Potensi Pendekatan Multi Representasi untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Siswa pada Materi Gelombang Mekanik

Dyah Ayu Lestyningtyas^{1*}, Sutopo², Hari Wisodo²

¹Pascasarjana Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No.5 Malang

²Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No.5 Malang

*E-mail: dyahay10@gmail.com

Abstrak: Kemampuan penalaran ilmiah merupakan kemampuan membuat klaim dan menjelaskannya secara saintifik, tetapi siswa masih kesulitan dalam menalar. Artikel ini merupakan studi pustaka yang memaparkan bagaimana pendekatan multi representasi dapat berhasil untuk meningkatkan kemampuan penalaran ilmiah siswa ketika mempelajari materi gelombang mekanik. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa pembelajaran dengan pendekatan multi representasi dapat meningkatkan kemampuan merepresentasi sekaligus kemampuan penalaran ilmiah siswa. Pembelajaran dengan pendekatan multi representasi dapat dilakukan guru dengan memberikan siswa suatu permasalahan yang harus dipecahkan dengan beberapa representasi. Siswa harus membuat klaim dan menjelaskan pemecahan masalah tersebut dengan beberapa format representasi dan menghubungkan satu representasi dengan representasi yang lain dari bukti-bukti.

Kata kunci: pendekatan multi representasi, kemampuan penalaran ilmiah, gelombang mekanik

Kemampuan penalaran ilmiah dianggap krusial dalam ilmu sains (Ibrahim, dkk., 2015), bahkan di beberapa negara, tujuan utama pendidikan umum dan pendidikan sains dan matematika adalah pengembangan kemampuan penalaran secara saintifik (Lawson, 2004). Di Indonesia, kemampuan penalaran ilmiah juga merupakan salah satu kemampuan yang menjadi tuntutan di kurikulum (Kemendikbud, 2016). Kemampuan penalaran ilmiah tidak hanya bermanfaat untuk siswa dalam membuat keputusan dan untuk meningkatkan pemecahan masalah, tetapi juga untuk memahami konsep-konsep dan teori-teori yang kompleks, menolak miskonsepsi saintifik dan untuk memahami hakikat sains dan matematika yang disebut literasi ilmiah (Lawson, 2004). Kemampuan penalaran ilmiah dapat menimbulkan literasi ilmiah siswa (Lawson, 2004) yang dapat mendukung siswa menjadi lebih kritis sebagai konsumen ilmu pengetahuan (NRC, 2012).

Kemampuan penalaran ilmiah dianggap sebagai prasyarat agar penjelasan saintifik siswa dapat meningkat (Sutopo & Waldrip, 2013). Kemampuan penalaran ilmiah berhubungan dengan kegiatan saintifik untuk menjelaskan, memprediksi, dan mengontrol fenomena empirik melalui desain eksperimen, menguji hipotesis, dan menginterpretasi data (Kim, 2013). Kemampuan penalaran ilmiah dapat tercermin dari kemampuan membuat penjelasan saintifik. Siswa menjelaskan fenomena secara saintifik dengan aktivitas membuat klaim, mencari bukti-bukti yang ada, dan menjelaskan hubungan antara klaim dan bukti untuk menjustifikasi atau membenarkan klaim (McNeill & Krajcik, 2008) dalam memahami secara mendalam suatu fenomena, kejadian, proses atau situasi tertentu (Ibrahim, dkk., 2015).

Penggunaan multi representasi pada konsep sains yang kompleks membawa manfaat untuk membantu pemahaman siswa (Ainsworth, 2008). Penggunaan multi representasi memiliki manfaat untuk siswa tetapi siswa sering gagal dalam merepresentasi, sehingga siswa

masih harus belajar dengan bantuan teman atau guru (Ainsworth, 2008). Representasi pada pembelajaran dapat digunakan guru dalam membantu siswa menggunakan representasi yang tepat dan meningkatkan performa siswa tersebut. Penggunaan representasi pada pembelajaran juga dapat meningkatkan performa siswa ketika mereka dapat menggunakan representasi yang tepat (Ainsworth, 2006). Implementasi pendekatan representasi pada penelitian Sutopo & Waldrip (2013) menunjukkan adanya efektivitas untuk meningkatkan kemampuan penalaran siswa dari aspek teknis maupun aspek validitas konseptual pada topik Mekanika.

Mekanika merupakan cabang fisika yang mendasari pemahaman cabang fisika yang lainnya, sehingga banyak penelitian tentang Mekanika (Sutopo, 2016). Padahal selain mekanika, pemahaman yang baik pada cabang fisika Gelombang mekanik juga membantu siswa mempelajari topik fisika yang lain, seperti bunyi, cahaya, panas, listrik-magnet, mekanika kuantum, serta spektroskopi, meteorologi, seismologi (Tongchai, et al., 2008; Sutopo, 2016). Tetapi, penelitian pada konsep gelombang masih sedikit dibandingkan dengan penelitian pada konsep mekanika (Tongchai, dkk., 2011; Sutopo, 2016).

Penelitian pada konsep gelombang mengidentifikasi bahwa terdapat beberapa cara siswa dalam memahami dan mendapatkan informasi mengenai gelombang mekanik (Wittmann, 2002). Pada penelitian Wittmann (2001), siswa banyak memahami gelombang dengan penalaran yang problematik dan tidak produktif. Selain itu, siswa menginterpretasi gelombang melalui deskripsi-deskripsi seperti objek, bukan dari fenomena-fenomena (Wittmann, 2002). Beberapa peneliti juga menemukan adanya kesulitan-kesulitan yang dialami siswa dalam memahami gelombang. Kesulitan-kesulitan yang dialami siswa pada topik gelombang antara lain, siswa kesulitan memahami konsep fenomena perambatan gelombang (Wittmann et al., 1999; Sengoren, et al., 2009; Sutopo, 2016), konsep λ , f , dan v serta kesulitan menemukan hubungan pada persamaan $v = \lambda f$ (Kryjevskaja et al., 2011, 2012; Sutopo, 2016), konsep interferensi dari dua sumber pada gelombang air (Kryjevskaja et al., 2011, 2012, 2013) dan kesulitan pada konsep superposisi gelombang (Wittmann et al., 1999).

Penggunaan multi representasi pada konsep sains yang kompleks membawa manfaat untuk membantu pemahaman siswa (Ainsworth, 2008), seperti pemahaman siswa pada konsep gelombang. Implementasi representasi yang baik diharapkan dapat meningkatkan performa, termasuk saat menalar pada konsep gelombang mekanik. Mekanika dan Gelombang Mekanik merupakan cabang fisika yang sama-sama menjadi dasar pemahaman cabang fisika yang lain. Keberhasilan penelitian Sutopo & Waldrip (2013) dalam penerapan pendekatan representasi untuk meningkatkan kemampuan penalaran ilmiah siswa pada konsep Mekanika diharapkan juga akan berhasil pada konsep Gelombang Mekanik.

Artikel ini bertujuan untuk memaparkan bagaimana menerapkan multi representasi pada pembelajaran dengan topik gelombang mekanik jika siswa diharapkan memiliki kemampuan penalaran ilmiah setelah pembelajaran. Pembelajaran dengan multi representasi ini diupayakan agar siswa mengkonstruksi representasi mereka sendiri dan kemampuan penalaran ilmiah mereka meningkat selama pembelajaran.

BAHASAN UTAMA

Kemampuan Penalaran Ilmiah

Definisi kemampuan penalaran ilmiah telah dipaparkan dengan banyak cara oleh penelitian sebelumnya (Ibrahim, dkk., 2015). Penalaran merupakan penggunaan strategi mental dalam pencarian informasi dan membuat kesimpulan (Lawson, 2004). Kemampuan penalaran ilmiah meliputi penggabungan konten pengetahuan, mengontrol variabel untuk membuat kesimpulan dan meningkatkan pemahaman (Kuhn, 2004).

Pada beberapa penelitian, kemampuan penalaran ilmiah dapat tericermin ketika siswa membuat penjelasan ilmiah. Kemampuan penalaran ilmiah melalui penjelasan ilmiah meliputi mengkonstruksi klaim (pernyataan yang berdasarkan permasalahan), bukti (data-data untuk mendukung klaim), dan argumentasi (klarifikasi klaim berdasarkan bukti dengan menghubungkan keduanya) (McNeill & Krajcik, 2008). Kemampuan penalaran membantu siswa memiliki pemahaman yang lebih mendalam pada konten sains (Sutopo, et al., 2011).

Gambaran Umum Pembelajaran dengan Pendekatan Representasi

Multi representasi adalah proses merepresentasi dengan beberapa cara yang berbeda meliputi grafik, diagram, verbal, sketsa, dan persamaan pada suatu konsep yang sama (Heuvelen & Zou, 2000; Hilton & Nichols, 2011). Prain, dkk. (2006) menyebutkan macam-macam representasi yang mungkin dipakai dalam pembelajaran meliputi verbal (oral, presentasi), grafik dan visual (internet, simulasi, video, poster, diagram, presentasi *power point*), tulisan (*worksheet*, buku harian, tugas proyek, skrip, pamflet, teks, cerita, peta konsep), numerik (matematis), 3D (percobaan).

Representasi siswa memiliki beberapa fungsi antara lain untuk mengeksplor pengetahuan awal siswa, *scaffold* dalam membangun pemahaman siswa, dan rekaman pemikiran dan penalaran baru siswa (Carolan, dkk., 2008). Selain itu, Ainswort (2008) menyebutkan tiga fungsi dari multi representasi eksternal adalah: (1) *complement*, representasi dapat mendukung pembelajaran untuk melengkapi informasi dan proses dengan representasi lain yang paling cocok, (2) *constrain*, satu representasi memaksa interpretasi yang lain dimana representasi yang kompleks dan abstrak dapat diganti dengan representasi yang lebih dikenal dan lebih mudah oleh siswa untuk membantu pemahaman siswa dan (3) *construct*, multi representasi dapat membantu siswa ketika merepresentasi-representasi sehingga membangun pemahaman yang lebih dalam. Ketiga fungsi multi representasi ini memiliki perbedaan yang tidak kentara.

Pendekatan representasi multiple secara umum tidak terdapat langkah-langkah pembelajaran yang spesifik (Kohl, 2006). Secara umum, proses pembelajaran pendekatan representasi yang digunakan oleh Sutopo & Waldrip (2013) adalah sebagai berikut.

(1) Guru memberikan permasalahan berupa *open-ended* kemudian siswa harus menyelesaikannya menggunakan representasi meliputi tabel, grafik, diagram, persamaan dan kalimat yang koheren; (2) Siswa mengkonstruksi dan meninjau representasi mereka dalam kelompok yang terdiri dari tiga atau empat siswa, dengan membuktikan, menulis, mengumpulkan data, menggambar, memodelkan dan membuat grafik. Selain itu, siswa juga harus mempersiapkan presentasi dalam diskusi kelas dan mempertahankan pekerjaan mereka; (3) Guru berkeliling selama diskusi kelompok dari satu kelompok ke kelompok lain untuk memberikan saran atau bantuan penting, berdasarkan pada: (a) apakah siswa yakin terhadap representasi mereka dan guru meminta mereka untuk menyertakan klarifikasi untuk alasan dari representasi tersebut. (b) apakah siswa mengalami keraguan terhadap klaim representasi mereka, atau mengalami jalan buntu saat diskusi, maka untuk mendorong penalaran lebih

lanjut, guru memberikan scaffold. (c) apakah hampir semua kelompok kesulitan untuk mengkonstruksi representasi secara tepat, maka melalui diskusi kelas, guru memberi scaffold; (4) setelah diskusi kelompok, setiap kelompok mempresentasikan hasil diskusi kelompok mereka pada kelompok yang lain melalui diskusi kelas. Guru mengkonsolidasi pemahaman siswa di diskusi kelas.

Berikut contoh proses pembelajaran dengan pendekatan representasi agar siswa dapat membangun penalaran ilmiah pada materi gelombang mekanik.

Tahap 1: Guru memberikan permasalahan

Pada tahap pertama, guru menghadirkan fenomena-fenomena yang berhubungan dengan gelombang mekanik. Fenomena ini dihadirkan untuk memberikan permasalahan pada siswa dan diharapkan siswa dapat menjawab permasalahan tersebut setelah pembelajaran. Siswa juga diharapkan membuat prediksi atau hipotesis dari jawaban permasalahan tersebut. Fenomena yang dihadirkan oleh guru dengan menampilkan video agar siswa lebih memahami fenomena yang dimaksud.

Tahap 2: Siswa diskusi untuk mengkonstruksi representasi

Pada tahap kedua, siswa mendesain eksperimen, mengontrol variabel dan mengumpulkan data untuk menjawab hipotesis, kemudian mengkonstruksi representasi dari data-data yang telah diperoleh. Pada awal tahap ini, siswa melakukan percobaan untuk mengontrol variabel dan mengumpulkan data. Salah satu contoh percobaan yang dapat dilakukan siswa adalah percobaan menemukan hubungan $v = \lambda f$ melalui gelombang pada tali. Siswa dapat memvariasi dan mengontrol variabel dengan memvariasi penggunaan tali atau memvariasi perlakuan pada tali dan mengontrol variabel lainnya. Siswa melengkapi data pengamatan (Gambar 1) berdasarkan hasil percobaan dan mendiskusikan jawaban pertanyaan yang diberikan. Pada akhir tahap ini, siswa diharapkan dapat menalar hubungan antara kecepatan, frekuensi dan panjang gelombang, serta hubungan persamaan $v = \lambda f$.

Pada tahap ini, siswa diharapkan menemukan bahwa frekuensi bergantung pada sumber gelombang yang diberikan, cepat rambat gelombang bergantung pada medium yang dilewati, dan panjang gelombang bergantung pada frekuensi dan cepat rambat gelombang. Selain itu, siswa dapat menemukan hubungan bahwa jika frekuensi meningkat, panjang gelombang turun. Kemudian, siswa diharapkan dapat menemukan bahwa $v = \lambda f$.

Selama tahap ini, guru berperan untuk mendampingi siswa dan memberikan *scaffold* pada siswa jika siswa mengalami kebingungan atau kesulitan selama percobaan maupun selama diskusi kelompok. Guru juga mendampingi siswa-siswa untuk mengkonstruksi representasi yang tepat dari data dan informasi yang telah didapatkan saat percobaan. Guru meminta siswa memberikan klarifikasi dari representasi yang dibuat oleh siswa.

Tahap 3: Siswa mempresentasikan hasil diskusi kelompok

Pada tahap ini, guru memberikan kesempatan untuk masing-masing kelompok mempresentasikan hasil diskusi dari kegiatan percobaan melalui diskusi kelas. Guru memfasilitasi siswa dengan menggabungkan penemuan-penemuan siswa dan memperkuat pemahaman siswa.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan paparan di atas, untuk membantu meningkatkan kemampuan penalaran ilmiah siswa, maka dibutuhkan pembelajaran yang mengajak siswa pada aktivitas saintifik

seperti menentukan klaim, mengumpulkan informasi atau data untuk bukti, kemudian menghubungkan klaim dan bukti tersebut. Pembelajaran dengan pendekatan multi representasi merupakan salah satu pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan penalaran ilmiah siswa. Pada pembelajaran dengan pendekatan representasi, siswa harus mengkonstruksi representasi mereka sendiri saat mengumpulkan informasi atau bukti-bukti, kemudian menghubungkan satu representasi dengan representasi lain yang cocok. Pembelajaran ini perlu adanya dukungan dari guru agar kemampuan penalaran ilmiah siswa dapat meningkat setelah mengikuti pembelajaran dengan pendekatan representasi. Pada penelitian sebelumnya, pembelajaran dengan pendekatan representasi dapat meningkatkan kemampuan penalaran ilmiah siswa pada topik Mekanika. Mekanika dan Gelombang merupakan cabang fisika yang sama-sama dasar untuk pemahaman cabang fisika yang lain. Sehingga penerapan pendekatan representasi pada konsep gelombang mekanik memiliki potensi untuk meningkatkan kemampuan penalaran ilmiah siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Ainsworth, S. (2008). The Educational Value of Multiple representation when learning complex scientific concept. *Visualisation: Theory and Practice in Science Education*, 191-208.
- Ainsworth, Shaaron. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction* 16, 183-198.
- Heuvelen, Alan Van and Zou Xueli. (2000). Multiple Representation of work-energy process. *American Journal of Physics*, 69 (2): 184-194.
- Hilton, Annette dan Nichols, Kim. (2011). Representational Classroom Practices that Contribute to Students' Conceptual and Representational Understanding of Chemical Bonding. *International Journals of Education*, 33 (16), 2215-2246.
- Ibrahim, Bashirah dan Rebello, Sanjay N. (2012). Representational Task Formats and Problem Solving Strategies in Kinetics and Work. *American Physics Society*, 8(1), 1-19
- Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan. (2016). Silabus Mata Pelajaran Sekolah Menengah Atas/ Madrasah Aliyah (Sma/Ma). Jakarta: Depdikbud.
- Kim, Tschangho John. (2013). Scientific Reasoning and Methods in Urban Planning. *International Regional Science Review*, 36(1), 36-43.
- Kohl P.B. dan Finkelstein N. D. (2006). Student representational competence and self-assessment when solving physics problems. *American Physics Society*, 1 (1): 1-11.
- Kryjevskaja, 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.
- 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 (4), 339–347.
- 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?. *American Physics Society*, 9(1), 1-13.
- Lawson, Antone E. (2004). The Nature And Development Of Scientific Reasoning: A Synthetic View. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 307–338.

- Lawson, Antone E. (2004). The Nature And Development Of Scientific Reasoning: A Synthetic View. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 307–338.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2008). Inquiry and Scientific Explanation: Helping Students Use Evidence and Reasoning. *Science as Inquiry in the Secondary Setting*, 121-133.
- NRC: National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
- Sutopo & Waldrup, Bruce. (2013). Impact of A representational Approach on Students' Reasoning and Conceptual Understanding in Learning Mechanics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12: 741-765.
- Sutopo, et al. (2011). The need of representation approach to provide prospective physics teacher with better reasoning ability and conceptual understanding. *Prosiding Seminar Internasional Pendidikan IPA. Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Sutopo. (2016). Pemahaman Mahasiswa tentang Konsep-konsep Dasar Gelombang Mekanik. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 12 (1), 41-53.
- Tongchai, A., Sharma, M.M., Johnston, I. D., Arayathanitkul, K., Soankwan, C. (2011). Consistency of Students' Conception of Wave Propagation: Findings from a Conceptual Survey in Mechanical Waves. *Physics Review Special Topics Physics Education Research*, 7, 020101.
- 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, Michael C., Steinberg, Richard N., Redish, Edward F. (2011). Understanding and Affecting Student Reasoning About Sound Wave. *International Journal of Science Education*, 1-23.