitu analisis tingkat kesukaran butir soal yang dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Pilihan Ganda} \quad P = \frac{B}{JS} \dots \dots \dots (2) \quad \text{Uraian} \quad P = \frac{\bar{x}}{S_{max}} \dots \dots \dots (3)$$

- P** : indeks kesukaran butir soal
B : akumulasi siswa yang memberikan jawaban secara tepat
JS : total keseluruhan siswa yang mengikuti tes
 $\bar{x}$: nilai rata-rata skor yang diperoleh siswa pada butir soal tersebut
S_{max} : skor maksimal pada butir soal tersebut

Tingkat kesukaran soal memiliki 3 kategori berdasarkan nilai indeks kesukaran yaitu mudah, sedang dan tinggi. Berikut disajikan kriteria tingkat kesukaran butir soal pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Indeks Kesukaran Butir Soal

Indeks Kesukaran	Kategori
0,00 – 0,30	Sukar
0,31 – 0,70	Sedang
0,71 – 1,00	Mudah

Sumber: Arikunto (2018)

Analisis daya beda soal, dilakukan untuk mengetahui kemampuan soal dalam membedakan siswa berkemampuan tinggi dan rendah. Daya beda dapat dianalisis dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Pilihan Ganda} \quad DP = \frac{BA}{JA} - \frac{BB}{JB} = PA - PB \dots (4) \quad \text{Uraian} \quad DP = \frac{\bar{x}_A - \bar{x}_B}{S_{max}} \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- BA** : jumlah kelompok atas yang menjawab benar
BB : jumlah kelompok bawah yang menjawab benar
JA : jumlah kelompok atas (memiliki kemampuan tinggi)
JB : jumlah kelompok bawah (memiliki kemampuan rendah)
PA : proporsi kelompok atas yang menjawab benar
PB : proporsi kelompok bawah yang menjawab benar
 $\bar{x}_A$: Rata-rata skor kelompok atas
 $\bar{x}_B$: Rata-rata skor kelompok bawah
S_{max} : skor maksimal pada butir soal tersebut

Hasil yang diperoleh selanjutnya diinterpretasikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Indeks Daya Beda Soal

Indeks Daya Beda	Kriteria
0,00 – 0,20	Kurang
0,21 – 0,40	Cukup
0,41 – 0,70	Baik
0,71 – 1,00	Sangat Baik

Sumber: Quaigrain & Arhin (2017)

Ketercapaian setiap indikator keterampilan pemecahan masalah dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Ketercapaian Indikator (\%)} = \left(\frac{\text{Total Skor Siswa pada Indikator}}{\text{Skor Maksimal Indikator}} \right) \times 100\%$$

Hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria yang disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Ketercapaian Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah

Persentase (%)	Kriteria
0 – 40	Kurang

41 – 60	Cukup
61 – 80	Baik
81 – 100	Sangat Baik

Sumber: Aisyah, *et al.* (2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validitas

Uji validitas teoretis dilakukan sebagai tahap awal untuk menilai kelayakan instrumen sebelum diujicobakan kepada siswa. Uji validitas teoretis dilakukan berdasarkan penilaian ahli atau validator yang mencakup aspek materi, konstruksi soal dan penggunaan bahasa dengan menggunakan lembar validasi. Berikut disajikan hasil rekapitulasi uji validitas teoretis instrumen soal HOTS pada submateri transport membran.

Tabel 6. Hasil Uji Rekapitulasi Validitas Teoritis Soal HOTS Submateri Transport Membran Set A, B dan C.

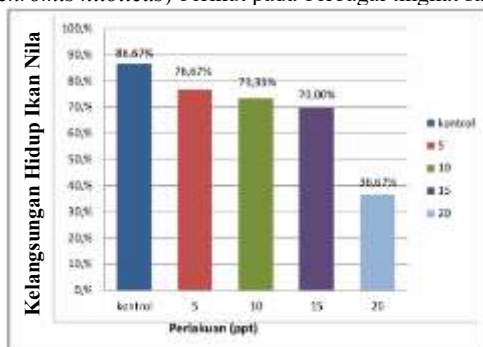
Aspek	Persentase (%)			Kriteria		
	Set A	Set B	Set C	Set A	Set B	Set C
Materi	92,83	93,03	92,83	Sangat Valid	Sangat Valid	Sangat Valid
Konstruk	100	100	99,26	Sangat Valid	Sangat Valid	Sangat Valid
Bahasa	99,11	99,11	99,56	Sangat Valid	Sangat Valid	Sangat Valid
Rata-rata	97,31	97,38	97,22	Sangat Valid	Sangat Valid	Sangat Valid

Berdasarkan pada **Tabel 6** hasil uji validitas teoritis menunjukkan bahwa instrumen soal HOTS pada submateri transport membran yang dikembangkan memperoleh kategori sangat valid pada ketiga set instrumen. Melalui proses pengembangan yang sistematis, instrumen yang dihasilkan terbukti mampu memenuhi standar kelayakan dari segi kualitas materi, ketepatan konstruksi butir soal, maupun kaidah kebahasaan yang berlaku. Aspek konstruksi soal memperoleh persentase tertinggi yang mengindikasikan bahwa struktur soal telah sesuai dengan kaidah penyusunan soal HOTS. Aspek konstruksi mencakup penggunaan stimulus yang kontekstual dan memicu keterampilan berpikir tingkat tinggi serta penulisan butir soal yang menggunakan redaksi pertanyaan atau instruksi yang menuntut uraian jawaban dari siswa.

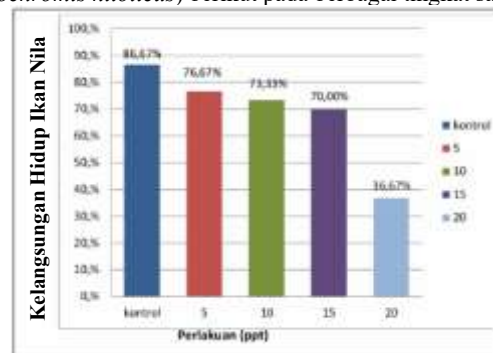
Dari sisi kebahasaan, soal yang dikembangkan telah menggunakan bahasa yang jelas, berpedoman pada kaidah bahasa Indonesia yang benar, serta terbebas dari diksi yang dapat memicu kerancuan interpretasi. Hasil ini diperkuat oleh Ismail, *et al.* (2025) yang menekankan bahwa kualitas kebahasaan harus mencakup tingkat keterbacaan yang baik, mengandung makna yang tidak ambigu, serta menggunakan terminologi yang tepat sasaran untuk meminimalkan potensi bias pemahaman siswa. Dari sisi substansi materi, soal yang dikembangkan telah selaras dengan capaian pembelajaran, mengintegrasikan indikator HOTS dan keterampilan pemecahan masalah, menyajikan konsep transport membran secara tepat, serta memiliki cakupan pertanyaan dan jawaban yang terdefinisi dengan baik. Syaifudin (2020) menyatakan bahwa instrumen dikatakan valid secara isi apabila butir soal merepresentasikan kompetensi dan materi yang hendak diukur secara tepat. Namun, meskipun hasil validitas teoritis menunjukkan kategori sangat valid, para validator memberikan beberapa masukan konstruktif yang perlu ditindaklanjuti untuk memastikan instrumen yang dihasilkan benar-benar berkualitas. Hasil perbaikan butir soal HOTS disajikan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Perbaikan Butir Soal HOTS dari Uji Validitas Teoritis

Soal Sebelum Revisi	Soal Sesudah Revisi
Perhatikan grafik kelangsungan hidup benih ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) berikut pada berbagai tingkat salinitas:	Perhatikan grafik kelangsungan hidup benih ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) berikut pada berbagai tingkat salinitas:



Gambar 1. Persentase Kelangsungan Hidup Ikan Nila selama Masa Pemeliharaan 60 hari



Gambar 1. Persentase Kelangsungan Hidup Ikan Nila selama Masa Pemeliharaan 60 hari

Soal Sebelum Revisi

Sumber: Situmorang, Kristina, Yolean Palembang dan Melisa Masengi. (2022). Pengaruh Perbedaan Salinitas terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Integrated of Fisheries Science*, 1(1): 28-35.

Seorang kelompok pembudidaya ikan nila mencoba untuk membudidayakan dengan menebar benih ikan nila di tambak payau dengan kadar salinitas mendekati air laut (20 ppt). Setelah 60 hari, sebagian besar benih ikan nila mati. Peneliti kemudian mengamati beberapa kondisi ikan sebelum mati:

- Ikan terlihat kurus dan dehidrasi
- Produksi urin ikan sangat sedikit
- Insang ikan bekerja sangat aktif
- Kematian ikan terjadi secara bertahap

Berdasarkan grafik kelangsungan hidup dan gejala yang diamati, **identifikasilah penyebab utama kematian ikan nila** pada salinitas 20 ppt! Jelaskan jawabannya berdasarkan konsep osmoregulasi!

Soal Sesudah Revisi

Sumber: Situmorang, *et.al.* (2022). Pengaruh Perbedaan Salinitas terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Integrated of Fisheries Science*, 1(1): 28-35.

Seorang kelompok pembudidaya ikan nila mencoba untuk membudidayakan dengan menebar benih ikan nila di tambak payau dengan kadar salinitas mendekati air laut (20 ppt). Setelah 60 hari, sebagian besar benih ikan nila mati. Peneliti kemudian mengamati beberapa kondisi ikan sebelum mati:

1. Ikan terlihat kurus dan dehidrasi
2. Produksi urin ikan sangat sedikit
3. Insang ikan bekerja sangat aktif
4. Kematian ikan terjadi secara bertahap

Berdasarkan grafik dan gejala yang diamati, nilailah faktor-faktor yang menyebabkan kematian ikan nila pada salinitas 20 ppt dan jelaskan hubungan antar faktor tersebut berdasarkan prinsip osmoregulasi!

Rizki, siswa pecinta aquarium, memelihara ikan mas koki dalam aquarium berukuran 50 liter. Ia memasang filter dan aerator, tetapi setelah 3 hari ikan-ikannya terlihat lemas dan sering naik ke permukaan. Setelah dites, kadar oksigen dalam air masih normal, tetapi kadar karbon dioksida sangat tinggi. Rizki bingung karena aerator sudah terpasang namun masalah masih terjadi. Teman-temannya memberikan berbagai saran strategi:

- **Strategi A:** Meningkatkan sirkulasi air dengan menambah pompa air
- **Strategi B:** Menambah tanaman air di dalam aquarium
- **Strategi C:** Mengurangi jumlah ikan atau porsi pakan
- **Strategi D:** Mengganti 30% air secara rutin setiap minggu
- **Strategi E:** Menambah luas permukaan air dengan mengubah posisi aquarium

Berdasarkan beberapa strategi yang diusulkan teman-temannya, **evaluasilah kombinasi strategi yang paling efektif** untuk mengatasi masalah tingginya CO₂ dalam aquarium Rizki beserta alasan ilmiahnya!

Rizki, siswa pecinta aquarium, memelihara ikan mas koki dalam aquarium berukuran 50 liter. Setelah 3 hari ikan-ikannya terlihat lemas dan sering naik ke permukaan. Hasil pemeriksaan menunjukkan, kadar oksigen dalam air masih normal, tetapi kadar karbon dioksida sangat tinggi. Untuk mengatasinya, Rizki mencoba menambah pompa air, tetapi kadar CO₂ tetap tidak menurun.

Berdasarkan konsep difusi:

- A. Strategi apa saja yang dapat kamu tawarkan kepada Rizki untuk mengatasi tingginya kadar CO₂ dalam aquarium Rizki berdasarkan prinsip difusi? Sebutkan minimal 2 strategi!
- B. Dari strategi yang kamu susun, evaluasilah strategi yang dapat langsung menurunkan kadar CO₂ kemudian jelaskan alasan ilmiahnya!

Kakak Rika memiliki tanaman hias di rumah yang selalu tampak segar meskipun hanya disiram sedikit air setiap hari. Ia mengatakan bahwa sebelum menanam, ia merendam bibit tanaman dalam larutan gula encer selama beberapa jam.

Melihat hal itu, Rika mencoba cara yang sama untuk menanam sayuran hidroponik, tetapi menggunakan larutan gula yang lebih pekat agar tanaman cepat tumbuh. Beberapa hari kemudian, daun sayuran tampak layu dan menggulung.

Berdasarkan evaluasi terhadap kegagalan Rika, **rancanglah prosedur penanaman hidroponik yang seharusnya dilakukan Rika agar tanamannya tumbuh segar seperti milik kakaknya yang mencakup rancangan konsentrasi larutan gula yang optimal** disertai alasan ilmiahnya berdasarkan prinsip transport membran serta prosedur perendaman bibit yang benar!

Kakak Rika memiliki tanaman hias di rumah yang selalu tampak segar meskipun hanya disiram sedikit air setiap hari. Ia mengatakan bahwa sebelum menanam, ia merendam bibit tanaman dalam larutan gula encer selama beberapa jam.

Melihat hal itu, Rika mencoba cara yang sama untuk menanam sayuran hidroponik, tetapi menggunakan larutan gula yang lebih pekat agar tanaman cepat tumbuh. Beberapa hari kemudian, daun sayuran tampak layu dan menggulung.

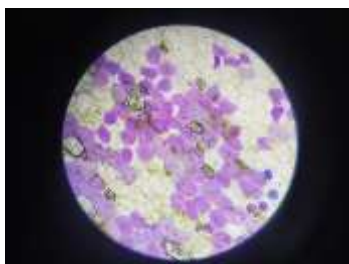
Berdasarkan evaluasi terhadap kegagalan Rika:

- A. Buatlah metode hidroponik inovatif yang memadukan larutan gula dengan nutrisi alternatif atau probiotik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman
- B. Jelaskan alasannya berdasarkan prinsip transport membran!

Seorang siswa sedang melakukan percobaan dengan merendam hasil sayatan dari daun tumbuhan adam hawa (*Rhoeo discolor*) dalam larutan sukrosa dengan konsentrasi 0,20 M selama 30 menit. Hasil pengamatan menunjukkan kondisi sel seperti gambar berikut!

Seorang siswa sedang melakukan percobaan dengan merendam hasil sayatan dari daun tumbuhan adam hawa (*Rhoeo discolor*) dalam larutan sukrosa dengan berbagai konsentrasi yaitu 0,10 M; 0,20 M dan 0,40 M selama 30 menit. Pada salah satu perlakuan, hasil pengamatan menunjukkan kondisi sel seperti pada gambar berikut!

Soal Sebelum Revisi



Sumber: dokumentasi pribadi

Berdasarkan gambar tersebut, analisislah penyebab terjadinya kondisi sel setelah diberikan perlakuan!

- Sel mengalami plasmolisis karena larutan garam bersifat hipotonik, sehingga air keluar dari sel secara osmosis
- Sel mengalami turgid karena larutan garam bersifat hipertonik, sehingga air masuk ke dalam sel secara osmosis
- Sel mengalami plasmolisis karena larutan garam bersifat hipertonik, sehingga air keluar dari sel secara osmosis
- Sel mengalami krenasi karena larutan garam bersifat isotonik, sehingga tidak terjadi perpindahan air
- Sel mengalami lisis karena larutan garam bersifat hipotonik, sehingga air masuk berlebihan ke dalam sel.

Soal Sesudah Revisi



Gambar 1. Sayatan daun adam hawa (*Rhoeo discolor*) dalam larutan sukrosa

Sumber: Desi, 2023 (dokumen pribadi)



Gambar 2. Bagian yang ditunjukkan oleh X

Sumber: Desi, 2023 (dokumen pribadi)

Berdasarkan kondisi sel yang teramati, faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya kondisi pada bagian yang ditunjukkan oleh X tersebut?

- Konsentrasi larutan sukrosa yang rendah, sifat hipotonik larutan dan permeabilitas membran sel
- Konsentrasi larutan sukrosa yang tinggi, aktivitas fotosintesis sel dan tekanan turgor awal
- Konsentrasi larutan sukrosa yang tinggi, sifat basa larutan (pH tinggi) dan suhu lingkungan
- Konsentrasi larutan sukrosa yang tinggi, sifat hipertonik larutan dan durasi perendaman sel
- Konsentrasi larutan sukrosa yang rendah, gradient osmotik dan aktivitas metabolisme sel yang meningkat.

Selanjutnya, uji validitas empiris dilaksanakan berdasarkan data yang dihimpun dari uji coba terbatas pada siswa, dengan tujuan untuk menelaah ketepatan setiap butir soal dalam mengukur konstruk yang ditargetkan. Berikut disajikan hasil uji validitas empiris pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Uji Validitas Empiris Soal HOTS Submateri Transport Membran Set A, B dan C

Keterangan	Set A	Set B	Set C
Jumlah Soal	15	15	15
Jumlah Soal Valid	13	12	14
Jumlah Soal Tidak Valid	2	3	1
Persentase Soal Valid (%)	86,67	80,00	93,33

Hasil tersebut menunjukkan bahwa beberapa butir soal HOTS pada submateri transport membran tidak memenuhi kriteria valid, yang menandakan bahwa soal tersebut tidak mampu mengukur keterampilan pemecahan masalah secara konsisten dengan instrumen secara keseluruhan. Ketidakvalidan butir soal dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk bahasa yang kompleks, istilah ilmiah yang asing, panjang stimulus, konteks yang kurang familiar serta tingkat kesukaran yang tidak seimbang. Rakhmyta & Maulidiyah (2021) mengidentifikasi sejumlah hambatan yang dihadapi siswa ketika mengerjakan soal HOTS seperti ketidakmampuan memahami instruksi soal, keterbatasan pemahaman terhadap makna kata, serta rendahnya tingkat konsentrasi selama proses pengerjaan.

Dalam kaidah pengembangan instrumen yang baik, butir soal yang gagal memenuhi standar validitas perlu ditindaklanjuti dengan melakukan perbaikan secara menyeluruh atau mengeliminasi butir soal tersebut dari instrumen (*drop out*). Sari & Yolanda (2024) menyatakan, butir soal yang tidak memenuhi kriteria validitas perlu ditangani dengan

cara direvisi atau dieliminasi dari instrumen penilaian. Dalam konteks penelitian ini, butir soal yang tidak memenuhi kriteria validitas empiris akan di *drop out* dari instrumen sehingga diharapkan akan diperoleh instrumen yang berkualitas.

Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan untuk membuktikan bahwa instrumen yang dikembangkan mampu menghasilkan pengukuran yang stabil dan ajeg, meskipun diterapkan secara berulang dalam situasi yang relatif tidak berbeda. Keseluruhan butir soal yang valid secara empiris menjadi objek dalam analisis reliabilitas. Hasil uji reliabilitas selanjutnya disajikan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Hasil Uji Reliabilitas Soal HOTS Submateri Transport Membran Set A, B dan C

Set	Nilai Reliabilitas (α)	Keterangan
A	Pilihan Ganda	0,822
	Uraian	0,744
B	Pilihan Ganda	0,866
	Uraian	0,766
C	Pilihan Ganda	0,872
	Uraian	0,827

Hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa instrumen soal HOTS pada submateri transport membran memiliki konsistensi yang cukup tinggi dalam mengukur keterampilan pemecahan masalah siswa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan reliabilitas antara soal pilihan ganda dan uraian. Instrumen soal pada penelitian ini terdiri 10 soal pilihan ganda dan 5 soal uraian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak butir soal, semakin tinggi koefisien reliabilitas karena variasi skor menjadi lebih stabil (Setiyorini *et al.*, 2022). Selain itu, perilaku siswa dapat diukur lebih tepat (Anshari *et al.*, 2024). Dengan demikian, reliabilitas yang tinggi pada instrumen soal HOTS ini memastikan bahwa instrumen dapat digunakan secara berulang dengan hasil yang stabil dan dapat dipercaya.

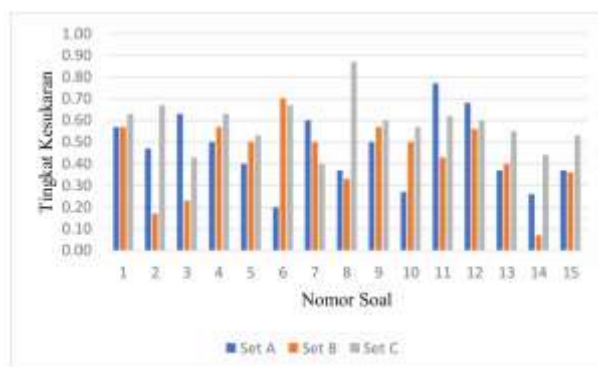
Tingkat Kesukaran

Analisis tingkat kesukaran digunakan untuk memetakan derajat kemudahan atau kesulitan yang terdapat pada setiap butir soal. Analisis tingkat kesukaran dilakukan terhadap seluruh butir soal instrumen. Hasil analisis tingkat kesukaran disajikan pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Hasil Analisis Tingkat Kesukaran Butir Soal HOTS Submateri Transport Membran Set A, B dan C

Keterangan	Set A	Set B	Set C
Jumlah Soal	15	15	15
Jumlah Soal Mudah	1	0	1
Jumlah Soal Sedang	11	12	14
Jumlah Soal Sukar	3	3	0
Persentase Soal Mudah (%)	6,67	0,00	6,67
Persentase Soal Sedang (%)	73,33	80,00	93,33
Persentase Soal Sukar (%)	20,00	20,00	0,00

Untuk mempermudah interpretasi, data tingkat kesukaran divisualisasikan dalam **Gambar 1** yang menampilkan perbandingan tingkat kesukaran butir soal dari setiap set, serta **Gambar 2** yang menunjukkan distribusi proporsi tingkat kesukaran pada setiap set instrumen soal.



Gambar 1. Diagram Batang Perbandingan Tingkat Kesukaran Instrumen Soal HOTS Submateri Transport Membran pada Set A, B dan C



Gambar 2. Distribusi Tingkat Kesukaran Butir Soal HOTS Submateri Transport Membran pada Set A

Hasil tersebut menunjukkan bahwa distribusi tingkat kesukaran pada ketiga set instrumen bervariasi dengan dominasi pada kategori sedang. Secara umum, pola distribusi tingkat kesukaran pada ketiga set instrumen menunjukkan konsistensi, meskipun proporsinya belum sepenuhnya ideal yaitu 30% soal mudah, 50% sedang, dan 20% sukar (Resi, 2024). Dominasi soal kategori sedang serta keterbatasan jumlah soal mudah dan sukar menunjukkan bahwa variasi tingkat kesukaran masih perlu dioptimalkan. Tingkat kesukaran butir soal dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kompleksitas stimulus serta penggunaan istilah ilmiah yang kurang familiar. Soal dengan stimulus yang kompleks dan konteks yang kurang familiar cenderung tergolong sukar, sedangkan soal dengan bahasa sederhana dan konteks yang dekat dengan pengalaman siswa cenderung lebih mudah. Kapoor, *et al.* (2025) menyatakan bahwa butir soal dengan struktur yang mudah dipahami cenderung lebih mudah dijawab siswa meskipun memiliki tuntutan kognitif yang tinggi secara teoritis. Dengan demikian, meskipun instrumen telah mampu mengukur keterampilan pemecahan masalah siswa, pengembangan selanjutnya perlu memperhatikan keseimbangan proporsi tingkat kesukaran yang ideal.

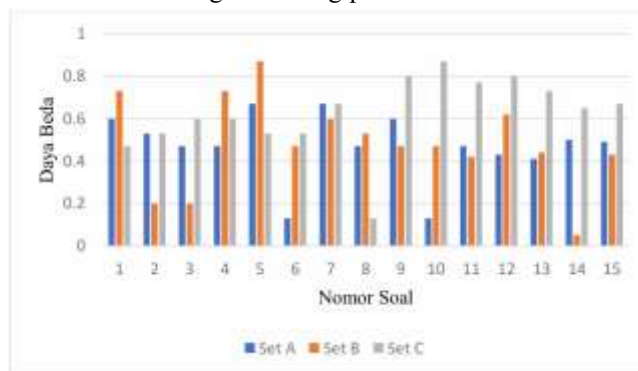
Daya Beda

Kapasitas setiap butir soal dalam memetakan siswa berkemampuan tinggi dan rendah dikaji melalui pelaksanaan analisis daya beda. Hasil analisis daya beda butir soal HOTS pada submateri transport membran disajikan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Hasil Analisis Daya Beda Butir Soal HOTS Submateri Transport Membran Set A, B dan C

Keterangan	Set A	Set B	Set C
Jumlah Soal	15	15	15
Jumlah Soal Sangat Baik	0	3	5
Jumlah Soal Baik	13	9	9
Jumlah Soal Kurang	2	3	1
Persentase Soal Sangat Baik (%)	0,00	20,00	33,33
Persentase Soal Baik (%)	86,67	60,00	60,00
Persentase Soal Kurang (%)	13,33	20,00	6,67

Untuk mempermudah interpretasi dan perbandingan daya beda butir soal pada setiap set instrumen soal, data pada **Tabel 11** divisualisasikan dalam bentuk diagram batang pada **Gambar 5** berikut.



Gambar 5. Diagram Batang Perbandingan Daya Beda Instrumen Soal HOTS Submateri Transport Membran pada Set A, B dan C

Dari hasil yang diperoleh, proporsi terbesar butir soal yang dikembangkan berhasil masuk dalam kualifikasi baik bahkan sangat baik. Perbandingan daya beda butir soal pada setiap set instrumen menunjukkan variasi pola daya beda, dengan set C memiliki proporsi butir soal berkategori sangat baik paling tinggi, yang mengindikasikan kemampuan set tersebut lebih unggul dalam memetakan kemampuan yang dimiliki oleh siswa. Dominasi butir soal dengan daya beda baik dan sangat baik menunjukkan bahwa instrumen yang dikembangkan telah berfungsi secara efektif sebagai alat evaluasi untuk mengukur perbedaan kemampuan siswa. Sebaliknya, butir soal dengan daya beda kurang menunjukkan keterbatasan dalam membedakan kemampuan siswa secara efektif dan berkaitan erat dengan aspek kualitas instrumen lainnya, yaitu validitas dan tingkat kesukaran. Soal yang dinyatakan valid cenderung memiliki daya beda yang baik serta tingkat kesukaran yang seimbang, sebagaimana ditegaskan oleh Nurhalimah, et al. (2022) bahwa terdapat keterkaitan erat antara validitas butir soal dengan kedua aspek tersebut. Dalam konteks penelitian ini, butir soal yang memiliki daya beda kurang juga merupakan butir soal yang tidak valid secara empiris dan memiliki tingkat kesukaran yang cenderung sukar atau sangat mudah. Oleh karena itu, butir soal tersebut perlu direvisi dengan memperhatikan aspek kebahasaan, tingkat kesukaran dan kesesuaian konteks agar dapat meningkatkan daya beda sekaligus kualitas instrumen secara keseluruhan dalam mengukur keterampilan pemecahan masalah siswa.

Ketercapaian Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah

Analisis ketercapaian setiap indikator keterampilan pemecahan masalah dilakukan guna memetakan kompetensi siswa dalam menjalani setiap tahapan pemecahan masalah yang mengacu pada model IDEAL. Hasil analisis ketercapaian setiap indikator disajikan pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Ketercapaian Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah pada Siswa

Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah	Set Final 1 (%)	Set Final 2 (%)	Rata-rata (%)	Kriteria
<i>Identify Problem</i>	56.67	60	58.34	Cukup
<i>Define Goal</i>	49.17	70.83	60.00	Cukup
<i>Explore Possible Strategies</i>	42.96	55	48.98	Cukup
<i>Anticipate Outcomes and Act</i>	44.63	27.84	36.24	Kurang
<i>Look Back and Learn</i>	53	37.84	45.42	Cukup

Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum kemampuan siswa dalam keterampilan pemecahan masalah pada submateri transport membran berada pada kategori cukup baik, yang mengindikasikan bahwa siswa telah memiliki kemampuan dasar dalam memecahkan masalah, namun masih memerlukan pembiasaan dan latihan lebih lanjut untuk meningkatkan keterampilan tersebut. Indikator *identify problem* mencapai persentase tertinggi sebesar 58,34%, menunjukkan siswa umumnya mampu mengenali dan memahami masalah yang disajikan melalui stimulus kontekstual, meskipun konsep-konsep mikroskopis seperti difusi dan osmosis menuntut kemampuan abstraksi (Anggraini & Lisdiana, 2024). Sebaliknya, indikator *anticipate outcomes & act* memiliki persentase terendah, yakni 36,24%, yang menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam memprediksi konsekuensi dari suatu tindakan dan menentukan tindakan antisipatif yang tepat masih perlu ditingkatkan. Rendahnya capaian ini disebabkan oleh kesulitan siswa dalam berpikir sebab-akibat serta siswa kurang terlatih menerapkan konsep untuk memprediksi situasi baru (Arafah, et al., 2020).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun instrumen soal HOTS yang dikembangkan telah valid dan reliabel serta mampu mengukur keterampilan pemecahan masalah, kemampuan siswa dalam keterampilan pemecahan masalah pada submateri transport membran masih bervariasi. Hal ini mengindikasikan perlunya upaya sistematis dan berkelanjutan untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah siswa melalui perbaikan strategi pembelajaran, pembiasaan dengan soal-soal HOTS dan penguatan pemahaman konseptual.

Hasil Pengembangan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap ketiga set instrumen A, B dan C, dilakukan seleksi butir soal terbaik untuk disusun menjadi dua set instrumen final yang siap digunakan dalam mengukur keterampilan pemecahan masalah siswa pada submateri transport membran. Penyusunan instrumen final menggunakan kriteria yaitu butir soal tersebut valid secara empiris dengan nilai $r\text{-hitung} \geq 0,361$, reliabel dengan nilai $\text{Cronbach's Alpha} \geq 0,71$, memiliki tingkat kesukaran bervariasi dan daya beda baik hingga sangat baik dengan nilai $DP \geq 0,41$. Instrumen final hasil

pengembangan terdiri dari dua set soal yang masing-masing memiliki karakteristik butir soal yang berbeda namun tetap mengukur konstruk yang sama. Distribusi butir soal pada kedua set instrumen final disajikan pada **Tabel 13** dan **14** berikut

Tabel 13. Distribusi Butir Instrumen Soal Set 1

No.	Indikator Pemecahan Masalah	Asal Soal	Bentuk Soal	Level Kognitif	TK	Ket. TK	DB	Ket. DB
1.	<i>Identify Problem</i>	B-5	PG	C5	0,50	Sedang	0,87	SB
2.	<i>Identify Problem</i>	A-5	PG	C5	0,40	Sedang	0,67	B
3.	<i>Define Goal</i>	B-1	PG	C4	0,57	Sedang	0,73	SB
4.	<i>Define Goal</i>	A-1	PG	C4	0,57	Sedang	0,60	B
5.	<i>Explore Possible Strategies</i>	C-3	PG	C4	0,43	Sedang	0,60	B
6.	<i>Explore Possible Strategies</i>	A-3	PG	C4	0,63	Sedang	0,47	B
7.	<i>Anticipate Outcomes & Act</i>	A-7	PG	C5	0,60	Sedang	0,67	B
8.	<i>Anticipate Outcomes & Act</i>	C-7	PG	C5	0,40	Sedang	0,67	B
9.	<i>Look Back & Learn</i>	C-10	PG	C5	0,57	Sedang	0,87	SB
10.	<i>Look Back & Learn</i>	A-9	PG	C5	0,50	Sedang	0,60	B
11.	<i>Identify Problem</i>	A-12	U	C5	0,68	Sedang	0,43	B
12.	<i>Define Goal</i>	C-11	U	C4	0,62	Sedang	0,77	SB
13.	<i>Explore Possible Strategies</i>	B-13	U	C5	0,40	Mudah	0,44	B
14.	<i>Anticipate Outcomes & Act</i>	C-14	U	C6	0,44	Sukar	0,65	B
15.	<i>Look Back & Learn</i>	C-15	U	C6	0,53	Sedang	0,67	B

Tabel 14. Distribusi Butir Instrumen Soal Set 2

No.	Indikator Pemecahan Masalah	Asal Soal	Bentuk Soal	Level Kognitif	TK	Ket. TK	DB	Ket. DB
1.	<i>Identify Problem</i>	C-6	PG	C5	0,67	Sedang	0,53	B
2.	<i>Identify Problem</i>	C-5	PG	C5	0,53	Sedang	0,53	B
3.	<i>Define Goal</i>	C-2	PG	C4	0,67	Sedang	0,53	B
4.	<i>Define Goal</i>	C-1	PG	C4	0,63	Sedang	0,47	B
5.	<i>Explore Possible Strategies</i>	B-4	PG	C4	0,57	Sedang	0,73	SB
6.	<i>Explore Possible Strategies</i>	A-4	PG	C4	0,50	Sedang	0,47	B
7.	<i>Anticipate Outcomes & Act</i>	B-7	PG	C5	0,50	Sedang	0,60	B
8.	<i>Anticipate Outcomes & Act</i>	B-8	PG	C5	0,33	Sedang	0,53	B
9.	<i>Look Back & Learn</i>	C-9	PG	C5	0,60	Sedang	0,80	SB
10.	<i>Look Back & Learn</i>	B-10	PG	C5	0,50	Sedang	0,47	B
11.	<i>Identify Problem</i>	C-12	U	C5	0,37	Sedang	0,47	B
12.	<i>Define Goal</i>	A-11	U	C5	0,50	Sedang	0,47	B
13.	<i>Explore Possible Strategies</i>	C-13	U	C4	0,77	Mudah	0,47	B
14.	<i>Anticipate Outcomes & Act</i>	A-14	U	C4	0,26	Sukar	0,50	B
15.	<i>Look Back & Learn</i>	B-15	U	C5	0,60	Sedang	0,80	SB

Keterangan

SB : Sangat Baik

B : Baik

PG : Pilihan Ganda

U : Uraian

PENUTUP

Simpulan

Telah dihasilkan dua set instrumen soal HOTS final dari tiga set instrumen soal awal yang telah melalui proses seleksi butir berdasarkan uji validitas empiris, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya beda. Dua set instrumen final yaitu instrumen 1 dan 2 layak digunakan sebagai instrumen evaluasi untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah siswa pada submateri transport membran. Instrumen soal HOTS yang dikembangkan memiliki validitas teoritis sangat valid serta validitas empiris yang menunjukkan sebagian besar butir soal dinyatakan valid. Hasil uji reliabilitas menunjukkan instrumen berada pada kategori reliabel hingga sangat reliabel. Tingkat kesukaran instrumen didominasi kategori sedang, namun distribusinya belum memenuhi proporsi ideal. Selain itu, daya beda instrumen mayoritas berada pada kategori baik hingga sangat baik. Analisis ketercapaian indikator keterampilan pemecahan masalah berdasarkan model IDEAL menunjukkan bahwa kemampuan siswa secara umum berada pada kategori cukup, dengan persentase ketercapaian

tertinggi pada indikator *identify problem* sebesar 58,89% dan terendah pada indikator *anticipate outcomes & act* sebesar 36,24%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar guru biologi menggunakan instrumen HOTS ini sebagai referensi dalam menyusun soal evaluasi dengan mengadaptasi kisi-kisi yang tersedia, serta melatih siswa secara bertahap melalui penggunaan formatif agar siswa terbiasa dengan karakteristik soal pemecahan masalah sebelum menghadapi tes sumatif. Sementara itu, peneliti selanjutnya dapat mengembangkan instrumen sejenis untuk materi atau jenjang berbeda, menyempurnakan variasi dan tingkat kesukaran soal, serta memperhatikan alokasi waktu memadai untuk tahap validasi mengingat pengembangan instrumen berkualitas memerlukan revisi atau perbaikan berdasarkan masukan validator.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ibu Dr. Ulfi Faizah, S. Pd., M. Si. dan Ibu Lisa Lisdiana, S. Si., M. Si., Ph.D., selaku dosen penguji sekaligus validator, yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam penelitian ini. Selain itu, terima kasih disampaikan kepada Ibu Silvia Estuningsih, S. Pd. yang telah berkenan menjadi validator serta siswa kelas XI IPA 1, 2 dan 4 SMAN 2 Lamongan yang telah mendukung pelaksanaan uji coba terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, P. N., Siti U. N. K., Anik Y. & Euis E. R. (2018). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMP pada Materi Segiempat dan Segitiga. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*: 1(5):1025-1036.
- Anggraini, L. & Lisa L. (2024). *Development Of Electronic Worksheet Based on Scientific Approach to Train Critical Thinking Skills on Membrane Transport Topic*. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 13(1): 1-11.
- Anshari, M. I., Rodiah N., Muhammad I., Alifia Z. A. & Indah A. Z. (2024). Analisis Validitas dan Reliabilitas Butir Soal Sumatif Akhir Semester Ganjil Mata Pelajaran PAI. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(1): 965-977.
- Arafah, K., B. D Amin, S. S. Sari & A. Hakim. (2020). *The Development of Higher Order Thinking Skills (HOTS) Instrument Assessment in Physics Study*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-8.
- Arikunto, S. (2018). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan edisi 3*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Azqiya, T. T. & Yuni S. R. (2022). *Misconception Profile of 11th Grade High School Students on Membrane Transport Using Three Tier Diagnostic Tests*. *Bioedu*, 11(1): 21-27.
- Baidlowi, H. M., Sunarmi. & Sulisetiono. (2019). Pengembangan Instrumen Soal Essay Tipe *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) Materi Struktur Jaringan dan Fungsi Organ Pada Tumbuhan Kelas XI SMAN 1 Tumpang. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(2): 57-65.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification Of Educational Goals*. New York: David McKay Company.
- Chaerunisa, Z. F. & Dewi E. P. (2022). Profil Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMA Mata Pelajaran Biologi. *Bio-Pedagogi: Jurnal Pembelajaran Biologi*, 11(2): 8-14.
- Faizah, Ulfi, Nuryani Y. Rustaman, Reni Ambarwati & Dwi A. Rahayu. (2021). Persepsi Calon Guru Biologi tentang Keterampilan Memecahkan Masalah Biodiversitas: Kajian Terkait Society 5.0. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 2(2): 12-23.
- Halpin, P. A. & Chaya G. (2021). *Teaching Membrane Transport Concepts Using Flipped Teaching and Dramatizations*. *American Biology Teacher*, 83(5): 337-340.
- Ismail, E. N., Denissa A. R., Ellsya E. A. R. & Akil A. A. (2025). Validitas Alat Ukur dalam Evaluasi Pembelajaran: Studi Faktor yang Mempengaruhi Validitas Alat Ukur. *Jurnal Kajian Ilmiah Interdisipliner*, 9(5): 391-400.
- Kapoor, R., Sang T. T., Nick H., Maria A. R. P. & Benjamin W. D. (2025). *Prediction of item difficulty for reading comprehension items by creation of annotated item repository*. *arXiv arXiv:2502.20663*.
- Lu D. & Ya-Nan Xie. (2024). *The Application of Educational Technology to Develop Problem-Solving Skills: A Systematic Review*. *Elsevier*, 51.

- Nasution, R. M., Hasruddin & Fauziyah H. (2024). Pengembangan Instrumen Penilaian Hasil Belajar Berbasis HOTS pada Materi Biologi Semester Ganjil Kelas XI SMA. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 13(3): 3513-3522.
- Nurhalimah, S., Yunin H., Irsyad R. & Wiwin P. H. (2022). Hubungan Antara Validitas Item dengan Daya Pembeda dan Tingkat Kesukaran Soal Pilihan Ganda PAS. *Jurnal Natural Science Educational Research*, 4(3): 249-257.
- Purba Y. O., Fadhilaturrahmi J. T. P. & Kevin W. A. S. (2021). *Teknik Uji Instrumen Penelitian Pendidikan*, Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung.
- Quaigrain, K. & Ato K. A. (2017). *Using Reliability and Item Analysis to Evaluate a Teacher-Developed Test in Educational Measurement and Evaluation*. *Cogent Education*, 4: 1-11.
- Rakhmyta, Yunie A. & Alif M. (2021). *Students Difficulties in Solving Higher Order Thinking Skills (HOTS) Reading Comprehension Section at SMA 1 Takengon*. *Jurnal As-Salam*, 5(2): 153-163.
- Resi, D. N. (2024). Analisis Kualitas Soal Penilaian Tengah Semester Biologi dengan Teori Tes Klasik dan Rasch Model. *Bio-Pedagogi*, 13(2): 63-77.
- Rini, A. F. & Widowati B. (2022). Pengembangan Instrumen Soal HOTS untuk Mengukur Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Sistem Gerak Manusia. *Bioedu*, 11(1): 127-137.
- Salsabila, P. A. & Guntur T. (2023). Pengembangan Instrumen Penilaian HOTS Materi Virus untuk Mengukur Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA. *Bioedu*, 12(2): 287-297.
- Sari, Ayu P. I. & Yolanda. (2024). Validitas dan Reliabilitas Soal Ujian Sumatif Tengah Semester (STS) Kelas X Fase-E SMA Negeri 8 Palembang Tahun Pelajaran 2023/2024. *Alfabeta: Jurnal Bahasa, Sastra dan Pembelajarannya*, 7(2): 337-347.
- Setiyorini, T. J., Zyah R. J & Abdul N. (2022). Analisis Faktor-faktor yang mempengaruhi Reliabilitas Tes Tata Bahasa Inggris Universitas di Indonesia. *Didaktis: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan*, 22(3).
- Sholihah, A. M. & Dwi S. A. (2025). Analisis Tingkat Kognitif pada Soal Buku Teks IPA Kelas VII Berdasarkan Taksonomi Bloom (Revisi). *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1): 126-137.
- Siswanto, E. & Meiliasari. (2024). Kemampuan Pemecahan Masalah pada Pembelajaran Matematika: *Systematic Literature Review*. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika Sekolah*, 8(1): 45-59.
- Son, A. L. (2019). Instrumentasi Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis : Analisis Reliabilitas, Validitas, Tingkat Kesukaran dan Daya Beda Butir Soal. *Gema Wiralodra*, 10(1): 41-52.
- Sudaryono, U. R., Qurotul A., Yuliana I. G. & Ninda L. (2018). *Validity of Test Instruments*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-11.
- Susantini, E. (2021). Ide-ide Pembelajaran Biologi yang Dapat Melatih *High Order Thinking Skills* (HOTS). *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek ke-VI*, 28-38.
- Syaifudin. (2020). Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penilaian pada Mata Pelajaran Bahasa Arab. *Cross-Border: Jurnal Kajian Perbatasan Antarnegara, Diplomasi dan Hubungan Internasional*, 3(2): 106-118.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minneapolis, Minnesota: Leadership Training Institute/Special Education, University of Minnesota.
- Yadnyawati, Ida Ayu Gde. (2019). *Evaluasi Pembelajaran*, Bali: UNHI Press.