

Identifikasi Argumentasi Ilmiah Siswa Topik Gelombang Bunyi dan Cahaya

Tomy Suganda¹, Parno¹, Sunaryono¹

¹Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 15-08-2021

Disetujui: 15-09-2021

Kata kunci:

*scientific argumentation;
sound and light wave;
argumentasi ilmiah;
gelombang suara dan cahaya*

ABSTRAK

Abstract: Scientific argumentation helps develop the skills needed in the 21st century, namely the ability to think critically and communicate effectively. The identification of the ability to argue scientifically can be a guide in developing learning. This research is a descriptive study that aims to describe the phenomenon of students' scientific arguments about the material of sound and light waves. This study involved 88 class XII students of SMA Negeri 1 Putussibau for the academic year 2020/2021 as research subjects. The instrument used in the form of 3 essay questions is the Scientific Argumentation Ability Test with a reliability of 0.622. Students' answers were analyzed based on the Toulmin Argumentation Pattern (TAP) level of argumentation. The results showed that the scientific argumentation of students on the topic of waves was still low, with the average level of student ability at levels 1 and 2. It was necessary to make efforts to improve students' scientific arguments, one of which was the application of the Argument Driven Inquiry learning model.

Abstrak: Argumentasi ilmiah membantu pengembangan kemampuan yang diperlukan di abad-21, yaitu kemampuan berpikir kritis dan berkomunikasi efektif. Adanya indentifikasi kemampuan berargumentasi ilmiah dapat menjadi panduan dalam mengembangkan pembelajaran. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang bertujuan menggambarkan fenomena argumentasi ilmiah siswa pada materi gelombang bunyi dan cahaya. Penelitian ini melibatkan 88 siswa kelas XII SMA Negeri 1 Putussibau tahun ajaran 2020/2021 sebagai subyek penelitian. Instrumen yang digunakan berupa 3 butir soal esay Tes Kemampuan Argumentasi Ilmiah dengan reliabilitas 0,622. Jawaban siswa dianalisis berdasarkan level argumentasi *Toulmin Argumentation Pattern* (TAP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa agumentasi ilmiah siswa pada topik gelombang masih rendah dengan level kemampuan siswa rata-rata berada pada level 1 dan 2. Perlu adanya upaya yang dilakukan untuk meningkatkan argumentasi ilmiah siswa salah satunya melalui penerapan model pembelajaran *Argument Driven Inquiry*.

Alamat Korespondensi:

Parno
Pendidikan Fisika
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang
E-mail: parno.fmipa@um.ac.id

Argumentasi ilmiah adalah proses sosial dan dinamis yang melibatkan individu berpikir, membangun, dan mengkritik pengetahuan dalam sains (Osborne & Patterson, 2011). Argumentasi ilmiah dapat dilemahkan, dipersalahkan, atau diverifikasi melalui bukti yang mendasarinya (Riwayani et al., 2019). Kualitas argumen seseorang dapat dinilai dengan kriteria empiris dan teoritis. Kriteria empiris dapat dilihat melalui kesesuaian klaim dengan bukti, ketercukupan bukti, daya prediktif klaim dan kualitas bukti. Sedangkan kriteria teoritis dapat dilihat dari ketercukupan penjelasan, kegunaan penjelasan, dan konsistensi dengan ide lain (Sampson et al., 2011). Peranan argumentasi ilmiah dalam membantu mengembangkan kemampuan yang diperlukan di abad 21 yaitu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi efektif (Faize et al., 2018). Argumentasi ilmiah pada mata pelajaran fisika di tingkat SMA yang pernah diteliti hampir disemua topik, seperti gaya magnet, listrik statis, suhu dan kalor, elastisitas, bunyi, optik, sampai pada topik cahaya (Fakhriyah et al., 2021).

Topik gelombang selalu menarik untuk dibahas karena dekat sekali dengan kehidupan sehari-hari (Hidayat et al., 2017). Gelombang diangkat sebagai *core idea* di dalam rancangan pengembangan kurikulum NRC (Council, 2012). Mempelajari konsep gelombang dengan baik akan mempermudah mempelajari materi lainnya yang berkaitan, misalnya cahaya, listrik, dan magnet (Sutopo, 2016). Tetapi, masih banyak siswa yang kesulitan menguasai konsep gelombang karena sifatnya yang abstrak (Serway & Jewett Jr, 2010). Beberapa konsep gelombang sulit dipahami oleh siswa, seperti materi gelombang mekanik, perambatan gelombang, representasi gelombang berjalan, super posisi, hingga sampai pada konsep gelombang bunyi dan cahaya (Fatmah et al., n.d.; Jumadin et al., 2017; Kallesta & Erfan, 2018). Hasil penelitian menemukan bahwa argumentasi ilmiah berpengaruh

positif terhadap penguasaan konsep siswa (Noviyani et al., 2016). Argumentasi ilmiah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pemahaman konseptual (Hand et al., 2012). Argumentasi ilmiah memberikan cara untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa dan kemampuan menyampaikan pendapat dengan alasan yang ilmiah (Rohayati et al., 2020). Penguasaan konsep yang rendah menunjukkan kemampuan argumentasi ilmiah yang rendah pula (C, 2020). Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara deskriptif kemampuan argumentasi ilmiah siswa topik gelombang bunyi dan cahaya sehingga dapat menjadi rujukan pengembangan pembelajaran yang mampu membuat siswa dapat menguasai konsep dengan baik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang bertujuan menggambarkan suatu fenomena argumentasi ilmiah siswa yang dilakukan tanpa perlakuan. Subyek dalam Penelitian ini adalah 88 siswa kelas XII SMA Negeri 1 Putussibau tahun ajaran 2020/2021. Instrumen yang digunakan berupa tiga butir soal esai Tes Kemampuan Argumentasi Ilmiah dengan validasi dan reliabilitas pada Tabel 1.

Tabel 1. Validitas dan reliabilitas Tes

Soal	Validitas	Keterangan	Reliabilitas	Ket
Soal 1	0.738	Valid		
Soal 2	0.730	Valid	0.622	Reliabel
Soal 3	0.828	Valid		

$$*t_{\text{tabel}} = 0.210$$

$$*r_{\text{tabel}} = 0.6$$

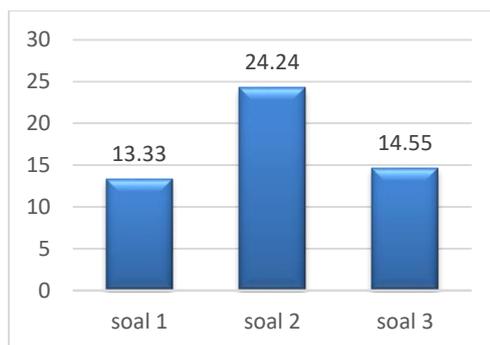
Soal yang digunakan telah terlebih dahulu dikonsultasikan kepada ahli terkait isi yang mencakup indikator argumentasi ilmiah yang ada pada materi gelombang bunyi dan cahaya. Pengerjaan soal dilakukan melalui *google form* karena pengambilan data masih dalam kondisi pandemi covid-19. Waktu pengerjaan soal diberikan kepada siswa selama 2 jam. Jawaban siswa akan dilihat berdasarkan level argumentasi Toulmin argumentation pattern (TAP) dikembangkan dari (Ain et al., 2018). Analisis kemampuan argumentasi dikategorikan berdasarkan level argumentasi siswa. Berikut level argumentasi ilmiah siswa yang digunakan dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Level Argumentasi Siswa

Indikator argumentasi Ilmiah
Level 1: argumen sederhana berupa klaim atau kontra klaim, atau klaim melawan klaim
Level 2: argumen terdiri dari data, klaim, warrant atau backing, tetapi tanpa rebuttal, osborne membagi 2 tingkatan yaitu LEVEL 2B. Argumen terdiri dari klaim yang didukung lebih dari satu data, warrant, atau backing, tetapi tanpa rebuttal. LEVEL 2A. argumen terdiri dari klaim yang didukung oleh data, warrant, atau backing, tetapi tanpa rebuttal
Level 3: argumen bagian dari klaim atau kontra klaim dengan data, warrant, atau backing, atau dukungan dengan rebuttal yang lemah
Level 4: argumen dengan klaim, dengan rebuttal yang teridentifikasi dengan jelas. Argumen ini mungkin juga memiliki banyak klaim dan kontra klaim
Level 5: argumen lengkap dengan lebih dari satu rebuttal

HASIL

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan argumentasi ilmiah siswa bervariasi. Level argumentasi tiap siswa berbeda-beda pada tiap soalnya. Pada soal 1, level argumentasi ilmiah 61 siswa berada pada level 1, dan 7 orang berada pada level 2, selebihnya tidak diketahui karena tidak menjawab (jawaban kosong). Pada soal 2, level argumentasi ilmiah 38 siswa berada pada level 1, dan 21 siswa berada pada level 2, serta sisanya tidak diketahui karena tidak menjawab (jawaban kosong). Sedangkan pada soal 3, level argumentasi 12 siswa berada pada level 1, 7 siswa berada pada level 2, 3 siswa berada pada level 3, 2 siswa berada pada level 4, 1 orang siswa berada pada level 5, dan sisanya tidak diketahui karena tidak menjawab (jawaban kosong). Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa rata-rata kemampuan argumentasi ilmiah siswa hanya berada pada level rendah yaitu level 1 dan level 2 serta tidak banyak yang sampai pada level berikutnya. Deskripsi persentase untuk argumentasi ilmiah siswa pada tiap soal dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Presentasi Benar Siswa Dalam Menjawab Soal Argumentasi

Berdasarkan bagan tersebut diketahui bahwa persentase benar siswa dalam menjawab soal masih sangat rendah jauh di bawah 50%.

PEMBAHASAN

Kemampuan argumentasi ilmiah siswa masih rendah, kebanyakan hanya pada level 1 dan 2 dengan jawaban berupa klaim tanpa didasari bukti/bukti lemah. Berikut soal dan jawaban siswa pada nomor 3 dengan level argumentasi yang beragam.

Tabel 4. Soal dengan Argumentasi yang beragam

<p>Soal 3. Seperti bunyi, cahaya juga merupakan gelombang yang memiliki cepat rambat, tentukan jawaban berikut dengan argumen anda: (a). Cepat rambat cahaya yang merambat pada ruang hampa, mengapa? (b). Cepat rambat cahaya yang melewati 2 medium yang berbeda kerapatannya, mengapa? (c). Jika seorang anak melihat cahaya lampu dalam jarak 3-meter cepat rambat cahaya lampu adalah v, bagaimana cepat rambat cahaya lampu jika dilihat dalam jarak 10 meter? Mengapa?</p>
<p>Level 1. A. Kalau diruang hampa pastinya cahaya lebih mudah masuk B. Pasti akan sedikit dan lambat karena tempatnya sempit C. terlihat</p>
<p>Level 2. a. karena laju di mana semua partikel tak bermassa dan medan yang terkait bergerak dalam ruang hampa b. kecepatan cahaya di dalam suatu medium. Jelas bahwa pembelokan cahaya disebabkan oleh adanya kecepatan cahaya dari medium udara ke medium yang berbeda C. Karena cepat rambat cahaya akan bergerak cepat</p>
<p>Level 3. A. Kelajuan cahaya yang merambat melalui bahan-bahan transparan seperti gelas ataupun udara lebih lambat dari c. Rasio antara c dengan kelajuan v (kelajuan rambat cahaya dalam suatu materi) disebut sebagai indeks bias n material tersebut ($n = c / v$). Sebagai contohnya, indeks refraksi gelas umumnya berkisar sekitar 1,5, berarti bahwa cahaya dalam gelas bergerak pada kelajuan $c / 1,5 \approx 200.000 \text{ km/s}$; indeks refraksi udara untuk cahaya tampak adalah sekitar 1,0003, sehingga kelajuan cahaya dalam udara adalah sekitar 299.700 km/s (sekitar 90 km/s lebih lambat daripada c). B. pembiasan cahaya merupakan peristiwa pembelokan arah rambat cahaya karena melewati dua medium dengan kerapatan optik yang berbeda. cahaya melewati dua medium dengan tingkat kerapatan yang berbeda, yaitu udara dan air. C. $3m.10. = 30/10 = 3$</p>
<p>Level 4. a. Karena cahaya yang merambat dalam ruang hampa dengan kec 3.10^8 m/d, yaitu dalam waktu 1 detik, cahaya merambat sejauh 3.10^8 m. b. Karena kecepatan rambat cahaya hanya dipengaruhi oleh medium dimana cahaya merambat dan bukan oleh faktor lain. Kerapatan medium dinyatakan dengan indeks bias bahan yang merupakan perbandingan antara cepat rambat cahaya di udara dengan cepat rambat cahaya di suatu medium. c. Rambat cahaya lampu akan terlihat lebih kecil karena dengan jarak 10 meter dari si pengamat, jika si pengamat dekat seperti 3 meter jaraknya dengan sumber lampu maka rambat cahaya nya besar.</p>
<p>Level 5. a) karena cahaya merupakan gelombang elektromagnet yang dapat merambat tanpa bantuan medium. Cahaya merambat dalam ruang hampa dengan kecepatan 3.10^8 m/detik, artinya dalam waktu 1 detik cahaya merambat sejauh 3.10^8 m. Ini merupakan kecepatan maksimum cahaya. Dalam medium yang lebih rapat, cahaya merambat lebih lambat. b) Karena cepat rambat cahaya yang melewati 2 media berbeda kerapatannya merupakan pembiasan cahaya. cahaya melewati dua medium dengan tingkat kerapatan yang berbeda, misalkan yaitu udara dan air. Udara memiliki susunan partikel yang lebih renggang, sehingga molekulnya dapat bergerak dengan bebas. Berbeda dengan air, ia memiliki susunan partikel yang lebih padat, sehingga molekulnya tidak mudah bergerak dengan bebas. Oleh karena itu, udara memiliki kerapatan yang lebih rendah dibandingkan dengan air. c) jika lampu di lihat dalam jarak 10 m maka kecepatan nya akan menjadi maksimum dan lebih cepat sampai kepada anak tersebut. Karena cahaya yang di lihat dalam jarak 10 m memiliki 1 detik untuk merambat jauh.</p>

Dalam menjawab soal ini siswa seharusnya siswa lebih berani untuk menyampaikan argumennya, pada level 1. Jawaban siswa cenderung hanya berupa klaim saja. Klaim merupakan pusat argumentasi tanpa bukti dan kejelasannya maka klaim tidak dapat dipertentangkan (Qin & Karabacak, 2010). Pada level 2 klaim diberikan dengan argumentasi yang lemah, maksud lemah disini adalah dasar kebenaran bukti yang tidak dapat diverifikasi. Argumentasi yang baik adalah berdasarkan bukti yang dapat diverifikasi secara valid (Krupa et al., 2019). Pada level 3 argumentasi yang diberikan telah dilengkapi data akan tetapi masih lemah. Data adalah fakta-fakta yang menjadi dasar mendukung claim berupa klarifikasi, komparasi, atau hubungan statistik antara data dan klaim (Riwayani et al., 2019). Pada level 4 jawaban siswa telah dilengkapi dengan bukti dan data yang benar akan tetapi belum terlalu jelas. Pada level 5 jawaban siswa merupakan argumen yang lengkap dengan bukti, data, dan alasan yang jelas (Faize et al., 2018). Dari presentasi yang didapat hanya ada 1 orang saja yang mampu mencapai level 5 ini membuktikan bahwa kemampuan berargumentasi siswa masih rendah dan perlu untuk dikembangkan. Berdasarkan jawaban siswa ditemukan bahwa kemampuan rata-rata siswa hanya pada level rendah yaitu level 1 dan 2, hanya sedikit yang mampu mengembangkannya pada level yang lebih tinggi lagi, hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan (Rahman et al., 2018) dimana kemampuan argumentasi ilmiah siswa masih pada level rendah yaitu level 1 dan 2.

Adanya temuan jawaban siswa yang persentasinya rendah menyadarkan kita bahwa kemampuan argumentasi ilmiah belum diterapkan didalam pembelajaran. Menghadirkan argumentasi dalam penelitian pembelajaran sains merupakan aspek mendasar dalam disiplin ilmu (Berland & Hammer, 2012; Council, 2012). Argumentasi berfungsi untuk mengekspos dan mengatasi ketidakkonsistenan antara ide dan bukti (Berland & Hammer, 2012). Seseorang yang berargumentasi akan mengajak orang lain untuk paham dan berusaha untuk menyakinkannya (Berland & Reiser, 2011; Hong & Abdul Talib, 2018). Argumentasi menjadi suatu kemampuan yang membantu guru dan siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran (Katsch - SingeR et al., 2016). Argumentasi ilmiah dapat merangsang proses kognitif siswa melalui pengembangan memori atau pengalaman sebelumnya (Rohayati et al., 2020). Siswa yang difasilitasi dengan kesempatan berargumentasi didalam pembelajaran akan menunjukkan pemahaman yang mendalam pada sesuatu yang dipelajari (Lazarou & Erduran, 2021). Adanya argumentasi ilmiah membuat siswa dapat mengembangkan penalaran, metakognisi, dan keterampilan komunikasi (Lazarou et al., 2016).

Meningkatkan argumentasi ilmiah harus diupayakan didalam pembelajaran. Beberapa penelitian telah dilakukan sebagai upaya meningkatkan argumentasi ilmiah di Indonesia. Umumnya para peneliti pendidikan fisika menggunakan model pembelajaran, seperti penelitian (Budiyono et al., 2015; Noviyani et al., 2016; Pitorini et al., 2020) tentang peningkatan argumentasi ilmiah dilakukan dengan penerapan pembelajaran inkuiri. Maka dari itu pertimbangan penelitian penggunaan model ADI dapat dilakukan, karena model ADI merupakan gabungan dari pembelajaran inkuiri dengan argumentasi ilmiah (Inthaud et al., 2019). Selain itu model ADI dapat digunakan untuk membantu siswa menguasai konsep yang sifatnya abstrak seperti konsep yang ada pada materi gelombang (Amelia et al., 2020).

SIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang dilakukan peneliti menyimpulkan bahwa argumentasi ilmiah siswa pada topik gelombang masih rendah. Kemampuan argumentasi ilmiah siswa rata-rata berada pada level 1 dan 2. Penguasaan konsep dapat ditingkatkan melalui peningkatan argumentasi ilmiah siswa. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah dapat melalui penerapan model pembelajaran ADI (*Argument Driven Inquiry*). Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan penerapan model-model pembelajaran guna meningkatkan argumentasi ilmiah siswa pada topik tertentu.

DAFTAR RUJUKAN

- Ain, T. N., Wibowo, H. A. C., Rohman, A., & Deta, U. A. (2018, March). The Scientific Argumentation Profile of Physics Teacher Candidate in Surabaya. *Journal of Physics: Conference Series*, 997(1), 012025. IOP Publishing.
- Amelia, R., Budiasih, E., & Yahmin. (2020). Promoting the scientific argumentation skills of students using ADI-S and ADI models in chemical kinetics teaching. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2215, No. 1, p. 020001). AIP Publishing LLC.
- Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for Scientific Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68–94.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2011). Classroom Communities' Adaptations of The Practice of Scientific Argumentation. *Science Education*, 95(2), 191–216.
- Budiyono, A., Rusdiana, D., & Kholida, S. I. (2015). Pembelajaran Argument Based Science Inquiry (ABSI) Pada Fisika. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains*, 8, 205–208.
- Council, N. R. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.
- Eliana, D., & Admoko, S. (2020). Tren Pembelajaran Argumentasi Berbasis Toulmins Argument Pattern (TAP) dalam Meningkatkan Kemampuan Argumentasi dan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 9(2).

- Faize, F. A., Husain, W., & Nisar, F. (2018). A Critical Review of Scientific Argumentation in Science Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 475–483. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80353>
- Fakhriyah, F., Rusilowati, A., Wiyanto, W., & Susilaningsih, E. (2021). Argument-Driven Inquiry Learning Model: A Systematic Review. *International Journal of Research in Education and Science*, 767–784. <https://doi.org/10.46328/ijres.2001>
- Fatmah, S. N., Mastuang, M., & Salam, A. (2019). Pembelajaran Berbasis Learner Autonomy Topik Gelombang Cahaya untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains. *Vidya Karya*, 33(2), 154–162.
- Hand, B., Nam, J., & Choi, A. (2012). Argument-Based General Chemistry Laboratory Investigations for Pre-Service Science Teachers. *Educación Química*, 23, 96–100.
- Hidayat, S. R., Setyadin, A. H., Hermawan, H., Kaniawati, I., Suhendi, E., Siahaan, P., & Samsudin, A. (2017). Pengembangan Instrumen Tes Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Getaran, Gelombang, dan Bunyi. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(2), 157–166.
- Hong, L. Y., & Abdul Talib, C. (2018). Scientific Argumentation in Chemistry Education: Implication and Suggestions. *Asian Social Science*, 14(11), 14–29.
- Inthaud, K., Bongkotphet, T., & Chindaruksa, S. (2019). Argument-Driven Inquiry Instruction to Facilitate Scientific Reasoning of 11th Grade Students in Light and Visual Instrument Topic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3), 32014.
- Jumadin, L., Hidayat, A., & Sutopo, S. (2017). Perlunya Pembelajaran Modelling Instruction pada Materi Gelombang. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 2(3), 325–330.
- Katsh-Singer, R., McNeill, K. L., & Loper, S. (2016). Scientific Argumentation for All? Comparing Teacher Beliefs about Argumentation in High, Mid, and Low Socioeconomic Status Schools. *Science Education*, 100(3), 410–436.
- Krupa, E. E., Carney, M., & Bostic, J. (2019). Argument-Based Validation in Practice: Examples From Mathematics Education. *Applied Measurement in Education*, 32(1), 1–9. <https://doi.org/10.1080/08957347.2018.1544139>
- Lazarou, D., & Erduran, S. (2021). “Evaluate What I Was Taught, Not What You Expected Me to Know”: Evaluating Students’ Arguments Based on Science Teachers’ Adaptations to Toulmin’s Argument Pattern. *Journal of Science Teacher Education*, 32(3), 306–324.
- Lazarou, D., Sutherland, R., & Erduran, S. (2016). Argumentation in Science Education as A Systemic Activity: An Activity-Theoretical Perspective. *International Journal of Educational Research*, 79, 150–166.
- Noviyani, M., Kusairi, S., & Amin, M. (2016). Penguasaan Konsep dan Kemampuan Berargumentasi Siswa SMP pada Pembelajaran IPA dengan Inkuiri Berbasis Argumen. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 2(7), 974–978.
- Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638.
- Pitorini, D. E., Suciati, S., & Ariyanto, J. (2020). Kemampuan Argumentasi Siswa: Perbandingan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dan Inkuiri Terbimbing Dipadu Dialog Socrates. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(1), 26–38.
- Qin, J., & Karabacak, E. (2010). The analysis of Toulmin Elements in Chinese EFL University Argumentative Writing. *System*, 38(3), 444–456. <https://doi.org/10.1016/j.system.2010.06.012>
- Rahman, A., Diantoro, M., & Yuliati, L. (2018). Kemampuan Argumentasi Ilmiah Siswa pada Hukum Newton di Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(7), 903–911.
- Riwayani, R., Perdana, R., Sari, R., Jumadi, J., & Kuswanto, H. (2019). Analisis Kemampuan Argumentasi Ilmiah Siswa pada Materi Optik: Problem-Based Learning Berbantuan Edu-Media Simulation. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 5(1), 45–53. <https://doi.org/10.21831/jipi.v5i1.22548>
- Rohayati, Y. T., Zubaidah, S., Mahanal, S., & Setiawan, D. (2020). The Correlation between Student Scientific Argumentation Skills and Cognitive Achievement on PBL and RICOSRE Learning Models in Biology Classes. *AIP Conference Proceedings*, 2215. <https://doi.org/10.1063/5.0000561>
- 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.
- Serway, R. A., & Jewett Jr, J. W. (2010). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 8th edn* (Belmont, CA: Brooks/Cole Cengage Learning).
- Sutopo, S. (2016). Students’ Understanding of Fundamental Concepts of Mechanical Wave. *Indonesian Journal of Physics Education*, 12(1), 41–53.