

PERLUNYA PEMBELAJARAN *MODELLING INSTRUCTION* PADA MATERI GELOMBANG

La Jumadin¹, Arif Hidayat², Sutopo²

¹Pendidikan Dasar-Pascasarjana Universitas Negeri Malang

²Pendidikan Fisika-Pascasarjana Universitas Negeri Malang

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 21-12-2016

Disetujui: 20-3-2017

Kata kunci:

wave;
modelling instruction;
gelombang

Alamat Korespondensi:

La Jumadin
Pendidikan Dasar
SMPN Satap Oihu
Jalan Semarang 5 Malang
E-mail: jumadin.iffa@gmail.com

ABSTRAK

Abstract: This study is aimed to investigate students' difficulties in learning wave based on research literatures. They consist of eleven international and two national research articles. The study has identified students' difficulties in understanding mechanical wave, such as wave propagation, superposition, wave characteristic, refraction, and sound. Regarding the difficulties revealed in the literature study, it is suggested to employ alternative ways of teaching by modelling.

Abstrak: Kajian ini dimaksudkan untuk mengkaji kesulitan-kesulitan siswa dalam mempelajari materi gelombang berdasarkan literatur hasil penelitian. Literatur tersebut antara lain sebelas internasional dan dua nasional artikel penelitian. Berdasarkan hasil kajian, kesulitan siswa yang teridentifikasi dalam memahami materi gelombang mekanik antara lain perambatan gelombang, superposisi, karakteristik gelombang, refraksi dan gelombang bunyi. Berdasarkan kesulitan yang ditemukan dalam kajian literatur dianjurkan alternatif pembelajaran pemodelan.

Gelombang merupakan salah satu materi kelas VIII SMP yang penting untuk dikuasai dan di pahami dengan baik. Dengan memahami konsep materi ini dengan baik, maka akan sangat membantu siswa dalam mempelajari materi bunyi, cahaya, listrik dan magnet (Sutopo, 2016). Sementara itu, pemahaman terhadap gelombang mekanik sangat membantu dalam pembelajaran optik, mekanika kuantum (Wittmann, et al, 1999) serta disiplin ilmu lainnya seperti spektroskopi, seismologi, meteorologi, keteknikan dan elektronika (Tongchai, 2009; Kennedy et al, 2011; Kryjevskaja et al, 2011). Konsep gelombang juga diangkat sebagai salah satu *core idea* pada kerangka NRC (NRC, 2012).

Materi gelombang merupakan materi yang abstrak (Serway & Jewett, 2009). Misalnya pada saat mendemonstrasikan gelombang yang merambat pada tali, tidak akan ada gelombang yang dapat diamati jika tidak ada tali. Ketika memperhatikan gelombang laut, yang sebenarnya diamati adalah perubahan permukaan air laut. Gelombang tidak akan ada tanpa air laut. Oleh karena materi gelombang bersifat abstrak, maka pada umumnya siswa sulit mempelajarinya.

Sehubungan dengan penerapan kurikulum 2013, siswa yang dibelajarkan konsep gelombang diharapkan mampu memahami konsep dengan baik dan mampu menerapkan konsep tersebut dalam kehidupan. Di lain sisi, NGSS (2013) menjelaskan dengan rinci bahwa siswa yang dibelajarkan konsep gelombang diharapkan mampu menjelaskan dan memprediksi sifat, karakteristik dan perilaku gelombang yang berinteraksi dengan materi serta siswa dapat menerapkan pemahaman tersebut dalam konsep pengiriman informasi digital. Selain itu, siswa mampu menunjukkan kemampuan dalam mengembangkan dan menggunakan model, menerapkan rumus, serta memperoleh, mengevaluasi dan mengkomunikasikan konsep atau informasi yang diperolehnya (NGSS, 2013).

Memahami konsep dengan baik merupakan salah satu tujuan penting dalam pembelajaran (NRC, 2012). Pemahaman konsep yang baik merupakan dasar siswa untuk mampu mengembangkan konsep dan menghubungkan antar konsep yang satu dengan konsep yang lain sehingga mampu memecahkan masalah dalam kehidupan. Pemahaman konsep yang baik juga akan sangat membantu siswa untuk memahami materi pembelajaran selanjutnya. Siswa dikatakan memahami konsep dengan baik jika ia mampu menjawab dengan benar semua pertanyaan yang berhubungan dengan konsep yang sama (Tongchai *et al*, 2011).

Berdasarkan pengalaman penulis, ketika siswa diberikan bentuk soal penerapan persamaan matematis, siswa relatif cepat dalam menjawabnya. Namun, untuk soal yang berbentuk penerapan konsep, ternyata siswa belum mampu menerapkan persamaan matematis tersebut. Kasus serupa juga dipaparkan oleh Wittmann, dkk., (1999) yakni ketidakmampuan siswa dalam menjawab pertanyaan yang identik dalam konteks yang berbeda. Diduga, hal ini terjadi dikarenakan siswa hanya menggunakan persamaan matematis dalam menyelesaikan soal-soal tanpa memahami arti fisis dari persamaan matematis tersebut (Atriyanti,

2015). Salah satu cara yang dapat membantu kesulitan siswa dengan menggunakan strategi pembelajaran yang tepat. Strategi pembelajaran yang digunakan sebaiknya melibatkan siswa berinteraksi langsung, memproses informasi, dan mengonstruksi informasi menjadi sebuah konsep. Oleh karena itu, strategi yang digunakan dalam pembelajaran harus berlandaskan paham konstruktivisme.

Konstruktivistik adalah proses membangun atau menyusun pengetahuan baru dalam struktur kognitif siswa berdasarkan pengalaman (Sanjaya, 2008:264). Konstruktivistik memberikan arah yang jelas bahwa kegiatan belajar merupakan kegiatan aktif dalam upaya menemukan pengetahuan, konsep, kesimpulan, bukan sekedar merupakan kegiatan mekanistik untuk mengumpulkan informasi atau fakta saja (Aunurrahman, 2009). Jadi, konstruktivistik menekankan pada prinsip belajar yang berpusat pada siswa (*student center*). Siswa harus menjadikan informasi itu menjadi miliknya sendiri. Dalam hal ini guru tidak hanya semata-mata memberikan pengetahuan kepada siswa, melainkan siswalah yang harus membangun pengetahuan di dalam benaknya.

Banyak strategi pembelajaran yang berlandaskan paham konstruktivisme diantaranya pembelajaran inkuiri, pembelajaran berbasis masalah, PjBL, pembelajaran POE, pembelajaran pemodelan dan sebagainya. Pembelajaran pemodelan memiliki kegiatan yang unik yaitu penyelidikan dan pemodelan. Siswa melakukan penyelidikan terhadap fenomena-fenomena. Kemudian hasil yang diperoleh, dibuat dalam bentuk model. Model dapat berbentuk grafik, gambar, persamaan matematis, atau verbal (Etkina, dkk., 2006; Malone, 2007). Salah satu bentuk pembelajaran pemodelan yaitu *modelling instruction*.

Modelling Instruction merupakan salah satu model pembelajaran sains yang melibatkan siswa aktif untuk mengatur pengetahuannya, mengembangkan model konsep sains untuk memecahkan permasalahan (Malone, 2008; Sujarwanto 2014). *Modelling Instruction* menekankan pada penguasaan konsep yang dipelajari untuk mampu diterapkan dalam memecahkan permasalahan. Tujuan penulisan artikel ini adalah mengidentifikasi kesulitan siswa dalam mempelajari materi gelombang, dan perlunya pembelajaran *modelling instruction* pada materi gelombang.

Kajian Literatur terhadap Kesulitan Siswa Memahami Gelombang

Berdasarkan kajian literatur, kesulitan siswa yang teridentifikasi dalam memahami materi gelombang khususnya pada materi gelombang mekanik. Secara rinci materi tersebut antara lain (i) perambatan gelombang (Wittmann dkk., 1999; Şengören dkk., 2009; Sutopo, 2016), (ii) superposisi (Wittmann dkk., 1999; Kryjevskajaia, dkk., 2011), (iii) karakteristik gelombang (Kryjevskajaia dkk., 2012, 2013; Sutopo, 2016), (iv) refraksi (Kryjevskajaia dkk., 2012), dan (v) gelombang bunyi (Linder, 1992; Linder, 1993; Wittmann dkk., 2003; Menchen, 2005; Hrepic dkk., 2002; Hrepic dkk., 2010; Fitriani, 2016; Eshach dkk., 2016).

Pada materi perambatan gelombang, konsep kecepatan rambat gelombang merupakan konsep yang sulit dipahami oleh siswa. Banyak siswa yang terjebak dengan persamaan matematis $v = \lambda f$, dengan v adalah kecepatan rambat, λ adalah panjang gelombang dan f adalah frekuensi gelombang, sehingga siswa menganggap kecepatan rambat gelombang dipengaruhi oleh frekuensinya (Şengören dkk., 2009; Sutopo, 2016), dengan pemahaman bahwa gelombang dengan frekuensi yang tinggi akan lebih cepat merambat jika dibandingkan dengan gelombang yang memiliki frekuensi yang lebih rendah. Padahal, pada energi gangguan yang sama cepat rambat gelombang akan ditentukan oleh karakteristik medium gelombang tersebut. Parameter frekuensi muncul hanyalah sebagai implikasi dari karakteristik perambatan gelombang. Kesalahan konsep tersebut (*misconception*) dikarenakan siswa hanya berfokus memberi tafsiran pada aljabar persamaan matematis sebagai $v \sim f$. Selanjutnya, miskonsepsi yang juga sering terjadi adalah pada gelombang mekanik, siswa menganggap karakteristik perambatan gelombang ditentukan oleh gangguan yang diberikan padahal karakteristik tersebut juga hanya bergantung pada mediumnya (Wittmann, dkk., 1999).

Selain itu, mahasiswa kesulitan memahami bentuk umum representasi gelombang berjalan, gerakan partikel medium yang dilalui gelombang transversal dan hubungan antara frekuensi (f), panjang gelombang (λ), dan cepat rambat gelombang (v). Kesulitan mahasiswa pada konsep hubungan ditinjau dari perambatan bunyi dari udara ke air dan perambatan gelombang melalui dua utas tali yang disambung. Kemungkinan penyebab kesulitan tersebut adalah pertama miskonsepsi. Miskonsepsi yang dimaksud adalah konsep yang dimiliki siswa keliru tetapi diyakini bahwa konsepnya benar. Kedua, mereka belum mampu mengaitkan pengetahuan sains yang paling relevan ke dalam *working memory* ketika mencoba menyelesaikan walaupun sudah memiliki konsep sains yang berkaitan dengan permasalahan. Ketiga, mereka belum mampu memilih pengetahuan yang paling sesuai untuk menyelesaikan masalah padahal mereka sudah bisa mengaktifkan potongan-potongan konsep sains ke dalam memori kerjanya. Keempat, mereka hanya menjawab dengan intuisi naifnya, tidak memiliki pengetahuan yang relevan (Sutopo, 2016).

Pada materi superposisi, konsep yang sulit dipahami ialah pada konsep terjadinya superposisi gelombang (Wittmann dkk., 1999). Kesulitan-kesulitan tersebut cenderung pada pendekatan-pendekatan sederhana yang dibutuhkan untuk memprediksi gerakan titik-titik di dalam medium pada interval waktu tertentu (Kryjevskajaia dkk., 2011). Kesulitan pada konsep karakteristik gelombang, yakni (i) banyak mahasiswa yang mengetahui hubungan $v = \lambda f$ sebagai persamaan matematis, tetapi tidak mampu memahami variabel panjang gelombang dan frekuensi dapat diubah-ubah atau dimanipulasi secara eksperimen, (ii) pemahaman fenomena, yaitu jarak. Jarak merupakan dua sumber dalam bentuk panjang gelombang pada gelombang periodik (Kryjevskajaia, dkk., 2012, 2013).

Kesulitan memahami konsep refraksi gelombang pada tepi. Mahasiswa cenderung menggunakan pendekatan matematis untuk menjawab masalah-masalah gelombang tepi. Mahasiswa gagal menganalisis dan mengaplikasikan ungkapan-ungkapan *multivariable* dengan benar, tetapi dalam jumlah yang sama mahasiswa masih mampu menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam situasi yang bukan aplikatif (Kryjevskaja, dkk., 2012).

Kesulitan pada konsep gelombang bunyi. Pada umumnya siswa belum mampu menjelaskan proses pendengaran, resonansi pada alat-alat musik (Fitriani, 2016), kecepatan bunyi di udara (Linder, 1992; Linder, 1993). Siswa kesulitan membedakan gerak medium yang dilalui dengan perambatan gelombang bunyi (Wittmann, dkk., 2003; Menchen, 2005, Hrepic dkk., 2002; Hrepic dkk., 2010). Salah satu penyebabnya adalah miskonsepsi. Miskonsepsi tersebut antara lain siswa berpikir bahwa bunyi atau suara seperti zat padat yang dapat mendorong partikel menuju ke arah gerak gelombang dan mengalami gesekan bersentuhan dengan permukaan lain (Wittmann, dkk., 2003; Eschach & Schwartz, 2006). Miskonsepsi juga terjadi pada konsep cepat rambat bunyi. Siswa berpikiran bahwa cepat rambat bunyi dipengaruhi oleh frekuensi (diSessa, 1993; Tongchai, dkk., 2011). Kasus ini serupa dengan penjelasan sebelumnya terkait cepat rambat gelombang. Selain itu, miskonsepsi juga terjadi pada konsep medium rambat bunyi. Siswa beranggapan bahwa bunyi hanya bisa merambat pada udara (Eschach & Schwartz, 2006; Fazio dkk., 2008; Caleon & Subramaniam, 2010). Bahkan ada juga siswa yang berpikir bahwa partikel medium memperlambat perambatan bunyi (Linder, 1993). Tidak mengherankan jika siswa SMP di Taiwan ketika mempelajari materi bunyi, pada umumnya siswa memiliki skor yang relatif rendah hanya 50% dari jawaban yang benar diatas rata-rata (Eshach, dkk., 2016).

Kesulitan-kesulitan yang telah disebutkan sebelumnya dapat diidentifikasi dengan menggunakan *assessment*. Assesment tersebut diantaranya *multiple choice multiple respons* (MCMR) (Wittmann dkk., 1999), instrumen *Mechanical Waves Conceptual Survey* untuk mengetahui miskonsepsi dan pemahaman siswa terkait gelombang mekanik (Tongchai dkk., 2009, 2011), *Mechanical Waves Conceptual Survey* yang dimodifikasi dan di konversi menjadi tes terstandar berbentuk pilihan ganda (Barniol & Zavala, 2016). Assesmen digunakan untuk mengidentifikasi kesulitan-kesulitan tersebut dan untuk membantu siswa mengatasi kesulitan tersebut salah satunya dengan menerapkan teknik mengajar yang tepat.

Beberapa penelitian di perguruan tinggi telah dilakukan untuk mengatasi kesulitan siswa dalam mempelajari topik gelombang. Wittmann, dkk., (2003) membantu kesulitan siswa dalam belajar konsep gelombang dengan pembelajaran model mental. Linder (1992) pertama kali menggunakan model entitas istilah untuk menggambarkan ide siswa tentang bunyi seperti yang dilakukan oleh molekul yang berjalan dari satu molekul ke yang lain. Maurines (1993) juga menjelaskan model partikel bunyi sebagai materialisasi dari pasukan, campuran energi, intensitas, dan kecepatan, yang diberikan oleh sumber bunyi pada media. Fazio dkk., (2008) melakukan penelitian pada siswa SMA yang berjumlah 75 siswa pada topik gelombang menggunakan pemodelan teknik perambatan gelombang, ternyata sangat membantu siswa dalam membangun konsep dan mampu mengidentifikasi konsep dengan cara yang berbeda walaupun fenomenanya sama.

Kesulitan memahami konsep-konsep dasar gelombang akan menghambat siswa untuk belajar materi selanjutnya. Hal ini tentunya menjadi perhatian khusus di kalangan guru, salah satunya guru SMP. Ini merupakan tantangan tersendiri bagi guru untuk bisa membantu siswa dalam pembelajaran materi tersebut. Kajian ini banyak mengkaji kesulitan siswa memahami konsep gelombang di Perguruan Tinggi dan SMA. Untuk meminimalkan kesulitan siswa mempelajari gelombang di Perguruan Tinggi dan SMA, maka perlu dilakukan suatu upaya oleh guru SMP. Upaya tersebut dapat berupa perbaikan proses pembelajaran dengan menerapkan pembelajaran untuk membantu siswa memahami konsep-konsep dasar gelombang di SMP. Konsep-konsep dasar tersebut antara lain konsep getaran dan parameternya, konsep gelombang mekanik, cepat rambat gelombang, bunyi, proses pendengaran, resonansi, dan sistem sonar. Dengan melihat beberapa hasil penelitian terkait salah satu alternatif pembelajaran dalam rangka membantu kesulitan siswa dalam memahami materi gelombang, yaitu dengan menerapkan pembelajaran pemodelan. Salah satu bentuk pembelajaran pemodelan, yaitu pembelajaran *modelling instruction*.

Modelling Instruction

Beberapa pendapat tentang model dalam fisika. Etkina dkk., (2006) menyatakan bahwa objek pengganti, sebuah representasi dari hal yang nyata disebut dengan model. Hestenes (1987) juga menjelaskan model dalam fisika juga model matematika, yang mengatakan bahwa sifat fisik yang diwakili oleh variabel kuantitatif dalam model. Menurut Etkina dkk., (2006) model dapat direpresentasikan dalam bentuk gambar, grafik, atau verbal. Bahkan pada tulisan Etkina dkk., (2003) model bisa deskriptif atau jelas, memiliki daya prediksi dan daya prediksi tersebut memiliki batas. Dapat disimpulkan bahwa model suatu representasi yang disederhanakan baik dalam bentuk gambar, grafik atau verbal yang membantu siswa dalam pembelajaran.

Modelling instruction memberikan penekanan pada konstruksi dan penerapan model konseptual fisik fenomena sebagai aspek sentral dari belajar dan menggunakannya sebagai ilmu pengetahuan (Hestenes, 1987; Wells dkk., 1995; Hestenes, 1997). *Modelling instruction* merupakan pembelajaran yang menekankan siswa aktif mengkonstruksi konsep (Jackson dkk., 2008). Dengan demikian, *modelling instruction* merupakan pembelajaran yang berpusat pada siswa untuk mampu mengkonstruksi konsep fisika dalam pembelajaran dan mampu memecahkan masalah dengan konsep yang telah dimilikinya. Esensi penggunaan *modelling instruction* dalam pembelajaran, yakni mengoreksi banyak kelemahan dari pembelajaran ceramah, fragmentasi pengetahuan, sikap pasif siswa, dan kegigihan keyakinan naif tentang dunia fisik (Jackson dkk., 2008).

Untuk memenuhi esensi tersebut maka dalam pembelajaran *modelling instruction* memiliki dua tahap pelaksanaan, yakni *model development* dan *model deployment* (Jackson dkk., 2008).

Tahap *model development*, terdiri dari tiga, yakni pertama *Pre lab Discussion*, *Lab Investigation*, dan *Post lab discussion* sedangkan tahap *model deployment* bisa berupa *worksheet*, kuis, *lab practicum*, dan tes (Jackson dkk., 2008). Tahap *model development*; *Pre lab discussion*. Pada tahap ini siswa melakukan pengamatan atau observasi dan menggambarkan apa yang diamati. *Lab Investigation*, pada tahap ini siswa mengumpulkan data dan menganalisis data untuk membuat model. Data digunakan untuk menghasilkan representasi dari model. Model tersebut dapat berupa verbal, diagram, grafik, atau persamaan matematis. *Post lab discussion*, pada tahap ini siswa memaparkan representasi model dan mendiskusikannya di depan kelas. Pada tahap *model deployment*, siswa memperkuat konsep dan model yang didapat pada tahap *model development*. Pada tahap *model deployment*, siswa menggunakan model yang telah dibuat dalam pemecahan masalah fisika dapat berupa *worksheet*, kuis, *lab practicum*, dan *unit test*.

Berdasarkan sintaks pembelajaran *modelling instruction* dapat diketahui bahwa pembelajaran berpusat pada siswa. Siswa aktif melakukan observasi, melakukan penyelidikan sehingga mampu mengkonstruksi konsep model sains dalam pembelajaran. Konstruksi konsep dapat terjadi karena dalam pembelajaran siswa memperoleh pengetahuan melalui kegiatan ilmiah. Kegiatan ilmiah mendorong siswa untuk selalu mencari tahu atau membuktikan suatu kebenaran. Kegiatan ilmiah ini dapat berupa konstruksi model fisika, mengecek kebenaran model, dan merevisi (Sujarwanto, 2014).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan pembelajaran *modelling instruction* dapat meningkatkan pemahaman konsep (Helmi, 2011), kemampuan memecahkan masalah (Sujarwanto *et al.*, 2014). Hal ini dikarenakan pemahaman konsep yang diperoleh siswa dibangun melalui proses penyelidikan dan pemodelan. Siswa tidak hanya menerapkan rumus tetapi harus memahami arti fisis dari rumus tersebut. Dengan pembelajaran ini dapat membantu siswa mengembangkan pemahaman konsep, mengaitkan antara konsep yang satu dengan konsep yang lain sehingga hal ini dapat membantu untuk memecahkan masalah yang lebih kompleks (Wells, 1995). *Modelling instruction* memberi ruang kepada siswa dalam mengkonstruksi pengetahuan dan penalaran ilmiah melalui kegiatan penyelidikan dan pemodelan. Penyelidikan dan pemodelan dapat membantu siswa untuk memiliki kemampuan menguasai konsep yang baik, mengembangkan kemampuan berpikir dan memecahkan masalah.

Banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami dan menguasai konsep. Salah satunya adalah konsep gelombang. Kesulitan siswa yang telah dipaparkan pada pembahasan sebelumnya merupakan tantangan guru untuk membantu siswa memahami dan menguasai konsep tersebut. Konsep tersebut harus mampu dikaitkan dengan konsep yang lain sehingga siswa memahami dan menguasai konsep itu dengan baik. Berdasarkan paparan diatas, maka pembelajaran *modelling instruction* merupakan salah satu alternatif yang bisa digunakan untuk membantu mengatasi kesulitan siswa memahami konsep dasar gelombang di SMP.

Pembelajaran Pemodelan pada materi Gelombang SMP

Materi gelombang di belajarkan pada kelas VIII di SMP dengan kompetensi dasar yang harus dipenuhi yaitu 3.11. Menerapkan konsep getaran, gelombang, bunyi, dan sistem pendengaran dalam kehidupan sehari-hari termasuk sistem sonar pada hewan, dan 4.11 Menyajikan hasil percobaan tentang getaran, gelombang, dan bunyi. Dengan demikian pembelajaran gelombang di SMP diawali dengan konsep getaran.

Getaran merupakan gerak periodik melewati lintasan sama dan mempunyai titik seimbang. Gerak periodik merupakan gerak bolak-balik dengan selang waktu bolak (pergi) sama dengan selang waktu balik (pulang) (Surya, 2008: 139). Konsep penting yang harus dipahami siswa ketika belajar getaran, yaitu banyaknya benda bergetar (konsep satu kali getaran), titik keseimbangan, amplitudo, periode, frekuensi, dan hubungannya. Hubungan yang dimaksud adalah hubungan antara amplitudo, periode, dan frekuensi.

Modelling instruction diawali dengan kegiatan *pre lab discussion*. Kegiatan yang dilakukan guru ketika membelajarkan konsep getaran yaitu dengan menghadirkan fenomena di awal pembelajaran (Karamustafaoğlu, 2011; NRC, 2012). Fenomena bertujuan untuk memicu siswa, melihat dan berpikir tentang fenomena yang diamati. Fenomena yang dihadirkan dapat memberikan dorongan rasa ingin tahu dan ketertarikan siswa untuk mengetahui lebih dalam terkait fenomena tersebut. Salah satu contoh fenomena yang dihadirkan yaitu dua anak bermain ayunan (asumsi panjang tali ayunan kedua anak tersebut sama panjang). Anak yang satu lebih berani dibandingkan dengan anak yang lain sehingga ia berayun lebih tinggi dibandingkan anak yang lain. Jika dalam 20 detik anak yang berani, berayun sebanyak lima kali, bagaimana dengan anak yang satunya? Untuk mengetahui jawaban dari permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penyelidikan. Tahap selanjutnya dalam pembelajaran yaitu *lab investigation*.

Pada kegiatan penyelidikan (*lab investigation*) yaitu dengan melakukan percobaan bandul sederhana. Percobaan bandul sederhana bertujuan agar siswa mampu mengukur amplitudo, periode, frekuensi suatu getaran dan mampu menganalisis data hasil percobaan untuk mengetahui hubungan antara amplitudo, periode dan frekuensi getaran. Pada umumnya siswa sulit menentukan apakah amplitudo mempengaruhi periode dan frekuensi ataukah tidak. Apakah massa bandul dan panjang tali mempengaruhi periode dan frekuensi ataukah tidak?. Kesulitan tersebut dapat diatasi dengan kegiatan penyelidikan, sehingga siswa terlibat langsung mengamati massa bandul, panjang tali, ataukah amplitudo yang mempengaruhi periode dan frekuensi getaran. Kegiatan yang dapat dilakukan diantaranya simpangkan bandul dengan mengubah-ubah sudut simpangannya ($\theta = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, \text{ dan } 20^\circ$). Amati dan catatlah waktu yang dibutuhkan selama 20 kali berayun. Jika bandul disimpangkan dalam

$\theta < 10^0$, apa yang terjadi? Jika simpangan sudut semakin diperbesar apa yang terjadi? Kegiatan lain yang bisa dilakukan juga yaitu dengan mengubah panjang tali pada setiap ayunan. Artinya bahwa variabel kontrol adalah massa bandul dan sudut simpangan. Selain itu, massa beban pun dapat dijadikan sebagai variabel bebas dimana panjang tali dan sudut simpangan sebagai variabel kontrol. Hasil yang diperoleh dalam kegiatan penyelidikan dapat dibuat dalam bentuk grafik.

Kesimpulan yang diperoleh dari percobaan bandul sederhana bahwa pada amplitudo ($\theta < 10^0$) atau amplitudo kecil tidak mempengaruhi periode ayunan bandul (Giancoli, 2014). Namun, ketika amplitudonya diperbesar maka mempengaruhi periode ayunan bandul (Khotimah dkk., 2011). Hal ini disebabkan karena bandul tidak memperlihatkan gerak harmonik sederhana untuk sembarang sudut. Jika $\theta < 10^0$, gerak yang terjadi hampir sama dan dapat dimodelkan sebagai gerak harmonik sederhana (Serway & Jewett, 2014). Periode dan frekuensi bandul sederhana hanya bergantung pada panjang tali sedangkan massa tidak mempengaruhi periode ayunan bandul sederhana (Khotimah dkk., 2011; Serway & Janet, 2014).

Setelah membuat model dalam bentuk grafik panjang tali dengan periode ayunan, maka hasil tersebut didiskusikan pada kelas. Apakah model yang dibuat sudah benar atau masih keliru?. Jika model yang di buat sudah sesuai maka dilanjutkan pada tahap *deployment*. Tahap *deployment* yaitu dengan memberikan *worksheet*, *quiz*, *lab practicum* dan *unit test*. *Worksheet* merupakan pertanyaan-pertanyaan atau soal terkait dengan konsep yang telah diperoleh pada saat *lab investigation*. *Worksheet* dikerjakan secara berkelompok. Hasil pekerjaan *worksheet* dipaparkan di kelas. Kegiatan selanjutnya diberikan *quiz*. *Quiz* dikerjakan secara individu sehingga bertujuan untuk mengecek penguasaan konsep siswa secara individu. *Worksheet* dan *quiz* berguna untuk memantapkan pemahaman konsep siswa dengan menerapkan model yang telah dibuat pada kegiatan *lab investigation*. Setelah mengetahui kemampuann siswa secara individu, maka dilakukan *lab practicum*. Pada *lab practicum* disajikan data hasil percobaan yang berkaitan dengan penyelidikan yang telah dilakukan pada *lab investigation*. Hal ini bertujuan untuk mengecek kembali model yang telah dibuat. Terakhir pemberian tes dengan soal pengembangan konsep misalnya soal aplikatif dari model yang telah dibuat.

SIMPULAN

Banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam belajar topik gelombang. Kesulitan siswa yang teridentifikasi dalam memahami materi gelombang terdapat pada materi gelombang mekanik. Secara rinci materi tersebut antara lain: perambatan gelombang, superposisi, karakteristik gelombang, refraksi dan gelombang bunyi. *Modelling instruction* menjadi salah satu alternatif pembelajaran untuk membantu kesulitan siswa memahami konsep-konsep dasar gelombang di SMP. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian lebih mendalam untuk mengetahui lebih pasti penerapan pembelajaran *modelling instruction* dapat membantu siswa untuk menguasai konsep dasar gelombang dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Atriyanti, Y, & Subiyanto. H. 2015. Penerapan Model Pembelajaran POE untuk Meningkatkan Kompetensi Dasar Siswa. *Chemistry in Education*, 4 (1):61—67.
- Aunurrahman. 2009. Belajar dan Pembelajaran. Bandung: Alfabeta.
- Barniol, P. & Zavala, G. 2016. Mechanical waves conceptual survey: Its modification and conversion to a standard multiple-choice test. *Physical Review Physics Education Research*.
- Caleon, I. S. & Subramaniam, R. 2010. Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, 32(7): 939-961.
- DiSessa, A.A. 1993. *Towards an epistemology of physics*. *Cognition and Instruction*,10:105—225.
- Eshach, H. & J. L. Schwartz. 2006. Sound stuff Naive materialism in middle-school students' conceptions of sound, *Int. J. Sci. Educ.* 28, 733.
- Eshach, Haim., Tzu-Chiang Lin. & Chin-Chung Tsai. 2016. Taiwanese middle school students' materialistic concepts of sound. *Physical Review Physics Education Research*.
- Etkina, E., Warren, A., & Gentile, M. 2006. The Role of Models in Physics Instruction. *The Physics Teacher*, (Online), 43, <http://paer.rutgers.edu/ScientificAbilities/Downloads/Papers/ModelsTPTpublished.pdf>, diakses 24 Juni 2016
- Etkina, E., T. Matilsky, and M. Lawrence. 2003 "What can we learn from pushing to the edge? Rutgers Astrophysics Institute motivates talented high school students," *J. Res. Sci. Teach.* 40:958—985.
- Fazio, C., Guastella, I., Sperandio-Mineo, R. M. & Tarantino, G. 2008. Modelling mechanical wave propagation: Guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence. *International Journal of Science Education*, 30 (11):1491—1530.
- Fitriani. 2016. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Berbasis Masalah Tema Indra Pendengaran dan Indra Penglihatan Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Prestasi Belajar Siswa SMP*. Tesis Tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Giancoli, D.C. 2014. *Fisika Prinsip dan Aplikasinya. Edisi Ketujuh Jilid 1*. Penertbit Erlangga. Jakarta.
- Helmi, M.L. 2011. *Pengaruh Penggunaan Metode Pemodelan terhadap Peningkatan Pemahaman Konsep Fisika Ditinjau dari Pengetahuan Awal Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Jember Tahun Pelajaran 2009-2010*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Hestenes, D. 1987 "Toward a modeling theory of physics instruction," *Am. J. Phys.* 55: 440—454.

- Hestenes, D. 1997. Modeling methodology for physics teachers. In E. Redish & J. Rigden (Eds.) *The changing role of the physics department in modern universities. American Institute of Physics*. Part II: 935—957.
- Hrepic, Z., Zollman, D. & Rebello, S. 2010. Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change. *arXiv preprint arXiv:1105.3995*.
- Hrepic, Z., Zollman, D. & Rebello, S. 2002. Identifying students' models of sound propagation. In *Physics Education Research Conference, Boise ID*.
- Jackson, J., Dukerich, L., & Hestenes, D. 2008. Modeling Instruction: An Effective Model for Science Education. *Science Educator*, (Online), 17 (1):10—17, (http://modeling.asu.edu/modeling/ModInstrArticle_NSELASpr08.pdf), diakses 8 Agustus 2016.
- Karamustafaoğlu, S. 2011. Improving the Science Process Skills Ability of Prospective Science Teachers Using I Diagrams. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 3 (1):26—38. (Online). <http://www.eurasianjournals.com/index.php/ejpce/article/view/641/366>, diakses 15 November 2016.
- Kennedy, E. M. & John R. de Bruyn. 2011. Understanding of mechanical waves among second-year physics majors. *Can. Journal Physic*, 89:1155—1161.
- Khotimah, K., Viridi, S. & Khotimah, S. N. 2011. Ayunan Sederhana: Pengaruh Panjang Tali, Sudut Awal, dan Massa Bandul terhadap Periode serta Menentukan Konstanta Redaman. In *Conference Proceedings in Science*.
- Kryjevskaiia, M., Stetzer, M. R. & Heron, P. R. L. 2011. Student understanding of wave behavior at a boundary: The limiting case of reflection at fixed and free ends. *American Journal of Physics*, 75 (9):508—516.
- Kryjevskaiia, 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 (4):339—347.
- Kryjevskaiia, 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? *Physics Review Special Topics - Physics Education Research*, 9, 010106.
- Linder, C.J. 1992. Understanding sound: so what is the problem? *Physics Education*, 27: 258—264.
- Linder, C.J. 1993. University physics students' conceptualizations of factors affecting the speed of sound propagation. *International Journal of Science Education*, 15 (6):655—662.
- Maurines, L. 1992. Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals. *International Journal of Science Education*, 14 (3):279—293.
- Menchen, K. V. 2005. Investigations of Student Understanding of Sound Propagation and Resonance. Published Thesis. Orono: The Graduate School the University of Maine.
- NGSS. 2013. *Next Generation Science Standart: For States, By States*: Washington DC: The National Academies Press
- National Research Council (NRC). 2012. *A Framework for K-12 Sciece Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Sanjaya, Wina. 2008. Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan. Jakarta: Prenada Media Group.
- Şengören, S, K., Tanel, R., & Kavcar, N. 2009. Students' Difficulties About the Wave Pulses Propagating On a Rope. *Journal of Turkish Science Education*, 6 (1):50—59.
- Serway, R., A. & Jewett, J.W. 2014. *Fisika untuk Sains dan Teknik. Edisi 6 Buku 1*. Penerbit Salemba Teknika. Jakarta.
- Sujarwanto, E., Hidayat, A. & Wartono. 2014. Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika pada Modeling instruction pada Siswa SMA Kelas XI. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3 (1):65—78, diakses 2 Agustus 2016.
- Surya, Y. 2008. *IPA Fisika Gasing 2 untuk SMP/MTs*. Jakarta: PT Grasindo.
- Sutopo. 2016. Students ' Understanding Of Fundamental Concepts Of Mechanical Wave. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 12 (1):41—53.
- Tongchai, A., Sharma, M.M., 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 (18):2437—2457
- 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, *020101*: 1—11.
- Wells, M., Hestenes, D. & Swackhamer, G. 1995. A modeling method for high school physics instruction, *American Journal of Physics* 63: 606—619.
- Wittmann, M.C., Steinberg, R. N. & Redish, E. F. 1999. Making sense of how students make sense of mechanical waves. *Physics Teacher*, 37 (1):15—21.
- Wittmann, M.C., Steinberg, R.N. & Redish, E.F. 2003. Understanding and affecting student reasoning about sound. *International Journal of Science Education*, 25 (8):991—1013.