

# Pengaruh Model *Argument-Driven Inquiry-STEM-EFA* terhadap Peningkatan *Scientific Reasoning Skills* Siswa

Nadya Dewi Arofah Mochsif<sup>1</sup>, Parno<sup>1</sup>, Lia Yuliati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang

## INFO ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Diterima: 26-11-2021

Disetujui: 17-12-2021

### Kata kunci:

*argument-driven inquiry;*  
*scientific reasoning skills;*  
*high school student;*  
*argument-driven inquiry;*  
*scientific reasoning skills;*  
*siswa SMA*

## ABSTRAK

**Abstract:** This research examines the effect of the STEM-EFA integrated ADI model for improving students' scientific reasoning skills. The research was conducted in class XI of SMAN 8 Malang with 27 students participating. Learning is carried out by emphasizing practical activities, doing arguments, and making simple stove prototypes. The student's enhancement of scientific reasoning skills was measured from the results of the pretest and posttest using two-tier questions. The analysis showed that there was a significant increase with  $p = 0.000$ . These results indicate that the STEM-EFA integrated ADI model influences increasing scientific reasoning skills. The N-Gain calculation of 0.34 indicates that the category of increasing students' scientific reasoning skills is classified as moderate.

**Abstrak:** Penelitian ini mengkaji pengaruh model ADI terintegrasi STEM-EFA terhadap peningkatan kemampuan *scientific reasoning skills* siswa. Penelitian dilakukan di kelas XI SMAN 8 Malang dengan jumlah partisipan 27 siswa. Pembelajaran dilakukan dengan menekankan pada kegiatan praktikum, argumentasi, dan pembuatan *prototipe* kompor sederhana. Peningkatan kemampuan *scientific reasoning skills* siswa diukur dari hasil *pretest* dan *posttest* menggunakan soal *two-tier*. Analisis menunjukkan terdapat peningkatan yang signifikan dengan  $p = 0,000$ . Hasil ini menunjukkan bahwa model ADI terintegrasi STEM-EFA memberikan pengaruh terhadap peningkatan *scientific reasoning skills*. Perhitungan N-Gain sebesar 0,34 menunjukkan bahwa kategori peningkatan kemampuan *scientific reasoning skills* siswa tergolong sedang.

### Alamat Korespondensi:

Nadya Dewi Arofah Mochsif  
Pendidikan Fisika  
Universitas Negeri Malang  
Jalan Semarang 5 Malang  
E-mail: nadya.mochsif.1903218@students.um.ac.id

Pembelajaran pada abad ke 21 ini tidak hanya berfokus pada hasil belajar, tetapi juga harus mampu meningkatkan keterampilan siswa seperti penalaran ilmiah, kolaborasi, kepemimpinan, komunikasi, dan lain-lain. Keterampilan penalaran ilmiah merupakan tujuh keterampilan bertahan hidup yang tergolong dalam keterampilan berpikir tingkat tinggi (Saavedra & Darleen Opfer, 2012; Scardamalia et al., 2012). *Scientific Reasoning Skills* (SRS) atau biasa disebut sebagai keterampilan penalaran ilmiah adalah kemampuan untuk mencari dan mengevaluasi temuan untuk menghasilkan kesimpulan yang valid (Putri et al., 2020). *Scientific reasoning* adalah fokus utama dari pendidikan sains karena tidak hanya memengaruhi prestasi akademik siswa, tetapi juga mempengaruhi cara siswa dalam mengambil keputusan di kehidupan nyata (Ding et al., 2016). *Scientific reasoning* merupakan salah satu kemampuan utama yang berkaitan dengan pengumpulan bukti, teori, dan data yang terdiri dari hipotesis dan eksperimen (Putri et al., 2020). Pada dasarnya, pembelajaran sains menekankan pada pentingnya keterampilan penalaran, seperti menghasilkan hipotesis, mengevaluasi bukti dan merumuskan kesimpulan melalui proses transfer pengetahuan di bawah instruksi guru (Cvetković & Stanojević, 2017; Opitz et al., 2017).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *scientific reasoning skills* yang dimiliki siswa masih rendah. Rendahnya prestasi siswa disebabkan oleh proses pembelajaran yang masih berorientasi pada kemampuan berpikir tingkat rendah dan kurangnya kegiatan *scientific reasoning* (Yanto et al., 2019). Selama ini *scientific reasoning skills* hanya produk dari pembelajaran yang mempengaruhi nilai siswa (Jensen et al., 2017). Penelitian lain menunjukkan bahwa *scientific reasoning skills* sulit berkembang tanpa adanya pembelajaran yang mampu mengarahkannya (Marušić & Sliško, 2012; Moore & Rubbo, 2012). Pembelajaran yang dilakukan di Asia Sebagian masih berorientasi pada konten pembelajaran dan lebih menekankan pada pencapaian nilai tinggi dari pada peningkatan *scientific reasoning skills* (Liu & Liang, 2012; Zhang & Ding, 2013).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan *scientific reasoning skills*, di antaranya menggunakan pendekatan STEM, namun hasilnya belum maksimal karena penerapan STEM saja hanya dapat meningkatkan keterampilan identifikasi, mengontrol variabel, dan menguji hipotesis saja (Hudha et al., 2019; Jensen et al., 2017). Penelitian lain dengan model pembelajaran proyek dan laboratorium virtual sebagai sarana pembelajaran (Arista & Kuswanto, 2018; Putri et al., 2020;

Wang & Tseng, 2018). Penelitian untuk menilai tingkat *scientific reasoning* siswa juga dilakukan, misal penilaian penalaran dalam domain sains (Ding et al., 2016) yang hasilnya pemberian *feedback* kurang menunjukkan hasil yang seharusnya. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan penggunaan, penelitian dengan mengintegrasikan model pembelajaran *Argument Driven Inquiry* (ADI) dengan STEM dan *Embedded formative assessment* belum banyak dilakukan.

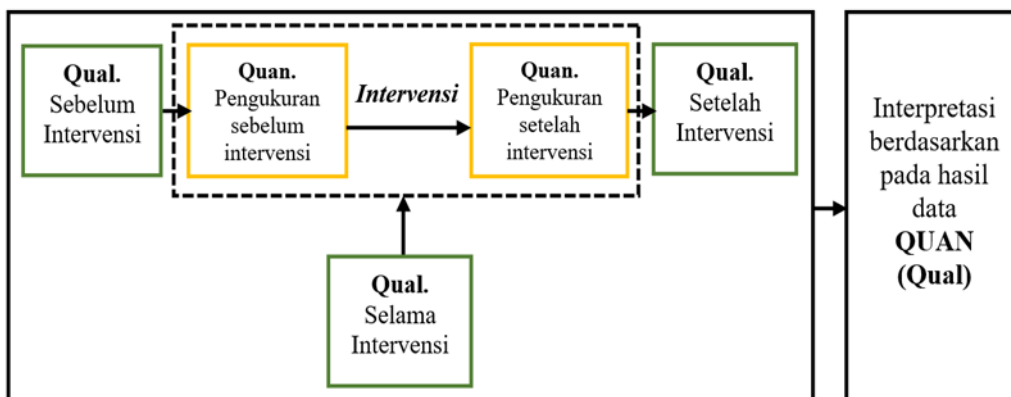
*Argument Driven Inquiry* (ADI) adalah metode pembelajaran yang berfokus pada partisipasi siswa (Nikmah et al., 2020). Model ini menekankan pada pendekatan instruksional yang efektif untuk mengonstruksi pengetahuan siswa (Wang & Tseng, 2018). ADI juga dapat membangun dan memvalidasi pengetahuan melalui kegiatan investigasi (Nikmah et al., 2020) dengan langkah-langkah yang sistematis disertai bukti yang kuat (Suliyannah et al., 2020). ADI dapat membantu siswa mengembangkan pemahaman konseptual yang mendalam (Sampson et al., 2011) sehingga dapat meningkatkan kemampuan siswa untuk memahami banyak konsep dalam berbagai representasi kognitif (Priyadi et al., 2020). ADI mampu meningkatkan kemampuan menulis dan mengoreksi laporan teman sejawat (Walker & Sampson, 2013), kemampuan argumentasi (Demircioğlu & Uçar, 2012), dan kemampuan pemecahan masalah (Sulaiman, 2019).

Selain model ADI, pendekatan STEM juga dapat menjadi solusi yang tepat untuk meningkatkan *scientific reasoning skills*. Sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM) adalah pendekatan interdisiplin untuk pembelajaran di mana konsep akademis yang ketat digabungkan dengan pelajaran dunia nyata (Johnson et al., 2020). STEM menuntut siswa untuk aktif dalam memecahkan permasalahan yang relevan (Johnson et al., 2020). Keunggulan pendekatan STEM yaitu dapat menghasilkan pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa (Capraro et al., 2013) karena adanya integrasi antara sains, teknologi, teknik dan matematika. STEM menekankan pembelajaran yang berpusat pada siswa (Capraro et al., 2013; Falloon et al., 2020; Glaze-Crampes, 2020; Teevasuthonsakul et al., 2017).

Salah satu penilaian yang dapat digunakan untuk mendukung model ADI terintegrasi STEM adalah *Embedded Formatif Assessment* (EFA). EFA merupakan penilaian yang dilakukan selama pembelajaran dan menuntut siswa untuk aktif dalam mengevaluasi pembelajarannya (Yin et al., 2014). EFA adalah penilaian formatif yang dikembangkan untuk menghasilkan strategi penilaian yang efektif (Swinbank et al., 2017). Keefektifan EFA dapat dilihat berdasarkan fungsinya yaitu mengidentifikasi kebutuhan belajar dan menyesuaikan pengajaran sesuai dengan kebutuhan siswa (Wiliam & Leahy, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa *feedback* dapat diberikan lebih cepat dan efektif (Shute et al., 2016; Wiliam & Leahy, 2015; Yin et al., 2014).

## METODE

Desain dalam penelitian ini adalah *mix method* dengan pendekatan *embedded experimental design* (Fraenkel et al., 2012). Metode ini menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, tujuannya untuk mengetahui secara mendalam pengaruh model ADI terintegrasi STEM-EFA terhadap *scientific reasoning skills*. Metode *embedded experimental design* disajikan pada gambar 1.



**Gambar 1. Desain Mix Method Model Embedded Experimental**

Data utama diperoleh dari penelitian kuantitatif dan data pendukungnya diperoleh dari penelitian kualitatif. Kedua data ini diperoleh secara bersamaan selama kegiatan penelitian. Penelitian diawali dengan *pretest* di sekolah tempat penelitian. *Pretest* dilakukan dengan memberikan soal *scientific reasoning*, tujuannya untuk mengetahui tingkat awal *scientific reasoning skills* yang dimiliki siswa. Untuk memantapkan hasil kuantitatif, dilakukan juga penelitian kualitatif melalui wawancara untuk mengklarifikasi jawaban, alasan, dan pengelompokkan level siswa pada kedua variabel terikat. Setelah itu, intervensi dilakukan dua pertemuan dengan dua siklus menggunakan model ADI terintegrasi STEM dan EFA. Selama proses pembelajaran, dilakukan observasi keterlaksanaan pembelajaran oleh observer dan dokumentasi berupa foto. Pada akhir siklus terdapat untuk mengetahui keberhasilan pembelajaran.

Penelitian ini dilakukan di kelas XI SMAN 8 Malang secara daring dan luring dengan subjek penelitian berjumlah 27 orang. Subjek penelitian dipilih dengan menggunakan teknik *purposive sampling* agar data yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian. Siswa dibagi menjadi empat kelompok utama yang terdiri dari 5—6 orang siswa luring dan 2—3 orang siswa daring. Dengan kelompok ini, siswa memulai diskusi awal hingga pembuatan prototipe. Setelah itu siswa akan diberi LKS dan diarahkan untuk melakukan percobaan hingga argumentasi. Setelah tahap ini selesai, masing-masing anggota kelompok akan bertukar dengan kelompok lain untuk berbagi argumen yang telah mereka buat dengan kelompok utama. Kelompok kedua yang terbentuk ini disebut kelompok argumen. Setelah diskusi selesai, siswa kembali ke kelompok utama dan membagikan apa yang mereka dapatkan sebelumnya.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa instrumen perlakuan dan pengukuran. Instrumen perlakuan terdiri dari silabus, RPP, dan LKS dengan model pembelajaran ADI terintegrasi STEM-EFA. Dalam kegiatan pembelajaran siswa diarahkan untuk melakukan eksperimen dan berargumentasi dengan kelompok lain. Pada awal pembelajaran siswa diberi permasalahan yang harus dipecahkan dengan membuat rancangan, prototipe, dan video presentasi, sedangkan instrumen pengukuran berupa soal *pretest* dan *posttest* yang terdiri dari 15 butir soal pilihan ganda *two-tier* yang telah divalidasi empirik. 15 butir soal ini pilihan ganda ini dibuat berdasarkan indikator soal *scientific reasoning skills* (Tabel 1) (Wenning & Vieyra, 2020).

**Tabel 1. Isi Butir Soal Scientific Reasoning Skills**

<i>Scientific Reasoning Skills</i>	No	Indikator Butir Soal
<i>Generalizing</i>	1	Diberikan peristiwa percobaan pemuai zat padat dalam volume yang berbeda, siswa dapat menentukan pemuai benda paling besar
	2	Diberikan peristiwa pemuai zat cair, siswa dapat menentukan zat cair yang sesuai untuk membuat termometer
	3	Diberikan peristiwa pemuai kalor, siswa menentukan solusi dari suatu masalah
	4	Diberikan peristiwa perubahan kondisi pada dua benda dengan jenis yang berbeda tetapi mengalami kondisi awal yang sama
	5	Diberikan peristiwa dua zat cair dengan suhu awal yang berbeda
<i>Predicting</i>	6	Diberikan sebuah kasus perubahan suhu pada zat padat, siswa dapat memprediksi jenis zat yang dipanaskan berdasarkan koefisien muainya
	7	Disajikan permasalahan, siswa dapat memprediksikan keakuratan termometer berdasarkan pemuai zat
	8	Diberikan sebuah kasus es yang terbuat dari bahan yang berbeda, siswa dapat memprediksi alasan yang tepat berdasarkan prinsip kalor
<i>Using data and math in the solution of real-world problems</i>	9	Disajikan hasil percobaan pencampuran es dan air, siswa dapat memprediksi kondisi akhir es dan air berdasarkan prinsip Azas Black
	10	Disajikan ilustrasi pemuai pada bantalan jembatan baja, siswa dapat menentukan besarnya perubahan panjang baja
	11	Disajikan perbandingan dua zat cair yang dicampurkan, siswa menentukan suhu campuran zat cair lain
<i>Generating predictions through the process of deduction</i>	12	Disajikan permasalahan perpindahan kalor secara konduksi, siswa dapat menentukan suhu sambungan pada dua batang
	13	Diberikan ilustrasi pemuai volume zat cair dalam wadah, siswa menentukan kebenaran dari kesimpulan yang diambil berdasarkan ilustrasi
	14	Disajikan fenomena percampuran es dengan air, siswa kebenaran jumlah es yang melebur
	15	Disajikan fenomena perpindahan kalor secara konduksi, siswa membenarkan kesimpulan untuk menemukan suhu sambungan tiga batang logam

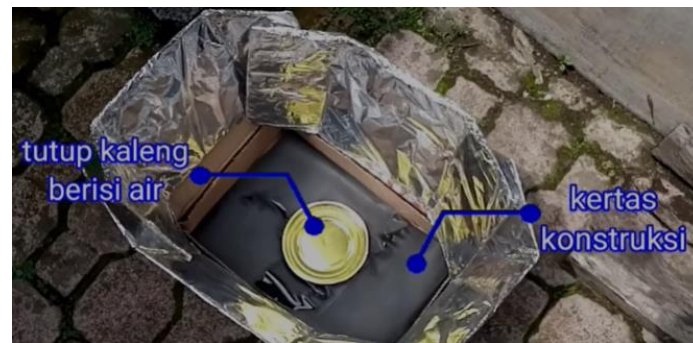
Analisis data dilakukan dengan menggunakan *paired sample t-test*. Perhitungan uji beda dilakukan dengan menggunakan pro-gram SPSS 16.0 for windows. Kriteria pengujian yaitu jika nilai Sig (2-tailed) lebih kecil dari nilai signifikan  $\alpha < 0,05$ , maka terdapat perbedaan rata-rata pretest dan posttest dari kedua variabel yang diukur. Jika data tidak terdistribusi normal, dilakukan uji Wilcoxon (Leech et al., 2015). Hipotesis yang diuji dalam penelitian adalah sebagai berikut.

H<sub>0</sub>: Tidak ada perbedaan skor *scientific reasoning skills* siswa pada *pretest* dan *posttest*

H<sub>1</sub>: Tidak ada perbedaan skor *scientific reasoning skills* siswa pada *pretest* dan *posttest*

## HASIL

Pembelajaran ADI terintegrasi STEM-EFA dilakukan selama pandemi, sehingga pembelajaran hanya dapat dilakukan selama dua pertemuan dimana setiap pertemuan memiliki durasi 100 menit. Dalam pembelajaran ini, siswa berhasil membuat prototipe berupa kompor surya sederhana (Gambar 2) dan video yang berisi proses pembuatan dan uji coba prototipe.



**Gambar 2. Prototipe Kompor Surya Sederhana**

Untuk mengetahui apakah model ini dapat meningkatkan *scientific reasoning skills* siswa, pada awal dan akhir pembelajaran diberikan soal *pretest* dan *posttest*. Hasil analisis statistik *pretest-posttest* dengan menggunakan *paired sample t-test* dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Analisis Statistik Pretest-Posttest Uji Paired Sample T-Test**

Test	n	Minimum	Maksimum	Mean	Statistik deskriptif	Pired T-Test		
					M (Std. D)	t	df	Sig. (2-tailed)
Pretest	27	3,00	25,00	8,22	8,22 (6,03)	-13,34	26	0,000*
Posttest	27	8,00	28,00	15,6	6,23 (6,23)			

\* $p < 0,005$ : nilai signifikansi

Pada tabel 2 tampak bahwa nilai minimum, maksimum, dan rata-rata pada *pretest* dan *posttest* mengalami peningkatan, hasil ini juga didukung dengan signifikansi  $p < 0,005$ , yaitu 0,000, artinya pembelajaran yang dilakukan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan *scientific reasoning skills* siswa. Peningkatan perolehan siswa pada *pretest* ke *posttest* berdasarkan perhitungan N-gain sebesar 0,34 yang termasuk dalam kategori sedang (Hake, 1998). Peningkatan tiap indikator *scientific reasoning skills* dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Persentase Peningkatan Scientific Reasoning Skills**

Indikator Scientific Reasoning Skills	Jumlah Siswa Menjawab Benar (%)	
	Pretest	Posttest
Generalizing	36	60
Predicting	30	59
Designing and conducting controlled scientific investigations	17	44
Using data and math in the solution of real-world problems	21	36

\* $p < 0,005$ : nilai signifikansi

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran ADI terintegrasi STEM-EFA memberikan pengaruh positif pada peningkatan *scientific reasoning skills* siswa. Pernyataan ini didukung dengan meningkatnya persentase kemampuan siswa dalam menjawab soal yang berhubungan dengan *scientific reasoning skills*. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar 3.

Sebuah kubus dengan volume  $V$  terbuat dari bahan yang koefisien muai panjangnya  $\alpha$ . Dengan perubahan suhu sebesar  $\Delta T$  maka luasnya akan bertambah ....

- $\alpha V \Delta T$
- $6\alpha V \Delta T$
- $12\alpha V \Delta T$
- $6\alpha V^{\frac{2}{3}} \Delta T$
- $12\alpha V^{\frac{2}{3}} \Delta T$

Karena:

- Berdasarkan persamaan pertambahan luas:

$$\Delta A = A_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

dimana  $A_0$  sama dengan  $V_0^2$

- Berdasarkan persamaan pertambahan luas:

$$\Delta A = A_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

dimana  $A_0$  sama dengan  $6V_0$  karena jumlah sisi kubus ada 6

- Berdasarkan persamaan pertambahan luas:

$$\Delta A = A_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

dimana  $A_0$  sama dengan  $6V_0^{\frac{2}{3}}$  karena jumlah sisi kubus ada 6

- Berdasarkan persamaan pertambahan luas:

$$\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T$$

dimana  $A_0$  sama dengan  $6V_0$  karena jumlah sisi kubus ada 6

- Berdasarkan persamaan pertambahan luas:

$$\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T$$

dimana  $A_0$  sama dengan  $6V_0^{\frac{2}{3}}$  karena jumlah sisi kubus ada 6

### Gambar 3. Soal *Predicting*

Sistem penskoran yang digunakan adalah setiap soal memiliki nilai maksimal 2 dengan rincian 1 poin untuk jawaban soal utama dan 1 poin untuk alasan yang benar. Gambar 3 merupakan salah satu soal *predicting* dengan indikator soal no 6. Pada awal *pretest* hanya lima siswa yang memperoleh 1 skor dan empat siswa memperoleh 2 skor. Setelah pembelajaran dilakukan, jumlah siswa yang berhasil memperoleh skor 2 poin meningkat menjadi 10 siswa dan siswa yang memperoleh 1 poin meningkat menjadi 10 siswa. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan siswa untuk memahami materi pemuaihan meningkat. Dari 10 siswa yang hanya mendapat 1 poin dapat disimpulkan bahwa siswa hanya memahami sebagian materi yang dijelaskan. Siswa yang memperoleh 2 poin menunjukkan bahwa siswa tersebut termasuk dalam kategori *Basic* (Hanson, 2016: 506). Kategori *scientific reasoning skills* meningkat sesuai dengan indikator soal yang berhasil dijawab oleh siswa.

Bantalan jembatan terbuat dari baja dan memiliki panjang 200 m pada suhu 20°C. Kemungkinan suhu maksimum dan minimum di daerah itu adalah -30°C sampai 40°C. Jika koefisien muai panjang baja adalah  $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , maka perubahan panjang yang mungkin terjadi adalah...

- batang hanya mengalami penyusutan
- batang hanya mengalami pemuaihan
- batang menyusut dan memuai

Dengan besar perubahannya mendekati...

- 2 cm
- 5 cm
- 7 cm
- 12 cm
- 17 cm

### Gambar 4. Soal *Using Data and Math in The Solution of Real-World Problems*

Gambar 4 merupakan salah satu soal *using data and math in the solution of real-world problems* dengan indikator soal no 10. Hasil *pretest* menunjukkan lima siswa memperoleh 1 poin dan 1 siswa memperoleh 2 poin, sedangkan hasil *posttest* menunjukkan bahwa tiga siswa memperoleh 1 poin, dan 11 siswa memperoleh 2 poin. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan pemahaman siswa pada kategori *culminating*.

- Air bersuhu  $20^{\circ}\text{C}$  dan massa  $a$  gram dicampur es bersuhu  $-10^{\circ}\text{C}$  dan bermassa  $b$  gram. Keseimbangan suhu tercapai tanpa adanya kehilangan kalor dan Sebagian es melebur. Diketahui kalor jenis air dan es berturut-turut adalah  $1 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$  dan  $0,5 \text{ kal/g}^{\circ}\text{C}$  serta kalor lebur es adalah  $80 \text{ kal/g}$ . Diperoleh massa es yang melebur sebanyak  $(4a+b)/16$ . Apakah pernyataan tersebut benar?
- benar
  - salah
  - tidak dapat ditentukan
- es yang melebur sebanyak  $(4a+b)/16$
  - es yang melebur sebanyak  $(4a-b)/16$
  - es yang melebur sebanyak  $(4b+a)/16$
  - es yang melebur sebanyak  $(4b-b)/16$
  - Informasi yang diberikan, tidak dapat digunakan untuk menentukan massa es yang melebur

### Gambar 5. Soal *Generating Predictions Through the Process of Deduction*

Gambar 5 merupakan soal dengan indikator *generating predictions through the process of deduction* dengan indikator soal nomor 14. Hasil analisis *pretest* menunjukkan hanya dua siswa yang memperoleh 1 poin, sisanya tidak dapat menjawab soal dengan benar. Setelah pembelajaran ADI terintegrasi STEM-EFA, terdapat sembilan siswa memperoleh 1 poin dan dua siswa memperoleh 2 poin. Hasil ini juga sejalan dengan hasil pada indikator sebelumnya bahwa terdapat peningkatan *scientific reasoning skills* pada kategori tertinggi yaitu *advanced*.

Sebelum pembelajaran dilakukan, hasil *pretest* menunjukkan bahwa terdapat tiga siswa yang dapat lolos dalam empat kategori *scientific reasoning skills*, namun terdapat beberapa soal yang tidak dapat diselesaikan dengan baik. Seperti pada kategori *redimentary*, ketiga siswa mengalami kesulitan pada butir soal nomor 2 dan pada kategori *basic*, kesulitan dialami siswa pada butir soal nomor 9. Pada kategori *culminating*, siswa mengalami kesulitan pada butir soal nomor 10 dan 11. Pada kategori *advanced*, siswa mengalami kesulitan pada butir soal nomor 14. Siswa dapat menjawab dengan benar pada butir soal lainnya karena pernah mempelajari materi ini sebelumnya, namun kesulitan menghubungkan teori yang pernah dipelajari untuk menemukan pemecahan masalah yang tepat. Selama pembelajaran siswa terbantu dengan adanya sesi argumentasi yang memberikan ruang untuk menemukan sendiri teori yang benar dari diskusi kelompok utama dan argumen. Pernyataan siswa ini didukung dengan hasil signifikansi  $p < 0,005$ , yang artinya pembelajaran ADI terintegrasi STEM-EFA memberikan pengaruh yang signifikan pada *scientific reasoning skills* siswa. Peningkatan yang dialami siswa adalah sebesar 34%, persentase ini diperoleh dari perhitungan *N-gain*, dengan nilai rata-rata siswa naik dari 8,22 menjadi 15,6.

### SIMPULAN

Pembelajaran ADI terintegrasi STEM-EFA merupakan pembelajaran yang menekankan pada kegiatan argumentasi. Berdasarkan hasil penelitian, tampak bahwa model pembelajaran ADI terintegrasi STEM-EFA dapat meningkatkan *scientific reasoning skills* siswa pada empat kategori, yaitu *redimentary*, *basic*, *culminating*, dan *advanced*. Pernyataan ini dibuktikan dengan hasil signifikansi  $p < 0,005$ , yang artinya terdapat peningkatan yang signifikan keterampilan *scientific reasoning* siswa. Persentase peningkatan dari hasil *pretest* dengan *posttest* adalah sebesar 34%, dengan nilai rata-rata 15,6.

### DAFTAR RUJUKAN

- Arista, F. S., & Kuswanto, H. (2018). Virtual physics laboratory application based on the android smartphone to improve learning independence and conceptual understanding. *International Journal of Instruction*, *11*(1). <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1111a>.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). STEM project-based learning an integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach. In *STEM Project-Based Learning an Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>.
- Cvetković, B. N., & Stanojević, D. (2017). Educational needs of teacher for introduction and application of innovative models in educational work to improve teaching. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, *5*(1), 49–56. <https://doi.org/10.5937/IJCRSEE1701049N>.
- Demircioğlu, T., & Uçar, S. (2012). The Effect of Argument-Driven Inquiry on Pre-Service Science Teachers' Attitudes and Argumentation Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *46*, 5035–5039. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.382>.
- Ding, L., Wei, X., & Liu, X. (2016). Variations in University Students' Scientific Reasoning Skills Across Majors, Years, and Types of Institutions. *Research in Science Education*, *46*(5), 613–632. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9473-y>.

- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM Education: A Framework for Developing STEM Literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 369–385. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09823-x>.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed). McGraw-Hill Humanities/Social Sciences/Languages.
- Glaze-Crampes, A. L. (2020). Leveraging Communities of Practice as Professional Learning Communities in Science, Technology, Engineering, Math (STEM) Education. *Education Sciences*, 10(8), 190. <https://doi.org/10.3390/educsci10080190>.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1). <https://doi.org/10.1119/1.18809>.
- Hudha, M. N., Batlolona, J. R., & Wartono, W. (2019). Science literacy ability and physics concept understanding in the topic of work and energy with inquiry-STEM. *AIP Conference Proceedings*, 2202. <https://doi.org/10.1063/1.5141676>.
- Jensen, J. L., Neeley, S., Hatch, J. B., & Piorczynski, T. (2017). Learning Scientific Reasoning Skills May Be Key to Retention in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. *Journal of College Student Retention: Research, Theory and Practice*, 19(2), 126–144. <https://doi.org/10.1177/1521025115611616>.
- Johnson, J., Macalalag, A. Z., & Dunphy, J. (2020). Incorporating socioscientific issues into a STEM education course: Exploring teacher use of argumentation in SSI and plans for classroom implementation. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-020-00026-3>.
- Leech, N., Barrett, K., & Morgan, G. (2015). *SPSS for Intermediate Statistics: Use and Interpretation, Fifth Edition*. <https://doi.org/10.4324/9781410616739>.
- Liu, X., & Liang, L. L. (2012). Science Education Research in China: Challenges and Promises International Journal of Science Education Research in China: Challenges and Promises. *International Journal of Science Education*, 34(13).
- Marušić, M., & Sliško, J. (2012). Influence of Three Different Methods of Teaching Physics on the Gain in Students' Development of Reasoning. *International Journal of Science Education*, 34(2), 301–326. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.582522>.
- Moore, J. C., & Rubbo, L. J. (2012). Scientific reasoning abilities of nonscience majors in physics-based courses. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010106>.
- Nikmah, C., Tukiran, T., & Nasrudin, H. (2020). Improvement of Self Efficacy and Student Learning Outcomes Using Argument Driven Inquiry Learning Model. *Jurnal Pendidikan Sains (JPS)*, 8(2). <https://doi.org/10.26714/jps.8.2.2020.133-138>.
- Opitz, A., Heene, M., & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation*, 23(3–4), 78–101. <https://doi.org/10.1080/13803611.2017.1338586>.
- Priyadi, R., Diantoro, M., Parno, & Taqwa, M. R. A. (2020). Using argument-driven inquiry learning to improve students' mental models. *AIP Conference Proceedings*, 2215. <https://doi.org/10.1063/5.0000569>.
- Putri, N. D., Handayanto, S. K., Hidayat, A., & Saniso, E. (2020). Students' scientific reasoning skills in a fluid and its correlation with project activity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/3/032083>.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217–257. <https://doi.org/10.1002/sce.20421>.
- Shute, V. J., Leighton, J. P., Jang, E. E., & Chu, M. W. (2016). Advances in the Science of Assessment. *Educational Assessment*, 21(1), 34–59. <https://doi.org/10.1080/10627197.2015.1127752>.
- Sulaiman, D. (2019). Problem-Solving Ability And Scientific Argumentation Of State High School Students 1 Tarakan Rotational Motion Dynamics. *Journal Of Science Education (JPS)*, 7(1), 55-63.
- Suliyannah, Fadillah, R. N., & Deta, U. A. (2020). The Process of Developing Students' Scientific Argumentation Skill Using Argument-Driven Inquiry (ADI) Model in Senior High School on the Topic of Elasticity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1491(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1491/1/012046>.
- Swinbank, E., Whitehouse, M., & Millar, R. (2017). Embedding Formative Assessment and Promoting Active Learning. *Scientia in Education*, 8. <https://doi.org/10.14712/18047106.752>.
- Teevasuthonsakul, C., Yuvanatheeme, V., Sriput, V., & Suwandecha, S. (2017). Design Steps for Physic STEM Education Learning in Secondary School. *Journal of Physics: Conference Series*, 901(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/901/1/012118>.
- Walker, J. P., & 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*, 90(10), 1269–1274. <https://doi.org/10.1021/ed300656p>.

- Wang, T. L., & Tseng, Y. K. (2018). The Comparative Effectiveness of Physical, Virtual, and Virtual-Physical Manipulatives on Third-Grade Students' Science Achievement and Conceptual Understanding of Evaporation and Condensation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2). <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9774-2>
- Wenning, C. J., & Vieyra, R. E. (2020). Teaching High School Physics. In *Teaching High School Physics*. <https://doi.org/10.1063/9780735422056>.
- Wiliam, D., & Leahy, S. (2015). Embedding Formative Assessment: Practical Techniques for K-12 Classrooms. *Practical Ideas for Classroom Formative Assessment*, 115011.
- Yanto, B. E., Subali, B., & Suyanto, S. (2019). Improving students' scientific reasoning skills through the three levels of inquiry. *International Journal of Instruction*, 12(4), 689–704. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12444a>.
- Yin, Y., Tomita, M. K., & Shavelson, R. J. (2014). Using Formal Embedded Formative Assessments Aligned with a Short-Term Learning Progression to Promote Conceptual Change and Achievement in Science. *International Journal of Science Education*, 36(4), 531–552. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.787556>.
- Zhang, P., & Ding, L. (2013). Large-scale survey of Chinese precollege students' epistemological beliefs about physics: A progression or a regression? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.010110>.