Kemampuan Argumentasi Ilmiah dan Pemecahan Masalah Fisika Siswa SMA pada Materi Gaya dan Gerak

Adetya Dewi Wardani[1], Lia Yuliati[2], Ahmad Taufiq[2]
Program Studi Pendidikan Fisika, Pascasarjana Universitas Negeri Malang,
Jl. Semarang 5 Malang 65145, Telp. (0341) 551312[1]
Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Malang,
Jl. Semarang 5 Malang 65145, Telp. (0341) 551312[2]
E-mail: adetya.dewi.1503218@students.um.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola argumentasi siswa dalam memecahkan masalah pada materi gaya dan gerak. Desain penelitian ini adalah deskriptif kualitatif. Penelitian menggunakan instrumen angket dan tes yang diberikan kepada 33 siswa Kelas XI salah satu SMA di Kota Malang. Argumentasi dan pemecahan masalah siswa dikoding menggunakan pola argumen Toulmin dan rubrik *problem solving* Docktor. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi siswa berada pada tingkatan "mampu membuat klaim, namun belum didukung *warrant* yang sesuai"; kemampuan siswa dalam memecahkan masalah tergolong *naivette*. Secara umum, siswa banyak mengalami kesulitan dalam menentukan konsep fisika yang cocok, melakukan prosedur matematis, dan mengevaluasi hasil dengan tepat dalam memecahkan masalah.

Kata kunci: argumentasi ilmiah, pemecahan masalah, siswa SMA, materi gaya dan gerak

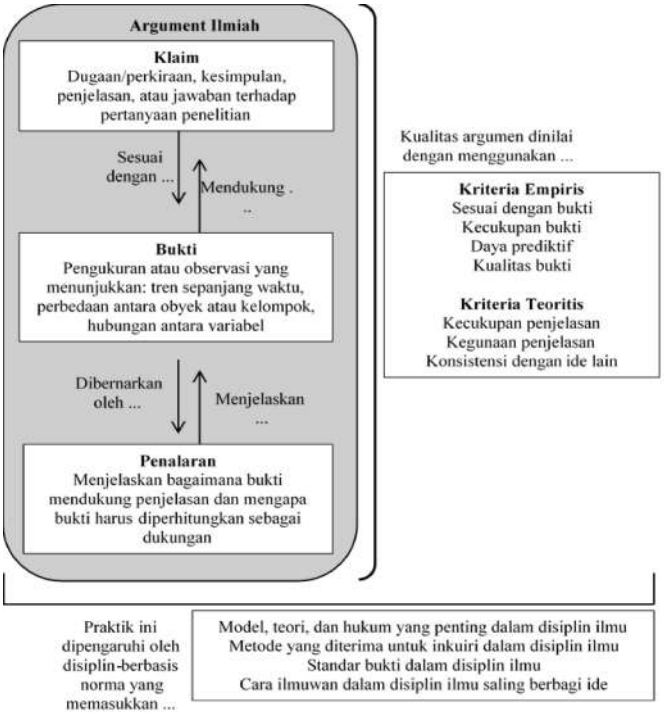
Argumentasi adalah salah satu kemampuan yang penting dimiliki siswa karena siswa yang memiliki kemampuan argumentasi yang baik dapat membangun penjelasan untuk menghasilkan pengetahuan baru (Eskin, 2013; NRC, 2012). Pengetahuan baru ini dapat berupa teori baru, cara baru dalam mengumpulkan data, ataupun cara baru dalam menginterpretasikan data lama (Osborne, 2010; Wang, 2016). Selain itu, untuk menghadapi tantangan masa depan, siswa hendaknya dapat terlibat dalam diskusi seputar sains atau bahkan menjadi pembuat keputusan terkait masalah-masalah dalam sains. Untuk dapat melakukan hal tersebut, siswa harus dapat memahami bagaimana bukti digunakan dalam membangun penjelasan dan kriteria apa saja yang digunakan untuk mengevaluasi bukti (NRC, 2012; Simon & Johnson, 2008).

Kemampuan berargumentasi tidak didapatkan dengan mudah tanpa disertai latihan berkelanjutan (Kuhn, dkk, 2013). Latihan bagi siswa dapat diwujudkan dengan diskusi dalam pembelajaran berbasis masalah. Kegiatan diskusi tersebut akan memunculkan kemampuan argumentasi siswa. Argumentasi merupakan faktor penting dalam mencapai persetujuan tentang solusi yang tepat bagi masalah. Dengan demikian, siswa memiliki keberanian untuk menyampaikan pikirannya dan hal ini akan meningkatkan perkembangan intelektualnya (Oh &Jonassen, 2007; Surif, dkk., 2012).

Gaya dan gerak merupakan salah satu materi fisika yang membutuhkan kemampuan argumentasi ilmiah yang baik. Argumentasi harus diterapkan selama kegiatan pembelajaran sebagai cara memunculkan pembelajaran konseptual siswa materi dinamika (Eskin & Bekiroglu, 2013). Siswa perlu mendapatkan bimbingan agar dapat memanfaatkan bukti yang berkualitas dalam menyusun argumentasi pada materi gaya dan gerak untuk lebih memahami konsep (Chen, dkk., 2013). Eskin dan Bekiroglu (2009), menyatakan bahwa tidak ada

hubungan antara keterlibatan siswa dalam argumentasi dengan *scicence content knowledge* pada materi gaya, meskipun terdapat kesepakatan bahwa argumentasi merupakan kemampuan yang penting dimiliki dalam mempelajari gaya dan gerak.

Siswa hendaknya mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah. Argumentasi ilmiah didukung oleh bukti empiris, dapat diverivikasi, dipersalahkan, atau dilemahkan oleh bukti-bukti tersebut. Bukti empiris yang digunakan untuk mendukung argumentasi digunakan untuk menunjukkan: (1) tren sepanjang waktu; (2) perbedaan antara kelompok atau obyek; dan (3) hubungan antarvariabel (Sampson 2011). Konseptualisasi komponen argumentasi ilmiah dijabarkan dalam Gambar 1 (Sampson, 2011; Walker, 2013).



Gambar 1. Ilustrasi Komponen Argumentasi Ilmiah (Gambar Direkonstruksi dari Sampson, 2011)

Pemecahan masalah adalah proses mencapai tujuan disertai dengan mengatasi berbagai rintangan yang muncul (Santrock, 2011: 220; Sternberg, 2010). Rintangan dapat berupa pertanyaan tidak terjawab atau suatu masalah terhadap keadaan tertentu. Pertanyaan dan masalah ini mungkin merupakan tugas yang baru dan tidak familiar bagi *problem solver* (pemecah masalah) (Gedler, 2009). Masalah tersebut diatasi menggunakan pengetahuan dan ketrampilan yang dimiliki oleh pemecah masalah (Ormrod, 2012). Kemampuan pemecahan masalah sangat dipengaruhi oleh kemampuan membentuk persepsi terhadap tugas yang diberikan.

Salah satu tujuan dalam pembelajaran fisika adalah menekankan kemampuan pemecahan masalah (Docktor, 2015). Adapun masalah yang dihadapi siswa di kelas tradisional biasanya merupakan masalah rutin yang memiliki prosedur penyelesaian teratur dan cenderung matematis (Docktor, 2015; Sternberg, 2010: 326; Finegold & Mass, 1985). Siswa yang terampil dalam memecahkan masalah memiliki karakteristik berani untuk

menginvestigasi, mencari kebenaran, mengembangkan ide, dan mengeksplorasi masalah, serta memberikan saran penyelesaian yang rasional (Surif dkk., 2012; Kirmizi, 2014). Jika karakteristik tersebut telah dimiliki siswa, maka diharapkan siswa akan mampu menghadapi tantangan di masa depan ketika menghadapi masalah yang lebih kompleks dan non-rutin.

Keahlian seseorang dalam bidang yang ditekuni, dihasilkan dari berbagai proses belajar. Berdasarkan teori psikologi kognitif, terdapat tingkatan dalam mengelompokkan seseorang berdasarkan keahlian yang dimiliki. Salah satu teori yang berkembang adalah skala keahlian oleh Hoffman (1998). Pengelompokan skala keahlian tersebut dijabarkan ke dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Keahlian Dasar Berdasarkan Terminologi Serikat Keahlian Tradisional (*Traditional Craft Guild Terminology*)

Kelompok	Karakteristik
Naif (*naivvette*)	Seseorang yang sangat tidak mengetahui (*ignorant*) bidang keahlian (*domain*).
Orang baru (*novice*)	Secara harfiah diartikan dengan seseorang yang baru (baru mempelajari bidang keahlian). Telah memiliki "sedikit" pengetahuan tentang bidang keahlian
Pemula (*initiate*)	Secara harfiah diartikan sebagai orang baru (*novice*) yang telah memulai mempelajari materi dasar
Magang (*apprentice*)	Secara harfiah diartikan sebagai seseorang yang sedang belajar. Siswa magang merupakan siswa yang mempelajari bidang keahlian dan menjadi asisten dari seseorang pada tingkat yang lebih tinggi.
Pekerja (*journeyman*)	Seseorang yang dapat melaksanakan pekerjaan dalam bidang keahlian tanpa disupervisi, walaupun bekerja di bawah orang lain. Misalnya pekerja ahli lain yang lebih berpengalaman atau memiliki kompetensi tertentu.
Pakar/ahli (*expert*)	Pekerja yang berbeda dan bagus, sangat dihormati oleh rekan sebaya, yang penilaiannya akurat dan reliabel, juga merupakan seseorang yang memiliki keahlian khusus atau pengetahuan dari pengalaman yang luas.
Master (*master*)	Master adalah seorang pekerja ahli atau pakar yang memiliki kualifikasi untuk mengajar pada tingkat yang lebih rendah. lebih lanjut, master adalah kumpulan para pakar/ahli yang penilaiannya menentukan peraturan atau standar.

Sumber: Hoffman (1998)

Novice adalah orang yang baru mempelajari materi dasar dalam pembelajaran. Berbeda dengan orang yang naif, yang tidak mengetahui sama sekali bahwa materi tersebut ada (Hoffman, 1998). Skala keahlian dalam bidang psikologi kognitif ini menjadi dasar dalam pengelompokan pemecah masalah. Dreyfus & Dreyfus (2000) menyatakan terdapat lima tahapan dari seorang *novice* menjadi *expert.* Adapun tahapan tersebut di antaranya pemula (*novice*), pemula ahli (*advanced beginner*), kompeten (*competent*), mahir (*proficient*), dan ahli (*expert*). Lebih lanjut, Dreyfus & Dreyfus mengusulkan teori lima-level yang memfokuskan pada pengembangan "intuisi" (misalnya pengetahuan prosedural non verbal dan metapengetahuan), yang dianggap sebagai esensi dari keahlian (Hoffman dkk., 2014: 24).

Penelitian ini merupakan dasar penelitian untuk mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah dan pemecahan masalah siswa pada materi gaya dan gerak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan jawaban terhadap rumusan masalah: (1) bagaimana persepsi siswa terhadap pembelajaran gaya dan gerak; (2) bagaimana persepsi siswa terhadap kemampuan argumentasi dan pemecahan masalah pada materi gaya dan gerak; (3) bagaimana karakteristik argumentasi dari siswa kelas XI pada materi gaya dan gerak; dan (4) bagaimana karakteristik pemecahan masalah dari siswa kelas XI pada materi gaya dan gerak?

METODE

Berdasarkan karakteristik pertanyaan penelitian yang bersifat eksplorasi, yang menggunakan teknik pengumpulan data angket dan tes dan teknik analisis data deskriptif kuantitatif dan kualitatif untuk memahami persepsi siswa tentang pembelajaran gaya dan gerak, persepsi siswa tentang kemampuan argumentasi ilmiah dan pemecahan masalah, serta karakteristik jawaban siswa dalam mengajukan argumentasi dan memecahkan masalah.

Partisipan

Partisipan dari penelitian ini berasal dari populasi siswa kelas XI IPA salah satu SMA Negeri di Kota Malang. Sebanyak 33 siswa dari salah satu kelas menjadi partisipan dari penelitian ini, yang terdiri dari 14 (42%) siswa laki-laki dan 19 (58%) siswa perempuan.

Pengumpulan Data

Persepsi siswa terhadap pembelajaran gaya dan gerak dan kemampuan argumentasi ilmiah serta pemecahan masalah diperoleh dengan instrumen angket. Instrumen angket diadopsi dari penelitian Hasnunidah (2016). Selanjutnya, data tentang kemampuan argumentasi ilmiah dan kemampuan pemecahan masalah diperoleh dengan instrumen tes *essay*. Instrumen tes argumentasi berjumlah lima item dikembangkan menggunakan strategi *competing theories* (Osborne, 2004; Hasnunidah dkk., 2015). Instrumen tes pemecahan masalah sebanyak empat item menggunakan kasus yang berkaitan dengan konsep Hukum Newton (Knight, 2008) dengan memilih permasalahan yang sesuai dengan Kurikulum 2013 yang telah dipelajari siswa. Adapun topik yang tercakup dalam tes ini adalah jenis-jenis gaya, Hukum I, II, dan III Newton, dan penerapan Hukum Newton pada kehidupan sehari-hari.

Analisis Data

Jawaban siswa dalam tes argumentasi ilmiah dikategorikan ke dalam Pola Argumentasi Toulmin (TAP) yang dikembangkan oleh Simon dkk. (dalam Sampson, 2012). Adapun TAP yang dikembangkan oleh Simon dkk. dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Urutan Level Argumentasi TAP Dikembangkan oleh Erduran, Simon dan Osborne

Level	Karakteristik Argumentasi
Level 5	Argumen-argumen yang luas dengan lebih dari satu *rebuttal*.
Level 4	Argumen-argumen dengan sebuah *claim* dengan *rebuttal* yang bisa diidentifikasi dengan jelas. Argumen ini mungkin juga memiliki beberapa *claim* dan *counter-claim*, namun tidak wajib ada.
Level 3	Argumen-argumen dengan rangkaian *claim* atau *counter-claim* dengan *data*, *warrant*, atau *backing* yang terkadang disertai dengan *rebuttal* lemah.
Level 2	Argumen-argumen yang terdiri dari *claims* dengan *data*, *warrant*, atau *backing*, namun tanpa *rebuttal*. Osborne menganjurkan pembedaan yang lebih jauh pada tingkat ini: • Level 2B (2.5) – argumen-argumen yang terdiri dari *claim* yang didukung oleh lebih dari satu *data*, *warrant*, atau *backing*, namun tanpa *rebuttals*. • Level 2A (2.0) – argumen-argumen yang terdiri dari *claim* yang didukung oleh sebuah *data*, *warrant*, atau *backing*, namun tanpa *rebuttals*.
Level 1	Argumen-argumen sederhana yang berupa *claim vs counter-claim* atau *claim vs claim*.

Sumber: Sampson, 2012

Jawaban siswa terkait dengan kemampuan pemecahan masalah dinilai menggunakan rubrik pemecahan masalah yang dikembangkan oleh Docktor & Heller (2009) dan

dikategorikan. Kategori yang digunakan untuk kemampuan pemecaham masalah mengadaptasi lima tahapan keahlian menurut Dreyfus dkk. (2000) dan teori Hoffman (1998). Instrumen tes pemecahan masalah berjumlah empat item soal. Adapun jabaran ringkas indikator yang digunakan untuk menilai kemampuan pemecahan masalah siswa terdapat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Indikator Pemecahan Masalah

Indikator	Keterangan
Deskripsi yang bermanfaat (*useful description*)	Menilai proses *problem solver* dalam mengorganisasikan informasi dari pernyataan masalah ke representasi yang tepat dan bermanfaat yang merangkum informasi penting secara simbolik, visual, dan/atau tulisan.
Pendekatan fisika (*physics approach*)	Menilai proses *problem solver* dalam memilih konsep dan prinsip fisika yang tepat untuk digunakan. Konsep digunakan untuk menjelaskan ide fisika umum, misalnya konsep vektor atau konsep khusus seperti momentum dan kecepatan. Prinsip merujuk pada aturan atau hukum dasar fisika yang digunakan untuk mendeskripsikan objek dan interaksinya, misalnya Hukum konservasi energi atau Hukum Newton ke-III.
Penerapan khusus fisika (*spesific application of physiscs*)	Menilai proses *problem solver* dalam menerapkan konsep dan prinsip fisika pada kondisi khusus. Penerapan khusus melibatkan menghubungkan objek dan besaran pada masalah yang diberikan ke dalam istilah yang tepat dalam hubungan khusus fisika. Misalnya pernyataan tentang definisi, hubungan antar besaran, kondisi awal, pertimbangan asumsi atau konstrain dalam masalah.
Prosedur matematis (*mathematical procedures*)	Menilai proses *problem solver* dalam mengeksekusi solusi dengan meninjau pemilihan prosedur dan mengikuti aturan matematis yang tepat. Contoh dari prosedur ini misalnya mengisolasi dan mengurangi strategi dalam aljabar, substitusi, penggunaan persamaan kuadrat, operasi matriks, atau "tebak dan periksa" dari persamaan diferensial. Aturan matematis terkait dengan proses dari matematika, seperti aturan rantai dalam kalkulus atau penggunaan akar, kuadrat, logaritma, identitas trigonometri.
Perkembangan logis (*logical progression*)	Menilai proses *problem solver* dalam mengkomunikasikan alasan, tetap fokus pada tujuan, dan mengevaluasi konsistensi. Kategori ini menilai apakah solusi masalah keseluruhan sudah jelas, fokus, dan terorganisir secara logis. Logis berarti bahwa solusi yang diberikan koheren (urutan solusi dan alasan pemecah masalah dapat dimengerti dari apa yang telah ditulisnya), konsisten secara internal (tidak ada bagian yang kontradiksi), dan konsisten secara eksternal (hasilnya sesuai dengan harapan fisika secara kualitatif).

Sumber diadaptasi dari Docktor & Heller (2009)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persepsi Siswa terhadap Pembelajaran Gaya dan Gerak

Persepsi siswa terhadap pembelajaran gaya dan gerak dalam penelitian ini meliputi minat siswa terhadap materi gaya dan gerak, persepsi siswa terhadap tingkat kesulitan materi gaya dan gerak, cara belajar yang sesuai bagi siswa dalam mempelajari gaya dan gerak, dan metode yang sering digunakan Bapak/Ibu guru dalam membelajarkan gaya dan gerak. Berkaitan dengan minat siswa terhadap pembelajaran gaya dan gerak, sebanyak 70% siswa menyukai mata pelajaran gaya dan gerak karena materi tersebut berkaitan dengan kehidupan sehari-hari dan cukup sering muncul dalam kurikulum fisika sekolah.

Siswa yang tidak menyukai materi gaya dan gerak menganggap materi ini terlalu banyak rumus dan sulit dipahami di mana 43% dari siswa mempersepsikan bahwa materi gaya dan gerak adalah materi yang kompleks dengan alasan siswa merasa kesulitan dalam memilih penerapan khusus fisika dan prosedur matematis yang diperlukan ketika memecahkan masalah. Pada beberapa teori fisika, matematika dan fisika sangat terintegrasi,

ditunjukkan oleh beberapa teori misalnya hidrodinamika, dianggap sebagai teori fisika di satu tempat (Jerman pada awal abad ke-20) dan dan matematika terapan di tempat lain (Inggris pada waktu yang sama) (Jensen, dkk., 2016).

Terkait dengan perlu tidaknya strategi khusus dalam mempelajari materi gaya dan gerak, sebanyak 61% siswa menyatakan bahwa mereka membutuhkan strategi khusus dalam belajar materi gaya dan gerak. Metode pembelajaran yang digunakan Bapak/Ibu Guru dalam membelajarkan materi gaya dan gerak di antaranya frekuensi menggunakan metode percobaan, demonstrasi, tanya jawab, dan diskusi tinggi, sedangkan frekuensi menggunakan metode ceramah dan penugasan sangat tinggi. Masih terdapat siswa yang mengalami kesulitan dalam belajar di antaranya siswa kurang mengerti jika Bapak/Ibu Guru hanya menyampaikan dengan lisan saja. Berdasarkan temuan berkaitan dengan pembelajaran gaya dan gerak, sebagian besar siswa masih fokus pada prosedur matematis dari masalah yang diberikan. Hampir tidak ada siswa yang memberikan pernyataan yang berkaitan dengan kemampuan berargumentasi atau indikator pemecahan masalah lainnya.

Persepsi Siswa terhadap Kemampuan Argumentasi dan Pemecahan Masalah pada Materi Gaya dan Gerak

Data yang digali berkaitan dengan persepsi siswa terhadap kemampuan argumentasi di antaranya penting tidaknya kemampuan argumentasi ilmiah dan bagaimana penilaian diri siswa terhadap kemampuan argumentasi ilmiah. Sedangkan data yang digali berkaitan dengan persepsi siswa terhadap kemampuan pemecahan masalah di antaranya penting tidaknya kemampuan pemecahan masalah dan bagaimana penilaian diri siswa terhadap kemampuan pemecahan masalah.

Persepsi siswa terhadap kemampuan argumentasi ilmiah di antaranya 97% siswa menyatakan bahwa kemampuan argumentasi ilmiah penting dimiliki siswa dan perlu diajarkan dalam kegiatan pembelajaran di kelas. Siswa menganggap kemampuan ini penting karena agar lebih mudah memahami materi; untuk melatih percaya diri; bermanfaat di dunia kerja; agar lebih aktif dalam pembelajaran; mengetahui letak kesulitan ketika belajar memahami materi; dan agar dapat mengungkap benar tidaknya konsep yang dimiliki siswa. Selain itu, juga didapatkan temuan antara lain, 67% siswa merasa tertantang berada dalam forum diskusi; 52% siswa merasa mampu berbicara lancar dan cukup percaya diri; 67% siswa merasa tertarik memberikan komentar terhadap pendapat orang lain; 70% siswa merasa perlu menunjukkan bukti dalam mempertahankan pendapat; 64% siswa merasa yakin dapat mempengaruhi orang lain; dan 73% siswa merasa yakin dapat menyanggah pendapat yang dianggap tidak benar.

Dari 33 siswa partisipan penelitian, semua siswa sepakat menyatakan bahwa kemampuan pemecahan masalah penting dimiliki oleh siswa karena lebih memudahkan dalam memahami materi; agar lebih mandiri; agar bisa mengerjakan soal ujian dengan jujur; agar dapat lebih memahami soal yang didapat; begitu juga ketika ada soal yang lebih tinggi tingkat kesulitannya agar bisa menyelesaikan; dan agar dapat mengaplikasikan materi yang selama ini dipelajari. Berkaitan dengan indikator kemampuan pemecahan masalah, diperoleh temuan 82% siswa merasa yakin dapat menuliskan deskripsi dari soal yang diberikan; 39% siswa dapat menentukan konsep fisika yang tepat dan penerapan khusus fisika dari masalah yang diberikan; 73% siswa merasa kesulitan dalam memilih prosedur matematis dalam

menyelesaikan masalah yang diberikan; 58% siswa merasa percaya diri dalam menyampaikan jawaban permasalahan; 79% siswa lebih memilih untuk bertanya kepada teman daripada kepada guru; 67% siswa lebih memilih membaca bahan bacaan dari Bapak/Ibu guru dibandingkan dengan buku-buku lain; dan 55% siswa mengalami kesulitan dalam membuat kesimpulan. Adapun dasar yang digunakan siswa dalam membuat kesimpulan di antaranya inti dari masalah, hasil pengamatan, poin yang diberikan oleh guru, tujuan pembelajaran, rangkuman materi, hipotesis dan hasil pengujiannya, materi dari buku, dan prinsip ataupun konsep yang berhubungan dengan materi.

Karakteristik Argumentasi dari Siswa Kelas XI pada Materi Gaya dan Gerak

Jawaban dari siswa dalam berbagai kasus terkait dengan gaya dan gerak dianalisis menggunakan Pola Argumentasi Toulmin, kemudian dikelompokkan berdasarkan Level argumentasinya. Adapun Pola Argumentasi Toulmin terdiri dari *Claim* (C); *Evidence* (E), *Warrant* (W), *Qualifier* (Q), *Counterclaim* (CC), *Backing* (B), dan *Rebuttal* (R). Jika pola argumentasi siswa terdiri dari *Claim* dan *Evidence*, maka diberi kodel C.D. Jika pola argumentasi siswa terdiri dari *Claim*, *Evidence*, *Warrant*, dan *Rebuttal*, maka akan diberi kode C.E.W.R. Proses argumentasi termasuk pada kemampuan memformulasikan sebuah argumen, menggunakan bukti untuk mendukung argumen, dan yang lebih kuat adalah menyusun *counter argument* untuk argumen orang lain (Lubbena, 2009). Analisis kualitatif terhadap jawaban siswa, fokus pada pola argumentasinya. Temuan karakteristik argumentasi siswa berdasarkan lima item soal yang diberikan adalah sebagai berikut.

a. Kasus anak bermain bola

Contoh kasus anak bermain bola dintunjukkan oleh Gambar 2. Siswa mengerjakan soal yang berhubungan dengan Hukum I Newton tentang gerak alami benda.

Dono dan Kasino sedang memperhatikan anak-anak yang bermain bola di lapangan. Terlihat seorang anak menendang bola dengan pelan. Bola bergerak, kemudian diam. Berikut ini hasil diskusi Dono dan Kasino.

Sumber Gambar: Eisenkraft (2010)

Dono : benda yang bergerak akan kembali ke keadaan alaminya yaitu diam.
Kasino : benda yang bergerak akan cenderung melawan perubahan dalam geraknya.
Susunlah pendapat yang mendukung Dono, Kasino, atau tidak keduanya. Lengkapi pendapatmu dengan alasan yang meyakinkan.

Gambar 2. Soal 1 Kasus Anak Bermain Bola

Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat 24% siswa termasuk ke dalam Level 1. Pola argumentasi yang muncul antara lain W.CC; C.CC; C.W; C; dan 2E. Ada beberapa siswa yang tidak dapat membuat klaim dan hanya menyajikan bukti yang muncul dalam soal, ada siswa yang menyajikan klaim atau *counterclaim* lemah (implisit) disertai jaminan. Siswa

yang termasuk ke dalam level 2A sebanyak 45%. Pola argumentasi yang muncul pada level ini antara lain C.W; C.E/B/W. Pola argumentasi ini hampir sama dengan siswa pada Level 1. Namun perbedaanya, siswa yang masuk ke dalam level 2A mampu membuat pernyataan klaim dengan tegas. Siswa yang termasuk ke dalam Level 2B sebanyak 21 Pola argumentasi yang muncul di antaranya C.E.W dan C.2E.W.Q. Klaim yang dibuat siswa sudah tegas dan siswa sudah memasukkan bukti dan jaminan, atau beberapa bukti disertai jamian dan *qualifier.* Hanya saja, klaim dan jaminan atau *qualifier* yang digunakan siswa tidak sesuai dengan klaim yang dibuat. Hanya sebanyak 6% siswa termasuk ke dalam Level 3 dan 3% siswa termasuk ke dalam Level 4. Pola argumentasi yang ditemukan dalam siswa yang termasuk ke dalam Level 3 adalah C.E.R dan C.Q.R, sedangkan pola argumentasi yang muncul pada siswa di Level 4 adalah C.2E.W.R.

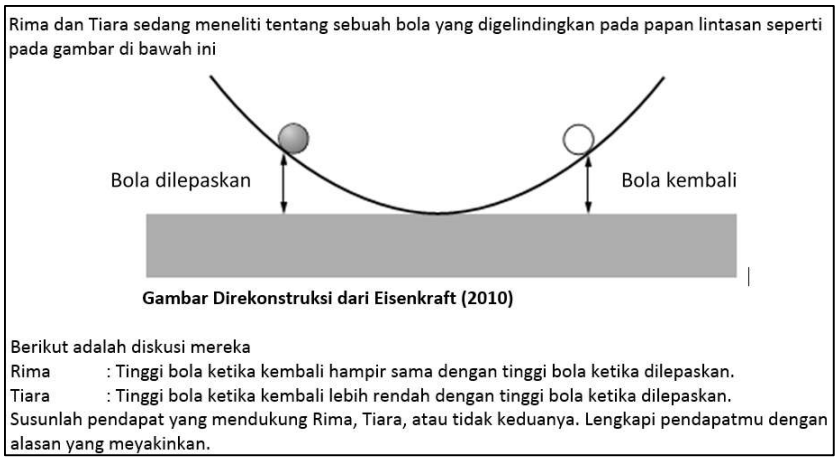
Berikut ini contoh jawaban siswa yang termasuk ke dalam Level 4.

Saya setuju pendapat Dono (C)*, karena setiap benda yang bergerak pasti akan kembali ke keadaan alaminya yaitu diam* (W)*, tetapi jika tergantung seberapa besar kecepatan benda tersebut saat bergerak* (R)*, jika kecil benda akan cepat berhenti* (E)*, jika besar benda akan lama berhenti* (E).

Dari jawaban di atas, tampak siswa langsung menyetujui salah satu pendapat dan mengabaikan bukti-bukti lain yang mungkin bermanfaat bagi siswa. Misalnya pengaruh daya luar seperti gaya gesek yang muncul antara bola dengan permukaan, besar kecilnya gaya yang diberikan. Satu contoh kasus yang diberikan langsung digeneralisasikan ke berbagai kasus gerak yang lain.

b. Soal 2 : Bola menggelinding di lintasan ½ lingkaran

Item 2 menampilkan permasalahan terkait dengan gerak Bola mengadaptasi dari Percobaan yang dilaksanakan Galileo untuk menjelaskan konsep inersia. Adapun item soal 2 ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Soal 2 Kasus Bola Menggelinding di Lintasan ½ Lingkaran

Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat 13 % siswa termasuk ke dalam Level 1. Hanya satu pola argumentasi yang muncul antara lain yaitu C. Siswa hanya menyebutkan klaim dan tidak disertai dengan dukungan lainnya. Siswa yang termasuk ke dalam level 2A

sebanyak 53%. Pola argumentasi yang muncul pada level ini antara lain C.W dan C.E. Siswa yang termasuk ke dalam Level 2B sebanyak 31%. Pola argumentasi yang muncul di antaranya C.E.W dan C.W.Q. Hanya sebanyak 3 % siswa termasuk ke dalam Level 3 Pola argumentasi yang ditemukan dalam siswa yang termasuk ke dalam Level 3 adalah C.E.R.

Selain data di atas, juga ditemukan data di mana siswa menyatakan bahwa tinggi bola ketika kembali ketika digelindingkan di lintasan menurun akan lebih rendah, karena adanya gaya gesek dan gaya gravitasi dan gaya yang dimiliki benda semakin lama semakin kecil. Hal ini tidak sesuai dengan pendapat Galileo (Eisenkraft, 2010) yang merupakan pencetus percobaan ini. Dari percobaan yang dilakukan Galileo, diperoleh bahwa bola cenderung memiliki ketinggian yang hampir sama dengan ketika dilepaskan. Dari percobaan ini muncul konsep inersia yang menyatakan bahwa benda diam akan tetap diam selama tidak ada gaya eksternal yang bekerja pada benda.

c. Soal 3 : Kasus Pemain Skate

Item soal 3 ditunjukkan dalam Gambar 4. Soal yang diberikan tidak berupa soal *competing theories* namun berupa soal essay di mana siswa diminta menjelaskan fenomena pemain skate. Item soal essay eksplanasi dipilih untuk melihat konsistensi pola argumen yang digunakan oleh siswa dalam membuat argumentasi.

Perhatikan gambar berikut ini. Seorang pemain skate yang meluncur di lantai es dengan kecepatan tinggi dan waktu yang lama tidak tampak mengeluarkan usaha yang besar. Mengapa hal tersebut dapat terjadi?

Gambar Direkonstruksi dari Eisenkraft (2010)

Gambar 4. Soal 3 Kasus Pemain Skate

Menggunakan soal seperti di atas, ditemukan pola argumentasi yang lebih bervariasi pada masing-masing level. Siswa yang berada pada Level 1 sebanyak 36% dengan pola argumentasi yang muncul adalah C; E; 2C; 2E; 3C; dan 3E. Sebagian besar siswa hanya menyampaikan bukti saja tanpa disertai klaim, atau menyampaikan klaim saja tanpa disertai bukti. Sebanyak 42% siswa termasuk ke dalam kategori 2A. Pola argumentasi yang muncul adalah C.W; dan C.E. Sedangkan siswa yang masuk ke dalam kategori 2B sebanyak 21%, di mana pola argumentasi yang muncul adalah C.E.W; 2E.C; 2C.2E, dan 2C.E.W. Masih belum ada siswa yang menyatakan *rebuttal* pada jawabannya terhadap konsep ini. Dari jawaban yang diberikan oleh siswa, tampak bahwa pola argumen siswa masih dominan pada Level 2A, kemudian diikuti oleh Level 2B seperti pada soal dengan model *competing theories*.

d. Soal 4 : Mendorong Meja

Soal 4 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5 merupakan soal terkait dengan kejadian sehari-hari siswa mendorong meja. Adapun topik yang tercakup dalam soal ini adalah gaya-gaya yang bekerja pada benda.

Ayu dan Maria melihat seorang anak mendorong meja yang mula-mula diam. Keduanya mendiskusikan kejadian tersebut. Berikut ini diskusi mereka.
Ayu : ada gaya yang bekerja pada meja baik ketika meja diam, maupun ketika meja bergerak.
Maria : ada gaya yang bekerja ketika meja bergerak, namun tidak ada gaya ketika meja diam.
Susunlah pendapat mendukung Ayu, Maria atau tidak keduanya. Lengkapi pendapatmu dengan alasan yang meyakinkan.

Gambar 5. Soal 4 Kasus Mendorong Meja

Terdapat 34% siswa termasuk ke dalam Level 1. Pola argumentasi yang muncul lebih bervariasi daripada soal-soal sebelumnya. Adapun pola argumentasi yang muncul adalah C; 2C; 3C; dan 2E. Masih banyak siswa yang hanya menyatakan bukti tanpa klaim, atau menyampaikan klaim tanpa disertai dukungan. Siswa yang termasuk ke dalam level 2A sebanyak 47%. Pola argumentasi yang muncul pada level ini antara lain C.W; C.E; 2C.W; 2C.E; dan 3C.E. Siswa yang termasuk ke dalam Level 2B sebanyak 16% dengan pola argumentasi yang muncul di antaranya C.E.W dan C.3E. Hanya sebanyak 6% siswa termasuk ke dalam Level 3 dan 3% siswa termasuk ke dalam Level 4. Pola argumentasi yang ditemukan dalam siswa yang termasuk ke dalam Level 3 adalah C.E.R dan C.Q.R, sedangkan pola argumentasi yang muncul pada siswa di Level 4 adalah C.2E.W.R. Selain tipe argumentasi siswa, juga ditemukan miskonsepsi yang menyatakan bahwa jika benda diam maka tidak ada gaya yang mempengaruhi benda tersebut pada sebagian besar jawaban siswa.

e. Soal 5 Kasus Bola dilempar ke atas

Soal 5 berkaitan dengan dua orang anak yang melempar bola ke atas dan mendiskusikan gaya-gaya yang bekerja pada benda. Soal yang diberikan ditunjukkan oleh Gambar 6.

Ahmad dan Dady sedang mendiskusikan tentang bola yang dilempar ke atas.
Berikut adalah penjelasan mereka.
Ahmad : ketika berada di puncak tertinggi, bola diam sejenak, sehingga tidak ada gaya yang bekerja pada benda.
Dady : ketika berada di puncak tertinggi, bola diam sejenak, namun ada gaya yang bekerja pada benda.
Susunlah pendapat yang mendukung pendapat Ahmad, Dady, atau tidak keduanya! Lengkapi pendapatmu dengan alasan yang meyakinkan.

Gambar 6. Soal 5 Kasus Bola Dilempar ke Atas

Berkaitan dengan kasus bola dilempar ke atas, diperoleh sebanyak 9% siswa tergolong pada Level 1 dengan pola argumentasi yang ditemukan di antaranya C; 2C; dan 3C. Siswa hanya membuat klaim tanpa disertai komponen pendukung lainnya. Sebanyak 53% siswa tergolong pada Level 2A, dengan pola argumentasi yang ditemukan antara lain C.W; C.E; 2C.E; dan 2C.W. Di sini beberapa siswa menyatakan bahwa ketika di titik puncak dan bola diam, maka tidak ada gaya yang bekerja pada benda. Siswa mengabaikan fakta bahwa bola masih dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Sebanyak 38% siswa tergolong pada Level 2B. Pola argumentasi yang muncul adalah C.2E; C.E.W; dan 2C.2W. Masih juga ditemukan miskonsepsi pada siswa yang menyatakan bahwa ketika bola diam sejenak di puncak, maka tidak ada gaya yang bekerja pada benda, sehingga bola diam pada *warrant* yang digunakan sebagai jaminan klaim yang dibuat siswa.

Karakteristik pemecahan masalah dari siswa kelas XI pada materi gaya dan gerak

Karakteristik kemampuan pemecahan masalah siswa di analisis rubrik pemecahan masalah yang dikembangkan oleh Docktor dan Heller (2009). Dari hasil skor yang didapatkan, dikelompokkan ke dalam kategori-kategori diadopsi dari Dreyfus & Dreyfus (2010:50) dan Hoffman (1998). Jumlah soal yang dikerjakan oleh siswa terdapat 4 item soal.

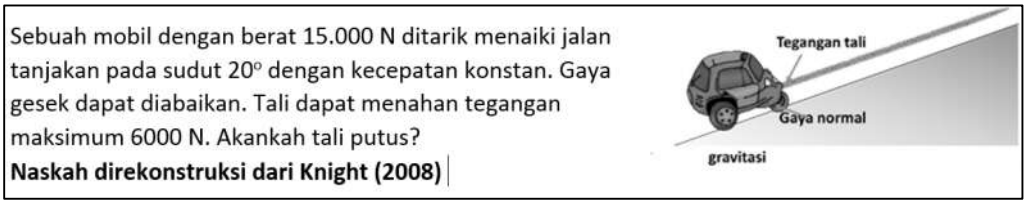
Tabel 4. Pedoman Interpretasi Kemampuan Pemecahan Masalah

Pedoman untuk Soal 1, 2, dan 4		Pedoman untuk Soal 3	
Skor	**Kategori**	**Skor**	**Kategori**
20 - 25	Ahli (*expert*)	15 – 20	Ahli (*expert*)
16 – 19	Mahir (*proficient*)	12 – 14	Mahir (*proficient*)
12 – 15	Kompeten (*competent*)	9 – 11	Kompeten (*competent*)
8 – 11	Pemula maju (*advanced beginner*)	6 – 8	Pemula maju (*advanced beginner*)
4 – 7	Pemula (*novice*)	3 – 5	Pemula (*novice*)
0 – 3	Naif (*naive*)	0 – 2	Naif (*naive*)

Pedoman interpretasi kategori pemecah masalah pada soal 1, 2, dan 4 menggunakan pedoman yang sama. Sedangkan pada soal 3 harus dibuat penyesuaian karena pada item 3 tidak terdapat tahap pemecahan masalah prosedur matematis. Pedoman Interpretasi Variabel Kemampuan Pemecahan Masalah terdapat pada tabel 4. Berikut ini data yang diperoleh dari tes kemampuan pemecahan masalah gaya dan gerak.

a. Soal 1 Mobil di Jalan Tanjakan

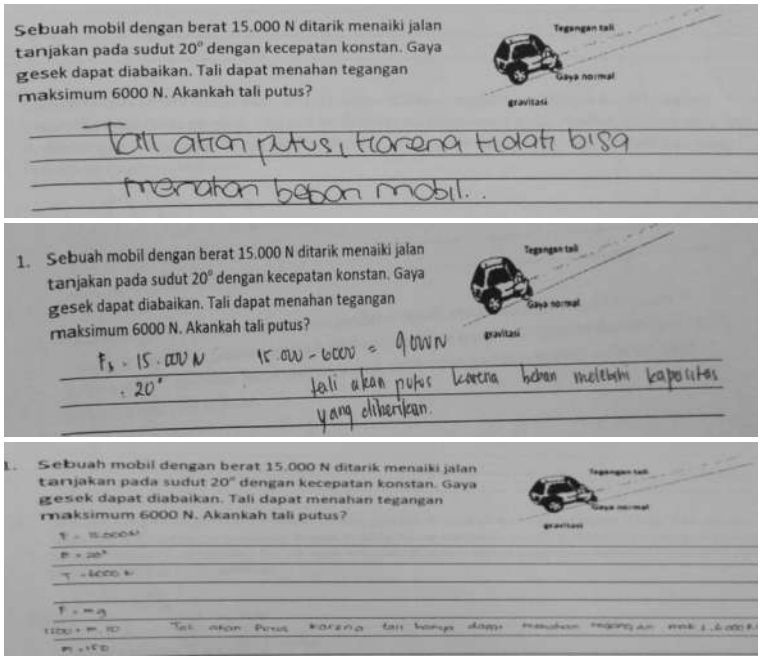
Soal 1 yang ditunjukkan oleh Gambar 7 merupakan kasus mobil yang ditarik di jalan menanjak. Siswa diminta untuk memberikan penilaian apakah tali yang digunakan untuk menarik mobil akan putus atau tidak.



Gambar 7. Soal 1 Kasus Mobil di Jalan Tanjakan

Dari hasil jawaban siswa didapatkan data sebanyak 67% siswa masuk dalam kelompok naif, 30% termasuk kelompok *novice* dan 3% siswa masuk dalam kelompok *advanced beginner*. Baik siswa dalam kelompok *naive, novice,* maupun kelompok *advanced beginner* tidak memberikan informasi pendekatan fisika yang diberikan. Siswa *novice* dan *advance beginner* lebih baik dalam memberikan deskripsi yang bermanfaat jika dibandingkan siswa kelompok *naive.*

Gambar 8a – 8c adalah contoh jawaban siswa yang termasuk ke dalam kelompok naif (8a), pemula (8b), dan pemula ahli (8c). Meskipun masuk ke dalam kelompok pemula ahli, skor yang didapatkan siswa masih kurang memuaskan.



Gambar 8. Jawaban siswa dari atas ke bawah (a) Kelompok naif, (b) Kelompok *novice,* dan (c) Kelompok Pemula Ahli

b. Soal 2 Mobil ditarik Truk Derek

Soal 2 seperti tampak pada Gambar 9 berkaitan dengan penerapan Hukum II Newton pada kejadian sehari-hari mobil yang ditarik mobil derek. Siswa diminta untuk menentukan kelajuan mobil setelah 5 detik.

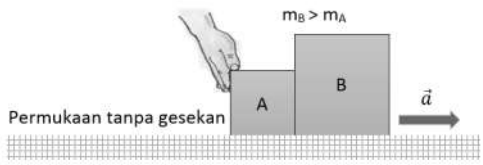
Gambar 9. Soal 2 Kasus Mobil Ditarik Truk Derek

Sebanyak 36% siswa termasuk ke dalam kelompok *naif* dan sebanyak 64% dari siswa termasuk ke dalam kelompok *novice.* Siswa merasa kesulitan mengerjakan soal 2 karena siswa terlalu terpaku pada rumus apa yang akan digunakan untuk mengerjakan soal seperti di atas. Namun dari siswa novice lebih baik dalam memberikan deskripsi yang bermanfaat dengan memberikan besaran-besaran yang diketahui. Baik siswa *naive* maupun *novice* belum bisa memberikan penyelesaian dari masalah yang diberikan. Namun siswa *novice* sudah mulai mendekrispsikan secara sederhana kasus yang diberikan. Deskripsi yang diberikan tidak dilanjutkan dengan pendekatan fisika dan penerapan khusus fisika sehingga siswa mengalami kesulitan dalam merumuskan prosedur matematis.

c. Soal 3 Tangan Mendorong Kotak

Soal 3 yang ditunjukkan oleh Gambar 10 berkaitan dengan Hukum III Newton tentang aksi reaksi. Siswa diminta menggambarkan diagram gaya untuk permasalahan yang diberikan dan mengurutkan gaya dari yang terkecil sampai yang terbesar.

Sebuah tangan seperti ditunjukkan dalam gambar di bawah mendorong kotak A dan B ke kanan sepanjang meja tanpa gesekan. Massa B lebih besar daripada massa A. Gambarkan diagram gaya dari A, B, dan tangan T, tunjukkan hanya gaya horizontal, dan urutkan gaya-gaya tersebut mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar.



Gambar direkonstruksi dari Knight (2008)

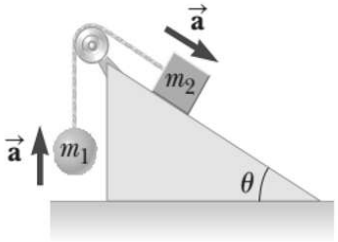
Gambar 10. Soal 3 Tangan Mendorong Kotak

Siswa masih tergolong naif dalam mengerjakan soal nomor 3. Hal ini disebabkan karena siswa kesulitan dalam menggambarkan diagram gaya pada kasus tersebut, sehingga siswa tidak bisa mengidentifikasi urutan gaya dari yang terkecil sampai yang terbesar.

d. Soal 4 Bola Tergantung

Soal 4 menunjukkan kasus bidang miring yang terdapat benda dan katrol. Siswa diminta untuk menentukan percepatan kedua benda. Topik yang tercakup dalam soal ini adalah penerapan Hukum Newton. Adapun soal yang diberikan ditunjukkan oleh Gambar 11 di bawah ini.

Sebuah benda bermassa m_1 dan balok bermassa m_2 dihubungkan dengan tali ringan melewati katrol dengan massa diabaikan seperti pada gambar di bawah ini. Balok berada pada bidang miring tanpa gesekan dengan sudut θ. Tentukan besar percepatan kedua benda!



Sumber Naskah: Knight (2008)

Gambar 11. Soal 4 Kasus Bola Tergantung

Hanya 2 siswa dari 33 siswa yang tergolong *novice* dalam mengerjakan soal nomor 4. Sisa dari siswa lainnya masih tergolong naif. Pada permasalahan di atas, siswa tidak menyusun perkembangan logis, tidak memilih pendekatan fisika dan menyusun penerapan khusus fisika. Salah satu faktor yang paling berpengaruh dari rendahnya hasil jawaban siswa

dalam soal keempat adalah karena waktu yang diberikan kurang memadai bagi siswa untuk mengerjakan soal keempat dengan baik.

Berdasarkan dari hasil kemampuan argumentasi ilmiah dan kemampuan pemecahan masalah, siswa masih kurang dalam kemampuan argumentasi ilmiah dan kemampuan pemecahan masalah. Adapun beberapa hal yang perlu disoroti adalah banyakmya kesalahan konsep yang ditemukan ketika siswa mengerjakan soal argumentasi ilmiah. Hal ini bertentangan dengan persepsi siswa yang merasa yakin dalam memberikan argumentasi. Pada kenyataannya argumentasi yang baik perlu didasari dengan pengetahuan konseptual yang cukup (Chen, 2013; Eskin, 2013). Jika tidak didasari oleh pengetahuan konseptual yang cukup, dikhawatirkan argumentasi siswa tidak memberikan manfaat bagi siswa dalam memahami materi gaya dan gerak dengan lebih baik (Eskin, 2009).

Dari hasil tes pemecahan masalah, masih tampak bahwa siswa masih kesulitan dalam memecahkan masalah gaya dan gerak. Di mana hampir di semua soal, siswa masih dominan berada pada kelompok naif. Namun, berdasarkan data persepsi siswa, cukup banyak siswa yang menyatakan bahwa materi gaya dan gerak merupakan materi yang mudah dipelajari dan tidak diperlukan strategi khusus dalam mempelajari materi gaya dan gerak, dan tidak sesuai dengan 82% siswa yang yakin dapat menemukan deskripsi yang tepat dalam soal masalah yang diberikan. Kesenjangan antara keyakinan siswa dan hasil tes ini masih perlu diteliti lebih lanjut. Dari hasil tes pemecahan masalah juga masih tampak bahwa siswa cenderung mendahulukan pada analisis matematis, namun tidak didukung dengan kemampuan dalam menyusun prosedur matematis. Hendaknya siswa menyusun pendekatan fisika dan penerapan khusus fisika terlebih dahulu (Jensen dkk., 2016). Ketika kedua langkah ini dilewati, maka siswa akan kesulitan dalam menentukan prosedur matematis yang tepat.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi siswa masih dalam tahap mampu membuat klaim namun belum didukung oleh *warrant* yang sesuai dengan konsep fisika yang disetujui para ahli. Siswa juga belum dapat membuat *rebuttal* dengan baik. Kemampuan argumentasi ilmiah harus didukung dengan pengetahuan konseptual. Dengan pengetahuan konseptual yang memadai, maka argumen yang dihasilkan siswa akan memiliki keterpercayaan lebih tinggi. Selain itu, siswa masih perlu mendapatkan penekanan pada pentingnya menyusun pendekatan fisika dan penerapan khusus fisika sebelum melakukan prosedur matematis dalam menyelesaikan masalah.

Saran yang dapat diberikan terkait hasil penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menerapkan strategi pembelajaran yang dapat mengembangkan kemampuan argumentasi ilmiah siswa dan kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi gaya dan gerak.

DAFTAR RUJUKAN

Chen, Y. C., Hand, B.,& McDowell, L. 2013. The Effects of Writing-to-Learn Activities on Elementary Students' Conceptual Understanding: Learning About Force and Motion Through Writing to Older Peers. *Science Education,* 97 (5): 745–771.

Docktor, J., & Heller, K. 2009. *Robust Assessment Instrument for Student Problem Solving*. Makalah disajikan dalam *Proceedings of the NARST 2009 Annual Meeting*, Hyatt Regency Orange County Garden Grove, California, 17 – 21 April 2009.

Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. 2015. Conceptual Problem Solving in High School Physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research,* 11(020106):1-13. DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.11.020106.

Dreyfus, H. L., Dreyfus, S. E., & Athanasiou, T. 2010. *Mind Over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in The Era of Computer.* New York: The Free Press A Division of Macmillan Inc.

Eisenkraft, A. 2010. *Active Physics: A Project Based Inquiry Approach.* New York: Herff Jones Company of Indiana, Inc.

Eskin, H., Bekiroglu, F. O. 2009. Investigation of a Pattern Between Students' Engagement in Argumentation and Their Science Content Knowledge: A Case Study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education,* 5 (1): 63 – 70.

Eskin, H., & Bekiroglu, F. O. 2013. Argumentation as a Strategy for Conceptual Learning of Dynamics. *Research in Science Education*, 43 (1939–1956). DOI: 10.1007/s11165-012-9339-5.

Finegol, M., & Mass, R. 1985. Differences in the Processes of Solving Physics Problems between Good Physics Problem Solvers and Poor Physics Problem Solvers. *Research in Science & Technological Education*, 3(1):59 – 67. DOI: 10.1080/0263514850030107.

Gredler, M. 2009. *Learning and Instruction, Theory into Practice.*Upper Saddle River, N J: Merrill.

Hasnunidah, N. Susilo, H., Irawati, M.H., & Sutomo, H. 2015. *Argument-Driven Inquiry* with Scaffolding as the Development Strategies of Argumentation and Critical Thinking Skills of Students in Lampung, Indonesia. *American Journal of Educational Research*, 3 (9): 1185-1192. DOI: 10.12691/education-3-9-20.

Hasnunidah, N. 2016. *Pengaruh Argumen-driven Inquiry dengan Scaffolding dan Kemampuan Akademik terhadap Ketrampilan Argumentasi, Ketrampilan Berpikir Kritis, dan Pemahaman Konsep Biologi Dasar Mahasiswa Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung*. Disertasi tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana Universitas Negeri Malang.

Hoffman, R. R. 1998. How Can Expertise be Defined? Implications of Research From Cognitive Psychology. Hoffman, R. R. (1998). Dalam Williams, R., Faulkner, W., & Fleck, J. (Eds.), *Exploring expertise* (hlm. 81–100). New York: Macmillan.

Hoffman, R. R., Ward, P., Feltovich, P. J., DiBello, L., Fiore, S. M. & Andrews, D. H. 2014. *Accelerated Expertise Training for High Proficiency in a Complex World*. New York & London: Psychology Press, Taylor & Francis Group.

Jensen J. H., Nissa M., & Jankvist, U. T. 2016. Problem Solving in The Borderland Between Mathematics and Physics. International Journal Of Mathematical Education In Science And Technology. DOI: 10.1080/0020739X.2016.1206979

Kirmizi, F. S., Saygi, C., Yurdakal, I. H. 2014. Determine The Relationship Between The Disposition of Critical Thinking and The Perception About Problem Solving Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191:657 – 661.

Knight, R. D. 2008. *Physics for Scientists and Engineer 2nd Ed. A Strategic Approach.* San Fransisco: Pearson Education, Inc.

Kuhn, D., Zillmer, N., Crowell, A., & Zavala, *J.* 2013. Developing Norms of Argumentation: Metacognitive, Epistemological, and Social Dimensions of Developing Argumentive Competence, *Cognition and Instruction*, 31:4 (456–496). DOI:10.1080/07370008.2013.830618.

Larkin, J. H., & Reif, A. 1979. Understanding and Teaching Problem-Solving in Physics. *European Journal of Science Education*, 1(2): 191-203. DOI: 10.1080/0140528790010208.

Lubben, F., Sadecka, M., Scholtza, Z., & Braund, M. 2009. Gauging Students' Untutored Ability in Argumentation about Experimental Data: A South African case study. *International Journal of Science Education*, 32:16, (2143-2166), DOI: 10.1080/09500690903331886).

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

Oh, S., & Jonassen, D. H. 2007. Scaffolding online argumentation during problem solving. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(95–110). DOI: 10.1111/j.1365-2729.2006.00206.x.

Ormrod J. E. 2012. *Essentials of Educational Psychology: Big Ideas to Guide Effective Teaching*. Boston: Pearson Education, Inc.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. Enhancing the Quality of Argumentation in Science Classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.

Osborne, J. 2010. Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328 (463 – 466). DOI: 10.1126/science.1183944.

Sampson, V. 2011. Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Wiley Periodical*. (Online), (wileyonlinelibrary.com), diakses 27 Maret 2016.

Sampson, V., Enderle, P. J., & Walker, P. J. 2012. The Development and Validation of the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom (ASAC) Observation Protocol: A Tool for Evaluating How Students Participate in Scientific Argumentation. Dalam Khine M. S. (Eds.), *Perspectives on Scientific Argumentation: Theory, Practice and Research* (hlm. 235 – 264). London New York: Springer.

Santrock, J. W. 2011. *Child Development*. New York: The Mc Graw-Hill Company, Inc.

Simon, S., & Johnson, S. 2008. Professional Learning Portfolios for Argumentation in School Science. *International Journal of Science Education.* 30:5 (669–688). DOI:10.1080/09500690701854873.

Sternberg, R. J., & Williams W., M. 2010. *Educational Psychology*. New Jersey: Pearson Education, Inc.

Surif, J., Ibrahim, N. H., Mokhtar, M. 2012. Conceptual and Procedural Knowledge in Problem Solving. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 56:416 – 425.

Walker, J. P., dan Sampson, V. 2013. Argument-Driven Inquiry: Using the Laboratory To Improve Undergraduates' Science Writing Skills through Meaningful Science Writing, Peer-Review, and Revision. *Journal of Chemical Education,* 9.

Wang, J., Buck, G. A. 2016. Understanding a High School Physics Teacher's Pedagogical Content Knowledge of Argumentation. *Journal of Science Teacher Education,* 27 (577-604). DOI: 10.1007/s10972-016-9476-1.