

## DESAIN DAN EVALUASI INSTRUMEN PENILAIAN *EXPERT-LIKE THINKING* TOPIK GELOMBANG

Eko Sujarwanto<sup>1</sup>, Suci Prihatiningtyas<sup>1</sup>

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas KH. A. Wahab Hasbullah<sup>1</sup>  
[ekosujarwanto@unwaha.ac.id](mailto:ekosujarwanto@unwaha.ac.id)

**Abstrak.** Pemahaman konseptual terhadap topik gelombang adalah salah satu unsur penting dalam membangun kompetensi di bidang fisika dan penting untuk memahami teknologi modern guna menyongsong era Industri 4.0. Telah dilakukan pengembangan dan evaluasi terhadap instrumen penilaian *expert-like thinking* pada materi gelombang untuk menilai pemahaman tentang topik gelombang. Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan. Pengembangan instrumen penelitian menggunakan alur desain *Standards for Psychological and Educational Testing*. Instrumen penilaian yang dikembangkan meliputi materi keterkaitan besaran gelombang, cepat rambat gelombang, gelombang tegak, dan superposisi gelombang. Evaluasi instrumen dilakukan melalui validasi ahli, validitas, dan reliabilitas. Instrumen penilaian topik gelombang akan digunakan untuk mengukur pemahaman konseptual siswa tingkat pendidikan menengah dan tingkat pendidikan tinggi yang hasilnya bisa menjadi acuan dalam merancang pembelajaran gelombang yang bermakna.

**Kata Kunci:** *evaluasi, instrumen penilaian, gelombang*

### PENDAHULUAN

Pemahaman konseptual terhadap topik gelombang adalah salah satu unsur penting dalam membangun kompetensi di bidang fisika yang cukup luas yaitu mulai benda berukuran mikro (misalnya, elektron) hingga berukuran kosmos (misalnya, galaksi) serta benda berkelajuan rendah hingga benda berkelajuan mendekati kelajuan cahaya. Pemahaman terhadap gelombang merupakan sebuah syarat untuk memahami topik fisika yang lebih tinggi, misalnya, fisika zat padat, mekanika kuantum, bunyi, dan gelombang elektromagnetik (Mesic dkk., 2016; Sutopo, 2016). Selain itu, pemahaman di topik gelombang juga penting untuk memahami teknologi modern dan fenomena sehari-hari (Mesic dkk., 2016). Dilihat dari urgensi topik gelombang, maka selayaknya para peneliti juga memberikan perhatian pada topik gelombang.

Topik gelombang masih kurang dikaji oleh peneliti pendidikan fisika, terutama mengenai penilaian terhadap miskonsepsi pada topik gelombang. Kesulitan siswa terkait konsep-konsep yang melandasi fenomena gelombang masih kurang mendapatkan perhatian peneliti pendidikan fisika (Sutopo, 2016). Hal ini berbeda dengan bidang mekanika yang begitu banyak peneliti mengkaji topik tersebut. Penelitian mengenai topik gelombang yang sudah dilakukan antara lain pada aspek miskonsepsi (Witmann, dkk., 1999; Sutopo, 2016; Kryjevskaja, dkk., 2012 & 2013; Ambrose, dkk., 1999, Kaltakci-Gurel, dkk., 2016), penilaian dan penyelesaian masalah (Tongchai dkk., 2011; Barniol & Zavala, 2016) Mungkin belum banyak yang menyadari bahwa kuatnya pemahaman siswa tentang konsep-konsep gelombang sama pentingnya dengan pemahaman siswa dalam bidang mekanika.

Penelitian tentang penilaian topik gelombang telah ada dilakukan di tingkat universitas (Sutopo, 2016; Kryjevskaja, dkk., 2012 & 2013; Tongchai dkk., 2011; Barniol & Zavala, 2016). Namun, perlu dilakukan juga penelitian miskonsepsi gelombang di tingkat SMA dan penelitian penilaian dapat mengacu pada hasil-hasil yang diperoleh dari tingkat universitas. Wandersee, dkk. (1994) menyebutkan penilaian tentang miskonsepsi

tidak bergantung pada usia siswa/mahasiswa yang berarti bahwa hasil yang diperoleh pada tingkat universitas relevan pula dijadikan acuan di tingkat SMA. Hal ini dilakukan untuk bisa mendeteksi miskonsepsi gelombang sedini mungkin.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami topik gelombang. Fakta bahwa gelombang adalah salah satu di antara topik yang paling abstrak di fisika adalah salah satu faktornya. Selain itu, siswa dituntut berpikir spasio-temporal untuk memahami topik gelombang yang menjadikan tantangan bagi siswa (Mesic dkk, 2016). Siswa harus menganalisis secara spasial saat disajikan grafik hubungan simpangan ( $y$ ) – posisi ( $x$ ), sedangkan siswa harus menganalisis secara temporal saat disajikan grafik hubungan simpangan ( $y$ ) – waktu ( $t$ ). Menurut teori “*knowledge in pieces*” dari Dockett dan Mestre (2014) serta Hammer (2000), miskonsepsi mungkin terjadi karena siswa menggunakan sebagian konsep yang tidak tepat pada situasi yang diberikan. Misalnya, siswa salah dalam menggunakan tanda kecepatan (+/-) dalam representasi gelombang karena masih terpengaruh dengan tanda yang ada di kinematika (Sutopo, 2016), Faktor lain yang mempengaruhi adalah rendahnya kemampuan representasi siswa (Mesic dkk, 2016).

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa mahasiswa cenderung fokus pada ungkapan matematis saat mempelajari gelombang. Hal ini pula yang muncul saat mempelajari topik fisika yang lain (Ibrahim & Rebello, 2012; De Cock, M. 2012). Peneliti mendapati bahwa mahasiswa cenderung fokus pada terkait rumusan-rumusan matematis besaran pada fungsi gelombang (misalnya, bilangan gelombang, frekuensi sudut, periode, dan panjang gelombang). Mahasiswa belum memberikan perhatian yang baik pada aspek fisis/kualitatif dari fenomena gelombang serta besaran-besarnya. Hal ini bisa menjadi dampak berantai yaitu mahasiswa sebagai calon guru fisika bisa-bisa menitik-beratkan pada rumusan-rumusan matematis besaran gelombang pada murid kelak (misalnya, dalam bentuk penjelasan atau dalam bentuk pertanyaan yang sifatnya hanya kuantitatif saja). Proses semacam itu tidak membelajarkan siswa untuk berkemampuan *expert-like thinking*. Padahal, masih banyak hal yang bisa dieksplorasi secara kualitatif/fisis selain aspek kuantitatif untuk menumbuhkan kemampuan *expert-like thinking*. Masalah ini bisa ditanggulangi misalnya dengan memberikan soal formatif konseptual (Buteler & Coleoni, 2016). Strategi yang sama juga bisa dilakukan jika masalah tersebut terjadi pada tingkat SMA. Selanjutnya, perlu eksplorasi penyebab kesulitan dan miskonsepsi topik gelombang yang lebih otentik dan terstruktur.

Ada beberapa cara mengetahui tingkat pemahaman konseptual siswa. Salah satu cara adalah dengan menggunakan tes tipe *closed-ended* untuk menguji pemahaman konseptual ada yang dikenal sebagai *concept inventory*. *Concept inventory* adalah tes pilihan ganda yang dibuat untuk mengevaluasi pemahaman konseptual siswa pada topik tertentu secara efisien (Adams & Wieman, 2010). *Concept inventory* yang familiar digunakan dan memberikan dampak besar pada belajar dan pembelajaran fisika adalah *Force Concept Inventory* (Hestenes, dkk, 1992; Hestenes & Halloun, 1995; Malone, 2008; Planinic dkk., 2010; Maries & Singh, 2016). Contoh tes konseptual *closed-ended* antara lain *Kinetic Molecular Theory of Gases Concept Inventory* (Erceg dkk., 2016), *Action Concept Inventory* (McGinness & Savage, 2016), *Quantum Mechanics Conceptual Survey* (McKagan dkk., 2010), *Mechanics Baseline Test* (Hestenes & Wells, 1992), *Conceptual Survey in Electricity and Magnetism* (Maloney, dkk., 2001). Tes konseptual *closed-ended* di topik gelombang antara lain *Mechanical Waves Conceptual Survey* (Tongchai dkk. 2009), *University of Maryland Wave Diagnostic Test* (Wittmann dkk., 1999)

Instrumen penilaian *expert-like thinking* perlu melalui analisis statistik untuk setiap item soal dan juga untuk keseluruhan instrumen. Instrumen perlu divalidasi dan diuji reliabilitasnya.

Instrumen penilaian yang telah ada misalnya *Kinetic Molecular Theory of Gases Concept Inventory* (Erceg dkk., 2016), *Action Concept Inventory* (McGinness & Savage, 2016), dan *Quantum Mechanics Conceptual Survey* (McKagan dkk., 2010) telah menunjukkan panduan untuk melakukan analisis statistik yang dibutuhkan serta dapat dijadikan acuan untuk mengevaluasi instrumen penilaian *expert-like thinking* topik gelombang.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan instrumen penilaian *expert-like thinking*. Penelitian ini mendeskripsikan konsep inti topik gelombang yang dinilai hasil kolaborasi dengan ahli. Penelitian ini juga mengevaluasi instrumen yang telah dikembangkan melalui analisis statistik berdasarkan *classical test theory* dan memaknainya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk memberikan masukan terhadap proses pembelajaran dengan memperhatikan *resource* pengetahuan, kesulitan, atau miskonsepsi pada topik gelombang.

## **METODE PENELITIAN**

### **Desain Penelitian**

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian dan pengembangan. Penelitian dan pengembangan menggunakan desain *Standards for Psychological and Educational Testing* (Adams & Wieman, 2010). Desain tersebut diantaranya juga pernah digunakan untuk mengembangkan *Kinetic Molecular Theory of Gases Concept Inventory* (Erceg dkk., 2016) dan *Action Concept Inventory* (McGinness & Savage, 2016). Alasan menggunakan pendekatan ini karena pendekatan ini mendesain instrumen untuk menjadikan menjadi objektif (McGinness & Savage, 2016). Selain menggunakan analisis statistik, desain ini memungkinkan dalam proses penyusunan instrumen mendapatkan *feedback* dari ahli (guru, dosen) dan dari peserta didik.

### **Instrumen dan Partisipan**

Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian adalah instrumen angket dan lembar saran konstruk topik gelombang untuk memperoleh data tentang konstruk konsep gelombang, pertanyaan versi *open-ended* saat proses *think-aloud*. Data jawaban siswa soal versi *open-ended* dicatat di lembar observasi respon terhadap versi *open ended* dan didukung lembar kategorisasi respon terhadap versi *open-ended*. Kategorisasi jawaban siswa digunakan untuk mengembangkan distraktor pertanyaan versi *closed-ended*. Data tentang validasi internal soal versi *closed-ended* diperoleh dari lembar penskoran jawaban soal versi *closed-ended* pada saat uji coba.

Partisipan yang digunakan sebagai subjek saat *think-aloud* adalah 8 siswa SMA yang telah mendapat pembelajaran topik gelombang dan sedang mempersiapkan menghadapi Ujian Nasional tahun ajaran 2017/2018. Sementara itu, subjek uji coba untuk memvalidasi instrumen adalah siswa SMA kelas 11 tahun ajaran 2017/2018 sebanyak 37 siswa. Sebanyak 3 dosen dan 1 Guru terlibat dalam proses mengevaluasi instrumen yang dikembangkan.

### **Pengembangan Instrumen**

Hal yang dilakukan pada tahap 1 adalah menelaah artikel penelitian pendidikan fisika terkait dengan pemahaman konseptual gelombang, buku fisika tingkat universitas, menelaah kurikulum terkait dengan topik gelombang, serta melakukan diskusi dengan dosen fisika terkait dengan konstruk konsep yang akan diukur. Telaah kurikulum fisika dilakukan terhadap Kurikulum 2013 tingkat SMA. Kompetensi yang dijadikan acuan untuk mengembangkan instrumen adalah “Menganalisis karakteristik gelombang mekanik” dan “Menganalisis besaran-besaran fisis gelombang berjalan dan gelombang

stasioner pada berbagai kasus nyata”. Dengan demikian instrumen yang dikembangkan masih sebatas pada karakteristik dasar gelombang mekanik secara umum.

Buku fisika tingkat universitas yang digunakan adalah Serway & Jewet (2004) serta Young & Freedman (2012). Alasan penggunaan buku fisika tingkat universitas dan terbitan luar negeri karena buku tingkat universitas lebih memaparkan secara konseptual sesuai dengan karakter *expert-like thinking* dan lebih terstandar dan telah digunakan lebih luas daripada buku fisika terbitan dalam negeri. Penggunaan buku fisika sebagai salah satu sumber informasi konsep yang relevan untuk membentuk konstruk topik gelombang. Penggunaan studi artikel penelitian bertujuan untuk memperoleh informasi mutakhir tentang kesulitan yang dialami peserta didik pada topik gelombang.

Pengembangan konstruk topik gelombang juga melibatkan dosen fisika sebanyak 3 dosen. Dosen diminta untuk membuat daftar secara urut dari yang terpenting tentang subtopik yang membentuk konstruk topik gelombang. Selain itu juga dilakukan diskusi dengan peneliti. Berdasarkan daftar yang dibuat para dosen dan diskusi, subtopik dalam daftar teratas adalah perambatan gelombang dan besaran gelombang (3 dosen). Selanjutnya adalah gelombang tegak (2 dosen) dan superposisi (2 dosen).

Dalam daftar yang dibuat oleh dosen terdapat usulan subtopik interferensi gelombang, gelombang berjalan, gelombang stasioner, dan hukum melde. Dengan melakukan diskusi maka interferensi gelombang diubah menjadi subtopik superposisi karena hal ini lebih tepat untuk membedakan gejala interferensi pada gelombang cahaya. Gelombang berjalan tidak dimasukkan karena terlalu luas cakupannya dan bukan merupakan subtopik namun topik besar itu sendiri. Sementara itu, gelombang stasioner dan hukum melde sudah bisa tercakup pada gelombang tegak karena merupakan hal yang sama. Hasil diskusi juga menghasilkan bahwa besaran gelombang termasuk pada perambatan gelombang. Konstruk topik gelombang yang dihasilkan ditunjukkan oleh Tabel 1.

**Tabel 1. Konstruk Topik Gelombang**

<b>Materi</b>	<b>submateri</b>
(a) Perambatan gelombang	Besaran – besaran gelombang Cepat rambat gelombang pada tali
(b) gelombang tegak	Gelombang tegak pada tali (gelombang transversal)
(c) superposisi	Superposisi konstruktif Superposisi destruktif

**Tabel 2. Konsep yang Dinilai**

<b>Submateri</b>	<b>Konsep yang akan dinilai</b>
Besaran – besaran gelombang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hubungan antara panjang gelombang, cepat rambat, dan frekuensi dalam gelombang tali</li> <li>• Interpretasi amplitudo dan frekuensi dalam gelombang bunyi</li> </ul>
Cepat rambat gelombang pada tali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hubungan cepat rambat tali dengan medium tali</li> <li>• Ketidak-terkaitan cepat rambat tali dengan gerak tangan penggetar tali</li> <li>• Hubungan cepat rambat tali dengan tegangan tali</li> <li>• Arah perambatan gelombang dalam representasi matematis</li> </ul>

Gelombang tegak pada tali (gelombang transversal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frekuensi gelombang tali menurun, panjang gelombang tali di gelombang tegak yang baru akan meningkat</li> <li>• Tegangan tali menurun, panjang gelombang di gelombang tegak yang baru akan menurun</li> <li>• Kerapatan tali meningkat, panjang gelombang di gelombang tegak yang baru akan menurun</li> </ul>
Superposisi konstruktif	• Superposisi saat <i>overlap</i>
Superposisi destruktif	• Superposisi saat <i>overlap</i>

Setelah konstruk telah ditetapkan, selanjutnya menentukan konsep yang akan dievaluasi. Konsep yang akan dievaluasi berasal dari studi terhadap artikel penelitian miskonsepsi topik gelombang (Sutopo, 2016; Kryjevskaja, dkk., 2012; Barniol & Zavala, 2016) dan mengacu pada instrumen penilaian konsep yang telah ada sebelumnya (Tongchai dkk., 2009). Konsep yang akan dinilai ditampilkan pada Tabel 2.

Langkah selanjutnya adalah mengembangkan instrumen versi *open-ended* yang mengacu pada konsep yang dinilai pada Tabel 2. Instrumen versi *open-ended* digunakan saat *think-aloud*. Sebelum digunakan instrumen versi *open-ended* divalidasi oleh ahli dan diperbaiki sebelum digunakan. Hasil jawaban peserta didik selanjutnya dikategorisasi dan dijadikan bahan membuat distraktor untuk instrumen versi *closed-ended*. Selain dari hasil kategorisasi jawaban peserta didik saat *think-aloud*, distraktor juga dikembangkan dari kajian penelitian miskonsepsi. Rancangan instrumen versi *closed-ended* selanjutnya dikonsultasikan pada ahli. Hasilnya berupa instrumen penilaian *expert-like thinking* topik gelombang berupa 14 soal yang akan diuji coba terbatas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Evaluasi Instrumen

Hasil pengembangan instrumen berupa instrumen penilaian *expert-like thinking* topik gelombang yang terdiri dari 14 soal. Soal tersebut telah melalui validasi ahli yang terdiri dari 3 dosen dan 1 orang guru SMA. Hasil dari validasi ahli secara kualitatif berupa saran dan ditindaklanjuti yaitu menghindari proposisi pertanyaan bernuansa negatif (melibatkan kata “tidak”, “bukan”, atau “kecuali”), menghindari distraktor “semua salah”, “semua benar”, atau “saya tidak tahu”, menggunakan bahasa sederhana, dan memperjelas representasi gambar yang disajikan dalam pertanyaan. Sebaran konsep yang dinilai oleh instrumen yang dikembangkan ditampilkan Tabel 3.

Tabel 3. Sebaran Konsep dalam Instrumen

Submateri	Konsep yang akan dinilai	Pertanyaan
Besaran – besaran gelombang	• Hubungan antara panjang gelombang, cepat rambat, dan frekuensi dalam gelombang tali	• 1
	• Interpretasi amplitudo dan frekuensi dalam gelombang bunyi	• 2
Cepat rambat gelombang pada tali	• Hubungan cepat rambat tali dengan medium tali	• 3
	• Ketidak-terkaitan cepat rambat tali dengan gerak tangan penggetar tali	• 5
	• Hubungan cepat rambat tali dengan tegangan tali	• 4
	• Arah perambatan gelombang dalam representasi matematis	• 6

Gelombang tegak pada tali (gelombang transversal)	• Frekuensi gelombang tali meningkat, panjang gelombang tali di gelombang tegak yang baru akan menurun	• 7
	• Tegangan tali meningkat, panjang gelombang di gelombang tegak yang baru akan meningkat	• 8
	• Kerapatan tali menurun, panjang gelombang di gelombang tegak yang baru akan meningkat	• 9, 10
Superposisi konstruktif	• Superposisi saat <i>overlap</i>	• 11, 12
Superposisi destruktif	• Superposisi saat <i>overlap</i>	• 13, 14

Beberapa analisis statistik diterapkan pada jawaban terhadap instrumen yang dikembangkan. Pelaksanaan uji coba dilakukan dengan durasi waktu 60 menit. Uji coba instrumen dilakukan secara *paper-based test*. Analisis statistik digunakan untuk mengevaluasi reliabilitas dan validitas instrumen.

Hasil analisis terhadap instrumen penilaian ditampilkan pada Tabel 4. Analisis dilakukan terhadap indeks kesulitan, indeks daya beda, validitas, dan reliabilitas. Indeks kesulitan adalah fraksi jawaban benar terhadap keseluruhan jawaban pada item tes. Indeks kesulitan menunjukkan sebuah artian umum dari tingkat kesulitan sebuah item dalam instrumen (McKagan dkk., 2010). Indeks daya beda menunjukkan sebuah ukuran seberapa bagus sebuah item membedakan antara siswa atas (yaitu yang mendapat skor tinggi pada tes keseluruhan) dengan siswa bawah (yaitu yang mendapat skor rendah pada tes keseluruhan). Indeks daya beda dihitung dengan cara mencari selisih antara rerata sekor siswa tingkat atas dengan rerata sekor siswa tingkat bawah. Persentase siswa yang masuk pada tiap kelompok atas dan bawah adalah 27% (McKagan dkk., 2010). Konsistensi antara item dengan instrumen secara keseluruhan dianalisis menggunakan koefisien Pearson. Sementara itu, korelasi antar keseluruhan item ditunjukkan dengan koefisien Cronbach Alpha.

**Tabel 4. Hasil Analisis Statistik Item Instrumen**

No. Item	Indeks Kesulitan	Indeks Daya Beda	Koefisien Pearson Point Biserial
1	0,65	0,6	0,55
2	0,57	0,4	0,33
3	0,46	0,6	0,31
4	0,49	0,2	0,27
5	0,16	0,3	0,41
6	0,30	0	0,19
7	0,35	0,6	0,56
8	0,51	0,4	0,30
9	0,32	0,5	0,17
10	0,49	0,4	0,36
11	0,49	0,4	0,25
12	0,41	0,5	0,46
13	0,49	0,4	0,29
14	0,19	0,3	0,42
<b>Rerata</b>	<b>0,42</b>	<b>0,4</b>	<b>0,35</b>

Instrumen penilaian *expert-like thinking* topik gelombang memiliki rentang indeks kesulitan antara 0,16 sampai 0,65. Item paling mudah memiliki indeks 0,65 dan item paling sulit mempunyai indeks 0,19. Item paling mudah adalah item no 1 yang menilai konsep hubungan antara cepat rambat, panjang gelombang, dan frekuensi dalam gelombang tali. Item paling sulit adalah item no 5 yang menilai konsep ketidak-terkaitan

cepat rambat tali dengan gerak tangan penggetar tali. Item no 5 paling sulit karena *resource* pengetahuan siswa mayoritas adalah dengan menggerakkan tangan untuk menggetarkan tali maka gelombang akan semakin cepat merambat. Hal ini juga terlihat dari jawaban siswa saat dilakukan *think aloud*.

Rentang indeks daya beda instrumen yang dievaluasi antara 0 sampai 0,6. Batas indeks daya beda minimum yang digunakan adalah 0,3 (McKagan dkk., 2010; McGinness & Savage, 2016). Walau begitu, menurut Adams dan Wieman (2010) bahwa item dengan indeks daya beda yang kurang dari nilai minimum dapat digunakan untuk sebuah tes yang dirancang untuk mengukur efektifitas pembelajaran. Item yang memiliki indeks daya beda 0 adalah item tentang konsep arah perambatan gelombang dalam representasi matematis. Indeks daya beda 0 mungkin karena pengetahuan tentang arah rambat gelombang dalam representasi matematis sudah baik atau tinggal menghafalkan saja “tanda positif menunjukkan perambatan gelombang ke arah sumbu x negatif, begitu pula sebaliknya”. Mayoritas item dalam instrumen ini memiliki indeks daya beda  $\geq 0,4$ . Item dengan indeks daya beda tertinggi adalah 1, 3, dan 7. Jika dikaitkan antara indeks kesulitan dan indeks daya beda maka indeks kesulitan disekitar nilai 0,5 memiliki daya beda yang baik pula (Surapranata, 2009).

Koefisien Pearson Point Biserial memiliki nilai tertinggi 0,56 dan terendah 0,17 dengan rerata 0,35. Mayoritas koefisien Pearson Point Biserial instrumen penilaian *expert-like thinking* adalah  $\geq 0,2$ . Koefisien Pearson Point Biserial yang rendah mengindikasikan bahwa pemahaman siswa terhadap konsep yang diukur oleh sebuah item tes tidak berkorelasi dengan konsep lain yang diukur dalam tes. Batas minimum koefisien Pearson Point Biserial untuk instrumen tes yang digunakan untuk mengukur pemahaman di 1 konsep adalah  $\geq 0,2$  (McKagan dkk., 2010). Namun, untuk instrumen yang mengukur lebih dari 1 konsep, seperti instrumen yang dikembangkan pada penelitian ini, koefisien Pearson Point Biserial di bawah 0,2 masih bisa diterima. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh Adams dan Wieman (2010) serta McKagan dkk. (2010) bahwa untuk instrumen penilaian untuk mengukur berbagai konsep, koefisien Pearson Point Biserial yang rendah tidaklah selalu buruk dan hal itu menjadi indikator penting dari sebuah konsep bahwa konsep itu lebih sulit dipelajari dari konsep lain.

Koefisien Cronbach Alpha mengukur reliabilitas instrumen. Nilai minimum dari indeks reliabilitas yang diterima agar instrumen dikatakan reliabel adalah 0,7 (McKagan dkk., 2010). Instrumen penilaian *expert-like thinking* topik gelombang yang diuji coba memiliki nilai 0,43. Walau begitu, menurut Adams dan Wieman (2010) bahwa instrumen penilaian yang digunakan untuk mengukur banyak konsep dimungkinkan memiliki koefisien Cronbach Alpha yang rendah karena konsep-konsep yang diukur itu bisa saja independen. Penelitian McKagan, dkk (2010) tentang pengembangan dan validasi *Quantum Mechanics Conceptual Survey* juga melakukan pendekatan yang sama dengan penelitian Adams dan Wieman (2010). Koefisien Cronbach Alpha dari *Quantum Mechanics Conceptual Survey* adalah 0,44 (McKagan, dkk, 2010).

Berdasarkan *classical test theory* instrumen penilaian *expert-like-thinking* topik gelombang yang dikembangkan perlu perbaikan dalam hal reliabilitas dan validitas. Namun, berdasarkan argumen Adams dan Wieman (2010) tentang instrumen penilaian lebih dari satu konsep, instrumen ini masih bisa digunakan sampai ukuran data yang lebih besar telah didapatkan dan dianalisis.

*Concept inventory* berguna karena membantu mengevaluasi inovasi dan meningkatkan pengajaran. Sesuai dengan karakter *concept inventory*, instrumen penilaian *expert-like-thinking* topik gelombang bisa digunakan saat sebelum pembelajaran, proses pembelajaran, atau setelah proses pembelajaran. Karakter ini sama dengan penilaian formatif (Anderson, 2003) yang mana penilaian formatif bisa membantu memberikan *feedback* bagi guru dan siswa untuk proses pembelajaran yang lebih baik.

## **PENUTUP**

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan dan mengevaluasi instrumen yang menilai *expert-like thinking* pada topik gelombang. Pengembangan instrumen penilaian ini merupakan proses siklus berulang dengan mengadaptasi model yang

dideskripsikan oleh Adams dan Wieman (2010). Dengan mengadaptasi model ini, peneliti mengharapkan instrumen yang dikembangkan menjadi objektif dengan memperhatikan saran dari ahli terkait yang independen dan *feedback* dari siswa, tidak hanya dari literatur. *Feedback* dari siswa menjadikan terdapat kontribusi aktif dari siswa. Hal ini merupakan hal penting karena dalam penilaian perlu memperhatikan kesulitan dan *resource* pengetahuan yang dimiliki oleh siswa sehingga bisa menjadikan instrumen yang dikembangkan sebagai alat penilaian yang bermakna dan berkontribusi pada proses pembelajaran.

Hasil evaluasi terhadap instrumen yang telah dikembangkan menunjukkan perlu perbaikan. Nilai koefisien reliabilitas dan validitas beberapa item menunjukkan berada di bawah batas minimum nilai yang biasa digunakan namun peneliti tidak melakukan revisi isi dari item tersebut. Subjek uji coba yang kurang besar jika ditinjau dari jumlah item pada instrumen penilaian adalah penyebabnya. Dengan demikian, diperlukan subjek coba yang sesuai dengan jumlah item dalam instrumen.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Adams, W.K. & Wieman, C. E. (2010). Development and Validation of Instruments to Measure Learning of Expert-Like Thinking. *International Journal of Science Education*, 1–24.
- Ambrose, B. S., Shaffer, P. S., Steinberg, R. N., & McDermott, L. C. (1999). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. *American Journal of Physics*, no. 67, 146.
- Anderson, L.W. (2003). *Classroom Assessment: Enhancing the Quality of Teacher Decision Making*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Barniol, P. & Zavala, G. (2016). Mechanical Waves Conceptual Survey: Its modification and Conversion to a Standard Multiple-Choice Test. *Physical Review Physics Education Research*, 12.
- Buteler, L. & Coleoni, E. (2016). Solving problems to learn concepts, how does it happen? A case for buoyancy. *Physical Review Physics Education Research*, 12.
- De Cock, M. (2012). Representation Use and Strategy Choice in Physics Problem Solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8.
- Docktor, J. L. & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of Discipline-Based Education Research in Physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. No. 10, 020119.
- Erceg, N., Aviani, I., Mesic, V., Gluncic, M., & Zauhar, G. (2016). Development of The Kinetic Molecular Theory of Gases Concept Inventory: Preliminary Result on University Students' Misconception. *Physical Review Physics Education Research*. No. 12, 020139.
- Hammer, D. (2000). Student Resources for Learning Introductory Physics. *American Journal of Physics*, no. 68.
- Hestenes, D. & Halloun, I. (1995). Interpreting The Force Concept Inventory, *Physics Teacher*. No. 33, 502.
- Hestenes, D. & Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test, *Physics Teacher*, no. 30, 159.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory, *Physics Teacher*. No. 30, 141.



- Ibrahim, B. & Rebello, N.S. (2012). Representational Task Formats and Problem Solving Strategies in Kinematics and Work. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8.
- Kaltakci-Gurel, D., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2016). Identifying Preservice Physics Teachers' Misconceptions and Conceptual Difficulties about Geometrical Optics. *European Journal of Physics*, no. 37.
- Kryjevskaja, M., Stetzer, M. R., & Heron, P. R. L. (2013). Student Difficulties Measuring Distances in Terms of Wavelength: Lack of Basic Skills or Failure to Transfer?. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. No. 9, 010106.
- Kryjevskaja, M., Stetzer, M.R., & Heron, P.R. L. (2012). Student understanding of wave behavior at a boundary: The relationships among wavelength, propagation speed, and frequency, *American Journal of Physics*. 80, 339.
- Malone, K. L. (2008). Correlations Among Knowledge Structures, Force Concept Inventory, and Problem Solving Behaviors, *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. No. 4, 020107.
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying Students' Conceptual Knowledge of Electricity and Magnetism. *American Journal of Physics*, no. 69.
- Maries, A. & Singh, C. (2016). Teaching Assistants' Performance at Identifying Common Introductory Student Difficulties in Mechanics Revealed by The Force Concept Inventory. *Physical Review Physics Education Research*, No. 12, 010131.
- McGinness, L. P. & Savage, C. M. (2016). Developing an Action Concept Inventory. *Physical Review Physics Education Research*. No. 12, 010133.
- McKagan, S. B., Perkins, K. K., & Wieman, E. (2010). Design and Validation of the Quantum Mechanics Conceptual Survey. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. No. 6, 020121.
- Mesic, V., Hajder, E., Neumann, K., Erceg, N. (2016). Comparing different approaches to visualizing light waves: An experimental study on teaching wave optics. *Physical Review Physics Education Research*. No. 12, 010135.
- Planinic, M., Ivanjek, L., & Susac, A. (2010). Rasch Model Based Analysis of The Force Concept Inventory. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. No. 6, 010103.
- Serway, R.A. & Jewett, J.W. (2004). *Physics for Scientist and Engineers (6<sup>st</sup> ed.)*. Pacific Grove:Thomson Brooks/Cole.
- Surapranata, S. (2009). *Analisis, Validitas, Reliabilitas, dan Interpretasi Hasil Tes Implementasi Kurikulum 2004*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Sutopo. 2016. Pemahaman Mahasiswa Tentang Konsep-Konsep Dasar Gelombang Mekanik. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. No. 12 (1), 41-53.
- Tongchai, A., Sharma, M.D., Johnston, I.D., Arayathanitkul, K., & Soankwan, C. (2009). Developing, evaluating and demonstrating the use of a conceptual survey in mechanical waves, *International Journal of Science Education*. 31, 2437.

- Tongchai, A., Sharma, M.D., Johnston, I.D., Arayathanitkul, K., & Soankwan, C. (2011). Consistency of Students' Conceptions of Wave Propagation: Findings from a Conceptual Survey in Mechanical Waves. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. No. 7, 020101.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J., & Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, ed. D. Gabel, New York: Simon & Schuster Macmillan, 177–210.
- Wittmann, M. C., Steinberg, R. N. & Redish, E. F. (1999). Making sense of how students make sense of mechanical waves. *Physics Teacher*, no. 37 (1), 15–21.
- Young, H.D. & Freedman, R.A. (2012). *Sears and Zemansky's University Physics – with Modern Physics (13<sup>th</sup> ed.)*. San Francisco: Pearson education.