



Model *Questioning, Organizing, Doing and Evaluating* (QODE) Berbantuan PhET: Meningkatkan Pemecahan Masalah pada Konsep Gelombang Mekanik

Inggit Budiani, Herni Yuniarti Suhendi*, Yanti Sofi Makiyah

Pendidikan Fisika, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia

Abstrak

Rendahnya keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi gelombang mekanik melatarbelakangi penelitian ini. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh model QODE berbantuan PhET terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi gelombang mekanik di kelas XI SMAN 1 Cihaurbeuti tahun ajaran 2024/2025. Metode penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan desain *posttest-only control group*. Populasi mencakup seluruh kelas XI MIPA sebanyak 250 peserta didik. Sampel dipilih melalui teknik *purposive sampling* yang terdiri dari kelas XI MIPA 1 sebagai kelas eksperimen dan XI MIPA 2 sebagai kelas kontrol dengan masing-masing 35 peserta didik. Instrumen penelitian berupa enam butir tes uraian. Hasil pengujian hipotesis uji t dengan signifikansi $\alpha = 0,05$ menunjukkan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu $41,67 > 2,00$ sehingga H_0 ditolak. Simpulan penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan model QODE berbantuan PhET terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Implikasinya, model ini dapat digunakan guru sebagai strategi pembelajaran untuk membantu peserta didik memahami konsep secara terstruktur sekaligus meningkatkan kemampuan dalam memecahkan masalah fisika yang kompleks.

Masuk:

27 Oktober 2025

Diterima:

24 Desember 2025

Diterbitkan:

31 Desember 2025

Kata kunci:


Gelombang Mekanik,
Model QODE,
Pemecahan Masalah,
PhET.


PENDAHULUAN

Pendidikan memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia karena melalui proses tersebut individu diharapkan mampu mengembangkan pola pikir ke arah yang lebih baik. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional menyatakan bahwa pendidikan berfungsi mengembangkan potensi peserta didik serta membentuk karakter dan peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa. Sebagai bagian dari sistem pendidikan nasional, lembaga pendidikan seperti sekolah berperan sebagai wadah untuk membantu peserta didik mengembangkan kemampuan dan

potensinya. Agar proses pengembangan potensi tersebut berjalan secara terarah, maka proses pembelajaran di sekolah membutuhkan pedoman yang jelas sebagai acuan operasional untuk mencapai tujuan pendidikan secara optimal.

Pedoman tersebut diwujudkan dalam bentuk kurikulum, yang didefinisikan sebagai seperangkat rencana pembelajaran dan acuan dalam proses belajar mengajar untuk meraih tujuan pendidikan (Martatiana dkk, 2023). Saat ini, kurikulum yang digunakan adalah Kurikulum Merdeka, yang merupakan penyempurnaan dari penerapan Kurikulum 2013. Pada Kurikulum 2013, kompetensi inti yang harus dicapai meliputi kompetensi pengetahuan dan

*Korespondensi: Herni Yuniarti Suhendi  herni.suhendi@unsil.ac.id
Jl Siliwangi No 24, Kahuripan, Kec.Tawang, Tasikmalaya, Jawa Barat

 Universitas Siliwangi

keterampilan, salah satunya menekankan pada pengembangan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Kurikulum Merdeka memiliki keselarasan dengan Kurikulum 2013 dalam hal capaian pembelajaran, khususnya terkait pengembangan keterampilan pemecahan masalah. Kurikulum ini menekankan pengembangan keterampilan peserta didik melalui keterlibatan aktif dalam mencari, mengelola, dan menggunakan informasi, serta berkolaborasi dengan orang lain untuk memecahkan masalah yang kompleks (Martatiyana dkk, 2023).

Sejalan dengan tuntutan kurikulum tersebut, salah satu kemampuan mendasar yang sangat krusial untuk dimiliki peserta didik adalah keterampilan pemecahan masalah. Aktivitas pemecahan masalah merupakan aspek penting dalam ilmu pengetahuan alam karena permasalahan yang bersifat kompleks dapat diuraikan menjadi solusi yang lebih mudah dipahami (Heller & Reif, 1984). Keterampilan ini juga menjadi tujuan utama dalam proses pembelajaran (Gok, 2015), sebab melalui kemampuan tersebut peserta didik dapat mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh di kelas ke dalam situasi kehidupan sehari-hari (Djupanda dkk, 2015).

Dalam pembelajaran fisika, keterampilan pemecahan masalah memiliki peran yang sangat penting. Proses mempelajari fisika menuntut peserta didik untuk mampu menyelesaikan berbagai persoalan sebagai bagian dari pemahaman konsep (Docktor & Mestre, 2014). Keterampilan ini diperlukan agar peserta didik mampu menyelesaikan permasalahan fisika sekaligus memahami konsep-konsep yang mendasarinya (Buteler & Coleoni, 2016). Keterampilan pemecahan masalah dalam penelitian ini diukur berdasarkan langkah-langkah menurut Doctor & Heller, (2009) yang meliputi: deskripsi masalah yang bermanfaat (*useful description*), penerapan pendekatan fisika (*physics approach*), aplikasi fisika secara spesifik (*specific application of physics*), penggunaan prosedur matematis (*mathematical*

procedures), serta perkembangan logika yang runtut (*logical progression*).

Pentingnya penguasaan keterampilan tersebut menjadikan kegiatan praktikum sangat diperlukan dalam pembelajaran fisika. Praktikum memegang peranan kunci karena membantu peserta didik memahami konsep secara lebih efektif melalui pembuktian teori secara langsung dibandingkan hanya menerima penjelasan secara teoritis. Terlebih pada materi yang bersifat abstrak seperti gelombang mekanik, praktikum berperan sebagai sarana visualisasi yang mendukung peserta didik dalam membangun pemahaman secara mandiri untuk memecahkan masalah.

Kenyataan di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan antara harapan tersebut dengan kondisi nyata di sekolah. Hasil wawancara dengan guru fisika kelas XI di SMAN 1 Cihaurbeuti serta hasil observasi mengungkapkan bahwa kegiatan praktikum masih jarang dilakukan. Keterbatasan fasilitas laboratorium dan ketiadaan tenaga laboran menjadi kendala utama yang memaksa praktikum dilaksanakan di dalam kelas dengan sarana terbatas. Kondisi ini menyebabkan pelaksanaan praktikum menjadi tidak optimal.

Keterbatasan sarana praktikum berdampak pada proses pembelajaran yang masih didominasi oleh metode ceramah. Guru masih menjadi pusat pembelajaran (*teacher-centered*), sehingga peserta didik kurang terlibat secara aktif dalam membangun pemahamannya sendiri. Sejalan dengan Sagala dkk. (2017) kondisi pembelajaran di lapangan yang belum sesuai harapan serta pendekatan yang masih berpusat pada guru menjadi penyebab rendahnya keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Pembelajaran yang kurang melibatkan aktivitas peserta didik menyebabkan mereka menerima materi secara pasif dan kurang terlatih dalam mengasah kemampuan pemecahan masalah (Sahyar & Fitri, 2017).

Hasil wawancara dengan peserta didik mengonfirmasi bahwa mereka lebih menyukai pembelajaran berbasis praktikum karena dianggap lebih menarik dan memudahkan pemahaman konsep. Kurangnya aktivitas praktikum di sekolah pada akhirnya berkontribusi terhadap

rendahnya keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Data studi pendahuluan melalui tes kemampuan pemecahan masalah menunjukkan bahwa skor rata-rata peserta didik hanya mencapai 52% (Tabel 1).

Tabel 1. Data Hasil Studi Pendahuluan Tes Keterampilan Pemecahan Masalah

Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah	Persentase (%)	Kategori
<i>Useful Description</i>	67	Cukup
<i>Physics Approach</i>	65	Cukup
<i>Specific Application of Physics</i>	46	Kurang
<i>Mathematical Procedures</i>	42	Kurang
<i>Logical Progression</i>	40	Kurang
Rata-rata	52	Kurang

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa keterampilan pemecahan masalah peserta didik di SMA Negeri 1 Cihaurbeuti masih berada pada kategori kurang. Jika ditinjau dari setiap indikator, peserta didik sudah cukup mampu dalam memahami maksud soal (*useful description*) dan menentukan konsep fisika yang relevan (*physics approach*). Pencapaian ini mengindikasikan bahwa secara umum peserta didik tidak kesulitan dalam mengenali masalah yang disajikan.

Kendala utama peserta didik justru terletak pada tahap pengerjaan soal secara teknis. Hal ini terlihat dari rendahnya skor pada indikator penerapan rumus yang spesifik (*specific application of physics*), prosedur matematis (*mathematical procedures*), dan alur penyelesaian yang sistematis (*logical progression*). Rendahnya pencapaian pada ketiga indikator tersebut menunjukkan bahwa meskipun peserta didik memahami konsep secara garis besar, mereka masih kesulitan dalam mengaplikasikan rumus serta melakukan perhitungan secara akurat. Secara keseluruhan, rata-rata skor sebesar 52% menegaskan bahwa keterampilan pemecahan masalah peserta didik masih perlu ditingkatkan.

Kondisi di lapangan tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Azizah dkk, (2015) yang menunjukkan bahwa pembelajaran fisika di kelas masih lebih menekankan pada penguasaan konsep dibandingkan pengembangan

keterampilan pemecahan masalah. Fokus pembelajaran yang belum seimbang ini berakibat pada rendahnya kemampuan peserta didik dalam menyelesaikan persoalan fisika. Penelitian oleh Nurul (2022) memperkuat temuan tersebut dengan menyatakan bahwa keterampilan pemecahan masalah peserta didik dalam pembelajaran fisika secara umum masih berada pada kategori rendah.

Hasil serupa juga disampaikan oleh Nikat (2018) yang menunjukkan bahwa rendahnya indeks *problem solving* mencerminkan lemahnya kemampuan peserta didik dalam menghadapi berbagai variasi persoalan. Kurangnya keterampilan tersebut, ditambah dengan rendahnya kepercayaan diri peserta didik dalam menghadapi kesulitan, dapat menjadi faktor penghambat dalam pencapaian keberhasilan akademik mereka (Inayah & Agoestanto, 2023).

Upaya untuk mengatasi rendahnya keterampilan pemecahan masalah dan rendahnya keaktifan peserta didik dalam pembelajaran fisika adalah dengan menerapkan model QODE berbantuan PhET. Model QODE yang dikembangkan oleh Irawati (2017) berlandaskan pada teori konstruktivisme yang menekankan pentingnya kemampuan peserta didik dalam berpikir untuk menyelesaikan masalah, menggali ide, serta mengambil keputusan. Model ini terdiri atas empat tahapan utama, yaitu *questioning* (bertanya), *organizing* (mengorganisasi),

doing (melakukan), dan *evaluating* (mengevaluasi).

Penerapan tahapan model QODE tersebut secara sistematis dirancang untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dengan memperbaiki setiap indikator yang masih belum optimal. Pada tahap *questioning*, peserta didik melatih kemampuan mengidentifikasi masalah melalui deskripsi yang relevan (*useful description*). Tahap *organizing* kemudian menuntun peserta didik dalam menyusun rencana melalui pemilihan pendekatan fisika yang tepat (*physics approach*). Selanjutnya, pada tahap *doing*, peserta didik melakukan penerapan konsep (*specific application of physics*) serta prosedur matematis (*mathematical procedures*) untuk mengatasi hambatan dalam aspek teknis berhitung. Terakhir, tahap *evaluating* berfungsi untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan logis dan sesuai dengan langkah-langkah yang diambil (*logical progression*).

Materi yang dipilih dalam penelitian ini adalah gelombang mekanik. Berdasarkan hasil wawancara, materi tersebut termasuk abstrak karena membutuhkan visualisasi dan melibatkan berbagai konsep seperti definisi dan klasifikasi gelombang, besaran-besaran fisis, serta karakteristik gelombang mekanik. Gelombang merupakan kumpulan konsep yang bersifat abstrak sehingga memerlukan bantuan simulasi untuk mempermudah pemahaman peserta didik (Ain dkk, 2022). Temuan ini sejalan dengan penelitian Amiruddin & Santosa, (2015) yang menunjukkan bahwa pembelajaran materi gelombang masih membutuhkan dukungan visualisasi atau simulasi. Selain itu, pada materi ini belum pernah dilakukan praktikum karena keterbatasan alat laboratorium fisika di SMA Negeri 1 Cihaurbeuti. Untuk mengatasi kendala tersebut, praktikum dapat dilaksanakan secara digital melalui penggunaan laboratorium virtual.

Salah satu media yang dapat dimanfaatkan dalam pelaksanaan praktikum virtual adalah simulasi PhET. Media PhET ini digunakan secara spesifik

dalam tahapan *doing* untuk memfasilitasi peserta didik dalam melakukan penyelidikan mandiri. Menurut Verawati dkk, (2022) laboratorium virtual PhET dapat menunjang pemahaman konsep dan berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan sains, termasuk keterampilan pemecahan masalah. Selaras dengan temuan tersebut, Manik (2019) mengungkapkan bahwa penerapan model pembelajaran yang dipadukan dengan simulasi PhET secara konsisten meningkatkan kemampuan peserta didik dalam menyelesaikan masalah.

Dalam materi gelombang mekanik, penggunaan fitur *wave on a string* memungkinkan peserta didik melakukan eksplorasi langsung terhadap parameter seperti panjang gelombang, amplitudo, frekuensi, dan kecepatan gelombang. Dengan menggunakan PhET pada tahap *doing*, peserta didik dapat secara aktif membuktikan konsep dan mengambil data untuk menyelesaikan prosedur matematis sesuai dengan sintaks model QODE. Penelitian Verdian dkk (2021) juga menunjukkan bahwa penggunaan PhET efektif dalam memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak dan sulit diamati secara langsung, sehingga mampu meningkatkan pemahaman peserta didik.

Meskipun penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa model QODE mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, namun penelitian tersebut belum mengkaji keterampilan pemecahan masalah sebagai fokus utama. Kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini terletak pada perpaduan model QODE dengan PhET untuk secara spesifik meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada materi gelombang mekanik. Inovasi ini ditujukan untuk menutup celah kelemahan peserta didik dalam aspek teknis matematis melalui pemanfaatan teknologi di tengah keterbatasan sarana laboratorium sekolah.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah terdapat pengaruh model QODE berbantuan PhET terhadap keterampilan pemecahan

masalah peserta didik pada materi gelombang mekanik kelas XI SMA Negeri 1 Cihaurbeuti tahun ajaran 2024/2025? Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model QODE berbantuan PhET terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi gelombang mekanik kelas XI SMA Negeri 1 Cihaurbeuti tahun ajaran 2024/2025.

Selanjutnya, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kegunaan praktis bagi beberapa pihak. Bagi guru, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam mengembangkan materi pembelajaran yang lebih bervariasi melalui pemanfaatan simulasi virtual. Sementara itu, bagi peserta didik, penerapan model ini diharapkan mampu membangun pemahaman konsep yang lebih komprehensif melalui pengalaman belajar secara interaktif. Pada akhirnya, bagi peneliti, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap literatur mengenai pengaruh model QODE berbantuan PhET terhadap keterampilan pemecahan masalah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuasi eksperimen untuk membandingkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada dua kelompok pembelajaran yang berbeda. Kelompok eksperimen menerapkan model QODE berbantuan PhET, sedangkan kelompok kontrol menerapkan model *Direct Instruction* (DI) yang juga berbantuan PhET. Desain penelitian yang dipilih adalah *posttest-only control group design*, di mana pengukuran hasil belajar dilakukan hanya satu kali melalui *posttest* setelah perlakuan diberikan, tanpa melibatkan pemberian *pretest* sebelumnya.

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh kelas XI MIPA SMAN 1 Cihaurbeuti tahun ajaran 2024/2025 yang tersebar di tujuh kelas berbeda dengan total 250 peserta didik. Dari populasi tersebut, diambil sampel penelitian menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria yang telah disesuaikan

dengan tujuan penelitian. Berdasarkan teknik tersebut, ditetapkan dua kelas sebagai subjek penelitian, yaitu kelas XI MIPA 1 sebagai kelompok eksperimen dan kelas XI MIPA 2 sebagai kelompok kontrol. Seluruh kegiatan pembelajaran dilaksanakan dalam dua kali pertemuan, dengan alokasi waktu sebanyak 2 JP (2 x 45 menit) pada setiap pertemuannya.

Data penelitian dikumpulkan melalui dua instrumen utama, yakni tes *posttest* berbentuk uraian untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah dan lembar observasi untuk memantau keterlaksanaan pembelajaran. Secara spesifik, simulasi PhET yang digunakan oleh kedua kelompok adalah fitur *wave on a string*. Melalui fitur ini, peserta didik dapat memanipulasi parameter besaran fisis seperti amplitudo, frekuensi, dan tegangan (*tension*) guna memvisualisasikan konsep gelombang secara langsung, namun dengan sintaks pembelajaran yang berbeda pada masing-masing kelompok sesuai dengan model yang diterapkan.

Sebelum digunakan, instrumen tes telah diuji validitasnya melalui pertimbangan ahli menggunakan rumus V Aiken serta uji coba lapangan untuk mengukur validitas butir soal dengan korelasi *product moment*. Selain itu, tingkat reliabilitas instrumen diukur menggunakan uji reliabilitas *Alpha Cronbach*. Terakhir, teknik analisis data hasil *posttest* dimulai dengan uji prasyarat berupa uji normalitas dan homogenitas, yang kemudian dilanjutkan dengan uji t sampel bebas (*independent sample t-test*) untuk menentukan sejauh mana pengaruh penerapan model QODE terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik dibandingkan dengan model *Direct Instruction* (DI).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Posttest diberikan untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah peserta didik berdasarkan indikator yang telah ditetapkan setelah proses pembelajaran selesai. Data *posttest* tersebut digunakan untuk membandingkan keterampilan

pemecahan masalah antara kelompok eksperimen yang memperoleh pembelajaran dengan model QODE berbantuan PhET dan kelompok kontrol yang mendapatkan pembelajaran menggunakan model *Direct Instruction* (DI) berbantuan PhET pada materi gelombang mekanik. *Posttest* diberikan kepada kedua kelas sampel, dan deskripsi statistik hasil keterampilan pemecahan masalah peserta didik disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Statistika *Posttest* Keterampilan Pemecahan Masalah

Data Statistika	Kelas	
	Eksperimen	Kontrol
N	35	35
Skor Ideal	150	150
Skor Tertinggi	147	101
Skor Terendah	124	84
Rata-rata	132,2	90,69
Varians	21,34	13,46
Standar Deviasi	4,62	3,67

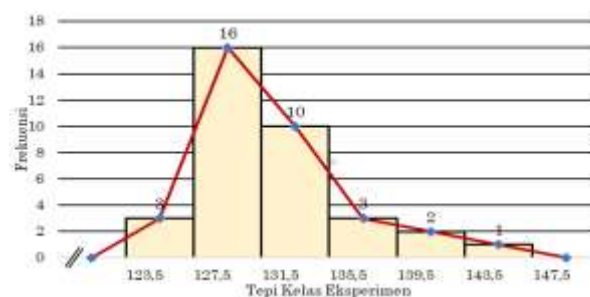
Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah peserta didik pada kedua kelas, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing berjumlah 35 orang. Skor ideal yang dapat dicapai peserta didik apabila menjawab seluruh butir soal *posttest* keterampilan pemecahan masalah dengan benar adalah 150. Pada kelas eksperimen, skor tertinggi yang diperoleh peserta didik adalah 147 dan skor terendah adalah 124, dengan rata-rata

sebesar 132,2. Sementara itu, pada kelas kontrol, skor tertinggi yang diperoleh peserta didik adalah 101 dan skor terendah adalah 84, dengan rata-rata 90,69.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa peserta didik yang memperoleh pembelajaran melalui model QODE berbantuan PhET memiliki keterampilan pemecahan masalah yang lebih baik dibandingkan dengan peserta didik yang mengikuti pembelajaran menggunakan model *Direct Instruction* (DI) berbantuan PhET.

Analisis sebaran data menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki standar deviasi sebesar 4,62 dan varians 21,34, sedangkan kelas kontrol memiliki standar deviasi 3,67 dan varians 13,46. Nilai standar deviasi dan varians yang lebih besar pada kelas eksperimen mengindikasikan bahwa skor peserta didik pada kelas tersebut lebih beragam atau memiliki penyebaran nilai yang lebih luas dibandingkan dengan kelas kontrol.

Sebaran data hasil *posttest* keterampilan pemecahan masalah pada kelas eksperimen dapat diamati secara lebih jelas melalui penyajian dalam bentuk histogram dan poligon. Visualisasi persebaran skor *posttest* keterampilan pemecahan masalah pada kelas eksperimen tersebut ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram dan Poligon *Posttest* Kelas Eksperimen

Gambar 1 menampilkan histogram dan poligon yang menggambarkan distribusi skor *posttest* keterampilan pemecahan masalah pada kelas eksperimen setelah penerapan model QODE berbantuan PhET, yang selanjutnya menjadi dasar dalam uji hipotesis. Skor terendah berada pada tepi kelas 123,5–127,5 dan diperoleh oleh 3 peserta didik, sedangkan skor tertinggi berada pada tepi

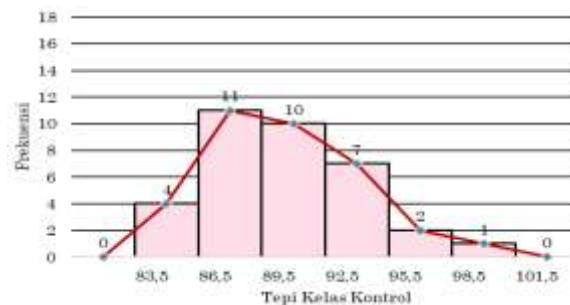
kelas 143,5–147,5 yang dicapai oleh 1 peserta didik. Frekuensi tertinggi muncul pada tepi kelas 127,5–131,5 dengan jumlah 16 peserta didik, sementara frekuensi terendah berada pada tepi kelas 143,5–147,5 dengan jumlah 1 peserta didik.

Kemiringan suatu kurva dapat ditentukan berdasarkan hubungan antara nilai *mean*, *median*, dan *modus*. Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai

$mean (132,2) > median (131) = \text{modus} (131)$, maka histogram dan poligon skor *posttest* pada kelas eksperimen memiliki kecenderungan condong ke kanan (*positively skewed*). Distribusi yang condong ke kanan artinya 54,2% peserta didik memperoleh skor di bawah rata-rata, sedangkan 45,7% peserta didik memperoleh skor di atas rata-rata. Skor

tinggi yang dicapai oleh beberapa peserta didik menyebabkan nilai rata-rata terdorong ke arah kanan, sehingga distribusi data menjadi tidak simetris.

Persebaran data hasil *posttest* keterampilan pemecahan masalah pada kelas kontrol ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Histogram dan Poligon *Posttest* Kelas Kontrol

Gambar 2 menampilkan histogram dan poligon yang menggambarkan distribusi skor *posttest* keterampilan pemecahan masalah pada kelas kontrol setelah diberikan pembelajaran menggunakan model *Direct Instruction* (DI) berbantuan PhET, sebagai dasar untuk pelaksanaan uji hipotesis. Skor terendah berada pada tepi kelas 83,5–86,5 dengan jumlah 4 peserta didik, sedangkan skor tertinggi berada pada tepi kelas 98,5–101,5 yang dicapai oleh 1 peserta didik. Frekuensi tertinggi terdapat pada tepi kelas 86,5–89,5, yaitu sebanyak 11 peserta didik. Tepi kelas 89,5–92,5 juga memiliki frekuensi cukup besar, yaitu 10 peserta didik. Sementara itu, pada tepi kelas 92,5–95,5 terdapat 7 peserta didik, dan pada tepi kelas 95,5–98,5 terdapat 2 peserta didik.

Kemiringan kurva dapat ditentukan melalui hubungan antara nilai *mean*,

median, dan *modus*. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai $mean (90,69) > median (90) > \text{modus} (89)$, sehingga histogram dan poligon pada kelas kontrol menunjukkan kecenderungan condong ke kanan (*positively skewed*). Distribusi yang condong ke kanan menunjukkan bahwa 42,8% peserta didik memperoleh skor di bawah rata-rata, sedangkan 57% peserta didik memperoleh skor di atas rata-rata. Skor tinggi yang dicapai oleh beberapa peserta didik menyebabkan nilai rata-rata bergeser ke kanan, sehingga distribusi data menjadi tidak simetris.

Data perbandingan hasil rata-rata *posttest* untuk setiap indikator keterampilan pemecahan masalah pada kedua kelas sampel disajikan secara lebih rinci pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rata-rata Skor *Posttest* Per Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah di Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Indikator	Kelas Eksperimen		Kelas Kontrol	
	Persentase (%)	Kategori	Persentase (%)	Kategori
<i>Useful Description</i>	92,38	Sangat Baik	83,84	Baik
<i>Physics Approach</i>	90,04	Sangat Baik	82,41	Baik
<i>Specific Application of Physics</i>	88,66	Sangat Baik	74,64	Baik
<i>Mathematical Procedures</i>	87,42	Sangat Baik	71,15	Baik
<i>Logical Progression</i>	85,42	Baik	66,87	Cukup
Rata-rata	88,79	Baik Sekali	75,78	Baik

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa meskipun pola penurunan capaian skor pada setiap indikator tampak serupa di kedua kelas, model QODE berbantuan PhET memberikan hasil yang lebih baik dalam membantu peserta didik menghadapi indikator keterampilan pemecahan masalah yang lebih kompleks. Pada kelas eksperimen, indikator *useful description* mencapai persentase tertinggi sebesar 92,38% (sangat baik), diikuti oleh *physics approach* 90,04% (sangat baik), *specific application of physics* 88,66% (sangat baik), *mathematical procedures* 87,42% (sangat baik), dan *logical progression* 85,42% (baik). Rata-rata capaian kelas eksperimen adalah 88,79% dengan kategori baik sekali.

Sementara itu, pada kelas kontrol, capaian indikator juga menunjukkan urutan yang serupa namun dengan persentase yang lebih rendah. Indikator *useful description* pada kelas kontrol

mencapai 83,84% (baik), *physics approach* 82,41% (baik), *specific application of physics* 74,64% (baik), *mathematical procedures* 71,15% (baik), dan *logical progression* mencapai persentase terendah sebesar 66,87% (cukup). Rata-rata capaian kelas kontrol adalah 75,78% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan bahwa kelas eksperimen yang menggunakan model QODE menghasilkan capaian yang lebih tinggi pada seluruh aspek dibandingkan kelas kontrol.

Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan model QODE berbantuan PhET lebih optimal dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Sebagai data pendukung, hasil analisis keterlaksanaan model QODE yang dinilai oleh tiga *observer* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut untuk memastikan proses pembelajaran berjalan sesuai dengan sintaks yang direncanakan.

Tabel 4. Ringkasan Pengolahan Data Keterlaksanaan Model QODE

Kegiatan	Persentase (%)	Kategori
Pendahuluan	100	Sangat Baik
<i>Useful Description</i>	100	Sangat Baik
<i>Physics Approach</i>	100	Sangat Baik
<i>Specific Application of Physics</i>	100	Sangat Baik
<i>Mathematical Procedures</i>	100	Sangat Baik
<i>Logical Progression</i>	100	Sangat Baik
Penutup	100	Sangat Baik
Rata-rata	100	Sangat Baik

Data Tabel 4 menunjukkan bahwa keterlaksanaan model QODE berbantuan PhET berada pada kategori sangat baik dengan persentase 100%. Hal ini membuktikan bahwa setiap sintaks pembelajaran telah diimplementasikan secara konsisten dan optimal sesuai dengan rencana (RPP).

1. Uji Prasyarat

Analisis prasyarat meliputi uji normalitas dan uji homogenitas yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik distribusi data serta kesamaan varians antar kelompok.

Pengujian ini dilakukan sebagai tahap awal untuk memastikan bahwa data memenuhi syarat penggunaan uji statistik parametrik sebelum dilakukan pengujian hipotesis.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas dalam penelitian ini menggunakan uji Chi-kuadrat (*Chi-square*), dan hasil pengujiannya disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Data

Data	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	Keputusan
Skor <i>posttest</i> keterampilan pemecahan masalah kelas eksperimen	8,4	12,84	Data Berdistribusi Normal

Data	χ^2_{hitung}	χ^2_{tabel}	Keputusan
Skor <i>posttest</i> keterampilan pemecahan masalah kelas kontrol	1,5	12,84	Data Berdistribusi Normal

Data Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai χ^2_{hitung} dari kedua kelas lebih kecil daripada nilai χ^2_{tabel} . Sesuai kriteria pengambilan keputusan, hal ini membuktikan bahwa seluruh kelompok data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Dengan demikian, prasyarat untuk pengujian statistik parametrik telah terpenuhi.

Tabel 6. Hasil Uji Homogenitas

Data	α	F_{hitung}	F_{tabel}	Keputusan	Kesimpulan
Skor <i>posttest</i> KPM kelas eksperimen dan kelas kontrol	0,05	1,58	1,77	H_0 diterima	Kedua varians sama atau homogen

Data pada Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan uji homogenitas untuk nilai *posttest*, di mana diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 1,58 dan F_{tabel} sebesar 1,77. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, terlihat bahwa nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, sehingga H_0 diterima dan H_a ditolak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data skor *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki varians yang sama atau homogen.

Tabel 7. Hasil Uji t

Data	Posttest KPM		α	t_{hitung}	t_{tabel}	Keputusan
	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol				
N	35	35	0,05	41,67	2,00	H_0 ditolak dan H_a diterima
Skor rata-rata	132,2	90,69				
Standar Deviasi	4,62	3,67				
Varians	21,34	13,46				

Data pada Tabel 7 menunjukkan hasil uji hipotesis dengan taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$) yang memperoleh nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu $41,67 > 2,00$ sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Dengan demikian, pada taraf kepercayaan 95% dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh model QODE berbantuan PhET terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi gelombang mekanik di kelas XI MIPA SMA Negeri 1 Cihaurbeuti tahun ajaran 2024/2025.

b. Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui kesamaan varians data *posttest* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pengujian dilakukan menggunakan uji *Fisher*, dengan hasil pengujian disajikan pada Tabel 6.

2. Uji Hipotesis

Data hasil uji prasyarat menunjukkan bahwa seluruh data berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen. Oleh karena itu, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji-t sampel bebas (*independent sample t-test*). Ringkasan hasil uji-t disajikan pada Tabel 7 berikut.

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan pada peserta didik kelas XI SMA Negeri 1 Cihaurbeuti dengan melibatkan kelas eksperimen yang menggunakan model QODE berbantuan PhET dan kelas kontrol yang menggunakan model *Direct Instruction* (DI) berbantuan PhET. Hasil pengujian hipotesis pada taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa nilai t_{hitung} sebesar 41,67 lebih besar dibandingkan nilai t_{tabel} sebesar 2,00 sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Temuan ini membuktikan bahwa

penerapan model pembelajaran QODE berbantuan PhET memberikan pengaruh signifikan terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi gelombang mekanik.

Secara eksplisit, perbedaan capaian antara kedua kelas tersebut membuktikan bahwa penggunaan media simulasi PhET akan memberikan hasil maksimal jika diintegrasikan dengan model pembelajaran yang tepat. Pada kelas kontrol yang menerapkan *Direct Instruction*, peserta didik cenderung pasif karena proses transfer informasi berjalan satu arah, sehingga kurang memfasilitasi keterampilan pemecahan masalah. Hal ini sejalan dengan temuan Sahyar & Fitri (2017) yang menyatakan bahwa model konvensional membuat peserta didik tidak terbiasa mengonstruksi pengetahuannya sendiri. Sebaliknya, model QODE menuntut keterlibatan kognitif yang intensif dalam setiap tahapan konstruksi pengetahuan. Hal ini membuktikan keunggulan model QODE sebagaimana dikembangkan oleh Irawati (2017) yang mampu mengubah pola belajar menjadi lebih mandiri, aktif, dan sistematis.

Keterkaitan antara model QODE dengan keterampilan pemecahan masalah terlihat dari bagaimana setiap sintaksnya memberikan kontribusi terhadap aspek-aspek penyelesaian masalah fisika. Melalui tahapan QODE, peserta didik dilatih secara sistematis sesuai dengan lima indikator keterampilan pemecahan masalah menurut Doctor & Heller (2009). Capaian masing-masing indikator tersebut, mulai dari *useful description* hingga *logical progression*, diuraikan secara rinci sebagai berikut:

QUESTIONING

Capaian indikator *useful description* pada kelas eksperimen memperoleh skor rata-rata tertinggi sebesar 92,38% dengan kategori sangat baik (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik mampu memahami dan mendeskripsikan materi dengan merangkum informasi penting secara efektif. Indikator *useful description* menurut Doctor & Heller (2009)

merupakan proses pemecahan masalah dalam mengorganisasikan informasi dari pernyataan masalah menjadi representasi yang berguna dalam merangkum informasi secara visual, simbolis, ataupun tertulis.

Indikator *useful description* ini dilatih pada sintaks *questioning* dalam model QODE. Sintaks ini berfokus pada upaya peserta didik untuk mengamati fenomena dan membangun pemahaman awal melalui stimulus yang memancing rasa ingin tahu. Melalui keterkaitan ini, peserta didik belajar mendeskripsikan kondisi masalah dan informasi fisika secara jelas, termasuk besaran-besaran yang terlibat, sebagai landasan sebelum melangkah ke tahap pemahaman konsep yang lebih mendalam.

Pada sintaks *questioning*, kegiatan pembelajaran dilakukan dengan memberikan dua stimulus berupa video yang diakses melalui *barcode* pada LKPD, yaitu fenomena tetesan air dan gelombang pada tali. Peserta didik mencermati karakteristik dasar gelombang mekanik seperti arah rambat, amplitudo, dan frekuensi. Selain mengamati, peserta didik diarahkan untuk aktif mengajukan pertanyaan terkait fenomena tersebut, baik mengenai hal yang belum dipahami maupun informasi yang tersedia dalam video.

Aktivitas bertanya ini mendorong peserta didik untuk berpikir kritis dalam mengidentifikasi informasi relevan yang kemudian dirangkum dalam bentuk deskripsi sederhana. Tahapan ini sejalan dengan pendapat Irawati (2017) bahwa sintaks *questioning* bertujuan untuk merangsang keaktifan peserta didik dalam bertanya guna membangun konsep awal. Melalui proses pengamatan dan tanya jawab aktif ini, peserta didik menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam menyusun *useful description*.

ORGANIZING

Capaian indikator *physics approach* pada kelas eksperimen memperoleh skor rata-rata sebesar 90,04% dengan kategori sangat baik (Tabel 3). Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik mampu

memilih pendekatan fisika yang sesuai dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan gelombang mekanik. Indikator *physics approach* menurut Doctor & Heller (2009) merupakan tahapan dalam memilih konsep fisika yang relevan serta menentukan hukum atau prinsip fisika yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah secara tepat.

Indikator *physics approach* ini dilatih pada sintaks *organizing* dalam model QODE. Sintaks ini berfokus pada pengelompokan informasi dan pemilihan konsep fisika yang relevan untuk memecahkan masalah secara ilmiah. Pada tahap ini, peserta didik mulai mengorganisasi informasi yang telah diperoleh sebelumnya untuk menentukan langkah atau pendekatan fisika yang paling tepat, seperti menentukan penggunaan konsep cepat rambat gelombang, panjang gelombang, atau frekuensi. Proses pemilihan dan penerapan prinsip fisika yang sesuai ini merupakan esensi dari pencapaian indikator *physics approach*.

Pada sintaks *organizing*, kegiatan pembelajaran dimulai dengan penyusunan hipotesis berdasarkan pertanyaan pada tahap *questioning*. Melalui hipotesis, peserta didik mengaitkan informasi awal dengan prinsip fisika untuk menjelaskan fenomena. Selain itu, peserta didik melakukan eksplorasi konsep secara visual dan dinamis menggunakan simulasi PhET yang tercantum dalam LKPD. Aktivitas ini membantu peserta didik menyusun kerangka eksperimen yang logis sekaligus menumbuhkan pemahaman konseptual antara teori dan praktik. Hal ini sejalan dengan pendapat Irawati (2017) bahwa sintaks *organizing* bertujuan mengorganisasikan pengetahuan dan informasi guna merancang strategi penyelesaian masalah secara ilmiah dan strategis.

DOING

Capaian indikator *specific application of physics* pada kelas eksperimen mencapai rata-rata 88,66% dengan kategori sangat baik, sedangkan

indikator *mathematical procedures* memperoleh rata-rata 87,42% dengan kategori sangat baik (Tabel 3). Menurut Doctor & Heller (2009), *specific application of physics* adalah kemampuan peserta didik menerapkan prinsip fisika ke dalam kondisi khusus masalah, sedangkan *mathematical procedures* merupakan kemampuan memilih dan menjalankan prosedur matematika secara tepat untuk solusi masalah. Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik mampu menerapkan konsep fisika secara kontekstual sekaligus melakukan perhitungan matematis berdasarkan data yang diperoleh.

Kedua Indikator tersebut dilatih pada sintaks *doing* dalam model QODE, di mana peserta didik mentransformasikan pemahaman konseptual ke dalam tindakan nyata. Melalui sintaks ini, peserta didik mengalaminya langsung melalui proses eksperimen virtual yang terstruktur sehingga indikator *specific application of physics* dan *mathematical procedures* dapat dicapai dengan optimal. Keterkaitan ini memastikan bahwa setiap langkah pemecahan masalah didasari oleh logika fisika dan prosedur matematis yang sistematis.

Pada sintaks *doing*, kegiatan pembelajaran didukung oleh penggunaan PhET pada fitur *wave on a string*. Peserta didik melakukan serangkaian percobaan untuk mengamati pengaruh amplitudo, frekuensi, dan tegangan tali terhadap panjang gelombang serta cepat rambat gelombang. Aktivitas memanipulasi variabel dan mengamati perubahan fenomena secara visual ini memfasilitasi indikator *specific application of physics*. Sementara itu, indikator *mathematical procedures* tercermin saat peserta didik mengolah data hasil simulasi untuk membuktikan hubungan antarbesaran fisis melalui perhitungan numerik. Hal ini sejalan dengan pendapat Irawati (2017) bahwa sintaks *doing* berperan memberikan pengalaman langsung melalui aktivitas pemecahan masalah. Selain itu, penggunaan simulasi ini efektif membantu visualisasi konsep abstrak, sebagaimana dinyatakan oleh Verdian dkk, (2021)

bahwa simulasi PhET mempermudah pemahaman konsep fisika yang sulit diamati secara langsung.

EVALUATING

Capaian indikator *logical progression* pada kelas eksperimen memperoleh skor rata-rata sebesar 85,42% dengan kategori baik (Tabel 3). Meskipun merupakan capaian terendah dibandingkan indikator lainnya, hasil ini tetap menunjukkan bahwa peserta didik memiliki kemampuan yang baik dalam menyusun penyelesaian masalah secara runtut. Indikator *logical progression* menurut Doctor & Heller (2009) adalah kemampuan peserta didik dalam menyajikan alur pemecahan masalah secara logis, konsisten, dan terfokus mulai dari awal hingga diperoleh hasil akhir yang dapat dikomunikasikan dengan jelas.

Indikator ini dilatih pada sintaks *evaluating* dalam model QODE yang berfokus pada aktivitas refleksi, evaluasi keakuratan jawaban, serta penyusunan kesimpulan secara sistematis. Beberapa faktor diidentifikasi sebagai penyebab rendahnya indikator ini dibandingkan indikator lainnya. Faktor pertama adalah keterbatasan bahasa fisis untuk mengomunikasikan alur berpikir secara runtut. Faktor kedua berkaitan dengan logika matematika peserta didik yang terlalu fokus pada hasil akhir (*result-oriented*), sehingga mengabaikan prosedur transisi yang logis. Selain itu, tingkat kompleksitas soal pada materi gelombang mekanik menjadi tantangan tersendiri karena penyajian masalah yang rumit membuat peserta didik kesulitan mempertahankan fokus dalam menyusun argumen yang konsisten dari tahap awal hingga kesimpulan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Damayanti dkk (2021) yang menyatakan bahwa aspek *logical progression* umumnya menjadi capaian terendah karena peserta didik kurang terbiasa mengomunikasikan proses penyelesaian secara utuh dan cenderung fokus pada hasil akhir matematis saja. Hal ini diperkuat oleh Doctor & Heller (2009)

yang menyatakan bahwa tanpa pembiasaan sistematis, aspek ini sering kali dilewati oleh peserta didik. Oleh karena itu, sintaks *evaluating* dalam model QODE berperan penting untuk melatih peserta didik dalam melakukan penilaian diri (*self-assessment*) dan membangun kerangka berpikir yang lebih reflektif untuk meminimalisir hambatan-hambatan tersebut (Irawati, 2017).

Berdasarkan uraian capaian setiap indikator keterampilan pemecahan masalah, mulai dari *useful description* hingga *logical progression* dalam sintaks model QODE dapat disimpulkan bahwa seluruh indikator menunjukkan capaian yang sangat baik pada kelas eksperimen. Hubungan antara sintaks model QODE dengan indikator keterampilan pemecahan masalah bersifat linear, artinya setiap tahapan dalam QODE saling mendukung proses pemecahan masalah. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan model QODE berbantuan PhET berpengaruh dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dalam memahami konsep gelombang mekanik secara aktif, terstruktur, dan bermakna.

Uraian tersebut menunjukkan bahwa penerapan model QODE berbantuan PhET tepat digunakan dalam pembelajaran fisika pada materi gelombang mekanik di kelas XI SMA Negeri 1 Cihaurbeuti. Hal ini dibuktikan melalui skor rata-rata *posttest* serta rata-rata capaian indikator keterampilan pemecahan masalah yang lebih tinggi pada kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol yang menggunakan model *Direct Instruction*. Hasil ini mengindikasikan bahwa model QODE berbantuan PhET berpengaruh dalam meningkatkan kemampuan peserta didik dalam mengamati fenomena, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, serta menarik kesimpulan secara logis, sehingga keterampilan pemecahan masalah meningkat secara menyeluruh.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, diperlukan lingkungan belajar yang

menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam mengonstruksi pengetahuan. Model QODE memberikan kerangka kerja bagi pendidik untuk mengintegrasikan teknologi virtual seperti PhET secara sistematis. Hal ini berimplikasi pada efisiensi pembelajaran fisika, di mana keterbatasan alat laboratorium fisik di sekolah dapat diatasi melalui praktikum virtual tanpa mengurangi esensi pengalaman belajar peserta didik dalam menemukan konsep secara mandiri.

Selama pelaksanaan penelitian, terdapat beberapa kendala teknis yang perlu diperhatikan. Salah satunya terjadi pada tahap penggunaan simulasi PhET, khususnya saat peserta didik melakukan pengamatan melalui perangkat masing-masing. Sebagian peserta didik masih mengalami kesulitan dalam mengoperasikan simulasi karena belum terbiasa dengan antarmuka dan fitur yang tersedia, sehingga tahap *doing* memerlukan waktu lebih lama dari yang direncanakan. Kendala lain berkaitan dengan keterbatasan perangkat, di mana sebagian besar peserta didik mengakses PhET melalui *smartphone* dengan ukuran layar yang relatif kecil sehingga tampilan kurang optimal. Meskipun demikian, dengan bimbingan guru dan bantuan teknis secara langsung, peserta didik akhirnya mampu menyesuaikan diri sehingga model QODE berbantuan PhET tetap relevan dan efektif dalam menciptakan pengalaman belajar yang bermakna.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan terhadap data yang telah diolah, dapat disimpulkan bahwa penerapan model QODE berbantuan PhET memberikan kontribusi terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi gelombang mekanik kelas XI SMA Negeri 1 Cihaurbeuti tahun ajaran 2024/2025.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan model QODE dan PhET dapat menjadi strategi bagi guru untuk menciptakan

pembelajaran yang aktif. Selain itu, praktikum virtual ini menjadi solusi nyata bagi sekolah yang memiliki keterbatasan alat laboratorium agar peserta didik tetap bisa belajar menemukan konsep secara mandiri.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, penulis memberikan saran sebagai berikut:

- Menggunakan stimulus video yang lebih variatif pada sintaks *questioning* untuk merangsang rasa ingin tahu peserta didik.
- Memberikan pendampingan intensif saat penggunaan PhET agar operasional simulasi lebih cepat dan waktu lebih efektif.
- Menggunakan perangkat dengan layar lebih besar (laptop/PC) agar pengamatan visual simulasi lebih optimal dan detail.
- Memberikan pelatihan indikator *logical progression* secara lebih terarah melalui pendampingan eksplisit dalam menyusun alur penyelesaian masalah.
- Menggunakan media laboratorium virtual lain (seperti oPhysics) sebagai pembanding efektivitas model QODE pada materi fisika lainnya.

REFERENSI

- Ain, N, T., Cahyo, H. A., & Hasyim, F. (2022). Pengembangan Simulasi Berbasis Visual Basic Application (VBA) Spreadsheet Excel pada Pembelajaran Fisika Materi Gelombang. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 155–163. <https://doi.org/https://doi.org/10.20527/jipf.v6i1.4435>
- Amiruddin, & Santosa, S. (2015). Sistem Pembelajaran berbasis ltsa materi gelombang dan sifat-sifatnya dengan metode problem solving. *Jurnal teknologi Informasi*, 6(1), 46–55.
- Azizah, R., Yuliati, L., & Latifah, E. (2015). The Physic Problem Solving Difficulties On High School Student. *JPFA: Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, 5(2), 44–50.

- <http://journal.unesa.ac.id/index.php/jpfa>
- Buteler, L., & Coleoni, E. (2016). Solving Problems to Learn Concepts, How Does it Happen? A Case for Buoyancy. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), 1–12. <https://doi.org/http://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020144>
- Damayanti, R. F., Hidayat, A., & Handayanto, S. K. (2021). Analisis Problem Solving Berdasarkan Kemampuan Awal Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 6(1), 64–69. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Djupanda, H., Kendek, Y., & Darma, I. W., . (2015). Analisis Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA Dalam Memecahkan Masalah Fisika. *JPFT: Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*. <https://doi.org/https://doi.org/10.22487/j25805924.2015.v3.i2.5111>
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of Discipline-Based Education Research in Physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2), 1–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>
- Doctor, J., & Heller, K. (2009). Robust Assessment Instrument for Student Problem Solving. *Proceedings of the NArST 2009*.
- Gok, T. (2015). An investigation of students performance after peer instructio with stepwise problem solving strategies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(3), 561–582.
- Heller, J. I., & Reif, F. (1984). Prescribing effective human problem-solving processes: problem description in physics. *cognition and instruction*, 1(2), 177–216.
- Inayah, F., & Agoestanto, A. (2023). Kemampuan Pemecahan Masalah Ditinjau Dari Resiliensi Matematis: Tinjauan Pustaka Sistematis. *JUMLAHKU: Jurnal Matematika Ilmiah*. <https://doi.org/https://doi.org/10.33222/jumlahku.v9i1.2798>
- Irawati, R. (2017). *Pengembangan Model Pembelajaran QODE (Questioning, Organizing, Doing, And Evaluating) Untuk Pembelajaran IPA di SMP*. (Tesis). Pendidikan MIPA, Universitas Jember, Jember.
- Manik, D. S. (2019). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Labolatorium Virtual Terhadap Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Siswa SMA N 5 Medan. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan*, 5(2), 35–39.
- Martatiyana, D. R., Derlis, A., Aviarizki, H. W., Jurdil, R. R., Andayani, T., & Hidayat, O. S. (2023). Analisis Komparasi Implementasi Kurikulum Merdeka Dan Kurikulum 2013. *MUALLIMUNA: jurnal Madrasah Ibtidaiyah*, 9(1), 96–109. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31602/muallimuna.v9i1.11600>
- Nikat, R. F. (2018). The evaluation of physics students problem-solving ability through MAUVE strategy(magnitude, answer, units, variables and equation). *International Journal of Social Sciences*, 3(3), 1234–1251.
- Nurul, D. (2022). Analisis Kesulitan Kemampuan Pemecahan Masalah Pada Peserta Didik Dalam Pembelajaran Fisika. *JURINOTEP: Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pendidikan*, 1(1), 1–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.46306/jurinotep.v1i1>
- Sagala, N. L., Rahmatsyah, R., & Simanjutak, M. P. (2017). The influence of problem based learning model on scientific process skill and problem solving ability of student. *Journal of Research & Method in Education*, 7(4), 1–9.
- Sahyar, & Fitri, R. Y. (2017). The effect of problem-based learning model (PBL) and adversity quotient (AQ) on problem-solving ability. *American*

Journal of Educational Research, 5(2), 179–183.

- Verawati, N. N. S. P., Handriani, L. S., & Prahani, B. K. (2022). The Experimental Experience of Motion Kinematics in Biology Class Using PhET Virtual Simulation and its Impact on Learning Outcomes. *International Journal of Esseential Competencies in Education*, 1(1), 11–17.
- Verdian, F., Jadid, M.A., & Rahmani, M.N. (2021). Studi Penggunaan Media Simulasi PhET dalam Pembelajaran Fisika. *JPIF: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 1(2), 39–44.